

Willi Bender

Vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker

GESCHICHTE DER ZIEGELHERSTELLUNG VON DEN ANFÄNGEN BIS HEUTE

Eine Auswahl von Produkten der Ziegelei- und Baukeramik, um 1975.



Willi Bender

Vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker

GESCHICHTE DER ZIEGELHERSTELLUNG
VON DEN ANFÄNGEN BIS HEUTE

Meinen Söhnen Ralph, Rüdiger† und Steffen gewidmet.

Impressum

Text, Bild und Redaktion:

Willi Bender, Mühlacker

Layout:

Eva Weeger, Bonn

Lektorat:

Natalie Robens, Wiesbaden

Anzeigen:

Manfred W. Kleinfeld, Wiesbaden

Herausgeber:

Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V.,
Bonn

Druck:

Wetzlardruck GmbH, Wetzlar

ISBN 3-9807595-1-2

Ziegel-Information GmbH
Schaumburg-Lippe-Straße 4
D-53113 Bonn
Tel. 0049-228 91493-0
Fax 0049-228 91493-28

1. Auflage, Bonn
November 2004

© 2004

Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
Alle Rechte, insbesondere der Übersetzung, der
Vervielfältigung und Verbreitung vorbehalten. Kein Teil
des Werks darf ohne schriftliche Genehmigung des
Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder
unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet,
vervielfältigt oder verbreitet werden.

Zum Geleit

Was du ererbt von Deinen Vätern hast,
erwirb es, um es zu besitzen.
J. W. von Goethe, Faust 1. Teil

Aus der Erkenntnis heraus, dass die eigene Geschichte ein wichtiger Schlüssel zum Selbstverständnis einer Branche ist und zudem ein wirksames Marketinginstrument sein kann, hat sich der Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. schon relativ früh der Pflege seines historischen Erbes gewidmet und 1965 die von Erwin Rupp erarbeitete „Geschichte der Ziegelherstellung“ herausgegeben. Eine zweite Auflage 1988, von Günter Friedrich um einen zweiten Teil erweitert, war bald vergriffen. Der inzwischen zum Klassiker gewordene „Rupp/Friedrich“ musste deshalb 1993 zum dritten Mal aufgelegt werden. Die Nachfrage überstieg erneut alle Erwartungen. Insbesondere die in den 90er Jahren vielfach entstandenen Ziegmuseen trugen zur weiteren Verbreitung der Broschüre bei und haben damit auch das Interesse am Ziegel gefördert. Angesichts des Umfangs der Geschichte der Ziegeleitechnik und der Fülle neuer Entwicklungen entschloss sich der Bundesverband, das Thema völlig neu bearbeiten zu lassen. Wir sind froh darüber, dass wir für diese Aufgabe mit Willi Bender einen profunden Kenner der Materie gewinnen konnten.

Als erster von Menschenhand geformter Baustoff weist der Ziegel eine nahezu zehntausendjährige Geschichte auf. Ziegel aus gebranntem Ton gehören außerdem zu den ältesten Informationsträgern der Menschheit. Aufgrund ihrer Dauerhaftigkeit sind z.B. Keilschriftziegel bis heute erhalten geblieben. Viele Kulturkreise, nicht zuletzt die europäische Baukultur wurden und werden vom Ziegel, wenn auch mit wechselndem Einfluss, ganz wesentlich geprägt. Trotz aller Verdrängungsversuche durch so genannte „Jahrhundert-Baustoffe“, die insbesondere im 20. Jahrhundert entwickelt wurden, hat der Ziegel seinen Platz als bevorzugter Baustoff, auch unter aktuellen Gesichtspunkten wie dem der Nachhaltigkeit, bis in die Gegenwart behauptet.

Dem Autor des Buches ist es gelungen, die Faszination „Ziegel“ kenntnis- und faktenreich in einem mit Bildern gut ausgestatteten Werk darzustellen. Der Bundesverband hofft, dass mit diesem Buch ein wichtiger Beitrag zur Geschichte der Ziegeleitechnik geleistet wird, der bei der Leserschaft, interessierten Laien und allen am Baugeschehen beteiligten Fachleuten gleichermaßen das Verständnis und die Wertschätzung unseres so wunderbaren Baustoffs Ziegel fördert. Darüber hinaus ist es ein Anliegen des Bundesverbandes, mit diesem Buch auch einen Anstoß dafür zu geben, Technikgeschichte zu einem integralen Bestandteil der Ingenieurausbildung werden zu lassen. Dies ganz im Sinne des berühmten amerikanischen Keramikers W. David Kingery, unter dessen maßgeblicher Mitwirkung Thesen zur Bedeutung der Technikgeschichte für die Ingenieurausbildung erarbeitet wurden. Diese Thesen gehen davon aus, dass eine Integration von Technikgeschichte in die Lehrpläne u.a.

- junge Menschen für ein Technikstudium motivieren kann,
- die zentrale Rolle der Produktentwicklung und Problemlösungen in der Ingenieurausbildung herausstellt
- und nicht zuletzt beim Studenten eine historische Perspektive und ein berufliches Selbstbewusstsein entwickelt, damit er diesen Beruf als einen der tragenden Pfeiler des 21. Jahrhunderts begreift.

Was für den angehenden Ingenieur postuliert wurde, muss in ähnlicher Weise auch für den Unternehmer gelten. Hochtechnisierung und Spezialisierung bringen es mit sich, dass heute in Ziegelwerken auch viele Mitarbeiter ohne keramische Vorbildung beschäftigt sind, bei denen der Umgang mit der geschichtlichen Entwicklung zu einem besseren Verständnis der keramischen Abläufe bei der Ziegelherstellung führen kann. So hoffen wir als Herausgeber, dass dieses Buch Identität stiftend für die Ziegelunternehmen wirkt und gerade in diesen eine große Verbreitung findet.

Es war unser Bestreben, das Buch trotz seines Umfangs kostengünstig anbieten zu können. Dies war nur möglich durch die Aufnahme von Anzeigen. Allen Inserenten gilt daher unser besonderer Dank, zumal ihre Anzeigen das Buch auch noch zu einem Dokument der Zeitgeschichte machen.

Wir hoffen auf eine freundliche Aufnahme des Buches und wünschen allen Lesern eine interessante Lektüre und eine spannende Entdeckungsreise in die Welt des Ziegels.

Hans-Helmut Jacobi
Präsident des
Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.

Bonn/Berlin im Sommer 2004

Vorwort

Die Stellung der Ziegelindustrie zeigt ein Blick in den Organisationsplan „Keramik“, der die drei Hauptsparten Grobkeramik, Feinkeramik und Technische Keramik ausweist. Die Grobkeramik wiederum wird unterteilt in die drei Gruppen Feuerfestkeramik, Grobsteinzeug und die Baukeramik, worunter die Ziegeleierzeugnisse fallen. Die Ziegeleitechnik ist die Gesamtheit aller Maßnahmen, Einrichtungen, Verfahren und Arbeitsprozesse, die dazu dienen, Ziegelwerke zu bauen und Ziegel herzustellen.

Innerhalb des weiten Bereichs der gesamten Technik ist die Ziegeleitechnik nur ein winziges Staubkorn, das sich jedoch bei näherer Betrachtung als ein eigenes immenses Universum herausstellt. So ist die Gesamtheit eines baukeramischen Betriebs, eines Ziegelwerks, heute ein komplexes Gebilde, zu dessen Bau und reibungslosem Funktionieren die Erkenntnisse zahlreicher Disziplinen der Naturwissenschaft, der Technik und der Betriebswirtschaft zusammenwirken müssen.

Bei der Darstellung der Entwicklung der Ziegeleitechnik kommt hinzu, daß ein Baustoff wie der Ziegel, der seit nahezu zehntausend Jahren hergestellt wird, eine so umfangreiche Geschichte hat, daß sie sich in dem vorliegenden Werk, trotz seines Umfangs, nur fragmentarisch unterbringen läßt. Ohnehin reicht die Kompetenz eines Einzelnen bei weitem nicht aus, die zahlreichen Spezialdisziplinen der Ziegeleitechnik im Detail zu behandeln. Da zudem jeder einzelne Gliederungspunkt genug Stoff zum Schreiben ganzer Werke bietet, mußte eine Auswahl getroffen werden. Themenauswahl und das Setzen gewisser Schwerpunkte erfolgten subjektiv, jedoch mit dem Bemühen, dem Leser einen möglichst umfassenden Gesamtüberblick über die geschichtliche Entwicklung der Ziegelherstellung zu geben.

Ein so alter Baustoff wie der Ziegel kommt leicht in den Ruf, veraltet oder altmodisch zu sein. Bewußt reicht die behandelte Geschichtsspanne daher bis in die Gegenwart, um zu zeigen, daß der Ziegel in unserer Zeit ein hochmoderner, mit High-Tech hergestellter Baustoff ist. Wie es der Buchtitel verheißt, spannt sich so der Bogen vom Ziegelgott, der im Glauben der Sumerer der Erfinder des Ziegels war, bis hin zum Industrieelektroniker, der für den Betrieb eines modernen Ziegelwerks unerlässlich ist.

Der ursprüngliche Arbeitstitel des Buchs lautete „Geschichte des Ziegels und der Ziegelherstellung“, aber es zeigte sich bald, daß man der Geschichte des Ziegels nur in einem separaten Werk gerecht werden kann. Da eine völlige Trennung nicht möglich ist, gibt das Kapitel 2 einen kurzen geschichtlichen Abriss über die Entwicklung der beiden Hauptvertreter des Ziegels – den Mauerziegel und den Dachziegel. Berücksichtigt wurden, zumindest ansatzweise, auch Einzelthemen, die in der Vorgängerveröffentlichung von Rupp/Friedrich nicht behandelt, von Günther Friedrich in einer Schlußbemerkung aber als lohnenswert angemahnt wurden: Entwicklung der Ziegelwerke, Beschäftigtenzahl, Produktion, das Wanderzieglerwesen, die Ziegeleimaschinenhersteller und Ofenbauer, die Zieglerausbildung, Forschung und Fachmessen. Zu anderen Themen, wie Entwicklung des Verbandswesens und des Unfallschutzes in der Ziegelindustrie, gibt es mittlerweile eigene Veröffentlichungen^{167, 195, 156}.

Die Ziegelindustrie befindet sich seit längerem in einem tiefgreifenden Strukturwandel, der durch eine seit Jahren anhaltende Baukrise verschärft wird. Gerade in einer solchen Situation ist es wichtig, das Geschichtsbewußtsein zu stärken, und dies nicht nur aus historischem Interesse, wie aus einer Abhandlung über den Ziegelgott hervorgeht: „Es gibt nun ein ehernes Gesetz, das besagt, nur wer die Gesamtheit der Geschichte der Ziegelproduktion achtet und verehrt, dem wird es auch vergönnt sein, die Zukunft der Herstellung des Ziegels zu sichern. Nur wer die gesamte Geschichte der Baukunst mit Ziegeln achtet, gestaltet die Zukunft. Erlahmt die Verehrung der Vergangenheit, schläft auch die Zukunft ein und ist nichts mehr wert. Wer also die zukünftige Ziegelproduktion absichern will, muß zuerst die Verehrung der Gesamtzeit der Ziegelproduktion sicherstellen. ... denn was wäre die Welt ohne Ziegel?“¹⁷⁴

Das Buch wendet sich gleichermaßen an den Fachmann wie den interessierten Laien. Man muß das Buch nicht fortlaufend lesen wie einen Roman, sondern kann sich jeweils die Kapitel herauspicken, die einen gerade interessieren. Vor allem soll das Buch auch ein Nachschlagewerk sein, wozu Inhaltsverzeichnis, Register und die tabellarischen Zusammenstellungen des Kapitels 13 Hilfestellung leisten.

Dank gilt dem Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. als Herausgeber. Gedankt sei allen, die durch Bild- und Informationsmaterial, Fachgespräche und -auskünfte, Korrekturlesen des Manuskripts und durch die Schaltung von Anzeigen zum Gelingen des Werks beigetragen haben. Namentlich erwähnt und gedankt werden soll Herrn Dr. Wolfgang Müller, auf dessen Initiative hin das Werk entstand, meinem Ziegelfreund Hans-Heinrich Böger für wichtige Informationen und interessante Fachgespräche, Frau Eva Weeger für das Layout und nicht zuletzt meiner Frau Gudrun für ihre Geduld während der über dreijährigen Ausarbeitung des Werks.

Der Autor wünscht allen Lesern eine fesselnde und aufschlußreiche Lektüre und nimmt Anregungen und Kritik gerne entgegen.

Inhalt	Seite
1. Ton, Mensch, Ziegel – mystische Dreieinigkeit	17
2. Der Ziegel – Baustoff der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft	25
3. Der Ziegler – vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker	51
4. Ziegeleianlagen – von der Ziegelhütte zum High-Tech-Ziegelwerk	63
5. Ton – der Stoff aus dem die Ziegel sind	83
6. Tonabbau – aus gewachsenem Boden wird Rohstoff	109
7. Tonaufbereitung – den Rohstoff formbar machen	123
8. Formgebung – dem Ton Gestalt geben	177
9. Trocknung – Vorbereitung des Formlings auf das Finale	233
10. Brand – im Feuer entsteht der Werkstoff Ziegel	269
11. Inner- und außerbetrieblicher Transport – Ziegelmachen ist Transportarbeit	351
12. Kraftanlagen – von der Muskelkraft zur Kraft-Wärme-Kopplung	381
Ausblick	390
13. Auf einen Blick – Zeittafeln zur Entwicklung der Ziegeleitechnik	393
14. Register	415
15. Literaturhinweise	425
16. Bildnachweis	433
17. Inserentenverzeichnis	439

Inhalt	9	4.4. Zecheziegeleien – eine Besonderheit in der Ziegeleienlandschaft	74
1. Ton, Mensch, Ziegel – mystische Dreieinigkeit	17	4.5. Entwicklung der Ziegeleitechnik nach 1945	76
1.1. Mit dem Ziegel beginnt die Geschichte	18	4.6. Arbeitszeit als Planungsfaktor im Ziegeleianlagenbau	77
1.2. Mythischer Schöpfungsakt	18	4.7. Ableger der Ziegelindustrie: Feuerfest- und Steinzeugindustrie, Blähtonwerke	80
1.3. Faszination Ziegel	19		
1.4. Ziegel – Namensherkunft und -bedeutung	19		
2. Der Ziegel – Baustoff der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft	25	5. Ton – der Stoff aus dem die Ziegel sind	83
2.1. Der Ziegel im Spannungsfeld von Rationalität und Emotionalität	25	5.1. Die Umwandlungen des Tons im Produktionsprozeß	83
2.2. Zehnkämpfer Ziegel	25	5.2. Entstehung der Tone	83
2.3. Unübertroffen – die Dauerhaftigkeit des Ziegels	25	5.3. Wissenschaftliche Erforschung	86
2.4. Vielfalt und Entwicklungspotential des Ziegels	26	5.4. Tonminerale	86
2.5. Ursprung des Mauerziegels	26	Eigenschaften und Namensherkunft der wichtigsten Tonminerale	87
2.6. Geburtsstunde des Dachziegels	32	5.5. Plastizität, Bildsamkeit, Tonsubstanz	87
2.7. Schmuckziegel – Träger einer Volkskunst	43	5.5.1. Ursachen der Plastizität	88
2.7.1. Zieglergraphik – Graffiti der Ziegler		5.5.2. Messung der Plastizität	89
2.7.2. Zieglerplastik – Schmuck und Abwehrsymbol	45	5.5.3. Fließdruckmesser	91
2.8. Zählziegel: Stückwerkziegel, Partienziegel, Tagwerkziegel, Kampagneziegel	46	5.5.4. Messung der Preßsteife	91
2.9. Herstellermarken: Ziegelstempel, Ziegler- und Ziegelzeichen	46	5.6. Bestimmung der Korngrößenverteilung	92
		5.6.1. Siebanalyse	92
		5.6.2. Schlämmanalyse	93
		5.6.3. Sedimentationsanalyse	94
		5.6.4. Winkler-Diagramm	95
		5.7. Chemische und mineralanalytische Untersuchungen	95
3. Der Ziegler – vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker	51	5.7.1. Rationelle Analyse	95
3.1. Vorfahren der Ziegler: Sumerer, Ägypter, Römer und andere	51	5.7.2. Thermoanalyse	96
3.2. Die Ziegelgängerei der Wanderziegler	53	5.7.3. Röntgenographische Untersuchungen	99
3.3. Die Ziegler im Wandel vom Handwerk zur Industrie	54	5.7.4. Erhaltungsmikroskopie	99
3.4. Last und Mühsal der Zieglerarbeit	55	5.8. Klassifizierung der Tone	100
3.5. Von der Mechanisierung zur Automatisierung	55	5.9. Ziegelkeramische Massen und ihre Eigenschaften	101
3.6. Arbeitszeit der Ziegler	55		
3.7. Lebensarbeitszeit	56	6. Tonabbau – aus gewachsenem Boden wird Rohstoff	109
3.8. Zunftwesen der Ziegler	57	6.1. Die Rohmaterialsuche	109
3.9. Handwerkliche Ausbildung der Ziegler	58	Abbaugenehmigungen	111
		6.2. Der Rohstoffabbau	111
		6.3. Der Rohstofftransport	117
		6.4. Rekultivierung	120
		7. Tonaufbereitung – den Rohstoff formbar machen	123
		7.1. Tonaufschluß – Schlüssel zur Verformbarkeit	123
4. Ziegeleianlagen – von der Ziegelhütte zum High-Tech-Ziegelwerk	63	7.2. Wintern und Sommern – die Nutzbarmachung des Wetters	124
4.1. Ziegelherstellung anno dazumal	64	7.2.1. Wintern	124
4.1.1. Rohstoffgewinnung und Aufbereitung	65	7.2.2. Sommern	124
4.1.2. Mauerziegelherstellung	66	7.3. Sumpfen und Mauken	125
4.1.3. Flachziegelherstellung	67	7.3.1. Sumpfen	125
4.1.4. Hohlziegelherstellung	67	7.3.2. Mauken	125
4.1.5. Brennen	67	7.4. Manuelle Aufbereitung	126
4.1.6. Arbeitsteilung und Produktionsleistung	67	7.4.1. Vom Tontreten oder Traden	126
4.2. Die Entwicklung der Ziegeleien	68	7.4.2. Vom Hauen und Schneiden	126
4.3. Ziegeleimaschinenhersteller, Trockner- und Ofenbauer	72	7.5. Maschinelle Aufbereitung	126
		7.5.1. Die Trade	127

7.5.2.	Der Tonschneider	128	7.8.7.	Rundsumpf	169
7.5.3.	Walzwerke	129	7.8.8.	Kleinsumpfanlagen	170
7.5.3.1.	Arbeitsprinzip	129	7.8.9.	Maukturm und Tonsilo	171
	<i>Antriebskonzepte</i>	130	7.8.9.1.	Maukturm	172
	<i>Überlastsicherung und Verstellsysteme</i>	131	7.8.9.2.	Tonsilo	172
7.5.3.2.	Walzwerkskonstruktionen	131	7.9.	Aufbereitungsanlagen	173
	<i>Doppel-, Dreiläufer- und Vierläufer-Walzwerke</i>	132	8.	Formgebung – dem Ton Gestalt geben	177
	<i>Walzwerke mit konischen Walzen</i>	133	8.1.	Manuelle Formgebung der Mauerziegel	177
	<i>Changierwalzwerke</i>	133	8.1.1.	Schnittziegel	177
	<i>Schwingenwalzwerke</i>	133	8.1.2.	Pfostenrinnenziegel	178
	<i>Klassifizierung der Walzwerke nach der Art der Spaltverstellung und den Walzendrehzahlen</i>	134	8.1.3.	Handstrichziegel	178
7.5.3.3.	Walzwerksstandardisierung	134	8.1.3.1.	Planziegel und Brettziegel	178
7.5.3.4.	Unfallverhütung	136	8.1.3.2.	Wasserstrichziegel	179
7.5.3.5.	Wartung der Walzenmäntel	137	8.1.3.3.	Sandstrichziegel	180
7.5.4.	Vom Tonbrecher zum Walzenbrecher	137	8.1.4.	Handschlagziegel, Oelsteine	181
7.5.5.	Kollergang	139	8.1.5.	Sichtziegelherstellung durch Klopfen und Nachpressen	181
7.5.5.1.	Trockenkollergang	140	8.1.5.1.	Klopfsteine	182
7.5.5.2.	Naßkollergang	141	8.1.5.2.	Preßsteine	182
	<i>Bauarten</i>	142	8.1.6.	Höchste Qualitätsstufe ihrer Zeit – die Schneidesteine	182
	<i>Standardausführungen</i>	142	8.1.7.	Formsteine und Maßwerk	183
	<i>Sonderausführungen</i>	143	8.2.	Manuelle Formgebung der Dachziegel	185
	<i>Etagenkollergänge</i>	144	8.2.1.	Von den verschiedenen Arten die Flachziegel zu streichen	185
	<i>Hydrokollergang</i>	145	8.2.1.1.	Die süddeutsche oder niederrheinische Art	185
	<i>Kollergang mit mittlerer Materialaufgabe</i>	145	8.2.1.2.	Die Lausitzer Variante	186
	<i>Kollergang mit 4 Läufern</i>	145	8.2.1.3.	Direktes Streichen auf dem Ziegelbrettchen	187
	<i>Kollergangstypisierung</i>	146	8.2.1.4.	Streichen in der Klappform	187
	<i>Rohmaterial-Abzugseinrichtungen</i>	147	8.2.2.	Über das Formen der Hohlziegel aus freier Hand	187
7.5.6.	Beschicker	147	8.2.3.	Das Formen der First- und Walmziegel	188
	Tonraspler und Siebrundbeschicker	150	8.2.4.	Schenkelgerollte Firstziegel	188
7.5.7.	Mischmaschinen	151	8.3.	Maschinenziegel	188
7.5.7.1.	Einwellenmischer	151	8.4.	Maschinelle Formgebung der Mauerziegel	189
7.5.7.2.	Zentraltonschneider	151	8.4.1.	Maschinenstreichziegel, Weichziegel	190
7.5.7.3.	Doppelwellenmischer	152	8.4.1.1.	Streichpressen	192
7.5.7.4.	Maukmischer	152	8.4.1.2.	Handformpressen	192
7.5.7.5.	Chargenmischer	153	8.4.1.3.	Wasserstrichpressen	192
7.5.8.	Tonreinigung	153	8.4.2.	Strangpreßziegel	193
7.5.8.1.	Das Schlämmen	153	8.4.2.1.	Kolbenpresse	193
7.5.8.2.	Maschinelle Tonreinigung	154	8.4.2.2.	Walzenpresse	194
	<i>Tonschneider mit Sieb und Doppelwellensiebmischer</i>	156	8.4.2.3.	Schneckenpressen	196
	<i>Diesener Tonreiniger</i>	156		<i>Bauarten</i>	198
	<i>Bohnscher Tonreiniger</i>	157		<i>Funktionsprinzip</i>	198
	<i>Kollerwalzwerk</i>	158		<i>Preßkopf und Mundstück</i>	201
	<i>Steinaussonderungswalzwerk</i>	158		<i>Weich-, Halbsteif- und Steifverpressung</i>	204
	<i>Steinaussonderungsbrecher</i>	158		<i>Vakuumverpressung</i>	204
	<i>Aussonderung von Eisenteilen</i>	159		<i>Heißverformung</i>	206
7.6.	Trockenaufbereitung	159		<i>Abschneiden</i>	206
7.7.	Heißaufbereitung	160		<i>Oberflächenbehandlung</i>	208
7.8.	Rohstofflagerung – Bevorratungs- und Aufbereitungsfunktion zugleich	161		<i>Über founirte, beblattete Ziegel</i>	208
7.8.1.	Sumpfhaus	161		<i>Die wissenschaftliche Erforschung des Strangpressens</i>	209
7.8.2.	Maukkeller	162	8.5.	Das Trockenpreßverfahren	210
7.8.3.	Mechanisierte Sumpfanlagen	163			
7.8.4.	Längssumpfanlagen	165			
7.8.5.	Quersumpf	165			
7.8.6.	Greifersumpf	168			

8.6.	Maschinelle Formgebung der Dachziegel	213	9.11.1.	Schaukeltrockner	261
8.6.1.	Pressen der Dachziegel mit Formen	213	9.11.2.	Französische und italienische Schnellrockner	261
8.6.1.1.	Die Schlittenpresse	213	9.11.3.	Minutentrockner	262
8.6.1.2.	Die Revolverpresse	217	9.11.4.	ITO-Einlagenschnellrockner	262
	Mutterformen und Arbeitsformen	223	9.11.5.	Schnellrockner Laminaris	263
8.6.2.	Strangpressen: Herstellen von Dachziegeln aus einem endlosen Tonstrang	224	9.11.6.	Kassettenrockner	263
8.6.2.1.	Paketedachziegel	226	9.12.	Auf der Suche nach neuen Trockenmethoden	264
8.6.2.2.	Strangfalzziegel	226	9.12.1.	Dampftrocknung	265
8.6.2.3.	Hohlstrangfalzziegel	227	9.12.2.	Infrarot-Trocknung	265
8.6.2.4.	Stehend extrudierte Dachziegel	227	9.12.3.	Hochfrequenz-Trocknung	265
8.6.2.5.	Dachziegelabschneider	227	9.12.4.	Mikrowellentrocknung	266
9.	Trocknung – Vorbereitung des Formlings auf das Finale	233	10.	Brand – im Feuer entsteht der Werkstoff Ziegel	269
9.1.	Grundlagen der Trocknung	233	10.1.	Physikalische und chemische Reaktionen beim Brand	269
9.2.	Natürliche und künstliche Trocknung	234	10.1.1.	Schmauchen	271
9.3.	Freilandtrocknung	234	10.1.2.	Anwärmen	271
9.3.1.	Plantrocknung mit Hagen	235	10.1.3.	Aufheizen	272
9.3.2.	Plantrocknung mit Hürden und Luftschuppen	237	10.1.4.	Garbrennen	272
9.4.	Freilufttrocknung	237	10.1.5.	Kühlen	273
9.4.1.	Frostmelder	238	10.1.6.	Besondere Brenntechniken	273
9.4.2.	Gerüstrockner	239	10.1.6.1.	Reduzieren	274
9.4.3.	Freiluft-Absetzwagentrockner	240	10.1.6.2.	Dämpfen	274
	Vollmechanisierter Freiluftrockner	240	10.1.6.3.	Flammen	274
9.4.4.	Kombinierte Freiluft-/Kammertrocknung	241	10.1.6.4.	Salzglasieren	274
9.5.	Großraumrockner	241	10.2.	Ofensystem und Ofenbetrieb	274
9.5.1.	Bodentrockner	245	10.2.1.	Klassifizierung der Ofensysteme	274
9.5.1.1.	Dampftrockenapparat von Röhne	245	10.2.2.	Brennstoffe	275
9.5.1.2.	Ofendeckentrocknung	245	10.2.3.	Messung der Brenntemperatur	276
9.6.	Kanalrockner und Kammertrockner	245	10.3.	Das Setzen der Ziegel	278
9.7.	Kanalrockner	246	10.4.	Ofenarten	282
9.7.1.	Bockscher Kanaltrockenofen	247	10.4.1.	Feldbrand	283
9.7.2.	Hoffmanscher Kanaltrockenofen	247	10.4.1.1.	Ziegelmeiler und Meilerbrand	283
9.7.3.	Tunnelrockner von Mölller und Pfeiffer	248	10.4.1.2.	Kohlebrandmeiler	285
9.7.4.	Durchlauftrockner	248	10.4.1.3.	Holz- und Torfbrandmeiler	286
9.8.	Kammertrockner	250	10.4.2.	Die Urahnen der Ziegelbrennöfen	288
9.8.1.	Kammertrockner von Mensing	250	10.4.3.	Der römische Ziegelofen	288
9.8.2.	Trockenanlage von Bühner	251	10.4.4.	Mittelalterliche Öfen	290
9.8.3.	Mit dem Absetzwagen beginnt eine neue Ära der Trockentechnik	251	10.4.5.	Der Feldofen	290
9.8.4.	Kammertrockner System Keller	252	10.4.6.	Kammeröfen	292
9.9.	Kammertrocknerentwicklung bis 1945	254	10.4.6.1.	Altdeutscher Ofen und Deutscher Ofen	292
9.10.	Allgemeine Entwicklung der Trockentechnik ab 1950	255	10.4.6.2.	Erdofen	295
9.10.1.	Zwangsumwältztrocknung	255	10.4.6.3.	Kasseler Ofen	295
9.10.2.	Klimatrocknung	255	10.4.6.4.	Langofen	296
9.10.3.	Rhythmische Trocknung mit dem Rotomixair-System	256	10.4.6.5.	Dämpföfen	296
9.10.4.	Luftumwälzgeräte Großflächenlüfter	257 258	10.4.6.6.	Kammeröfen mit überschlagender Flamme	298
9.10.5.	Intervalltrocknung	258	10.4.6.7.	Muffelöfen	300
9.10.6.	Innere Aufheizung	258	10.5.	Die Vorläufer des Ringofens	301
9.10.7.	Durchströmungstrocknung	259	10.6.	Der Ringofen	302
9.10.8.	Düsenwandtrocknung	259	10.6.1.	Die Hoffmann Ringofen-Story	303
9.10.9.	Pralltrocknung	260	10.6.2.	Das Ringofenprinzip	307
9.11.	Schnellrockner	260	10.6.2.1.	Ofenaufbau	307
			10.6.2.2.	Betriebsweise	307
			10.6.2.3.	Schmauchbetrieb	309
			10.6.3.	Ringofendetails	311
			10.6.3.1.	Ofengewölbe und Brennkana	311
			10.6.3.2.	Ringofenfeuerung	311

10.6.3.3. Schieber, Türen und Kammern	313	Tabelle 3: Mauerziegelformate nach DIN 105, Ausgabe August 1989	397
10.6.3.4. Fuchse, Glocken und Rauchsammler	316	Tabelle 4: Vormauerziegel- und Klinkerformate, die 1995 in Deutschland produziert wurden	397
10.6.3.5. Der Schornstein – einst Wahrzeichen der Ziegelei	317	Tabelle 5: Mauerziegel-Standardformate aus aller Welt (Stand um 1980)	397
10.6.4. Konstruktive Entwicklungen des Ringofens	320	Tabelle 6: Was schaffte um 1900/1950 ein vollwertiger Ziegeleiarbeiter?	397
10.6.4.1. Die Entwicklung der Brennkanaform	320	Tabelle 7: Berufsbezeichnungen und Tätigkeiten im Ziegelwerk	398
10.6.4.2. Kombinierte und sonstige Formen	322	Tabelle 8: Arten und Bezeichnungen von Ziegelwerken	399
10.6.4.3. Teilringofen	322	Tabelle 9: Entwicklung der Dachziegelwerke	399
10.6.4.4. Schenkelringofen	322	Tabelle 10: Ziegeleimaschinenfabriken im 19. und 20. Jahrhundert	400
10.6.4.5. Ringofen mit Heizwänden	324	Tabelle 11: Ziegeleitechnische Büros, Trockner-, Ofen- und Anlagenbauer	401
10.6.5. Der Zick-Zack-Ofen	325	Tabelle 12: Pioniere der Ziegeleitechnik	402
Der Zickzackringofen	326	Tabelle 13: Die Messen der Ziegeleimaschinenhersteller	402
10.6.6. Ringofen mit überschlagender Flamme	326	Tabelle 14: Standardgrößen und Technologie der Mauerziegelwerke	402
Flammofen	326	Tabelle 15: Verfahrensabläufe bei der Mauerziegelherstellung um 1800, 1900 und 2000	403
10.6.7. Gaskammerringofen	326	Tabelle 16: Spezifischer Arbeitszeitaufwand und Arbeitskräftebedarf bei der Mauerziegelherstellung	405
10.6.8. Gasringofen	328	Tabelle 17: Ziegelwerke, Beschäftigte und Produktion in Deutschland von 1886 – 1999	405
10.6.9. Erdringofen	328	Tabelle 18: Erdgeschichtliche Formationen und darin entstandene keramische Rohstoffe	85
10.6.10. Bull's Ofen	329	Tabelle 19: Entwicklung von Rohstofflagertechnik, Sumpf- und Maukanlagenbau	406
10.6.11. Der Schultheiß-Ofen oder Tiefofen	330	Tabelle 20: Entwicklung der Aufbereitungstechnik	407
10.7. Der Tunnelofen	330	Tabelle 21: Entwicklung der Formgebungstechnik	408
10.7.1. „Ofen mit Eisenbahn“ – die geschichtlichen Anfänge	330	Tabelle 22: Entwicklung der Trockentechnik	409
10.7.2. Tunnelofenentwicklung von 1945 – 2000	335	Tabelle 23: Entwicklung der Brenntechnik	410
10.7.3. Der Kurztunnelofen KTO	337	Tabelle 24: Brennzyklen verschiedener Ofenarten	412
10.7.4. Der Gegenlaufofen	339	Tabelle 25: Entwicklung des Brennstoffeinsatzes zum Ziegelbrand	412
Besatzscheiben-Gegenlaufofen	340	Tabelle 26: Entwicklung des innerbetrieblichen Transports	413
10.7.5. Hydrocasing- und Dry-Seal-Ofen – die Tunnelöfen mit Flüssig- und Trockendichtung	340		
10.7.6. Brennersysteme – das heiße Herz der Tunnelöfen	341		
10.7.7. Entwicklung der Tunnelofenauslegung	342		
10.8. Herdwagenofen	344		
10.9. Rollenofen	346		
10.9.1. Monkerofen	347		
10.10. Schnellbrand	347		
11. Inner- und außerbetrieblicher Transport - Ziegelmachen ist Transportarbeit	351	14. Register	415
11.1. Vom Schubkarren zum lasergesteuerten Transportsystem – der innerbetriebliche Transport	351	14.1. Namensregister	415
11.1.1. Rohstofftransport	351	14.2. Sachwortregister	419
11.1.2. Formlingstransport	356	15. Literaturhinweise	425
11.1.3. Ofenwagentransport	371	16. Bildnachweis	433
11.1.4. Kohletransport	371	17. Inserentenverzeichnis	439
11.2. Vom Ofen zur Baustelle – der außerbetriebliche Ziegeltransport	373		
12. Kraftanlagen – von der Muskelkraft zur Kraft-Wärme-Kopplung	381		
Ausblick	390		
13. Auf einen Blick – Zeittafeln zur Entwicklung der Ziegeleitechnik	393		
Tabelle 1: Ziegel-Produktentwicklungen	393		
Tabelle 2: Mauerziegelformate um 1900	396		

Ton - der Stoff
Ton - der Stoff
aus dem die
aus dem die
Ziegel sind
Ziegel sind



1. Ton, Mensch, Ziegel

– mystische Dreieinigkeit

„Wer einmal Ton anfaßt, bleibt daran kleben“, ist alte Zieglererfahrung. „Ich muß Lehm unter meinen Füßen spüren, um glücklich zu sein“, pflegte ein alter Ziegler zu sagen. Empfindungen, welche die emotionale Seite des Ziegels anklingen lassen und gleich bei dem Stoff anfangen, aus dem die Ziegel gemacht sind (Bild 1.1).



Bild 1.1. Ton - der Stoff aus dem die Ziegel sind

Von Anfang an hat dieser Stoff eine ganz besondere Beziehung zwischen Mensch und Ziegel begründet. Den meisten Menschen von heute ist dies allerdings kaum noch bewußt. Doch schon das lateinische Wort *humus*, Erde, Erdreich, weist darauf hin. Es hat die gleiche Wurzel wie *homo*, Mensch, als einem aus Erde Gemachten, auf der Erde Lebenden. Erde aber, d. h. Ton und Lehm, ist auch der Rohstoff für die Herstellung des Ziegels.



Bild 1.2. Feierabendziegel (frei nach dem Original von 1803 gestaltet)

Die Inschrift auf einem Feierabendziegel bringt diese besondere Beziehung auf den Punkt: „Ich bin von erd und thon und du mensch bist auch davon – Frielingen den 3ten Juni 1803“. (Bild.1.2.)

Der Mensch ist nach der Schöpfungsgeschichte der Bibel, nachzulesen 1. Mose, 2,7 „von Gott, dem Herrn aus einem Erdenkloß gemacht“. Adam – der Name des ersten Menschen – ist abgeleitet aus dem akkadischen *adamatu* („dunkelrote Erde“) und dem hebräischen *adama* („Erdreich“) und bedeutet „Der aus Erde Gemachte“. Der Ziegel aber ist der erste vom Menschen mit Hilfe der vier Lebenselemente der Natur – Erde, Wasser, Luft und Feuer – geschaffene künstliche Baustoff, mit dem er sich ein elementares Existenzbedürfnis, das Wohnen, erfüllen konnte (Bild 1.3.).



Bild 1.3. Lebenselemente der Natur – Basiselemente der Ziegelherstellung: Erde, Wasser, Luft und Feuer

Für den reinen Verstandesmenschen dürfte hier der Hinweis von Interesse sein, daß amerikanische Wissenschaftler in den 1980er Jahren auf Grund der Ergebnisse von Untersuchungen über die Ursprünge des Lebens eine Theorie aufgestellt haben, die Ton für die Quelle des Lebens hält. Der entlang der Urmeere überall vorkommende Ton besitzt nämlich eine Mineralstruktur, die fast so komplex wie ein DNA-Molekül ist und so ideale Voraussetzungen für eine chemische Evolution bietet. Mit Hilfe von Naturphänomenen, wie z. B. radioaktivem Zerfall, könnte der Ur-Ton als chemische Fabrik gewirkt haben, die anorganische Stoffe in komplexe organische Moleküle als erste Bausteine des Lebens umgewandelt hat.

1.1. Mit dem Ziegel beginnt die Geschichte

Als Erfinder des gebrannten Ziegels gelten die Sumerer, jenes geheimnisvolle Volk in Mesopotamien, dessen bereits erstaunlich hoch entwickelte Zivilisation vor etwa 6000 Jahren plötzlich wie aus dem Nichts erschien. „Und sie sprachen untereinander: Wohlauf, lasst uns Ziegel streichen und brennen! und nahmen Ziegel zu Stein und Erdharz zu Kalk“ (1. Mose, 11,3). So beschreibt dieser auf sumerischen Quellen beruhende Bibeltext den Beginn der sumerischen Zivilisation, die – wie wir heute wissen – auch der Ursprung unserer Zivilisation ist. Dies geschah nach der Sintflut, als das Land zwischen Euphrat und Tigris ausreichend abgetrocknet war. Als die Menschen von den Bergen herabstiegen, fanden sie im Lande Sinear (dem biblischen Namen von Sumer) eine Ebene vor und ließen sich dort nieder. Die ersten Brennöfen und die erste Herstellung von glasierten Ziegeln sind, neben vielen anderen, Erfindungen der Sumerer. Aber nicht nur zum Bauen verwendeten die Sumerer den Ziegel. Mit der Erfindung der Schrift, deren keilförmige Zeichen sie mit einem Griffel aus Schilfrohr in Tontafeln, die Keilschriftziegel, drückten, endet die Vorgeschichte des Menschen ohne schriftliche Überlieferung – die Geschichte beginnt (Bild 1.4.).



Bild 1.4. Altbabylonischer Keilschriftziegel aus gebranntem Ton mit der Darstellung eines mathematischen Problems (um 2000 v. Chr.), gefunden im Tell Harmal, einem Ruinenhügel bei Bagdad

Professor Herbert Kühn schreibt dazu: „Um das Jahr 3500 v. Chr. geschah mit dem Ziegel das Bedeutungsvollste, was Menschen je mit dem Ziegel geschaffen haben. Auf dem Ziegel entstand die älteste Schrift der Menschheit. Der Ziegel ist es, der dem Menschen die Schrift gegeben hat, der Ziegel ist es, an dem die größte Tat des menschlichen Geistes geschaffen wurde - die Schrift - und damit die Erhaltung des Gedankens und des geschriebenen Worts über die Jahrtausende hinaus. Kaum jemand, der einen Ziegel in die Hand nimmt, denkt daran, daß er das Material wurde für die gewaltige geistige Leistung, welche die Entdeckung der Schrift bedeutete.“¹ Die Sumerer hatten auch einen „Monat des Ziegelsteins“, der sich in Keilschrift so darstellte:



1.2. Mythischer Schöpfungsakt

Nach den auf sumerischen Tontafeln erhaltenen Überlieferungen war der Ziegel sogar göttlichen Ursprungs. Im Glauben der Sumerer gab es Götter des Himmels und der Erde. Der große Göttervater, der König der Götter, war *Anu*, dessen Söhne *Enlil* und *Enki* (auch *Ea*) im Himmel geboren waren und auf die Erde niederstiegen, als sie noch wüst und leer war. *Enki* soll es gewesen sein, der aus einem Stück Lehm den Ziegelgott *Kulla* schuf. In einem Gedicht heißt es: „Ihn, dessen Form die beste ist, *Kulla*, den Ziegelmacher des Landes, machte *Enki* zum Hüter von Gussform und Ziegeln“. Auch die Feuergötter *Nusku* und *Girru* hatten mit den Ziegeln zu tun, doch der eigentliche Ziegelgott war *Kulla*. Die zahlreichen ganz aus Ziegeln gebauten Stufentempel, die Zikkurats, bei uns bekannt durch den „Turm von Babel“, wurden als Treppen betrachtet, auf welcher die Gottheit vom Himmel zur Erde niedersteigt und der Priesterkönig zur Gottheit emporsteigt (Bild 1.5.).

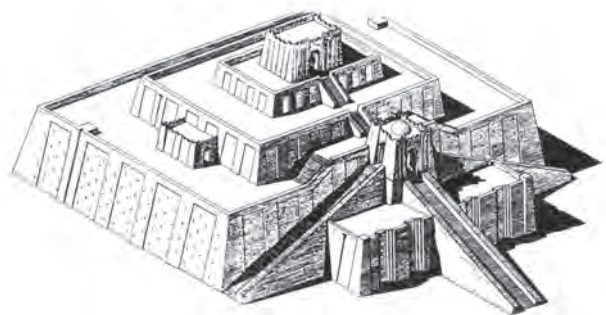


Bild 1.5. Rekonstruktion des Zikkurats von Ur in Mesopotamien, eines Ziegelbaus um 2200 v. Chr.

So liegt der Ziegelherstellung von Anfang an ein mythisch zu nennender Schöpfungsakt zugrunde. Es ist



Bild 1.6. Ägyptisches Holzmodell, das Ziegelstreicher bei der Arbeit zeigt (um 2000 v. Chr.)

erwiesen, daß die biblische Schöpfungsgeschichte, wie auch andere biblische Erzählungen, von sumerischen Originalen auf Keilschriftziegeln herrühren und eine Verdichtung dieser sumerischen Quellen darstellen.

1.3. Faszination Ziegel

Unzählig sind die Versuche, die historische Dimension und die Faszination des Ziegels als Kulturträger zu beschreiben und die emotionalen Bindungen, die er im Seelenleben des Menschen bewusst oder unbewußt bilden kann, zu erklären.

Trotz seiner „künstlichen“ Erschaffung ist der Ziegel ein Naturprodukt und wird als solches empfunden. Dies erklärt der bekannte Architekt Fritz Schumacher (1869 – 1947) damit, daß einem Bauwerk nur die Liebe zu dem Stoff, aus dem es verwirklicht werden soll, den Hauch lebendigen Seins verleihen kann und sagt dazu u. a.: „Die Kraft, die in der Art der Verbindung mit der Natur liegt, ist uns am selbstverständlichsten, wenn wir das Baumaterial unmittelbar dem Schoße der Natur entnehmen, wie beim Werkstein oder beim Holz. Aber sie ist in genau dem gleichem Maße vorhanden, wenn der Prozess, den wir ein Material durchmachen lassen, um es baureif zu machen, einer jener Naturprozesse ist, die ihren Hauch dem Entstandenen mitteilen. Die feuergeborene Keramik gehört deshalb, trotzdem sie ein „künstliches“ Material ist, in diesem Sinne unmittelbar neben die natürlich gewachsenen Materialien, sofern sie die Merkmale dieser Feuergeburt deutlich auf der Stirne trägt. Ja, es kann gelingen, in ihr mehr vom Hauch der Natur fühlbar einzufangen, als bei manchem gewachsenen

Material erkennbar geblieben ist“.² Der bereits zitierte Professor Dr. H. Kühn, sagt dazu: „Der Ziegel ist ein entscheidendes, ein tragendes Kulturelement der Menschheit überhaupt. Andere Baustoffe der Vorzeit bietet die Umwelt dem Menschen: Stein und Holz. Der Ziegel aber bedeutet etwas anderes als die naturgegebenen Stoffe, er ist eine gedankliche Schöpfung, er ist ein überlegt geschaffenes Material, er bedeutet etwas Neues gegenüber den Gaben der Natur. Es ist der Mensch, der dieses Element erschafft, es ist der Geist, der etwas Neues bildet, es ist die Überlegung, die durch die besondere Bearbeitung einen Stoff herstellt, wie ihn die Natur nicht kennt, den Ziegel.

Dieses neugeschaffene Element wird in derselben Zeit erfunden wie zwei andere Tragkräfte des Daseins, das Brot, hergestellt durch Backen aus den zuerst wildwachsenden Getreiden und zweitens das Tongefäß, hergestellt durch Brennen aus dem Lehmmaterial des Erdbodens.

Durch dieses Neuschaffen tritt an die Stelle einer aufnehmenden, einer aneignenden, einer konsumierenden Kultur die produzierende, die selbst aufbauende, neu schaffende Tat. In der Erinnerung der Menschheit hat sich das Bewußtsein an diese tiefgreifende Wandlung immer erhalten. Die Bibel nennt diesen Vorgang die Vertreibung aus dem Paradies, die heiligen Bücher der Inder, der Perser, der Chinesen sprechen genauso von diesem Ereignis. Im Schweiß seines Angesichts muß nun der Mensch sein Brot essen, er muß Ziegel streichen, er muß Häuser bauen“³ (Bild 1.6.).

Vielen Menschen erscheint die moderne Architektur mit ihren Betonbauten als kalt, hart, unmenschlich und seelenlos. Der Schriftsteller Hans Magnus Enzensberger drückt es so aus: „Jeder Städtebewohner weiß, daß die Architektur, im Gegensatz zur Poesie, eine terroristische Kunst ist“. Den modernen Architekten wird oft nachgesagt, sie bauten Häuser aus Beton, Stahl, Glas und Kunststoff, lebten selbst aber gerne in schönen alten Ziegelbauten. Nicht von ungefähr verwendet die moderne Architektur daher den Ziegel oft nur als vorgeblendete Wand, um – neben den ganz praktischen Erwägungen, wie z. B. eine dauerhafte und wartungsfreie Fassade zu bekommen – auch eine wärmere, menschlichere Ausstrahlung zu erreichen und so den Gebäuden, nach Fritz Schumacher, „den Hauch lebendigen Seins zu verleihen“ (Bilder 1.7.).

1.4. Ziegel – Namensherkunft und -bedeutung

Das assyrische Wort für den Ziegel ist *tikpu*, und mit dem Ziegel wanderte auch das Wort in die Länder des Mittelmeerraums. Es ist die Vorform für das lateinische Wort *tegula* (zu: *tegere* = (be)decken), mit dem die Römer den Dachziegel bezeichneten. *Tegula*, das war der römische Leistenziegel, und die Stoßfugen dieser nebeneinanderliegenden Flachziegel

Bild 1.7. Moderne Gebäude 2000 mit Ziegelfassaden:
Berlin/Potsdamer Platz



Bild 1.7.a. Kollhoff-Hochhaus: Klinker-Verblendfassade aus
objektgefertigten Fertigteilen



Bild 1.7.b. In den Arkaden: Keramikfassade aus vorgehängten
Terrakottaplatten

wurden mit dem Hohlziegel, dem Imbrex, überdeckt (lat. *imber*, gr. *ombros* = Regen, Imbrex = Hohlziegel zur Ableitung des Regenwassers) (Bild 1.8.).

Der luftgetrocknete Lehmziegel wurde babylonisch *libittu*, der gebrannte *agurru* genannt, die Römer nannten den Mauerziegel *later* und unterschieden zwischen dem *later crudus*, dem ungebrannten Lehmziegel, und dem *later coctus*, dem gebrannten Ziegel.

Die Römer wurden, soweit es das Abendland betrifft, zu Entwicklungshelfern in Sachen Ziegel. Wo immer ihre Feldzüge sie hinführten, brachten sie auch das Wissen um die Ziegelherstellung mit und führten die Ziegelbauweise in den eroberten Gebieten ein. So kam mit den Römern in der Zeit des ersten Jahrhunderts nach Christus auch das Wort *tegula* zu den Germanen.

Die römischen Legionäre stellten für ihre Bauten Mauer- und Dachziegel her. Dabei verwendeten die Römer den Backstein aber weit seltener als den Dachziegel. Während die Gebäude und Wachtürme der Kastelle des Limes meist aus Holz errichtet wurden, verwendete man für die Dächer vorzugsweise Dachziegel. Dies hatte ganz praktische Gründe, da die hartgedeckten Dächer durch die Brandpfeile der immer wieder anstürmenden Germanen nicht entzündet werden konnten.

Die Dachziegelherstellung war also vorherrschend und so kam es, daß innerhalb der germanischen Bevölkerung nur der Ausdruck für Dachziegel = *tegula* als Allgemeinbegriff (Lehnwort) in unsere Sprache übernommen wurde. Da in Germanien weiterhin die Stroh- und Schindeldeckung üblich blieb, wurde der Name *tegula* auch für den Mauerziegel (*later*) verwendet.

Von *tegula* entwickelten sich im rheinischen und südwestlichen Deutschland viele wechselnde Formen wie *zegal*, *zibal*, *zibil*, *zeagal*, *ziagal*, *ziegal*, *ziogal*. Mit dem Ziegelbau verbreitete sich das Lehnwort auch nach Norden und Osten mit Formen wie *tieglo*, *tiegla*, *tigol*, *tigele*, *tigl*. Hieraus kam es dann über niederdeutsch *tegel*, althochdeutsch *ziagala*, zu mittelhochdeutsch und neuhochdeutsch *ziegel*. Weil beim Gebrauch des Worts für den Mauerziegel das heimische *stein* vorschwebte, kam es auch zu der Zusammensetzung *ziagalstein* Ziegelstein. Schließlich entstanden auch die Zusammensetzungen „Dachziegel“ und „Mauerziegel“. Zur Herkunft der beiden altgermanischen Wörter *dach* und *mauer*, ist folgendes zu sagen: *dach* liegt die indogermanische Wurzel *teg* – „decken“ zugrunde, von dem auch das Lateinische *tegere* – „bedecken“ abstammt, und bedeutet somit eigentlich „das Deckende“, während *mauer* als Lehnwort von dem lateinischen Wort *murus* kommt, denn die Germanen lernten erst durch die Römer den Steinbau kennen. Das entsprechende alte deutsche Wort ist *wand* und stammt von der

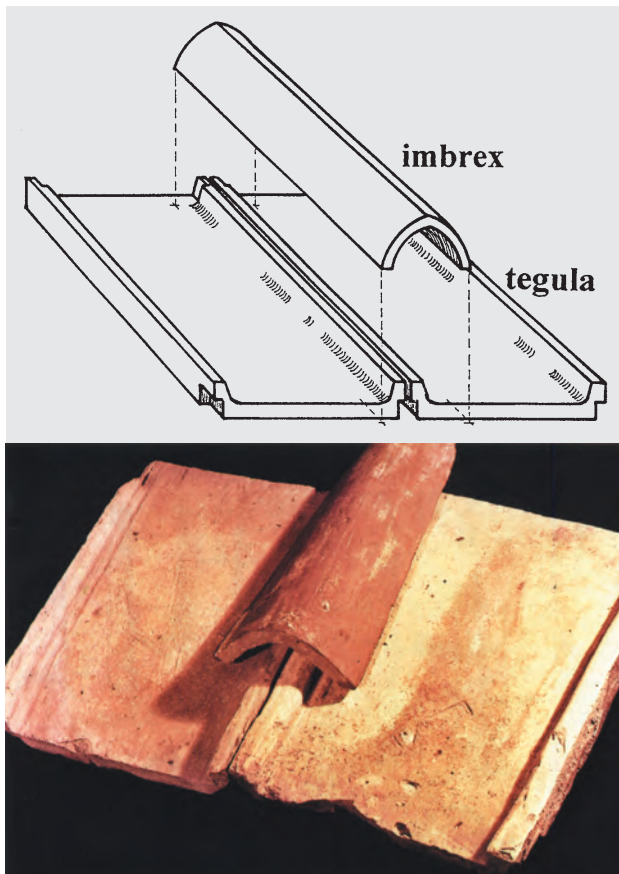


Bild 1.8. Römischer Leistenziegel (tegula) mit überdeckendem Hohlziegel (imbrex)

als Flechtwerk mit Lehmewurf gewundenen Wand, also von *winden*.

Für den gebrannten Mauerziegel entstanden im Mittelalter die deutschen Begriffe *Barnstein* (von *barnen* = brennen), *Brandstein* und *Backstein*. Dabei hatte man landschaftlich das Backen des Brotes auf das Ziegelbrennen übertragen, und so wird der Ziegler auch als *Ziegelbäcker* bezeichnet.

Tegula führte im Englischen zu *tile*, französisch *tuile*, italienisch *tegole*, spanisch *teja* und niederländisch *tegel*. Diese Namen bezeichnen jeweils den Dachziegel. Die Bezeichnungen für den Mauerziegel, englisch *brick*, französisch *brique* sind aus dem lateinischen *imbrex* abgeleitet (also auch einem Dachziegel), während aus dem lateinischen Mauerziegel *later*, mit *laterizo* die italienische und *ladrillo* die spanische Bezeichnung des Mauerziegels abgeleitet wurde.

Ziegel bezeichnet vom Ursprung her also den Dachziegel, während man im allgemeinen Sprachgebrauch heute sowohl den Mauerziegel als auch den Dachziegel darunter versteht. Allerdings bestehen regionale Unterschiede: In Norddeutschland versteht man unter Ziegel gleichermaßen beide Produkte, in Süddeutschland und vor allem der Schweiz nur den Dachziegel, während der Mauerziegel als *Backstein* bezeichnet wird. Mit der zunehmenden Freizügigkeit der Menschen verwischen sich diese sprachlichen Unterschiede jedoch mehr und mehr. Für den histo-

rischen Mauerziegel, der in der Regel ein Vollziegel im Einhandformat war und sowohl als Sichtziegel als auch Hintermauerziegel verwendet wurde, hat sich aber umgangssprachlich die traditionelle Bezeichnung Backstein erhalten. Der Name „Backstein“ ist allerdings in zweifacher Hinsicht unzutreffend, da Ziegel nicht bei niedrigen Temperaturen gebacken, sondern bei hohen Temperaturen gebrannt werden und auch keine „Steine“ im Sinne von fester, im Laufe der Erdgeschichte entstandener, mineralischer Masse sind, sondern einen völlig neuen Werkstoff darstellen. Für die moderne Produktentwicklung war der Begriff „Backstein“ sprachlich auch nicht anpassungsfähig genug, im Gegensatz zum Begriff „Ziegel“, der mit jeder Produktart kombinierbar ist, wie Dachziegel, Mauerziegel, Deckenziegel, Bodenziegel, Hochlochziegel, Großblockziegel usw. Des weiteren bezeichnet „Ziegel“ auch die Werkstoffart und signalisiert damit sofort, daß es sich hier um ein Produkt aus gebranntem Ton handelt. So sind z. B. Mauerziegel und Dachziegel immer aus gebranntem Ton, im Gegensatz zum aus einem Kalk-Sandgemisch hergestellten Kalksandstein oder dem aus Beton bestehenden Dachstein.

Fachterminologisch wird nur gebrannte Ware als Ziegel bezeichnet. Dies ist auch von der Herkunft des Lehnworts Ziegel her logisch, denn die *tegulae/Dachziegel* gibt es nur in gebrannter Form. Umgangssprachlich ist es aber üblich, auch für den „Urziegel“, den ungebrannten, an der Sonne getrockneten und „gebackenen“ Lehmputzen, den Begriff „Ziegel“ zu verwenden, für den dann Namen wie Lehmziegel, Luftziegel, Trockenziegel, Ägyptische Ziegel und Nilschlammziegel gebräuchlich sind (Bild 1.9.).

Bei den Babyloniern war der Ziegel auch ein Längenmaß. Dies hängt mit der Nippur-Elle zusammen, dem wichtigsten frühgeschichtlichen Längenmaß, das durch den in Nippur in Mesopotamien (heutiger



Bild 1.9. „Urziegel“ – an der Sonne trocknende Luftziegel, wie sie seit dem 8. Jt. v. Chr. und in Entwicklungsländern noch heute hergestellt werden

Irak), dem religiösen Zentrum der Sumerer, gefundenen 4,5 kg schweren und 110,35 cm langen Kupferstab, dem sog. Nippur-Stab aus der Zeit um 2000 v. Chr., dokumentiert ist. Die Länge des Nippurstabs entspricht 4 Fuß (zu je 27,5875 cm) = 64 Zoll (zu je 1,724 cm). (19 Zoll = 1 Ziegel = 32,76 cm)

Da der Mauerziegel durch die Hand des Maurers zur Wand wird, war er traditionell als Einhandziegel ausgebildet, dessen Abmessungen sich weltweit ähneln (Bild 1.10).

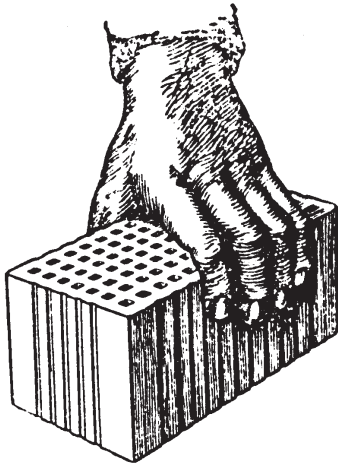


Bild 1.10. Beim Einhandziegel wurde die Breite traditionell so gewählt, daß der Stein bequem mit einer Hand zu greifen war, während die Länge etwa dem Doppelten und die Höhe etwa der Hälfte der Breite entsprach.

Der normale Mauerziegel oder Backstein ist ein Parallelepipeton, d. h. ein von drei Paaren gleichlaufender Ebenen begrenzter, prismatischer Körper. Die große Verbreitung des Mauerziegels brachte es mit sich, daß dafür der Begriff „ziegelförmig“ entstand und man ähnliche Formen, auch wenn sie aus ganz anderen Stoffen gefertigt waren, ebenfalls mit dem Attribut „Ziegel“ belegte. So kennt man z. B. den Teeziegel oder Ziegeltee, in Ziegelform gepressten Tee, oder den Backsteinkäse. Vor allem ziegelfremde Baustoffe kamen so zu einem Ziegelnamen wie z. B. Betonziegel, Zementziegel, Glasziegel, Korkziegel, Kalksandziegel usw., was oft zu Mißverständnissen führte.

Eine eindeutige Regelung kam erst mit der Einführung der DIN 105 „Mauerziegel“ von August 1922, in der definiert wird, daß Mauerziegel aus Lehm, Ton oder tonigen Massen geformt und gebrannt werden und nur Bausteine, die diesen stofflichen Eigenschaften entsprechen, als Mauerziegel bezeichnet werden dürfen.

Damit wurde der Begriff „Ziegel“ auch zur Werkstoffbezeichnung. Es handelt sich dabei um einen aus der geformten Tonmasse im Brand durch Festkörperreaktionen und Mineralneubildungen entstandenen neuen künstlichen Werkstoff, in der Fachsprache auch „Scherben“ genannt. Der Ziegelscherben wird u. a. durch seine Dichtigkeit, Farbe, Gefüge und

Scherbenrohichte definiert (Scherbenrohichte = Quotient aus Scherbengewicht und Scherbenvolumen, liegt für Ziegel etwa zwischen 1,4 bis 2,2 kg/dm³ – siehe auch Bild 5.1.).

Ist der Scherben porös, bezeichnet man den Werkstoff als Ziegel, ist er dicht gebrannt, als Steinzeug. Bis zur durchgehenden Sinterung gebrannte Klinker sind daher, von der Werkstoffseite her betrachtet, streng genommen keine Ziegel, sondern sind dem Steinzeug zuzurechnen.

Der Begriff „Ziegel“ gilt heute in Deutschland als Oberbegriff für alle Ziegeleierzeugnisse aus gebranntem Ton (Bild 1.11.). Hauptziegelarten sind Mauerziegel und Dachziegel.

Der Backstein hat jedoch immer noch eine zentrale Bedeutung als Austauschziegel in der Denkmalpflege und der Sanierung historischer Backsteingebäude, da bei Reparaturarbeiten an historischem Ziegelmauerwerk der moderne Mauerziegel oft nicht oder nur bedingt an die Originalsubstanz anpaßbar ist, weil er sich bezüglich Porengefüge, Wasseraufnahme, Rohdichte und Druckfestigkeit signifikant vom historischen Backstein unterscheidet.^{4,5}

Deshalb gibt es Bestrebungen, mit dem Begriff Backstein nur eine spezielle Untergruppe der Mauerziegel zu bezeichnen, die zum einen die historischen Backsteine selbst und zum anderen die speziell als Austausch- und Reparaturziegel hergestellten Backsteine umfasst.

Damit steht man allerdings im Gegensatz zum Sprachgebrauch in der Schweiz, wo Backstein noch Oberbegriff für den Mauerziegel schlechthin ist. Um Mißverständnisse zu vermeiden, wäre es daher wünschenswert, zu einer einheitlichen Sprachregelung für den gesamten deutschen Sprachraum zu kommen.



Bild 1.11. Kleiner Querschnitt durch die Ziegelvielfalt (um 1990)

2. Der Ziegel – Baustoff der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

Ein Jahrtausende alter Baustoff präsentiert sich auch zu Beginn des 3. Jahrtausends n. Chr. noch als moderner Hochleistungsbaustoff. Es ist der Ziegel, der in Form des Mauerziegels über 40 % und als Dachziegel über 50 % Marktanteil hält. Dies ist in einer Zeit, in der die Zahl der sogenannten modernen Alternativbaustoffe für den Laien kaum noch überschaubar ist, schon etwas ganz Außergewöhnliches, höchst Faszinierendes. Worin liegt das Erfolgsgeheimnis des Ziegels, dieses ältesten von Menschenhand erschaffenen künstlichen Baustoffs?

Eine ganz pragmatische Erklärung gibt Professor Wachtsmuth, wenn er 1951 schreibt: „Die Frage nach dem Grund der Bevorzugung und Vormachtstellung läßt sich kurz dahin beantworten, daß der Ziegel auf eine einfache und verhältnismäßig billige Weise anzufertigen ist, daß er sich durch eine ausgesprochene Handlichkeit auszeichnet, somit sich leicht vermauern läßt, und endlich, daß er bei sorgfältiger Herstellung eine fast unbegrenzte Dauerhaftigkeit besitzt“.⁶

2.1. Der Ziegel im Spannungsfeld von Rationalität und Emotionalität

Ganz so einfach darf man die Frage fünfzig Jahre später allerdings nicht mehr beantworten, denn die Gründe sind zu vielschichtig. Auf einen kurzen Nenner gebracht, liegt der Schlüssel des Erfolgs in der unübertroffenen Kombination zweier spezifischer Komponenten, die den Ziegel auszeichnen, nämlich Rationalität auf der einen Seite und Emotionalität auf der anderen. Die Fähigkeit also, zunächst gegensätzlich Erscheinendes wie „Ältestes und Neuestes“, „Tradition und Moderne“ und „Romantik und Rationalität“ in unvergleichlicher Weise problemlos in sich zu vereinigen.

Die Aussage „Die Rationalität des Backsteins ist veraltet, die Romantik hat angesichts der heutigen Vergangenheitswünsche noch Chancen im Geschäft zu bleiben“⁷ trifft dagegen überhaupt nicht zu. Mit Emotionalität und der Sehnsucht nach einer mythisch verklärten Vergangenheit allein wäre der Markterfolg des Ziegels nicht erklärbar. Dazu bedarf es vor allem rationaler Fakten, ausgedrückt in nüchternen bauphysikalischen Eigenschaften und betriebswirtschaftlichen Daten.

2.2. Zehnkämpfer Ziegel

Es ist die Summe seiner exzellenten bauphysikalischen Eigenschaften, die den Ziegel zu einem Baustoff der Extraklasse machen. Wie kein zweiter Bau-

stoff stellt der Ziegel eine optimale Synthese von Festigkeit, Feuchteschutz, Wärmeschutz, Schutz vor Außenlärm, Schallschutz innerhalb des Gebäudes, Dampfdiffusionsfähigkeit, Feuerwiderstand, Dauerhaftigkeit, Formbeständigkeit und praktischem Feuchtegehalt dar. Als „Zehnkämpfer“ wird der Ziegel daher auch bezeichnet.⁸ Eine weitere Funktion kommt hinzu, die der Ziegel noch als Abbruchmaterial hat – seine hervorragende Recyclingfähigkeit, z. B. als Ziegelsplitt für Hohlblocksteine oder als Ziegelmehl für Tennisplatzbeläge. Bereits die Ziegelruinen der Sumerer, Babylonier und Römer dienten über Jahrhunderte hindurch als Steinbrüche und lieferten einen sehr begehrten Baustoff. Diese Ziegel, die zum Teil einen mehrtausendjährigen Schlaf hinter sich hatten, waren noch voll gebrauchsfähig und standen an Güte und Härte den zeitgenössischen Steinen in nichts nach, übertrafen sie oft sogar. Heute gelten historische Mauerziegel und Dachziegel aus Abbruchhäusern als wertvolles Kulturgut und werden von Kennern und Liebhabern gerne wieder vermauert bzw. neu eingedeckt.

Doch dies sind noch längst nicht alle guten Eigenschaften des Ziegels – hinzu kommen Produktvielfalt, Formenreichtum, Schönheit und Ästhetik, Farben, Preiswürdigkeit und Wirtschaftlichkeit. Nur eine Eigenschaft sei nachfolgend einmal herausgegriffen.

2.3. Unübertroffen – die Dauerhaftigkeit des Ziegels

Einzig und allein der Ziegel vermag den Nachweis seiner Dauerhaftigkeit über eine Zeitspanne von mehreren tausend Jahren zu erbringen. Einen ersten Beweis für die Unverrotbarkeit des gebrannten Tons liefern die Keilschriftziegel, die in Keilschrift beschriebenen Tontafeln, von den Archäologen auch Keilschrifttablets genannt, die sich zu Tausenden erhalten haben und die ältesten und haltbarsten Datenträger überhaupt darstellen.

In der Liste der Haltbarkeit von Datenträgern führt die gebrannte Tontafel mit 5000 Jahren uneinholbar vor allen anderen (zum Vergleich die Haltbarkeit von: Pergament und Haderpapier 1000, Fotografie 500, Holzpapier, Film, CD-Rom 100, Tonband 50, Videoband, Farbdia 20, Diskette 10, Floppy-Disk und Thermo-Faxpapier 5 Jahre).⁹

Die Keilschriftziegel, welche die alten Sumerer, Assyrer und Babylonier als Schriftgutträger verwendeten, waren ein einmaliger Glücksfall, denn sie haben – im Gegensatz zu den verrott- und brennbaren Papyrusrollen der Ägypter – die Jahrtausende unbeschadet überstanden. Wer weiß – vielleicht haben auch die

Flüche gegen die Beschädigung der Werke, welche die Sumerer in manche Tontafeln einritzten, etwas dazu beigetragen: „Verflucht, wer die Tafel tilgt“. Da die Könige gewaltige Tontafelbibliotheken aufbauten, stehen der Wissenschaft Hunderttausende von Schriftstücken aus dem Mesopotamien des 4. und 3. Jahrtausends v. Chr. zur Verfügung, die Auskunft geben können über alle Bereiche der damaligen Zivilisation, die damit besser dokumentiert ist als z. B. die europäische Zeit zwischen dem 6. und 8. Jh. n. Chr., von der wir fast gar nichts wissen und die deshalb auch die „dunklen Jahrhunderte“ genannt wird.

Ein Blick auf die alten Kathedralen aus Naturstein macht den Unterschied zum Ziegel besonders gut deutlich: Bauten für die Ewigkeit sollten sie sein, tatsächlich sind sie ewige Baustellen für die Steinmetze, die nach und nach jeden einzelnen Stein, angenagt vom Zahn der Zeit und zerfressen von den modernen Abgasen, auswechseln müssen. Wie anders bei den historischen Backsteinbauten aus Ziegelsichtmauerwerk, die Witterungs- und Umwelteinflüssen über die Jahrhunderte hinweg unbeschadet trotzen und denen der saure Regen, die aggressiven Säuren der in den letzten Jahrzehnten drastisch verschmutzten Luft, nichts anhaben kann (Bild 2.1.). Festzustellen ist allenfalls eine Auswitterung der Mörtelfugen, die einfach zu sanieren ist.

Auch die größte Ziegelbrücke der Welt, die 1851 fertiggestellte Göltzschtalbrücke im sächsischen Vogtland, eine Eisenbahnbrücke, die noch heute den Anforderungen des Schienenverkehrs vollauf genügt,



Bild 2.1. Westfassade der Abteikirche des Zisterzienser-Klosters Chorin, erbaut 1273 bis 1305, ein beeindruckendes Zeugnis der alten Backsteinbaukunst



Bild 2.2. Die Göltzschtalbrücke, ein Ziegelbau, bei dem 26 Millionen Backsteine vermauert wurden, war bei ihrer Vollendung 1851 mit 574 m Länge und 78 m Höhe das mit Abstand höchste Eisenbahnviadukt der Welt.

zeugt von der Dauerhaftigkeit des Ziegels, um nur ein Beispiel zu nennen (Bild 2.2.).

Die ältesten Dachziegel in Deutschland befanden sich auf dem Dach des Salemer Münsters und erreichten auf diesem am stärksten der Witterung ausgesetzten Bauteil ein Alter von über 700 Jahren. Weder Naturstein, Stahl, Beton oder Kunststoff kommen an die Dauerhaftigkeit des Ziegels heran. Die im vorigen Jahrhundert gemachte Aussage: „Wenn der Ziegel heute erfunden würde, er wäre die Sensation unseres Jahrhunderts“ gilt noch immer und wird dies noch lange tun.

2.4. Vielfalt und Entwicklungspotential des Ziegels

Das im Ziegel steckende hohe Entwicklungspotential führte zu zahlreichen speziellen Ziegelarten für Wand, Fußboden, Fassade, Decke, Dach, Schornstein, Dränung, Kabelabdeckung, Straßen-, Wasser-, Tunnel- und Brückenbau u. a. m., in einer Vielfalt, daß das „Lexikon der Ziegel“, das keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, nahezu 2000 Ziegelnamen und -arten aufführt.¹⁰

Einen allgemeinen Überblick über die Entwicklung des Produkts Ziegel von den Anfängen bis heute gibt Tabelle 1. Eine detaillierte Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Ziegels in seinen vielfältigen Erscheinungsformen ist im Rahmen dieses Buches leider nicht möglich, doch soll auf einen Exkurs zu den beiden Hauptziegelarten, Mauerziegel und Dachziegel, und einigen Ziegelspezialitäten wie Feierabendziegeln, Zählziegeln und Herstellermarken nicht verzichtet werden.

2.5. Ursprung des Mauerziegels

Den Urziegel in Form des ungebrannten Lehmsteins fand man in Jericho im Jordantal, der ältesten bisher bekannten Stadt mit einem Siedlungsbeginn um 9000 v. Chr. Auf dem Tell es-Sultan, dem Siedlungshügel von Jericho, entdeckte man in den



Bild 2.3. Die ältesten Hochkulturen der Welt waren Ziegelkulturen. Sie entwickelten sich in Mesopotamien ab 4500 v. Chr., in Ägypten um 3200 v. Chr. und im Indus-Stromland um 2600 v. Chr.

Siedlungsschichten aus dem 8. Jahrtausend rechteckige und runde, bienenkorbartige Häuser. Sie waren aus luftgetrockneten Lehmziegeln errichtet, die eine gekrümmte, rückenartige Oberfläche und eine flache Basis aufwiesen. Die bei der Ausgrabung des Tell es-Sawwan, einem Ruinenhügel des 6. Jahrtausends, bei Samarra im heutigen Irak gefundenen Gebäude sind die bisher frühesten, bei den in Formen gestrichene Ziegel Verwendung fanden. Die ältesten Hochkulturen der Welt entstanden in den Tälern des „Zweistromlands“ an Euphrat und Tigris, des Nils und des Indus (Bild 2.3.). Es waren Ziegelkulturen, denn der Ziegel wurde zum prägenden Kulturelement dieser drei Flußtal-Zivilisationen. Ziegel ermöglichten den Bau von Häusern für das Volk, Palästen für die Könige und Tempeln für die Götter.

Gebrannt werden die Ziegel seit dem 4. Jahrtausend, aber immer werden ungebrannte und gebrannte Ziegel nebeneinander verwendet. Wegen des Mangels an Brennstoff wurden gebrannte Ziegel lange Zeit nur für Außenmauern oder bestimmte Bauteile, wie z. B. Brückenpfeiler, verwendet. Die Bilder 2.4. bis 2.25. mögen einen ungefähren, wenn auch höchst unvollkommenen, Überblick über die Entwicklung des Mauerziegels geben. Die Tabellen 2 – 5 enthalten Mauerziegelformate verschiedener Zeiten aus aller Welt.

Bilder 2.4. Stiftmosaikziegel

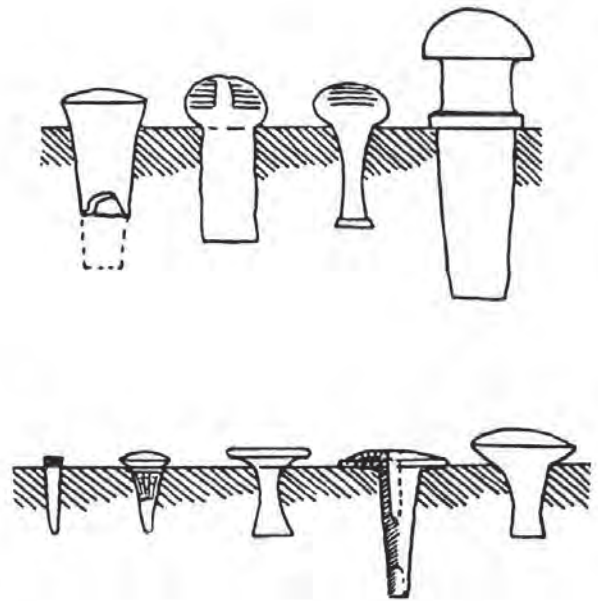


Bild 2.4a. In Mesopotamien benutzte man in der Uruk-Zeit (etwa 3500 – 2900 v. Chr.) zur Verschönerung und als Schutz gegen Witterungseinflüsse kegelförmige, 8 – 30 cm lange, gebrannte Tonstifte, teils mit gefärbten Köpfen.



Bild 2.4b. Die Stiftmosaikziegel wurden einfach in die noch feuchte Lehmmauer gedrückt.

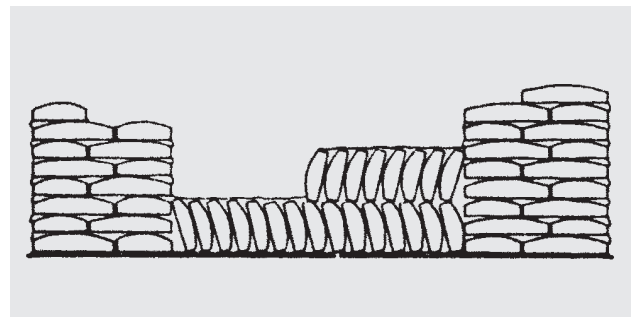


Bild 2.5. Plankonvexziegel, eine geheimnisvolle Ziegelform, auf einer Seite brotlaibförmig gewölbt und mit Fingereindrücken markiert, tauchen in Mesopotamien zwischen 2750 und 2400 v. Chr. auf. Vor und nach dieser Zeit sind die Ziegel flach und ohne Wölbung.



Bild 2.6. Die ersten gebrannten Reliefziegel erschienen während der Herrschaft der Kassiten und Elamiten (etwa 1595 – 1155 v. Chr.). Bekanntestes Beispiel ist die Ziegelfassade im Innin-Tempel in Uruk aus der Zeit um 1450 v. Chr. Der Mauer-ausschnitt befindet sich in den Staatlichen Museen in Berlin.



Bild 2.7. Das Glasurziegelrelief der Prozessionsstraße in Babylon aus der Zeit Nebukadnezars II. (604 – 562 v. Chr.) zeigt an jeder Seite 60 schreitende Löwen zwischen Rosettenbändern. Jeder Löwe ist 2 m lang und aus 46 verschiedenen Formziegeln in 11 übereinander liegenden Schichten zusammengesetzt. Jeder Reliefziegel stammt aus der gleichen Form, so daß man es schon damals mit einer Serienproduktion zu tun hatte. Die Prozessionsstraße und das Ishtar-Tor wurden von 1899 – 1917 von Robert Koldewey ausgegraben, zum Teil nach Berlin gebracht, rekonstruiert und 1930 im Vorderasiatischen Museum in Berlin wieder aufgebaut.

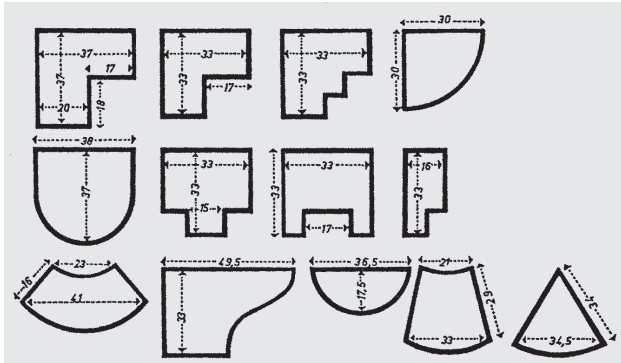


Bild 2.8. Die babylonisch-assyrische Ziegelbaukunst benutzte zur Ausbildung von Wandgliederungen bereits besondere Formziegel – Merkmal einer hochentwickelten Ziegelarchitektur.

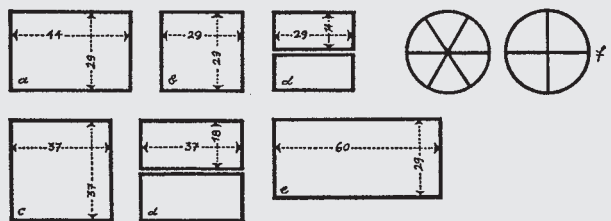


Bild 2.9. Die Römer verwendeten den gebrannten Mauerziegel in quadratischer, rechteckiger, dreieckiger und runder Form in den verschiedensten, nicht verbindlichen Abmessungen. Vitruv (geb. um 84 v. Chr.) nennt drei Größen: a. die griechische Art, auch lydische Ziegel genannt, b. Pentadoron, c. Tetradoron. Weitere Formate: d. Semilateres (Halbziegel), e. bipedale Ziegel und f. Dreiecks- und Rundziegel

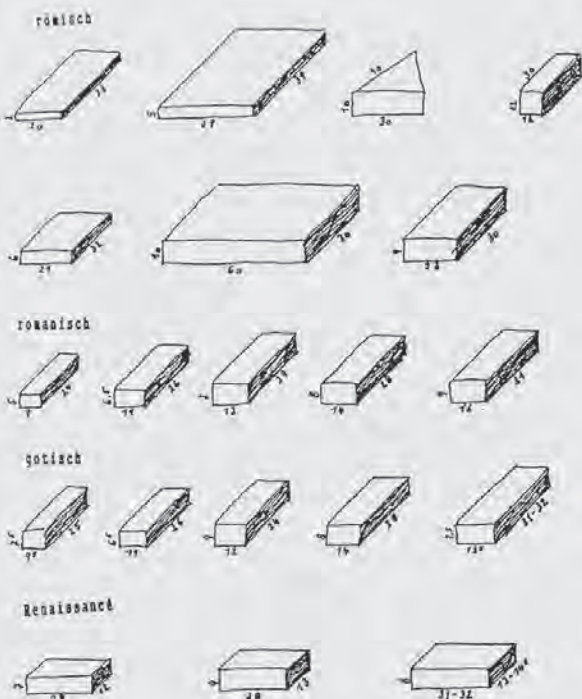


Bild 2.10. Angenäherte Beispiele historischer Backsteinformate von der Römerzeit (ab. ca. 200 v. Chr.) bis zu Renaissance und Barock (bis ca. 1780 n. Chr.)

Bilder 2.11. Auswahl von Formsteinen der norddeutschen Backsteingotik nach Gottlob. Im Allgemeinen suchte der mittelalterliche Ziegelbau die Formsteine einfach zu gestalten und in begrenzter Typenzahl an einem Bau zu verwenden.

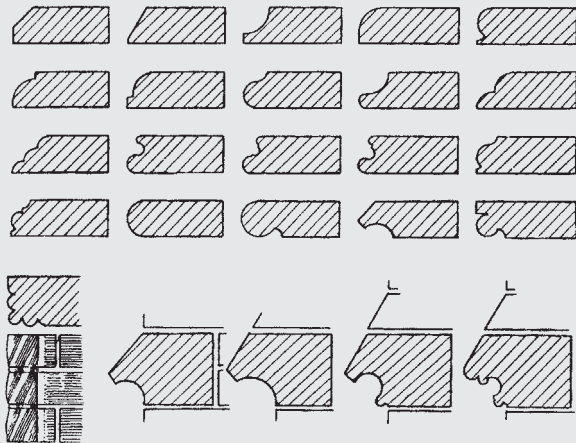


Bild 2.11a. Schmalseitige Profile und Rollschichtprofile

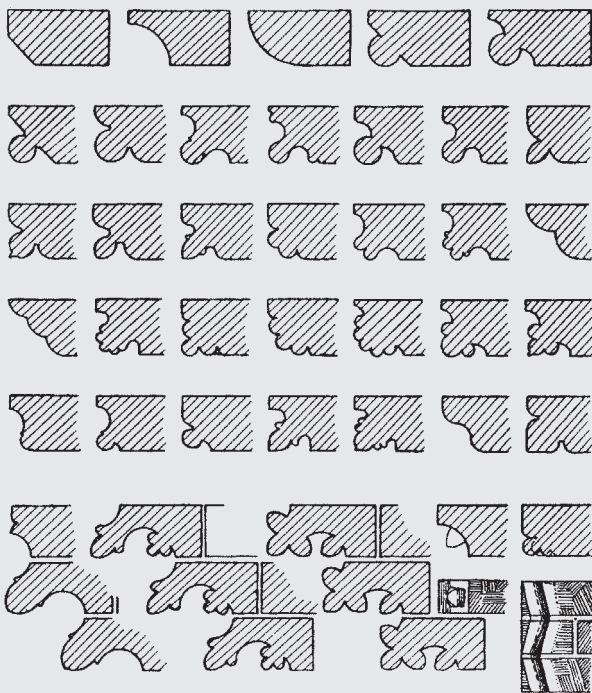


Bild 2.11b. Breitseitige Profile

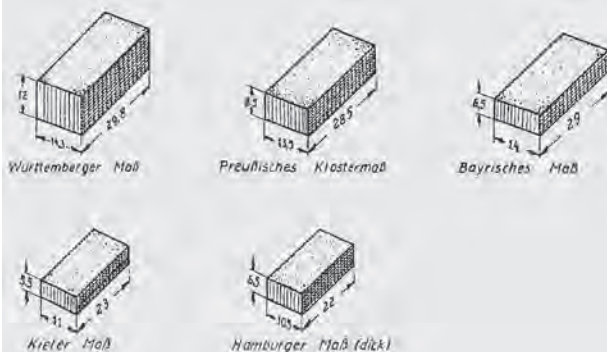


Bild 2.12. Einige der alten deutschen Ziegelformate. Bis zur obligatorischen Einführung des metrischen Systems am 1.1.1872 gab es in Deutschland sehr viele verschiedene Maßsysteme und jeder der 39 souveränen Einzelstaaten hatte sein eigenes Ziegelmaß.

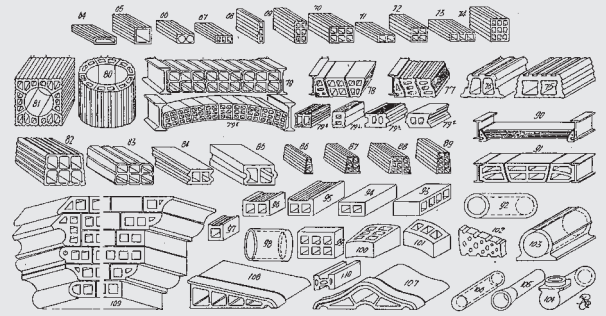


Bild 2.13.

Hohlziegel: Ab 1800 wurde durch das Aufkommen von Ziegelpressen verschiedenster Konstruktion die Herstellung gelochter Ziegel möglich. Um 1813 regte Deacon die Herstellung von „Hohlgeformten Thonkörpern“ an, den sog. Quaderhohlziegeln, die erstmals 1818 – 1825 bei den Hafengebäuden von Toulon angewendet wurden. Um 1910 zeigt das Hohlziegelprogramm schon eine außerordentliche Vielfalt, so u. a.: 64-74 Langlochziegel, 75-79, 82-91, 103 Deckenziegel und Wölbsteine, 80-81 Säulen-Ummantelungsziegel (vorzugsweise in den USA beim Wolkenkratzerbau angewendet als Brandschutz von eisernen Stützen und Säulen), 92, 98 Röhren, 93-97, 99 Lochverblendziegel, 100-102 Schornsteinringziegel, 103 Kabelsteine, 104-106 Dränröhren, 107-108 Mauerabdeckziegel, 109 Gesimsprofilziegel

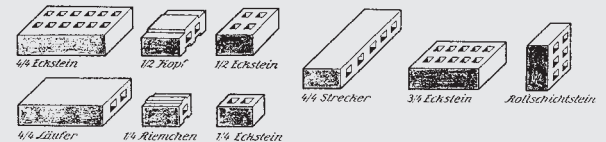


Bild 2.14.

Lochverblendziegel, eingeführt von Albert Augustin (1825–1909), dem Besitzer der Laubaner Tonwerke, um Transportkosten zu sparen. Einer der ersten mit Lochverblendern ausgeführten Bauten war das von 1860 – 1869 gebaute „Rote Rathaus“ in Berlin.

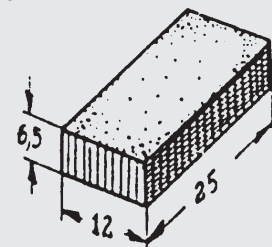


Bild 2.15.

Reichsformatziegel: Nach der Einführung des Metermaßes gab es vielfältige Bemühungen um einheitliche Ziegelabmessungen, schließlich einigte man sich auf das Maß 25 x 12 x 6,5 cm, das lt. Verordnung der Königlich Preußischen Regierung vom Oktober 1870 ab Januar 1872 für alle Staatsbauten zwingend vorgeschrieben wurde. Nach der Gründung des Deutschen Kaiserreichs 1871 setzte sich dieses Format im gesamten Reichsgebiet durch und wurde nach 1881 allgemein als Reichsformat (RF) bezeichnet.

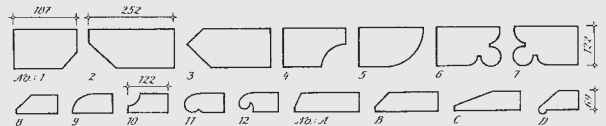


Bild 2.16.

Normalverblend- und Profilsteine: Die starke Zunahme des Backsteinverblendbaus nach 1871 legte eine Verbilligung der Herstellung nahe, so daß 1879 Normalmaße für Verblendziegel und Profilsteine festgelegt wurden. Als Normalprofilsteine gab es 12 verschiedene Formen, die mit der Nr. 1-12, sowie vier Schmiegesteine, die mit den Buchstaben A – D bezeichnet wurden. Diese Normalformziegel wurden überall gleich bezeichnet und sollten von allen größeren Ziegeleien auf Lager gehalten werden.

Bilder 2.17. Normalprofilziegel in der Anwendung

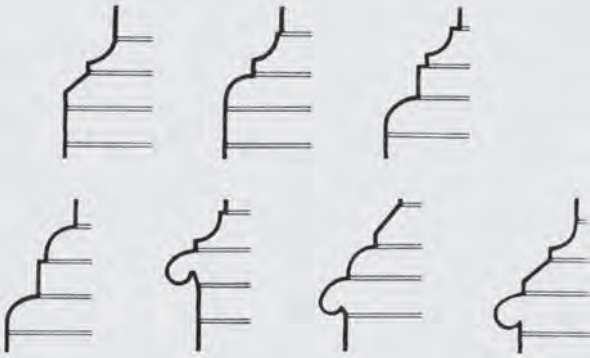


Bild 2.17a. Gliederungen mit den Normalprofilziegeln Nr. 8-12

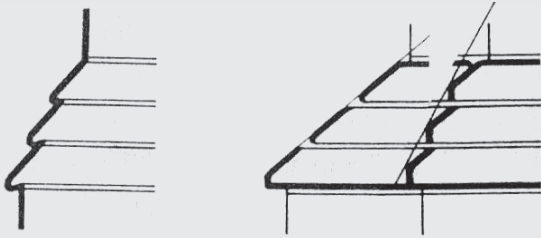


Bild 2.17b. Wasserschrägen aus Schmiegesteinen



Bild 2.17c. Verbandslösungen mit den Normalprofilziegeln Nr. 4,5,6, und 7

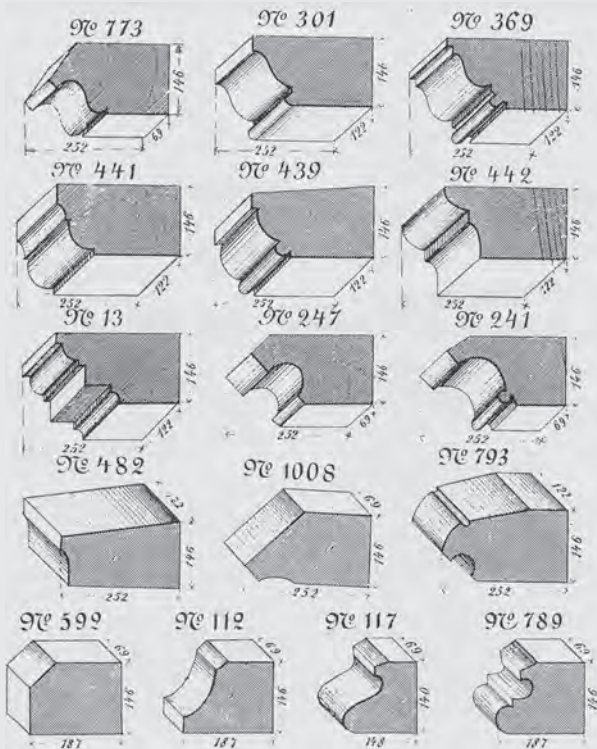


Bild 2.18. Verschiedene Ziegeleien führten neben dem Normalformziegel lagermäßig auch eine größere Anzahl außernormaler Formziegel, z.B. die Siegersdorfer Werke in Schlesien, die über 200 außernormale Verblendformate in ihrem Katalog führten.

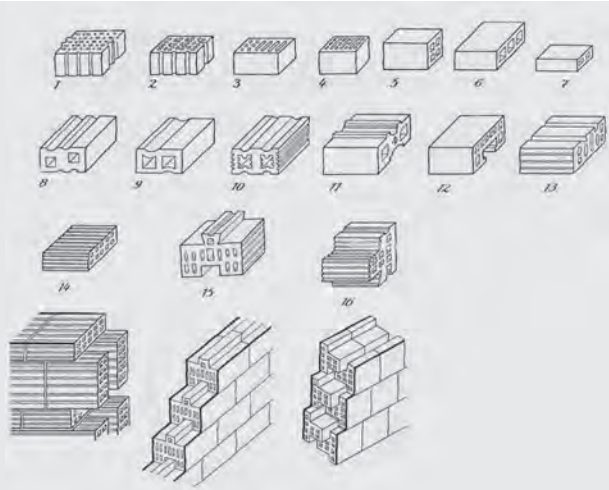


Bild 2.19. Sonderformatziegel: Zur Verbesserung der Wärmedämmung entstanden nach 1919 viele Spezialziegel, deren Zahl heute kaum noch erfaßbar ist.

Hier nur eine kleine Auswahl:

1. Primusstein,
2. Tuho-Ziegel (Teilbarer-Universal-Hohlziegel),
3. Imperatorziegel, 4. Stawa-Ziegel, 5. Balgstein,
6. Stöhr-Hohlziegel, 7. Kleinescher-Ziegel,
8. Aristos-Ziegel 1926,
9. Aristos-Hohlziegel 1939,
10. Aristos-Ziegel 1948, 11. Schimastein,
12. Hohlblockziegel Hallensleben,
13. HHZ Rauls Handgriffziegel,
14. Zehnlochblockstein,
15. Nationalstein von Ludowici,
16. Nofo-T-Stein (Normalformat-T-Stein). (1 – 4 = Querlochsteine, später Hochlochziegel genannt,

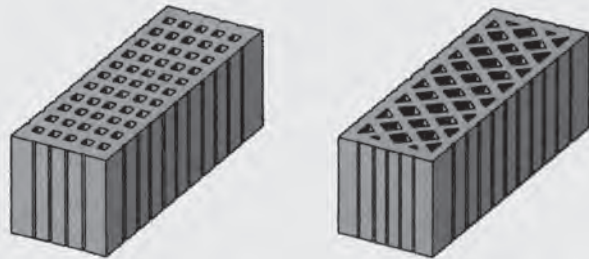


Bild 2.20. Links: Waben- oder Zellenziegel, um 1926 entwickelter Lochziegel mit bis zu 105 viereckigen Löchern. Der Bienenwabenziegel mit sechseckigen Löchern entstand 1949.

Rechts: Gitterziegel, ein um 1950 entwickelter Hochlochziegel mit rautenförmigen Lochquerschnitten. Nach dem Freiburger Architekten Gerold Pfister, der maßgeblich an der Entwicklung beteiligt war, anfangs auch „Pfisterziegel“ genannt.



Bild 2.21. DIN-Formatziegel: Mit der neuen DIN 105, Ausgabe Januar 1952, wurde das alte Reichsformat durch das neue deutsche DIN-Format abgelöst. Zunächst waren vier Vorzugsformate vorgesehen: das Dünnformat DF, das Normalformat NF, das 1 1/2 Normalformat 2 DF, das 2 1/4 Normalformat 3 DF und in Süddeutschland noch das Sonderformat SF.

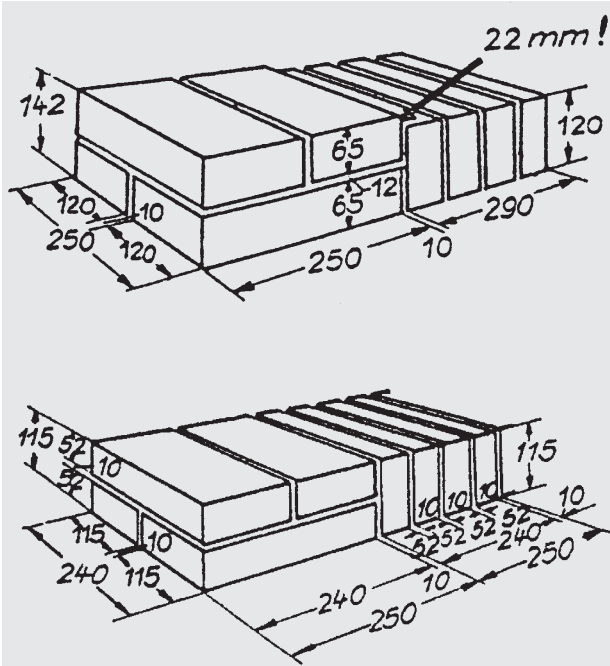


Bild 2.22. Oben: Beim Reichsformat bestand keine Übereinstimmung mit dem Meter und keine Übereinstimmung der Läufer- mit den Rollschichten bzw. keine Einheitlichkeit im Aufbau von Länge und Breite zur Höhe. Unten: Durch geringfügige Maßkorrekturen wurden beim DIN-Format DF alle Mängel des alten Reichsformats beseitigt.

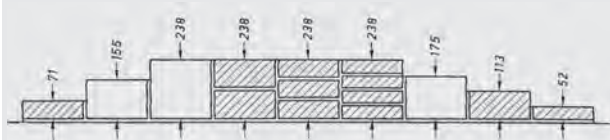


Bild 2.23. Gegenseitige Abhängigkeit und Übereinstimmung der Höhenmaße der DIN-Ziegel

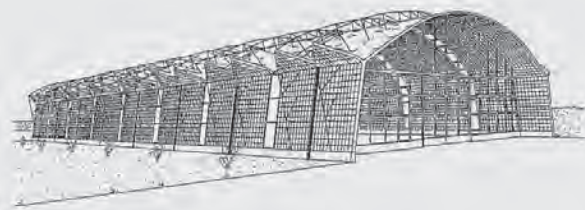


Bild 2.25. Ziegelschalenbau: „Ziegel zum Schweben bringen“ mit armierten Ziegelschalen. Pionier des Ziegelschalenbaus war der Architekt Eladio Dieste (1917 – 2000) in Uruguay, der Hallenüberdachungen bis zu 50 m Spannweite ausführte. Bekannt war er auch für seine doppelt gekrümmten Ziegelschalen.

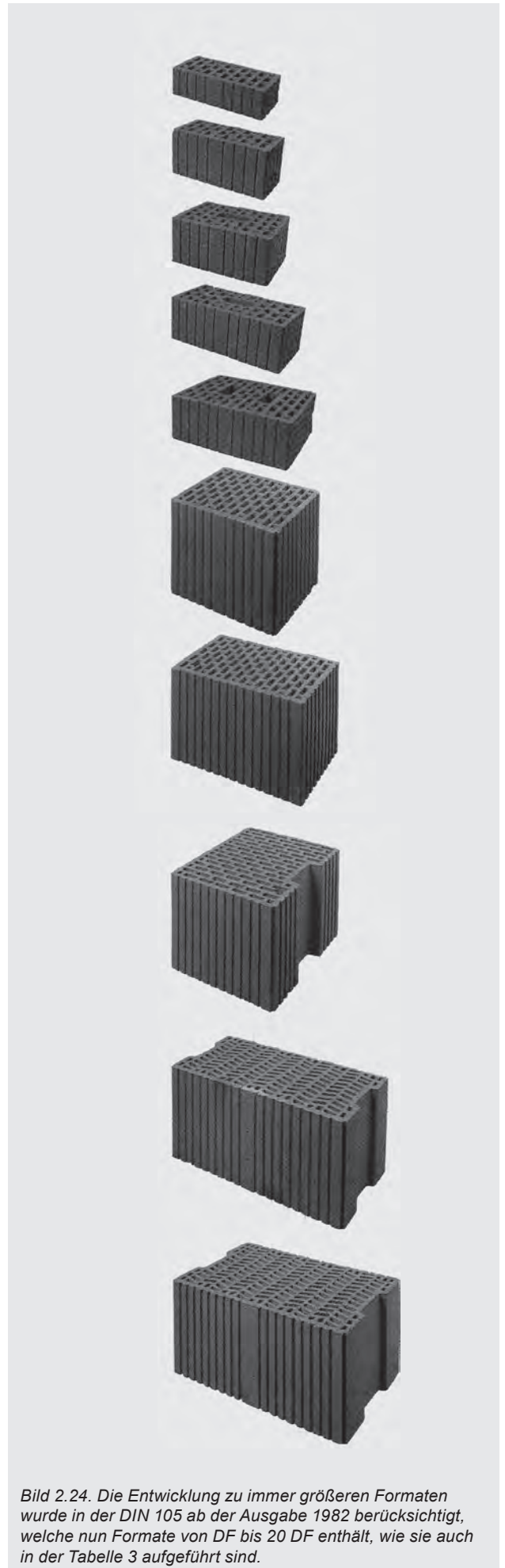


Bild 2.24. Die Entwicklung zu immer größeren Formaten wurde in der DIN 105 ab der Ausgabe 1982 berücksichtigt, welche nun Formate von DF bis 20 DF enthält, wie sie auch in der Tabelle 3 aufgeführt sind.

2.6. Geburtsstunde des Dachziegels

Die Geburtsstunde des Dachziegels verliert sich im Dunkel der Geschichte. Erste Spuren führen in die vorgeschichtliche Siedlung Lerna (heute Myloi) bei Argos auf dem Peloponnes aus der Zeit des Frühhelladikums (ca. 2500 – 2300 v.Chr.) zu dem palastartigen Herrenhaus, dem sog. *Haus der Ziegel*, auch *Haus des Zieglers* und *Dachziegelhaus* genannt, das mit rechteckigen, gebrannten Dachpfannen gedeckt gewesen sein soll. Doch blieb dieser Bau auf lange Zeit ohne weitere Beispiele. So spricht eine hohe Wahrscheinlichkeit dafür, daß die eigentliche Ziegeldeckung im 8. Jh. v. Chr. in Griechenland beginnt und der Dachziegel ein Kind des klassischen Altertums ist. Nach einem Bericht des griechischen Dichters Pindar, der im 5. Jh. v. Chr. lebte, waren es die Korinther, welche den Dachziegel erfunden haben.

Entwickelt hat sich die Deckung mit Tondachziegeln aus dem Holzbau. Der Baum war schon früh der wichtigste Rohstofflieferant zum Bau des Hauses

und seines Dachs. Die segmentbogenförmigen Rindenstücke oder Splintbretter mit Baumrinde wurden wechselseitig als Schal- und Deckbretter verlegt. Sie bildeten das Vorbild für die flachen Schalenziegel. Die Halbstammdeckung, bei der in der Mitte gespaltene Stämme derart vertikal verlegt werden, daß jeweils zwei leicht ausgehöhlte Stämme durch einen deckenden Stamm überlagert werden, diente als Vorläufer der Mönch-Nonnendeckung. Die Holzdeckung mit Brettern, deren Fugen mit Leisten oder Halbstämmen abgedeckt wurden, mag schließlich als Anregung für das Leistenziegeldach gedient haben (Bild 2.26a.).

Von diesen Urformen ausgehend entwickelten sich im Laufe der Zeit fast alle heute bekannten Ziegelmodelle. Die Bilder 2.27. – 2.53. sollen einen Überblick über die seitherige Entwicklung geben, der zwangsläufig unvollständig bleiben muß, wenn man bedenkt, daß Schätzungen von etwa 5000 Dachziegelmodellen ausgehen, die allein in den letzten 150 Jahren entwickelt wurden. Im Jahre 2000 waren etwa 50 Grundmodelle in über 100 Varianten und mehr als 60 Farbgebungen auf dem deutschen Markt.

Bilder 2.26. Entwicklung der Dachdeckung

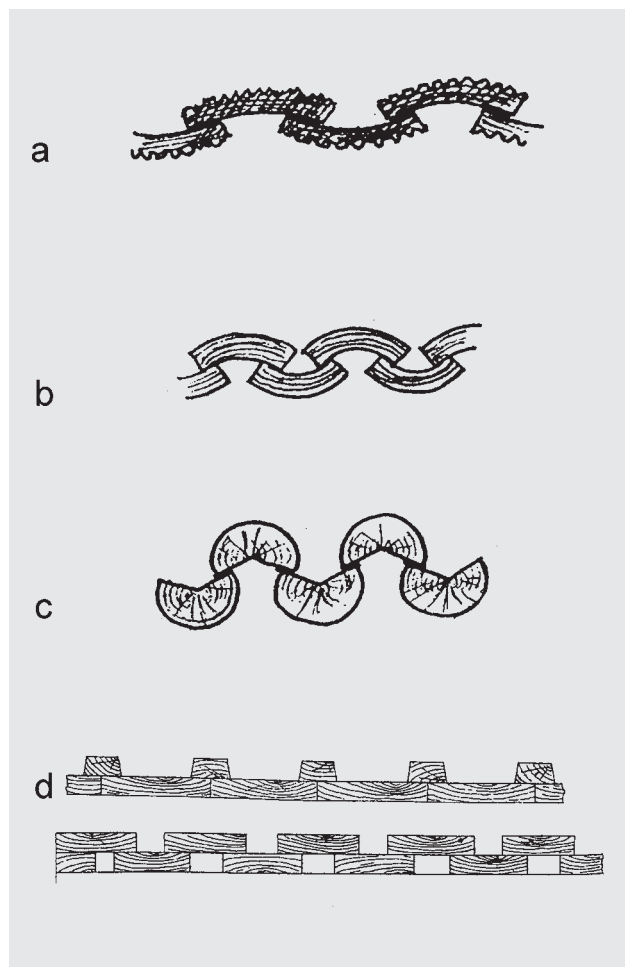


Bild 2.26a. Dachdeckmaterial aus Holz – die Vorläufer der Tondachziegel:
a. Rindenstücke,
b. Splintbretter,
c. Halbstämme,
d. Holzbretter in zwei Ausführungen der Fugenüberdeckung



Bild 2.26b. Dächer aus natürlichen Deckstoffen - Vorläufer und Alternativen des Ziegeldaches

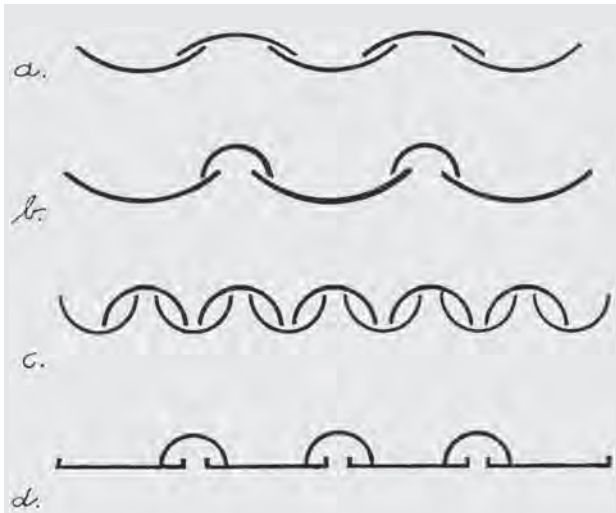


Bild 2.27. Grundformen der Dachziegel, wie sie aus der Holzdeckung abgeleitet sind: a. Gleich große Schalenziegel dienen als untere Auflageziegel und obere fugenschließende Deckziegel. b. Im Laufe der Entwicklung wird der Deckziegel kleiner und stärker gerundet, während die flache Form des Auflageziegels beibehalten wird. c. Die runde Form des Deckziegels veranlaßt eine neue Deckung, indem man seine Form auch für den unteren Auflageziegel nutzt. d. Aus der flachen Form des Auflageziegels wurde der ebene, seitlich etwas aufgebogene Plattenziegel, dessen Stoßstellen mit dem runden Deckziegel oder Hohlziegel überdeckt werden.

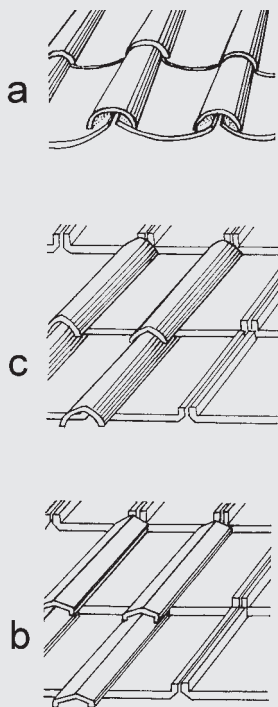


Bild 2.28. Die drei klassischen Ziegeldachtypen der Antike: a. Lakonisches Dach. Die Entwicklung dieser Deckungsart ist sowohl in Griechenland als auch in Italien bei den Etruskern festzustellen und geht zurück bis 850 v. Chr. b. Korinthisches Dach. Es wurde in der Blütezeit Griechenlands für die Tempelbauten auch aus Marmor hergestellt, daher wohl auch die eckige Form der schmalen Deckziegel. c. Sizilisches Dach. Während der griechischen Kolonisation, etwa 750 – 550 v. Chr., entstand auf Sizilien diese Deckungsart, die sich aus dem korinthischen Dach entwickelte und im späteren römischen Reich zur Normalform wurde.

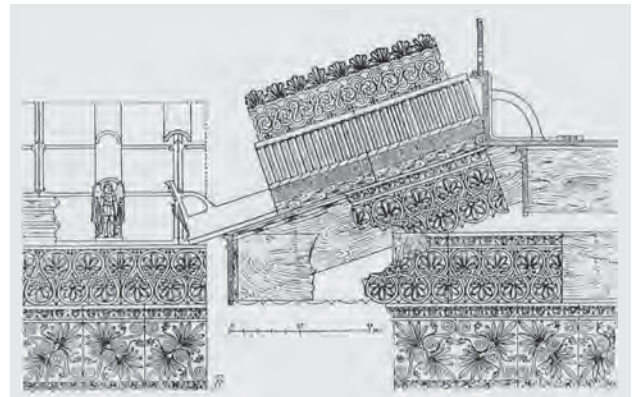


Bild 2.29. Dachterrakotta. An den Dachrändern verwendeten Griechen und Etrusker als Witterungsschutz und zur Bekrönung reich ornamentierte Terrakottaverkleidungen, wie hier am Holzgebälk eines etruskischen Tempels

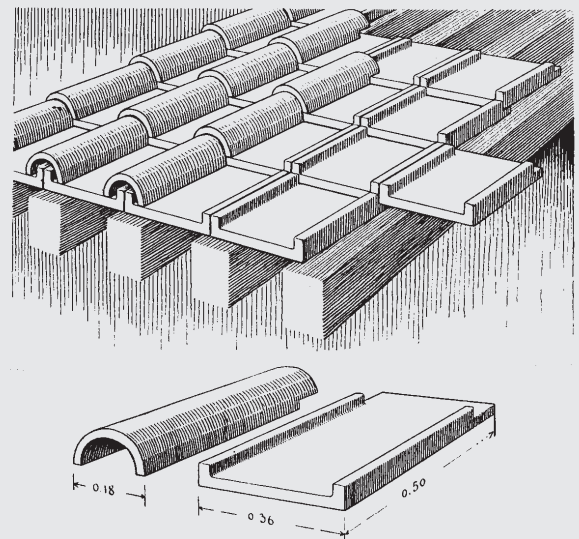


Bild 2.30. Das Leistenziegeldach der Römer, auch alt-römisches Dach genannt, bestand aus Tegula (rechteckiger Leistenziegel) und Imbres (runder Deckziegel). Die Tegulae erreichten in Italien Breiten von 40-50 cm und Längen von 80-110 cm, die in Germanien hergestellten dagegen nur eine Breite von 35-40 cm und Längen von 45-55 cm. Vermutlich zwangen veränderte Rohstoffverhältnisse und klimatische Bedingungen zu dieser Formatänderung. Die Leistenziegel berührten sich und wurden direkt auf die Sparren aufgelegt.

Bilder 2.31. Die römische Dachziegeltechnik war hoch entwickelt und benutzte zahlreiche Zubehörziegel, wie die folgenden Beispiele zeigen:

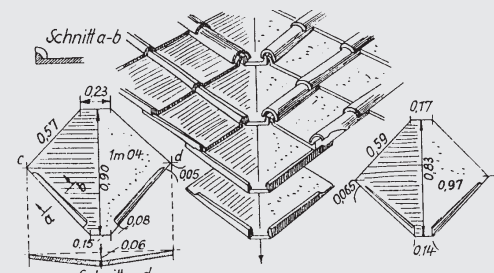


Bild 2.31a. Kehlleistenziegel

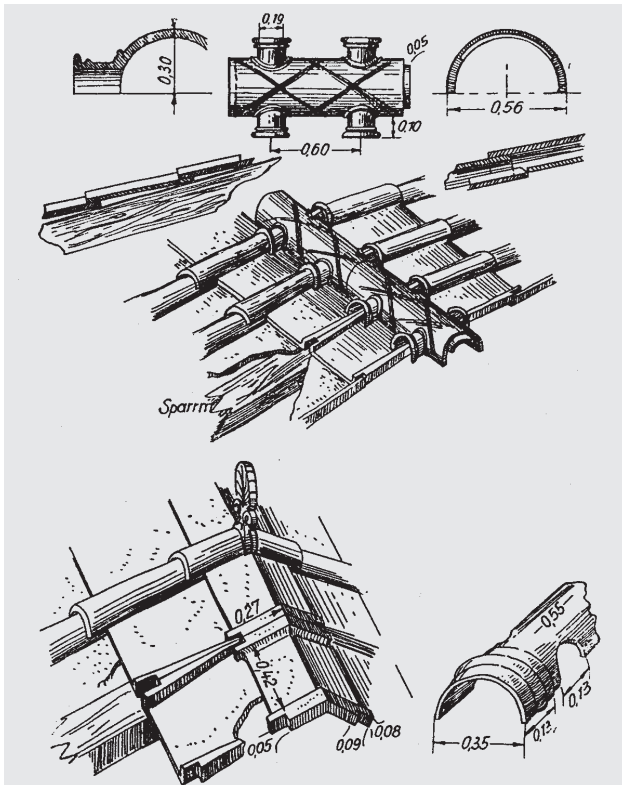


Bild 2.31b. Firstziegel. Oben: rund mit halbkreisförmigen Ausschnitten zum Anschluß der Deckziegel, unten: sattelförmig mit Falzen zum Einschieben der Leistenziegel.

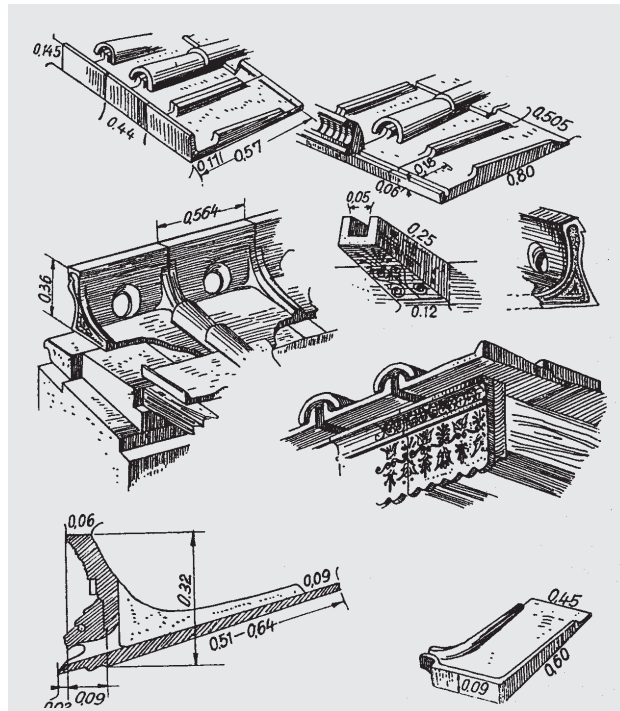


Bild 2.31e. Gratziegel mit Anschlußstützen für die Deckziegel

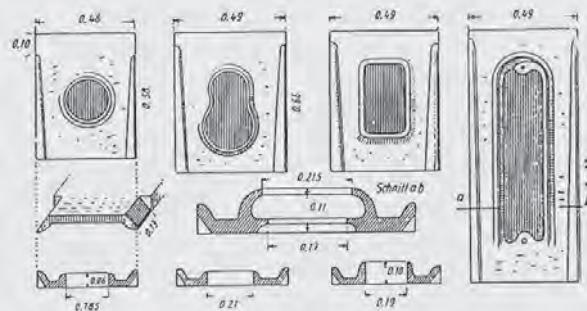


Bild 2.31c. Lichtziegel zum Einlegen einer Glasplatte



Bild 2.31d. Lüftungziegel

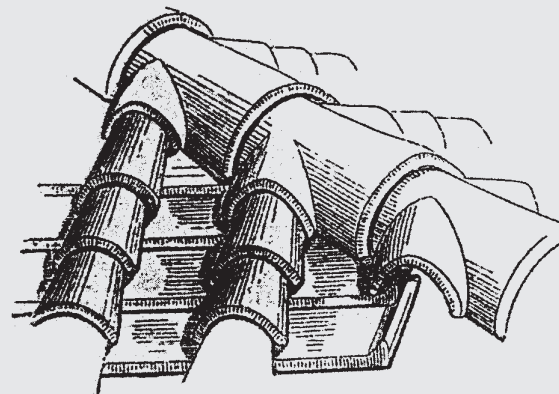


Bild 2.31f. Traufziegel zur Ausbildung der Traufgesimse

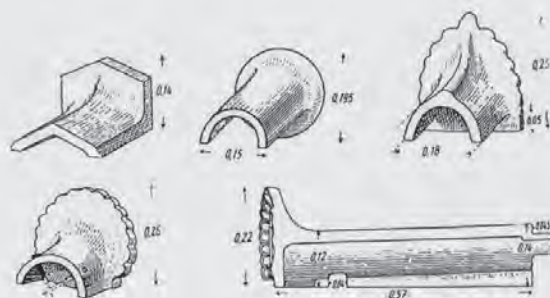


Bild 2.31g. Stirnziegel oder Antefixe, unten geschlossene Hohlziegel für den Traufabschluß

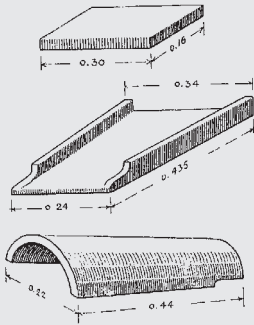
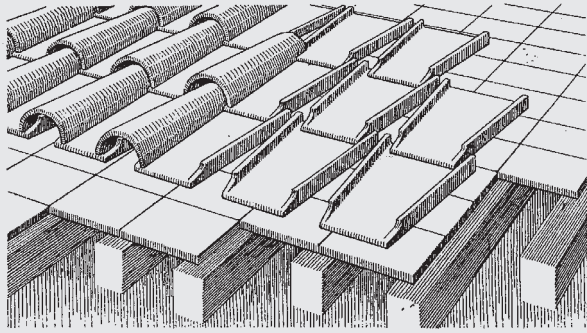


Bild 2.32. Spätromisches oder mittelalterliches Dach: In der spätromischen Zeit verwendete man trapezförmige Leistenziegel, die auf einer Zwischenlage gebrannter Tonplatten aufgelegt wurden. Die einzelnen Reihen berührten sich nicht mehr direkt.

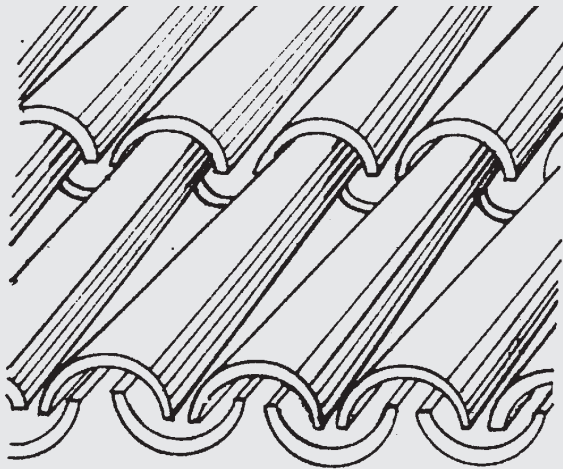


Bild 2.33. Holzziegeldach. Oben: Bei den ersten Holzziegeldächern waren beide Holzziegel, Ober- und Unterdächler, identische Halbschalen ohne Nase, so wie es südlich der Alpen noch heute üblich ist. Sie wurden angenagelt oder vermörtelt. Unten: Das sog. Nonnen- oder Priependach, im Volksmund auch „Arme-Leute-Dach“ genannt, das nur aus Nonnen bestand, die an den Stoßfugen vermörtelt wurden, dadurch aber weniger dicht und haltbar war.

Bilder 2.34. Holzziegeldach 1

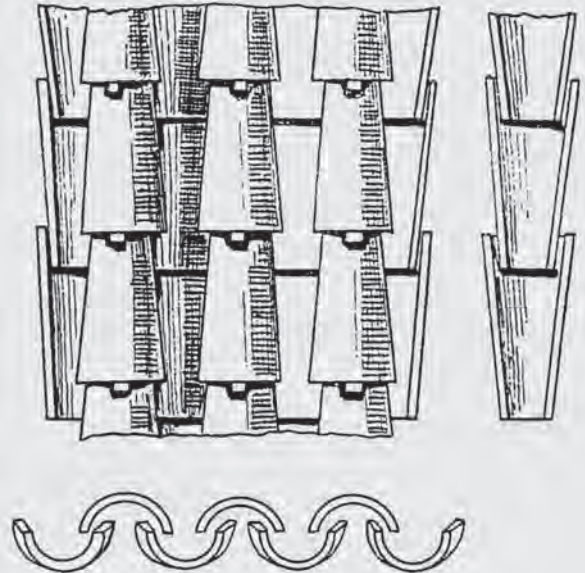


Bild 2.34a. Im 11. Jahrhundert wurde die Aufhängenase erfunden. Die Unterschale, die spätere Nonne, erhielt eine Nase, den sog. Haken, und damit auch den Namen Hakenziegel. Auch die Oberschale, auch Preis, später Mönch genannt, wurde mit einer Nase versehen, die aber nicht zum Aufhängen, sondern zur Abstützung des darüber liegenden Mönchs diente. Im Mittelalter sprach man allgemein vom Haken-Preisen-Dach.

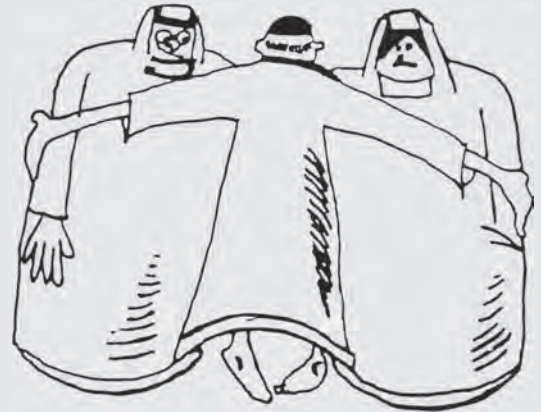


Bild 2.34b. Für das Holzziegeldach 2 kommt ab dem 13. Jh. auch der Ausdruck Mönch-Nonnen-Dach auf, wohl in Anspielung auf die Zustände in den damaligen Klöstern.

Bilder 2.35. Holzziegeldach: Im Laufe der Zeit erfuhren Mönch und Nonne verschiedene Änderungen. Der Mönch wurde schmaler als die Nonne, seine Nase entfiel.

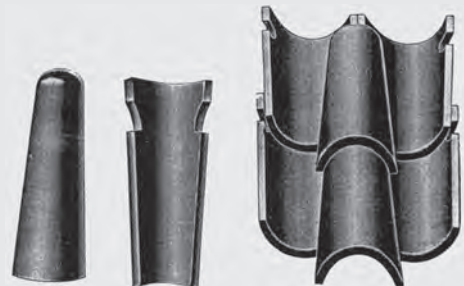


Bild 2.35a. Bei einer späteren Ausführung erhielt die Nonne zwei Ausschnitte, in welche der Mönch mit einem eingeförmten Boden eingehängt wurde.

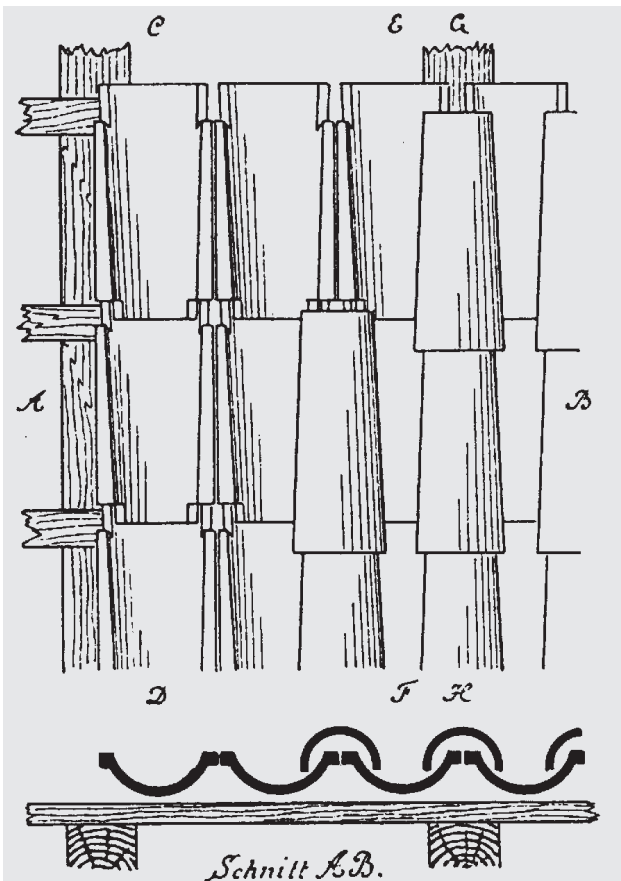


Bild 2.35b. Ausführung der Nonnen mit einem parallel geführten Steg an der seitlichen Wölbung, damit sie Ziegel an Ziegel gestoßen werden können.

Bilder 2.36. Kremziegel

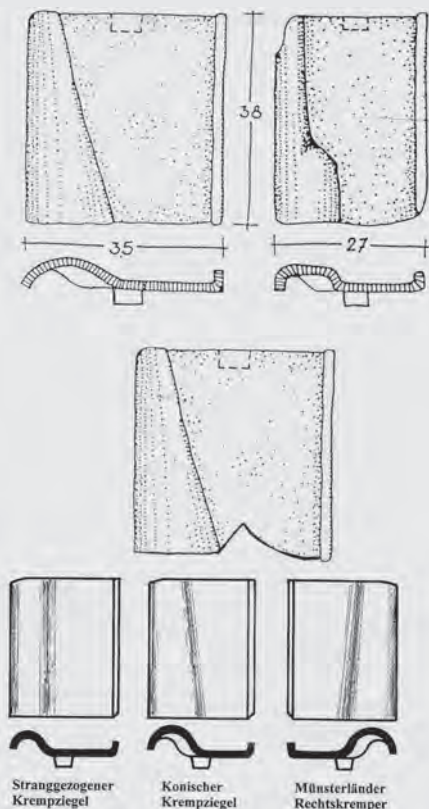


Bild 2.36a. Der Kremziegel ist direkt abgeleitet vom Leistenziegel durch die Vereinigung von Tegula und Imbrex zu einem Ziegel. Bei den historischen Kremziegeln gibt es eine Form mit konisch verlaufender Krempe und eine mit gestuf-

ter, d.h. eingeschnürter Krempe. Eine regionale Formvariante zeigt einen schwalbenschwanzförmig ausgeschnittenen Fuß. Bei den modernen Kremziegeln unterscheidet man stranggezogenen mit gerader Krempe und gepreßte mit konischer Krempe, die sich in der Regel auf der linken Seite befindet, regional aber rechts sein kann.

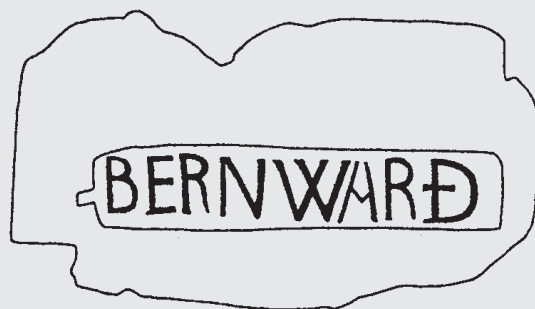


Bild 2.36b. Gelegentlich wurde Bernward (960 – 1022), Bischof von Hildesheim, dessen Name man auf Ziegelscherben gefunden hat, als Erfinder des Kremziegels genannt, nachweisbar ist dieser aber erst seit dem 13. Jh.

Bilder 2.37. Flachziegel

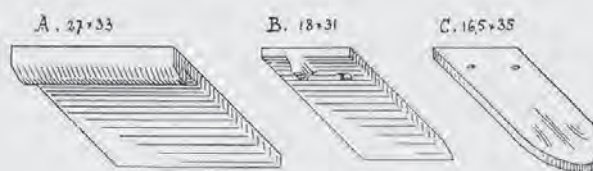


Bild 2.37a. Der Flachziegel, heute allgemein als Biberschwanzziegel bezeichnet, entstand gegen Ende des 11. Jahrhunderts. Die ältesten Formen waren gerade und besaßen eine durchgehende Aufhängeleiste (A). Zu Beginn des 12. Jhs. entstanden in Burgund Flachziegel mit seitlich versetzter Nase und einem Loch zur Befestigung mit einem eisernen oder hölzernen Nagel (B). Gegen Ende des 12. Jhs. entstanden die spitzbogigen Flachziegel mit 2 Nagellöchern (C).

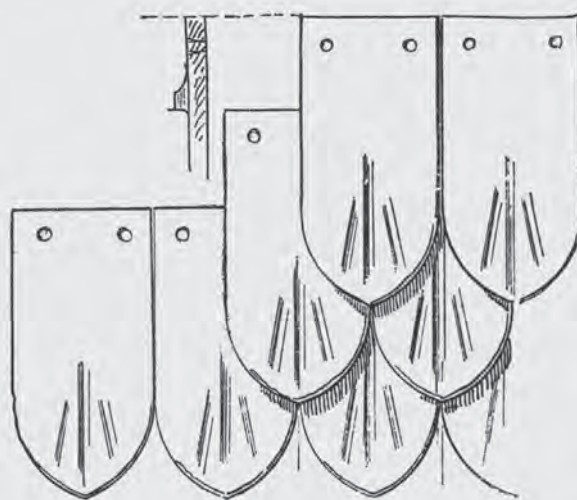


Bild 2.37b. Als Übergang von der Nagelung zur Nasenaufhängung, betrachtet man französische Flachziegel aus dem 12. Jh., die sowohl Nasen als auch Löcher aufweisen. Die Nasen dienen aber nicht zum Aufhängen, da sie zu weit vom Kopfende entfernt sind, sondern zum Abstützen gegen die tieferliegenden Ziegel.

Bilder 2.38. Die Schnittform des Ziegelfußes bildet das wichtigste Unterscheidungsmerkmal der Biberschwanzmodelle. Folgende Schnittformen sind u. a. bekannt:

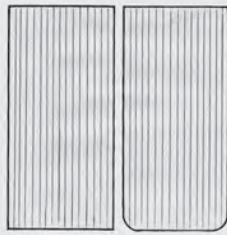


Bild 2.38a. Gradschnitt, auch Flachschnitt, Schindel- oder Rechteckschnitt, englischer Schnitt, mit geraden oder abgerundeten Ecken – die älteste Form

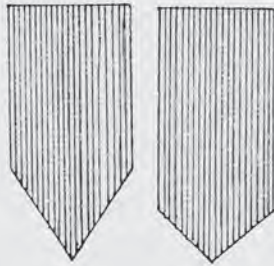


Bild 2.38b. Spitzschnitt- oder Rautenschnitt, mit verschiedenen Winkeln, steil oder flach (steil: Rautenspitz, Kirchenmäuschen; flach: Sechseckbiber). Eine der ursprünglichen Schnittformen, der spitzwinklige Zuschnitt, war während der Gotik beliebt.



Bild 2.38c. Gotischschnitt, spitzbogig, bevorzugte Form der Gotik, im 18. Jh. Zunge oder Schaufel genannt



Bild 2.38d. Rund- oder Bogenschnitt, im 18. Jh. Kuhmaul genannt. Das erste Auftreten ist nicht genau datierbar, im 16. Jh. kam er bevorzugt zur Anwendung.



Bild 2.38e. Segmentschnitt, aufgekomen in der Zeit des Barocks

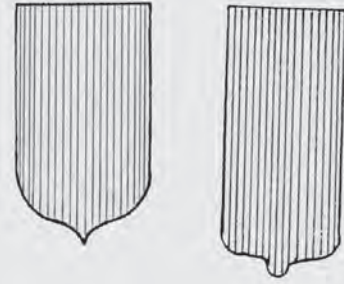


Bild 2.38f. Kielbogenschnitt, ein geschweiffter Spitzbogen, heißt mit angezogener Spitze Eselsrücken, mit abgerundeter Spitze Wappenbiber



Bild 2.38g. Korbbogenschnitt, stellt einen Mittelweg zwischen Segment- und Rundschnitt dar. Ein traditioneller Schnitt der sich oft bei dem sog. Kirchenbiber findet.



Bild 2.38h. Schuppenschnitt

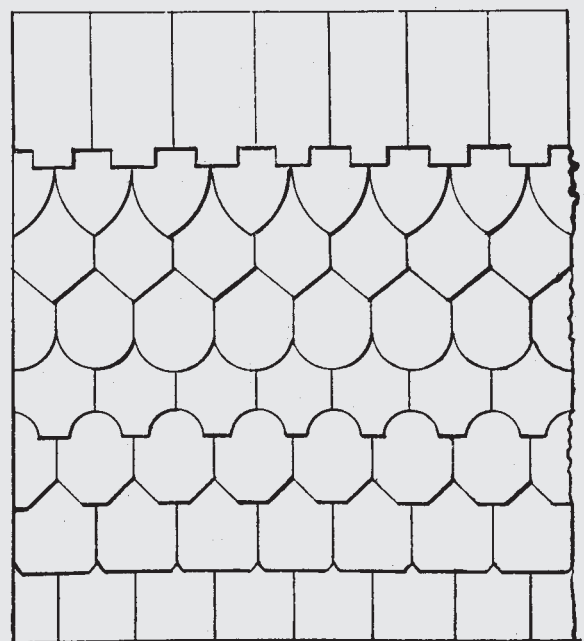


Bild 2.38i. Zusammenstellung von 8 verschiedenen Schnittformen, wie sie um 1890 in den USA gebräuchlich waren.

Bilder 2.39. Zur Eindeckung von Dächern mit Bibern gibt es drei Möglichkeiten:

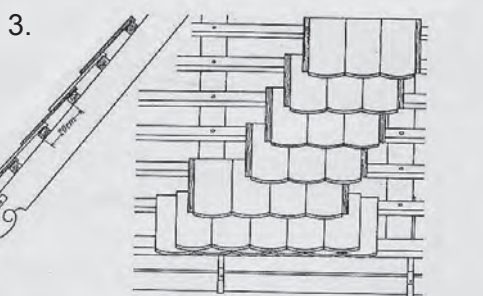
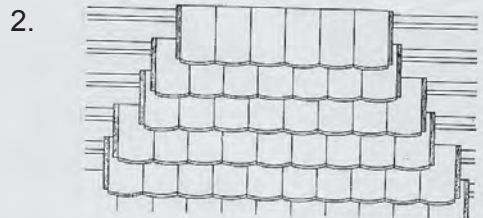
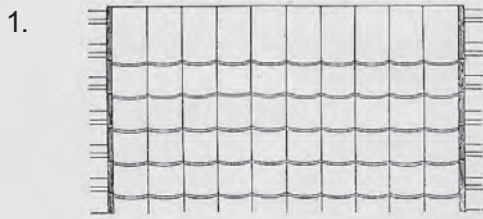


Bild 2.39a. Spießdach oder Einfachdach, mit den Varianten Deckung außer Verband Fuge auf Fuge (Reihendeckung) (1) und Deckung im Dreiviertelverband (2) oder Halbverband (3).



Bild 2.39b. Doppeldach, früher auch gemeines oder ordinäres Doppeldach genannt

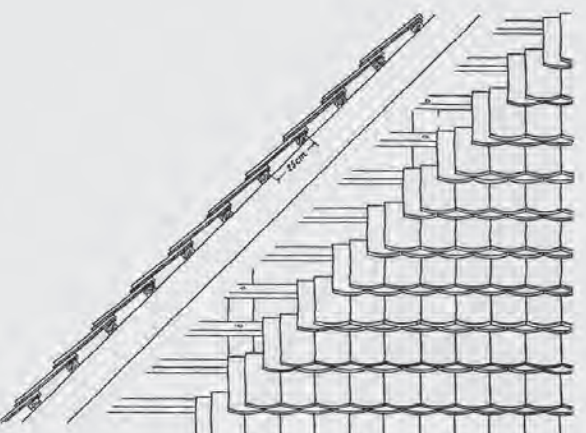


Bild 2.39c. Kronen- oder Ritterdach, früher auch Schwedisches Dach.

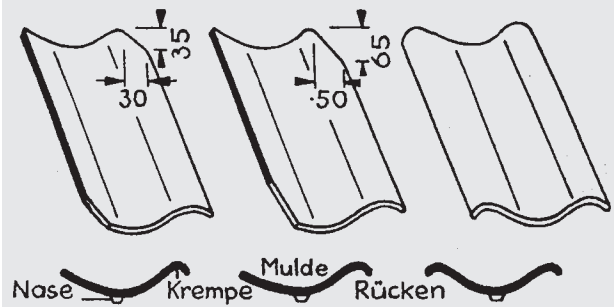


Bild 2.40. Die Hohlpfanne wurde Ende des 15. Jahrhunderts von den Holländern entwickelt, als Kombination der beiden Halbschalen des Holzziegeldachs zu einer Einheit, mit dem Mönch als Krempe oder Deckwulst und der Nonne als Mulde oder Pfanne. Links: Kurzschnittpfanne, rechts: Doppelkremper zur Eindeckung der linken Dachkante (Ortgang).

Bilder 2.41. Kurz- und Langschnittpfanne: Durch die Kappung der rechten oberen und linken unteren Ecke wurde die Eindeckung des sog. Vierziegelecks gelöst, der Stelle, an der 4 Ziegel aufeinandertreffen. Nach der Länge der Kappung unterscheidet man Kurzschnittpfannen und Langschnittpfannen.

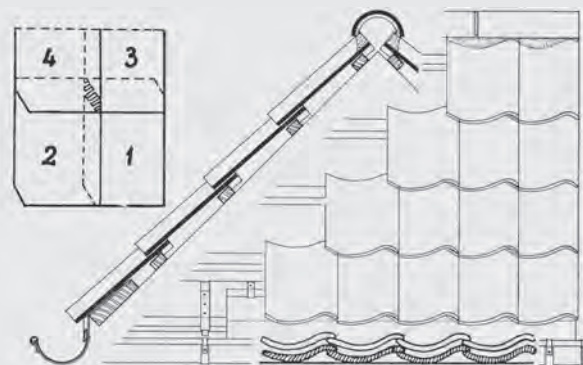


Bild 2.41a. Aufschnittdeckung mit Kurzschnittpfannen

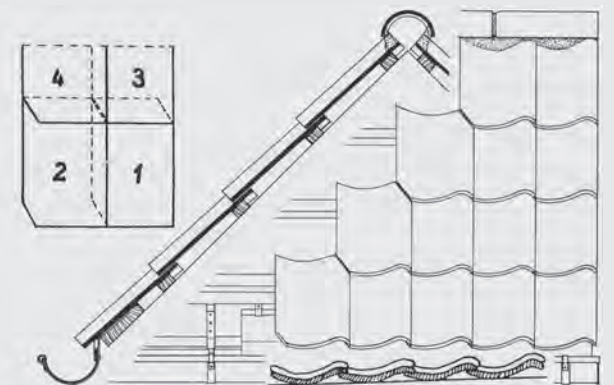


Bild 2.41b. Vorschnittdeckung mit Langschnittpfannen

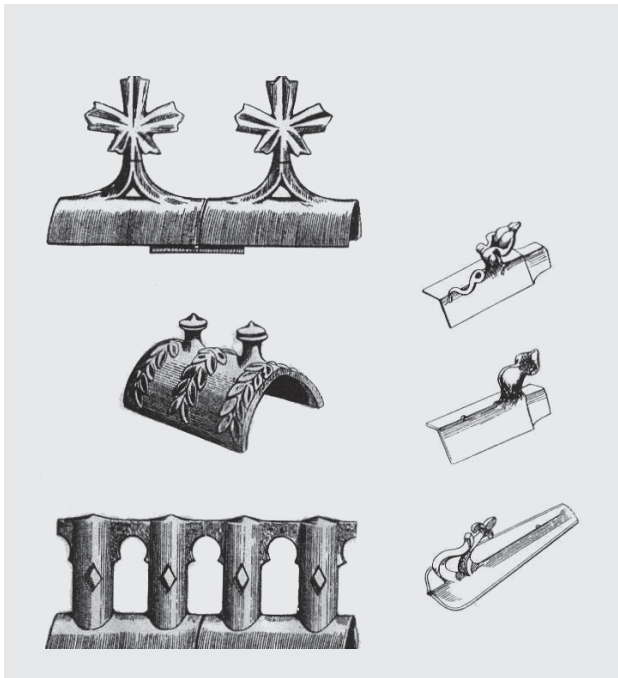


Bild 2.42. Mittelalterliche Firstziegel (links) und mit Krabben verzierte Gratziegel des späten Mittelalters (rechts)

Bilder 2.43. Mit dem Rautenfalzziegel, später allgemein Herzfalzziegel genannt, der den Brüdern Joseph und Xavier Gilardoni in Altkirch/Elsaß 1841 patentiert wurde, entstand eine völlig neue Dachziegelart, die nicht mehr von Hand gefertigt werden konnte. Dieses Falzziegelmodell bildete zusammen mit den später hinzugekommenen Pariser Falzziegel und Elsässer Falzziegel die Basis für die Einführung und Weiterentwicklung des Falzziegels.

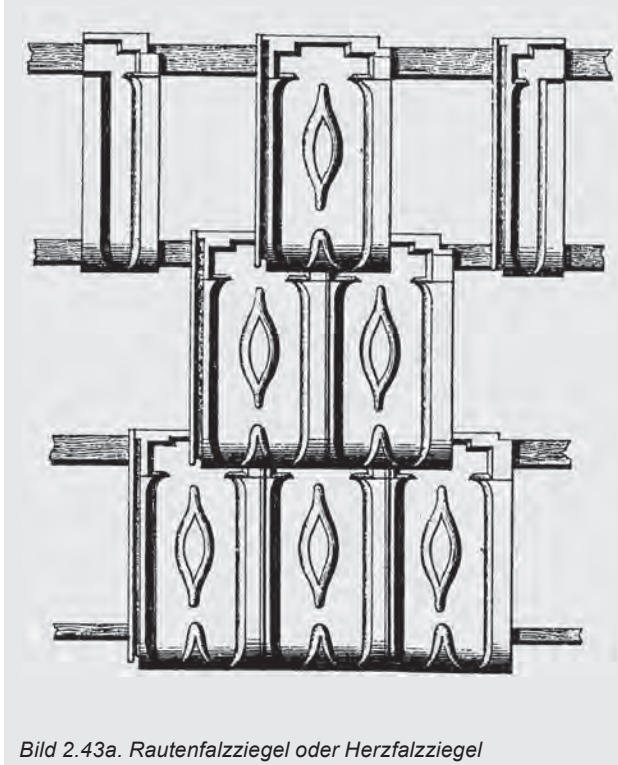


Bild 2.43a. Rautenfalzziegel oder Herzfalzziegel

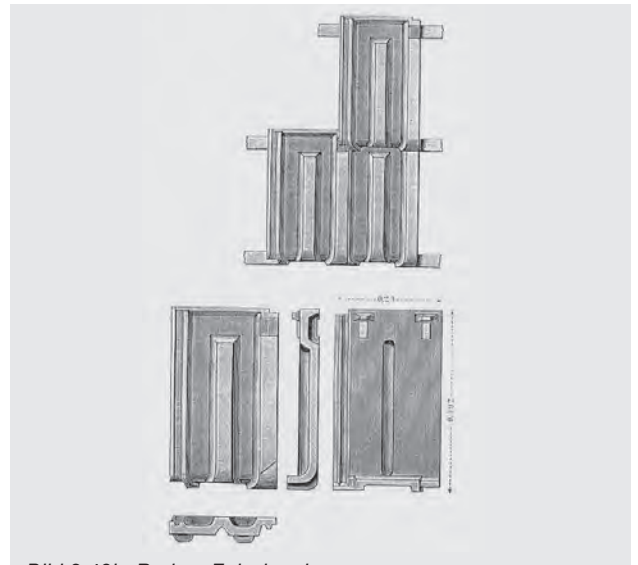


Bild 2.43b. Pariser Falzziegel

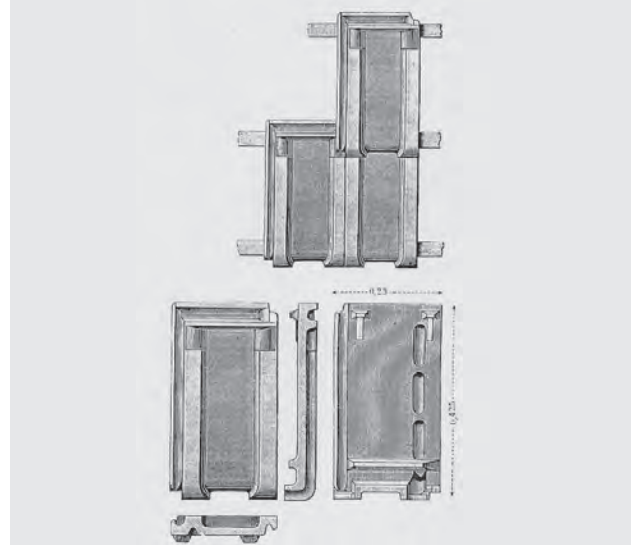


Bild 2.43c. Altkircher oder Elsässer Falzziegel

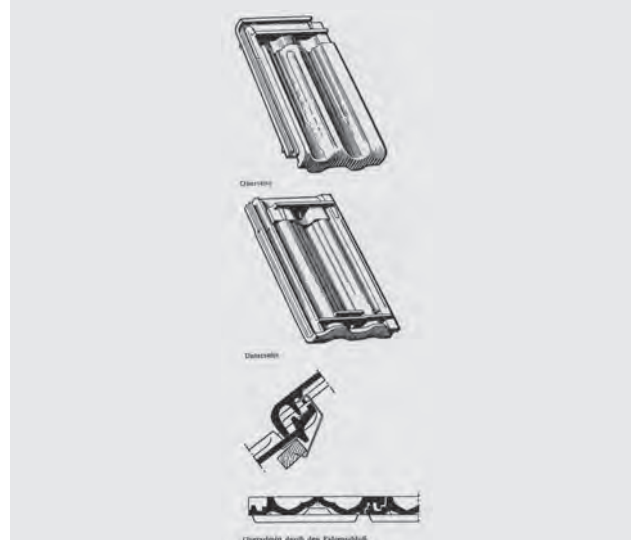


Bild 2.44. Mit dem Muldenfalzziegel Z1, der 1881 patentiert wurde, gelang Wilhelm Ludowici in Jockgrim eine entscheidende Verbesserung des Herzziegels. Durch den patentierten Stufenfalz des Z1 entstand ein Verfalzungslabyrinth, das gegen Wasser, Staub und Schnee dicht abschloß. Dieses Falzziegelmodell war entscheidend für die Entwicklung der deutschen Dachziegelindustrie.

Bilder 2.45. Der große Erfolg der Falzziegel einerseits und ihre schwierige und kostspielige Herstellung auf Revolverpressen andererseits ließen die Idee entstehen, sie auf der Schneckenpresse im Strang zu extrudieren.

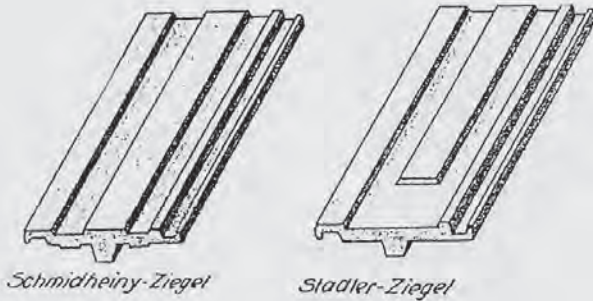


Bild 2.45a. Als erster entwickelte Jakob Schmidheiny 1878 einen Strangfalzziegel, versäumte es aber, ihn patentieren zu lassen. Dies tat 1883 Johann Stadler mit seinem Modell, das dadurch auch als erstes allgemein bekannt wurde.

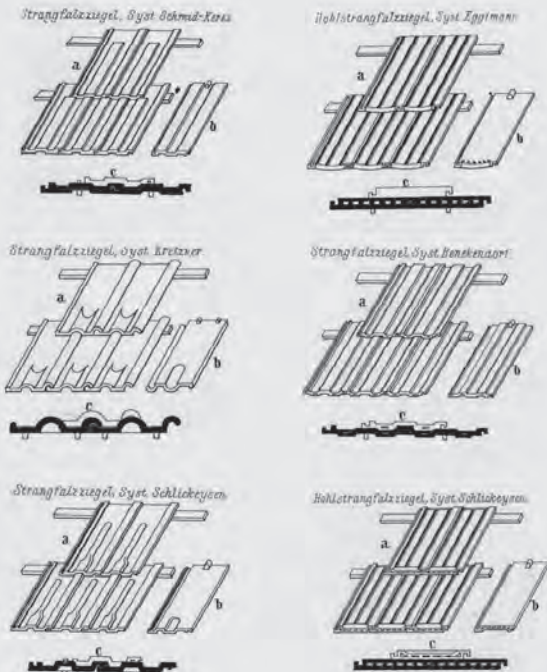


Bild 2.45b. Bis 1895 entstanden zahlreiche Strangfalzziegelmodelle. Herstellungsbedingt besitzen Strangfalzziegel nur eine Seitenverfaltung, aber keine Kopfverfaltung.

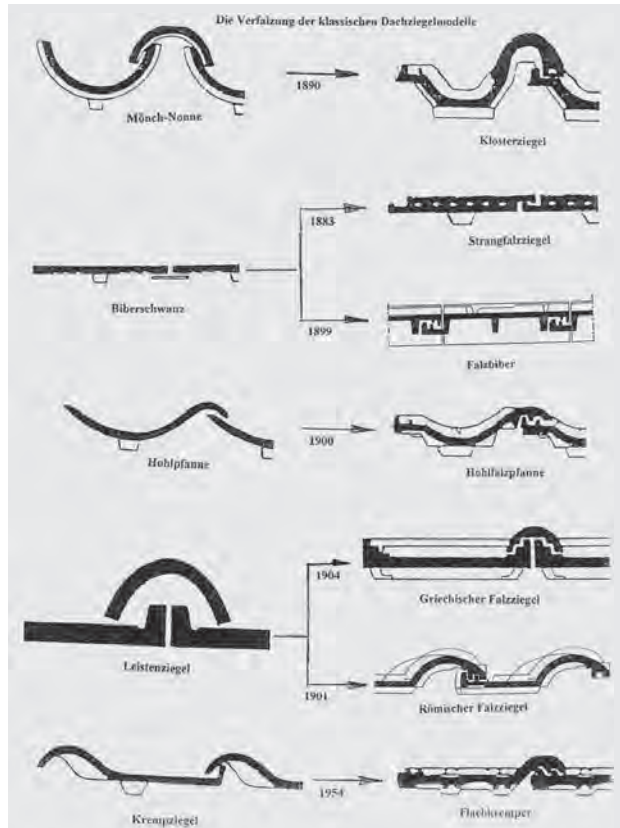


Bild 2.46. Nachdem sich der Falzziegel eingeführt hatte und die Vorteile der Verfaltung in der Praxis offensichtlich waren, begann man alle alten Dachziegelmodelle unter Wahrung des äußeren Erscheinungsbildes zu verfalten. So entstanden aus dem Mönch-Nonne-Ziegel 1890 die Kombinierte Mönch-Nonne, auch als Altdeutscher Ziegel oder der Klosterziegel bezeichnet, aus dem Biberschwanzziegel 1883 der Strangfalzziegel und 1899 der Falzbiberschwanzziegel, aus der Hohlwanne 1900 die Hohlfalzwanne, aus dem Leistenziegel 1901 der Römische Falzziegel, 1904 der Griechische Falzziegel und erst 1954 aus dem Krenpziegel der Flachkremper K21

Bilder 2.47. Um 1910 gängige Dachziegel- und Zubehörmodelle:

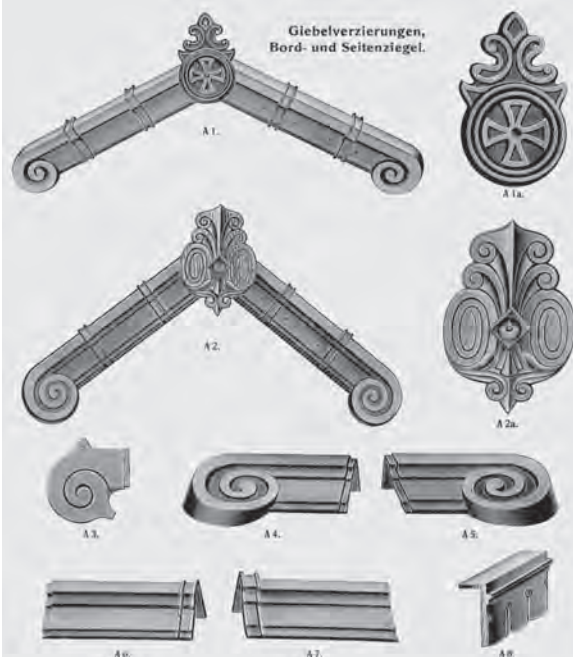


Bild 2.47a. Giebelverzierungen

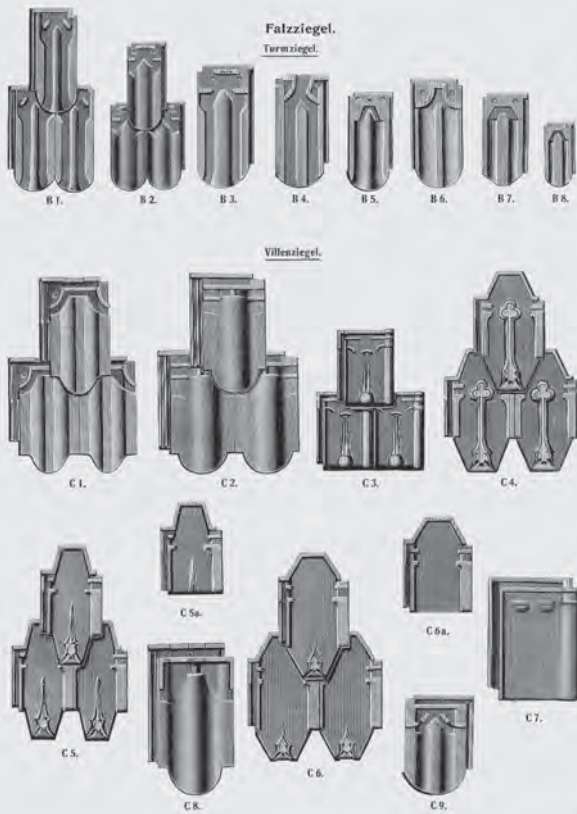


Bild 2.47b. Turmziegel und Villenziegel

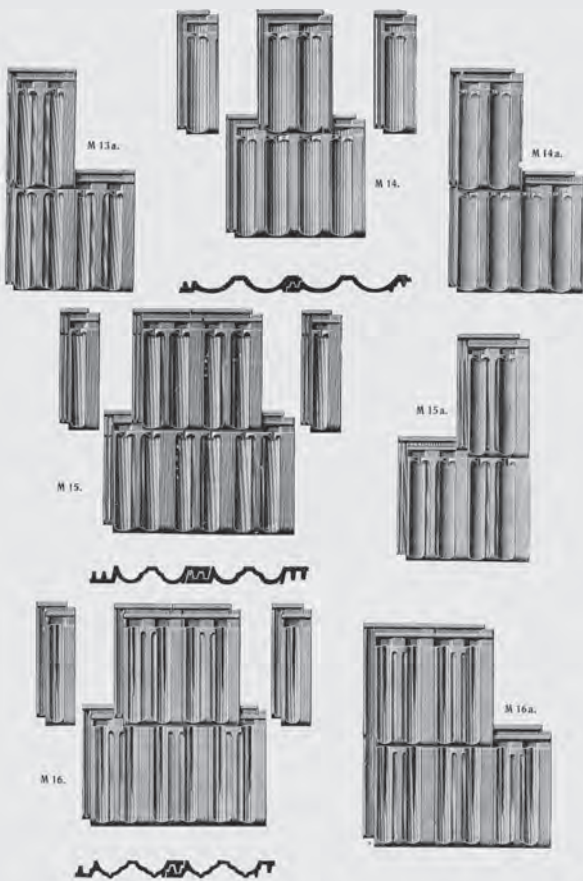


Bild 2.47c. Falzziegel

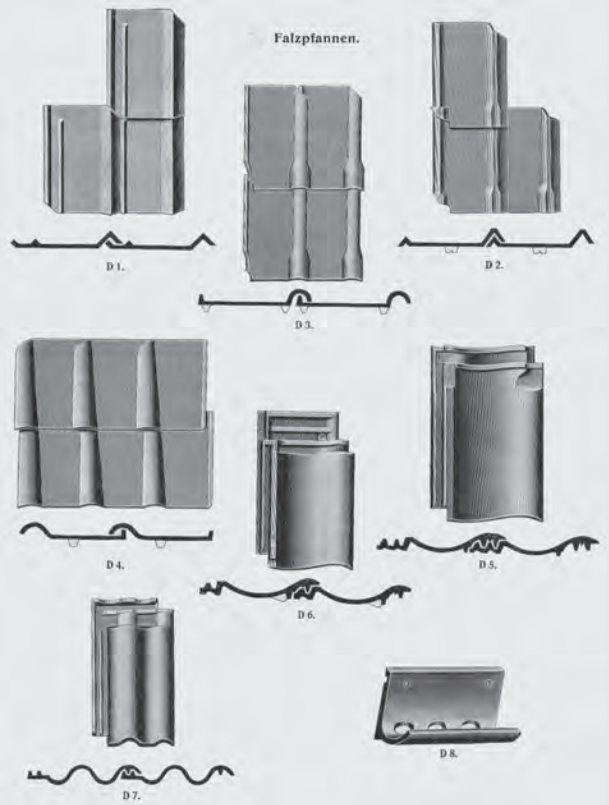


Bild 2.47d. Falzpfannen



Bild 2.47e. Klosterpfannen



Bild 2.47f. First- und Walmziegel



Bild 2.48. Mit der Flachdachpfanne Z15a von Ludowici kam 1930 eine völlig neue Dachziegelgeneration auf den Markt, die bis 1954 den Stand der Verfalzungstechnik darstellte und erstmals mit einer Ringverfalzung eine regensichere Eindeckung flachgeneigter Dächer bis etwa 15° ermöglichte. Ursächlich für die Entwicklung der Flachdachpfanne waren die Architekturströmungen des Bauhauses Dessau, die das Flachdach propagierten und einen starken Trend zum flachgeneigten Dach bewirkten.

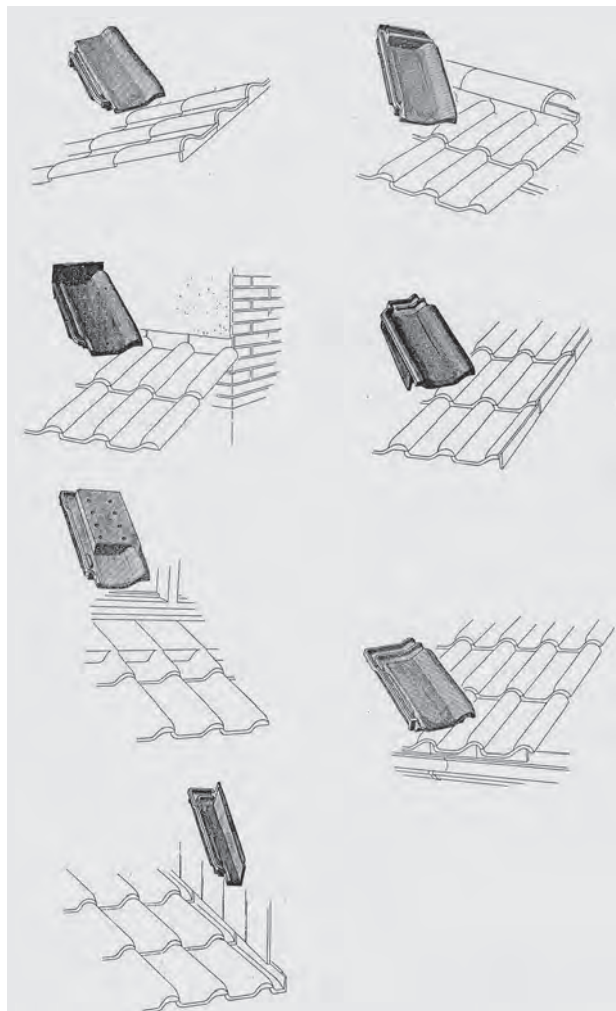


Bild 2.49. Schon die Römer verwendeten verschiedene Formziegel auf dem Dach. Das erste „vollkeramische“ Dach der Neuzeit wurde mit der Flachdachpfanne Z15a möglich, für die erstmals ein komplettes Zubehör- und Formziegelprogramm entwickelt worden war, wovon das Bild eine Auswahl zeigt. Links von oben nach unten: Pultdachabschlußziegel, Wandanschlußziegel, Brüstungsanschlußziegel, seitlicher Wandanschlußziegel, rechte und linke Ausführung. Rechts von oben nach unten: Firstanschlußziegel, Giebelortgangziegel, rechte und linke Ausführung, Traufabschlußziegel



Bild 2.50. Mit dem Flachkremper K21 von Ludwig Franz Ludowici kam 1954 wieder ein gänzlich neuer Typ von Falzziegeln auf den Markt. Es war ein Dachziegelmodell mit einer geschlossenen Ringverfalzung, der sog. Spiralverfalzung, mit der ein extrem dichter Falzen- und Vierziegeldeckverschluss erreicht wird.

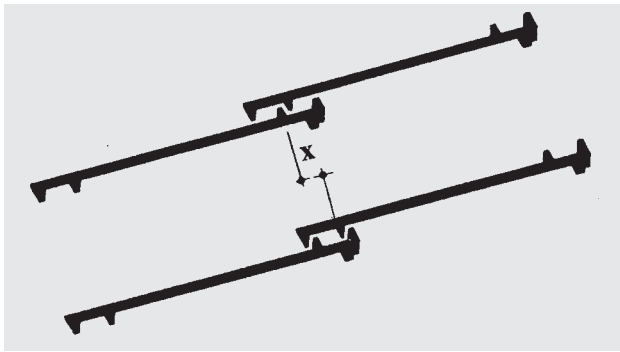


Bild 2.51. Ab den 1970er Jahren wurden die Verschiebeziegel entwickelt, die im Bereich der Kopfverfaltung Verschiebetoleranzen aufweisen, mit der die Decklänge, je nach Modell, um das Maß x von ca. 25 bis zu 100 mm variiert werden kann. Zweck ist, bei Dacherneuerungen im Bereich der Altbausanierung eine Anpassung an vorhandene Lattenabstände und Sparrenlängen zu ermöglichen.

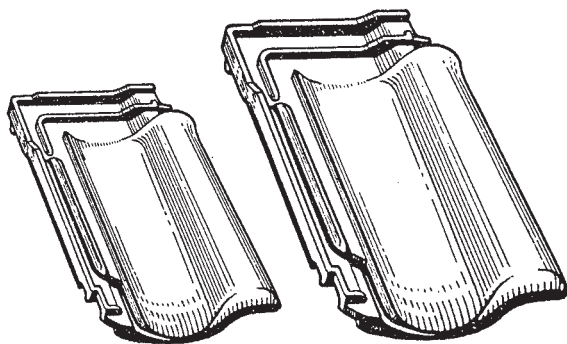


Bild 2.52. Großflächenziegel: Über hundert Jahre galt für Preßdachziegel eine Normalgröße von etwa 14 – 17 Stück/m² Dachfläche. Seit den 1930er Jahren gab es immer wieder Versuche, Großflächenziegel < 10 Stück/m² einzuführen, was aber meist an den Herstellungsmöglichkeiten scheiterte. Das Beispiel aus den 1960er Jahren zeigt einen Ludowici-Normaldachziegel (15 Stück/m²) im Vergleich zu einem Großflächenziegel (10 Stück/m²). Moderne Herstellungsmethoden machen immer größere Dachziegel möglich. So brachte die Fa. NIBRA in Großammensleben bei Magdeburg Anfang 2002 einen Dachziegel mit 5,5 Stück/m² auf den Markt.

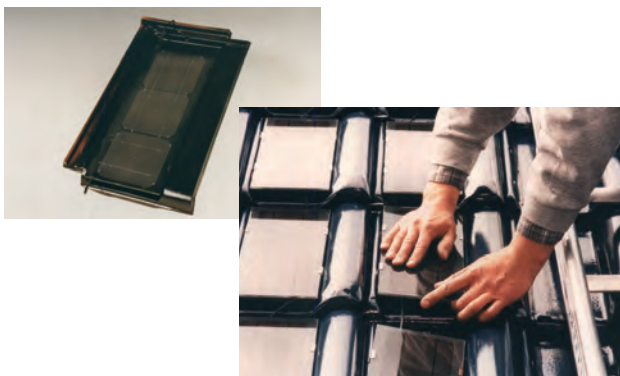


Bild 2.53. Solardachziegel. Erste Solardachziegel entstanden 1980 auf der Basis von Luft-Sole-Wärmetauschern kombiniert mit einem Wärmepumpensystem, die sich aber nicht durchsetzen konnten. Die neuen Solardachziegel, die seit 1997 auf dem Markt sind, benutzen Solarzellen der Photo-Voltaik, die Licht direkt in elektrischen Strom umsetzen. (Im Bild die Solardachziegel der Fa. Gebr. Laumans, Brüggen)

2.7. Schmuckziegel – Träger einer Volkskunst

Schon früh bediente sich die Backsteinbaukunst der Gestaltungsmöglichkeiten durch Formsteine, glasierte Steine und besondere Zier-Mauerwerksverbände. Was jedoch hier vorrangig angesprochen wird, ist die Verzierung und Gestaltung der frischen Formlinge mit Zeichen und Marken, wozu die Bildsamkeit und leichte Formbarkeit des Tons den Ziegler geradezu einluden.

Bei diesen verzierten Ziegeln handelt es sich in der Mehrzahl um Dachziegel und weniger um Backsteine, die ja vermauert wurden und dann größtenteils nicht mehr sichtbar waren. Dabei unterscheidet man zwischen der Zieglergraphik mit graphischen und der Zieglerplastik mit figürlichen Darstellungen.¹¹

2.7.1. Zieglergraphik – Graffiti der Ziegler

Unter Zieglergraphik fallen vor allem die handgestrichenen, verzierten und gestalteten Dachziegel, die Feierabendziegel im engeren Sinn. Der Brauch, Ziegel zu verzieren, hat antike Vorbilder, denn schon die Römer versahen ihre Dachziegel mit Symbolen gegen böse Geister oder zur Versöhnung guter Geister. Im Mittelalter lebte dieser Brauch wieder auf. Die ältesten bekannten verzierten Ziegel entstanden 1453 und stammen aus Bad Herrenalb. Da es keine schriftlichen Überlieferungen der Ziegler selbst gibt, welche Aufschluß über deren Motivation zur Herstellung der verzierten Ziegel geben könnten, ist man auf Vermutungen angewiesen. Jenisch unterscheidet drei Hauptgruppen gestalteter Ziegel: Bedeutungsträger, Schmuckziegel und Dokumentation des Herstellungsprozesses und der daran beteiligten Personen.¹²



Bild 2.54a. Auswahl häufig verwendeter Symbole auf Feierabendziegeln. „Etwa um das Jahr 1900 begannen Volkskundler, den Sinn der überlieferten Bildsprache zu entschlüsseln. Nur schwer, oft nur durch Vergleiche mit den Bräuchen primitiver Völker nach deren wissenschaftlicher Erforschung, kam es zu den jetzt einigermaßen gesicherten Ergebnissen.“

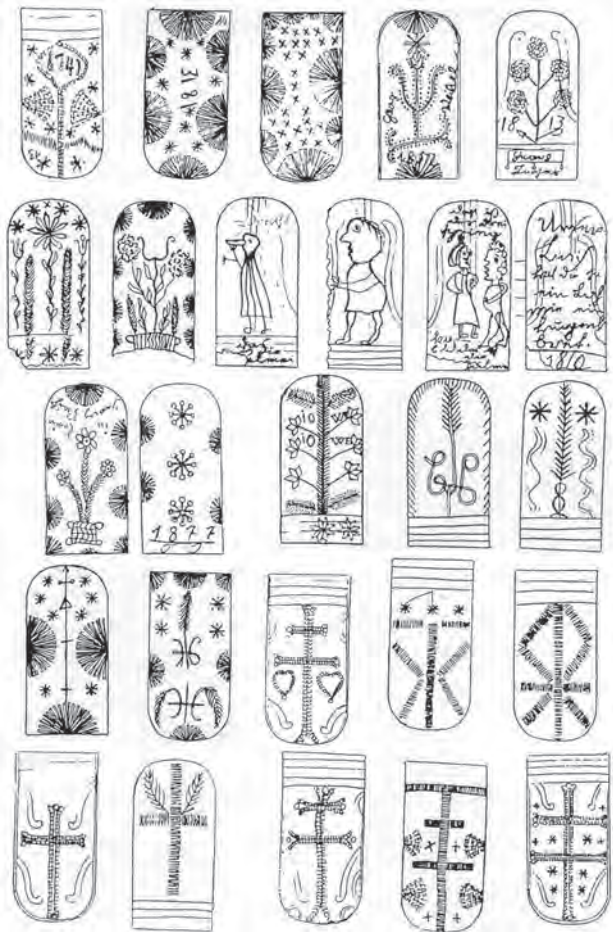


Bild 2.54b. Feierabendziegel mit verschiedenen Motiven aus dem Elsaß, entstanden zwischen 1700 und 1860, nach J.J. Kientz/Brumath

Da man davon ausging, daß der hart arbeitende Ziegler, der immerhin etwa 800-1000 Dachziegel am Tag streichen mußte, keine Zeit hatte, die Ziegel auch noch zu verzieren, dies also nach Arbeitsschluß, sozusagen als Abschluß des Tagwerks machte, erhielten die verzierten Ziegel den Namen Feierabendziegel. Es kann aber als sicher gelten, daß viele verzierte Ziegel auch Bestellungen von Kunden waren und dann auch während der normalen Arbeitszeit



Bild 2.55. Der Sammler Edmund Bernt/Flacht bei der Suche nach Feierabendziegel

gefertigt wurden. Dies gilt vor allem für die Ziegel, die durch ihre Darstellungen Böses vom Haus abwehren sollten. Bei den meisten Feierabendziegeln handelt es sich um Biberschwanzziegel (Bild 2.54.), es gibt auch verzierte Hohlpfannen und Krepptiegel, wesentlich seltener sind verzierte Mönch-Nonne-Ziegel. Sehr selten sind verzierte Backsteine. Feierabendziegel gelten heute als Träger einer Volkskunst (Bilder 2.55.+ 2.56.).

Bilder 2.56. Feierabendziegel aus der Sammlung Edmund Bernt/Flacht:



Bild 2.56a. Links: Zwei sog. Wellenbandziegel. Das Wellenband ist bei Feierabendziegeln das häufigste Motiv, das in unzähligen Varianten auftritt, da es sich mit den bloßen Fingerkuppen sehr einfach in den weichen Ton modellieren läßt. Verschiedentlich wird auch ein Kamm, eine Gabel oder eine Spachtel benutzt. Mitte: Sonnenziegel mit 11 Halbsonnen am Rand (so daß zwei nebeneinanderliegende Ziegel wieder ganze Sonnen ergeben), begleitet von drei Kreuzen und den Buchstaben PR, vermutlich die Initialen des Zieglers. Rechts: Handstrichziegel mit zwei Randstrichen, den sog. „Wasserstrichen“, und der Jahreszahl 1866



Bild 2.56b. Links: Hand mit gespreizten Fingern. Diese Geste gilt heute noch weltweit bei fast allen Natur- und Kulturvölkern als abweisend. Auf einem Dachziegel soll dieses Zeichen Unheil vom Dach abwehren. Rechts: Handstrichziegel mit Hufeiseneindruck. Gilt als glücksbringendes Zeichen, dessen Herkunft auf die Bedeutung zurückgeht, die das Pferd im Glauben der Germanen besaß.



Bild 2.56c. Schmuckfirstziegel, sog. Höckerziegel, die auf der höchsten Stelle der Wölbung eine Reihe von Höckern tragen. Auch Drachenziegel genannt, da man vermutet, daß die Höckerziegel einen stilisierten Drachen darstellen sollen. Bei der Höckerzahl findet sich oft die Zahl sieben, womit vermutlich die sieben Wochentage symbolisiert werden sollen.

Diese Tradition wurde vereinzelt noch bis zum 2. Weltkrieg ausgeübt und dann wieder etwa ab 1980 wieder aufgegriffen, z. B. in besonderen Kursen von Ziegeleimuseen oder von einem Dachziegelwerk, das jedes Jahr ein besonderes Motiv entwirft (Bild 2.57.). Feierabendziegel sind heute ein begehrtes Sammelobjekt von Privatsammlern und Museen, für die je nach Alter und Seltenheitswert teils beachtliche Preise bezahlt werden.¹³

Bei der Zieglergraphik, die eine große Vielzahl von Darstellungen und Motiven hervorbrachte, kann man allerdings nur bedingt von Schmuckziegeln sprechen, weil die graphisch verzierten Feierabendziegel auf dem Dach als solche kaum zu erkennen sind und deshalb auch keine Funktion als Schmuckziegel erfüllen konnten.

Die graphischen Darstellungen auf den Feierabendziegeln entstanden durch Einritzen mit dem Holzgriffel oder Eisenstichel, durch Einstreichen oder Eindrücken mit der Hand oder durch Aufmodelln mit eigens geschnitzten Holzmodellen, zweckentfremde-



Bild 2.57. Jahresziegel 1987 bis 1998 der Firma Walther Dachziegel, Langenzenn, die 1987 die Tradition des Feierabendziegels wieder aufgegriffen hat und seither alljährlich einen Jahres-Feierabendziegel gestaltet, der jeder Biberziegel-Lieferung beigelegt wird, als Glücksbringer auf dem Dach des Bauherrn.

ten Gebäckmodellen (Lebkuchenmodellen) oder Modellen für Zeugdruck (Stoffdruck). So entstand eine große Vielfalt von Darstellungen und Motiven, die etwa wie folgt gegliedert werden können:

- Inschriften (Sprüche, Namen, Buchstaben, Zahlen)
- Zeichnungen (Menschen, Tiere, Pflanzen, Wappen, Sterne, Sonnen)
- Symbole (zauberische und religiöse Abwehr- und Heilszeichen, christliche Symbole)
- Verzierungen (Ornamente, Dekore, geometrische Muster)
- Abdrucke (von Hand und Fuß, auch von Tieren, Kritzeleien von Kindern).

Je nach den Gründen, aus denen die Feierabendziegel hergestellt werden, seien es nun tatsächliche oder vermutete Gründe, erhielten die Ziegel volkstümliche Namen, z. B. bei den Schutz- und Abwehrziegeln - Sonnenziegel, Glücksziegel, Floriansziegel, „Heilige Ziegel“ und bei den Inschriftenziegeln - Namens-, Spruch- und Heischeziegel.¹⁴

2.7.2 Zieglerplastik – Schmuck und Abwehrsymbol

Im Gegensatz zur Zieglergraphik war die Zieglerplastik deutlich auf dem Dach sichtbar und konnte daher neben der apotropäischen – zauberabwehrenden – auch eine schmückende Funktion übernehmen. Figürliche Darstellungen finden sich fast nur auf First- und Walmziegeln, auch Tonreiter genannt, da sie an diesen Stellen besonders zur Geltung kamen und man sich früher bemühte, den Dachfirst mit besonders markanten Abwehrsymbolen zu versehen. Dargestellt wurden z. B. Pferde mit und ohne Reiter, Hähne, Hasen, Hunde und Vögel.

Was einst Brauch eines festen Volksglaubens war, wurde ab der Zeit des Historismus zum rein ornamentalen Schmuck. Mit dem 1. Weltkrieg hörte die Produktion dieser weitgehend von Hand hergestellten Schmuckziegel auf und wurde erst nach und nach wieder aufgenommen. Heute führt fast jedes Dachziegelwerk ein umfangreiches Sortiment dieser Schmuckziegel in historischen, aber auch modernen Formen (Bild 2.58.).



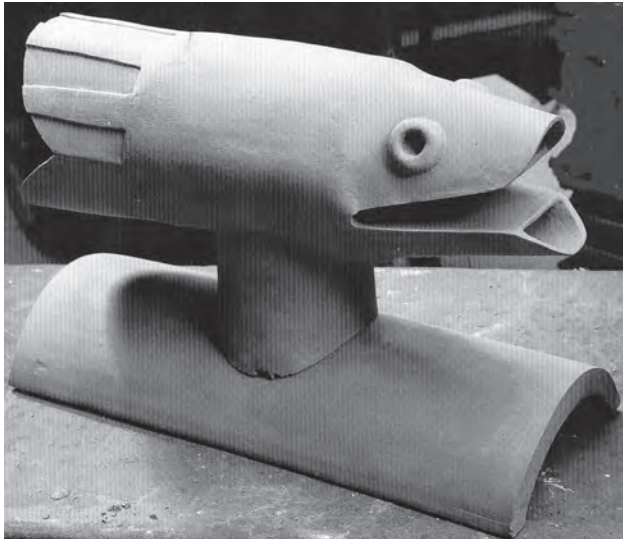
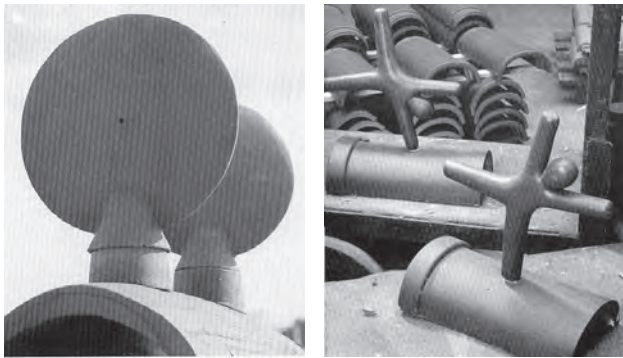


Bild 2.58. Vorige Seite: Um 1900, aus dem Ludowici-Katalog 1857 – 1914, div. plastische Darstellungen auf First- und Endstücken, sowie Spitzen.

Oben: Um 2000, Dachschmuck aus dem Designwettbewerb 1997 „Innovativer Dachschmuck“ der Dachziegelwerke Pfeilderer und der Hochschule für Kunst und Design/Halle, Burg Giebichenstein.

Oben links: 1. Preis „Scheiben“ (Claudia Stölzel und Beatrix Krause), unten: 2. Preis „Der singende Dachfisch“ (Beatrix Neumann), oben rechts: 3. Preis „Mensch“ (Anke Böhme)

2.8. Zählziegel: Stückwerkziegel, Partienziegel, Tagwerkziegel, Kampagneziegel

Bis ins 19. Jahrhundert leisteten die Handstrichziegeleien nur Auftragsarbeit, d. h. die Anzahl der hergestellten Ziegel richtete sich nach den vorliegenden Bestellungen. Die Ziegler arbeiteten in der Regel im Akkord, wobei die Stückzahl der täglich gestrichenen Ziegel maßgebend für die Bezahlung war. Dies waren u. a. die Gründe, daß einzelne Ziegel mit einem Zählzeichen versehen wurden, die eine ganz bestimmte Zuordnung ermöglichen sollten. Diese Zählzeichen wurden mit dem Finger oder einem Holzgriffel in den frischen Formling eingestrichen, wobei Zahlen, Buchstaben, Namenszüge, div. Symbole und Zeichnungen oder Kombinationen daraus verwendet wurden. Je nach Art der Zählzeichen waren folgende Markierungen möglich:

- erster und letzter Ziegel der Tagesproduktion, welcher zugleich den Anfang der nächsten Tagesproduktion markierte (Stückwerkziegel)

- die Ziegel eines bestimmten Auftrags (Partienziegel)
- das von einem Zieglergesellen hergestellte Tagespensum (Tagwerkziegel) (Bild 2.59.)
- gelegentlich wurde auch der erste und letzte Ziegel einer Saison mit Datum und Name signiert (Kampagneziegel)

Eine umfassende Untersuchung über Art, Umfang und Bedeutung dieser Zählzeichen steht noch aus.



Bild 2.59. Tagwerkziegel

2.9. Herstellermarken: Ziegelstempel, Ziegler- und Ziegelzeichen

Die Markierung der Ziegel durch Beschriftung oder Stempelung tritt erstmals in Mesopotamien auf. Diese von den Sumerern benutzten Ziegelstempel waren Positivstempel, die mit der Hand in den noch plastischen Ton gedrückt wurden. Mit dem Ziegelstempel konnten große Ziegelmengen schnell markiert werden. Die Inschriften wurden in Keilschrift in die Ziegel eingedrückt und waren Weihesprüche oder betrafen die Bautätigkeit des jeweiligen Herrschers.

(Seit 1978 ließ der durch die Golfkriege 1991/2003 zu trauriger Berühmtheit gelangte irakische Präsident Saddam Hussein, der sich gern mit Nebukadnezar II. identifizierte, die Ruinen Babylons rekonstruieren. Jeder vierte Ziegel, der dort vermauert wurde, trägt die eingebraunte Inschrift „Erbaut in der Zeit Saddams“. Nebukadnezar II., König von Babylon 605 –562 v. Chr. und Begründer des Neubabylonischen Weltreichs, war da bescheidener gewesen - er hatte nur in jeden hundertsten Ziegel seinen Stempelaufdruck einbrennen lassen.)

Nach der Entwicklung des Rollsiegels Ende des 3. Jahrtausends v. Chr., der primär dazu diente, Eigentumsvermerke vorzunehmen oder Abmachungen zu bestätigen, wurde auch dieser zur Ziegelkennzeichnung verwendet. Auf den Außenseiten der zylinderförmigen Rollsiegel aus Stein oder Knochen wurden die verschiedensten Zeichen, Szenen oder Inschriften eingraviert. Sie waren in Achsrichtung durchbohrt, so daß man ein Holzstäbchen hindurch stecken konnte, mit dessen Hilfe das Rollsiegel auf dem weichen Ton abgerollt wurde, wodurch ein kleines Fries entstand (Bild 2.60.).



Bild 2.60. Rollsiegel mit seiner Abrollung auf Ton

Auch die Römer verwendeten Handziegelstempel, mit welchen die Namen des Herstellers, die Bezeichnung der Legion, eine Fabrikmarke, Datum etc. eingestempelt wurden. Vorzugsweise wurden die Tegulae gestempelt (Bild 2.61.). Für die Geschichtsforschung sind diese Ziegelstempel wichtige Hilfsmittel zur Bestimmung von Gebäuden, Sitz von Garnisonen, Truppenbewegungen etc.

Der Brauch die Ziegel zu markieren wird im 15. Jh. wieder aufgenommen. Ab diesem Zeitpunkt sind Ziegel nachgewiesen, die datiert, signiert oder mit dem sog. Zieglerzeichen versehen sind und damit eine Herstellermarke aufweisen. Vielfach wurde die Markierung der Ziegel durch obrigkeitliche Erlasse angeordnet, wie z. B. durch die Verordnung Kaiser Karls VI. von 1715 über die Ziegelmaße und das Zieglerzeichen. Als Zieglerzeichen benutzte man den Namen oder die Anfangsbuchstaben des Zieglers und das Handwerkszeichen, die symbolhafte Darstellung des Handwerkszeugs, das Ziegeleisen. Meist wurden zwei kreuzweise übereinander gelegte Formen in mehr oder weniger stilisierter Form dargestellt.



Bild 2.61. Gestempelte römische Ziegel (aus der Sammlung Prof. Dr. Klaus Ewe, jetzt im Ziegeleimuseum „Alte Ziegelei Mainz“)

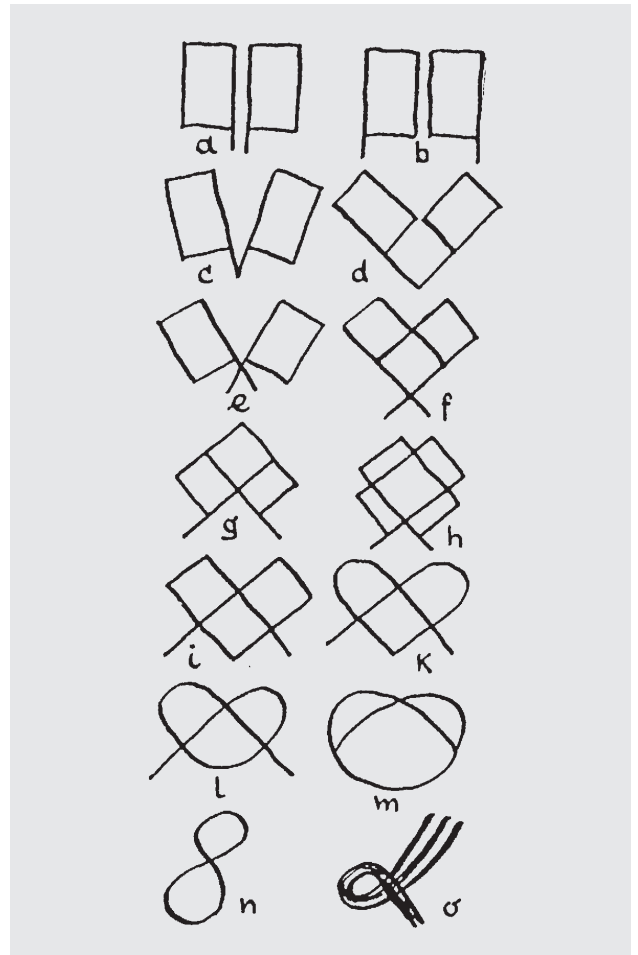


Bild 2.62. Zieglerzeichen

Vom Zieglerzeichen, dem Herstellerzeichen, zu unterscheiden sind die Ziegelzeichen, worunter man alle schmuckhaften oder volkstümlichen Verzierung-



Bild 2.63. Streichformen mit Herstellerzeichen, davor zwei „Kaiserziegel“, altösterreichische Mauerziegelformate mit dem Kaiseradler, oben mit dem Herstellerzeichen HD (Heinz Drausche, verwendet von 1857 –1869) unten AM (Alois Miesbach, verwendet von 1820-1857)

gen des Ziegel versteht, wie man sie bei den Feierabendziegeln findet (Bild 2.62.).

Bei den Mauerziegeln wurden die Zieglerzeichen anfangs in den Boden der Streichform eingeschnitten oder eingebrannt, so daß man am Ziegel ein erhabenes Schriftbild erhielt. Später verwendete man Metallschilder, die aufgeschraubt wurden und am Ziegel ein vertieftes Bild hinterließen (Bild 2.63.).

Bei den ab 1860 aufkommenden, maschinell hergestellten Preßfalzziegeln wurden auf der Ziegelrückseite neben dem Firmennamen oft Hinweise auf Schutzrechte, Prämierungen und Herstelljahr eingepreßt. Diese Texte nahmen oft die ganze Rückseite des Ziegels ein. Je nach Anbringung der Texte auf der Mutterform, erschienen sie auf dem Ziegel als erhabenes oder vertieftes Schriftbild (Bild 2.64.).

Bilder 2.64. Rückseite von zwei Preßdachziegeln:



Bild 2.64a. Herzfalzziegel, Text: „Ernst Bihl & Co./Thonwaren Manufactur/Ulm 1871/Wien 1873/in Waiblingen bei Stuttgart/Hermann Heß/Besitzer“



Bild 2.64b. Muldenfalzziegel, Text: „C. Aug. Muß & Jansen, Lüdinghausen, 1881“, mit 4 Plaketten von auf Ausstellungen erzielten Prämierungen. (Bei Ziegel (a) sind diese Auszeichnungen durch die beiden Ortsangaben mit der Jahreszahl ausgewiesen.)

Für Strangpreßziegel gibt es seit etwa 1945 den Rollstempel, mit dem auf der Ziegeloberseite ein Werkzeugzeichen (Herstellerzeichen) angebracht wird. Die moderne Signierrolle gibt es mit ein- oder zweizeiligen Schriftzeichen, mit oder ohne Wechselfragmente.

Durch Anlegen eines geringen elektrischen Stroms wird ein Kleben des Tons an der Rolle vermieden (Bild 2.65.). Die Signierrolle dient heute gleichzeitig durch die Aufnahme der Stranggeschwindigkeit zur Strangregulierung (Bild 2.66.).



Bild 2.65. Signierrolle von Leisenberg



Bild 2.66. Vakuumaggregat mit Signierrolle

3. Der Ziegler – vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker

Von der mythischen Gestalt des Ziegelgotts als Erfinder des Ziegels bis hin zum Elektroniker, der heute für den Betrieb hochtechnisierter Ziegelproduktionsanlagen erforderlich ist, spannt sich der Bogen der Entwicklung des „Ziegelmachers“ – des Zieglers. Dazwischen waren es Pharaonen, Kaiser und Könige, ganze in Gefangenschaft geratene Völker, Legionäre, Mönche, Adlige, Gutsherren und Bauern, Wanderziegler, Ziegelmeister, Ziegeleiingenieure und immer wieder das große anonyme Heer der „Ziegelknechte“, der einfachen Ziegeleiarbeiter, die das Bild des Zieglers prägten (Bild 3.1.).



**Ein Ziegler thut man mich nennen/
 Auß Lättn kan ich Ziegel brennen/
 Gelatt vnd hell / Kälend darbey/
 Daschen Ziegl / auch sonst mancherley/
 Damit man deckt die Heusser obn/
 Für Regen / Schnee vnd Windes thobn/
 Auch für der heysßen Sonnen schein/
 Eynira erfund die Kunst allein.**

Bild 3.1. „Der Ziegler“, aus dem Ständebuch von Jost Amman, Frankfurt, 1568, mit einem Vers von Hans Sachs (1494 – 1576)

3.1. Vorfahren der Ziegler: Sumerer, Ägypter, Römer und andere

Bei den Sumerern in Mesopotamien war es der König selbst, der mit seiner Familie eigenhändig die ersten Ziegel für den Bau von Tempeln oder offiziellen Gebäuden formte. Schon auf den ältesten Tontafeln findet man Texte wie: „Ich (der König) legte den Lehm in die Ziegelform“ oder „Ich stellte die Ziegelform zu recht“, womit die große Bedeutung der Ziegelherstellung zum Ausdruck kommt.¹⁵

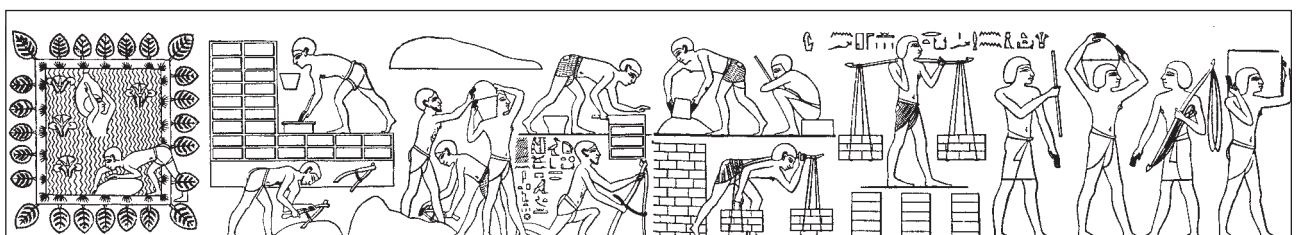
Ägypten ist von alters her ein Ziegelland par excellence. Der Ziegel war für Ägypten – trotz seiner sich in den Pyramiden und Tempelbauten manifestierenden großartigen Steinarchitektur – zu allen Zeiten außerordentlich wichtig, denn er war der Baustoff für die Lebenden, für die Häuser des Volkes und die Paläste der Könige gleichermaßen. Stein dagegen war als Baustoff den Göttern und Toten vorbehalten.

In Ägypten beschäftigte der Pharaon ein ganzes Volk mit der Herstellung von Ziegeln – die Israeliten, die damit auch zu den ersten Ziegler zählen.

Eine sehr anschauliche Darstellung der Ziegelherstellung findet sich im *Tal der Könige*, der Nekropole in Theben-West, auf einer Wandmalerei im Grab des Rechmirè (Grab 100): Zwei Arbeiter schöpfen den Tonschlamm aus dem Nil, den zwei andere dann mit Hacken durcharbeiten und mit Strohhäcksel vermischen (Stroh wurde beigemischt, um ein Reißen der Formlinge beim Schwinden durch die Trocknung zu vermeiden und als eine Art Bewehrung zur Erhöhung der Ziegelfestigkeit). Zuträger bringen die fertige Arbeitsmasse in Körben zum Ziegelstreicher, der damit in einer Holzform die Ziegel streicht, die dann auf einem ebenen Platz zum Trocknen an der Sonne abgelegt werden. Die getrockneten Ziegel werden aufgestapelt und später vom Stapel mit einem Tragegestell zur Baustelle getragen (Bild 3.2.).

Die Arbeiter auf dem Bild im Grabe des Rechmirè waren Juden, und in der Bibel ist die Rede davon, „Die Ägypter ließen die Israeliten als Sklaven für sich

Bild 3.2. Wandmalerei mit einer Darstellung ägyptischer Ziegelherstellung, im Grab des Rechmirè, der Wesir unter Thutmosis III (1504 – 1459 v. Chr.) und Amenophis II (1450 – 1425 v. Chr.) war. Im linken Teil ist die Herstellung von Nilschlammziegeln, im rechten Teil das Bauen mit Ziegeln dargestellt.



arbeiten, mißhandelten sie und machten ihnen das Leben zur Hölle. Sie zwangen sie, aus Lehm Ziegel herzustellen und harte Feldarbeit zu verrichten“ (2 Mose 1, 13-14). Als Moses und Aaron den Pharao um drei Tage Urlaub für ein religiöses Fest baten, verschärfte dieser die Arbeitsbedingungen. Es ist dies ein frühes Beispiel der Erhöhung des Arbeitslohns. In der Bibel liest sich das so: „Am gleichen Tag befahl der Pharao den ägyptischen Aufsehern und den israelitischen Vorarbeitern: „Ihr dürft den Israeliten jetzt nicht mehr das Stroh liefern, das sie zur Herstellung der Ziegelsteine brauchen. Sie sollen es sich selbst zusammensuchen! Aber sie müssen genauso viele Ziegel abliefern als bisher.... Die Aufseher und Vorarbeiter gingen hin und gaben den Befehl an die Israeliten weiter.... So verteilten sich die Israeliten über das ganze Land und sammelten Stroh auf den Feldern.“ (2 Mose 5, 1-19)

Bis zum Exodus, dem Auszug aus Ägypten etwa um 1350 v. Chr., mußten die Israeliten Fronarbeit leisten. Doch auch später ließ sie der Ziegel nicht mehr los. Als sie um 587 v. Chr. von Nebukadnezar II. (604-562 v. Chr.) in die Babylonische Gefangenschaft verschleppt wurden, mußten sie bis zu ihrer Rückkehr 538 v. Chr. wiederum Ziegel streichen, die in Babylon in großen Mengen für den Bau von Stadtmauern und Zikkurats benötigt wurden. So erforderte der Bau des berühmten Turms von Babel, der mehrfach zerstört und immer wieder aufgebaut wurde, allein ca. 85 Mio. Stück Ziegel. So manchen Maler des Mittelalters hat dieser Bau inspiriert (Bilder 3.3.).

Bei den Römern stand die Ziegelherstellung in enger Verbindung zu den Kaisern und der Nobilität. Für die römische Oberschicht war Landbesitz ein besonderes Privileg und hieraus ergab sich die Vornehmheit der Landwirtschaft. Die Tätigkeiten all derjenigen, die für Lohn arbeiteten oder deren Arbeitsleistung gekauft werden konnte, wurden dagegen als niedrig angesehen und als eines Freien nicht würdig. Da die Tongruben aber meist Teil des adligen Landbesitzes waren, gehörte die Ziegelfabrikation mit zur Landwirtschaft. Deshalb war die Ziegelfabrikation in Rom praktisch die einzige Industrie, die eines Aristokraten würdig war und wo er ohne Prestigeverlust Gewinne aus einem Herstellungsbetrieb zugeben konnte. Besonders als in den ersten beiden Jahrhunderten der Kaiserzeit (ab 27 v. Chr.) Mauerziegel zum wichtigsten Baumaterial wurden und eine gewaltige Nachfrage bestand, hatten die noblen Grundbesitzer, allen voran die Kaiser, aber auch Heiligtümer und Städte, ein beträchtliches Interesse an ihren Tonvorkommen. In der Regel fungierten die Grundbesitzer als Verpächter, welche den nicht der Oberschicht angehörenden Pächtern die Ziegelei, das Rohmaterial und die Arbeitsgeräte zur Verfügung stellten. Die für die Ziegelherstellung zuständigen Pächter stellten lediglich die meist ungelerten Arbeitskräfte.¹⁶

Die ersten Ziegler in Deutschland waren die Römer, denn sie brachten das Wissen um die Ziegelherstel-

Bilder 3.3. Darstellungen des Turmbaus zu Babylon, dem Babel der Bibel. Waren die Darstellungen der Türme auch der Phantasie der Künstler entsprungen, so dürften die ebenfalls dargestellten Ziegelöfen zeitgenössischer Realität entsprechen.



Bild 3.3a. Kupferstich aus der Merian-Bibel von Matthäus Merian (1593 – 1650)



Bild 3.3b. Holzstich zur Biblischen Geschichte von Jost Amman, Nürnberg (1539 – 1591)

lung in das besetzte Germanien, wo sie rund 500 Jahre, bis 454 n. Chr. das Rheinland endgültig fränkisch wurde, Ziegelgeschichte schrieben. Die militärischen Einheiten der Römer deckten ihren Ziegelbedarf in eigenen Legions- oder Heeresziegeleien. Insbesondere durch den Bau des Limes, eines riesigen Befestigungswalls (Niedergermanischer Limes, Rheinlinie 14 – 36 n. Chr., obergermanisch-rätischer Limes zwischen Rhein und Donau 69 – 96 n. Chr.), nahm dieser Bedarf gewaltige Dimensionen an. Die Herstellung der Ziegel erfolgte durch militärische Arbeitskommandos, den *vexillationes*, die von den einzelnen Legionen als *vexillatio legionis* oder von ihren

Lippern. Erst wenn diese fort waren, konnten die Einheimischen mit ihren inzwischen gestrichenen und getrockneten Ziegeln den Ofen benutzen. Zur interessanten Geschichte der lippischen Wanderziegler gibt es eine umfangreiche Literatur, auf die hier besonders hingewiesen wird.¹⁷⁻²³

In den Ziegeleien der Münchner Gegend spielten italienische Ziegeleiarbeiter, die „Ziegelpatscher“, in der Zeit zwischen etwa 1850 und 1914 eine große Rolle. Sie kamen als Saisonarbeiter vorwiegend aus der Provinz Udine, dem Friaul, einer Landschaft im nordöstlichen Italien. Bis 1877, als Udine einen Bahnanschluß bekam, zogen die meist ungelerten Arbeiter, teils mit Frau und Kindern, im Frühjahr in einem zehntägigen Fußmarsch über die Alpen, um im Spätjahr wieder zurückzukehren. Später bezahlten die Ziegeleien die Bahnfahrt. Der Ausbruch des I. Weltkriegs unterbrach 1914 diese Zieglerwanderung, erst ab 1935 kamen in der freundschaftlichen Ära Hitler-Mussolini wieder etliche italienische Ziegeleiarbeiter in den Raum München. Eine größere Anzahl italienischer Ziegeleiarbeiter kam dann wieder nach dem II. Weltkrieg als Gastarbeiter nach Deutschland.^{24, 25}

3.3. Der Ziegler im Wandel vom Handwerk zur Industrie

Die Mechanisierung in der Ziegelei begann etwa um 1800 bei der Aufbereitung des Tons. Hier entstanden die ersten Maschinen – die Radbahnen oder Traden, die Vorläufer des heutigen Kollergangs –, die das Treten des Tons durch den Menschen ersetzen sollten. Dies geschah aber nicht zur Humanisierung der Arbeit, sondern rein aus Kapazitätsgründen, um den größeren Durchsatz zu schaffen.

Die mechanisierte Formgebung kam teilweise sehr viel später und konnte sich gegen den manuellen Handstrich nur langsam durchsetzen, obwohl die einfache Form und einheitliche Größe des Ziegels sowie die großen Stückzahlen eine mechanisierte Formgebung geradezu herausforderten. Der Hauptgrund lag darin, daß die Ziegeleien wegen der relativ wenigen, ständig gleichbleibenden und einfachen Tätigkeiten traditionell mit ungelerten oder angelehrten Arbeitern produzierten und wegen deren niedriger Arbeitslöhne nicht in Formgebungsmaschinen, die sie für unrentabel hielten, investieren wollten. Andererseits war es gerade diese arbeitssoziologische Struktur, die eine schnelle Industrialisierung ermöglichte (Bilder 3.5.).

Die Ziegelwerke von Alois Miesbach z.B., dem berühmten Wirtschaftskapitän und Ziegelbaron Altösterreichs, produzierten um 1855 mit 5000 Beschäftigten im Handstrichverfahren jährlich 117 Mio. Mauerziegel. Über ihn wird berichtet, daß er durch und durch modern war, nur in einem nicht: in der Verwendung von Maschinen. Miesbach zog die

Bilder 3.5. Wie sich die Bilder gleichen



Bild 3.5a. Belegschaft einer amerikanischen Ziegelei um 1890



Bild 3.5b. Belegschaft der Ziegelei Obernstrohl bei Oldenburg um 1900 (Bildarchiv des Westfälischen Industriemuseums)

Menschen vor. „Durch die Maschinen eurer Hände bin ich reich geworden, bei dieser Maschine will ich auch bleiben“, soll der Multimillionär gesagt haben, nachdem man ihm eine Maschine vorgeführt hatte (vermutlich eine Streichmaschine), die 30 bis 40 Arbeiter hätte einsparen können.

Der reale Hintergrund war allerdings der, daß Miesbach in einer Studie festgestellt hatte, daß ihm aufgrund der niedrigen Lohnkosten die Verwendung von Maschinen, welche um diese Zeit, also um 1855, in England und Amerika bereits im Einsatz waren, wirtschaftlich keinen Vorteil gebracht hätte.

Durch die Industrialisierung und die außerordentliche Zunahme der Bevölkerung im 19. Jahrhundert (in Deutschland von 20 Mio. Einwohnern im Jahre 1800 auf 56 Mio. im Jahre 1900 = 185 %) erfuhr die Ziegeleienlandschaft und damit das Bild des Zieglers eine nachhaltige Veränderung.

Das enorme Bevölkerungswachstum schuf einen riesigen Bedarf an Wohnungen. Hinzu kamen die durch die Einführung der Eisenbahnen, die Errichtung öffentlicher Gebäude in den Städten und die ab etwa 1840 neu gegründeten Industrien notwendigen zahllosen Bauten.

All dies schuf eine gewaltige Nachfrage nach Baustoffen, die massenhaft verfügbar, qualitativ hochwertig und billig waren. Hierfür bot der Ziegel die besten Voraussetzungen.

Eine billige industrielle Massenherstellung verlangte aber eine grundlegende Umgestaltung des bisherigen Produktionsprozesses von der manuellen zur mechanisierten Fertigung, d. h. den Einsatz von Arbeitsmaschinen.

Der eigentliche Übergang von der handwerklichen zur industriellen Ziegelproduktion begann in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, in der viele neue Ziegelwerke gebaut wurden. Allerdings kam die Technisierung der Ziegelindustrie insgesamt nur langsam voran, weil sich viele Ziegelwerke durch den massiven Einsatz billiger menschlicher Arbeitskräfte (in Deutschland polnische und italienische Wanderarbeiter) auch mit manueller Fertigung behaupten konnten. Das gleiche Phänomen ist auch heute noch in vielen Entwicklungsländern, insbesondere des Mittleren Ostens, zu beobachten, wo ein Ziegeleimaschinenverkäufer so gut wie keine Chancen hat, weil ganze Familien mit ihren Kindern ab fünf Jahren in Schuldknechtschaft, als „Sklaven der Armut“, von Hand die Aufbereitung des Tons und das Streichen der Ziegel immer noch billiger durchführen, als dies mit modernen Maschinen möglich wäre.

3.4. Last und Mühsal der Zieglerarbeit

Bis in die 1950er Jahre blieb die Ziegelherstellung teilweise körperliche Schwerarbeit. Nicht von ungefähr gab es früher im Ruhrgebiet den Spruch „Ziegelei, Zeche, Zuchthaus“, womit man ausdrücken wollte, daß nach der Arbeit in der Ziegelei nur noch die Zeche und das Zuchthaus das Schlimmste sei, das einem Menschen widerfahren konnte. So findet man noch im „Ziegeleitechnischen Jahrbuch 1952“ eine Zusammenstellung einer Vielzahl schwerer manueller Tätigkeiten (siehe Tabelle 6), die es in einem modernen Ziegelwerk überhaupt nicht mehr gibt.

Mit der Industrialisierung wurde die Masse der Ziegler zu Ziegeleiarbeitern und es entstand ein Zieglerproletariat mit all seinen Schattenseiten. Der amerikanische Schriftsteller Herman Melville (1810 – 1891) beschreibt in dem Kapitel „Israel in Ägypten“ seines 1855 erschienenen Buches „Israel Potters Irrfahrten und Abenteuer“ sehr eindrucksvoll die „Backsteinzeit“ des Romanhelden, der „dreizehn müde Wochen unter der Aufsicht seines Zuchtmeisters in einer großen Ziegelei in London schuftete und dort viele unglückliche Menschen antraf. Die Herstellung von Ziegelsteinen ist in der Hauptsache eine schmutzige und schmierige Angelegenheit“.

Die Verhältnisse müssen schlimm gewesen sein, denn auch Karl Marx schildert 1867 in seinem Werk „Das Kapital“ die Lage der ausgebeuteten Ziegelei-

arbeiter in England. Nicht besser war es in allen übrigen Ländern. So schreibt Luise Zietz 1906 unter dem Titel „Zieglerelend“ über die Situation in Deutschland u. a.: „Der Menschheit ganzer Jammer faßt uns an, bei der Betrachtung des traurigen Loses des Ziegelproletariats. Wenn irgendwo, dann findet man hier alle Auswüchse der kapitalistischen Produktionsweise vereinigt, um dem Unternehmer mühelos steigenden Profit zu sichern und dabei der Arbeiterschaft Hirn und Knochen zu zermürben. Hier verschlingt das Kapital unterschiedslos Männer, Weiber und Kinder. Endlos lange Arbeitszeit, Sonntags- und Nachtarbeit wechseln mit Zeiten der Arbeitslosigkeit, namentlich in den Saisonbetrieben. Dazu Hungerlöhne, um welche die Ziegelsklaven nicht selten noch durch gewissenlose, betrügerische Ziegelmeister geprellt werden, oder um die man sie begaunert durch ein trotz § 115 der Gewerbeordnung in voller Blüte stehendes Trucksystem“²⁶ (früher: Entlohnung von Arbeitern durch Waren, zu engl. *truck* = Tausch).

3.5. Von der Mechanisierung zur Automatisierung

Der zwischen etwa 1850 und 1980 allmählich vollzogene Wandel vom teilmechanisierten zum vollautomatischen Ziegelwerk bewirkte auch einen enormen Wandel der Ziegeleiarbeit. Die Handarbeit verschwand fast völlig. Die Wartung und Überwachung der hochtechnisierten Anlagen erfordert nun Spezialisten aller Art – Mechaniker, Elektriker, Elektroniker – und läßt den Ziegler in den Hintergrund treten. So manches ziegeleikeramische Wissen verlagerte sich vom Ziegelwerk zum Maschinen- und Anlagenbauer, Rohstofflieferanten und spezialisierten Fachlabor. Bezogen auf das Zieglervolk hat Janssen dies so ausgedrückt: „Durch die Mechanisierung kamen sie aus dem Nichts und durch die Automatisierung kehrten sie in das Nichts zurück“.²⁷

3.6. Arbeitszeit der Ziegler

Für den Menschen von heute, der einerseits die 35- oder gar 25-Stunden-Woche* anstrebt und andererseits ständig in der Angst lebt, überhaupt noch arbeiten zu dürfen, sind die früheren Arbeitszeiten kaum noch vorstellbar. In den Handstrichziegeleien der vorindustriellen Zeit waren tägliche Arbeitszeiten von bis zu 17 Stunden keine Seltenheit.

Um 1850 war der 14stündige Arbeitstag die Regel, oft kam Sonntagsarbeit hinzu. Die übliche Arbeitszeit dauerte von 5 Uhr bis 19 Uhr, es gab weder eine feste Pausenregelung noch Urlaub.

Auch die Nachtarbeit unterlag keinerlei Einschränkungen. Im 19. Jahrhundert war Kinderarbeit in Fabriken und damit auch in den Ziegeleien eine gegebene Tatsache. Zeitgenössische Beobachter beschreiben das Aussehen dieser Kinder als bleich,

* Im Jahr 2004 spricht man schon wieder vom Comeback der 40-Stunden-Woche.

mit früh gealterten Gesichtern und abgestumpftem Verhalten, denn die Länge und Schwere der täglichen Arbeit gefährdeten die natürliche Entwicklung und Gesundheit.

Erst als das preußische Militär Bedenken über den beklagenswerten Zustand der jungen Rekruten äußerte, war dies 1828 Anlaß für ein erstes Nachtarbeitsverbot für Kinder in Preußen. 1839 erließ die preußische Regierung ein „Regulativ über die Beschäftigung jugendlicher Arbeiter in den Fabriken“, mit dem der Kinderschutz dadurch ausgedehnt wurde, daß Kinder unter 9 Jahren in Fabriken nicht mehr arbeiten durften und für Kinder bis zu 16 Jahren eine 10stündige Höchstarbeitszeit galt. 1853 wurde das Beschäftigungsverbot für Kinder bis zu 12 Jahren angehoben, gleichzeitig sollte durch die Einführung einer Arbeitsinspektion die Einhaltung dieser Verbote kontrolliert werden.

Durch die Gewerbeordnung des Norddeutschen Bundes von 1869, die 1872/73 auf das Deutsche Reich ausgedehnt wurde, wurden alle bestehenden Schutzbestimmungen zusammengefaßt. Danach galt, daß Kinder erst nach dem vollendeten 12. Jahr und bis zu 14 Jahren bis höchstens 6 Stunden beschäftigt werden durften, aber nur dann, wenn sie täglich einen mindestens dreistündigen Schulunterricht in einer von der höheren Verwaltungsbehörde genehmigten Schule erhielten. Der praktische Erfolg war allerdings nicht sehr groß, und die tatsächliche Durchführung der Bestimmungen wurde erst durch die Novelle zur Gewerbeordnung von 1878 ermöglicht, welche die Einführung der obligatorischen Fabrikinspektion vorsah.

Mit der Novelle von 1891 wurde die Beschäftigung schulpflichtiger Kinder vollständig untersagt. Trotzdem blieb die Dunkelziffer bis zur Revolution 1918/19 sehr hoch, weil der Verdienst „einfacher Leute“ so gering war, daß kinderreiche Familien auf den Zuverdienst ihrer Kinder angewiesen waren.²⁸

Um 1900 betrug die tägliche Arbeitsdauer im allgemeinen 11 Stunden, wobei die Fabrikszeit, d. h. die Präsenzzeit im Werk, einschließlich der Pausen, meistens von 6 Uhr bis 19 Uhr festgesetzt war.

Eine Ausnahme hiervon machten die Handstrichziegeleien, in denen die Arbeit häufig schon um 4.30 Uhr begann und bis zum Eintritt der Dunkelheit fortgesetzt wurde. In den großen Dampfziegeleien war dagegen die 11stündige Arbeitszeit die Regel.

Die Vorschriften über die Arbeitszeit von jugendlichen Arbeitern wirkten sich für die Arbeiterschaft insgesamt günstig aus, da sie den Gedanken einer Arbeitszeitverkürzung auch für die erwachsenen Arbeiter nahelegten. Die Forderung nach dem 8-Stunden-Tag gab es seit 1890. Ab 1908 gab es den 10-Stunden-Tag für Frauen. 1918 schließlich wurde in Deutschland der Achtstundentag durch den revolutionären Rat der Volksbeauftragten gesetzlich ein-

geführt. Hieraus ergab sich die 48-Stunden-Woche, denn selbstverständlich wurde der Samstag noch als voller Arbeitstag gerechnet. Es entwickelte sich die Regel: „8 Stunden Arbeit, 8 Stunden Freizeit und 8 Stunden Schlaf“.

In einer „Arbeitsordnung für die badische Ziegel-Industrie“ vom September 1920 wird Urlaub noch mit keinem Wort erwähnt. Zwischen 1920 und 1930 erfolgte dann aber die allgemeine Einführung des Urlaubs. So betrug die Urlaubsdauer um 1950 erst 12 Arbeitstage, wobei der Samstag noch als Urlaubstag zählte; im Jahr 2000 sind es 30 Arbeitstage ohne Samstagsanrechnung.

Die 48-Stunden-Woche bestand bis 1957, wonach eine Reduzierung auf 45 Wochenstunden erfolgte. 1968 kam die Fünftagewoche mit 8 Stunden täglich und 40 Stunden pro Woche.

Die Wochenarbeitszeit wurde nach dem 2. Weltkrieg also in mehreren Stufen verringert und betrug im Jahre 2000 in der Ziegelindustrie der alten Bundesländer 38 Stunden, der neuen Bundesländer 40 Stunden und der Schweiz 42 Stunden.

Lebensarbeitszeit

Wie bereits erwähnt, gab es 1839 erstmals ein Gesetz, das die Beschäftigung von Kindern unter 9 Jahren in Fabriken verbot, so daß man davon ausgehen kann, daß bis dahin auch wesentlich jüngere Kinder bis herab zu 6 Jahren beschäftigt wurden, so wie es heute noch in vielen Entwicklungsländern gang und gäbe ist. Erst Ende des 19. Jahrhunderts wurde dann bei uns das lange Zeit übliche Eintrittsalter in das Berufsleben von 14 Jahren festgelegt, das heute bei 15, 16 oder 19 Jahren liegt, je nachdem ob ein Hauptschul- oder Realschulabschluß oder das Abitur gemacht wird.

Ein festgelegtes Ende der Berufstätigkeit gab es zunächst überhaupt nicht, die Leute arbeiteten so lange sie körperlich überhaupt dazu in der Lage waren und starben so buchstäblich „in den Sielen“. Erst mit dem von Bismarck initiierten, 1889 verabschiedeten Gesetz über die Alters- und Invalidenversicherung wurde eine Altersgrenze von 70 Jahren festgelegt. Jeder Versicherte erhielt demnach eine Altersrente, sobald er 70 Jahre geworden war, auch dann, wenn er noch voll erwerbsfähig war, wie es so schön hieß, was einem heute wie Hohn erscheint, da nur etwa 3 % der Fabrikarbeiter dieses Rentenalter erreichte. Dies wird klar, wenn man weiß, daß um 1900 die Lebenserwartung eines Neugeborenen bei etwa 45 Jahren und die eines 40-jährigen Mannes bei etwa 66 Jahren lag. Viel wichtiger für die Arbeiter war daher die Invalidenrente, die heute Rente wegen Berufs- oder Erwerbsunfähigkeit heißt.

1916 wurde das Rentenalter dann auf 65 Jahre herabgesetzt, das trotz einer zwischenzeitlich eingeführten Flexibilisierung der Altersgrenze zwischen



Bild 3.6. Ziegelhütte vor den Toren einer Stadt. Kupferstich von Wolf Helmhardt von Hohberg, verlegt von Martin Endters, Nürnberg, 1716

60 und 63 Jahren und den vielen durch eine hohe Arbeitslosigkeit erzwungenen „Vorruehstählern“ immer noch gilt. Auf Grund der längeren Lebensdauer und ungünstigen Altersstruktur durch den Geburtenrückgang wird heute sogar bereits wieder eine Anhebung auf 67 oder gar 70 Jahre angedacht.

3.7. Zunftwesen der Ziegler

Das Zieglergewerbe hatte sich im allgemeinen nicht zu Zünften oder Gilden zusammengeschlossen – es war ein zunftfreies, sog. „unzünftiges“ Handwerk, obwohl die Herstellung des Ziegels umfangreiche handwerkliche Fertigkeiten und Kenntnisse erforderte. Der Hauptgrund lag darin, daß sich die meisten Ziegeleien lange Zeit in obrigkeitlichem Besitz befanden und die Ziegler nur Erbbeständer, d. h. Pächter waren. Als dann die Ziegeleien auch in private Hände kamen und der Ziegler selbständig wurde, war die Blütezeit der Zünfte vorüber und das Zunftwesen erstarrt und zu unflexibel, sich neuen Handlungsformen anzupassen. Doch es gab regionale Ausnahmen.

So bitten im Jahre 1666, kurz nach dem 30jährigen Krieg, die Ziegler von neun Orten des Erzbistums Mainz „um die Erteilung einer Zunftordnung, die sie vor den vor und während des Kriegs eingeschlichenen vielfältigen unzünftigen Niederländern, Brabantern und Störern, die weder Bürger noch Einwohner sein, schützen soll. Diese betrögen zusammen mit allerhand vagierendem Gesindel große und kleine Leute mit ihren wohlfeilen, aber untüchtigen Waren“. Der Bitte liegt bei: „Concept Articulin eines ersamen Zieglers Handwerckß so durch nachfolgende Meister verfaßt worden“.²⁹

Vielfach vereinigte man verwandte Gewerbe in einer Zunft, so daß jede Zunft aus einer Anzahl Innungen bestand. So gab es z. B. in Freiburg zuletzt 12 Zünfte. Hier findet man die Ziegler in der Bauzunft zusammen mit Gewerben wie Zimmerleute, Maurer,

Schreiner, Orgelmacher, Müller, Kaminkehrer, Gasenbesetzer (Pflästerer) u. a., obwohl zwischen manchen Gewerben keinerlei Verwandtschaft bestand.

Im späten Mittelalter zählte man die Ziegler gelegentlich auch zum „Unehrliehen Gewerbe“, ein Schicksal, das sie u. a. mit den Töpfern, Müllern, Badern, dem Schinder und dem Scharfrichter teilten. Die wegen der Feuersgefahr notwendige Verlegung ihrer Arbeitsstätte an den Rand der Städte drängte die Töpfer und Ziegler von vornherein in eine gewisse Sonderstellung und der schmutzige und verunreinigende Umgang mit der Tonerde, die als „nideres“ Element galt, konnte sie schnell unter die tabuisierten Unehrliehen einreihen, trotz oder vielleicht gerade wegen der hohen Symbolträchtigkeit ihres Werkstoffs Ton („Aus Gemeinem ist der Mensch gemacht“, aber Hand und Atem des Schöpfergottes haben die Erdenform beseelt).³⁰

Da die Ziegler außerhalb der Stadtmauern, deren Tore abends geschlossen wurden, arbeiten und wohnen mußten, gerieten sie auch schnell unter falschen Verdacht, da ihnen z. B. gerne vorkommende Felddiebstähle angelastet wurden (Bild 3.6.). Deshalb gründeten die Ziegler zwischen Schwarzwald und Vogesen zum Schutz gegen die „Bemäkelung“ (= mit einem Makel behaften, verunglimpfen) eine Bruderschaft mit Sitz in Colmar.

Bis zum 16. Jh. benutzten die Ziegler die gestielte, rahmenartige, rechteckige, oben erhöhte Form, in der die Blätter für die Hohlziegel gestrichen wurden, als Handwerkszeichen, das dann meist auch als Zunftzeichen diente. Vom 17. Jh. an wurde die Form des Bierschwanzziegels als Handwerkszeichen benutzt.



Bild 3.7. Zieglerzeichen. Wappen des Zieglers Manach auf dem ab 1536 mit Eintragungen versehenen Schild der Ravensburger Schmiedezunft



Bild 3.8. „Der Ziegelbrenner“. Kupferstich von Johann Peter Voit in „Fassliche Beschreibung der gemeinnützlichsten Künste und Handwerke für junge Leute“ bei Adam Gottlieb Schneider und Weigel, Nürnberg, 2. verbesserte Auflage, 1798

3.8. Handwerkliche Ausbildung der Ziegler

Bis zum 20. Jahrhundert war Ziegler kein Lehrberuf, für den es eine feste Ausbildungsordnung gab, obwohl Bezeichnungen wie Geselle und Meister durchaus üblich waren. Was zählte, waren allein die durch die praktische Tätigkeit erworbenen Fertigkeiten, Kenntnisse und Erfahrungen. Für die einzelnen Tätigkeiten in der Ziegelei hatten sich bis zum 18. Jahrhundert auch die verschiedensten Berufsbezeichnungen herausgebildet, wie sie in Tabelle 7 zusammengestellt sind.

Das Zieglerleben begann oft schon im Alter von 9 Jahren mit der Arbeit als Abtragejunge oder Kleiner Junge. Wer nach einigen Jahren alle Tätigkeiten beherrschte, galt als Geselle, und wenn er besonders tüchtig war und mit etwas Glück, konnte er eines Tages selbst eine Ziegelhütte führen und so die höchste Karrierestufe als Ziegelmeister erreichen. In seinem Ständebuch „Die Bauleuthe“ beschreibt dies Christoff Weigel 1698 wie folgt: „Heut zu Tag haben die Ziegler ein freyes Handwerk (d.i., im Gegensatz zum „geschenckten Handwerk“, ein Handwerk, dessen Gesellen zwar wandern dürfen, aber nicht müssen, und bei dem es keine Pflicht der Zunft ist, vorsprechende wandernde Gesellen mit Zehrgeld

usw. zu beschenken), wiewohl sie darauf Jungen lernen, auch selbige nach überstandenen Lehr-Jahren als Gesellen, zu fördern pflegen. Sie machen kein Meisterstück, sondern so einer von den Gesellen eine Brenn-Hütte überkommenkan, und den ersten Brand verrichtet, ist er Meister“ (Bild 3.8.).

Erst in den 1930er Jahren wurde Ziegler zum anerkannten Lehrberuf mit einer dreijährigen Lehre und einem Facharbeiterabschluss. Daneben gab es den Anlernberuf des Ziegelbrenners mit einer Ausbildungszeit von 1 ½ Jahren. In den Dachziegeleien kannte man noch den Beruf des Handformers mit einer 2-jährigen Lehre. Er befaßte sich mit dem Formen von Spezialerzeugnissen wie Gaubenziegeln, Dunstrohrziegeln und allen Arten von Sonderziegeln wie z.B. konischen und gebogenen Ziegeln (Bild 3.9.). Als firmenspezifische Besonderheit gab es bei den Ludowici-Dachziegelwerken in Jockgrim/Pfalz für gelernte Ziegler eine Zusatzausbildung zum Dachziegel-Modelleur, welcher praktisch die „Urmodelle“ neuentwickelter Dachziegel herstellte.

Wegen mangelnder Belegung wurde der Beruf des Zieglers 1972 aus der Liste der anerkannten Lehrberufe gestrichen. Auf Initiative der Ziegelindustrie, maßgeblich unterstützt von einigen Dachziegelwerken, wurde daher das den Anforderungen moderner Baukeramik-Produktionsbetriebe angepaßte, neue Berufsbild des „Industrie-Keramikers“ konzipiert und seit 1983 als neuer Ausbildungsberuf angeboten. Seit dem Ausbildungsjahr 2001/2002 war vorgesehen, genügende Beteiligung vorausgesetzt, die berufstheoretische Ausbildung der Grob-/Industriekeramiker für das ganze Bundesgebiet zentral in der Fachklasse für Grobkeramiker in den Beruflichen Schulen des Unstrut-Hainich-Kreises in Mühlhausen/Thüringen durchzuführen. Gleichzeitig wurde das Berufsbild überarbeitet und der technischen Entwicklung angepaßt.



Bild 3.9. Handformer um 1930 in den Falzziegelwerken Carl Ludowici, Jockgrim (1857 – 1974)



Bild 3.10. Anzeige in der Tonindustrie-Zeitung, 1909

3.9. Zieglereliten – die Zieglerfachschulen

Mit der zunehmenden Industrialisierung der Ziegelherstellung wuchs auch der Wunsch und die Notwendigkeit einer gezielten Ausbildung von Führungskräften.

Die erste Zieglerfachschule Deutschlands wurde 1887 in Zerbst gegründet. Ab 1893 wurde am Friedrichs-Polytechnikum in Köthen bei Dessau höheres technisches Personal für Ziegeleien ausgebildet. Friedrich Hoffmann, der Erfinder des Ringofens, wurde Mitglied der Prüfungskommission.

Eine weitere Zieglerfachschule gründete 1894 die Stadt Lauban in Schlesien, unterstützt vom Deutschen Verein für Ton-, Zement und Kalkindustrie (Bild 3.10.). Der als Begründer der deutschen Verblendsteinindustrie geltende Albert Augustin übernahm die Leitung der Schule, ein Amt, das er 1906 im Alter von fast achtzig Jahren niederlegte. Ihm folgte Gustav Benfey, ebenfalls eine bekannte Persönlichkeit in der Ziegelindustrie. Im Jahre 1919 übersiedelte die Städtische Zieglerfachschule zu Lauban nach Frankfurt an der Oder, wo sie wenige Jahre später, Anfang der 1920er Jahre, für immer geschlossen wurde.

Baukeramische Fachschule
(Zieglerfachschule)
Technikum Sternberg Meckl.

1291
Städt., subv. Staatskommissare
Ausbildung von Werkmeistern,
Technikern und Ingenieuren
Dauer 2 bzw. 3 und 5 Halbjahre
Im Sommer und Winter geöffnet

Technikum Lage
LIPP

Ziegelei-Ingenieur-Schule
Ausbildung von Ziegelei-Ingenieuren
Ziegelei-Technikern u. Werkmeistern.
Ausgedehnte Laboratorien für Ziegeleimaschinen, Brennversuche, Materialprüfungen, Trocknereien, chemische Untersuchungen, Sprengstoffhandhabungen usw. Fachschule für die Ziegel-, Dachstein-, Klinkerfabrikation u. feuerfeste Erzeugnisse. Semesterbeginn: 24. April und 23. Okt. 1928. Tonindustrielehrplan kostenlos vom Technikum Lage (Lippe) erhältlich. [279]

Bild 3.11. Anzeigen in der Tonindustrie-Zeitung 1928

Auch in Lippe entstanden Zieglerfachschulen, 1897 in Lemgo und 1906 in Lage. Beide Schulen schlossen nach dem Ersten Weltkrieg als Folge der Inflation ihre Pforten. Die Zieglerfachschule in Lage wurde jedoch, unterstützt durch den Ziegelmeisterverband und den Gewerbeverein der Ziegler, 1926 als private Ziegelei-Ingenieurschule Lage, Höhere Technische Lehranstalt für Tonindustrie-Keramik, wiedereröffnet.

Eine weitere Zieglerfachschule gab es in Sternberg in Mecklenburg, die städtisch subventionierte Baukeramische Fachschule, Technikum Sternberg (Bild 3.11.). Zur wohl bekanntesten Ausbildungsstätte der Vorkriegszeit wurde die 1906 eröffnete Zieglerfachschule Zwickau (Bild 3.12.).

Werkmeister-Ausbildung
Techniker-Ausbildung
Ingenieur-Ausbildung

ZIEGLERSCHULE
Baukeramische Fachschule
für Ziegelindustrie, Steinzeug
und feuerfeste Erzeugnisse

Alle Unterlagen durch die Direktion

ZWICKAU SA

Semesterbeginn
Mitte März
und
Anfang
Oktober 1928

Bild 3.12. Anzeige in der Tonindustrie-Zeitung 1938

Während die Zieglerfachschulen zunächst meist nur Kurse in den Wintermonaten anboten, wurde nach 1900 der ganzjährige Unterricht üblich. Das typische Programm der Vorkriegs-Zieglerfachschulen sah die Ausbildung von Werkmeistern in zwei, Ziegelei-Technikern in drei und Ziegelei-Ingenieuren in fünf (ab 1960 sechs) Semestern vor. Daneben wurden meist jährlich in den Wintermonaten durchgeführte, mehrwöchige Ziegelmeisterkurse angeboten, als abgekürzte fachliche Ausbildung für die Führung kleinerer Betriebe. Diese Kurse boten auch die Gelegenheit, das reichsgesetzliche Heizer- und Maschinistenzeugnis zur Bedienung und Wartung von Dampfkesseln und Dampfmaschinen zu erlangen.

Einer der letzten Direktoren in Zwickau war der Diplomingenieur Wilhelm Avenhaus, der 1949 wegen der politischen Gegebenheiten in der DDR in den Westen übersiedelte. Mit dem Weggang von Avenhaus war auch das Ende der Zieglerfachschule Zwickau gekommen. Sie wurde ab 1951 nach Hermsdorf/Thüringen verlegt, wo die Ausbildung von Grobkeramikern aber nur bis 1955 durchgeführt wurde. In diesem Jahr begann an der Ingenieurschule für Baustofftechnologie in Apolda/Thüringen die Ausbildung von Grobkeramik-Ingenieuren. Dieser Studiengang wurde jedoch 1990 eingestellt.

Im Westen bekam die einzige noch verbliebene Zieglerfachschule, die private Ziegelei-Ingenieurschule Lage, große Probleme, weil das Kultusministerium von Nordrhein-Westfalen die dort abgelegten Examen nicht anerkannte, weshalb hier 1951 die Ausbildung von Ziegelei-Ingenieuren eingestellt wurde.

Fast gleichzeitig wurden 1951 aber zwei neue Zieglerfachschulen gegründet und zwar in Essen und Lands-

Staatliche Ingenieurschule

für Maschinenwesen

ABT. GROBKERAMIK

ESSEN

Beginenkamp 20

LEITER: Oberbaurat Dr. Fischer

AUSBILDUNG

von Ingenieuren für Grobkeramik in Zusammenarbeit mit dem
Prüf- und Forschungsinstitut für Ziegeleierzeugnisse e. V.,
Essen-Kray, in 5 Semestern

*

Staatliche Zieglerschule

LANDSHUT/BAYERN

Marienplatz 8

LEITER: Direktor Dipl.-Ing. Avenhaus

AUSBILDUNG

von Keramik-Ingenieuren in 5 Semestern

BEGINN

des Winter-Semesters am 1. Oktober

AUSKUNFTE

u. Anmeldeformulare sind bei den Schulverwaltungen anzufordern

Bild 3.13. Anzeige im Ziegeleitechnischen Jahrbuch 1954

hut. Die Einrichtung einer Abteilung Grobkeramik bei der Staatlichen Ingenieurschule in Essen entstand auf Anregung des Fachverbands Ziegelindustrie Nordrhein-Westfalen und im Falle der Staatlichen Zieglerschule, Ingenieurschule Landshut auf nachdrücklichen Wunsch der bayerischen Ziegelindustrie. Direktor in Landshut wurde der frühere Zwickauer Direktor Wilhelm Avenhaus. Diese beiden Zieglerschulen warben gemeinsam für die Ausbildung zum Ingenieur für Grobkeramik (Bilder 3.13. + 3.14.). Die Entwicklung dieser beiden Zieglerschulen wurde jedoch durch eine allgemeine Änderung im Ingenieur-



Bild 3.14. Studierende im Chemie Labor der Zieglerschule Landshut, 1955



Bild 3.15. Hauptgebäude der Staatlichen Zieglerschule Landshut-Bayern, Marienplatz 8 (1951-1973), heute Teil der Fachschule für Keramik

Schulwesen gestört. Da im Raum der Europäischen Gemeinschaft (EG) der bewährte praxisorientierte Ingenieur nicht anerkannt und damit seine Freizügigkeit der Niederlassung in Frage gestellt wurde, kam es zur Neubildung der Fachhochschulen.

Im Zuge dieser Entwicklung wurde die Abteilung für Grobkeramik in Essen 1973 juristisch der Fachhochschule Duisburg angegliedert. Die Zieglerschule Landshut bestand ebenfalls bis zum Sommersemester 1973, nachdem die letzten 19 Absolventen ihr Examen bestanden hatten (Bild 3.15.). Dann wurde sie zusammen mit den Ingenieurabteilungen der Fachschulen Selb (Porzellan) und Zwiesel (Glas) 1973 an der Fachhochschule Nürnberg zu einem neuen Fachbereich „Werkstofftechnik der Nichtmetallisch-Anorganischen Werkstoffe“ zusammengelegt. Damit hörten nach 22-jährigem Bestehen die Zieglerschulen der alten Bundesrepublik auf zu existieren. In Landshut waren in dieser Zeit etwa 300 Ziegelei-Ingenieure ausgebildet worden, die den Ruf der Schule weltweit verbreiteten.³¹ Doch mit ihnen wird der spezialisierte Ziegelei-Ingenieur, der Ingenieur für Grobkeramik, aussterben – es wird ihn nicht mehr geben. Zwar werden an den Fachhochschulen in Höhr-Grenzhausen und Nürnberg weiter Keramik-Ingenieure ausgebildet, auch an verschiedenen Universitäten wird Keramik gelehrt, doch spielt hier, innerhalb des weiten Feldes der Keramik, die Ziegeleitechnik nur noch eine Nebenrolle. In der hochautomatisierten, computerisierten und roboterisierten Ziegelei des 3. Jahrtausends treten Maschinenbauer, Elektroingenieure und Elektroniker an die Stelle des früheren Ziegeleiingenieurs. Trotz des rasanten technischen Fortschritts geht aber auf diese Weise so manches alte ziegelkeramische Wissen verloren.

4. Ziegeleianlagen – von der Ziegelhütte zum High-Tech-Ziegelwerk

Die Anfänge der Ziegelherstellung verlieren sich im Dunkel der Vorgeschichte. Doch zwischen den allerersten Ziegelstreichern, die vermutlich an den Ufern des Jordans saßen und dem vollautomatisierten Ziegelwerk des Jahres 2000 liegt eine Zeitspanne von fast zehntausend Jahren (Bilder 4.1.+ 4.2.).

Über all die Jahrtausende blieb die handwerkliche Art der Ziegelherstellung durch Handarbeit nahezu unverändert. Erst in den letzten beiden Jahrhunderten vollzog sich ein grundlegender Wandel. Dabei brachte das 19. Jahrhundert den Übergang von



Bild 4.1. Holzmodell eines ägyptischen Ziegelstreichers, um 2000 v.Chr.

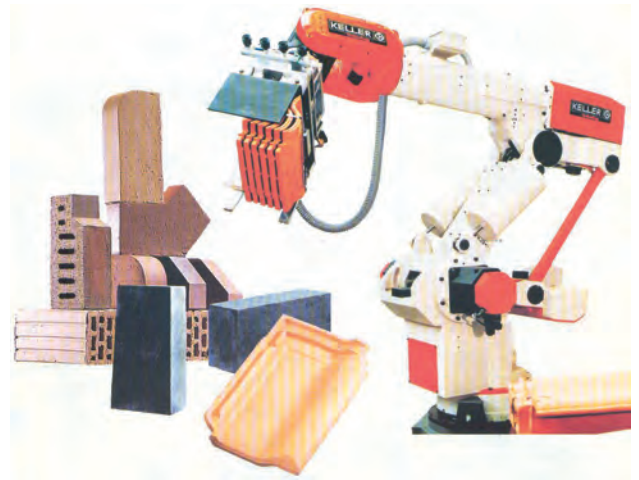


Bild 4.2. Im Jahr 2000 n. Chr. setzen, entladen und pakettieren Roboter die Ziegel.

der manuellen zur mechanisierten Fertigung, das 20. Jahrhundert den von der mechanisierten zur automatisierten Fertigung, während das 21. Jahrhundert den von der vollautomatisierten zur vollcomputerisierten, roboterisierten Fertigung verheißt. Bei Anlagen mit einer großen Produktpalette und kleinen Seriengrößen, bei denen eine hohe Flexibilität gefordert ist, zeichnet sich aber seit Ende der 1990er Jahre schon wieder eine Umkehr von der hochautomatisierten Produktionseinrichtung zu Systemen mit geringerem Automatisierungsgrad, aber hoher Flexibilität, ab.

Die Entwicklung der Ziegeleitechnik verlief in den einzelnen Ländern und Weltregionen zeitlich nicht immer parallel und so findet man auch heute, weltweit gesehen, von der rein manuellen bis hin zur vollautomatischen Fertigung noch alle Entwicklungsstufen der Ziegelherstellung (Bilder 4.3.+ 4.4.).

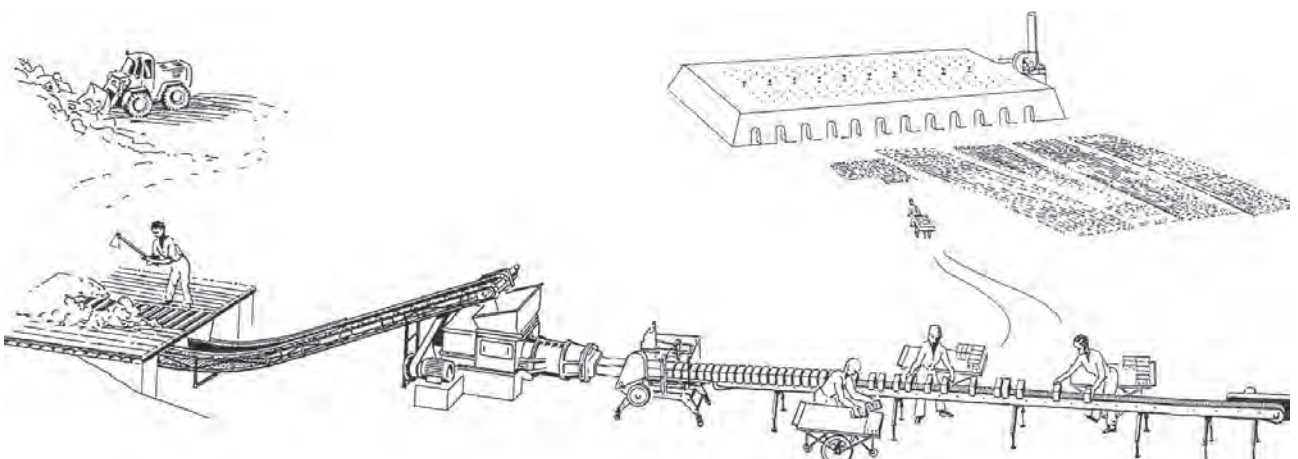


Bild 4.3. Einfachziegelei mit Kastenbeschicker, Schneckenpresse, Abschnaider, Absetzband, Freilandtrocknung und Ringofen, alles unter freiem Himmel, wie man sie auch im Jahr 2000 noch in manchen Entwicklungsländern findet, z.B. im Irak, Pakistan und Indien.

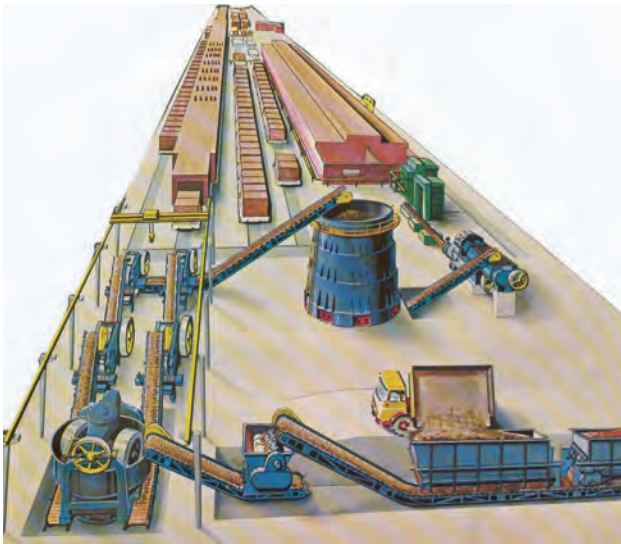


Bild 4.4. Modernes Ziegelwerk der 1970er Jahre mit Durchlauf-trockner und Tunnelofen

Unterschiedliche Rohstoffvoraussetzungen führten hier auch zu unterschiedlichen Verfahrenstechniken und maschinellen Einrichtungen.

Immer aber unterlag die Ziegelherstellung einem festgefügtten Arbeitsablauf, der aus den klassischen Produktionsstufen Rohstoffgewinnung, Tonaufbe-

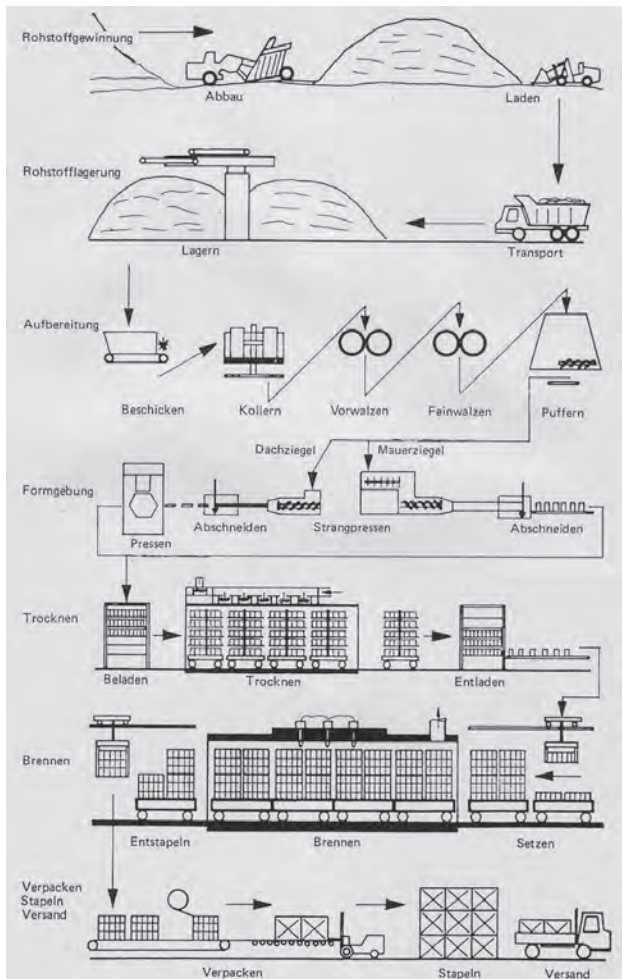


Bild 4.5. Verfahrensschema der Ziegelherstellung, Stand um 1970



Bild 4.6. „Die Zieglerin“, „Der Ziegler“ dargestellt und bekleidet mit ihren Erzeugnissen, Werkzeugen und Streichformen. Kupferstiche nach Martin Engelbrecht, Augsburg 1730

reitung, Formgebung, Trocknung und Brand besteht (Bild 4.5.). In ihrer Gesamtheit bestimmen deren verschiedene Abläufe – zusammen mit den Eigenschaften des verwendeten Rohmaterials – die Eigenschaften des Endprodukts Ziegel. Wegen der Vielfalt der hierbei entstandenen Verfahrenstechniken und maschinellen Einrichtungen werden die einzelnen Produktionsstufen in getrennten Kapiteln behandelt. Deshalb folgt zunächst eine zusammenhängende Darstellung des Produktionsablaufs, wie er in den früheren Handstrichziegeleien über die Jahrhunderte hinweg allgemein üblich war.

4.1. Ziegelherstellung anno dazumal

Bei den Römern hieß der Backsteinmacher *laterarius*, der Dachziegler *tegularius*, sein Gehilfe war der *famulus ad tegularium*. Als Ziegler oder Ziegelborner wird der Ziegler 1290 in Frankfurt a.M. urkundlich erwähnt und 1303 als Tegulator und Tegeler in Lüneburg (Bild 4.6.).

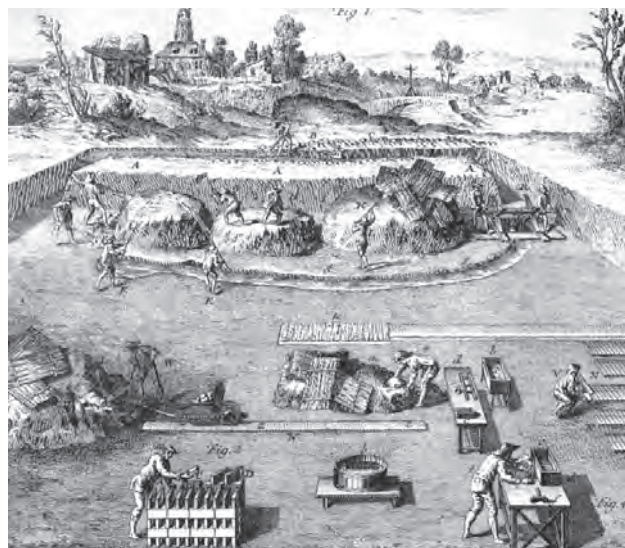


Bild 4.7. Feldziegelei des 18. Jahrhunderts, Kupferstich 1763



Bild 4.8. Manueller Abbau und Abtransport des Tons um 1900

Ziegel wurden arbeitsteilig hergestellt; deshalb gab es für die verschiedenen Tätigkeiten auch entsprechende Berufsbezeichnungen, die regional verschieden sein konnten, sich auch mit der Entwicklung der Produktionstechniken änderten und deshalb heute fast alle verschwunden sind (Vergl. auch Tab. 7). In den Handstrichziegeleien (Bild 4.7.), wie sie bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts Stand der Technik waren, finden wir folgenden Produktionsablauf mit folgenden Tätigkeiten und Berufsamen:

4.1.1. Rohstoffgewinnung und Aufbereitung

Der Lehm oder Ton wurde in der Grube vom *Lehmgräber*, *Erdarbeiter* oder *Tonstecher* im Herbst abgebaut und zum Wintern aufgeschichtet (Bild 4.8.). Der gewinterte Ton wurde vom *Umgänger*, *Karrenmann* oder *Aufkarrer* zur Sumpfgarbe gebracht, wo ihn der *Grubenknecht*, *Kastenknecht* oder *Sümpfer* wässerte. Der fertig gesumpfte Ton wurde auf dem Tretplatz, der Trade, von den *Erdmachern*, *Lehmmachern*, *Lehmtretern* oder kurz *Tretern* mit den bloßen Füßen getreten, bis er gut durchgearbeitet und plastisch war. Zum Treten wurden gelegentlich auch Ochsen eingesetzt (Bild 4.9.): „Ein Ochse kann, wenn er gut beschlagen ist, täglich sechs Stunden in der Mühle



Bild 4.9. Ochsentrade - eine Darstellung aus China um 1750

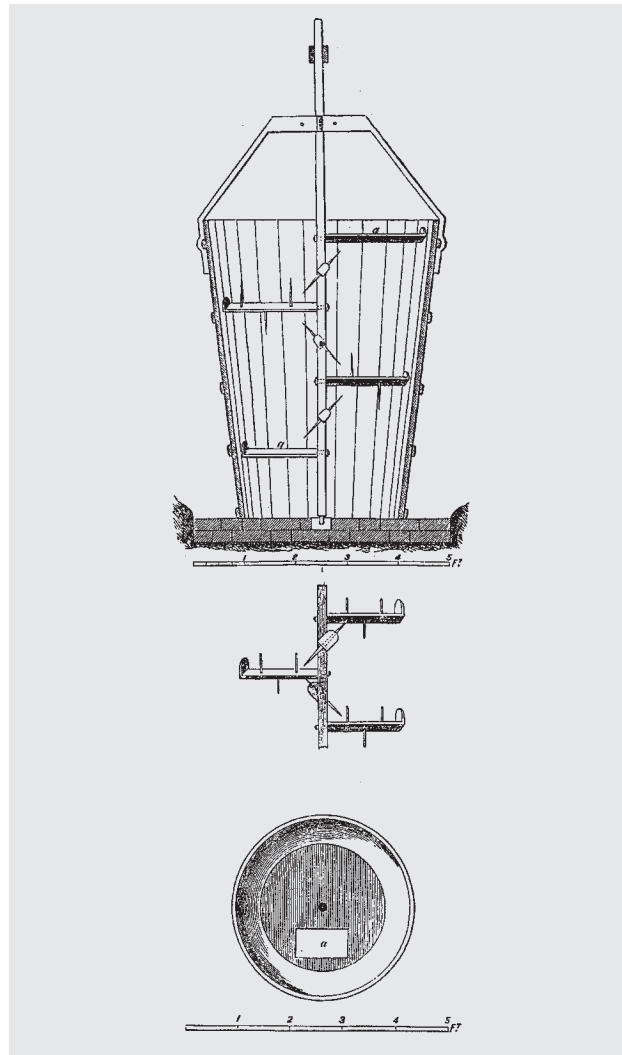


Bild 4.10. Tonmühle für Tierbetrieb. Bildmitte: das Rührwerk, unten: Querschnitt des Holzbottichs mit Tonaustrittsöffnung (a)

gehen“ schreibt Schaller 1841³². Der Mensch mußte da wesentlich länger arbeiten, doch hatte er gegenüber den Ochsen den Vorteil, daß er die mit den bloßen Füßen erfüllten Steine und Wurzeln gleich mit den Händen ausklauben konnte.

Für die Dachziegelherstellung genügte das Treten aber oftmals nicht und so kam der Ton gelegentlich noch auf den Hauetisch (Hauetisch, Hauetafel), wo er vom *Tondrescher*, *Tonhauer* mit dem Hauetisch (Hauetisch, Degen) durchgehauen und durchgedroschen wurde, um ihn noch formsamer zu machen. Mußten noch schädliche Beimengungen aus dem Ton entfernt werden, so kam er von der Hauetisch noch zur Schneidebank (Schrotbank), wo er vom *Tonschneider* mit einem gekrümmten Schroteisen oder einem Tonmesser in dünne Streifen geschrotet wurde. In die ab dem 18. Jahrhundert vorhandene sog. „Tonmühle“ wurde der gesumpfte Ton vom *Einspetter* mit der Schaufel aufgegeben (Bild 4.10). Der fertig aufbereitete Ton wurde vom *Lehmträger*, *Vogelträger* mit einem Rückentragegerät (Bild 4.11.) oder vom *Tonbringer*, *Kärner* oder *Schieber* mit der Schubkarre zum Streichtisch gebracht.

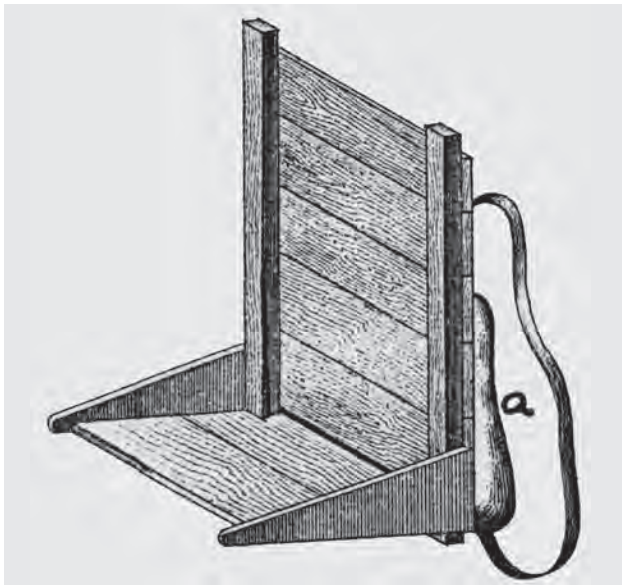


Bild 4.11. Ein Rückentragegerät, Vogel genannt, diente zum Transport des aufbereiteten Tons von der Trade oder vom Sumpf zum Streichtisch, a = Strohkissen als Rückenschutz

Je nach Produktart, Mauerziegel oder Dachziegel (Flachziegel oder Hohlziegel) (Bilder 4.12.+4.13.), änderte sich ab hier die Herstellungsweise.

4.1.2. Mauerziegelherstellung

Der *Große Junge* oder *Aufstecher* stach vom Tonhauften einen proportionierten Batzen ab und reichte ihn dem *Streicher* oder *Ziegelschläger*, der damit in der Streichform, die in manchen Gegenden zuvor von einer *Sandlerin* mit Sand bestreut worden war, die Ziegel ausformte (Bild 4.14.). Der *Kleine Junge*, *Abträger* oder *Abtragejunge* nahm die gefüllte Form, trug sie zum Trockenplatz, wo er sie auf dem geebneten Boden, Plan oder Bahn genannt, auskippte. Danach brachte er die leere Form zum Streichtisch zurück. „Drei bis vier Jungen von 12-14 Jahren sind auch hinreichend zum Abtragen von an 10 000 Steinen in zwölf Stunden“ schreibt Schaller 1841.

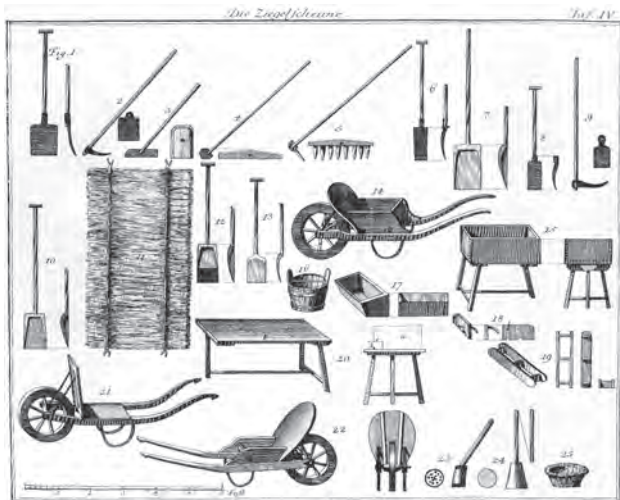


Bild 4.12. Handwerkszeug des Mauerzieglers



Bild 4.14. Handstrichziegelherstellung in Holland um 1900. Links am Streichtisch der Tonzubringer oder Aufstecher, in der Mitte der Ziegelstricher und rechts der Abtragejunge

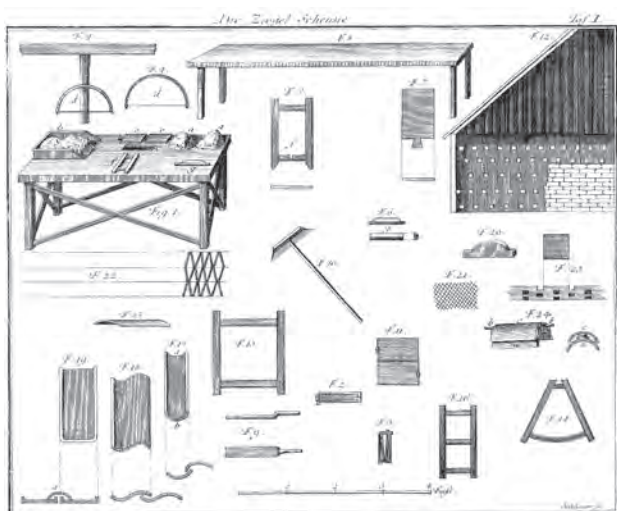


Bild 4.13. Handwerkszeug des Dachzieglers



Bild 4.15. Stapeln der auf dem Boden angesteiften Formlinge zur endgültigen Trocknung

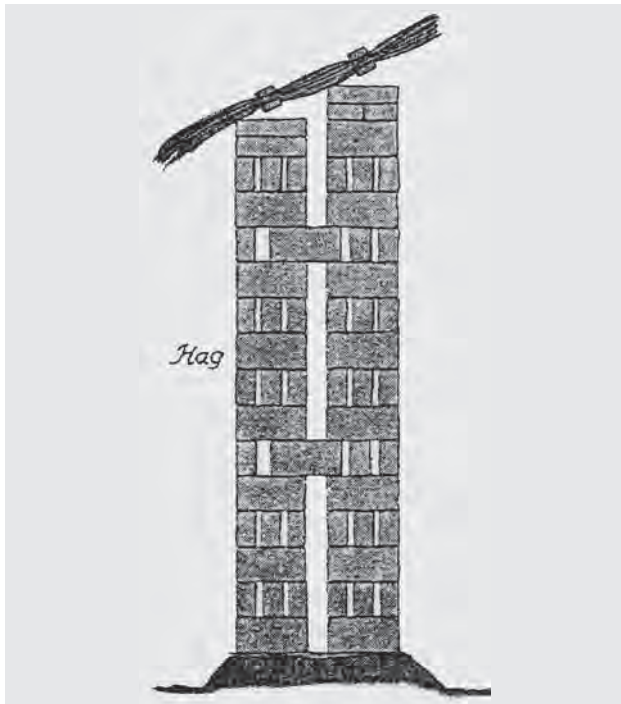


Bild 4.16. Hagen mit Strohmatteabdeckung als Regen- und Sonnenschutz

4.1.3. Flachziegelherstellung

Bei der Herstellung der Biberschwänze benutzte der *Former*, *Streicher*, *Flachziegelstreicher* das sog. Ziegeleisen, einen schmiedeeisernen Rahmen mit Handgriff, der als Form diente. Er legte es auf ein Ziegel- oder Trockenbrettchen, nahm eine Portion Ton und strich den Formling ein. Nachdem er das Ziegeleisen vorsichtig abgehoben hatte, wurde der fertige Formling vom *Abträger* mit dem Trockenbrettchen zum Trockengerüst getragen und dort im Trockenregal abgesetzt oder mit einem speziellen Transportkarren vom *Abkarrer*, *Abnehmer*, *Preßkarrenschieber* zur Trockenscheune gefahren und dort vom *Einrüster*, *Gerüstsetzer* in die Trockengestelle gesetzt.

4.1.4. Hohlziegelherstellung

Zur Herstellung von Hohlziegeln wurde vom *Walker* oder *Walkenmacher* ein Tonstock gestrichen, von dem er einzelne Tonblätter, sog. Walken, abschnitt, welchen der *Former* oder *Pfannenmacher* mit Hilfe einer hölzernen Form ihre endgültige Form gab. Auf den fertigen Formling legte der Former einen hölzernen Absetzer oder Sattel und setzte ihn durch eine geschickte Wendung der Form darauf ab. Mit dem Absetzer wurde der Formling vom *Abträger* zum Trockengerüst gebracht, dort abgesetzt und der Absetzer vorsichtig herausgezogen. Wenn die Formlinge nach einigen Tagen angetrocknet waren und genügend Eigenfestigkeit hatten, wurden sie vom *Ausrüster* herausgenommen und zum vollständigen Trocknen übereinander gestellt.



Bild 4.17. Einsetzen der getrockneten Formlinge im Waaloven, einem oben offenen, dreiseitig geschlossenen, holländischen Feldofen, um 1900

4.1.5. Brennen

Der nachfolgende Brand mit seinem Arbeitsablauf war im Prinzip wieder für alle Produkte gleich: Die fertig getrockneten Ziegel wurden vom *Zuführer*, *Scherger*, *Schiebknecht*, *Einschieber* oder *Karrenmann* zum Ofen gefahren, wo sie vom *Einsetzer*, *Ofensetzer* oder *Setzer* kunstvoll aufgestapelt wurden (Bilder 4.17 + 4.18.). Der *Holzschieber* oder der *Kohlenjunge* sorgten für den Transport des Brennstoffs und der *Brennknecht* oder *Brenner* war zuständig für das Entzünden des Ofens und das Unterhalten und Überwachen des Feuers. Die fertig gebrannte Ware wurde schließlich vom *Ausscheiber* oder *Auskarrer* aus dem Ofen gebracht.

4.1.6. Arbeitsteilung und Produktionsleistung

Die *Ziegler* oder *Ziegelmacher*, *Ziegelbäcker*, *Ziegelpatscher*, als *Dachziegler* auch *Pfannenbäcker* und scherzhaft „*Lehmkonditor*“ genannt, übernahmen in der Regel sukzessive mehrere der aufgeführten

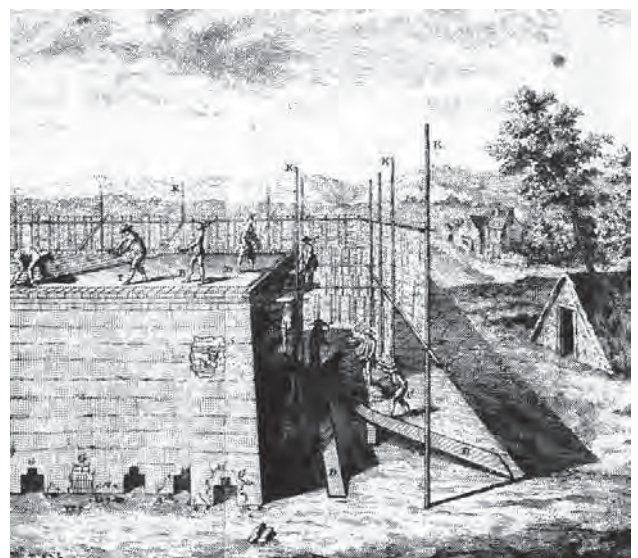


Bild 4.18. Aufbau eines Kohlenmeilers mit ca. 500 000 Ziegeln, um 1750. Die Schirmwände dienen als Windschutz.

Arbeiten. Die Mannschaft eines Streich- oder Formtischs wurde Pflug genannt und konnte je nach der Geschicklichkeit des Streichers und seiner Gehilfen täglich 5-10 000 Feldziegel fertigen. Bei der Mauerziegelherstellung bestand der sog. Kleine Pflug aus 7 Personen: 1 Streicher, 2 Erdmacher, 1 Lehmträger, 1 Aushelfer und 2 Abträger (Knaben oder Mädchen). Ein Großer Pflug mit 2 Streichern, wovon einer als Ablöser fungierte, konnte mit insgesamt 10 Personen dagegen schon die doppelte Leistung des Kleinen Pflugs erbringen. Über die Beschäftigung von Frauen schreibt Heusinger von Waldegg 1867³³: „Oft sind ein oder mehrere Weiber bei einem Pfluge, die als Former, zuweilen als Lehmträger verwendet werden und die, welche an den Formen abwechseln, besorgen zugleich abwechselnd die Küche, die Wäsche und sonstige häusliche Arbeiten; auch haben sie die Bahnen sauber zu halten, mit Sand zu bestreuen, die Steine aufzukanten. Bei dieser Einrichtung findet die ganze Familie ihren Unterhalt und jedes Glied derselben nimmt Antheil an der Arbeit, wie es seine körperlichen Kräfte gestatten, wodurch der Verdienst der ganzen Familie wirklich bedeutend wird.“

Bei der Dachziegelherstellung konnte ein Flachziegelstreicher bei günstigen Bedingungen an einem Tag bis zu 1000 Biberschwänze streichen. Das Blätterstreichen für die Hohlziegelherstellung war mühsamer, aber ein erfahrener, fleißiger Walkenmacher fertigte an einem Tag bis zu 500 Tonblätter. Die Leitung einer Ziegelei lag beim Ziegelmeister oder Pflugmeister, der aber auch als Former, Setzer und Brenner mitarbeitete.

4.2. Die Entwicklung der Ziegeleien

In Deutschland begann der Bau von Ziegeleien etwa um 25 n. Chr. mit den römischen Legions- oder Heeresziegeleien an Rhein und Donau. Der Standort der Militärziegeleien wurde bestimmt von den Tonvorkommen und den Transportmöglichkeiten zwischen Ziegelei und Baustelle. Hierzu benutzte man nach Möglichkeit Wasserstraßen. So führten z.B. die ausgedehnten tertiären Tonlager und die günstige Lage am Rhein ab 43 n. Chr. zur Gründung von Truppenziegeleien in Rheinzabern (*Tabernae Rhenanae*), welche den Mainzer Legionen, der IV., XIV., und XXII. zur Herstellung ihrer Ziegel dienten. Diese Militärziegeleien wurden dann 83/84 n. Chr. im Zusammenhang mit der Besetzung der Wetteraugebiets im Chattenkrieg des Kaisers Domitian nach Nied bei Frankfurt, am Zusammenfluß von Main und Nidda, verlegt. Die Ziegelproduktion in Rheinzabern, wo man allein 80 römische Ziegelöfen fand, wurde durch private Unternehmer weitergeführt.

Privatziegeleien lagen meist in unmittelbarer Nähe des Bedarfs, d. h. größerer Städte oder Niederlassungen, da ihre genau kalkulierten Produkte keine hohen Transportkosten vertrugen. In den ländlichen Gebieten, in den *Villae rusticae*, den damaligen



Bild 4.19. Mittelalterliche Flachziegelherstellung vor der Stadtmauer, eine Buchmalerei aus der Zeit um 1460. Dargestellt wird der Streichtisch, das Ablegen der Formlinge auf dem Boden zur Trocknung und ganz rechts der oben offene, vierseitig geschlossene „Altdeutsche Ofen“.

Gutshöfen, hat man die Ziegel wahrscheinlich selbst hergestellt. Hinweise hierfür liefern zwei Brennöfen, die man im Bereich von Gutshöfen bei Großbottwar und Steinheim a. d. Murr gefunden hat.

Nach dem Abzug der römischen Truppen 400/402 n. Chr. vom Rhein und aus Rätien sowie den Wirren der Völkerwanderung geriet die Ziegeltechnik etwas in Vergessenheit, wozu auch das Fehlen größerer Städte und damit des Bedarfs entsprechender Baustoffmengen beitrug. Es dauerte geraume Zeit, bis die Reichsneubildung und die damit einhergehende Christianisierung der Germanen die Grundlagen für die Entwicklung einer neuen Baukunst legten. Hierzu trugen vor allem die Gründung des Frankenreichs durch Chlodwig I. (466 – 511) und seine Weiterentwicklung zum Kaiserreich durch Karl I. den Großen (768 – 814) bei.

Im süddeutschen Raum ist jedoch vereinzelt auch eine durchgängige Ziegelverwendung feststellbar. Bei Privatbauten wurde der Ziegel im allgemeinen und das Ziegeldach im besonderen wegen der Kosten und der mangelnden allgemeinen Verfügbarkeit allerdings selten angewendet. Es waren daher zunächst nur die Klöster und Staatsbauten, die ein Ziegeldach erhielten. Nach den Römern waren es vor allem die Klöster, welche - neben den weltlichen Herrschern - die Tradition der Ziegelherstellung wiederbelebten und die frühesten Gründer von Ziegeleien waren. Diese wurden in kleinerem Umfang etwa ab dem 8. Jh. gegründet, um den Baustoffbedarf zu decken, der durch den Kirchen- und Klosterbau der Mönche und den Staatsbau allmählich entstand. Die ersten Ziegler waren daher auch hörige Handwerker im Kloster- oder Hofdienst. In größerem Maßstab verbreitete sich die Ziegelherstellung ab dem 12. Jh. in Norddeutschland vor allem durch die Zisterzienser- und Prämonstratensermönche, die Hanse und den Deutschritterorden.

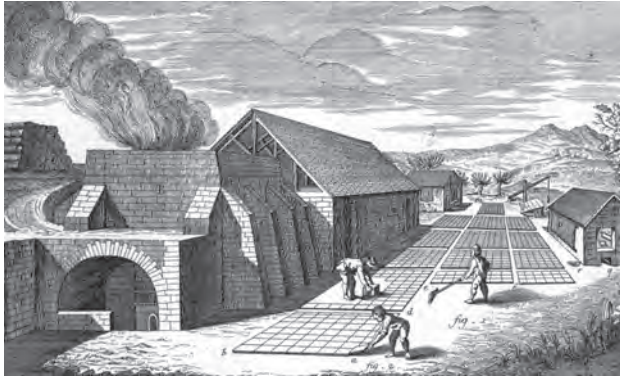


Bild 4.20. Ziegelei mit Deutschem Ofen um 1750

Der im 12. Jahrhundert einsetzende planmäßige Städtebau führte zur Gründung von Rats-, Amts- und Stadtziegeleien. Wegen der Brandgefahr lagen diese Ziegeleien obligatorisch außerhalb der Stadtmauern (Bild 4.19).

Der im Mittelalter entstandene Adel zog den Bau von Herrschaftshäusern und großen landwirtschaftlichen Gütern nach sich, was auch zur Gründung von Guts- und Rittergutsziegeleien führte, die damit zum Nebenwerk des Gutsbetriebs wurden. Für den Baustoffbedarf der Domänen, des landwirtschaftlichen Grundbesitzes des Staates, gab es die Domänenziegeleien.

So waren lange Zeit herrschaftliche und städtische Ziegeleien die Regel. Erst nach dem Dreißigjährigen Krieg (1618 – 1648) wurden aus der Notwendigkeit des Wiederaufbaus heraus verstärkt die dörflichen gemeindeeigenen Ziegeleien gegründet, die in Erbpacht vergeben wurden.

Im 18. Jh. entstanden viele Bauernziegeleien, auch landwirtschaftliche Ziegelei, Land- oder Dorfziegelei genannt, die in der Regel in Form einer Feldziegelei als landwirtschaftlicher Nebenbetrieb geführt wurden. Diese Form des Ziegeleibetriebs war den damaligen Verhältnissen am besten angepaßt, denn ein Bezug der Ziegel über größere Entfernungen schied aus. Das Wegenetz war schlecht und kaum ausgebaut, die Dörfer klein, mit wenigen Bewohnern von geringer Kaufkraft.

Bis zum 19. Jahrhundert unterschied man bei den Ziegeleanlagen zwischen den Feldziegeleien, auch „Fliegende Ziegeleien“ genannt und den „Stehenden Ziegeleien“, den ortsfesten Standortziegeleien, die sich meist aus einer Feldziegelei entwickelt hatten. Erstere arbeiteten mit einem temporären Meiler, da sie nur für eine zeitweilige Produktion und einen begrenzten Bedarf bestimmt waren. Stehende Ziegeleien wurden in der Nähe ergiebiger Tonlager errichtet und mit gemauerten Öfen ausgerüstet (Bilder 4.20. + 4.21.).

Bei den Feldziegeleien handelte es sich immer um Handstrichziegeleien, aber auch die ortsfesten Ziegeleien arbeiteten bis in die 1860er Jahre aus-

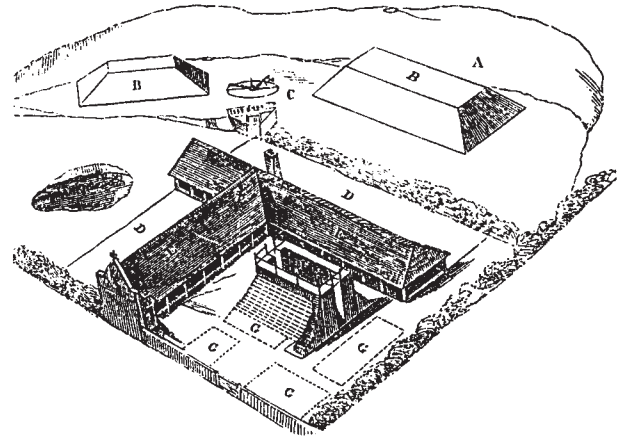


Bild 4.21. Ländliche Ziegelei um 1850. A. Tongrube, B. Zum Wittern aufgeschüttete Tonhalden, C. Tonmühle, D. Streich- und Trockenplätze, E. Ofen, G. Lagerplatz für gebrannte Ziegel

schließlich im Handstrichbetrieb, der sich vereinzelt bis in die 1950er Jahre hielt. Diese Betriebe waren Saisonbetriebe oder Sommerbetriebe, deren periodischer Herstellungsprozeß an die Jahreszeiten gebunden war.

Die jährliche Ziegelsaison, Kampagne genannt, dauerte in der Regel von Anfang März/April, je nach den Witterungsbedingungen, bis Anfang Oktober, traditionsgemäß vom Josefstag am 17. März bis zum Gallustag am 16. Oktober. Der Übergang vom Saisonbetrieb zum Ganzjahresbetrieb verlief, nach der Einführung des Ringofens und der künstlichen Trocknung, etwa ab 1870/80 ganz allmählich.

Die ganze Vielfalt der Arten und Bezeichnungen von Ziegelwerken zeigt Tabelle 8.

Der eigentliche Übergang von der handwerklichen zur industriellen Ziegelproduktion begann um die Mitte des 19. Jahrhunderts. Die außerordentlich starke Zunahme der Bevölkerung im 19. Jahrhundert, die beginnende Industrialisierung und die rege Bautätigkeit in den schnell wachsenden Großstädten erzeugten einen so hohen Bedarf an Mauerziegeln, daß zahlreiche neue Ziegeleien gegründet wurden.

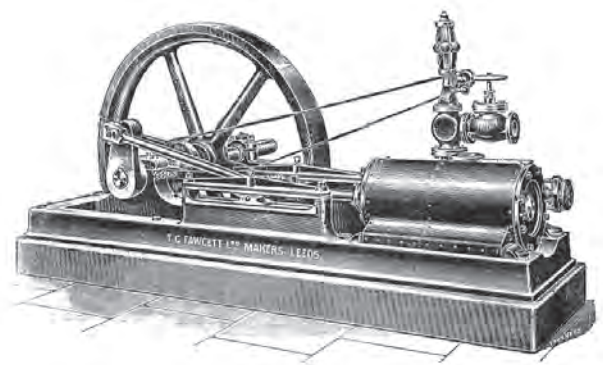


Bild 4.22. Mit der Installation einer Dampfmaschine legten sich die Ziegeleien meist auch die Bezeichnung „Dampfziegelei“ zu



Bild 4.23. Stehende, pferdebetriebene Ziegelmaschine von C. Schlickeysen, die von Hand aus den danebenliegenden Sumpfruben beschickt wird, um 1870

Die Nutzbarmachung der Dampfmaschine (Bild 4.22.), die 1843 erstmals in einer Ziegelei zur Lehmaufbereitung eingesetzt wurde, die Erfindung der Schneckenpresse von Carl Schlickeysen im Jahre 1854 (Bild 4.23.) und die Erfindung des Ringofens durch Friedrich Hoffmann im Jahre 1858 (Bild 4.24.) ermöglichte nunmehr den Bau von Ziegelwerken mit bis dahin nicht gekannten hohen Kapazitäten. Mit der Erhöhung der Kapazität war man aber zwangsläufig auf ein größeres Absatzgebiet angewiesen, wofür der ab 1835 beginnende Ausbau des Eisenbahnnetzes auch die logistischen Voraussetzungen schuf.

Nach der Erfindung des Falzziegels 1841 und der Revolverpresse 1865 (Bild 4.25.) entstanden die spezialisierten Dachziegelwerke, deren Entwicklung in der Tabelle 9 dargestellt ist.

Ab etwa 1860 bildeten sich spezialisierte Klinkerwerke heraus. Bis dahin wurden Ziegel eher zufällig zu Klinkern, wenn sie nämlich in der Nähe des Schürlochs, des sog. Mundlochs, standen, dadurch mehr Hitze abbekamen und zu sog. Mundsteinen glasig gebrannt wurden.

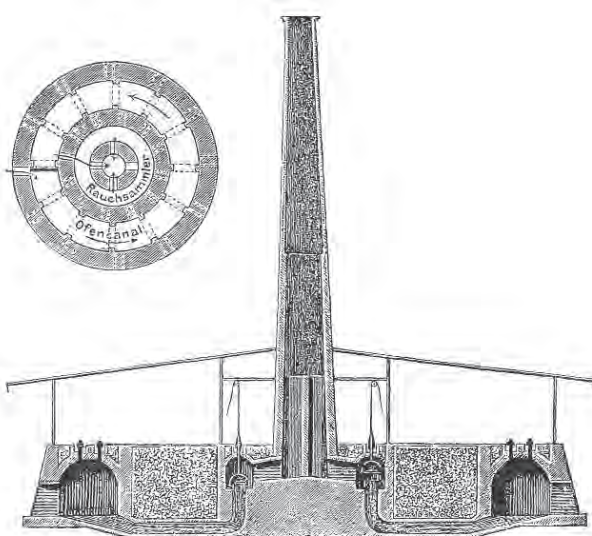


Bild 4.24. Urform des Hoffmann'schen Ringofens

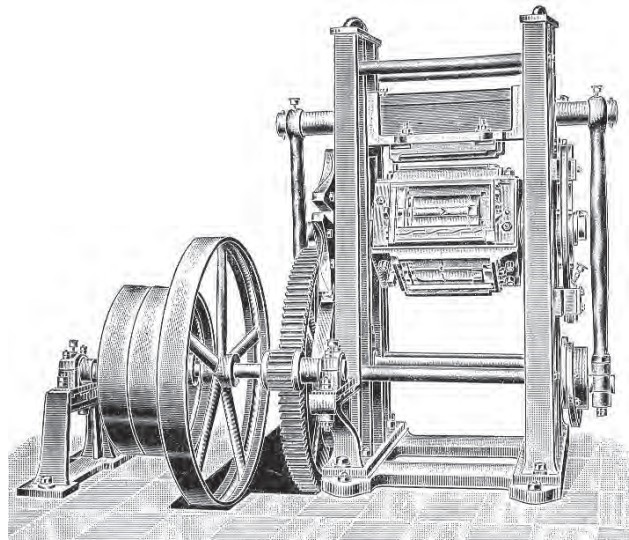


Bild 4.25. Revolverpresse mit Kurbeltrieb zur Herstellung von Preßdachziegeln

Auch die sog. Kunstziegeleien entstanden um diese Zeit. Es waren die Ziegeleien, die sich auf die Herstellung von Verblendsteinen und Bauterrakotten spezialisiert hatten. Bei dieser sog. Kunstziegelfabrikation wurde ganz besonders auf eine vorzügliche Aufbereitung, eine exakte Formgebung, ein vorsichtiges Trocknen und Brennen und ein sorgfältiges Sortieren des Fertigprodukts geachtet (Bilder 4.26. – 4.29.).

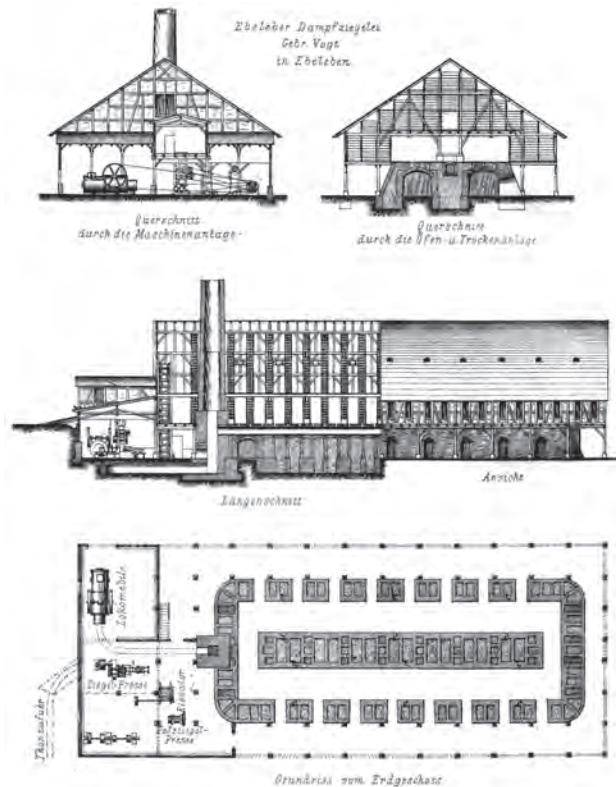


Bild 4.26. Dampfziegelei, gebaut um 1893 zur Herstellung von Vollziegeln, Formsteinen, Dränrohren und Falzziegeln, mit Großraumtrockner über dem Ringofen mit 16 Kammern. Produktionskapazität 2 Millionen Stück/Jahr.

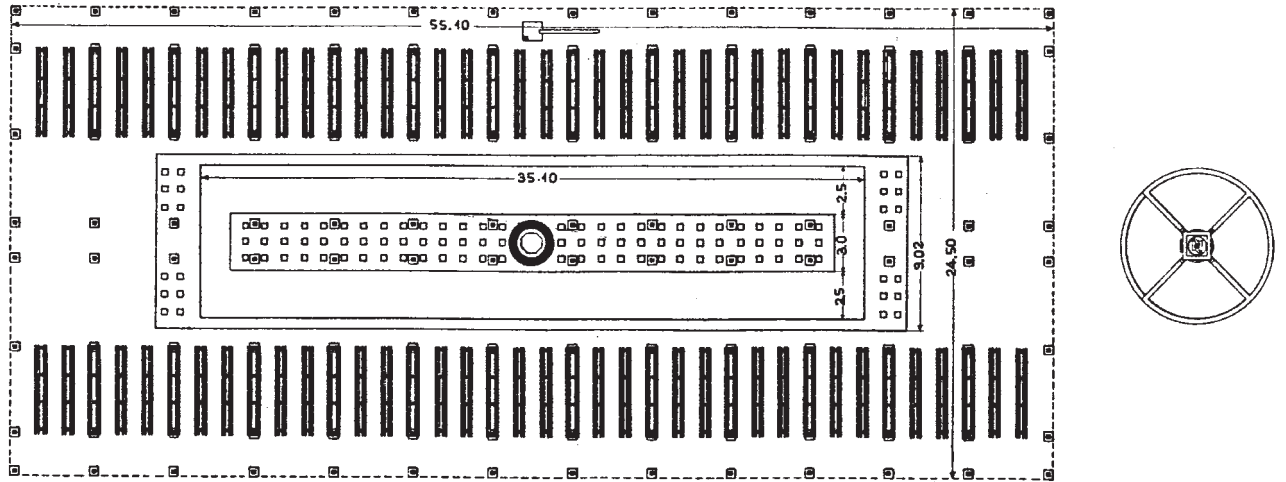
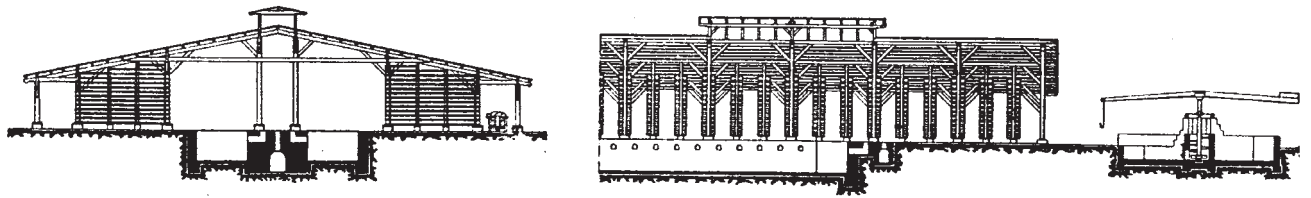


Bild 4.27. Handstrichziegelei um 1900 mit Tonschneider für Tierbetrieb, Freilufttrockner und Erdringofen ohne Gewölbe für Sommerbetrieb. Leistung ca. 1 Million Normalformat Mauerziegel

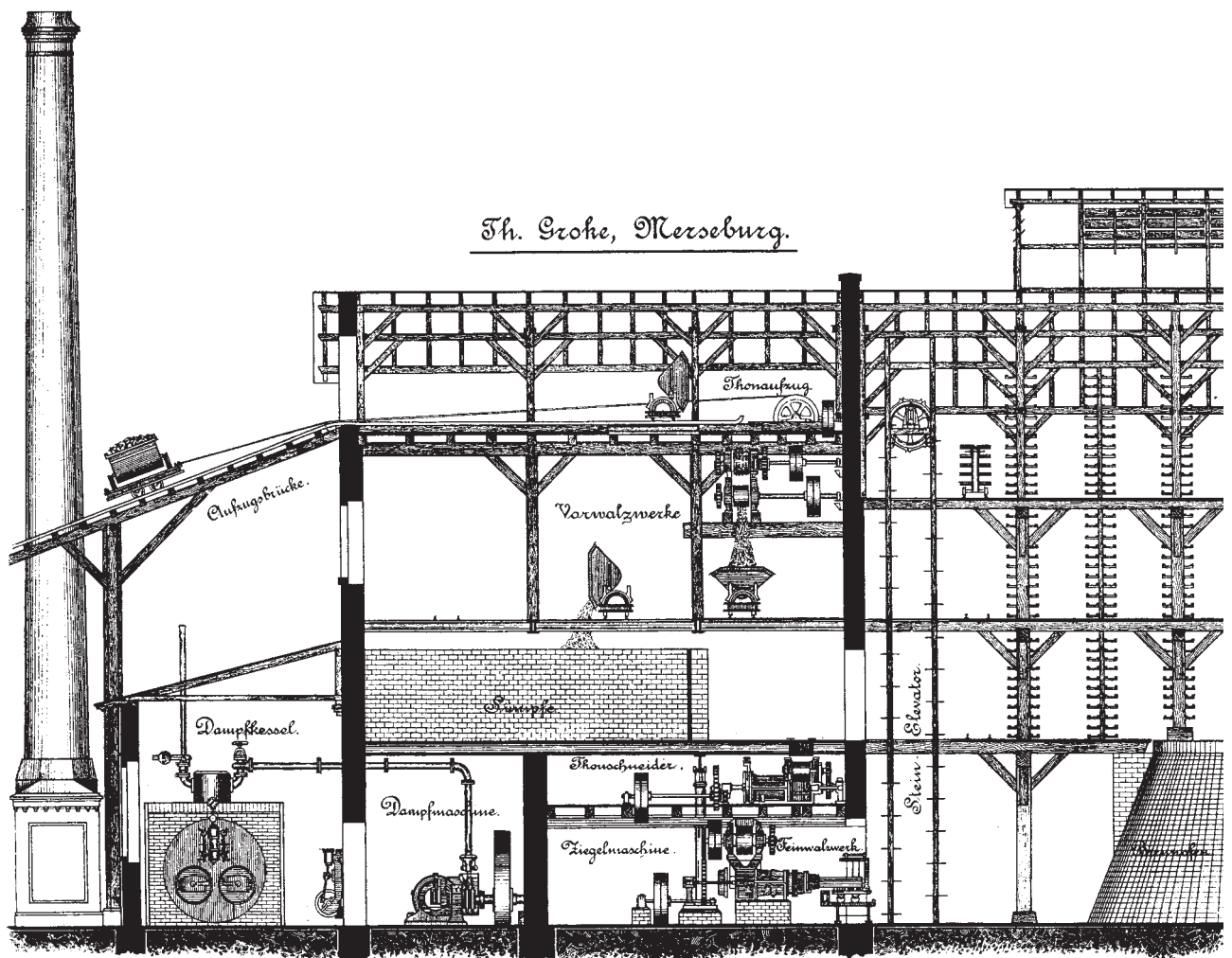


Bild 4.28. Dampfziegelei um 1910, mit zwei Vorwalzwerken, Sumpfbecken (dadurch auch Winterbetrieb möglich), Feinwalzwerk und Ziegelmaschine, Steinelevator, Großraumtrockner und Ringofen

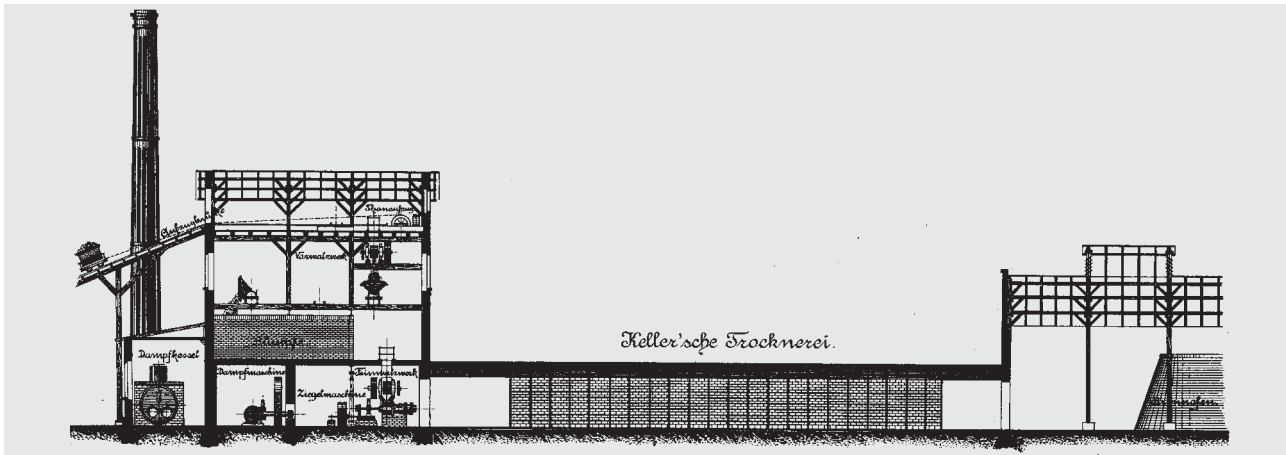


Bild 4.29. Dampfziegelei um 1910, ähnlich Bild 4.28., jedoch mit ebenerdigem Kammertrockner

4.3. Ziegeleimaschinenhersteller, Trockner- und Ofenbauer

Über die Jahrhunderte war der Ziegler sein eigener Anlagen- und Ofenbauer gewesen. Die ab 1855 entstehenden Ziegeleimaschinenfabriken lieferten zunächst nur einzelne Ziegeleimaschinen. Die Firma C. Schlickeysen in Berlin war die erste deutsche Spezialfabrik für Ziegeleimaschinen. Um die Jahrhundertwende 1900 gab es etwa 50 solcher Betriebe, von denen die Tabelle 10 eine Auswahl wiedergibt (Bilder 4.30. – 4.33.).



Bild 4.31. Impressionen aus der Eisengießerei der Firma Karl Händle & Söhne, Mühlacker, um 1955. Ziegeleimaschinenbau war Schwermaschinenbau, deshalb hatten fast alle Ziegeleimaschinenfabriken auch eine eigene Gießerei. Als ab den 1980er Jahren die Gußkonstruktionen jedoch weitgehend von Stahl-Schweißkonstruktionen abgelöst wurden, bedeutete dies meist auch das Aus für die Gießereien.

Bild 4.30. Anzeigen von Ziegeleimaschinenherstellern aus dem Jahre 1910

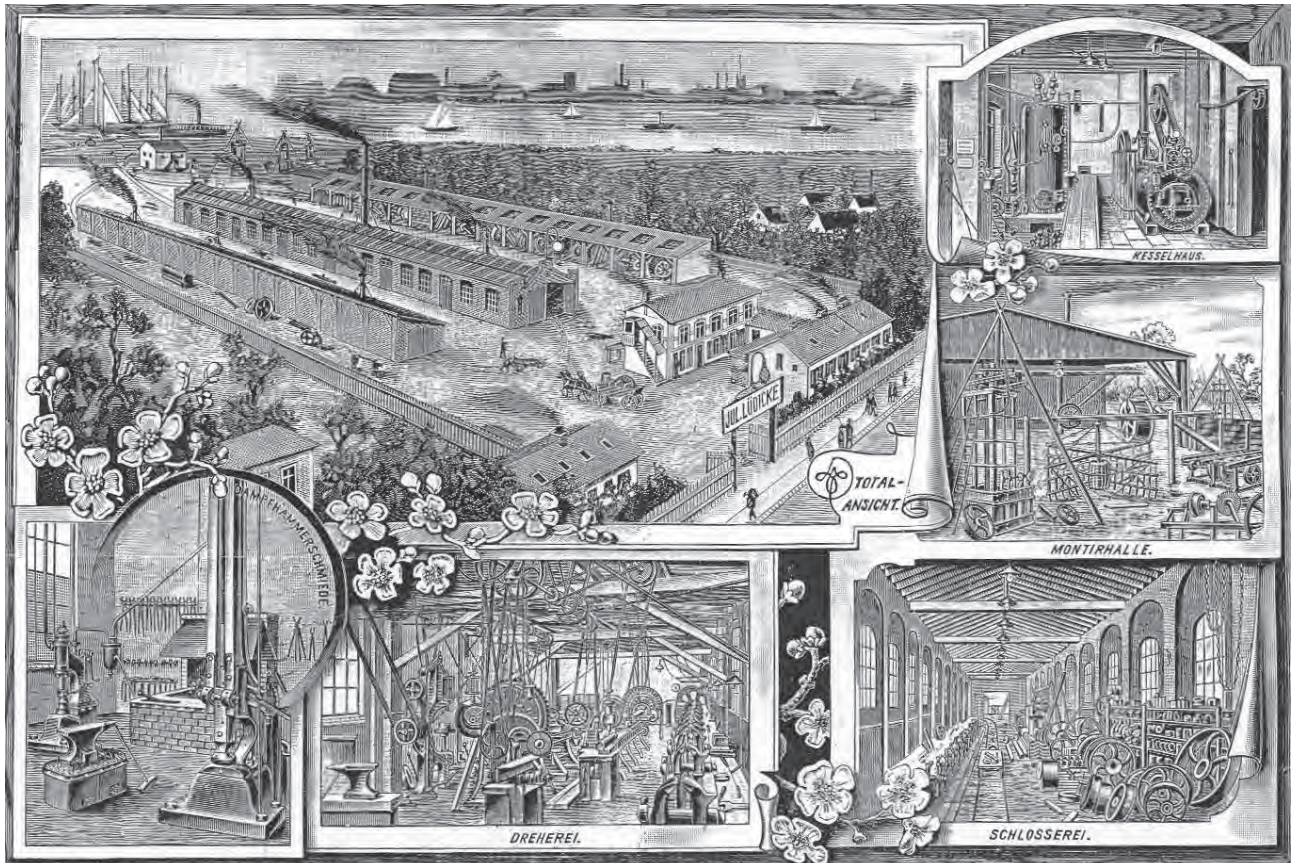


Bild 4.32. Fabrikanlage der Maschinenfabrik, Eisengießerei und Dampfhammerwerk, Abteilung Ziegeleimaschinen Jul. Lüdiche Nachf., Werder a. H., um 1900



Bild 4.33. Eine Serie von Kastenbeschickern in der Montage bei Karl Händle & Söhne, Mühlacker um 1960

Etwa ab 1870 entstanden die Maschinenziegeleien, die sog. Dampfziegeleien, in denen nun schon ganze Maschinengruppen eingesetzt wurden.

Die Einführung des Ringofens bewirkte auch die Gründung von Ofenbaufirmen (Bild 4.34.).

Zunächst fertigte der Ofenkonstrukteur nur die Baupläne und vergab den eigentlichen Ofenbau an Baugeschäfte, von denen viele die hierbei gemachten Erfahrungen nutzten, um sich selbst als Ofenbauer zu etablieren, so daß viele Ofenbaufirmen aus Baugeschäften und dem Maurerstand hervorgingen. Nach 1880 kamen in Deutschland die künstlichen Trockenanlagen auf. Nun befaßten sich die Ofenbauer auch mit der Entwicklung und dem Bau von Trockenanlagen, es wurden aber auch einige spezialisierte Trocknerbauunternehmen gegründet (Tabelle 11). Der Bau von künstlichen Trockenanlagen ermöglichte auch den Übergang vom Saisonbetrieb zum Ganzjahresbetrieb. Nun begann auch die Planung kompletter Ziegelwerke (Bilder 4.35. – 4.38). In diesem Zusammenhang sind auch die Pioniere zu nennen, deren Erfindungen die Weiterentwicklung der Ziegelindustrie ermöglichten und vorantrieben (Tabelle 12). Mit ihnen begann auch der eigentliche grobkeramische Anlagenbau. Um ihre Produkte bekannt zu machen, bediente sich die Zulieferer, neben Prospekten und Fachzeitschriftenwerbung, ab 1855 vor allem der na-

tionalen und internationalen Messen, deren wichtigste in Tabelle 13 aufgelistet sind.

4.4. Zechenziegeleien - eine Besonderheit in der Ziegeleienlandschaft

Zechenziegeleien gab es in Deutschland, insbesondere im Ruhrgebiet, von 1865 bis 1973 (Bild 4.39.). In England waren solche Bergwerksziegelein bereits in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts entstanden. Auch Frankreich und Belgien hatten ihre Zechenziegeleien. Das Besondere der Zechenziegeleien: Sie waren Nebenbetriebe der Kohlenzechen und verarbeiteten den bei der Erschließung der Gruben und bei der Kohlenförderung im Untertagebau als Abfallprodukt (Grubenberge) anfallenden, flözartig auftretenden Tonschiefer. Des weiteren führte die geringe Bergfeuchte (<10 %) dieses harten Tonschiefers zur Entwicklung einer für die Zechenziegeleien charakteristischen Herstellungstechnologie, die durch Trockenaufbereitung, Trockenpressen (Bild 4.40.) und direktes Setzen der Formlinge in den Ofen ohne vorheriges Trocknen gekennzeichnet ist.

Die ersten Zechenziegeleien entstanden 1865 auf den Zechen Hibernia und Neu-Essen I. Zunächst arbeiteten die Zechenziegeleien überwiegend für den Eigenbedarf, d.h. für Tunnel- und Stollenauskleidungen, Werksgebäude und Werkwohnungen³⁴. Aber schon 1913 wurden etwa 30 % der Produktion an den freien Markt geliefert. In diesem Jahr betrug die Produktion der Zechenziegeleien ca. 479 Mio. Ziegelsteine, etwa 50 % der Gesamtproduktion des Ruhrgebiets.

Neben den Steinkohlenzechen betrieben auch die Braunkohlengruben Ziegeleien als Nebenbetriebe

1858 **Firma besteht 70 Jahre** 1858
 70
 Periodische und kontinuierliche
Brennöfen „Original-System“
Friedrich Hoffmann
 1928
 für Ziegel, Tonwaren, Kalk, Gips, Zement, sowie
Trockenanlagen
 für die verschiedensten Erzeugnisse bieten größte
 betriebstechnische und wirtschaftliche Vorteile
Klinkerbrennöfen Burghardt's
 Schnellbrennverfahren sichern Mehrleistung,
 Lohn- und Kohlenersparnis
Friedrich Hoffmann
 Ringofenhoffmann – Berlin-Friedenau
 Stubenrauchstr. 61a–b – Gründungsjahr 1858
 Fernsprecher Amt Rheingau 4081. [299c]

M
 Mendheim
Georg Mendheim
 Zivil-Ingenieur V.D.Z.I.
München Römerstraße 6
 Spezialität seit 1870 Brennöfen mit Gasfeuerung
GAS- Ringöfen
Kammeröfen
Kanalöfen
Schachtöfen
Periodische Oefen mit Gasfeuerung
 Umbau direkt befeuerter Oefen für Gasfeuerung.
 Generatoren jeder Art mit festem Rost, ohne Rost,
 mit Drehrost. [322]

Bild 4.34. Anzeigen der Ofenbaufirmen Hoffmann und Mendheim aus dem Jahre 1928

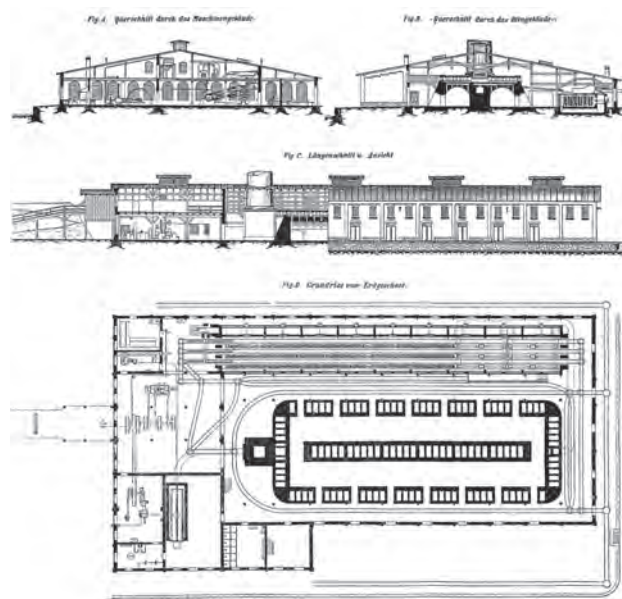


Bild 4.35. Dampfziegelei mit Ringofen und Möller & Pfeifer'schem Trockenkanal, wie sie um 1900 vom Ziegeleibaubüro von Otto Bock mit nur geringen Abweichungen über zwanzig Mal gebaut wurde

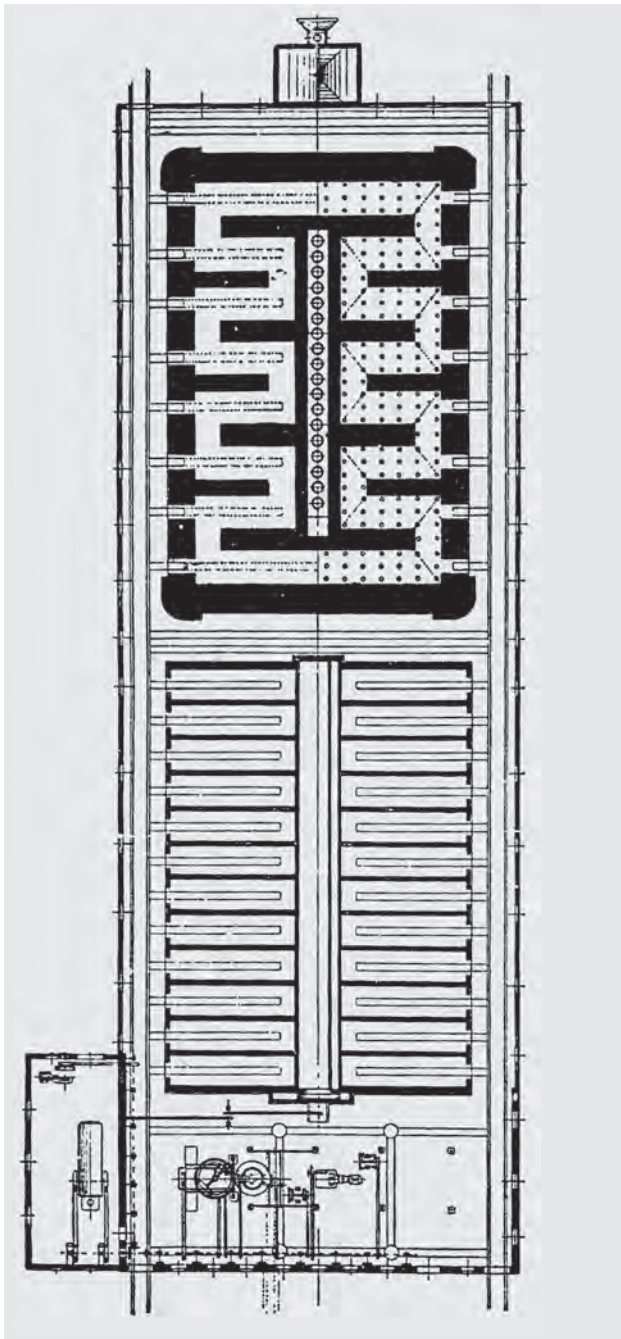


Bild 4.36. Projekt eines Ziegelwerks mit Kammertrocknerei und Zick-Zack-Ofen des Ziegeleitechnischen Bureaus Jacob Bühler, Konstanz, 1914

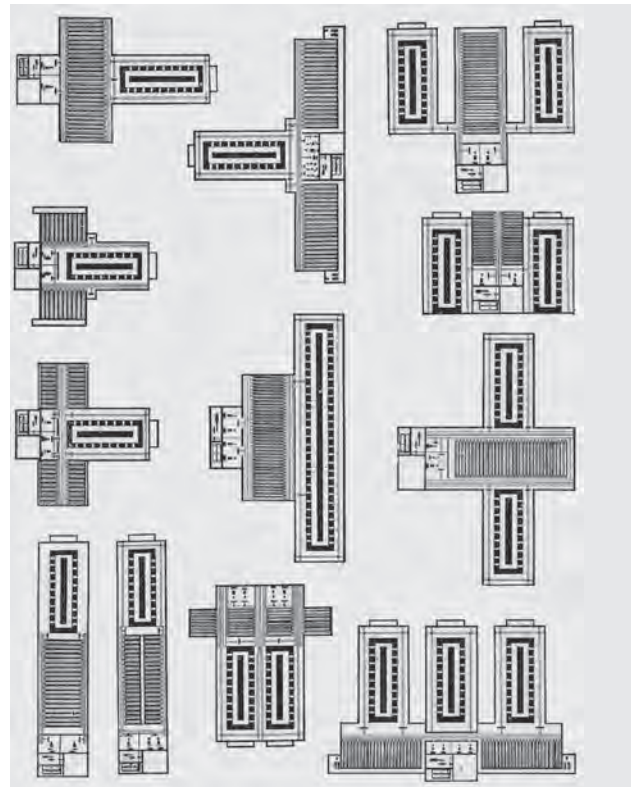


Bild 4.38. Projektstudie des Technischen Konstruktionsbureau Adolf Zacharias, Hofen, 1925, über die Möglichkeiten der Anordnung von Kammertrocknerei zum Ringofen bei 1, 2 und 3 Öfen



Bild 4.39. Grubenschiefer-Ziegelei der Zeche Gneisenau (gegr. 1896) der Harpener Bergbau-Aktien-Gesellschaft

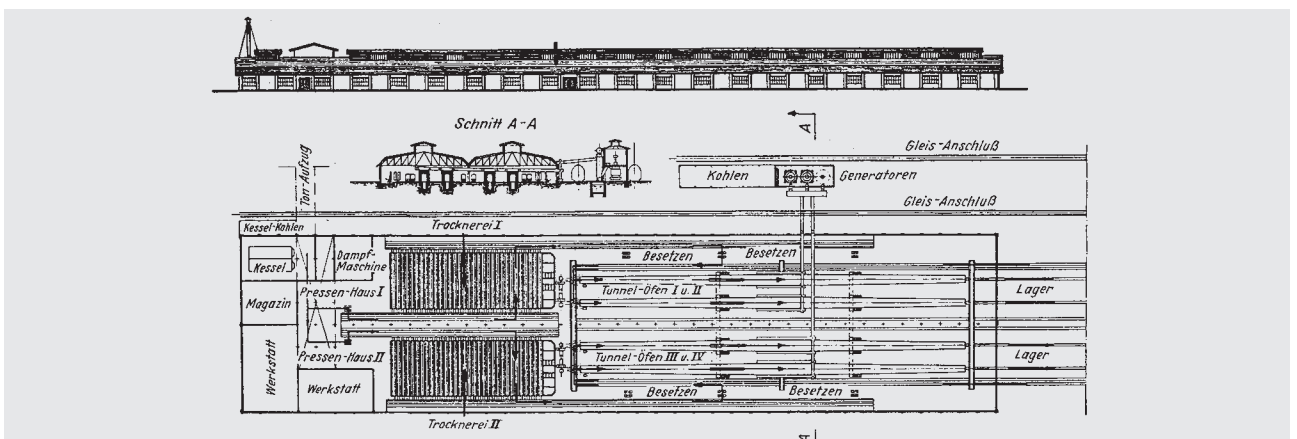


Bild 4.37. Ziegeleiprojekt aus den 1930er Jahren, mit Kammertrockner und vier gasbeheizten Tunnelöfen für eine Kapazität von ca. 20 Mio. Normalformat-Mauerziegeln/Jahr

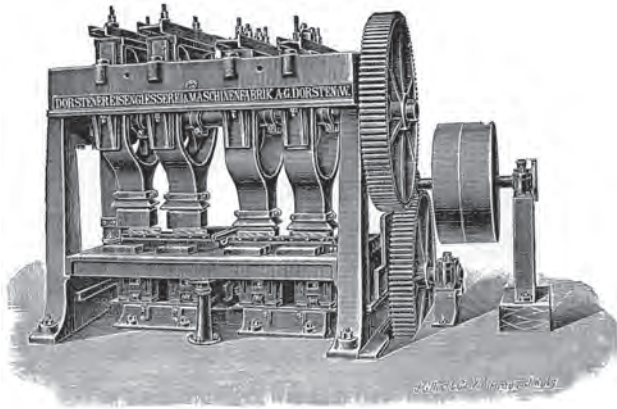


Bild 4.40. Dorstener Steinpresse mit 4 Stempeln

zur Erzeugung von Mauerziegeln. Dies war naheliegend, weil über der Braunkohle vielfach eine mehr oder minder starke Tonschicht lagert, die vor dem Abbau der Kohle abgeräumt und auf Halde gelagert werden muß. Im Jahre 1913 wurden in Deutschland 123 Ziegelwerke als Nebenbetrieb für die Braunkohlenindustrie gezählt. Den Steinkohlenbergwerken waren 93 Ziegeleien angegliedert, davon 68 % im rheinisch-westfälischen Industriegebiet und 15 % in Schlesien. Bis 1973 wurden alle Zechenziegeleien nach und nach stillgelegt.

4.5. Entwicklung der Ziegeleitechnik nach 1945

Der 2. Weltkrieg bedeutet eine Stagnation der Entwicklung des Ziegeleiwesens (Bild 4.41.). Doch nach 1950 erlebte die Ziegeleitechnik eine beispiellose Entwicklung. Der damals beginnende Prozeß der

Automatisierung ist bis heute noch nicht abgeschlossen. Dabei war der technische Fortschritt in erster Linie von arbeitssparenden Gesichtspunkten bestimmt (Bild 4.42.). Arbeitskräftemangel und ständig steigende Personalkosten schafften Anreiz und Notwendigkeit für die Ziegelwerke, Arbeitsplätze durch Investitionen zu ersetzen. So lief denn auch die Nachkriegsentwicklung der Ziegeleitechnik immer mehr darauf hinaus, die menschliche Arbeit durch die Maschine zu ersetzen. Wie sich die Technologie und die durchschnittliche Produktionskapazität des Mauerziegelwerks im Laufe der Zeit veränderte, zeigt die Tabelle 14. Die Verfahrensabläufe in einem Mauerziegelwerk um 1800, 1900 und 1990, sind beispielhaft in der Tabelle 15 dargestellt.

Geprägt war dieser technische Fortschritt vor allem durch die Entwicklung und Einführung des Tunnelofens in den 1950er Jahren, der Setzmaschine in den 1960er Jahren und ihres Gegenstücks, der Entstapelungsmaschine, in den 1970er Jahren. Mit der Automatisierung des Setzens und Entstapelns wurden die größten Verbraucher menschlicher Arbeit eliminiert. Wie diese Entwicklung die Arbeitsproduktivität veränderte zeigt die Tabelle 16, aus der hervorgeht, wie sich der Technisierungsgrad auf die Anzahl der Produktionsarbeiter auswirkt, die man für die Produktion einer Million Normalformat-Mauerziegel pro Jahr benötigt.

Mit dieser Entwicklung war auch ein starker Konzentrationsprozeß der Ziegelindustrie verbunden, d.h. die Zahl der Betriebe ging zurück, aber die verbleibenden Werke wurden immer größer. Die betriebs-

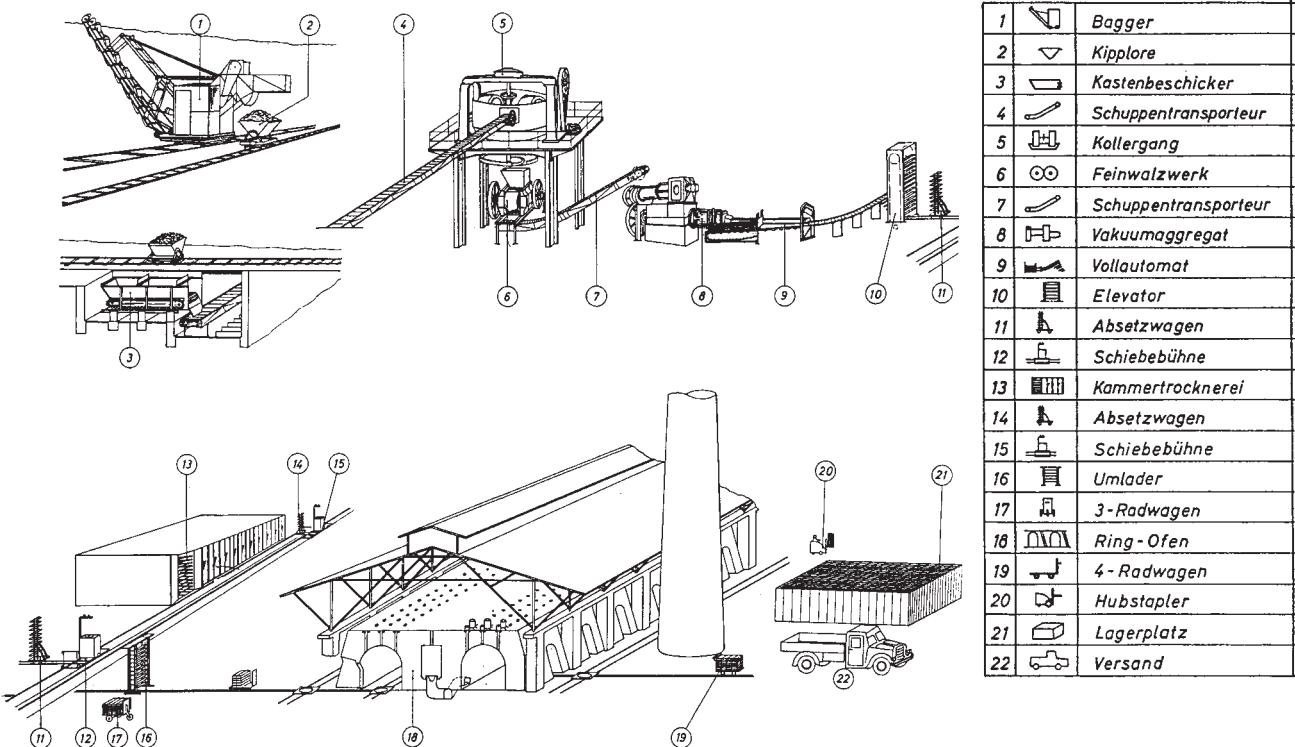


Bild 4.41. Verfahrensablauf in einem typischen Mauerziegelwerk um 1950

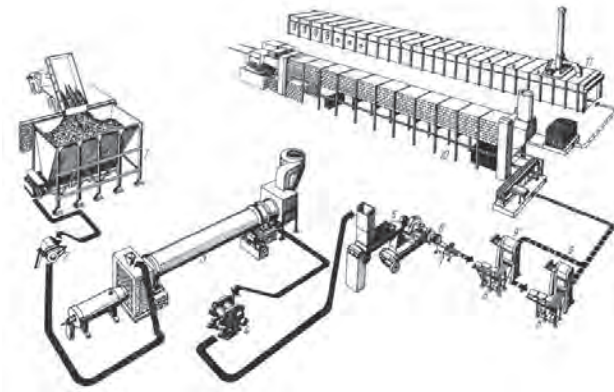


Bild 4.42. Schema eines vollautomatischen Dachziegelwerks der Firma Uniceram/Marseille mit Trockenaufbereitung. Eine ähnliche Anlage wurde 1965 im Dachziegelwerk Meerholz/Hessen realisiert. Dieses System konnte sich in Deutschland aber nicht durchsetzen. (1. Kastenbeschicker, 2. Brecher, 3. Trockentrommel, 4. Doppelwalzwerk, 5. Doppelwellenmischer, 6. Vakuumpresse, 7. Abscheider, 8. Batzenzuführung, 9. Revolverpressen, 10. Univelox-Schnelltrockner, 11. Tunnelofen)

wirtschaftliche Erklärung hierfür ist die wachsende Degression der Produktionskosten mit zunehmender Betriebsgröße, weil der Großteil der fixen Kosten dann auf eine größere Produktionsmenge verteilt werden kann. Wie sich die Ziegelindustrie in Deutschland von 1886 bis 1999 entwickelte, zeigt Tabelle 17.

Die ersten automatisierten Mauerziegelwerke entstanden in Ansätzen ab den 1950er Jahren, vollautomatisiert wurden sie ab Ende der 1960er Jahre. Der Dachziegel entzog sich am längsten einer automatischen Herstellung, das erste vollautomatische Dachziegelwerk wurde 1978 gebaut (Bilder 4.43.+ 4.44.).

In den 1980er Jahren wurde die Prozeßrechnersteuerung im Ziegelwerk eingeführt, d.h. Rechner mit spezieller Programmierung, mit denen der Betrieb der einzelnen Anlagenteile gesteuert und optimiert wurde. 1985 führte Ceric/Paris ein Tele-Dialog-System über das normale Telefonnetz ein, das eine Verbindung zwischen Produktionsbetrieb und Anlagenbauer herstellte. Damit wurden eine Fernfehlerdiagnose, schnelle Software-Störbeseitigung und eine Anpassung der Software an den jeweils neuesten Stand ohne Techniker-Einsatz vor Ort ermöglicht, was besonders von Vorteil ist, wenn sich die Anlage räumlich in großer Entfernung vom Lieferwerk, z. B. in Fernost, befindet.

Der weltweite Teleservice gehörte Ende der 1990er Jahre zu den Standardkomponenten neuer Ziegeleianlagen, zum Teil ergänzt durch Videokonferenzanlagen. Durch Fernwartung in Automatisierungssystemen anhand einer weltumspannenden ISDN-Durchschaltung oder moderner Satellitenkommunikation kann im Störfall mit einer gezielten Diagnose die Ursache von Maschinen- oder Bedienungsfehlern innerhalb kurzer Zeit gefunden werden. Wenn notwendig, kann der Servicespezialist des An-

lagenbauers auch direkt auf die Anlagensteuerung Einfluß nehmen.

In den 1990er Jahren erfolgte auch der Einsatz von Betriebsdatenerfassungs-Systemen und Management-, Informations- und -Kommunikationssystemen. Lingl/Neu-Ulm z. B. führt 1993 die komplette Werksvernetzung ein, bei der über einen Zentralrechner die Prozeßrechneranlagen und die Prozeßdatenerfassung zu einem Werksverbund vernetzt wird. Durch die komplette Werksvernetzung können alle wichtige Informationen wie Tagesprotokoll, Produktions-, Energie- und Wartungsprotokolle etc. über die Software in einem PC aufbereitet werden (Bilder 4.45. + 4.46.).

4.6. Arbeitszeit als Planungsfaktor im Ziegeleianlagenbau

Der von den Gewerkschaften in den 1960er Jahren durchgesetzte arbeitsfreie Samstag und der christliche Sonntag führten zu einem Wochenende, auf das zahlreiche Lebensbereiche zugeschnitten sind und das einen ganz bestimmten, einheitlichen Lebensrhythmus geprägt hat. Dies entspricht aber nicht dem technologisch und betriebswirtschaftlich idealen System des Durchlaufbetriebs, d. h. dem Produktionsbetrieb, der rund um die Uhr, 7 x 24 Stunden pro Woche, kontinuierlich durchläuft, so wie es in der Ziegelindustrie beim Ringofen über hundert Jahre lang der Fall war. Deshalb mußte sich die technologische Planung der letzten 40 Jahre auch an der 5-Tage- und 40-Stunden-Woche orientieren. Da die Werkskapazität und die zur Verfügung stehende Arbeitszeit die Grundlage für die Berechnung der Werksanlage bilden, ergaben sich Konzeptionen, die verfahrenstechnisch und betriebswirtschaftlich gesehen nicht optimal waren.

Die Folge waren immer größere und komplexere Maschinen und Anlagen mit immer größeren Stundendurchsätzen und entsprechend schnellen Bewegungsabläufen. Die durch das Schichtsystem bedingten unterschiedlichen Arbeitszeiten in den einzelnen Fabrikationsstufen: Aufbereitung – Formgebung – Trocknung – Brand machen umfangreiche Puffereinrichtungen erforderlich, die beim Durchlaufbetrieb nicht notwendig wären. Viele moderne Werke sahen daher aus wie mittlere Rangierbahnhöfe. Die wirtschaftliche Ausnutzung aller Fertigungseinrichtungen ist bei 1- oder 2-schichtigem 5-Tagebetrieb gering. Vor allem gibt es beim asynchronen Betrieb von Trockner und Ofen keinen idealen wirtschaftlichen Wärmeverbund. So wurde z. B. beim 1. Weltkongreß der Ziegelindustrie in Wien 1978 über die Grenzen der Wirtschaftlichkeit bei der Mechanisierung von Ziegelwerken diskutiert und die kritische Frage gestellt: „Sind unsere Ziegelwerke übermechanisiert?“ Für die Planung eines wirtschaftlich und verfahrenstechnisch optimalen Ziegelwerks stand daher die Forderung nach dem Durchlaufbetrieb an erster Stelle. Als einer der ersten hatte Karl Leitl

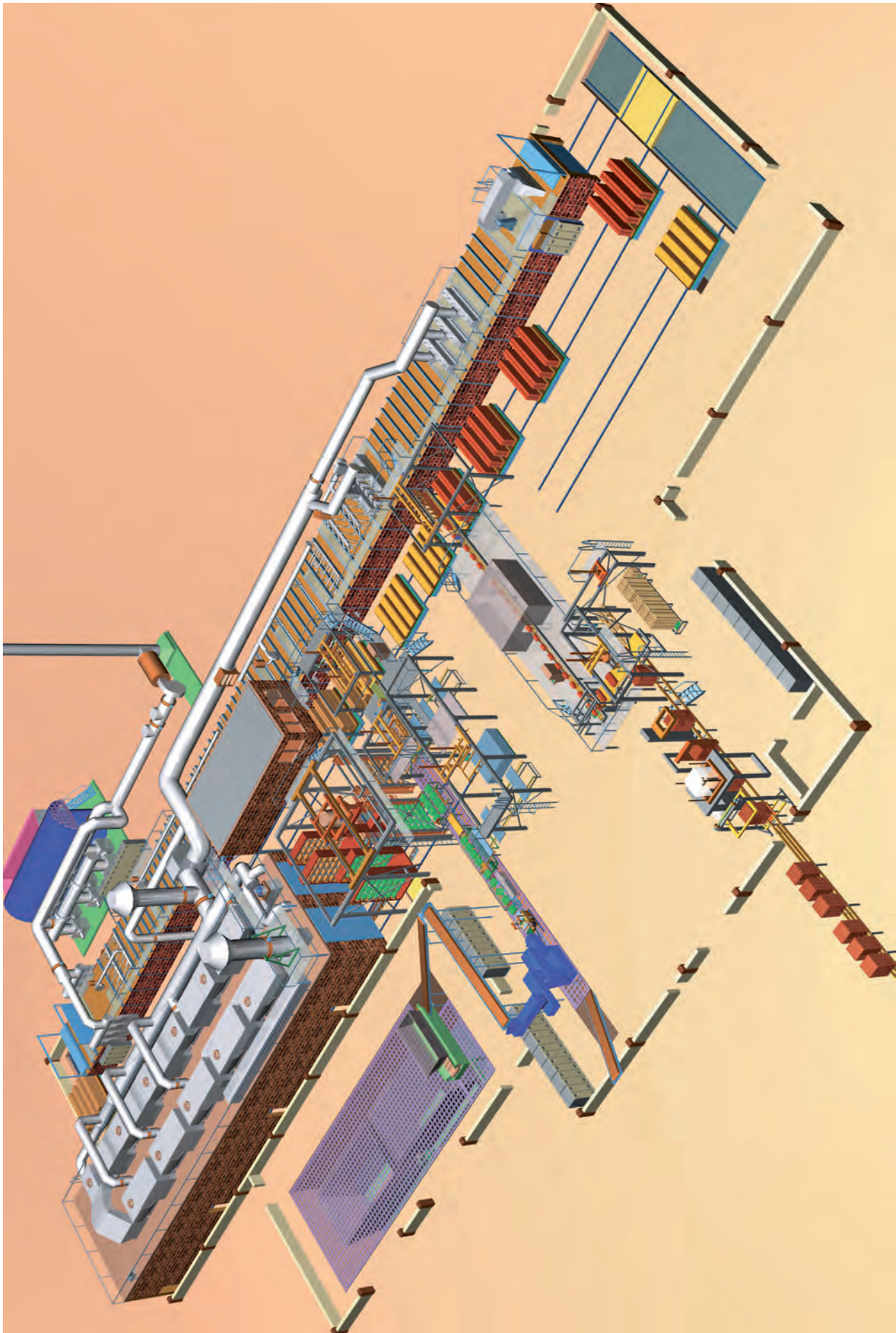


Bild 4.43. Mauerziegelwerk 2000: Hintermauerziegelwerk der Fa. Rapis-Ziegel Schmid GmbH & Co. KG in Schwabmünchen für eine Leistung von 51 000 t gebrannte Ware/Jahr mit 72 verschiedenen Formaten (Fa. Lingl/Neu-Ulm)

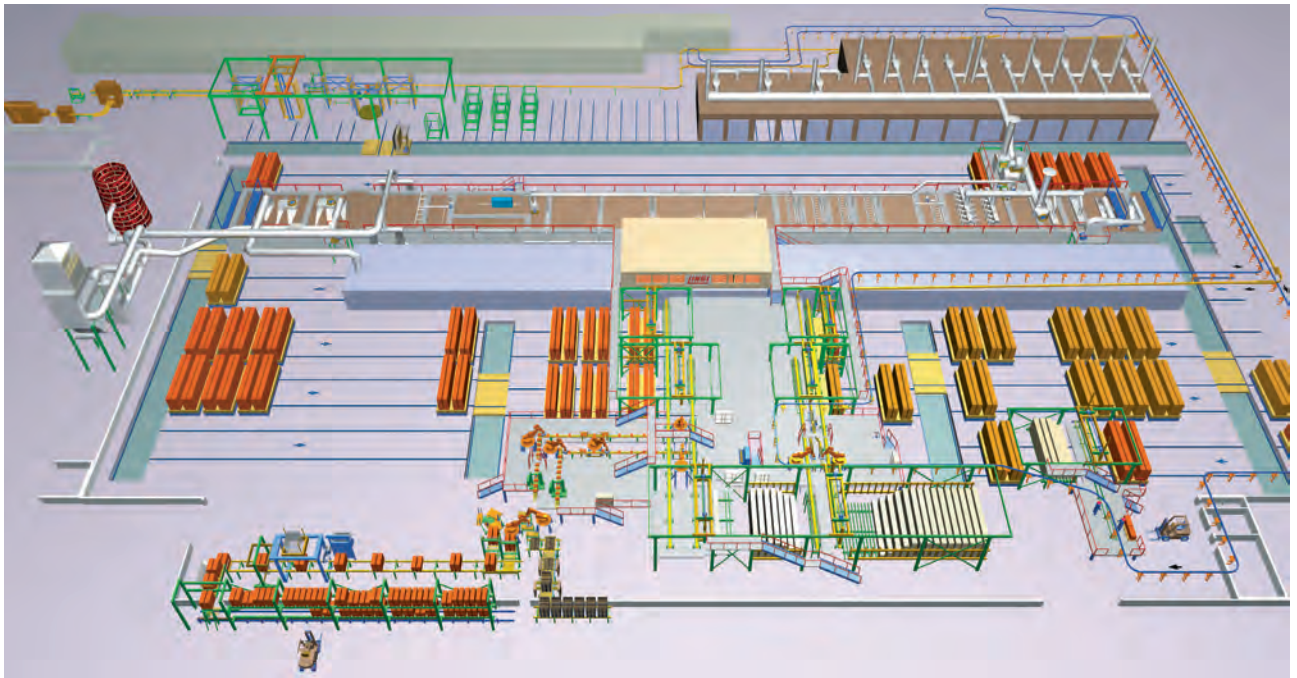


Bild 4.44. Dachziegelwerk 2000: Formziegelwerk der Fa. Tonindustrie Heisterholz in Minden für eine Jahreskapazität von 3,2 Mio. Zubehördachziegel mit 30 verschiedenen Modellen, wovon zwei verschiedene Modelle bis zur Verpackung gleichzeitig durchgängig produziert werden können, auch mit unterschiedlichen Oberflächenfarben (Fa. Lingl/Neu-Ulm)

(1924-1982) schon 1966 in einem seiner Werke in Eferding/Österreich einen konsequenten Durchlaufbetrieb verwirklicht, der seinerzeit viel Beachtung fand. Doch blieben die in Deutschland tätigen Ziegeleien, die ihre Werke auch an Wochenenden und Feiertagen betrieben, eine Minderheit.

In einer wissenschaftlichen Untersuchung im Rahmen seiner Diplomarbeit wies Stefan Jungk 1994 nach, „daß die Konzeption von Ziegeleianlagen bei Zugrundelegung einer 7-Tage-Woche, der 5-Tage Woche nicht nur verfahrenstechnisch, sondern vor allem auch unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten klar überlegen ist“.³⁵

Junge unterstreicht 1998 diese Vorteile durch die Ergebnisse einer Untersuchung, welche den Energiebedarf eines Durchlaufbetriebs dem eines 5-Tage- bzw. 6-Tage-Wochenbetriebs gegenüberstellt.³⁶ Diese ergeben, daß beim Mauerziegelwerk der spezifische Energiebedarf im 5-Tage-Betrieb um

214 kJ/kg gebrannter Ziegel und beim 6-Tage-Betrieb um 107 kJ/kg höher ist als beim Durchlaufbetrieb. Hintergrund dieser Arbeit war, die auf die Verminderung des Energiebedarfs und CO₂-Ausstoßes abzielende Argumentation für Anträge zur Zulassung von Sonntagsarbeit wissenschaftlich abzusichern.

All dies läßt den Schluß zu, daß sich die Tendenz zum 7-Tage-Betrieb bzw. zum Durchlaufbetrieb in Zukunft weiter verstärken wird, falls nicht neue Entwicklungen den Ziegeleianlagenbau in neue Richtungen lenken. Eine solche zeigt Junge mit seinem Vorschlag der energetischen Entkoppelung von Trockner und Ofen auf.³⁷ Nach seinen Untersuchungen ist beim Durchlaufbetrieb, d.h. synchron betriebenen Trockner und Ofen, der Wärmeverbund optimal, denn dann stimmt der Energiebedarf der Konvektionstrockner fast genau mit der in den Tunnelöfen freigesetzten Kühlwärme überein. Wird der Trockner aber z. B. nur an 5 Tagen beschickt, dann liefert die Kühlzone des Ofens an 2 Tagen einen nicht benötigten Wärmeluftstrom, der dann ganz oder teilweise „übers Dach geblasen“ wird. Da der Trockner aber in 5 Tagen genau soviel Ware trocknen muß, wie der Ofen in 7 Tagen brennt, gibt es Kompensationszeiten, in denen dem Trockner zusätzliche Wärme zugeführt werden muß, da sein Energiebedarf nicht vollständig durch Kühlluft gedeckt werden kann. Um nun den energetischen Zwang zur Synchronisierung von Trockner und Ofen abzubauen und eine zeitliche Entkoppelung ohne Energieverluste zu ermöglichen, wird der Einbau eines Wärmespeichers vorgeschlagen. Ein solcher Wärmespeicher könnte z. B. ein einfach gemauerter, isolierter Kanal sein, mit einer Füllmasse aus gebrannten Ziegeln (Vollziegel-Gitterbeatz mit 50% Lückenanteil) und mit Rohranschlüssen zur



Bild 4.45. Leitstand der Trocken- und Ofenanlage eines Ziegelwerks mit Prozeßleitrechnern, um 1995

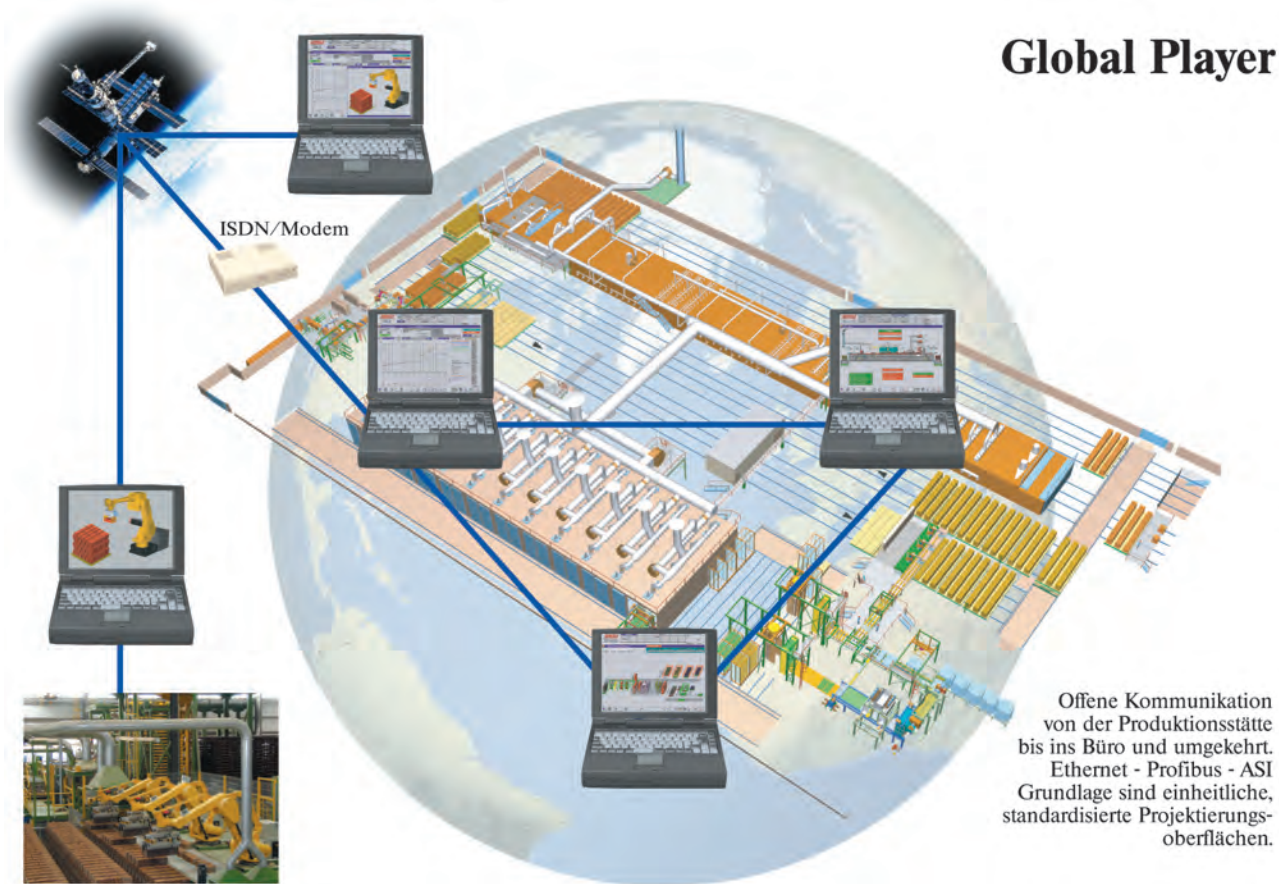


Bild 4.46. Der weltweite Teleservice der Ziegeleianlagenbauer benutzt als Übertragungsmedien ISDN-, Internet-, GSM-, 56k-Modem oder Satellitenkommunikation

Luftzu- und -abführung an beiden Enden. Während der Zeit, in welcher der Trockner nicht betrieben wurde, strömt die Kühlluft des Ofens in den Wärmespeicher und heizt die Füllmasse auf. Während der Betriebszeit des Trockners wird Frischluft eingeführt, die sich dort aufheizt und dann als Trocknerzuluft genutzt werden kann.

4.7. Ableger der Ziegelindustrie: Feuerfest- und Steinzeugindustrie, Blähtonwerke

Aus der Ziegelindustrie entwickelte sich zwischen dem Ende des 18. Jahrhunderts und der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, beginnend in England, eine selbständige Feuerfestindustrie.

Mit der maschinellen Produktion von Kanalisationsröhren aus Steinzeug ab 1852 in Frechen beginnt auch die Entwicklung einer selbständigen deutschen Steinzeugindustrie.

Beide Industriezweige schreiben seither ihre eigene Geschichte, auf die hier nicht weiter eingegangen werden kann.

Auf eine eher eigenständige Entwicklung blicken die Blähtonwerke zurück. Ihre Verwandtschaft mit der Ziegelindustrie liegt zum einen im gemeinsamen Rohstoff Ton, zum anderen in ähnlichen Verfahrens-

techniken für die Aufbereitung und Formgebung, während das Brennen dem des Zementwerks ähnelt. Die erste industrielle Blähtonanlage entstand 1920 in den USA, in Deutschland 1956.

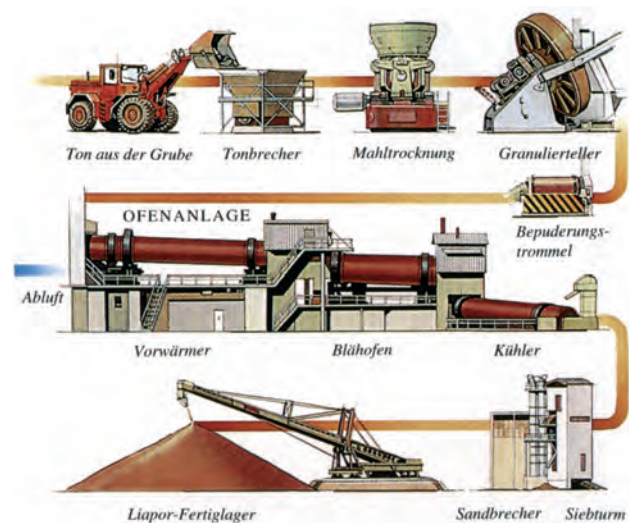


Bild 4.47. Liapor - Blähton Produktionsprozeß, Liapor-Werk Pautzfeld und Tuningen

5. Ton – der Stoff aus dem die Ziegel sind

Obwohl Ton zu den ältesten vom Menschen benutzten Rohstoffen gehört, basierte die Ziegelherstellung bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts vor allem auf Erfahrungswissen und alle Aufgaben und Probleme wurden empirisch gelöst. So schrieb E. Heusinger v. Waldegg noch 1867: „Erfahrene Ziegler wissen den Thon schon nach Ansicht, Gefühl zwischen den Fingern und im Munde ziemlich richtig zu beurtheilen“,³³ d.h. mit dem Auge stellte er die äußere Beschaffenheit und die Farbe, zwischen den Fingern die Plastizität und zwischen den Zähnen und mit der Zunge den Gehalt an Sand bzw. unbildsamen Bestandteilen fest. Plastische Tone wurden als „fett“ bezeichnet, weniger plastische sandhaltige als „mager“ oder „kurz“.

Schon immer war der Ziegel ein Massenprodukt und trotzdem ist jeder Ziegel ein Unikat, denn da er aus einem natürlichen Rohstoff gemacht ist, wird er auch zum Naturprodukt. So konnte kein Ziegler absolut identische, sondern immer nur ähnliche Ziegel herstellen. Wo es der modernen Ziegeleitechnik gelingt, das Produkt Ziegel immer ähnlicher werden zu lassen, ist es nicht immer zu seinem Vorteil, doch ändert dies nichts an der grundsätzlichen Aussage. Begründet wird dies durch den Stoff, aus dem die Ziegel sind. Um Wesen und Eigenschaften des Ziegels zu verstehen, muß man sich etwas mit diesem Rohstoff Ton beschäftigen.

5.1. Die Umwandlungen des Tons im Produktionsprozeß

Während des Produktionsprozesses erfährt der Ton einige Veränderungen, mit denen auch eine sprachliche Unterscheidung verbunden ist. In der Tongrube haben wir den *gewachsenen Boden*, der durch den Tonabbau zum Rohstoff wird. In der nachfolgenden Aufbereitung wird aus dem *Rohstoff* die Arbeitsmasse. Unter Arbeitsmasse versteht man das nach bestimmten Vorgaben, dem Versatz, zusammengestellte Gemisch aus Rohstoffen und Zusätzen wie z.B. Wasser und Sand, das formfertig zerkleinert, gemischt und homogenisiert ist. Die *Arbeitsmasse* nimmt in der Formgebung Gestalt an und wird zum *Formling* oder *Preßling*, je nach Formgebungsverfahren. Aus dem *Formling* wird in der Trocknung der *Rohling* oder *Grünling*. Dabei ist „grün“ einmal im Sinne von „unreif“ oder „unfertig“ zu verstehen, kommt z. T. aber auch von der oft grünlichen Farbe der trockenen Rohlinge. Durch das Brennen entsteht der keramische Werkstoff *Ziegel*, der *Scherben*, der das fertige Erzeugnis bildet. Kennzeichen des Scherbens (nicht zu verwechseln mit Scherbe = Stück eines zerbrochenen Ganzen) sind u. a. seine Dichtig-

keit (porös oder dicht gesintert), Farbe, Gefüge und Scherbenrohddichte (kg/dm^3).³⁸

Alle diese Umwandlungen des Tons sind auch mit Volumen- und Masseänderungen verbunden. Der gewachsene Boden wird durch den Abbau und die folgende Aufbereitung aufgelockert und nimmt dann ein größeres Volumen ein. Eine Verdichtung erfolgt durch die Rohstofflagerung. Durch die Kompaktierung bei der Formgebung wird dann etwa wieder das Volumen des gewachsenen Bodens erreicht. Beim Trocknen wird das Wasser entfernt, wodurch die Tonpartikelchen näher aneinanderrücken - der Ton schwindet (Trockenschwindung). Eine weitere Schwindung findet beim Brennen aufgrund einer Verdichtung durch die Sinterung statt (Brennschwindung) (Bild 5.1.).

5.2. Entstehung der Tone

Grundlage der Ziegelherstellung ist also der Ton, genauer gesagt sind es die Tone, denn schon der Chemiker Hermann August Seger (1839 – 1893), ein Pionier der Tonforschung, bemerkte einmal, daß es so viele verschiedene Tone wie Ziegeleien gäbe. Aber in Wirklichkeit gibt es noch viel mehr, denn selbst in der gleichen Grube können sich verschiedene Tone untereinander abwechseln. Begründet ist diese große Vielfalt in den unterschiedlichen Ausgangsgesteinen und Bildungsbedingungen der Tone.

Tone entstehen im Laufe sehr langer geologischer Zeiträume durch die Verwitterung von feldspathaligen Gesteinen wie Granit, Gneis, Quarzporphyr, welche die verschiedensten Minerale enthalten wie Quarz, Feldspäte, Glimmer, Augit, Hornblende und ähnliche Silikate. Diese Verwitterung kam zustande durch mechanische und chemische Einwirkungen von kohlen säurehaltigem Wasser, Dampf, Eis, Gasen, organischen Stoffen, Erdbewegungen oder Wind, wobei diese Gesteine teilweise erhöhter Temperatur und hohen Drücken ausgesetzt waren. Die Verwitterungsprodukte wurden durch das strömende Wasser der Flüsse, durch das Eis der Gletscher und durch Winde vom Ort ihres Entstehens wegtransportiert. Dabei konnten sich die gröbereren Teile absetzen, es wurden aber auch wieder allerlei Stoffe aufgenommen, wie Kalk, Sand, Eisenverbindungen, Salze und organische Substanzen. Aber erst durch diese „Verunreinigung“ mit den sog. akzessorischen Bestandteilen wurde der Ton verziegelbar. Die in Seen, Meeren, Lagunen und dergleichen transportierten feinen Teilchen konnten sich dann an Stellen mit sehr geringer Strömung zu einem Ton ablagern. Man spricht deshalb von sekundären Tönen oder Tönen auf sekundärer Lagerstätte. Im Gegensatz dazu


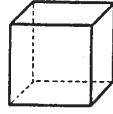

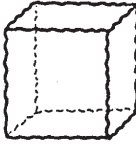
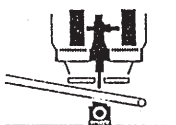
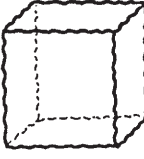
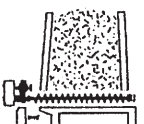


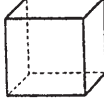




Verfahrensstufe	Materialzustand		Beispiel			
	Bezeichnungen		Volumen m ³	Masse t	Rohdichte kg/dm ³	Rechenwerte
						Bezeichnungen + Bandbreiten
1 Lagerstätte 	natürlich gewachsen		1,0	1,71	1,71	Grubenfeuchte W_0 : 10 % atro Festgewicht γ_1 : 1,71 kg/dm ³
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ gewachsener Boden ▶ Naturstoff ▶ Grubenton 					Festgewicht γ_1 je nach Packungsdichte und Rohstoffart: 1,6–2,4 kg/dm ³
2 Rohstoffgewinnung 	abgebaut und lose geschüttet		1,25	1,71	1,37	Auflockerungsfaktor L_1 : 1 : 1,25 = 0,8
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Rohstoff ▶ Rohmaterial ▶ Roh-ton 					Schüttgewicht γ_2 je nach Auflockerungsgrad: 0,9–1,5 kg/dm ³
3. Aufbereitung 	aufbereitet und lose geschüttet		1,35	1,927	1,43	Wasserzugabe: 14 % atro Massefeuchte: 24 % atro
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Arbeitsmasse ▶ Pressmasse ▶ Rohgut 					Schüttdichte γ_2 je nach durchlaufener Aufbereitungsmaschine: 0,85–1,45 kg/dm ³
4 Rohstofflagerung 	eingelagert und vorverdichtet		1,15	1,927	1,67	Auflockerungsfaktor L_2 : 1,15 : 0,95 = 1,21
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ gesumpfte Masse ▶ gemaukte Masse ▶ Lagergut 					Schüttdichte γ_4 : 1,15–1,45 kg/dm ³ Richtwerte für L_2 : Kastenbeschicker: 1,25–1,35 Tonlagerhalle: 1,20–1,30 Sumpfanlagen: 1,15–1,25 Tonsilos: 1,10–1,20
5 Formgebung 	kompakt verpresst		0,95	1,943	2,05	Wasserzugabe: 1 % atro Pressfeuchte W : 25 % atro
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Formling ▶ Pressling ▶ Formgut 					Gründichte σ_G (kompakte, nassverpresste Masse): 1,7–2,2 kg/dm ³ je nach Rohstoffart, Pressfeuchte und Pressdruck
6 Trocknung 	getrocknet		0,789	1,585	2,01	Restfeuchte: 2 % atro Lineare Trockenschwindung: 6 %
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Rohling ▶ Grünling ▶ Trockengut 					Trockendichte je nach Rohstoffart und Schwindung: 1,6–2,1 kg/dm ³
7 Brand 	gebrannt		0,720	1,368	1,9	Glühverlust: 12 % Lineare Brennschwindung: 3 % Lineare Gesamtschwindung S : 8,82 % Scherbenrohddichte σ_{sch} : 1,9 kg/dm ³
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Brenngut ▶ Scherben ▶ Werkstoff ▶ Fertigerzeugnis 					Scherbenrohddichte je nach Rohstoffart, Massezusammensetzung, Schwindung, Sinterung und Porosität: 1,4–2,2 kg/dm ³

Bild 5.1. Masse-, Volumen- und Namensänderungen im ziegelkeramischen Stoffwandlungsprozeß

Zeitalter	Formation	Alter/Beginn vor ca. Mio. Jahren	Zeitdauer ca. Mio. Jahre	Abteilung	Gesteinsbildungen Keramische Rohstoffe	
Neuzeit (Neo- oder Känozoikum)	Quartär	0,015		Alluvium oder Holozän (Jetztzeit)	Flußschlick, Küstenschlick, Flußlehme, Auenlehme	
		1	1	Diluvium oder Pleistozän (Eiszeit)	Beckentone (Bändertone), Geschiebe-Mergel, Geschiebelehm, Yoldiaton, Lößlehm, Tegel, Lehme, Kieselgur	
	Ter- tiär	Neogen (Jungtertiär)	8	2	Pliozän	Ziegeltonne verschiedener Art, Septarienton, Ball Clays, Braunkohlentone, Marine Ziegeltonne, Kaolin, Feuerfeste Tone, Kieselgur, Braunkohle, Quarzsand, Kalk
				5	Miozän	
		Paläogen (Alttertiär)	65	19	Oligozän	
				12	Eozän	
		26	Paleozän			
Mittelzeit (Meso- zoikum)	Kreide	135	70	Oberkreide	Ziegeltonne, Feuerfeste marine Tone, Mergel, Kaolin, Kalk, Kreide, Sand, Steinkohle	
				Unterkreide		
	Jura	195	60	Malm (Oberer oder weißer Jura)	Ziegeltonne, Lias-Ton, Mergel, Sandstein, Eisenoolithe, Malm-Kalk, Dolomit	
				Dogger (Mittlerer oder brauner Jura)		
				Lias (Unterer oder schwarzer Jura)		
	Trias	225	30	Keuper (Obertrias)	Ziegeltonne, Letten, Tonsteine, Keupermergel, Feuerfeste Tone, Kohlenstoffhaltige Schiefer, Kalke, Dolomite, Gips, Sandstein, Feldspatsande, Kohlen	
Muschelkalk (Mitteltrias)						
Buntsandstein (Untertrias)						
Altzeit (Paläozoikum)	Perm (Dyas)	270	45	Zechstein (Oberperm)	Ziegeltonne, Letten, Tonstein, Schiefer- tone, Kieselschiefer, Kupferschiefer, Kalk, Dolomite, Gips, Salz, Sandstein, Kohle	
				Rotliegendes (Unterperm)		
	Karbon	350	80	Oberkarbon (Pennsylvanien)	Ziegeltonne, feuerfeste Tone, Schiefer- ton, Tonschiefer, Grauwacke, Sandstein, Kohle, Kalk, Dolomite, Salz, Kohle	
				Unterkarbon (Mississippium)		
	Devon	400	50	Oberdevon	Tonschiefer, Grauwacke, Sandstein, Quarzite, Kalk, Dolomite, Diabas	
				Mitteldevon		
Unterdevon						
Silur	500	40	Obersilur (Gotlandium)	Ton- und Kieselschiefer, Tonsteine, kristalline Quarzite, Kalk		
			Untersilur (Ordovizium)			
Kambrium	600	100	Oberkambrium	Tonschiefer, Grauwacke, Sandstein, Kalkstein, Diabas		
			Mittelkambrium			
			Unterkambrium			
Urzeit (Präkambrium)	Algonkium (Eozoikum)	2500	1900	Oberes Algonkium	Allgemeine Bildung großer Konti- nentaltafeln, Granit, Schiefer, Gabbro	
	Archaikum (Azoikum)	3500	1000		Bildung der Erdkruste als Erstarrungs- kruste, Granit, Sedimentgesteine	

Tabelle 18: Erdgeschichtliche Formationen und darin entstandene keramische Rohstoffe

stehen die Tone, die sich noch an ihrem ursprünglichen Verwitterungsort befinden, die Residualtone oder Tone auf primärer Lagerstätte. Dazu gehören die Kaoline, die man auch als Porzellanerde bezeichnet. Hier handelt es sich also um nicht verunreinigte Tone in ihrer reinsten Form.

Tonlagerstätten haben sich in jedem geologischen Zeitalter gebildet, und dies erfolgt auch heute noch, z.B. an Flußmündungen, in Talsenken und Niederungen. Wie aus Tabelle 18 hervorgeht, stammen die ältesten Tonschiefer aus dem Kambrium, einer geologischen Formation, die vor etwa 600 Mio. Jahren entstand, die jüngsten Auelehme aus dem Alluvium, der geologischen Jetztzeit, die sich vor etwa 15 000 Jahren entwickelte.

5.3. Wissenschaftliche Erforschung

Die wissenschaftliche Erforschung des Tons begann relativ spät gegen Ende des 18. Jahrhunderts und war zunächst vorwiegend chemisch-analytischer Natur. Die moderne Tonforschung nahm ihren Anfang in den 1920er Jahren, weil erst etwa ab diesem Zeitpunkt die geeigneten Untersuchungsmethoden und -geräte zur Verfügung standen.

Als einer der ersten befaßte sich in Dänemark der Geologe G. Forchhammer mit Untersuchungen über die Entstehung und Zusammensetzung der Tone und des Kaolins. Die Ergebnisse legt er 1829 der Kopenhagener Gesellschaft der Wissenschaften vor. Er findet, daß „das Verhältnis des Sauerstoffs im Wasser, der Thonerde und der Kieselerde wie 2:3:4 ist“.

Schon früh hatten Geologen und Mineralogen Tone und Kaolin als Verwitterungsprodukte von Gesteinen erkannt und die reine Tonerde (Aluminiumoxid Al_2O_3) als Hauptbestandteil angenommen. Der Mineraloge Romé de Lisle hatte bereits 1783 die Feldspäte als wichtigstes Ausgangsgestein festgestellt.

5.4. Tonminerale

Schon 1857 beobachteten Knop und 1867 auch Jonston und Blake in einigen Kaolinen das Vorhandensein von kristallinen Schüppchen. Doch 1872 glaubte Aron mit dem Lichtmikroskop bei 760facher Vergrößerung eine Kugelform der Tonsubstanz feststellen zu können, wobei das Haufwerk einen fischrogenartigen Charakter zeige. Für Aron war die Kugelform der Tonsubstanz die Ursache der Plastizität. Andere Forscher wie Biedermann und Herzfeld, die 1878 verschiedene Tone bei 1200 und 1800facher Vergrößerung untersuchten, konnten nun gut begrenzte kristalline Formen oder ganz unregelmäßige, undefinierbare Formen entdecken und stellten daher die Kugelform in Frage. Erst mit Hilfe der 1916 von Debye-Scherrer vorgeschlagenen Methode zur röntgenographischen Untersuchung pulverförmiger

Substanzen und ab 1932 durch die Elektronenmikroskopie weiß man heute, daß es sich gar nicht um eine einheitliche Tonsubstanz handelt, sondern um eine Vielzahl verschiedener Tonminerale, mit keramisch teils ähnlichen, teils sehr unterschiedlichen Wirkungsmechanismen. Wichtige Tonminerale in Ziegeltonen sind Kaolinit, Montmorillonit, Illit und Halloysit.

Hatte man bisher auch geglaubt, die Tonsubstanz sei größtenteils amorph, so zeigten die neuen Untersuchungsmethoden nun, daß es sich hierbei meist um kristalline Stoffe handelte, die aber nicht in allen Tönen die gleiche Struktur hatten. Nach ihrer Struktur konnte man nun u.a. unterscheiden zwischen: *Zweischichtmineralen* die sich aus einer SiO_4 -Tetraederschicht und einer $Al(OH)_3$ -Oktaederschicht aufbauen, wozu Kaolinit und Halloysit gehören, und *Dreischichtmineralen*, die sich aus zwei Tetraederschichten und einer dazwischen liegenden Oktaederschicht aufbauen. Hierzu gehören Montmorillonit und Illit. Besonders anschaulich wurde dies 1952 von Jasmund dargestellt (Bild 5.2.).

Die Zusammensetzung der Tone bezüglich Tonmineralart und -menge kann daher sehr unterschiedlich

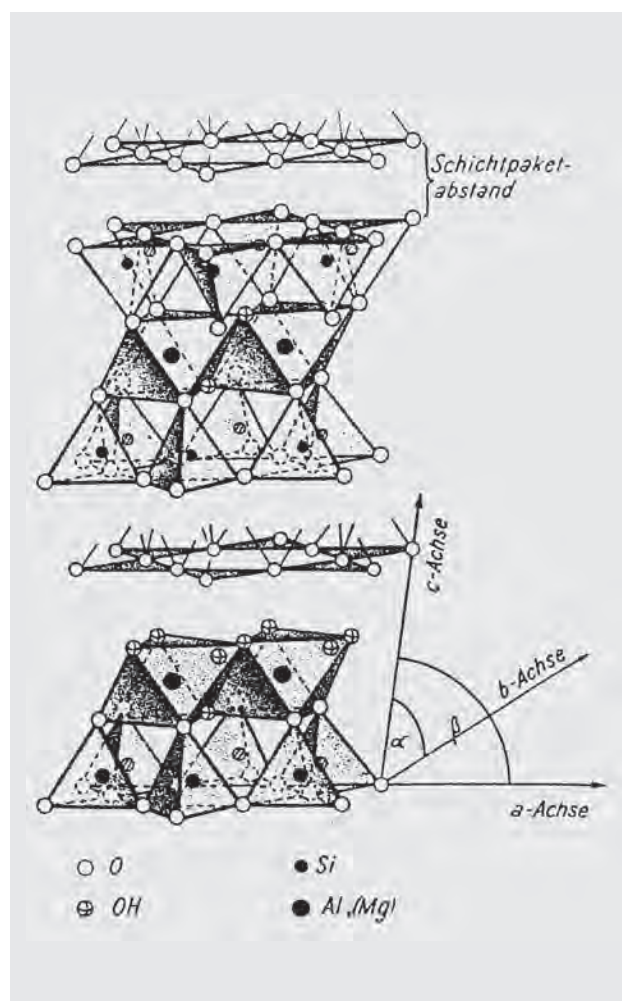


Bild 5.2. Schematische Struktur des Montmorillonits (oben) und des Kaolinit (unten). Die Kreise stellen nur die Schwerpunkte der Ionen, aber nicht deren wahre Größe dar.

sein. Je nachdem, welches Mineral im Ton vorherrschend vertreten ist, unterscheidet man daher u. a. zwischen kaolinitischen, halloysitischen, montmorillonitischen und illitischen (glimmerartigen) Tonen. Dies zu wissen ist für den Ziegler vor allem wegen der unterschiedlichen technologischen Eigenschaften der Tonminerale von Interesse. Im gebrannten Scherben dagegen ist die Art des Tonminerals nicht mehr nachweisbar.

Eigenschaften und Namensherkunft der wichtigsten Tonminerale

Zu den wichtigsten Tonmineralen einige kurze Erläuterungen:

Kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Da die ersten Untersuchungen an Kaolinen durchgeführt wurden und man für deren tonige Substanz die angegebene Formel fand, verwendet man diese zunächst generell für den einheitlichen Begriff Tonsubstanz. Die Amerikaner Johnson und Blake benannten 1867 die in Kaolinen gefundene Tonsubstanz als Kaolinit. Kaolin ist nach dem chinesischen Berg *kaöling* benannt, aus dem Porzellanerde gewonnen wurde. Kaolinit vermindert die Trocknungsempfindlichkeit, gilt als Träger der Feuerfestigkeit wegen des hohen Schmelzpunkts von 1750°C und bewirkt dadurch eine Verbreiterung des Sinterintervalls. Eine fehlgeordnete Form des Kaolinites stellt *Fireclay* dar, erstmals 1946 von Brindley und Robinson beschrieben. Hierbei liegen die einzelnen Schichtpakete in Richtung der b-Achse nicht geordnet, sondern um einen gewissen Betrag verschoben vor (Vergl. Bild 5.2.).

Halloysit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Das „n“ in der Formel bedeutet einen unterschiedlichen Anteil an sog. Zwischenschichtwasser, wobei n von 0-2 stufenlos möglich ist. Ein solcher Ton mit abweichendem Kristallwassergehalt wurde schon 1825 von Omalius d'Halloy in Belgien gefunden; nach ihm wurde das Tonmineral benannt. Halloysit erhöht im allgemeinen die Plastizität, aber auch die Trocknungsempfindlichkeit, zeigt aber sonst das gleiche Brennverhalten wie Kaolinit

Illit ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Ein glimmerähnliches Tonmineral, 1937 von Grim, Bray und Bradley nach dem US-Staat Illinois benannt, wo Illit als Hauptbestandteil vieler Böden vorkommt. Illit vermittelt eine gute Plastizität, erhöht teilweise die Trocknungsempfindlichkeit, wirkt wegen seines erhöhten K_2O -Gehalts als Flußmittel und ist auf Grund der Fe_2O_3 -Anteile rotbrennend.

Montmorillonit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Benannt nach Montmorillon, einem Fundort in Frankreich. Montmorillonit erhöht wesentlich die Bindefähigkeit und somit die Plastizität, begünstigt die Scherbenverdichtung, erhöht aber sehr stark die Trocknungsempfindlichkeit. Ein Ton, der überwiegend aus montmorilloniti-

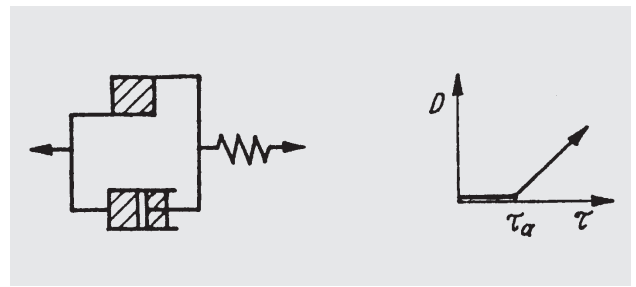


Bild 5.3. Bingham Modell und Fließkurve eines Bingham Körpers der dem rheologischen Verhalten von keramischen Arbeitsmassen des Systems „Tonmineral – Wasser“ weitgehend entspricht, d.h. erst nach Aufwenden einer gewissen Schubspannung oder Fließspannung, dem sog. Anlaßwert τ_a , erfolgt die plastische Deformation (D = Schergeschwindigkeitsgefälle, τ = Scherspannung)

schem Material besteht, ist *Bentonit* (benannt nach dem ersten Fundort in der Nähe von Fort Benton, Montana, USA). Bentonite zeichnen sich u. a. durch hohe Quellfähigkeit, Plastizität, Thixotropie und Adsorptionsfähigkeit aus. Ein geringer Zusatz von montmorillonitischem Bentonit erhöht die Bildsamkeit keramischer Massen. Besonders geschätzt sind Bentonite u. a. auch als Dickspültone für geologische Bohrungen. In Zukunft wird er für die Endlagerung von Atommüll von Bedeutung sein: Die korrosionsfesten Behälter, in die der strahlende Atommüll gasdicht eingeschweißt wird, sollen zusätzlich mit Bentonit bedeckt werden. Dieser quillt auf, wenn er mit Wasser in Berührung kommt, und wirkt so schützend.

5.5. Plastizität, Bildsamkeit, Tonsubstanz

Bei aller Vielfalt ist eine mehr oder weniger große Plastizität oder Bildsamkeit allen Tonen gemein, d. h. sie sind in Verbindung mit Wasser formbar und behalten die Form, die ihnen durch die Einwirkung einer äußeren Kraft gegeben wird, auch wenn diese Kraft aufhört, auf den Ton einzuwirken. Die Plastizität ist die hervorstechendste Eigenschaft, der die gesamte Keramik ihre Existenz verdankt. Die Plastizität ist aber auch eine sehr komplexe Eigenschaft, von der Alexandre Brongniart, der ab 1800 Direktor der Porzellanmanufaktur in Sèvres war, in seinem 1844 erschienenen Buch „Traité des Arts céramiques“ schrieb: „Man hat oft von dieser Eigenschaft gesprochen, man scheint sie zu kennen, aber man hat nur eine leere Idee davon“. Der Deformationsmechanismus plastischer Tone ist so kompliziert und von so vielen Faktoren abhängig, daß die Plastizität bis heute noch nicht restlos erforscht ist. Die Plastizität glaubte man um die Mitte des 19. Jahrhunderts auf eine einheitliche Substanz zurückführen zu können, die in allen keramischen Rohstoffen, entsprechend dem Grad ihrer Plastizität in mehr oder weniger großer Menge enthalten sei. Hierfür wurde um 1867 der Begriff Tonsubstanz geprägt, für welche man schon in der älteren Literatur und bei Seger die Formel $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ findet.

Heute ist die Plastizität ein Sondergebiet der Rheologie oder Fließkunde, der Lehre vom mechanischen Verhalten der deformierbaren Körper, als deren eigentlicher Begründer E.C. Bingham gilt. Die drei grundlegenden rheologischen Eigenschaften sind Elastizität, Plastizität und Viskosität, die man durch rheologische Modelle und Zustandsgleichungen darzustellen sucht. Dabei entspricht das um 1922 entwickelte Bingham-Modell in hohem Maß der Bildsamkeit keramischer Massen. Es ist dadurch gekennzeichnet, daß zur Einleitung des Fließvorgangs zunächst eine bestimmte Schubspannung erforderlich ist, die als Fließgrenze oder Anlaßwert bezeichnet wird (Bild 5.3.).

5.5.1. Ursachen der Plastizität

Die Teilchengröße der Tonminerale ist außerordentlich gering, d. h. sie ist stets $< 10 \mu\text{m}$ ($0,01 \text{ mm}$), vielfach sogar $< 0,5 \mu\text{m}$ ($0,0005 \text{ mm}$) bis herunter zu ein Millionstel Millimeter dicken strukturellen Baueinheiten (Schichtpaketen). Man weiß heute ferner, daß diese Tonminerale fast durchweg blättchenförmig sind. Eine Ausnahme bildet das röhren- oder stäbchenförmige Halloysit. Damit haben wir zwei wichtige Grundvoraussetzungen der Plastizität: die kleine Teilchengröße und die Blättchenform der Tonminerale, die bei Vorhandensein von Wasser ermöglichen, daß sich die Teilchen gut gegeneinander verschieben lassen und dabei doch an großen Flächen aneinander haften. Hinzu kommen elektrochemische Kräfte. An der Oberflächen der Tonminerale sind negative elektrische Ladungen vorhanden. Zwischen den negativen Ladungen zweier Tonteilchen liegen Kationen, positiv geladene Ionen, und wirken so als Bindeglieder zwischen ihnen. Diese Bindekraft ist am stärksten bei trockenem Ton, weil hier die Teilchen nicht durch Wasserhüllen voneinander getrennt sind. Bei plastischem Ton nimmt die Bindekraft etwas ab. Die Kationen ordnen sich im Wasser entsprechend den Oberflächenbedingungen der Tonminerale und können auch über eine gewisse Wasserschicht hinweg benachbarte feste Teilchen festhalten (Bild 5.4.). Der Vorgang, jedes einzelne Tonteilchen mit Wasser zu umgeben, wird als Tonaufschluß bezeichnet, den man schon früh u. a. durch Sumpfen und Mauken zu erreichen sucht. Bei zu großer Wasserzugabe vermögen die Bindekräfte die verhältnismäßig großen Entfernungen nicht mehr zu überbrücken. Die Kationen lagern sich dann nur noch an einem Tonmineral an und es kommt zu einem Zerfließen der Masse.

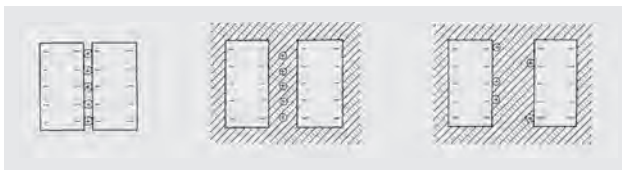


Bild 5.4. Schematische Darstellung von Tonmineralen und Kationen in getrocknetem, plastischem und schlickerförmigem Zustand. Die Schraffur bedeutet Wasser.

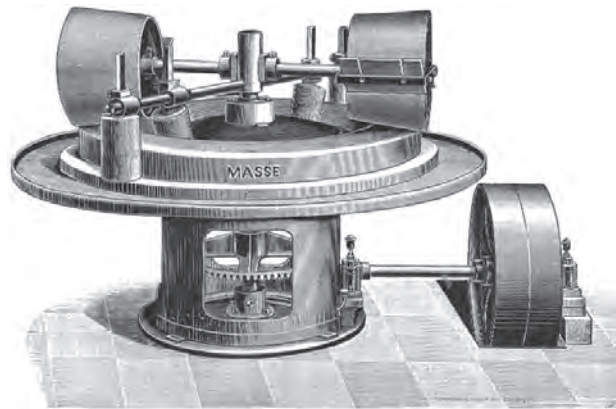


Bild 5.5. Masseschlagmaschine, auf der periodisch ca. 150 kg Masse aufgegeben werden, um dann durch 10 – 15-minütiges Kneten alle Luftblasen aus derselben zu entfernen – erstmals auf der Pariser Weltausstellung 1878 vorgestellt

Dieser Vorgang erfolgt beim Schlämmen und der Schlickerherstellung.

Als weitere Ursache der Plastizität wird in der Literatur noch auf die Wirkung von Mikroorganismen hingewiesen, z. B. Bakterien und Algen, die sich in keramischen Massen unter bestimmten Bedingungen bilden können oder deren Wachstum man durch die Zugabe organischer Kolloide noch zu fördern suchte. Man erklärt sich die Verbesserung der Bildsamkeit durch die gelartige Beschaffenheit dieser Kleinstlebewesen, die als eine Art Schmiermittel zwischen den festen Teilchen wirken sollen. Gute Wirkung soll auch die Zugabe von Fäkalien und Urin haben, der man nachsagt, daß die Chinesen ihre Kaoline von alters her auf diese Weise aufschließen. Frühe Versuche der Ziegler, es den Chinesen nachzutun und ihre Tone durch Zugabe von Jauche zu plastifizieren, wurden aber alsbald wieder aufgegeben, da sich an den Steinen Verfärbungen und Ausblühungen zeigten.

Auch die Entfernung der in der Tonmasse enthaltenen Luft kann die Plastizität erheblich steigern, da Luftbläschen den Verband zwischen den Tonteilchen stören. Früher suchte man dies bis zu einem gewissen Grad durch Schlagen der Masse und später in der Feinkeramik durch Masseschlagmaschinen zu erreichen (Bild 5.5.). Obwohl die Entgasung oder Evakuierung mit Vakuumpressen in den USA bereits seit 1902 bekannt und seit 1925 praktiziert wurde, erfolgte sie in Deutschland erst ab 1935. Hier machte K. Dümmler 1926 sogar noch ernsthaft den Vorschlag, in den Preßkopf durchgehende, mit feinen Löchern versehene Röhren einzubauen. An diesen Röhren sollte der Ton durch die Schnecken vorbeigeschoben werden und die komprimierte Luft die Gelegenheit wahrnehmen, um durch die Röhren ins Freie zu gelangen – tatsächlich aber würden die Röhren sofort verstopfen (Bild 5.6.).

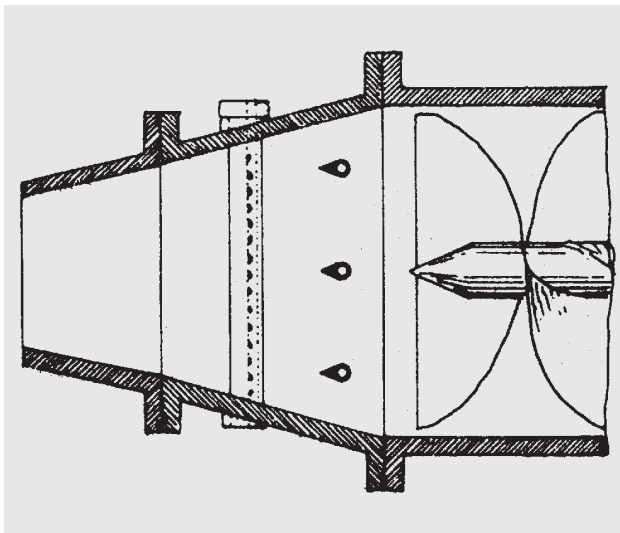
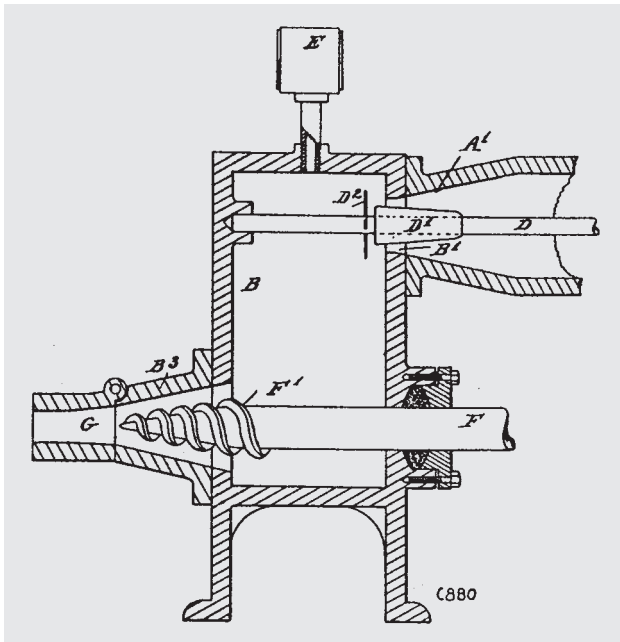


Bild 5.6. Oben: Amerikanisches Patent Nr. 701 957 für eine Tonentlüftungsmaschine, das 1902 dem Amerikaner R.H. Stanley erteilt wurde. Unten: Vorschlag einer Entlüftungsvorrichtung von K.Dümmler, 1926

5.5.2. Messung der Plastizität

Zur Bestimmung der Plastizität bedienen sich die alten Ziegler der Handprobe, welche zwar keine zahlenmäßigen Werte lieferte, aber doch ein guter Maßstab für die Formbarkeit der Masse war. Man rollte ein gut durchgearbeitetes Stück Ton zwischen den Händen zu einer Wurst von etwa 1 cm Durchmesser aus, faßte sie an beiden Enden und zog sie langsam auseinander. Dabei beobachtete man, in welcher Weise das Auseinanderreißen erfolgte. Je plastischer der Ton ist, desto länger läßt er sich ziehen, während mageres Material ganz kurz abreißt. Daraus entwickelten sich die Bezeichnung „kurz“ für magere, weniger plastische Tone und „lang“ für fette, gut plastische Tone.

Eine andere Methode bestand darin, daß man Kugeln von bestimmten Durchmessern formte, diese

zwischen zwei Brettchen zusammendrückte und beobachtete, wie stark sich die Kugeln zusammendrücken ließen, ohne daß sie Risse bekamen. Bei einer weiteren Prüfung wurden Tonstäbe um ein Rundholz gewickelt und durften dabei zum Nachweis ausreichender Plastizität nicht reißen oder Sprünge bekommen (Bild 5.7.).

Man lernte dabei auch, daß ein Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Formbarkeit besteht und wieviel Wasser der Rohstoff benötigt, um eine formbare, nicht klebende Masse zu bilden. Dieser Anmachwasserbedarf ist abhängig vom Gehalt an toniger Substanz und der mineralischen Zusammensetzung des Tons. Noch 1883 hielt ein bekannter Keramiker diese subjektiven, empirischen Prüfungen „für vollständig ausreichend, da jeder Praktiker kaum in Zweifel darüber sei, was man unter stark, gut, mittel, schwach und kaum plastisch verstehe“. Doch das Bedürfnis nach einer zahlenmäßigen Bewertung wuchs. So nahm man um 1890 zum Vergleich der Bildsamkeit verschiedener Tone auch die Länge frei hängender Tonfäden, die man aus einer Handpresse heraustrrieb, bis sie durch ihr eigenes Gewicht abriss.

Ab dem 20. Jahrhundert gab es unzählige Versuche, Methoden zur Messung der plastischen Eigenschaften zu entwickeln. Schon 1902 entwickelte H. Zschokke eine Methode, die M. Rosenow 1911 verbesserte, nach der die Zugfestigkeit und Dehnung eines aus einer kleinen Strangpresse austretenden Tonstrangs gemessen und daraus ein Maß der Bildsamkeit abgeleitet wurde. Auch A. Atterberg versuchte um 1917, die Plastizität zahlenmäßig zu erfassen. Die Plastizitätszahl nach Atterberg ergibt sich als Differenz des Wassergehalts des Tons an seiner Fließgrenze und

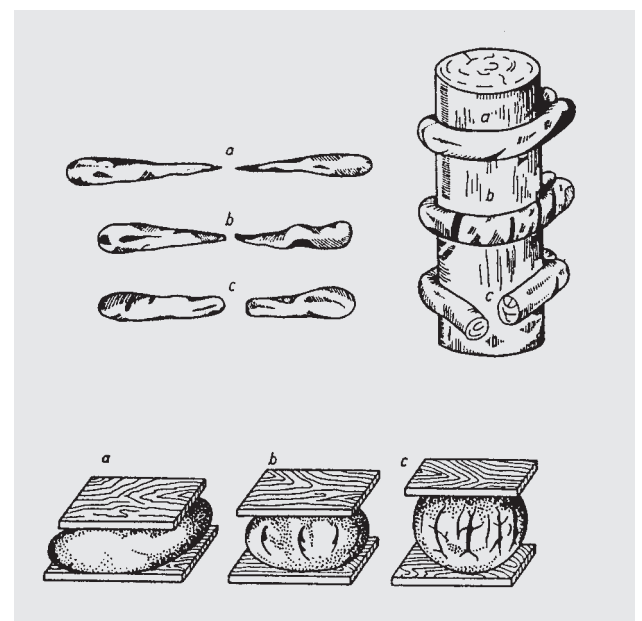


Bild 5.7. Drei einfache Handprüfmethoden zur Feststellung der Plastizität einer tonigen Masse. Sie zeigen jeweils an: a. gute, b. mittlere, c. geringe Plastizität

Bilder 5.8. Stauchmethode und Pfefferkorn

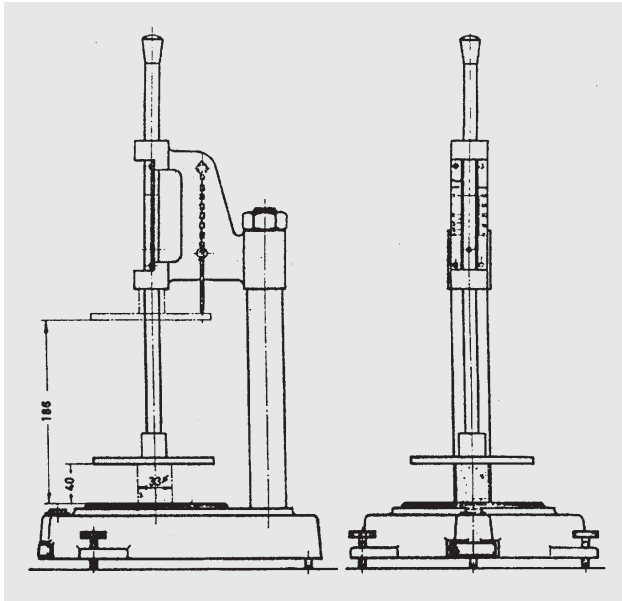


Bild 5.8a. Pfefferkorn – Prüfgerät (Seiten- und Vorderansicht)

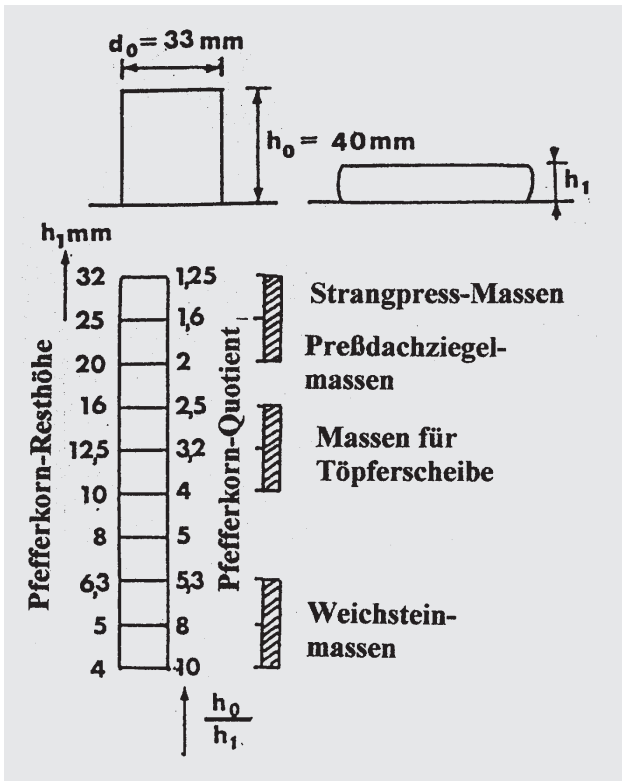


Bild 5.8b. Bereiche der Pfefferkorn-Resthöhe und des Pfefferkorn-Quotienten für verschiedene Arbeitsmassen

seiner Ausrollgrenze, wobei angenommen wird, daß Tone mit einer großen Differenz sehr viel kolloidale Tonsubstanz enthalten und daher auch sehr plastisch sein müssen.

Da die Fließgrenze schwierig zu bestimmen ist, ging R. Rieke um 1923 statt von der Fließgrenze von der Klebegrenze aus. Zur Bestimmung der Plastizitätszahl nach Rieke wird daher die Differenz des Wassergehalts eines Tons bestimmt, wenn er a) beim Verformen gerade noch oder nicht mehr an

den Fingern klebt (Klebegrenze) und b) sich gerade noch ohne zu zerbröckeln ausrollen läßt (Ausrollgrenze).

Am meisten verbreitet hat sich die 1924 von K. Pfefferkorn eingeführte Stauchmethode. Da sie relativ einfach ist, schnell zu Ergebnissen führt und für die Überwachung der Plastizität von Massen innerhalb der Betriebskontrolle gut geeignet ist, wird sie auch heute noch angewandt. Aus der zu untersuchenden Masse werden Prüfkörper, 40 mm hoch mit 33 mm Durchmesser, gefertigt und dann im Pfefferkorngerät von einer aus einer Höhe von 185 mm herabfallenden Scheibe mit einem Gewicht von 1,2 kg gestaucht. Diese Stauchprobe wird mit Prüfkörpern mit verschiedenen Wassergehalten durchgeführt. Der Quotient aus der ursprünglichen Höhe h_0 und der gestauchten Höhe h_1 des Prüfkörpers ist ein Maß für die Konsistenz. Pfefferkorn benutzte den Wassergehalt des Deformationsverhältnisses $h_0/h_1 = 3,3$, der dann als Plastizitätszahl nach Pfefferkorn bezeichnet wird, zur Charakterisierung der Tonmasse. Dieser Wert stellt allerdings für die normale Praxis eine viel zu weiche Masse dar. In der betrieblichen Praxis stellt jedes Ziegelwerk diesen Wassergehalt und die sich daraus ergebende Konsistenz auf die Erfordernisse der Art ihrer Formgebung ab (Bilder 5.8.).

M.A. Bigot zieht um 1921 die Schwindung zur Beurteilung der Plastizität heran mit seiner Definition: Plastizität = Schwindungswasser/Gesamtwasser \times lineare Trockenschwindung, da man aus Erfahrung wußte, daß ein Zusammenhang bestand zwischen Anmachwasserbedarf (Gesamtwasser), Trockenschwindung und Gehalt an toniger Substanz. Unter Anmachwasser versteht man diejenige Wassermenge, die der Rohstoff benötigt, um eine formbare, nicht klebende Masse zu bilden. Der Bedarf ist abhängig vom Formgebungsverfahren, dem Gehalt an toniger Substanz und der mineralischen Zusammensetzung des Tons. Mit Schwindung bezeichnet man die Eigenschaft des keramischen Rohstoffs, sich beim Trocknen und Brennen zusammenzuziehen. Anmachwasserbedarf und Trockenschwindung bedingen sich etwa wechselseitig und sind groß, wenn ein großer Gehalt an toniger Substanz vorliegt. Das heißt also, daß fette Tone wegen ihres größeren Gehalts an aufquellbarer Tonsubstanz stärker schwinden als magere. Beim Trocknen endet die Schwindung, wenn der als Schwindungswasser bezeichnete Teil des Wassers ausgetrieben ist. Das danach noch im Ton verbleibende Wasser wird als Porenwasser bezeichnet.

Mit der Bigot-Kurve wird der Verlauf der Trockenschwindung in Abhängigkeit vom Wasserentzug dargestellt (Bild 5.9.). Der in den Laboratorien von Aciéries d'Imphy, Paris, entwickelte „Barellatograph“ ermöglichte eine automatische Aufzeichnung der Bigot-Kurve, die Hinweise auf das Trocknungs- und Schwindungsverhalten bei ruhender Raumluft gab und mit zur rohstoffgerechten Auslegung von Trock-

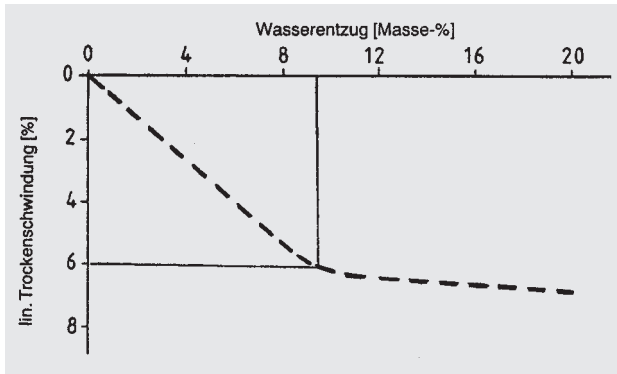


Bild 5.9. Bigot-Kurve

nungsanlagen herangezogen wurde. Die Bigot-Kurve ist allerdings ein Rohstoffparameter, der den Einfluss von Temperatur, Luftfeuchte und -umwälzung nicht berücksichtigt.

Ausgehend von der Tatsache, daß die Wasseraufnahme eines trockenen Rohstoffs ein Maß für die Bildsamkeit darstellt, verbesserte H. Enslin 1933 ein ursprünglich von O. Schmidt in der Bodenkunde verwendetes Gerät zum sogenannten Enslingerät (Bild 5.10.). Dieses dient zur Feststellung der Was-

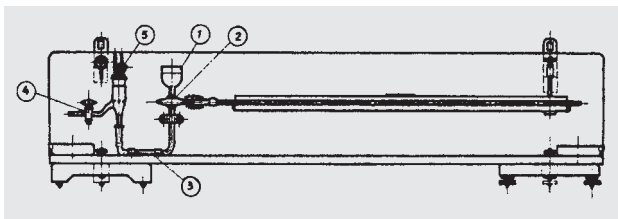


Bild 5.10. Enslin-Gerät (1=Glastrichter, 2=Dreiweghahn, 3=Zwischenstück, 4=Ansatzstück, 5=Glasfiltertiegel)

seraufnahme (als Funktion der Zeit), die eine trockene, pulverisierte Tonprobe freiwillig bei unendlichem Wasserangebot annimmt (Bild 5.11.). Aus der angesaugten Wassermenge, bezogen auf das Gewicht der trockenen Toneinwaage, errechnet sich der Enslinwert. Da die angesaugte Wassermenge von der spezifischen Oberfläche des Materials und dessen

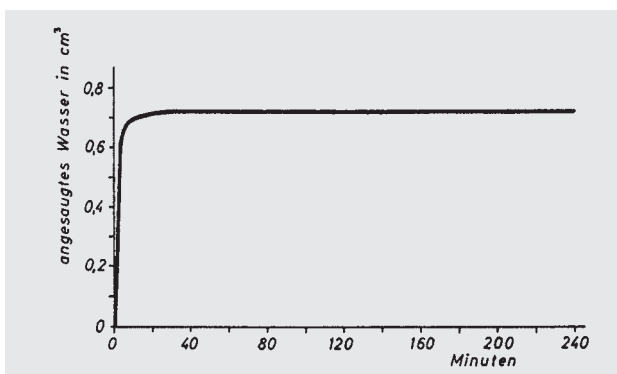


Bild 5.11. Wasseraufnahme eines Rohstoffs als Funktion der Zeit zur Ermittlung des Enslin-Werts

Quellfähigkeit abhängt, ermöglicht der Enslin-Wert einen Rückschluß auf die Kornfeinheit und Bildsamkeit.

Zwischen 1950 und 1975 gab es eine intensive Beschäftigung mit zahlreichen Arbeiten über die Definition und Bewertung der Plastizität. Th. Haase, der sich in den 1950er Jahren eingehend mit dem Problem der Bildsamkeit befaßte, definierte diese so: „Bildsamkeit ist das Vermögen eines festen Körpers, auf von außen wirkende Kräfte mit bleibenden Formänderungen zu reagieren, ohne daß dabei der Zusammenhalt der diesen Körper bildenden Elementarteilchen verloren geht“.

Im Unterschied zur plastischen Umformung von Metallen, bei der innerkristalline Vorgänge ablaufen, handelt es sich bei keramischen Massen um relative Verschiebungen der Teilchen der dispersen Phase. Deshalb wurde für keramische Massen anstelle des Begriffs „Plastizität“ die Verwendung des Begriffs „Bildsamkeit“ vorgeschlagen. In der betrieblichen Praxis hat sich dieser Vorschlag jedoch nicht durchgesetzt und so werden beide Begriffe nach wie vor synonym verwendet.

Eine von M. Linseis 1950 entwickelte Methode mißt die Zugfestigkeit eines Tonstrangs und dessen Fließwiderstand beim Durchpressen durch eine Düse. Diagramme mit der Zugfestigkeit als Funktion dieses Fließwiderstands ergeben dann für jeden Ton eine charakteristische Kurve, die seine Bildsamkeit charakterisiert und vom Wassergehalt unabhängig ist.

Sog. Torsionsplastographen, bei denen die durch Verdrehung eines zylindrischen Tonprüfkörpers auftretende „Torsionscharakteristik“ und aufzuwendende Formänderungsarbeit als Maßstab dienen, werden 1952 von P. Maack und 1958 von H. Lehmann und H. Dutz beschrieben.

5.5.3. Fließdruckmesser

Eine besondere Bedeutung für die betriebliche Praxis erlangte ab den 1950er Jahren das im Preßkopf von Strangpressen eingebaute Druckmeßgerät, ein sog. Fließdruckmesser. Dieser mißt kontinuierlich den vom Feuchtegehalt der Arbeitsmasse abhängigen Preß- bzw. Fließdruck. Die Druckübertragung auf das Manometer erfolgt bei dem 1952 erstmals von Händle/Mühlacker vorgestellten Druckmeßgerät hydraulisch, bei dem 1956 von Rieter/Konstanz auf den Markt gebrachten „Plastometer“ mit Federkraft ab ca. 1980 auch elektronisch. Das Druckmeßgerät wurde auch zur Ausgangsbasis der automatischen Feuchte- und Plastizitätsregelung (Bilder 5.12.).

5.5.4. Messung der Preßsteife

Zur periodischen Messung der Preßsteife wurden nach 1950 sog. Eindringprüfer für die direkte Mes-

Bilder 5.12. Feuchterege lung

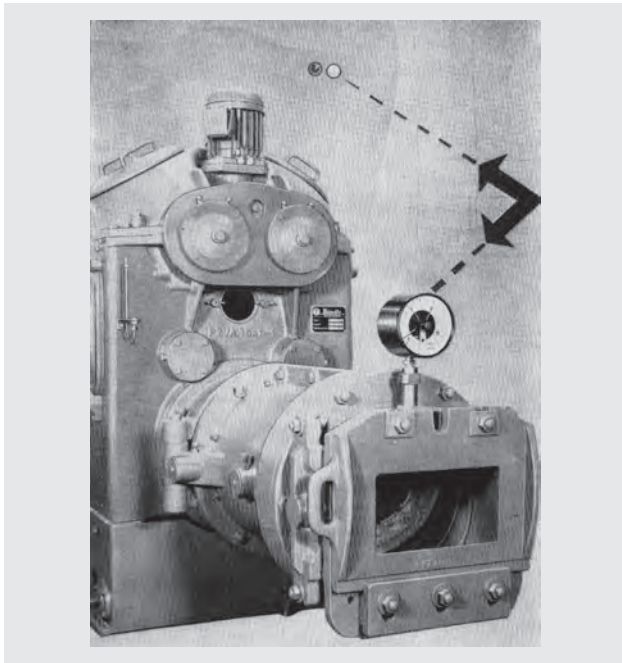


Bild 5.12a. Fließdruckmeßgerät eingebaut im Preßkopf einer Strangpresse, mit Signallampen zur Anzeige zu hohem oder zu niedrigen Preßdrucks

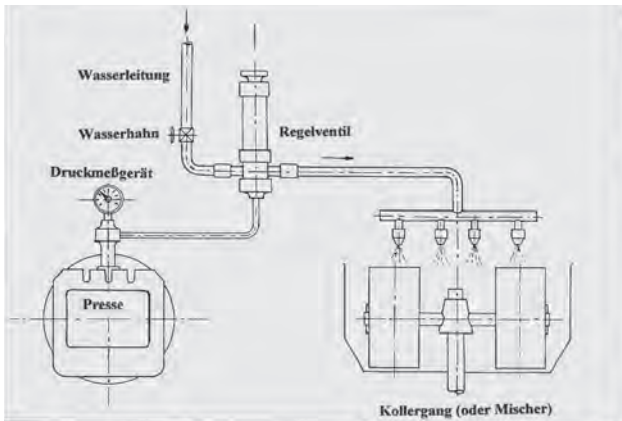


Bild 5.12b. Einfache automatische Wasserregelanlage: der jeweils als günstig ermittelte Preßdruck wird am Regelventil eingestellt, welches dann je nach Höhe des Preßdrucks mehr oder weniger öffnet oder ganz schließt, um 1955

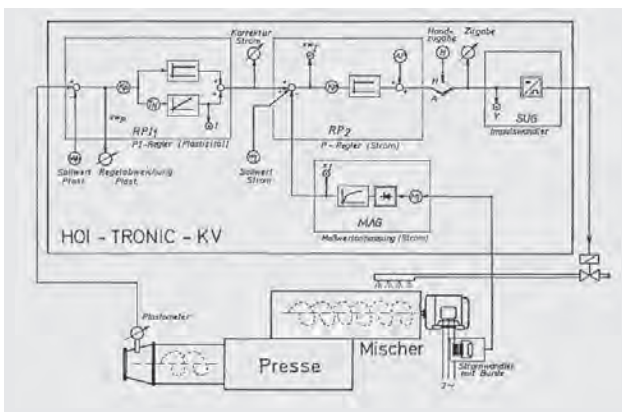


Bild 5.12c. Feuchterege lanlage HOI-Tronic von Leisenberg, am Vakuumaggregat, es benutzt die Stromaufnahme des Mischermotors als sog. Hilfsregelgröße und den Preßdruck als sog. Führungsregelgröße, um 1970

sung am Tonstrang entwickelt, mit denen sich in wenigen Sekunden die Massesteife ermitteln läßt. Das Plastimeter nach Persson wird auf den Tonstrang aufgesetzt, ein Fallgewicht von 560 g aus einer Fallhöhe von 50 mm ausgelöst und die Eindringtiefe des Kegels in mm abgelesen (Bild 5.13.). Bei dem in der Ziegelindustrie gebräuchlichen Penetrometer wird ein mit einer Stahlfeder verbundener Dorn von 6,5 mm Durchmesser 6,5 mm tief in den Strang eingedrückt und dabei ein Meßring auf einer Skala verschoben. Der Widerstand, den die Masse dem eindringenden Stift entgegensetzt, gilt als Kennwert für die Massesteife, wobei der auf der Skala (seit 1990 direkt auf einer Meßuhr) abgelesene Penetrometerwert gleich die Druckfestigkeit des Formlings in N/mm^2 angibt.



Bild 5.13. Plastimeter oder Eindringprüfer zur Messung der Strangsteife

5.6. Bestimmung der Korngrößenverteilung

Die Kenntnis des Korngrößenaufbaus eines Tons gibt vielerlei Hinweise zu seiner Eignung für die Herstellung bestimmter baukeramischer Erzeugnisse. Da der Korngrößenbereich von mehreren Millimetern bis in den kolloidalen Bereich von $< 0,2$ Mikrometer geht, wurden im Laufe der Zeit auch zahlreiche Verfahren entwickelt. Zu nennen sind hier u. a. für den Korngrößenbereich (Äquivalentdurchmesser in μm) von ca. 2000-20 die Siebanalyse, 200-10 die Schlämmanalyse, 63-1 die Sedimentationsanalyse und < 1 Elektronenmikroskopie und Röntgen-Verfahren.

Da die keramischen Rohstoffe vorwiegend aus unregelmäßig geformten Teilchen bestehen, für deren Größenkennzeichnung es keinen zahlenmäßig eindeutigen Ausdruck gibt, versteht man unter Korngröße grundsätzlich den äquivalenten Teilchendurchmesser, d. h. den Durchmesser von Kugeln, die das gleiche Volumen oder die gleiche Oberfläche wie das unregelmäßige Teilchen besitzen. Bei Siebanalysen geht man davon aus, daß die Maschenweite des jeweiligen Prüfsiebs identisch ist mit der Größe eines Kornes, welches das Sieb gerade noch passieren kann.

5.6.1. Siebanalyse

Die Siebanalyse ist die einfachste Form der Korngrößenbestimmung, bei der die einzelnen Kornfraktionen summarisch abgetrennt und die Mengen



Bild 5.14. Oben: Analysensiebmaschine AS 200 control zur Bestimmung von 9 Korngrößenfaktoren im Bereich $>40 \mu\text{m}$. Unten: Zwei verschiedene Siebausführungen. (Werkfoto Retsch, D-Haan)

(der Siebrückstand) gewichtsmäßig bestimmt werden. Sie eignet sich für Korngrößen oberhalb $0,063 \text{ mm}$, also praktisch nur für die fein- und grobsandigen Bestandteile des Tons. Man verwendet dazu Siebe aus Metallgewebe, wobei heute Prüfsiebe mit lichten Maschenweiten von z.B. $2,00$; $1,25$; $0,63$; $0,40$; $0,20$; $0,125$; $0,063$, $0,040$ und $0,020 \text{ mm}$ zur Verfügung stehen. Die kleinsten Maschenweiten werden wegen zu großer Empfindlichkeit allerdings in der Praxis kaum verwendet. Da die Tone Agglomerate, d. h. feste Zusammenballungen, bilden, kommt eine Trockensiebung nicht in Frage, sondern nur die Naßsiebung, indem man eine verdünnte Aufschlämmung des Tons durch das Sieb gibt. In der Praxis verwendet man dabei einen Siebsatz von 4-8 übereinander angeordneten Sieben, je nachdem in wieviel Fraktionen man

die Probe aufteilen möchte (Bild 5.14.). Früher wurden die Siebe durch Schütteln und Klopfen von Hand in Bewegung gehalten und bei den feineren Sieben zur Bewegung des zu siebenden Materials noch Pinsel verwendet. Heute erfolgt dies mit voll-elektronisch geregelten Vibrationsiebmaschinen, die mit bis zu 9 Sieben bestückt werden und bei denen Siebzeit und Schwingungsintensität vorprogrammiert werden können.

5.6.2. Schlämmanalyse

Zur Trennung der Korngrößen unterhalb $0,06 \text{ mm}$ verwendete man ab 1850 den Schlämmaparat nach Schulze, zunächst zur Analyse von Bodenarten. Das Prinzip dieser sog. Spülmethode, die man früher auch als mechanische Analyse bezeichnete, besteht darin, daß ein Wasserstrom mit einer definierten Geschwindigkeit durch die Apparatur fließt und dabei alle Teilchen mitnimmt, die dieser Geschwindigkeit entsprechen.

1867 bringt Schöne einen neuen Schlämmaparat heraus, der gute Ergebnisse liefert und den Bischof 1895 als den „bis jetzt am meisten vervollkommne-

Bilder 5.15. Schlämmanalyse

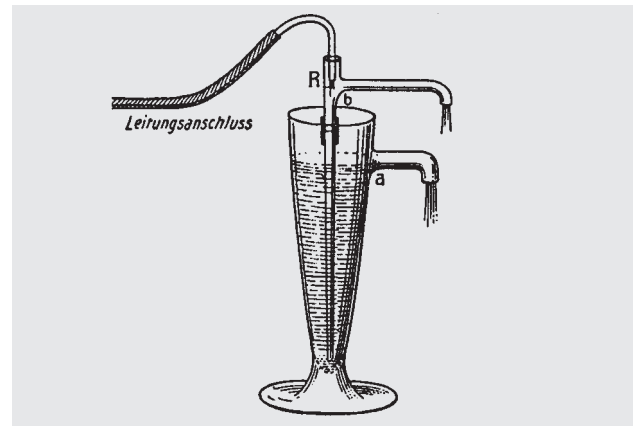


Bild 5.15a. Schlämmanalyse: Das Kelchglas von Schulze gilt als die klassische Schlämmapparatur

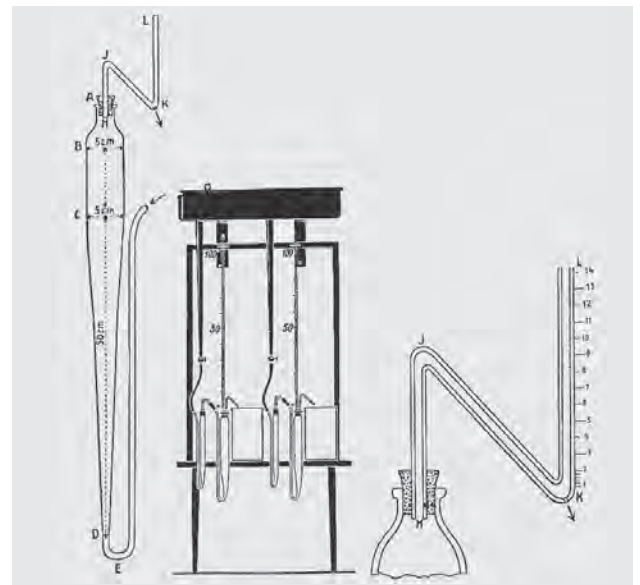


Bild 5.15.b. Schlämmaparat nach Schöne

ten und empfehlenswerten Apparat“ bezeichnet. Schon A. Türschmiedt, unter dessen Leitung 1869 die „Deutsche Töpfer- und Zieglerzeitung“ entsteht, bezeichnete den Schlämmaparat als ein für Ziegel-treibenden so notwendiges Gerät, wie für den Hufschmied die Kneifzange und hält denselben für den sichersten und besten Weg, die Natur des Tons kennenzulernen (Bilder 5.15.).

Als erster beschrieb W. Schütze 1871, wie man Tone in Fraktionen verschiedener Korngrößen zerlegen kann. Es war aber die Einteilung von Seger, die er 1872 mit Hilfe des Schöneschen Apparats aufstellte, die Eingang in die Praxis fand. Diese allgemein bekannte Einteilung sieht folgende Kornfraktionen vor: I Tonsubstanz $< 0,010 \text{ mm}$, II Schluff $0,025 - 0,010 \text{ mm}$, III Staubsand $0,04 - 0,010 \text{ mm}$, IV Feinsand $0,2 - 0,04 \text{ mm}$ und V Grobsand $> 0,2 \text{ mm}$.

Diese Fraktionen wurden in Bild 5.16. als Dreistoffsystem dargestellt mit den Bezeichnungen für seine wesentlichen, möglichen Mischungen. Hieraus wird auch der Unterschied zwischen Ton und Lehm mit

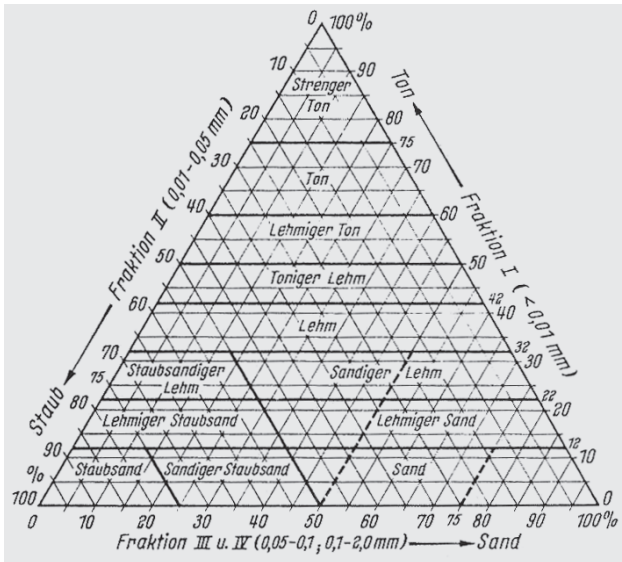


Bild 5.16. Dreistoffsystem mit den Bezeichnungen der wesentlichen möglichen Mischungen der 3 Fraktionssubstanzen

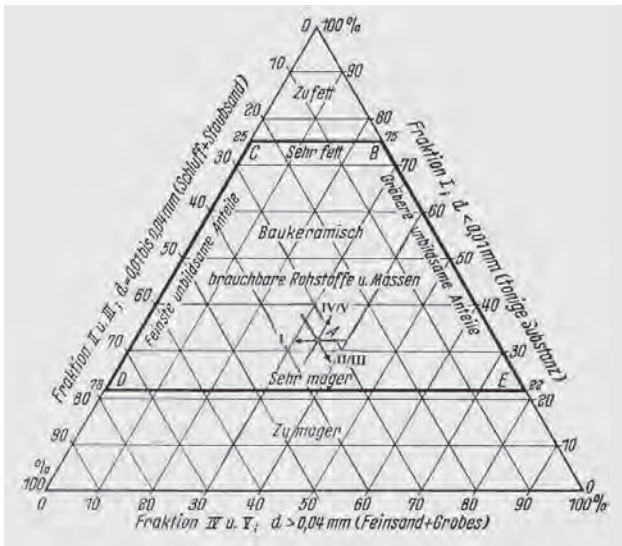


Bild 5.17. Dreistoffdiagramm mit der Eingrenzung der bildsamen, baukeramisch brauchbaren Rohstoffe und Massen

seinen fließenden Übergängen deutlich. In dem Dreistoffdiagramm nach Bild 5.17. ist die Fläche eingegrenzt, in dem die baukeramisch brauchbaren Rohstoffe liegen.

Die Tatsache, daß Seger die Teilchen $< 0,010$ mm als Tonsubstanz festlegte, ergab sich aus den beschränkten Möglichkeiten des Schlämmapparats. Es waren nämlich die Teilchen, die im Schöne'schen Apparat bei der geringsten Geschwindigkeit des Wasserstroms fortgeführt werden, die sich noch mit Sicherheit bestimmen ließ. Aus dieser Geschwindigkeit, nämlich $0,18$ mm pro Sekunde, ergab sich nach den von Schöne für die Fallgeschwindigkeit von Quarzkugeln im Wasser berechneten Größen und den direkten mikroskopischen Messungen an den Schlämmprodukten diese Maximal-Korngröße von $0,010$ mm.

Weitere Modelle von Schlämmapparaten folgten. In der Bodenkunde fand der von Kopecky 1914 konstru-

ierte Schlämmapparat Eingang und in der Keramik der von Harkort 1927 verbesserte Apparat von Schulze. Der Schöne'sche Apparat wurde etwa zur gleichen Zeit von Bollenbach abgeändert.

5.6.3. Sedimentationsanalyse

In der weiteren Entwicklung der Tonforschung zeigte sich aber auch die Notwendigkeit, die Kornfraktion $< 10 \mu\text{m}$ noch weiter zu unterteilen. Dies wurde möglich durch die Sedimentationsanalyse, die um 1922 mit dem Schlämmzylinder nach Atterberg in der Bodenkunde eingeführt wurde. In der Keramik verdrängte etwa ab 1930 die Pipettiermethode nach Andreasen allmählich die Schlämmanalyse (Bild 5.18). Bei der Sedimentationsanalyse beobachtet man das Absetzen der in einer Flüssigkeit aufgeschlämmten Teilchen bei ruhender Flüssigkeit, da die Fallgeschwindigkeit von der Korngröße des fallenden Teilchens abhängt. Für die Berechnung der Fallzeit und der Korngröße benutzt man die Formel von Stokes (englischer Mathematiker und Physiker 1819 – 1903). Zur praktischen Auswertung wurde eine Vielzahl von Meßanordnungen entwickelt, die von einfachen Ausführungen wie der Pipettenmethode (z.B. Apparat nach Andreasen), der spezifischen Gewichtsmethode (z.B. Wiegner'sches Fallrohr 1922, Bild 5.19), der Sartorius-Sedimentationswaage (um 1950) bis ab etwa 1975 zu automatisch arbeitenden Geräten reichten. Ein solches stellt z.B. der Sedigraph der Firma Micromeritics/USA für den Korngrößenbereich von $0,2 - 300 \mu\text{m}$ dar. Das Gerät mißt mit Hilfe eines fein ausgeblendeten Röntgenstrahls die Konzentration von Partikeln, die in einer Suspension in verschiedenen Sedimentationsstufen als Funktion der Zeit verbleiben. Durch einen Programmrechner wird der nach dem Stokeschen Gesetz der Sedimentationshö-

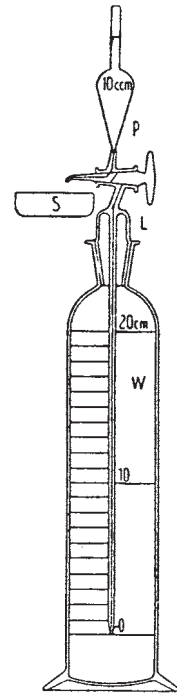


Bild 5.18. Apparatur zur Durchführung der Sedimentationsanalyse nach Andreasen

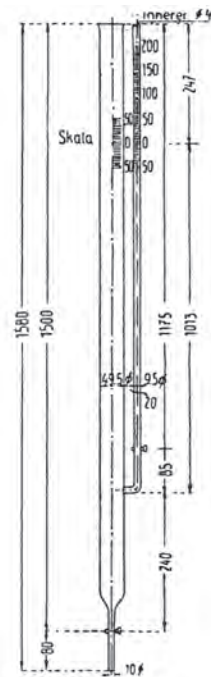


Bild 5.19. Wiegner'sches Fallrohr

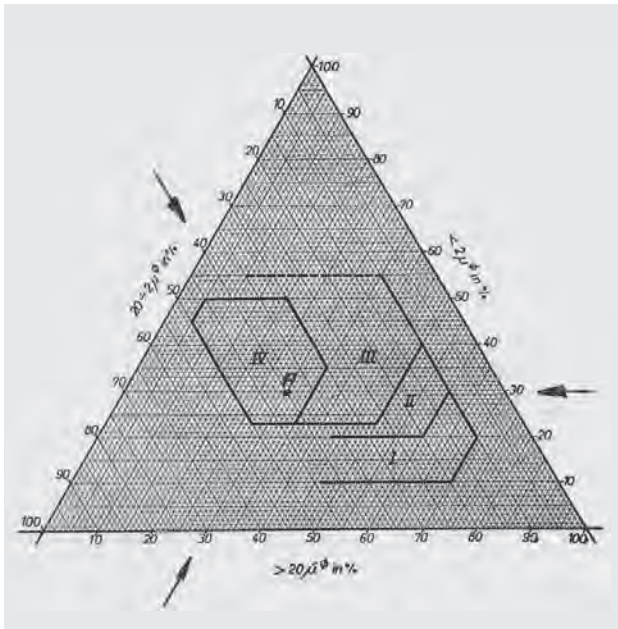


Bild 5.20. Winklersches Dreieck, ein Korngrößendiagramm mit den von Winkler vorgeschlagenen Korngrößensfraktionen. Jeder Punkt im Diagramm markiert eine bestimmte Mischung dieser drei Fraktionen (z. B. Pkt. A = 30% <math>< 2 \mu\text{m}</math>, 40% $2-20 \mu\text{m}$, 30% $> 20 \mu\text{m}$). Die Felder markieren die für bestimmte Ziegeleigenschaften optimalen Korngrößensbereiche: I = Vollziegel, II = Viellochziegel, III = Dachziegel und Hohlwaren, IV = Dünnwandige, großformatige Deckenziegel und Hohlwaren

he bzw. der Zeit zugehörige Äquivalentdurchmesser der Teilchen errechnet.

5.6.4. Winkler-Diagramm

Die Wichtigkeit und Bedeutung der Korngrößenverteilung zeigt das bekannte Winkler-Diagramm. Als zu Beginn der 1950er Jahre die deutsche Ziegelindustrie die Herstellung großformatiger dünnwandiger Hohlziegel anstrebte, begann E. Winkler ab 1952 italienische Tone zu untersuchen, aus denen seit vielen Jahren großformatige und sehr dünnwandige Hohlwaren hergestellt wurden, wie man es mit deutschen Tönen für kaum möglich hielt.

Die von Winkler gestellte Frage lautete, wie die ideale Kornzusammensetzung zur Herstellung von Vollziegeln, Hochlochziegeln (Gitterziegel), Dachziegeln und Deckenziegeln (dünnwandiger Hohlware) sein muß. Aus der Korngrößenanalyse von italienischen und einheimischen Tönen fand er, daß für die Beurteilung eines Rohstoffs drei Kornfraktionen wichtig sind: <math>< 2 \mu\text{m}</math>, $2-20 \mu\text{m}$ und $> 20 \mu\text{m}$.

Aus diesen Erkenntnissen entwickelte er 1955 das heute noch allgemein übliche und anerkannte Winklersche-Korngrößendreiecksdiagramm, mit Feldern für die günstigste Verarbeitbarkeit der vier Produktgruppen (Bild 5.20). Liegt ein Ton, der für eine bestimmte Produktart verwendet werden soll, nicht innerhalb der angegebenen Grenzen, muß häufig durch Zumischen von anderen Tönen oder Mager-

ungsmitteln eine Korngrößenverteilung erreicht werden, die näherungsweise den Vorgaben des Diagramms entspricht.³⁹

5.7. Chemische und mineralanalytische Untersuchungen

Im Jahre 1597 legte der aus Halle stammende Polyhistor Andreas Libanus mit der „Alchemia“ das erste systematische chemische Lehrbuch vor. Damit wendete sich die Chemie nach einer einseitigen medizinischen Orientierung verstärkt dem stoffwandelnden Gewerbe zu. An der Universität Marburg wird 1609 der erste Lehrstuhl für Chemie eingerichtet. Doch noch wird die Chemie über Jahrzehnte von der Phlogistontheorie des Chemikers und Arztes Ernst Stahl (1660-1734) beeinflusst bleiben, zu der ihn das 1669 erschienene Buch „Physica subterranea“ von Joachim Becher (1635-1682) angeregt hatte. Nach der Theorie von Stahl war Phlogiston ein Stoff, der in allen Körpern enthalten sei und beim Verbrennen entweiche.

Erst die Entdeckung des Sauerstoffs durch den englischen Chemiker Joseph Priestley (1733-1804) führt zur Aufgabe der Phlogistontheorie. Der französische Chemiker Antoine L. Lavoisier (1743-1794) deutet 1775 den Oxidationsprozeß als Sauerstoffaufnahme. In seinem 1789 erschienenen Buch „Traité élémentaire de Chimie“ kann er 23 damals festgestellte Elemente aufzählen. Das nun beginnende „Neue Zeitalter“ der Chemie führt auch zur Entwicklung neuer chemischer Zeichen durch den schwedischen Chemiker Johann J. Berzelius (1779-1848), wobei er zwei Schreibweisen, eine chemische und eine mineralogische, einführt, wie es heute noch gebräuchlich ist. (Zum Vergleich die Formel für Kaolinit, chemisch bzw. oxidisch: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, mineralogisch: $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5]_2(\text{OH})_4$).

Die allgemeine Entwicklung im Bereich der Chemie führte auch dazu, daß die wissenschaftliche Erforschung der Tone zunächst nur chemisch-analytischer Natur war. Allerdings war Ende des 18. Jahrhunderts die chemische Zusammensetzung silikatischer Rohstoffe noch kaum bekannt: 1855 waren es 6, im Jahre 1874 dagegen schon nahezu 250 Silikatmaterialien. Sehr bald erkannte man auch, daß die qualitative und quantitative chemische Bestimmung der elementaren Bestandteile eines keramischen Rohstoffs für sich allein nur eine begrenzte Aussagekraft besitzt, da im einzelnen nicht abzuleiten war, in welchem Umfang die nachgewiesenen Stoffe wirksam werden und an welche Minerale sie gebunden sind.

5.7.1. Rationelle Analyse

Eine Möglichkeit der technisch brauchbaren Ermittlung der mineralischen Zusammensetzung eröffne-

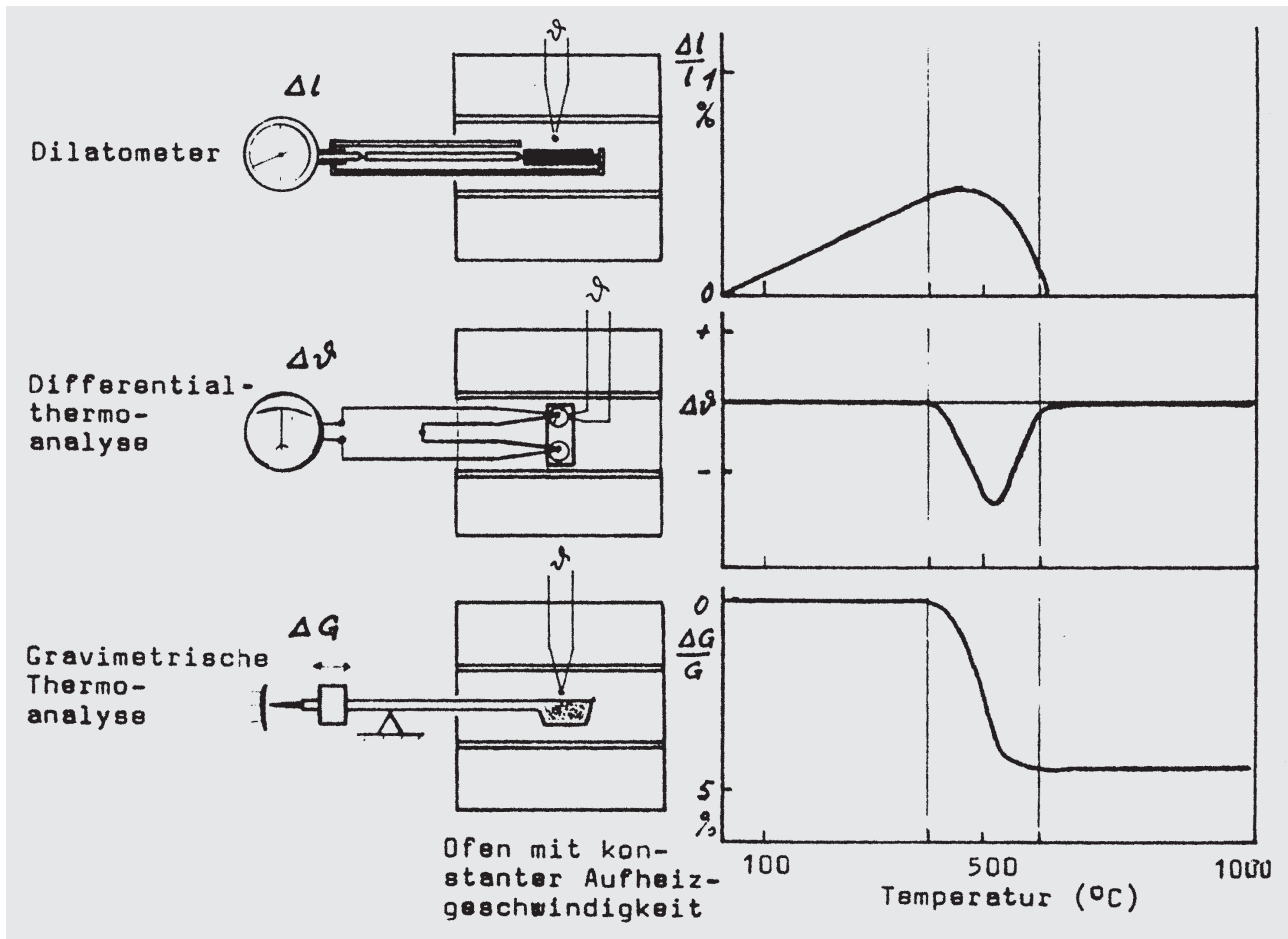


Bild 5.21. Schematische Darstellung der drei wichtigsten thermoanalytischen Untersuchungsverfahren

te die rationelle Analyse, die den Zweck verfolgt, Tone in Tonsubstanz, Feldspat und Quarz zu zerlegen. Begründet wurde sie Ende der 1820er Jahre von Forchhammer, der die Tonsubstanz mit heißer Schwefelsäure löste. Zur allgemeinen Einführung kam die rationelle Analyse aber erst durch die Bemühungen von Julius Aron (1840-1897), seit 1871 Leiter des Labors der Töpfer- und Zieglerzeitung, der 1873 die Ausführung des Schwefelsäureaufschlusses präziserte, und durch Seger, der 1892 eine Methode zur Ausführung der rationellen Analyse beschrieb. So konnte Otto Bock, der Altmeister der Ziegeleitechnik, auch 1894 schreiben: „Die Zeiten sind glücklicherweise vorbei, wo man mit der chemischen Analyse des Tons allein die Güte und Brauchbarkeit desselben beurteilen wollte“.

Eine von Eduard Berdel 1904 ausgearbeitete Methode beruht auf der Beobachtung, daß Kaolinit von Schwefelsäure bestimmter Konzentration in lösliche Kieselsäure und Aluminiumsulfat umgewandelt wird, während Quarz nicht und Feldspat nur wenig durch dieses Reagens angegriffen werden. Durch Berdel, der ab 1905 an der keramischen Fachschule in Höhr-Grenzhausen lehrte, fand die rationelle Analyse nach Berdel über die keramischen Fachschulen auch Eingang in die Betriebslaboratorien. Die 1914 entwickelte Methode von Kallauner und Matejka beruht auf einem wesentlich anderen Prinzip. Sie baut auf der

Erkenntnis auf, daß Kaolinit bei 700 °C in H₂O, freie SiO₂ und freies Al₂O₃ zerfällt, wobei das Aluminiumoxid in Salzsäure löslich wird.

Seit der Einführung durch Aron und Seger wurde der Analysengang in Details vielfach abgeändert, und so entstanden noch eine ganze Reihe weiterer Methoden, so u. a. die nach Bollenbach, Körner, Keppeler und Gotthardt (1931), Harkort (1932), Hofmann und Haacke (1962).

1932 entwickelten H. Hirsch und W. Dawihl noch eine Methode zur Quarzbestimmung durch Aufschluß mit wasserfreier Phosphorsäure, die sehr gute Werte für den Quarz lieferte.

Durch die Entwicklung der thermoanalytischen und röntgenographischen Untersuchungen hat die rationelle Analyse heute keine praktische Bedeutung mehr.

5.7.2. Thermoanalyse

Die thermoanalytischen Untersuchungsverfahren basieren auf dem unterschiedlichen thermischen Verhalten der Rohstoffe. So ergeben sich bei Temperaturänderungen von Stoffen:

- Dehnungen und Schwindungen (bestimmt durch Dilatometer)

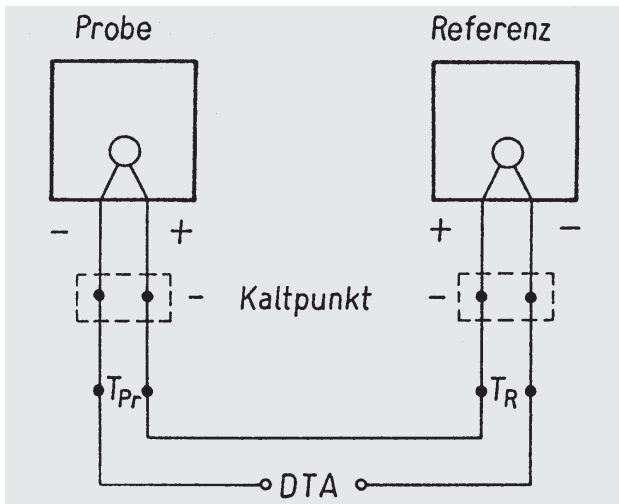


Bild 5.22. Meßprinzip der Differential-Thermoanalyse (DTA). T_{Pr} = Temperatur der Probe, T_R = Temperatur des Referenzmaterials, DTA = Differenztemperatur

- Wärmeabgebende (exotherme) und wärmeverbrauchende (endotherme) Reaktionen (bestimmt durch die Differential-Thermoanalyse DTA)
 - Gewichtsmäßige Veränderungen (bestimmt durch die Thermogravimetrische Analyse TGA)⁴⁰
- Aus den erhaltenen Kurven, die für die verschiedenen Minerale charakteristisch sind, kann dann qualitativ und teils auch quantitativ auf das jeweilige Mineral geschlossen werden (Bild 5.21.).

Die Geschichte der Thermoanalyse beginnt mit Le Chatelier, der 1887 eine Arbeit „Über die Einwirkung der Wärme auf die Tone“ veröffentlichte. Er hatte die Temperaturzunahme von Tonproben aufgezeichnet und dabei erkannt, daß der gemessene Temperaturverlauf in bestimmten Temperaturbereichen verzögert oder beschleunigt wird und daraus auf endotherme und exotherme Vorgänge geschlossen, ohne daß zum damaligen Zeitpunkt schon Erkenntnisse über das Reaktionsverhalten der jeweiligen Minerale vorlagen.

Bilder 5.23. Differentialthermoanalyse

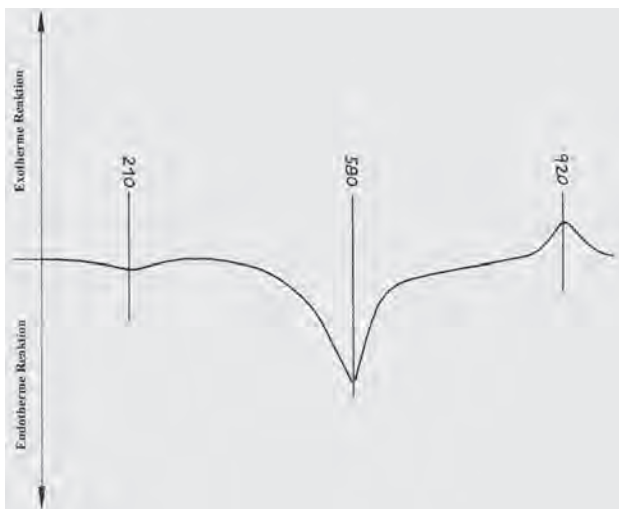


Bild 5.23a. Differential-Erhitzungskurven eines Tons

Mit der Einführung des Differenzprinzips der Temperaturmessung zwischen einer Inertprobe und einer Probesubstanz durch zwei gegeneinander geschaltete Thermoelemente begründete Roberts-Austen 1899 das Meßprinzip der Differenz-Thermo-Analyse (DTA). (Bild 5.22.) Die ersten Differentialthermoanalysen von Tonen wurden 1913 von dem Franzosen R. Wallach durchgeführt (Bilder 5.23).

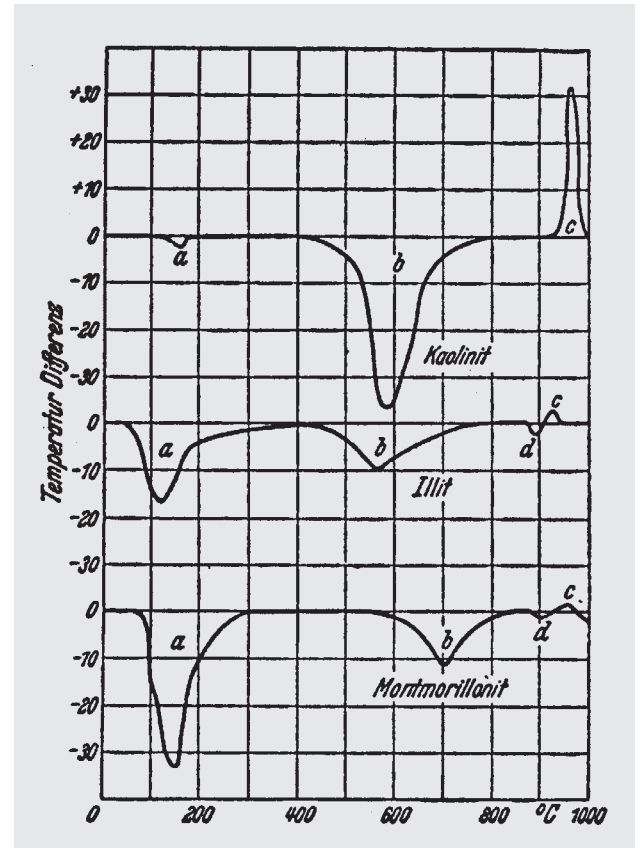


Bild 5.23b. DTA-Kurven der Tonminerale Kaolinit, Illit und Montmorillonit mit typischen Ausschlägen, sog. Peaks, bei a. durch Abgabe des Zwischenschichtwassers, b. Kristallwasseraustritt, c. Tonerdeumwandlung

Ab den 1930er Jahren wurden die DTA-Messungen mit dem Bau entsprechender Meßgeräte durch zwei weitere thermische Untersuchungsverfahren ergänzt, die Thermodilatometrie und die Thermogravimetrie.

Etwa ab 1920 befaßte man sich verstärkt mit dem Dilatometer, um durch eine kontinuierliche Messung der Längenänderung mit steigender oder fallender Temperatur Einblicke in die Veränderungen der Tone zu gewinnen. In zahlreichen Forschungsarbeiten zwischen 1920 und 1943 wurde der Zusammenhang zwischen Ausdehnungsänderung und mineralischer Zusammensetzung erkannt und klargelegt. Die um 1950 gebräuchlichsten Dilatometer waren die Differentialdilatometer nach Chevenard und das nach Bollenrath, welches von E. Leitz, Wetzlar, zur Ausführung gebracht wurde. Hierbei wird die Längenänderung eines Probestabs mit der bekannten Längenänderung eines Vergleichsstabs verglichen und durch einen optischen oder mechanischen, mit

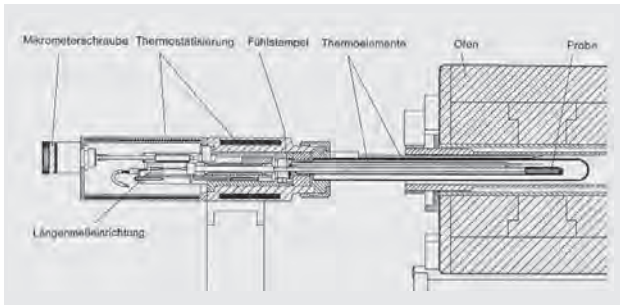


Bild 5.24. Dilatometer-Meßeinrichtung der Firma Netzsch Gerätebau GmbH, Selb

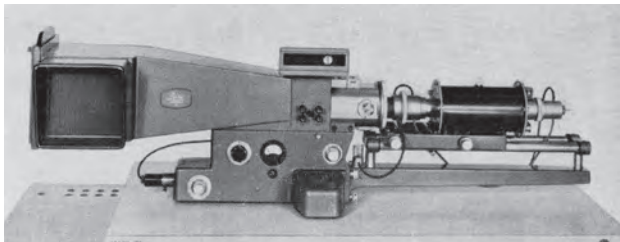


Bild 5.25. Universaldilatometer nach Bollenrath der Firma E. Leitz GmbH, Wetzlar

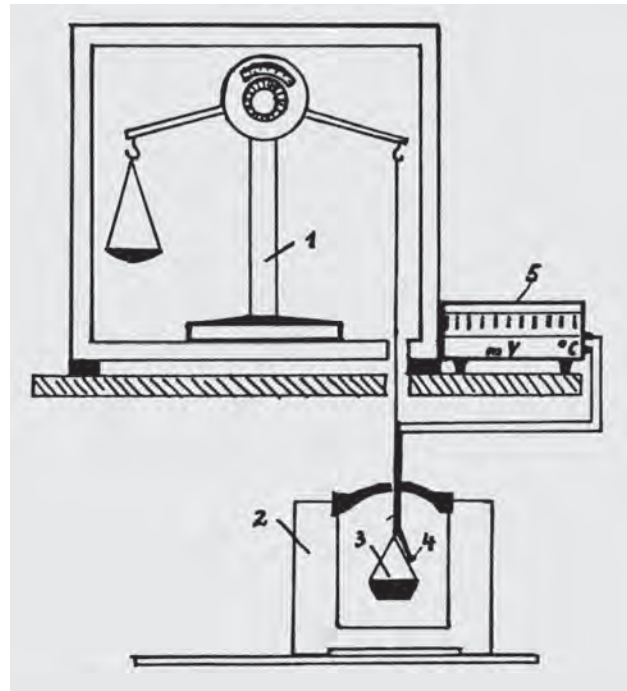


Bild 5.27. Einfache Thermowaage zur Aufnahme von Entwässerungskurven (TG-Kurven) nach Radczewski (1 Torsionswaage, 2 Ofen, 3 Prüfschubstanz in Pt-Tiegel, 4 Thermolement, 5 Temperaturanzeige)

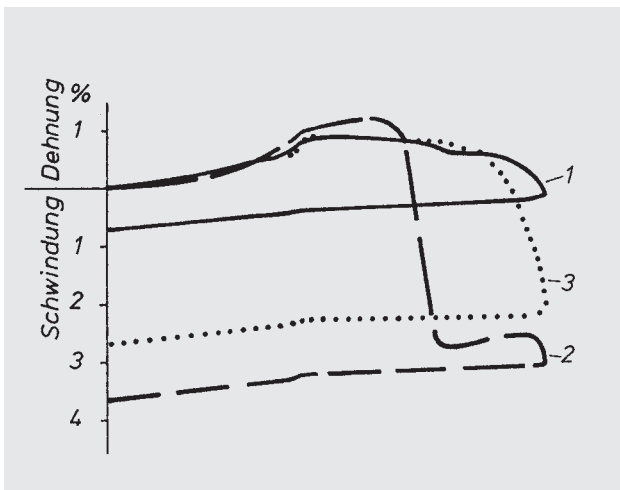


Bild 5.26. Dilatometer- oder Dehnungs-Schwindungskurven (DS-Kurven) dreier Rohstoffe:

- 1 = rotbrennender Diluvial-Lehm,
- 2 = gelbbrennender Oberkreide-Ton,
- 3 = grau/weißbrennender Westerwälder Ton

einer Meßbrücke verbundenen, Zeiger registriert (Bilder 5.24.- 5.26).

Erste Berichte über thermogravimetrische Untersuchungen veröffentlichte 1938 Keppeler und 1943 Nutting in den USA. Hierbei wird eine Substanz während einer Wärmebehandlung mit Hilfe einer Waage (Thermowaage) ständig gewogen (Bild 5.27.). Aus dem Gewichtsverlust in Abhängigkeit von der Temperatur können Rückschlüsse auf den Mineralbestand gezogen werden (Bild 5.28).

Nach 1945 wurden die thermoanalytischen Untersuchungsverfahren in größerem Maßstab durchge-

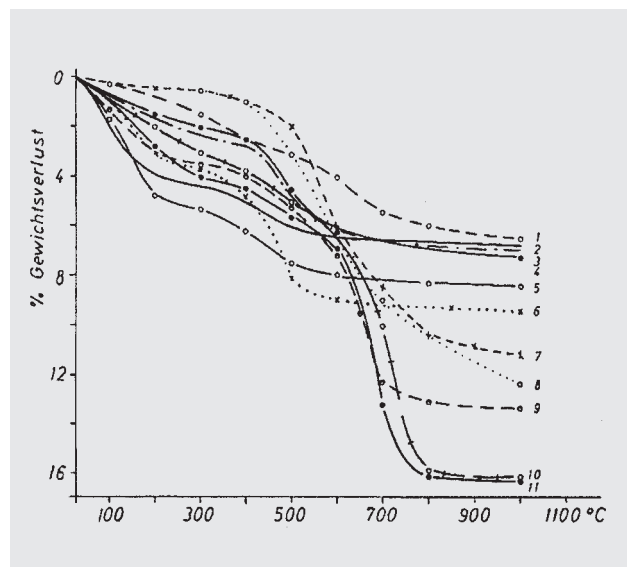


Bild 5.28. Thermogravimetrische Kurven (TG-Kurven), die den Masseverlust von 11 baukeramischen Arbeitsmassen in Abhängigkeit von der Temperatur zeigen (1 Lehm, 2-6 Ziegeltone, 7 Schiefer-ton, 8 Tonschiefer, 9 Tonstein, 10 – 11 Mergeltonne)

5.7.3. Röntgenographische Untersuchungen

Die röntgenographische Untersuchung von Tonen und ihrer Begleitminerale wurde seit 1930, zuerst in den USA, später auch in Deutschland und anderen Ländern, angewendet. Es waren zunächst qualitative Nachweise, eine erste Mitteilung über die quantitative röntgenographische Bestimmung der Tonminerale erschien 1940. Die röntgenographischen Untersuchungsmethoden gewannen in der Keramik eine sehr große Bedeutung zur Identifizierung von Mineralen in Rohstoffen und haben wesentlich zur Vervollständigung der Nomenklatur der Tonminerale beigetragen. Die Grundlagen für diese Untersuchungsmethode beruhen auf der Entdeckung von M.v. Laue, der 1912 fand, daß Röntgenstrahlen, die auf einen Kristall auftreffen, an diesem gebeugt werden (Bild 5.29), sowie der Bragg'schen Formel, 1913 formuliert von W.L.Bragg, mit der sich die in Kristallen vorkommenden Atomabstände berechnen lassen. In Deutschland war es vor allem C.W. Correns, der in den 1950er Jahren systematische Röntgenbeugungsuntersuchungen an Tonen durchführte und auf die kristalline Natur der feinsten Tonteilchen hinwies. Correns führte seine Untersuchungen nach dem Debye-Scherrer-Verfahren durch, einer von Debye und Scherrer sowie Hull in den Jahren 1916 und 1917 fast gleichzeitig vorgeschlagenen Methode zur röntgenographischen Untersuchung, die im Gesamtbereich der Silikatindustrie große Bedeutung erlangte (Bild 5.30.).

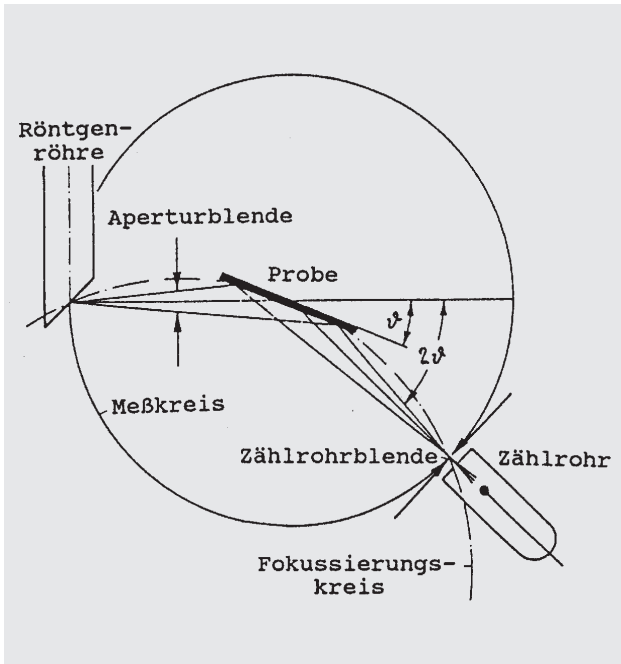


Bild 5.29. Geometrie und Strahlengang eines Röntgendiffraktometers (Siemens)

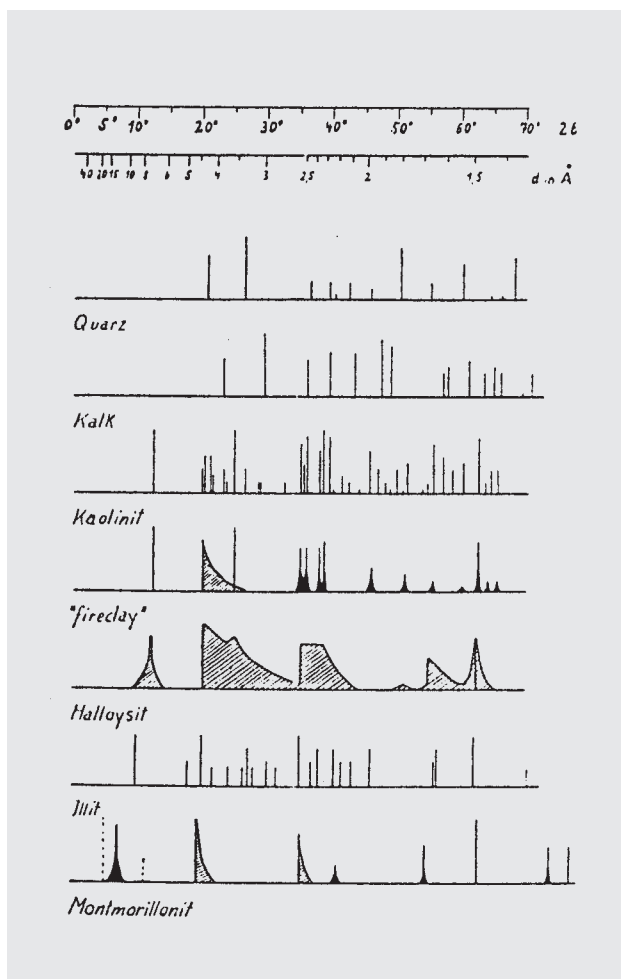


Bild 5.30. Schematische Darstellung der Röntgendiagramme der wichtigsten Tonminerale. Auf der waagerechten Koordinate sind die Beugungswinkel abgetragen mit den nach der Bragg'schen Formel berechneten Atomabständen. Die Stärke der abgebeugten Strahlung ist durch verschiedene Höhen markiert

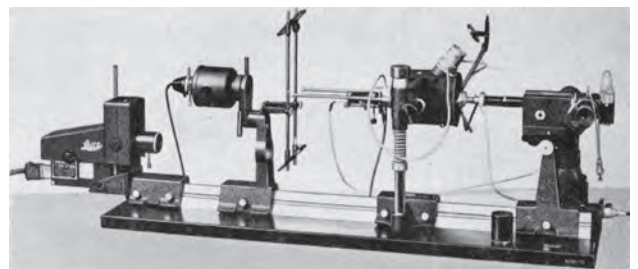


Bild 5.31. Erhitzungsmikroskop der Firma E. Leitz GmbH, Wetzlar

5.7.4. Erhitzungsmikroskopie

Mit dem Erhitzungsmikroskop läßt sich der Dehnungs-Schwindungsverlauf eines Ziegelrohstoffs bis zur Schmelze beobachten und photographisch in Einzelbildern festhalten (Bild 5.31.). Zur Untersuchung genügt ein Massewürfelchen von z. B. 2 mm Kantenlänge. Wenn man von allen Aufnahmen einer Untersuchungsreihe die Körperhöhen ausmißt und in ein Koordinatensystem einträgt, erhält man eine Dehnungs-Schwindungskurve, die den Verlauf der Größenänderungen bis zur Schmelze in leicht ver-



Bild 5.32. Darstellung des Schmelzvorgangs eines Tons mit dem Erhitzungsmikroskop

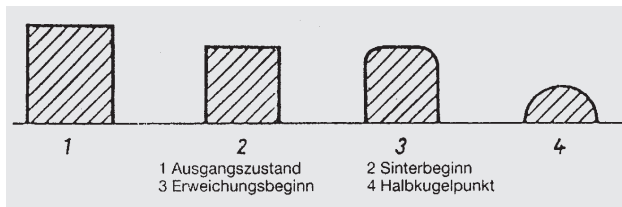


Bild 5.33. Schematische Darstellungen erhitzungsmikroskopischer Formen

gleichbarer Weise erkennen läßt (Bilder 5.32.+5.33). Das Erhitzungsmikroskop wurde ursprünglich Anfang des 20. Jahrhunderts zur Bestimmung des Ascheschmelzverhaltens entwickelt und fand dann ab den 1940er Jahren eine breite Anwendung als Untersuchungsmethode der Silikatforschung.

5.8. Klassifizierung der Tone

Die ersten Versuche, die verschiedenen Tonarten zu klassifizieren, stammen aus dem 18. Jahrhundert. Die Zahl der seither aufgestellten Klassifikationssysteme ist sehr groß, weil die Tone natürlich nach den unterschiedlichsten Gesichtspunkten klassifiziert werden können. Es waren die Erkenntnisse über die Unterschiedlichkeit der verschiedenen Tonvorkommen und ihre spezielle Eignung für bestimmte Produktarten, die um 1760 den Schweden Johann Gottschalk Wallerius zu einem der ersten Klassifizierungsversuche bewegten.

Bei Johann Nepomuk Schönauer, der 1815 mit seiner „Praktischen Darstellung der Ziegelhüttenkunde“⁴¹ eines der ersten deutschsprachigen zieleitenden Fachbücher schrieb, findet man folgende Hauptarten der „gemeinnützigen Thonarten“:

1. Die Porzellanerde – *Argilla porcellana*
2. Eine minder feine Gattung für Steingut, Pfeifen, Schmelztiegel – *Argilla apyra, sive fistularis*
3. Der gemeine Töpferton – *Argilla tessularis sive vulgaris*
4. Der Ziegelton – *Argilla limus*

Darüber hinaus führt er verschiedene Nebenarten an wie Bolus, Röthel, Walkerde, Mergel und Trippel.

Heusinger v. Waldegg unterscheidet 1867 folgende „Hauptgattungen des Thons“: a. Lehm, Leimen oder Ziegelthon, b. Thonmergel, c. Letten, d. Töpferton, e. Feuerfester Ton, f. Porzellanerde, Kaolin, während die für die technische Beurteilung des Tons wichtigsten Eigenschaften waren: a. Die Bildsamkeit/Plastizität, b. Das Schwinden, c. Das Hartbrennen, d. Die Schmelzbarkeit, e. Die Farbe.

Segger klassifiziert um 1890 die Tone nach den Färbungen, die sie beim Brennen annehmen, in:

1. Thonerdereiche und eisenarme; diesselben brennen sich weiß oder mit kaum merklicher Färbung
2. Thonerdereiche und mässig eisenhaltige Thone;

ihre Färbung geht durch blassgelb bis lederbraun im Brande

3. Thonerdearme und eisenreiche Thone; die rotbrennenden Ziegelerden
4. Thonerdearme, eisen- und kalkreiche Thone; die gelbbrennenden Ziegelerden oder Thonmergel.

Nach der Art der Verwendung unterscheidet Lipinski um 1949: Kaoline, Steinguttone, Feuerfeste Tone und feuerfeste Bindetone, Steinzeugtone, Töpfertone, Farb- und Engobetone, Glasurlehme und die hier besonders interessierenden Ziegeltonne mit den beiden Sondergruppen Dachziegeltonne und Klinkertonne. Hierunter fallen Tone unterschiedlichen Aufbaus und unterschiedlicher Eigenschaften mit verschiedenartigsten Brennfärbungen. Allgemeine Erfordernis ist die Möglichkeit einer Formgebung und die Erzielung ausreichender mechanischer Festigkeit schon bei relativ niedriger Brenntemperatur. Für Dachziegelton wird neben einer guten Brennfestigkeit auch eine ausreichende Wasserundurchlässigkeit gefordert, für Klinkerton Klinkerfähigkeit, d. h. ein entsprechendes Dichtbrennverhalten bei Erzielung ausreichend hoher Festigkeit.⁴² Nicht erwähnt wird die Frostfestigkeit, die aber für Dachziegeltonne von ganz besonderer Bedeutung ist.

Ein „Vollständiges Nomenklatorsystem der Tone“ legten 1958 Ernst, Forkel und v. Gehlen vom Mineralogischen Institut der Universität Erlangen vor. Dieses ist ein aus Symbolen zusammengesetztes, erweiterungsfähiges System mit der Möglichkeit, viele Einzeldaten zum Ausdruck zu bringen, um die kompliziert zusammengesetzten Gemenge der Tone darstellen zu können. Es handelt sich hier um eine sehr wissenschaftliche Klassifikation mit für die Ziegelindustrie geringerer praktischer Bedeutung.⁴³

Die heute im Bereich der Ziegelindustrie gängige Klassifizierung der „Arten der Ziegelrohstoffe“ wurde 1964 vom Institut für Ziegelforschung Essen e. V. auf der Basis von mehr als 1000 Ziegelrohstoffproben des In- und Auslands aufgestellt. Bei der Vielfalt der Rohstoffe beschränkt sich diese Gruppierung auf Sammelbegriffe, die aber im einzelnen noch mannigfache Varianten enthalten. Unterschieden werden:

- A. Beschränkt verziegelbare Ziegelrohstoffe: Geschiebemergel, Löß und Sand
- B. Unbeschränkt verziegelbare Ziegelrohstoffe: Lehme, Mergeltone, Ziegeltonne, Tonstein, Schiefer, Tonschiefer, Übergangs- und Mischrohstoffe.⁴⁴

Diese Ziegelrohstoffarten haben folgende charakteristische Merkmale:

Geschiebemergel sind glaziale Ablagerungen, die feinste Stäube aus Feldspat, Quarz, Glimmer und grobe Anteile aus Tongesteinen enthalten, außerdem noch Kalk in sehr feinverteilter Form. Im allgemeinen ist Geschiebemergel wegen seines hohen Gehalts

an feinverteiltem Kalk und viel zu grobem Gestein nicht verziegelbar, wenn in seltenen Fällen doch, dann höchstens zu ungelochten Mauerziegeln.

Löß ist ein gelbliches Material mit sehr hohem Kalkgehalt, das sehr feinkörnig ist (80 % im Bereich von 10-50 µm). Löß ist wahrscheinlich durch Windverwehungen von Geschiebemergelflächen entstanden. Zur Alleinverziegelung ist Löß nicht geeignet, wohl aber als magernder, porosierender Zusatzrohstoff für fettere Ziegelrohstoffe.

Sand ist ein Verwitterungsprodukt von Gesteinen, wobei Quarzsand am häufigsten vorkommt. Je nach Körnung unterscheidet man Staubsand (bis ca. 0,003 mm), Feinsand (bis ca. 0,2 mm) und Grobsand (bis ca. 3 mm). Sand ist in den meisten Rohstoffvorkommen vorhanden. Bei fetten Ziegelrohstoffen wird Sand bis zu 35 % als Magerungsmittel zugegeben.

Ziegeltone sind Tone mit erhöhtem Anteil der Komponenten wie Kalk, Alkalien, Eisenverbindungen, Salzen und organischen Substanzen. Ihr Erweichungspunkt liegt unterhalb ca. 1150 °C, sie können also nicht zur Herstellung feuerfester Produkte verwendet werden. Die Farbe der Tone ist hellgrau, gelblich, rotbraun, graublau, graugrün, mitunter auch dunkelgrau bis schwarz. Dunkle Färbung rührt von kohligen oder bituminösen Beimengungen her. Aus Ziegeltonen lassen sich im allgemeinen alle vorkommenden Ziegeleierzeugnisse herstellen.

Lehme sind Tone mit großem Anteil an Sand und Eisenverbindungen. Die Farbe ist gelb bis braun. Lehme werden in erster Linie zu Mauerziegeln verarbeitet, gelegentlich eignen sie sich auch für die Klinkerherstellung.

Mergeltone sind Tone mit einem größeren Anteil an Kalk. Je nach Kalkgehalt unterscheidet man: mergeligen Ton (8-15% Kalkanteil), Mergelton (15-25% Kalkanteil) und Tonmergel (25-35% Kalkanteil). Die Farbe ist grau bis graublau. Verziegelbare Mergelrohstoffe eignen sich für Vollziegel, Lochziegel, Deckenziegel und Dränröhren, für Dachziegel nur ausnahmsweise.

Tonstein ist ein durch Gebirgsdruck verfestigtes, aber nicht geschiefertes Sediment. Die mineralische Zusammensetzung von Tonstein ist verschieden wie auch seine Naturfarbe. Die Brennfarbe ist meist rot bis rotbraun. Tonstein wird vorwiegend zu Mauerziegeln verarbeitet, gelegentlich auch zu Klinkern und Dachziegeln.

Schieferton ist ein harter verfestigter Ton, der durch den Belastungsdruck einer darüber liegenden Gesteins- oder Gebirgsschicht entstanden ist und eine schiefrige Textur aufweist. Von Tonschiefer spricht man bei noch stärker verfestigtem Schieferton. Die Farbe dieser Rohstoffe ist bräunlichgrau bis dunkelgrau. Schiefertone eignen sich sowohl für Mauerziegel mit hohem Lochanteil als auch für Dachziegel.

Übergangs- und Mischrohstoffe

Bei der Vielfalt der keramischen Rohstoffe ist klar, daß sich viele Rohstoffe nicht unter den oben aufgeführten Sammelbegriffen einordnen lassen. Vielmehr findet man Rohstoffe, die Charakteristika von verschiedenen Materialien aufweisen oder einen Übergang von einem Material zum anderen darstellen. Begriffe wie „Sandiger Lehm“, „Mergeltonstein“, „Ziegelton mit Tonschiefer einschläüssen“ usw. machen dies deutlich. Die Verarbeitbarkeit dieser Rohstoffe richtet sich daher nach der Art der Hauptkomponente.

5.9. Ziegelkeramische Massen und ihre Eigenschaften

Früher war die ein- oder zweikomponentige Arbeitsmasse die Regel, d.h. der Ziegler verarbeitete einen Lehm oder Ton, dem er gegebenenfalls noch Sand als Magerungsmittel zusetzte, um die Schwindung herabzusetzen. Heute arbeitet man meist mit Mehrkomponentenmassen, d.h. man arbeitet mit Mischungen verschiedener Rohstoffe um ganz gezielt die gewünschten Eigenschaften des Endprodukts zu erhalten. Dazu werden Zusatztone oft als Fremdtone hinzugekauft. Hinzu kommen Magerungsmittel (z.B. Sand, Ziegelmehl), Porosierungsmittel (z.B. Sägemehl, Kohlenstaub, Styropor), Stoffe zur Farbbeeinflussung (z.B. Mangan, Kalk, Eisenoxid), Stoffe zur Erzielung bestimmter Reaktionen (z.B. Bariumkarbonat zur Überführung wasserlöslicher, ausblühhfähiger Salze im Ton in wasserunlösliche) u.a.m. Die prozentuale volumen- oder gewichtsmässige Zusammenstellung der für die Arbeitsmasse benötigten Komponenten nennt man den Versatz. Alle Einzelkomponenten des Versatzes müssen durch einen intensiven Misch- und Homogenisierungsprozeß zu einer homogenen Arbeitsmasse vereinigt werden.

Die Rohstoffeigenschaften beeinflussen in hohem Maße die Art und Güte der herzustellenden Produkte. Um zu beurteilen, ob sich ein Ziegelrohstoff zur Herstellung eines bestimmten Produkts eignet, bedient man sich einer ganzen Reihe von Eigenschaften, die heute alle labormässig untersucht und mit Zahlenwerten belegt werden. Während der frühere Ziegler diese Eigenschaften rein empirisch oder mit ganz einfachen Untersuchungsmethoden ermittelte, verfügen heute die meisten Ziegelwerke je nach Größe über ein einfaches bis gut ausgerüstetes Betriebslabor (Bild 5.34.). Gegebenfalls läßt man die Untersuchungen durch ein spezialisiertes Labor durchführen (Bild 5.42.). Zu nennen sind u. a. die äußere Beschaffenheit, chemische und mineralische Zusammensetzung, Kornaufbau, Plastizität oder Bildsamkeit, Gehalt an schädlichen Beimengungen (stückiger Kalk, Schwefeleisen, wasserlösliche Salze, organische Beimengungen), Bedarf an Anmachwasser, Trockenbruchfestigkeit, Trocken- und Brennschwindung, Brenn-, Sinter- und Schmelztemperatur. Am

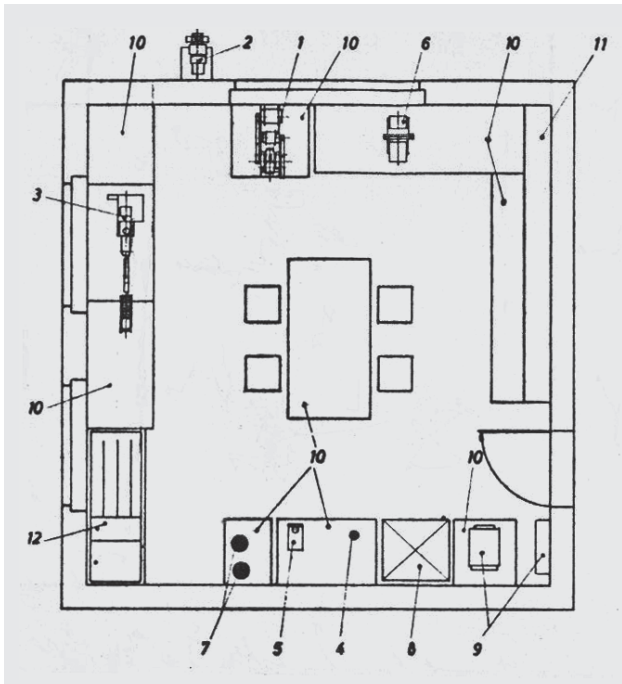


Bild 5.34. Vorschlag aus den 1960er Jahren für die Einrichtung eines einfachen bis mittleren Betriebslabors (1 Laborfeinwalzwerk, 2 Labormühle, wegen des Staubanfalls außerhalb aufgestellt, 3 Labor-Vakuummaggregat, 4 Plastizitätsprüfer, 5 Präzisionswaage, Ablesung 1 g, 6 Waage, Ablesung 0,1 g, 7 Handprüfsiebe, 8 Trockenschrank, 9 El. Kammerofen mit Programmregler, 10 Tische und Schranktische, 11 Regal, 12 Spültisch mit kaltem und heißem Wasser)

gebrannten Scherben und Fertigprodukt sind u. a. wichtig: Maßhaltigkeit, Brennfarbe, Druckfestigkeit, Wasseraufnahmefähigkeit, Scherbenrohichte und Ziegelrohichte und Frostfestigkeit. Bei Dachziegeln kommen hinzu: Oberflächenbeschaffenheit, Formhaltigkeit (Ebenheit, Geradlinigkeit), Wasserundurchlässigkeit und Biegetragfähigkeit.

Auf einige Eigenschaften soll nachfolgend noch kurz eingegangen werden.

Gehalt an kohlensaurem Kalk

Kalk im Ton war für den Ziegler schon immer ein Ärgernis, wenn er in Form von Stücken oder Schalen vorliegt. Liegt er in feinstverteilter Form vor, so ist er im allgemeinen unschädlich, wenn seine Menge 30% nicht wesentlich überschreitet. Der feinstverteilte Kalk beeinflusst die Brennfarbe, die mit steigendem Kalkgehalt über Ziegelrot, Dunkelgelb bis Braunweiß geht. Kommt der Kalk körnig oder stückig vor, so übt er meist einen zerstörenden Einfluß auf den gebrannten Ziegel aus. Beim Brennen entsteht nämlich gebrannter Kalk; dieser löscht an der Luft unter Vergrößerung seines Volumens allmählich ab. Dies geschieht mit solcher Kraft, daß Absprengungen am gebrannten Scherben die Folge sind. Maßnahmen zur Verhütung solcher Schäden ist das Aussondern des Kalks durch Schlämmen, eine weitgehende Zerkleinerung des Rohmaterials unter die Sprenggrenze des Kalks (normal < 0,5 mm, Muschelkalk < 0,3 mm), Zugabe von Salz, entsprechend hohe Brenntempe-

ratur („Totbrennen des Kalks“) oder das Tauchen der Ziegel unmittelbar nach dem Brennen. Beim völligen Tauchen der noch warmen Ziegel unter Wasser wird der Kalk gelöscht und es entsteht eine Kalkmilch, die sich unschädlich im Innern des Ziegels verteilt (Bild 5.35.).

Gehalt an Eisenverbindungen

Eisenverbindungen wirken allgemein als Farb- und Flußmittel, wenn sie als Eisensilikate oder Eisen-Sauerstoff-Verbindungen vorliegen. Unerwünscht und gütemindernd ist Schwefeleisen (Pyrit), weil es Ausschmelzstellen und Ausblühungen verursachen kann.

Gehalt an wasserlöslichen Salzen

Wasserlösliche Salze im Rohmaterial verursachen Verfärbungen und Abmehlungen am gebrannten Ziegel. Meist handelt es sich bei den ausblühfähigen Salzen um Sulfate und Chloride wie z.B. Magnesiumsulfat, Eisensulfat, Natriumchlorid, Eisenchlorid, etc. Zu beachten ist, daß Salze auch nach dem Brennen von Ziegeln und Ziegelwänden aufgenommen werden und Ausblühungen verursachen können, z.B. Natrium- und Kaliumsalpeter, Calciumchlorid. Ausblühungen verhindert man durch den Zusatz von Bariumcarbonat zum Ton. Dabei werden durch eine chemische Bindung die löslichen Salze in unlösliche überführt. Bariumcarbonat $BaCO_3$ mit der Mineralbezeichnung Witherit, (benannt nach dem Mineralogen Withering, der es 1783 in Schottland entdeckte) kommt in der Natur relativ selten vor. Bariumkarbonat wird daher aus dem Mineral Baryt oder Schwerpat, einem Bariumsulfat $BaSO_4$, hergestellt. Dies geschieht durch Brennen im Drehrohrföfen, Mischen und Lösen mit Wasser, Versetzen der entstehenden Lauge mit CO_2 , chemisches Fällern des schwer löslichen Bariumcarbonats, Zentrifugieren und Trocknen des Bariumcarbonatpulvers. Wann Bariumcarbonat erstmals in der Ziegelindustrie eingesetzt wurde, ist nicht genau bekannt, vermutlich in den 1860/70er Jahren, denn Hermann Seger schreibt 1892: „Schon

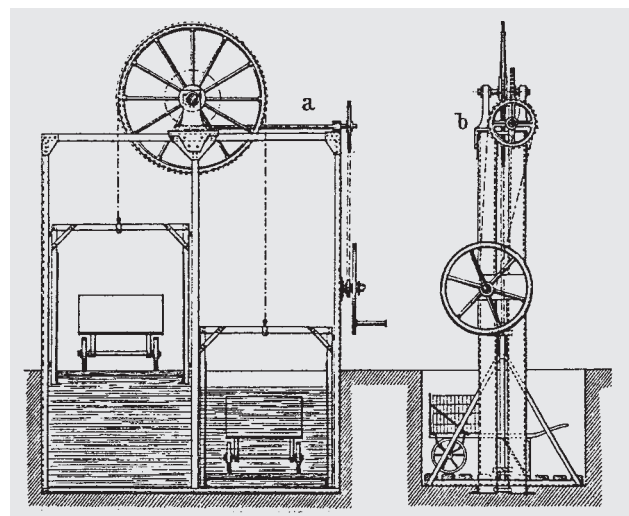


Bild 5.35. „Ziegeltunke“, Tauchanlage zur Vermeidung von Kalkabsprengungen



Bild 5.36. Längenänderung durch Trocken- und Brennschwindung. Links: Formling, Mitte: getrockneter Rohling, rechts: gebrannter Ziegel

seit einer langen Reihe von Jahren benutzt man in Thonwarenfabriken einen kleinen Zusatz von natürlichem kohlen-saurem Baryt (Whiterit) zu Ton, um demselben die häufig eintretende Eigenschaft zu nehmen, beim Trocknen einen leisen weißen Anflug auf den Oberflächen der Verblendsteine hervor-zubringen“. Das heute noch Bariumcarbonat produ-zierende Werk Hönningen der Solvay Barium Strontium GmbH wurde 1890 gegründet.

Bedarf an Anmachwasser

Unter Anmachwasser versteht man diejenige Was-sermenge, die der Rohstoff benötigt, um eine form-bare, nicht klebende Masse zu bilden. Der Bedarf ist abhängig vom Gehalt an toniger Substanz und der mineralischen Zusammensetzung des Tons. Wieviel Wasser einer Masse zugesetzt werden muß, hängt aber auch vom Formgebungsverfahren ab. So un-terscheidet man z.B. Streichmassen mit 25-35%, Strangpreßmassen mit 15-25% und Trockenpreß-massen mit 6-8% Feuchte.

Trocken- und Brennschwindung

Mit Schwindung bezeichnet man die Volumenver-minderung der Formlinge beim Trocknen und Bren-nen. In der Praxis rechnet man allerdings nicht mit der kubischen, sondern der linearen Schwindung, da man die Veränderungen der Längenabmes-sungen mißt und die Schwindung darauf bezieht (Bild 5.36.). Die Trockenschwindung ist bedingt durch den Austritt des Wassers aus dem Formling, wodurch die Masseteilchen näher aneinanderrücken. Die Brennschwindung beruht u. a. auf Schmelzvorgängen beim Sintern, wodurch sich Stoffbrücken zwischen den einzelnen Teilchen bilden mit fort-schreitender Verdichtung.

Anmachwasserbedarf und Trockenschwindung be-dingen sich etwa wechselseitig und sind groß, wenn ein großer Gehalt an toniger Substanz vorliegt. Das heißt also, daß fette Tone wegen ihres größeren Ge-halts an aufquellbarer Tonsubstanz stärker schwin-den als magere. Das Schwinden verursacht immer eine Gefährdung der Form und der Endmaße des Formlings. Die Trockenschwindung ist immer positiv, die Brennschwindung kann in seltenen Fällen auch

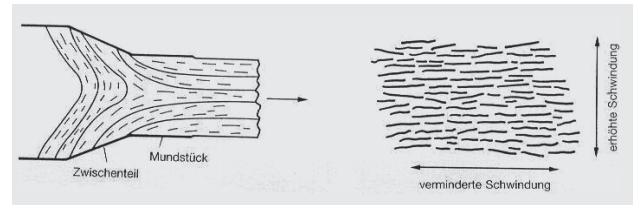


Bild 5.37. Fließen der Tonteilchen in der Strangpresse und sich ihre daraus ergebende Vorzugsorientierung mit unterschiedlicher Schwindung senkrecht und parallel zu den geordneten Teilchen

negativ sein, d.h. der Formling kann beim Brennen größer werden. Dies trifft bei hochquarzhaltigen Massen zu. Keramische Formlinge können in ver-schiedenen Richtungen verschiedene Schwindungen aufweisen. So weisen extrudierte Formlinge aufgrund der Vorzugsausrichtung der plättchenfö-rmigen Tonminerale längs zum Strang eine geringere Schwindung auf als senkrecht dazu. Man bezeichnet dies als anisotrope Schwindung (Bild 5.37.).

Die Trockenschwindung S_T und die Brennschwin-dung S_B ergeben zusammen die Gesamtschwindung S_G . Da die Trockenschwindung auf die Abmessungen des nassen Formlings bezogen ist, die Brenn-schwindung aber auf die des getrockneten Rohlings, können beide Werte nicht einfach addiert werden, sondern die Gesamtschwindung errechnet sich dann nach der Formel: $S_G = S_T + S_B \times (100 - S_T) : 100$

Um ein Produkt mit bestimmten Endmaßen herzu-stellen, muß es um das Maß der Gesamtschwindung größer ausgeformt werden. Deshalb ist es wichtig die Schwindung genau zu kennen und auch dafür zu sor-gen, daß diese Schwindung möglichst immer gleich bleibt. Diese Gesamtschwindung sollte 12% nicht übersteigen, was durch die Zugabe von Magerungs- oder Plastifizierungsmitteln gesteuert werden kann, da sonst mit Fabrikationsschwierigkeiten zu rechnen ist. Je nach Rohstoffart liegt die Trockenschwindung zwischen 1 und 11%, die Brennschwindung zwischen 0 und 9%, wobei die Höhe der Brenntemperatur eine große Rolle spielt.

Brenn-, Sinter- und Schmelztemperatur

Die zur Erreichung der erforderlichen Eigenschaften des Endprodukts notwendigen Temperaturen nennt man die Brenn- oder Garbrandtemperatur. Die Gar-brandtemperatur liegt bei Ziegelwaren im allgem-einen zwischen 800 bis 1000°C. Die früher oft nur bei Temperaturen um 600°C gebrannten Ziegel errei-chen daher nicht ihre Garbrandtemperatur und sind als Schwachbrandziegel zu bezeichnen.

Bei etwa 1000°C, je nach Art und Menge der im Roh-stoff enthaltenen Flußmittel auch bei niederer oder höherer Temperatur, beginnt die Oberfläche des Scherbens zu fließen, d. h. zu sintern, wobei sich die Poren verkleinern oder schließen. Dies erhöht auch die Festigkeit des Scherbens. Der Temperaturgrad,



Bild 5.38. Wandfries aus farbigen Glasurziegeln – die Bogenschützen im Palast des Ataxerxes in Susa (405 – 358 v. Chr.)

bei dem das Material zu sintern beginnt, heißt Sinter-temperatur oder Sinterpunkt. Wird die Temperatur über den Sinterpunkt hinaus gesteigert, so beginnt ab einer bestimmten Temperatur, dem Schmelzpunkt, das Material zu schmelzen. Wenn der Brenner nicht aufpaßte, kam es gelegentlich schon vor, daß Teile des Einsatzes einer Ofenkammer zusammenschmolzen und dann mit der Spitzhacke entfernt werden mußten. Für Produkte, die mit einer Sinterhaut hergestellt werden sollen, also die Klinker, ist es wichtig, daß Sinter- und Schmelzpunkt möglichst weit auseinanderliegen, da es Materialien gibt, die unmittelbar nach dem Sintern auch schon zu schmelzen beginnen. Bei der Klinkerherstellung kennt man noch den Klinkerungspunkt, das ist die Brenntemperatur, bei der das Wasseraufnahmevermögen der gebrannten Produkte 6% beträgt, und den Sinterpunkt, bei dem es 2% beträgt.

Brennfarbe

Beim Brennen treten auch Veränderungen in der Farbe ein.⁴⁵ Vor allem der Gehalt an Eisenoxyd bewirkt, je nach Brenntemperatur, Färbungen in allen Abstufungen, die von Rosa bis Violett und Schwarz-Rot gehen können. Tonerdereiche und eisenarme Tone brennen sich weiß, bei mäßigem Eisengehalt geht die Färbung in Bläßgelb bis Lederbraun über. Tonerdearme Tone mit reichem Eisengehalt brennen sich rot, während tonerdearme Tone mit reichem Kalk- und geringem Eisengehalt zwischen 900-1000°C eine rötliche, über 1060°C eine gelbe

Farbe bekommen, die bei Steigerung der Brenntemperatur bis zur Sinterung in eine bräunliche und braune Färbung übergeht.

Neben dieser sog. „natürlichen“ Brennfarbe kann eine Farbbeeinflussung auch durch eine besondere Brennführung, z.B. Reduzieren und Dämpfen, erreicht werden, wie unter Kapitel 10.1.6.1.+2. näher beschrieben, ferner durch eine Durchfärbung der Masse oder eine Oberflächenbehandlung wie Engobieren und Glasieren, auf die nachfolgend noch kurz eingegangen wird.

Farbgebung durch Glasieren und Engobieren

Die Veredelung der Scherbenoberfläche durch Glasieren und Engoben ist eine alte keramische Technik (Bild 5.38.). Bekannte Beispiele unter vielen anderen sind die farbig glasierten Ziegel von Babylon aus der Zeit von Nebukadnezar (604 – 562 v. Chr.) mit dem rekonstruierten Ishtar Tor (um 600 v. Chr.) und einem Teil der Prozessionsstraße, die im Vorderasiatischen Museum in Berlin zu bewundern sind, sowie das um 1455 fertiggestellte Dach des Stephansdoms in Wien, das mit 230 000 farbig glasierten Ziegeln eingedeckt wurde.

Engoben verwendeten bereits die griechischen Töpfer der Antike, und bei der berühmten rotglänzenden Terra Sigillata der Römer handelt es sich um eine Irdenware mit illitischem Feintonbeguß, einem Glanzengobeüberzug.

Während Glasuren glasartig sind und den Scherben völlig dicht machen, haben Engoben einen tonigen, erdigen Charakter und erhalten die Porosität des Scherbens. Einen Übergang von der Engobe zur Glasur bilden die Sinterengoben, die eine mehr oder minder glänzende Oberfläche aufweisen. Diese entsteht durch eine Glasphasenbildung während des Brandes und wird durch einen Flußmittelzusatz zur normalen Engobe erreicht (Bild 5.39.).

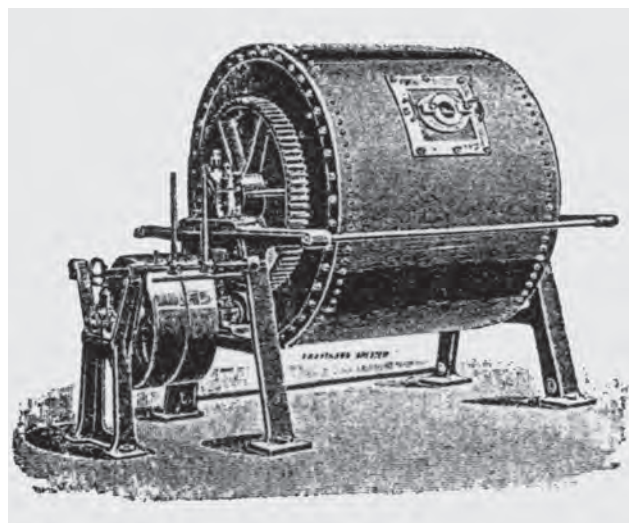


Bild 5.39. Trommelmühle zum Naßmahlen von Glasur- und Engoberohstoffen

Das Glasieren war für Dachziegel und Vormauerziegel bis etwa 1920 eine übliche Art der Oberflächenbehandlung und wurde danach weitgehend durch das Engobieren abgelöst. Seit den 1990er Jahren werden Dachziegel zunehmend glasiert und weniger engobiert. Manche Ziegelwerke bieten bis zu 60 Glasurfarben an, von Pink bis Violett. Ob es sich hier um einen dauerhaften Trend zum farbigen Dach, eine vorübergehende Modeerscheinung oder gar nur einen Marketing-Gag handelt, wie Kritiker vermuten, bleibt offen. Viele Bauämter stehen der neuen Farblichkeit noch zurückhaltend gegenüber und begründen dies mit „der gewachsenen Tradition unserer Kulturlandschaft“, die vom naturroten Dach geprägt ist.

Glasieren

Glasuren sind dem keramischen Scherben angepaßte glasartige Überzüge, die auf den Ziegel aufgeschmolzen sind. Die Glasurschicht, etwa 0,15 bis 0,4 mm dick, dient der Abdichtung und Veredelung, um der Oberfläche des Ziegels gleichzeitig Härte, Glätte und Farbe zu geben. Der Glasurschlicker wird beim Einbrandverfahren auf den getrockneten Formling, beim Zweibrandverfahren auf den bereits gebrannten Ziegel durch Übergießen, Tauchen, Besprühen oder Spritzen aufgebracht. Beim Brand bildet die Glasur eine Schmelze, die sich mit dem Scherben chemisch verbindet. Durch diese feste Verbindung von zwei Schichten ist es vor allem beim Einbrandverfahren wichtig, daß zur Vermeidung von Rissen die Wärmedehnung von Glasur und Scherben übereinstimmt.

Früher wurden vorwiegend Bleiglasuren verwendet, die in einem zweiten Brand in besonderen Glasuröfen bei Temperaturen um 780°C aufgeschmolzen wurden. Wegen der Giftigkeit der Bleikomponente werden heute vorwiegend bleifreie Glasuren verwendet. Nach dem Stand des Jahres 2000 scheint es aber noch keine bleifreie Glasur zu geben, die ihre langfristige Eignung beweisen kann. Wegen des beim modernen Dachziegelbrand üblichen Einbrandverfahrens, relativ niedriger Brenntemperaturen und kurzer Brennzeiten besteht nämlich die Gefahr von Partnerschaftsproblemen zwischen Dachziegelscherben und Glasur, z.B. hydrolytischer Zersetzung, Glasurrissen und Rekristallisationen in der Grenzschicht zwischen Scherben und Glasur.

Engobieren

Engoben sind mit Wasser aufgeschlämmte bzw. aufgemahlene besondere Farbtöne oder Mischungen aus Ton als Trägermasse, Metalloxiden als Färbemittel und einem Flußmittelzusatz, der als Schmelz- und Glanzmittel die Aufgabe hat, die Engobe mehr oder weniger dicht zu brennen und ihr den gewünschten Glanz zu verleihen. Sie dienen dazu, einen besonderen Farbüberzug zu erreichen. Die mögliche Farbpalette ist groß; sie reicht von braunen und schwarzen über blaue bis zu gelben und grünen Tönungen. Vor allem Dachziegel werden auch ziegelrot engobiert, wenn die natürliche Brennfarbe zu blaß ist, z. B. bei kalkhaltigen Massen.

Die Engobe wird vor dem Brand durch Begießen, Aufschleudern, Spritzen oder Tauchen auf die Ziegelrohlinge aufgebracht (Bilder 5.40. und 5.41.). Man unterscheidet zwischen Naß- und Trockenengobieren, je nachdem ob die Engobe auf den frisch geformten, noch plastischen, oder auf den getrockneten Formling aufgebracht wird. Naßengoben müssen dickflüssiger aufgetragen und in ihrem Schwindungsverhalten dem Scherben angepaßt werden. Im anschließenden Brand verzahnt sich die Engobe innig mit dem Scherben und wird im silikatischen Verband fest eingebunden.



Bild 5.40. Engobieren der getrockneten Rohlinge durch Begießen von Hand, 1935

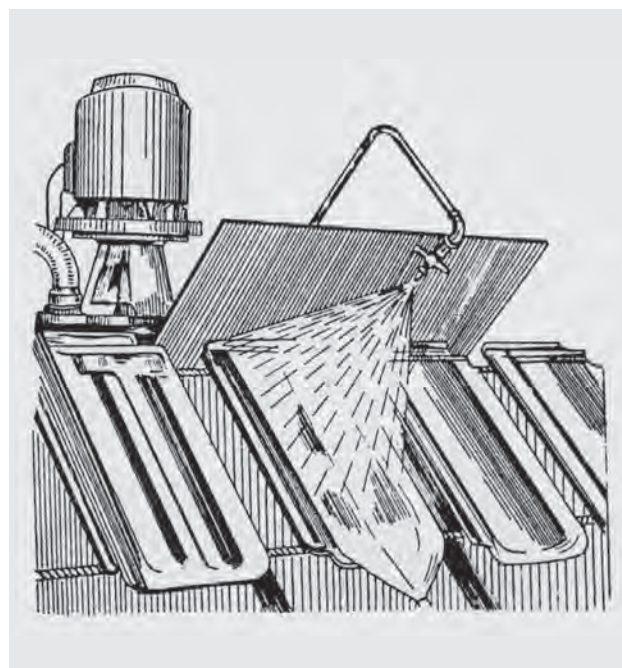


Bild 5.41. Umlaufengobiermaschine mit Engobespritzvorrichtung, um 1950



Bild 5.42a. Versuchs- und Meßanlage mit Vakuumextruder zur Ermittlung des rheologischen Verhaltens von Preßmassen und Herstellung von Prüfkörpern für den weiteren Untersuchungsgang



Bild 5.42b. Thermoanalytische Abteilung mit Analysegeräten für Simultane Thermoanalyse (STA) und Dilatometrie (DIL) mit Datenerfassung und -auswertung über Rechner

6. Tonabbau – aus gewachsenem Boden wird Rohstoff

„Der Brand beginnt in der Lehmgrube“, sagt eine alte Zieglerweisheit und unterstreicht so die Wichtigkeit eines guten Rohstoffvorkommens, denn genauso wie ein gutes Brauwasser für die Herstellung eines guten Bieres unerlässlich ist, so ist es ein guter Ton für einen guten Ziegel. In zahlreichen Flurnamen haben sich die alten Bezeichnungen der Tongruben bis heute erhalten und geben einen Hinweis auf die frühere Tongewinnung, wie z. B. Lämmerstauden, Lehmen, Lehmengrube, Lehmwiese, Leimenacker, Leimengrube, Leimenlöcher, Leimenroth, Letten, Lettig, Thonberg, Tonstich, Ziegelanger, Ziegelbach, Ziegelbronnen, Ziegelerden, Ziegelgarten, Ziegelgraben, Ziegelleite, Ziegelrain, Ziegelwiese u. a. m.

Die unmittelbare Nähe der Grube zur Produktionsstätte war für die Ziegler früherer Tage eine zwingende Notwendigkeit, um einen mühsamen und zeitraubenden Transport des Rohmaterials zu vermeiden. Allerdings gibt es Berichte aus dem 16. Jahrhundert, wonach städtische Ziegelstadel ihren Ton aus entfernteren Gruben von Bauern mit Pferde- oder Ochsenfuhrwerken in großen geflochtenen Körben, durch die sog. „Laimfahren“, auch über größere Distanzen heranschaffen ließen. Doch dies waren Ausnahmen.

Bis etwa 1980 galt für die Neubauplanung eines Ziegelwerks als wichtigstes Standortkriterium das Vorhandensein des eigenen Tonvorkommens in Werksnähe. Eines der ersten Werke, das schon bei der Planung den Fremdbezug eines Teils seines Rohstoffs vorsah, war ein Klinkerwerk mit einer Leistung von 40 Mio. Stück Normalformat/Jahr, das 1980 in Steudum bei Hannover in Betrieb genommen wurde und etwa 50% seines Rohstoffbedarfs per Schiff aus dem Westerwald bezog. Das erste Werk, das ausschließlich auf den Bezug von Fremdtton abgestellt wurde, ist ein Dachziegelwerk mit einer Jahreskapazität von 25 Mio. Stück Dachziegel, das 1995 in Groß Ammensleben/Sachsen-Anhalt in der Nähe von Magdeburg gebaut wurde. Der Rohstoff wird von einem Westerwälder Tonbergbaubetrieb bezogen und über den Mittellandkanal ausschließlich auf dem Wasserweg transportiert. Für dieses Werk waren die Standortfaktoren – günstige Verkehrsanbindung und optimale Absatzchancen in der Umgebung – vorrangiger als der Standortfaktor Rohstoff.

Seit den 1970er Jahren kaufen die Ziegelwerke in verstärktem Maße Zusatztone von spezialisierten Tonbergbaubetrieben. Den Tonbergbau als selbständigen Gewerbebereich gibt es seit dem 18. Jahrhundert, doch wurden hochwertigen Tone vorzugsweise an die Feinkeramik, für feuer- und säurefeste Produkte und an die Sanitärkeramik geliefert. In neuerer Zeit gewinnt der Tonbergbau aber auch als Lieferant

für die Ziegelindustrie an Bedeutung, insbesondere für die höherwertigen Ziegeleiprodukte wie Dachziegel, Verblender und Klinker.

6.1. Die Rohmaterialsuche

Bevor Lehm oder Ton abgebaut werden kann, muß erst eine geeignete Lagerstätte ausfindig gemacht werden, um sich ein Bild über die Rohstoffqualität, die Mächtigkeit der Materialschicht und deren Verlauf verschaffen zu können. Man nennt dies Prospektion oder Rohstofferkundung.

Die Ziegler der ersten Flußtalkulturen hatten es da einfach, denn die Flüsse lagerten den Tonschlamm an den Ufern ab, wo er leicht zu finden war. Den frühen Ziegler in unseren Breiten lieferten die aus der Bewirtschaftung der Fluren gewonnenen Kenntnisse über die verschiedenen Bodenarten meist ausreichende Hinweise darauf, wo Lehm und Ton zu finden waren. Sie legten ohnehin großen Wert auf oberflächennahe Vorkommen, an die leicht heranzukommen war. Erste Hinweise lieferten auch die sog. Lehm- und Tonzeiger, d.h. Pflanzenarten, die stauende Nässe vertragen und aus deren Vorkommen daher auf Lehm oder Ton im Boden geschlossen werden kann. Es sind dies u. a. der gelbblühende Huflattich (*tussilago farfara*), auch „Zieglerblume“ genannt, und der rote Klatschmohn (*papaver rhoeas*) (Bild 6.1.).



Bild 6.1. Ton- oder Lehmzeiger. Links: Huflattich, rechts: Klatschmohn

Häufig wußte man auch durch Wegeinschnitte und ausgeführte Erdbewegungen für Gräben, Baugruben und Brunnen schon annähernd genau, wo man nachforschen konnte.

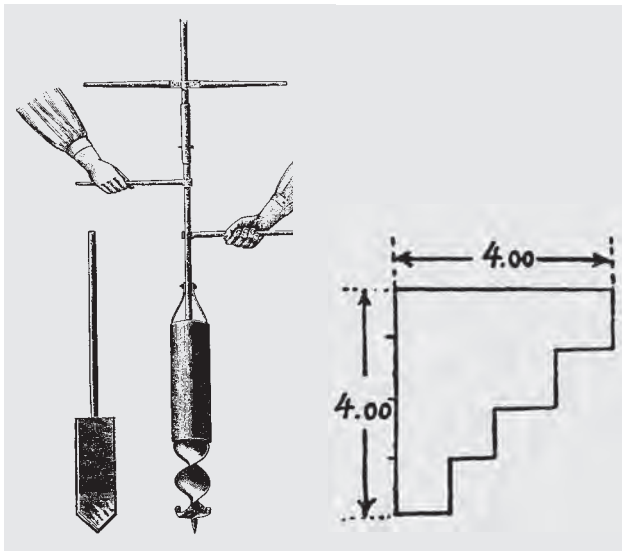


Bild 6.2. Handbohrapparat. Beim Auftreffen auf harte, steinige Schichten wurde der links dargestellte Meißel benutzt

6.3. Schürfgrube

Lange Zeit blieb der Aufwand für die Rohstofferkundung auf diese empirischen Methoden beschränkt, die bei der großen Verbreitung vor allem der für Mauerziegel geeigneten Rohstoffe und dem relativ geringen Rohstoffbedarf der meist kleinen Saisonziegeleien in der Regel auch ausreichten. Erst als nach 1870 größere Ziegeleien systematisch geplant und gebaut wurden, mußte auch die Rohstofferkundung methodischer betrieben werden.

Der Einsatz des Erdbohrers zur Gewinnung von Tonproben wurde erstmals von Bernard Palissy (1510-1588), einem französischen Kunsttöpfer, praktiziert. Er interessierte sich für geologische Probleme und benutzte zur Ermittlung des Aufbaus der Erdschichten einen von ihm beschriebenen Handbohrapparat. Die Verwendung des Handbohrers und das Anlegen von Schürfgruben empfiehlt bereits Johann Nepomuk

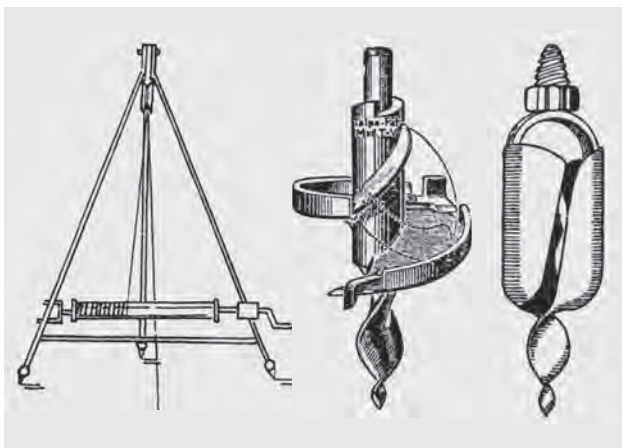


Bild 6.4. Links: Dreibock mit Seilwinde um 1940, Mitte: Talpa-Erdbohrer mit patentierter Klappe, um ein Zurückfallen des Bohrguts in das Bohrloch zu vermeiden, rechts: Universalbohrer, geeignet für die meisten Gesteinsarten

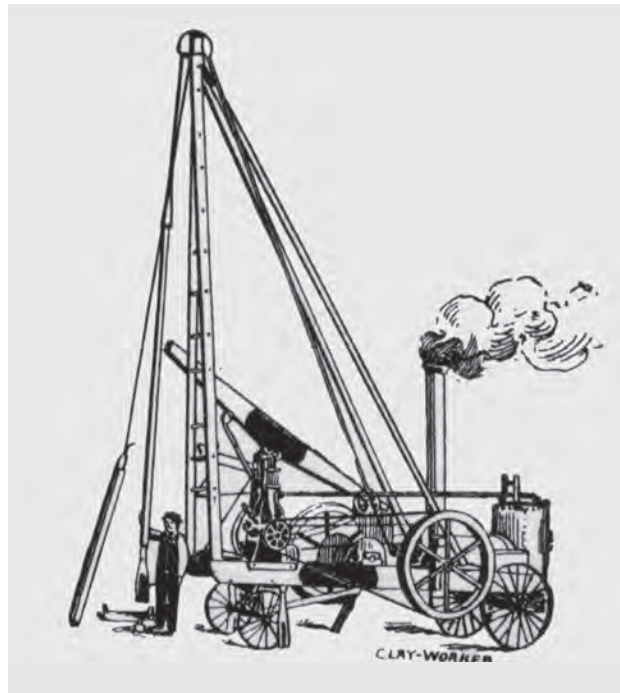


Bild 6.5. Dampf betriebene amerikanische Bohrmaschine um 1890, eingesetzt für Probebohrungen ab 25 m Tiefe, vor allem jedoch für Brunnenbohrungen

Schönauer.⁴¹ Die Schürfgruben wurden, treppenförmig abgesetzt, 1-5 m tief angelegt, so daß man die Tonschichten und auch Fremdeinschlüsse direkt beobachten und leicht Proben entnehmen konnte (Bilder 6.2.und 6.3.).

Mit dem einfachen Schneckenbohrer konnte man von Hand etwa 2 m tief bohren. Mit dem Löffelbohrer, mit Verlängerungsstegen zum Anschrauben, er-

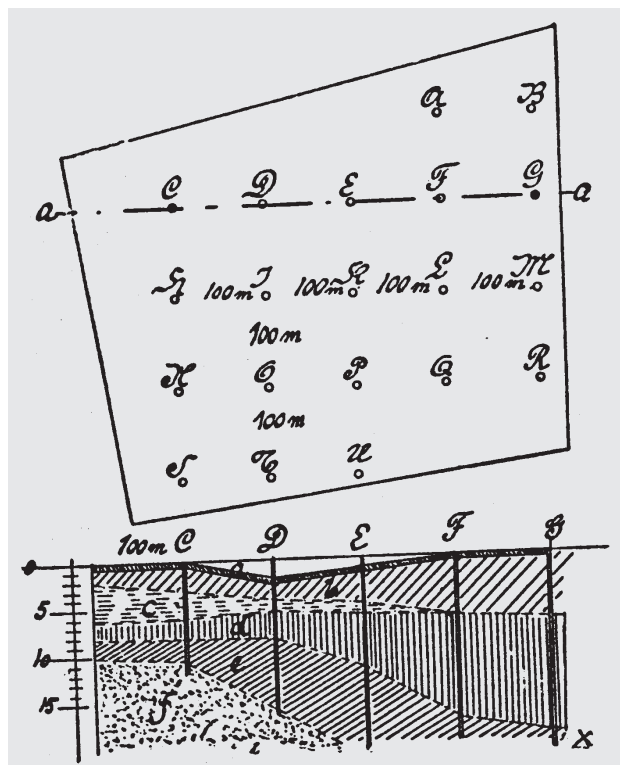


Bild 6.6. Einfache Bohrkarte um 1900

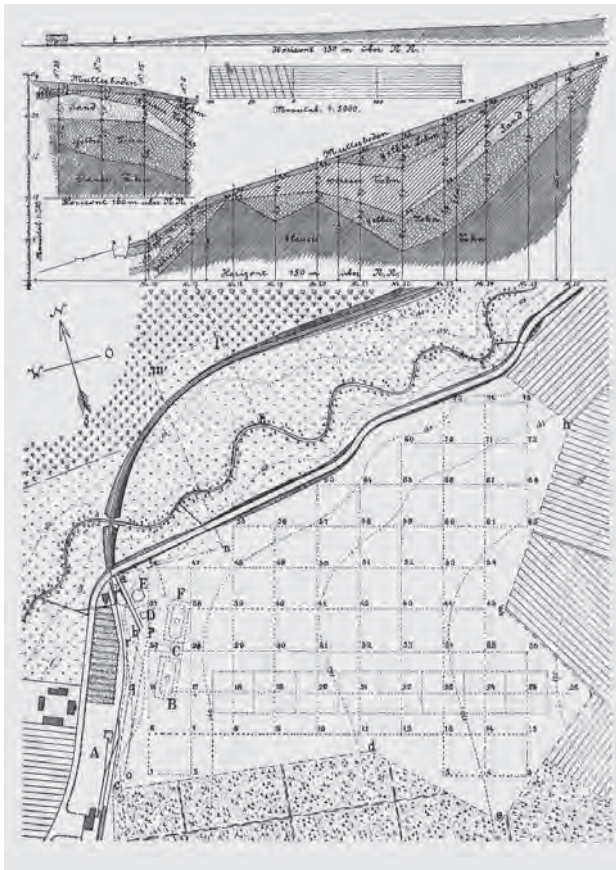


Bild 6.7. Geländequerschnitt und Bohrkarte von 1926

reichte man später von Hand Tiefen bis etwa 8 m. Mit einem Dreibock zum Aufhängen einer Seilwinde, mit der das Bohrgestänge herausgezogen wurde, konnte man bei manuellem Betrieb damit bis zu 20 m tief bohren (Bild 6.4.). Mechanisierte Bohrgeräte wurden schon relativ früh eingesetzt (Bild 6.5.). Heute arbeitet man mit den verschiedensten Bohrmethoden, u. a. mit hydraulischen Kernbohrgeräten, mit denen Bohrungen bis 100 m Tiefe möglich sind. Die Lage der Bohrlöcher wird in eine Bohrkarte eingetragen. (Bild 6.6.) Hierfür verwendet man Flurkarten im Maßstab 1:5000, die nach der ab 1800 in den einzelnen Ländern sukzessive durchgeführten Landvermessung und der Einrichtung des Katasters, des amtlichen Grundstückverzeichnisses, für das ganze ehemalige Reichsgebiet zur Verfügung standen. Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden Querschnitte des Geländes angefertigt, um einen Überblick über Verlauf und Mächtigkeit der einzelnen Tonschichten zu erhalten (Bild 6.7.).

Nachdem ab 1790 in Sachsen die erste geologische Landesuntersuchung geschaffen wurde, die es nach und nach in ganz Deutschland gab, konnte man bei der Rohstofferkundung etwa ab 1870 fast überall auf solche geologischen Landesaufnahmen zurückgreifen.

In der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts kamen bei der Rohstofferkundung auch geophysikalische Meßverfahren zur Anwendung. Für die orientierende Erkundung und Ergänzung des konventionellen Abboh-

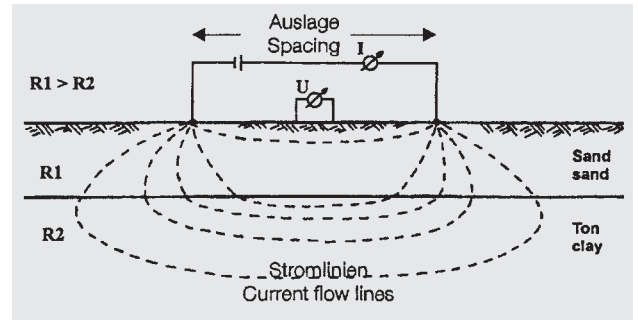


Bild 6.8. Meßanordnung und Stromausbreitung einer geoelektrischen Tiefensondierung, R1 und R2 bezeichnen spezifische elektrische Widerstände unterschiedlicher geologischer Schichten, die gestrichelten Linien stellen die Stromlinien im Untergrund dar

rens wird etwa ab den 1980er Jahren in verstärktem Maße die Messung der Verteilung des elektrischen Bodenwiderstands eingesetzt. Da Ton, Mergel und Löß im Vergleich zu anderen Sedimenten und Gesteinen einen wesentlich niedrigeren Widerstand besitzen, lassen sich damit Tonlagerstätten lokalisieren und eingrenzen. Die Hauptaufgabe dieses geoelektrischen Verfahrens ist die planerische Vorbereitung von Bohrprogrammen, um unbrauchbare Areale von vornherein auszuschließen und Bohrergebnisse zu überprüfen⁴⁶ (Bild 6.8.).

Abbaugenehmigungen

Die Erschließung neuer Tongruben ist heute nicht ganz einfach, da es einer Abbaugenehmigung bedarf, der umfangreiche und teils komplizierte Planungs- und Zulassungsverfahren vorausgehen. Die Genehmigung zur Gewinnung oberflächennaher Rohstoffe, zu denen die Ziegeleirohstoffe gehören, ist in Deutschland nicht einheitlich geregelt und weist länderspezifische Besonderheiten auf. Da ein Eingriff in die Natur und Landschaft vorliegt, bedarf es z. B. einer Umweltverträglichkeitsprüfung, womit der Nachweis einer umweltverträglichen Rohstoffgewinnung und anschließenden Folgenutzung gewährleistet werden muß.

6.2. Der Rohstoffabbau

Ziegelrohstoffe werden überwiegend im Tagebau gewonnen und nur selten auch im Untertagebau. Letzteres war bei den Zechenziegeleien der Fall, die den bei der Kohlegewinnung als Abfallprodukt anfallenden Ton verarbeiteten, oder wenn ein sehr hochwertiger Ton in größerer Tiefe vorkommt. So gab es z. B. im Jahre 2000 in Rheinland-Pfalz noch einen Tontiefbau, die Grube Abendtal in Eisenberg. In 60–70 m tiefen Förderstollen wird hier ein spezieller Ton gewonnen, der auf Grund seiner ungewöhnlichen Mineralzusammensetzung europaweit als natürliche Glasur oder Engobe zur Oberflächenveredelung von Dachziegeln verwendet wird. Im Gegensatz dazu arbeitete man beim Abbau feinkeramischer Rohstoffe, z. B. der hochwertigen Westerwälder Tone, zunächst

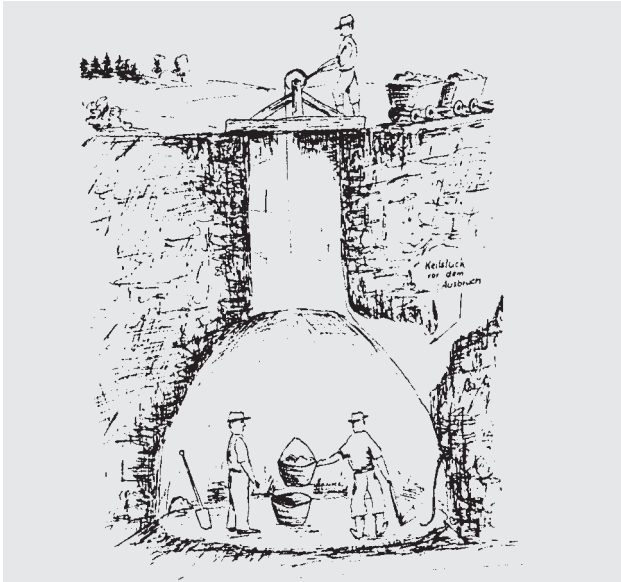


Bild 6.9. Glockenschacht, eine Untertageabbauemethode, die für Westerwälder Tone vom 16. Jahrhundert bis 1942 praktiziert wurde

vorwiegend im Tontiefbau, im Glockenbau mit den sog. Glockenschächten (Bild 6.9.) und Tiefbaugruben mit Förderstollen. Im Westerwald erfolgte die Umstellung von der Untertageförderung zum Tontagebau erst zwischen den 1920er und 1960er Jahren.⁴⁷ Die Gewinnung des Tons war bis etwa 1870 reine Handarbeit. So lange die Handgewinnung die einzige zur Verfügung stehende Methode war, spielte die

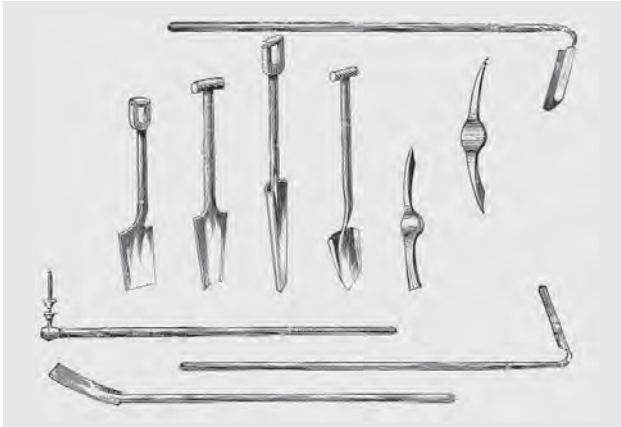


Bild 6.10. Werkzeuge für den Handabbau



Bild 6.11. Grubenmannschaft des Ziegelwerks Schmid in Bönningheim um 1910



Bild 6.12. Handabbau in der Schiefertongrube der Dachziegelwerke Martini in Sömmerda/Thüringen um 1920

Beschaffenheit des Rohmaterials eine besonders große Rolle. Schon zur Zeit der Römer und im Mittelalter bis hin zur Neuzeit beschränkte man sich daher zunächst auf oberflächennahe, weichere und somit leicht abbaubare quartäre Lehme und Tone. Der Abbau erfolgte durch Graben mit der Hacke, Lösen mit dem Pickel und Abstecken mit dem Spaten. Zum Verladen wurden Schaufeln benutzt, bei fetten, scholligen Tonen verwendete man auch sog. Ton-



Bild 6.13. Stechen des Tons um 1920



Bild 6.14. Strossen- oder Treppenabbau

Bild 6.15. Abbau in breiten Absätzen

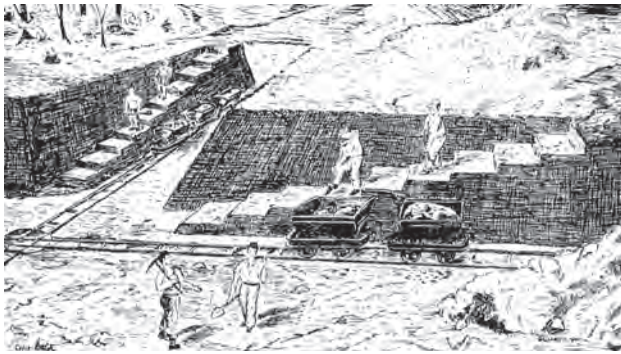


Bild 6.16. Quertreppenabbau



Bild 6.17. Rutschenabbau

spieße, deren Spitzen in die Tonstücke eingestochen wurden (Bilder 6.10, 6.11., 6.12.). Weiche Tone und Lehme wurden auch mit einer zweizinkigen Gabel, deren Spitzen mit einem Schneidedraht verbunden waren, abgestochen und verladen (Bild 6.13.). Der Rohstoffabbau von Hand erfolgte je nach Mächtigkeit und Beschaffenheit der Lagerstätte im Strossen- oder Treppenabbau (Bild 6.14.), durch Abbau in breiten Absätzen (Bild 6.15.), im Quertreppenabbau (6.16.) oder im Rutschenabbau (Bild 6.17.). Während sich Lehme und Lößlehme ohne weiteres mit dem Spaten stechen ließen, mußten harte, schiefrige Tone erst durch Eintreiben von Keilen, später auch durch Einsatz von Sprengstoff, gelockert werden (Bild 6.18.).

Eine gefährliche Methode war das sog. Schrämen, das Unterhöhlen einer Tonwand, um sie dann von oben zum Einsturz zu bringen, wobei es aber immer wieder zu Verschüttungen mit tödlichem Ausgang kam. Die 1885 gegründete Ziegelei-Berufsgenos-



Bild 6.18. Vorbereitung einer Sprengung durch Bohren der Sprenglöcher mit dem Handbohrgerät



Bild 6.19. Unterhöhlen der Tonwand

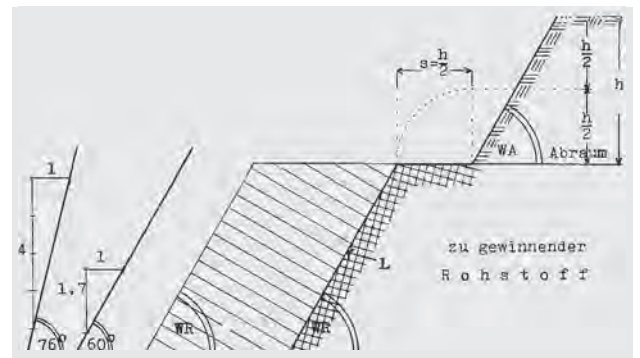


Bild 6.20. Von der Berufsgenossenschaft vorgeschriebene Böschungswinkel und Schutzstreifenbreiten: s = Schutzstreifenbreite, h = Höhe des Abraums. Böschungswinkel: BA = des Abraums, WR = des Rohstoffs. L = Linie, über die hinaus kein weiterer Rohstoff gewonnen werden darf

senschaft verbot daher in ihren „Unfallverhütungsvorschriften für Gräbereien über Tage“ das Unterhöhlen von Abbauwänden und erließ u. a. genaue Vorschriften über einzuhaltende Böschungswinkel, maximal zulässige Höhen senkrechter Wände und einzuhaltende Mindestbreiten von Absätzen und Schutzstreifen (Bilder 6.19.+ 6.20.).

Das Aufpflügen des Tons war eine Arbeitsmethode, die darauf zurückging, daß bis zur ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts viele Ziegeleien noch landwirtschaftliche Nebenbetriebe waren. Man benutzte dazu gewöhnliche von Pferden gezogene Pflüge. In Nordamerika, wo viele Ziegeleien ab 1870 ihre Ziegel

Bilder 6.21 Tonabbau durch Pflügen

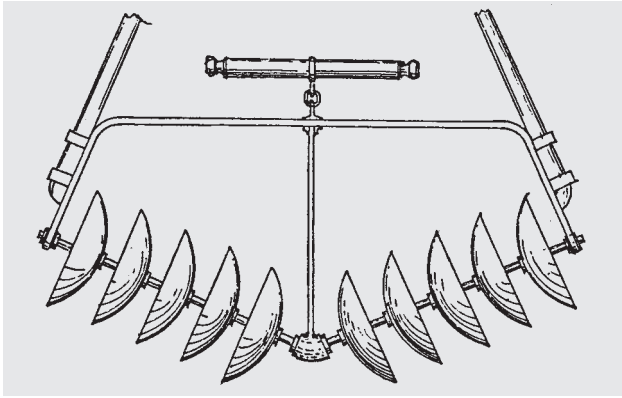


Bild 6.21a. Scheibenpflug zum Aufpflügen des Tons

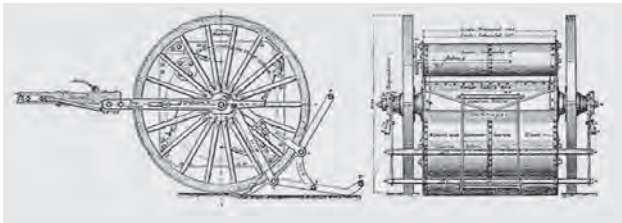


Bild 6.21b. Drehschraper zum Aufsammeln des aufgeflogenen Tons



Bild 6.22. Amerikanischer Tonabbau mit pferdegezogenem Pflug und Drehschraper, um 1890

trocken verpreßten, verwendete man vorzugsweise Scheibenpflüge zum Auflockern des Tons. Der abgetrocknete lockere Ton wurde dann mit pferdegezogenen Rad- oder Drehschrappern eingesammelt, zu Tonschuppen gefahren und dort gelagert (Bilder 6.21.+ 6.22). In den USA kamen etwa ab 1875 mit

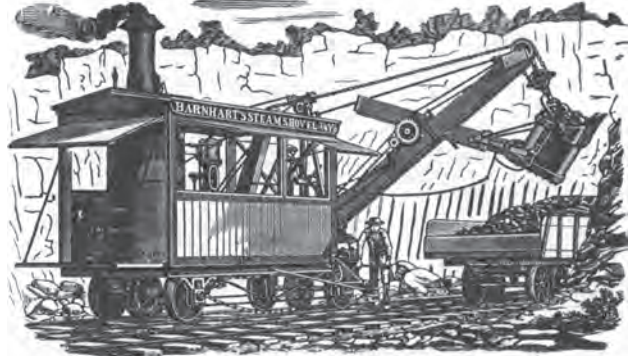
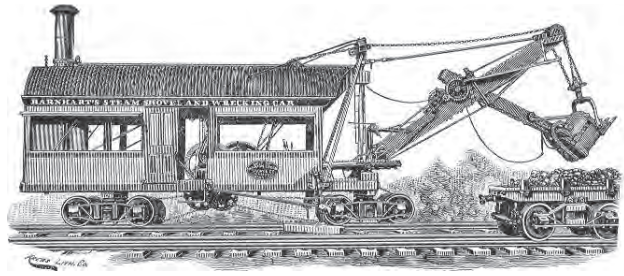


Bild 6.23. „Dampfschaufeln“ der Firma Marion Steam Shovel Co. in Marion/Ohio um 1890. Oben: Type A-1 1/2 YD, Leistung 500 – 1150 m³/Tag, unten: Type C- 3/4 YD, Leistung 250 – 500 m³/Tag



Bild 6.24. Eimerketten-Hochbagger Type C, um 1900

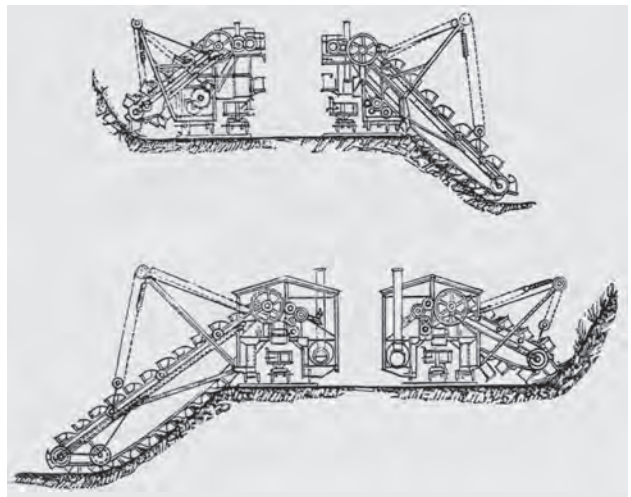


Bild 6.25. Verschiedene Eimerkettenbagger-Ausführungen, um 1900

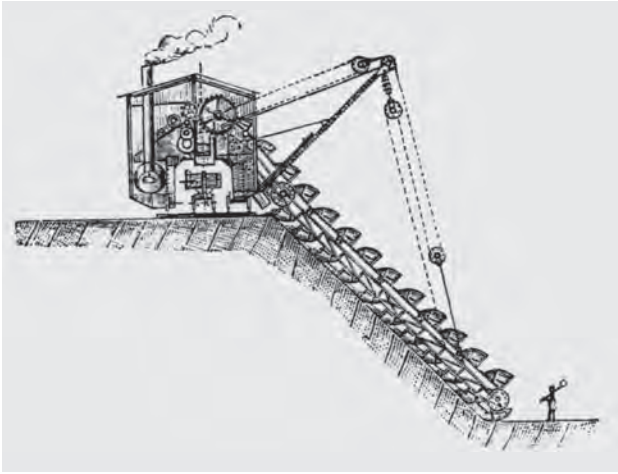


Bild 6.26. Eimerkettentiefbagger, um 1900

Dampfkraft betriebene, auf Schienen fahrende Löffelbagger, sog. Dampfschaufeln, zum Einsatz, die in Europa erst um 1900 vereinzelt Eingang fanden (Bild 6.23.).

Der Eimerkettenbagger wurde erstmals 1882 von der Lübecker Maschinenfabrik Gesellschaft (LMG) als sog. Trockenbagger gebaut und kam bei den umfangreichen Erdarbeiten des damals beginnenden Ausbaus des Eisenbahnnetzes zum Einsatz. Es war ein Hochbagger mit kurzer Eimerleiter und vorwärts schneidenden, geschlossenen Eimern (Bild 6.24.). Schon einige Jahre später konstruierte man die Tiefbagger, die einige Jahre lang als A-, B- und C-Bagger mit Eimerinhalten von 180, 250 und 100 Litern gebaut wurden. Ab 1890 wurden A- und C-Bagger auch in einzelnen Ziegelwerken eingesetzt. In verschiedenen großen Ziegeleien arbeiteten die Bagger aus dieser Zeit bis in die 1950er Jahre (Bilder 6.25. + 6.26.).

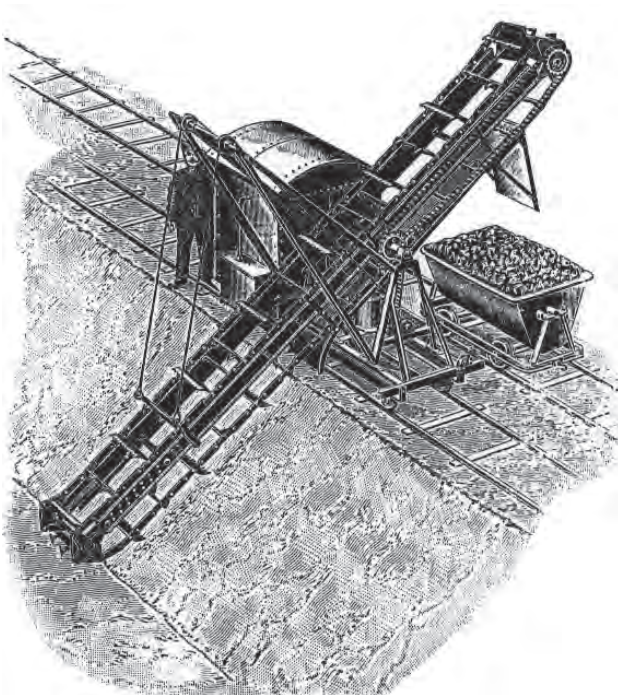


Bild 6.27. Kleinbagger der Firma Rieter/Konstanz um 1910

Ab 1900 begann man in verstärktem Umfang Baggerbetriebe für die Gewinnung von Ton einzurichten. Dabei waren es vor allem die Firmen Orenstein & Koppel in Berlin, H. Aug. Schmidt in Wurzen und die Weserhütte in Oynhausen, die sich um die Einführung der Bagger in Ziegeleibetrieben verdient machten. Der Einsatz in der Ziegelindustrie machte die Entwicklung kleinster Bagger notwendig, bis herab zu Eimerinhalten von 10 Litern, im Gegensatz z.B. zum Braunkohlentagebau, wo Bagger mit Eimergrößen bis zu 2000 Litern eingesetzt werden. Einen Kleinbagger baute um 1910 auch die Konstanzer Firma Rieter & Koller (Bild 6.27.). Schon um 1920 war die allgemeine Einführung des Eimerkettenbaggers in der Ziegelindustrie vollzogen. Bis in die 1960er Jahre war der schienengebundene Eimerkettenbagger die häufigste Abbaumaschine in der Tongrube (Bilder 6.28. + 6.29.).



Bild 6.28. Eimerkettenbagger, als Hochbagger arbeitend



Bild 6.29. Eimerkettenbagger in der Ausführung als Tiefbagger



Bild 6.30. Tongewinnung mit dem Preßluftspaten

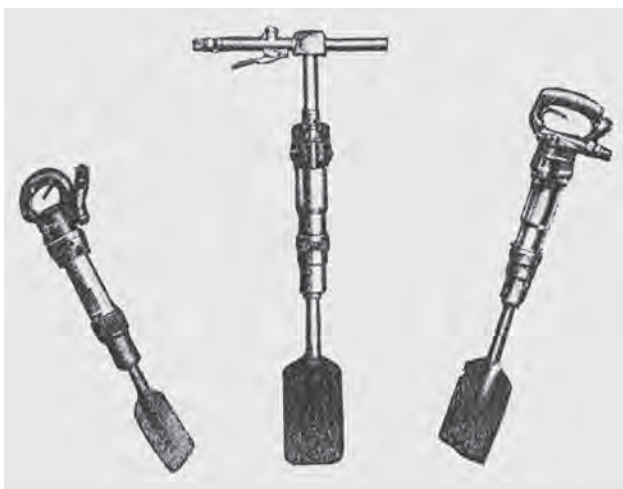


Bild 6.31. Verschiedene Ausführungen des Preßluftspatens



Bild 6.32. Schaufellader beim Beladen eines LKW

Doch bis in die 1960er Jahre war auch noch der Handabbau anzutreffen, vor allem zur Abraumbeseitigung, wenn schädliche Beimengungen auszusondern waren oder wenn kleinere Tonschichten unterschiedlicher Qualität getrennt zu gewinnen waren. Einen Übergang von der manuellen zur maschinellen Gewinnung stellte der Abbau mit dem Preßluftspaten dar, der etwa ab 1930 vereinzelt in der Ziegelindustrie zum Einsatz kam (Bilder 6.30. + 6.31.).

Mitte der 1960er Jahre war die Vollmechanisierung des Tonabbaus weitgehend abgeschlossen.

Gegen Ende der 1950er Jahre begann man in verstärktem Maße den Löffelbagger, die Laderaupe und den Schaufellader in Verbindung mit dem LKW zum Abbau in den Gruben einzusetzen (Bild 6.32.).

Ab den 1970er Jahren gingen manche Ziegeleien dazu über, ihren Rohstoffabbau Baufirmen oder Tiefbauunternehmen zu übertragen. Es war der Beginn eines heute vielfach praktizierten „Outsourcing“ – die Ziegeleien entlasteten sich vom Grubenbetrieb, und die Baufirmen konnten ihren Maschinenpark besser auslasten. Mit ihren großen Erdbewegungsmaschinen, die ein- oder mehrmals pro Jahr zum Einsatz

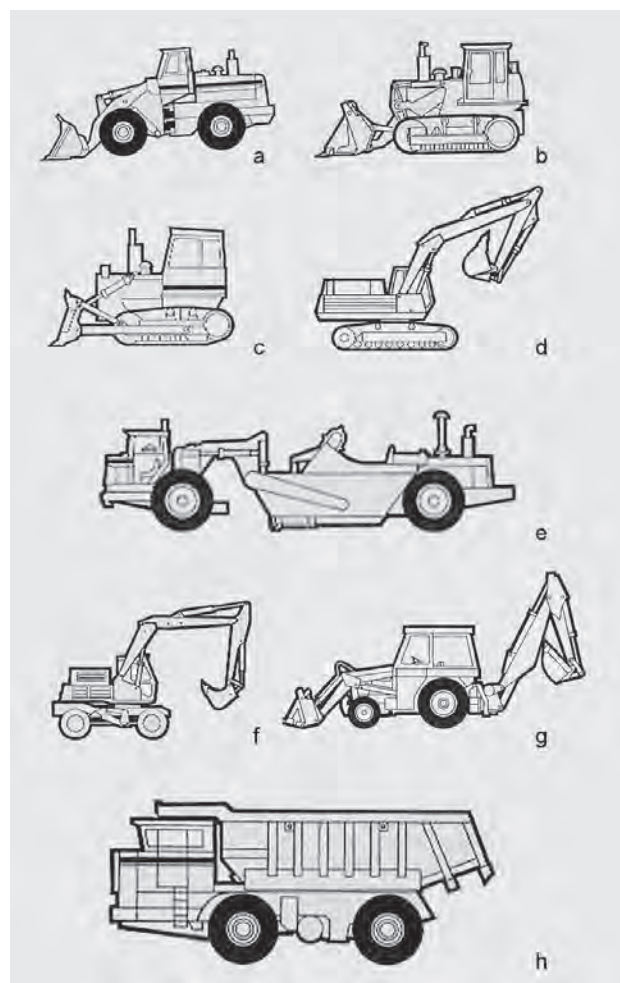


Bild 6.33. Die wichtigsten Erdbewegungsmaschinen/ Flachbagger: a. Radlader, b. Laderaupe, c. Planierraupe, d. Hydraulik-Raupenbagger, e. Elevator- und Schubscraper, f. Hydraulik-Mobilbagger, g. Baggerlader, h. Muldenkipper LKW, sog. Dumper

kommen, legen sie in der Grube oder beim Werk Zwischen- und Vorratshalden an, ausreichend für den Jahresbedarf des Ziegelwerks. So fanden viele für die Bauindustrie entwickelten Erdbaumaschinen auch Eingang im Tonabbau, denn beim Tongrubenbetrieb handelt es sich im Prinzip auch um Erd- oder Tiefbau, allerdings in einer spezifischen und modifizierten Form.

Von der Vielzahl der seither zum Einsatz gelangten verschiedenen Maschinenarten seien nur genannt: die Flachbagger wie Laderaupen, Planierraupen mit Aufreißer, Radlader, Raddozer, Schürfkübelraupen, Elevatorscraper, Schubscraper und Baggerlader, die Hydraulikbagger und die Seilbagger (Bilder 6.33.).

Doch auch der Eimerkettenbagger hat noch immer seinen Platz in der Tongrube. So entwickelte die Firma Petersen/Smol in Dänemark 1997 einen Eimerkettenbagger auf Raupen, bei dem eine Hydraulik und eine Steuerung mittels Laser ermöglichen, daß der Bagger unbeeinflusst von Geländeunebenheiten, immer in einer geraden Linie arbeiten und stets eine gleichbleibend dünne Tonschicht abtragen kann (Bild 6.34.).



Bild 6.34. Lasergesteuerter Eimerkettenbagger auf Raupen, mit Förderband zum Aufschütten des gebaggerten Materials auf Halde, von Petersen/Dänemark, 1996

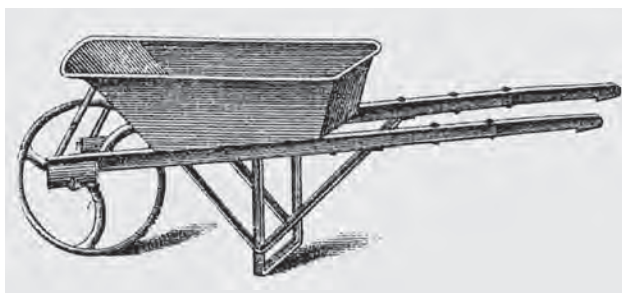


Bild 6.35. Schubkarre zum Tontransport

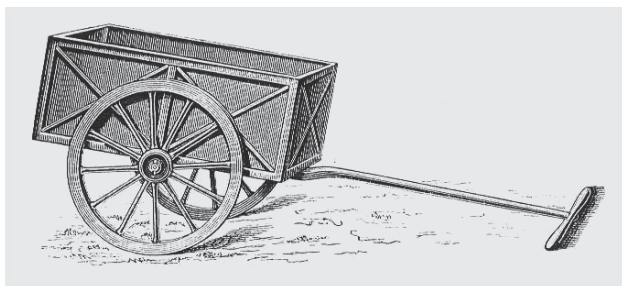


Bild 6.36. Zweirädriger, von zwei Mann gezogener Karren zum Tontransport

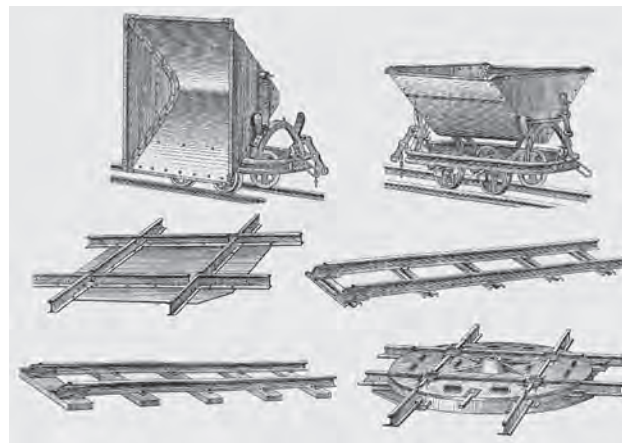


Bild 6.37. Kipplore/Muldenkipper, darunter: Schienenkreuzung, Gleisrahmen mit Stahl- und Holzschwellen, Drehscheibe

6.3. Der Rohstofftransport

Abgesehen vom Tragen in Körben oder Mulden, sog. Mollen, und dem Transport mit Tiergespannen, war die einrädige Schubkarre, um 400 v. Chr. in China erfunden und erst Jahrhunderte später nach Europa gelangt, das älteste und bis etwa zur Mitte des 19. Jahrhunderts auch das einzige Rohstofftransportmittel der Ziegelei (Bilder 6.35. und 6.36.). Die für den Tontransport um 1860 übliche Erdkarre in Kastenform hat sich lt. Bock „aus der sog. schlesischen Erdkarre herausgebildet“.

Aus einer Bilderhandschrift um 1430 kennt man eisenbeschlagene Holzschienen für Wagen, auf denen Baumaterial für Festungsanlagen befördert wird. Um 1535 laufen Förderkarren (sog. „Hunte“, „Hunde“) auf hölzernen Geleisen in den deutschen Erzbergwerken. Sie sind die Vorläufer der Kipploren, die – auf gewalzten, eisernen Schienen laufend – etwa ab 1870 in den Tongruben ihren Einzug hielten,



Bild 6.38. Schienengebundene, pferdegezogene Loren in einer amerikanischen Tongrube, um 1895

(Bild 6.37.). Der Inhalt dieser Loren ging von 0,3 bis 0,75 m³. Die kleineren wurden von Arbeitern geschoben, die größeren von Pferden gezogen (Bild 6.38.). In größeren Ziegeleien, bei denen große Mengen Tons aus einer entfernt liegenden Grube transportiert werden mußten, ersetzte man den teuren Pferde-transport durch Seilbahnen mit auf Schienen laufenden Wagen. Mit Ketten- und Seilaufzügen wurden ab ca. 1870 die vollen Loren auf den Einschüttboden über der Presse gebracht (Bilder 6.39.-6.41.).



Bild 6.39. Kettenaufzug für Kipploren



Bild 6.40. Tontransport von der Grube mit Kettenbahn

Um 1890 wurden auch schon Drahtseilbahnen zum Rohmaterialtransport eingesetzt, insbesondere wenn von der Grube zum Werk größere Höhenunterschiede oder Flußläufe zu überbrücken waren (Bild 6.42.).



Bild 6.41. Entleeren der Kipploren auf dem Schüttboden in die Kastenbeschicker

Mit der fortschreitenden Entwicklung der

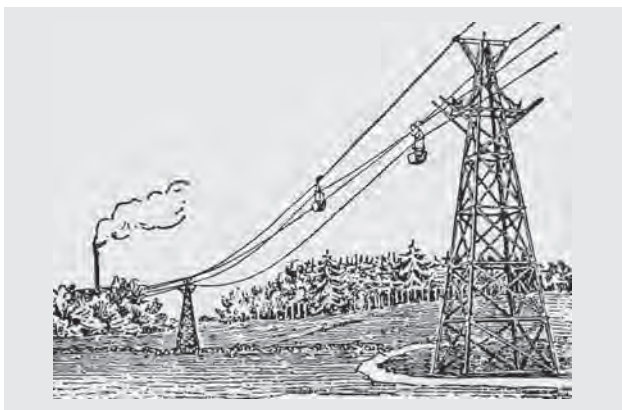


Bild 6.42. Drahtseilbahn

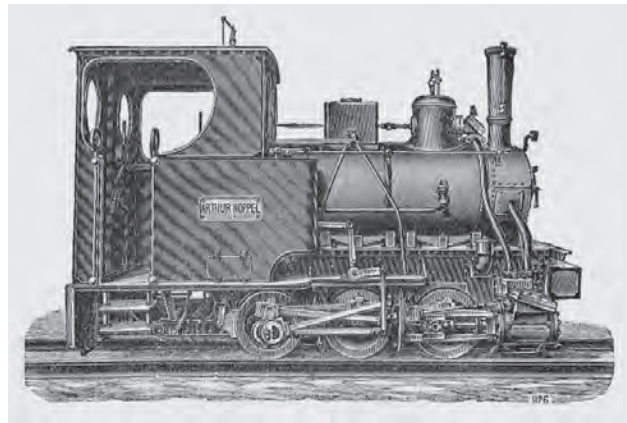


Bild 6.43. Dampflokomotive

Transportgeräte wurde es möglich, auch größere Entfernungen zwischen Tongrube und Werk zu überbrücken. Als Zugmaschine für den Kipplorenbetrieb wurden ab 1895 vereinzelt Dampfloks eingesetzt (Bild 6.43.). Nach 1900 führten sich die „elektrischen Transportbahnen“ mit E-Loks ein, denen der Strom durch eine Oberleitung zugeführt wurde (Bilder 6.44.+ 6.45.+ 6.46.).

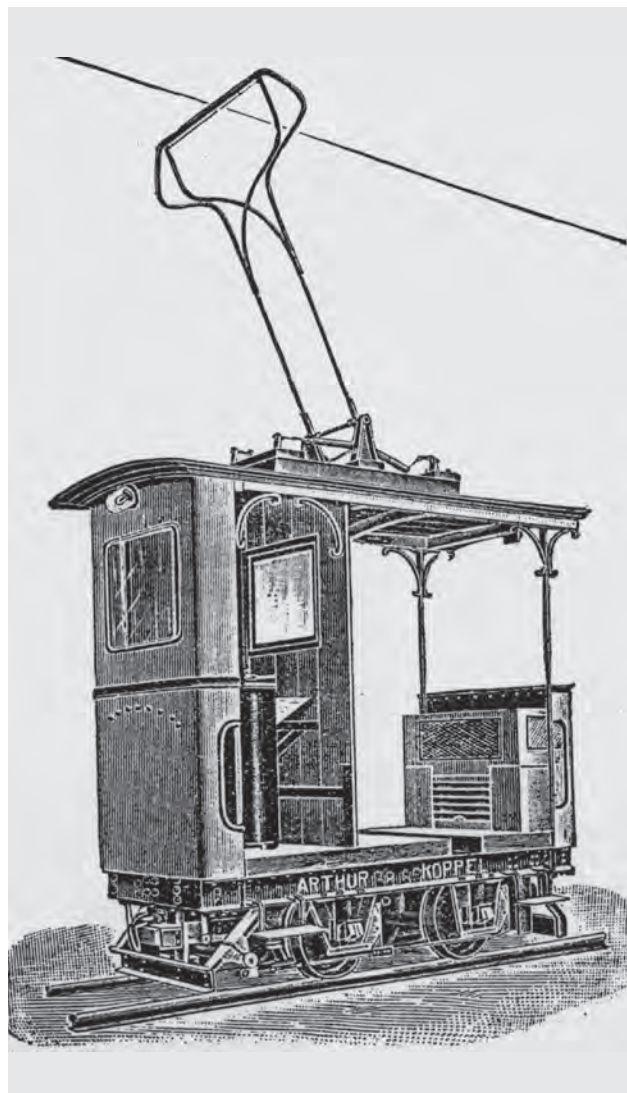


Bild 6.44. Elektrische Lokomotive



Bild 6.45. E-Lok mit Lorenzug im Einsatz, um 1910

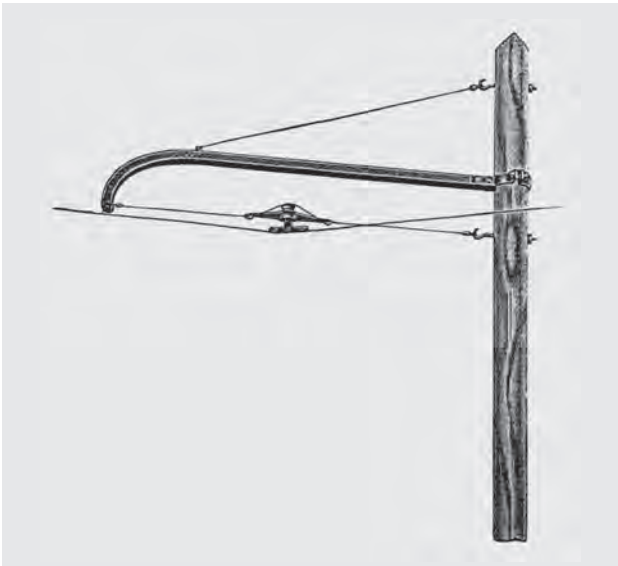


Bild 6.46. Ausleger für die Oberleitung der E-Lok



Bild 6.47. Diesellok mit Lorenzug um 1950

Große Verbreitung fanden ab 1925 die Dieselloks mit 600 mm Spurweite (Bild 6.47.). Eine Automatisierung des Schienentransports sollte der 1963 von der Firma Freiherr von Frydag entwickelte automatische „Selbstfahrkippwagen Olfry“ ermöglichen, dessen Bau ab 1967 von der Diepholzer Maschinenfabrik DIEMA übernommen wurde⁴⁸ (Bilder 6.48. + 6.49.). Doch um diese Zeit begann schon der Rückgang des



Bild 6.48. Selbstfahrwagen Olfry 1963, im Bild oben mit dem Konstrukteur Günter Menkens, unten beim Entleervorgang

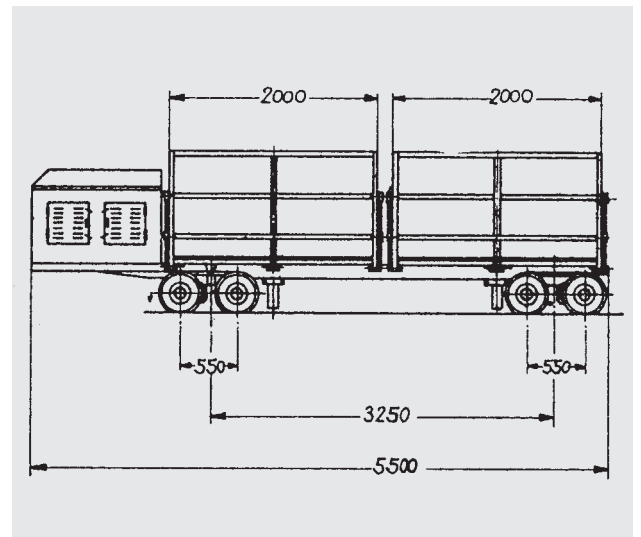


Bild 6.49. Maßskizze des Olfry Selbstfahrwagens

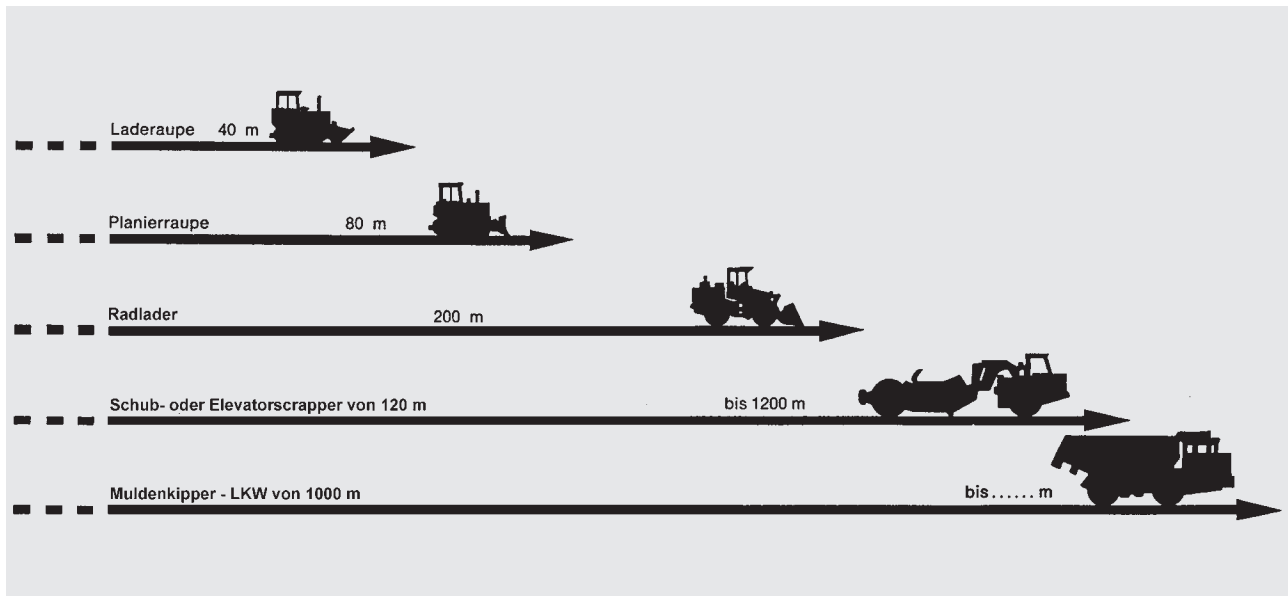


Bild 6.50. Wirtschaftliche Einsatz- und Förderstrecken für Flachbagger und Transportfahrzeuge

Gleisbetriebs für den Rohstofftransport zugunsten des LKW-Betriebs. Für kürzere Transportstrecken wurden auch Bandstraßen mit Gummigurtt Förderern von 100 bis 600 m Länge und mehr eingesetzt. Daneben dienen jetzt viele Flachbagger neben dem Lösen und Laden des Tons auch dem Transport über Entfernungen von 200 bis 3000 m, je nach Geräteart⁴⁹ (Bild 6.50.).

6.4. Rekultivierung

War eine Tongrube ausgebeutet, oder „ausgeziegelt“, wie der Ziegler sagt, dann blieb sie früher oft sich selbst überlassen. So manche Biotope oder idyllische kleine Seen sind auf diese Weise entstanden. Je nach Abbautiefe wurden die ausgeziegelten Flä-

chen aber auch wieder mit Erdreich verfüllt, bepflanzt und begrünt, oder sie wurden - gar nicht so selten - mit Hausmüll und Bauschutt zugeschüttet. Ironisch sprach man auch von der „Dreifelderwirtschaft“ des Zieglers: „Tongelände ausbeuten, als Müllgrube verpachten und dann als Bauplatz verkaufen“. Heute ist eine planmäßige Rekultivierung und Folgenutzung bereits in der Abbaugenehmigung festgeschrieben, kann also nicht willkürlich gewählt werden.⁵⁰ Bei den Folgenutzungsmöglichkeiten unterscheidet man zwischen wasserflächengebundenen, wie z.B. Naturschutzseen, Angelgewässer, Nutzwasserseen, Wassersport- und Freizeitseen, Fischzuchtgewässern und landflächengebundenen, wie z.B. Waldflächen, landwirtschaftlichen Flächen, Grünflächen, Freizeitanlagen und Baugelände.⁵¹



Bild 6.51. Beispiel einer gemischten wasser- und landflächengebundenen Rekultivierung in der Grube Wimpfsfeld 1 der Tonbergbau-firma Stephan Schmidt KG, Dornburg-Langendernbach. Die beiden Fotos zeigen zwei Phasen der Rekultivierung. Im Hintergrund erkennt man jeweils den fortschreitenden Tonabbau, im Vordergrund einen Weiher und die Pionierbepflanzung mit Erlen als Pioniergehölz und Lupinen als Gründümpflanze. Unter Pionierpflanzen versteht man diejenigen Pflanzen die als erste einen vegetationslosen Standort besiedeln. Sie schließen den Boden auf und machen ungünstige Böden auch für anspruchsvollere Pflanzen bewohnbar.

7. Tonaufbereitung

– den Rohstoff formbar machen

Die in der Lagerstätte abgebauten keramischen Rohstoffe sind in ihrem Grubenzustand noch nicht zum Verformen geeignet. Sie müssen daher aufbereitet, d. h. so behandelt werden, daß eine homogene, formbare Arbeitsmasse entsteht. Aufbereiten besteht immer aus einem Zerkleinern und einem Mischen, sowie vielfach einem Aussondern unerwünschter Einschlüsse. Bis zum 18. Jahrhundert stand dafür meist nur die Knochenarbeit von Mensch und Tier zur Verfügung. Diese Abhängigkeit von einer körperlichen Anstrengung bei der Tonaufbereitung war - neben der mühseligen Rohstoffgewinnung - ein weiterer Grund dafür, daß man bei der Rohstoffauswahl zunächst auf weiches, alluviales Material zurückgriff.

Mit der Entwicklung der Aufbereitungsmaschinen im 18. und 19. Jahrhundert entstanden, bedingt durch die regional sehr unterschiedlichen Rohstoffverhältnisse, die heute bekannten drei prinzipiellen Aufbereitungsmethoden: die Trockenaufbereitung, die Halbnaß- oder plastische Aufbereitung und die Naßaufbereitung. Entsprechend den dabei entstehenden Aufbereitungsprodukten: Trockenpulver, plastische Masse oder Schlicker entwickelten sich auch die entsprechenden Formgebungsmethoden: Trockenpressen, plastische Verformung und Gießen (Bild 7.1.).

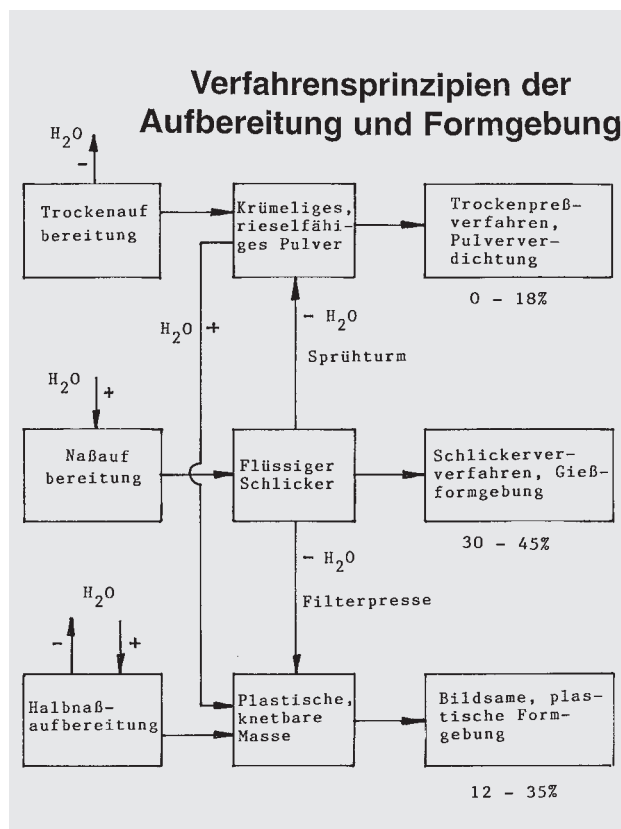


Bild 7.1. Verfahrensprinzipien der Aufbereitung und Formgebung

In England und den USA, wo viele relativ harte und trockene Rohstoffe, z. B. Schiefertone, vorkommen, wendete man sich bevorzugt der Trockenaufbereitung und der Formgebung mit Trocken- und Halbtrockenpressen zu. In Deutschland, wo die Rohstoffe überwiegend eine relativ hohe Grubenfeuchtigkeit aufweisen, wurden Halbnaßaufbereitung und plastische Formgebung zu den meist angewendeten Verfahren. Die Naßaufbereitung wurde in der Ziegelindustrie in Form des Schlämmens zur Aussonderung unerwünschter schädlicher Einschlüsse, insbesondere stark kalkhaltiger Tone, eingesetzt, sowie zur Herstellung von Engoben. Ansonsten ist die Naßaufbereitung vor allem die Aufbereitungsmethode der Feinkeramik zur Herstellung von Gießschlickern und Sprühkorn (Bild 7.2.).

Einen Überblick über die Entwicklung der Aufbereitungstechnik und ihres Teilbereichs Rohstofflagertechnik enthalten die Tabellen 19 und 20.

7.1. Tonaufschluß

– Schlüssel zur Verformbarkeit

Im Zusammenhang mit der Aufbereitung spricht der Ziegler oft vom „Aufschließen des Tons“, dessen wichtige aufbereitungstechnische Rolle daher etwas näher erläutert werden soll.

Der keramische Rohstoff ist ein Mehrstoffsystem, das sich aus bildsamen, unbildsamen, flüssigen und gasförmigen Einzelstoffen zusammensetzt. Die einzelnen Tonmineralteilchen bilden Agglomerate, d. h. Zusammenballungen, die trocken und hart bis gesteinsartig verhärtet sein können und in diesem Zustand auch nicht plastisch sind. Das Lösen und Lockern dieser aneinandergekitteten Primärteilchen und ihre gleichmäßige Umhüllung mit Wasser wird Aufschließung oder Tonaufschluß genannt. Der dadurch bewirkte Quellvorgang vergrößert die Oberfläche und erhöht damit die Plastizität. Bezeichnungen wie Zerkleinern, Brechen oder Mahlen für diesen Vorgang wären unzutreffend, da an der tonigen Substanz mit höchstens 0,01 mm Korndurchmesser nichts zu zerkleinern ist. Durch das Brechen und Mahlen werden lediglich die Stückgrößen der Agglomerate reduziert, eine echte Zerkleinerung erfolgt aber nur bei den unbildsamen Anteilen.

Es gibt den natürlichen und den künstlichen Tonaufschluß. Natürliche Aufschlußmethoden sind Wintern und Sommern, Sumpfen und Mauken. Künstliche Aufschlußverfahren sind das Schlämmen, die mechanische Zerkleinerung und die Heißaufbereitung.

unaufbereiteten Tons während der Sommermonate, das vor allem in den südlichen Ländern bis in 1940er Jahre weit verbreitet war, wurde Sommern oder auch Aussommern genannt.

Dabei trocknet das aufgeschüttete Material durch Sonne und Wind aus und wird dann durch Regen und Tau oder künstliche Berieselung wieder befeuchtet. Durch das ständige Schwinden und Quellen erfolgt die Auflockerung und der Aufschluß des Rohmaterials. Das Sommern war oft effektiver als das Wintern, weil im Winter der Ton oft monatelang in gefrorenem Zustand lagerte, ein Aufschluß jedoch nur durch die wiederholten Frost-Tauwechsel bewirkt werden konnte.

Nach der allgemeinen Einführung der Aufbereitmáschinen etwa ab 1870 galt das Wettern trotz seiner Vorzüge als überlebt, weil man es als zu teuer empfand. Vor allem nach dem 1. Weltkrieg, der einen großen Arbeitskräftemangel und hohen Lohnanstieg mit sich brachte, suchte man ab 1920 durch den Einsatz von Grubenbaggern, Zerkleinerungs- und Mischmaschinen direkt von der Abbauwand weg in die Presse zu arbeiten. Dies galt vor allem für die Mauerziegelwerke. Doch sehr häufig mußte der Verzicht auf Wintern und Sommern mit einer Minderqualität der Ziegel bezahlt werden und schon bald kam es dann wieder zu der Forderung, das direkte Arbeiten „weg von der Wand“ wieder aufzugeben. Eine Möglichkeit dazu bot der Bau von Sumpf- und Maukanlagen, der – beginnend etwa 1925 – nach 1945 einen großen Aufschwung erlebte. Etwa seit 1960 arbeiten viele Ziegelwerke wieder mit großen Freihalden, die als Mischhalden in erster Linie der Rohstoffvergleichmäßigung dienen, bei denen aber durch das Wettern noch willkommene Zusatzeffekte erzielt werden.

7.3. Sumpfen und Mauken

Zu den ältesten Tonaufschlußmethoden zur Steigerung der Bildsamkeit keramischer Rohstoffe, die bereits von den alten Ägyptern und den Chinesen praktiziert wurden, gehören das Sumpfen und das Mauken. Die Kenntnis um ihren positiven Einfluß zur qualitativen Verbesserung keramischer Masse ist altes Erfahrungswissen, denn für das Verständnis der beim Sumpfen und Mauken ablaufenden komplexen Vorgänge physikalischer, chemischer und biologischer Art fehlt noch immer eine umfassende Theorie des Wirkungsmechanismus. So ist der Einfluß biochemischer Abläufe noch ungeklärt und es wird vermutet, daß derzeit noch unbekannt chemophysikalische Vorgänge eine Rolle spielen.

Für das Sumpfen und Mauken galt früher: Gesumpft wird vor, gemaukt nach der Aufbereitung. Da heute aber auch zum Sumpfen die Massen oft fertig aufbereitet werden, ist das entscheidende Merkmal des Maukens heute die Lagerung unter Luftabschluß, wie sie z. B. im Tonsilo stattfindet.

7.3.1. Sumpfen

Früher auch Feuchtelagerung, Einsumpfen, Einwecken genannt, bestand das Sumpfen ursprünglich darin, frisch von der Grube kommendes, gewintertes oder gesommertes, aber mechanisch noch nicht aufbereitetes Material lagenweise in gemauerte Gruben einzubringen, jede Lage zu wässern und dann in Ruhelage die langsame, vollständige Aufnahme des Wassers und damit den Aufschluß zu ermöglichen. Mehrere zu mischenden Materialien, z. B. fetter und magerer Ton und Sand, wurden lagenweise im erforderlichen Mischungsverhältnis eingebracht und zur weiteren Verarbeitung nach dem Sumpfprozeß senkrecht abgestochen.

Der Sumpfprozeß war abgeschlossen, wenn sich keine festen, geschlossenen Klümpchen mehr zeigten. Der Ziegler sagte dann, der Ton ist „reif“ oder „gar“. Zur Feststellung der „Gare“ oder „Reife“ benutzte man eine mit einer Eisenspitze versehene Stange, mit der man in den Sumpfhaufen stach und am Widerstand erfuhrte, ob noch harte Tonstücke enthalten waren.

Die Sumpfzeit lag in der Regel bei ca. 4-6 Wochen.

7.3.2. Mauken

Früher auch Rotten, Faulen, Gären, Stinken, Reifen und Fermentieren genannt, bestand das Mauken darin, das mechanisch fertig aufbereitete Material mit seinem endgültigen Anmachwassergehalt entweder als loses, ungeformtes Gut oder zu Batzen oder Kuchen verpreßt, in dunklen, abgeschlossenen Räumen mit hoher Luftfeuchte, den sog. Maukellern, zu lagern.

Der Maukprozeß wurde als ein Fäulnisprozeß betrachtet, bei dem eine Gärung oder Fermentierung der Tonmasse mit Algen oder Bakterien stattfindet. Vor allem den sich während des Maukens entwickelnden Algen, die wie Gallerte wirken, wurde als organischem Kolloidstoff die Erhöhung der Plastizität zugeschrieben. Das „Faulen“ suchte man gelegentlich durch Zusätze wie Urin, Jauche, Gerbsäure etc. und eine dadurch gesteigerte Bakterientätigkeit zu beschleunigen, was dann aber zu Salzausblühungen und einer verminderten Feuerstandfestigkeit führte, so daß man schnell wieder davon abkam.

Englische Schiefertone blieben 2 bis 3 Jahre, schwedische bis zu 10 Jahren in der Mauke liegen. Bei den Chinesen, denen die positiven Auswirkungen des Maukprozesses auf die Plastizität ihrer Porzellantone schon sehr früh bekannt war, sprechen Berichte von Maukzeiten bis zu 100 Jahren. Jede Generation legte so den fertig gemauktern Tonvorrat für die nachfolgenden Generationen an.

7.4. Manuelle Aufbereitung

Die rein manuelle Aufbereitung mit Händen und Füßen, zum Teil unter Zuhilfenahme einfacher Werkzeuge und Vorrichtungen sowie mit gelegentlicher Unterstützung durch Arbeitstiere, war in Deutschland bis zum 18. Jahrhundert allgemein üblich und wurde auch noch während des 19. Jahrhunderts praktiziert.

7.4.1. Vom Tontreten oder Traden

Die ursprünglichste und einfachste Form der Aufbereitung war das Treten mit den Füßen auf der sog. Trade oder Lehmtrate. Dies waren 2-3 m² große, mit Brettern gedielte oder mit Steinen gepflasterte Tretplätze, auf denen das gesumpfte Material etwa 30 cm hoch aufgeschüttet wurde. Hier wurde der Ton von den Tretern mit den bloßen Füßen getreten („getradet“) bis er geschmeidig genug war. Das Treten mußte mit den bloßen Füßen erfolgen um Verunreinigungen wie Steine und Wurzeln erfühlen zu können, die dann von Hand ausgeklaut wurden. Der Tretplatz war also eine Einrichtung zum Kneten, Mi-

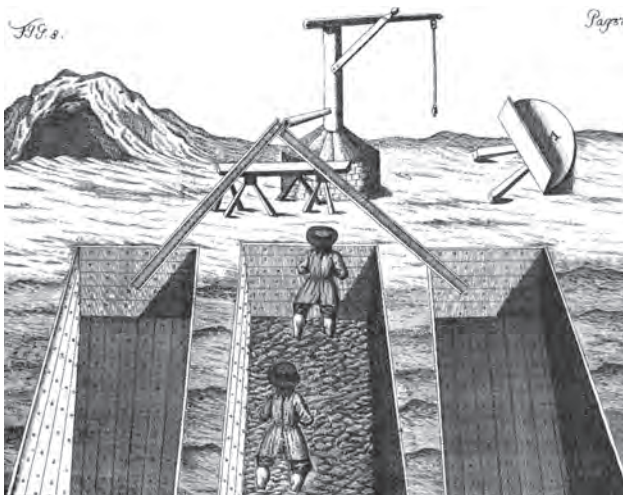


Bild 7.3. Mit Holzbohlen ausgekleidete Gruben, in denen der Ton, unter Zugabe von Wasser, etwa 36 bis 48 Stunden gesumpft und anschließend von den Tontretern „getradet“ wurde, um 1750



Bild 7.4. Die Darstellung einer Ziegelhütte aus dem Jahr 1833 zeigt ganz rechts den Tontreter

schen, Homogenisieren und Aussondern. Auf einer normalen Ziegelei waren mindestens drei Tretplätze vorhanden (Bild 7.3.+7.4.).

Zum Treten wurden auf größeren Ziegeleien auch Tiere – meist Ochsen oder Pferde – eingesetzt. Dann wurde der Tretplatz kreisförmig mit einem Durchmesser von mindestens 20 Fuß angelegt. Die Tiere wurden vor den Zugbalken einer stehenden Welle (Tummelholz oder Mönch genannt) gespannt und mit verbundenen Augen im Kreis über den Ton getrieben. Ochsen waren beliebter, weil sie gespaltene Hufe haben, denen man eine bessere Knetwirkung zusprach. Ochsen traten tiefer als Pferde, doch ihr Tritt war langsamer und sie traten auch gerne in die gleichen Fußstapfen. Als nachteilig galt, daß die Tiere nicht auch das Aussondern von Wurzeln und Steinen übernehmen konnten. Ein Arbeiter mußte den am Rand der Trade ausgetretenen Ton immer wieder mit der Schaufel auf die Bahnmitte zurück befördern und alle zum Vorschein kommenden Einschlüsse aussondern.

7.4.2. Vom Hauen und Schneiden

Nach dem Treten kam der Ton in einigen Ziegeleien noch auf den Haue Tisch, wo er vom Tondrescher mit dem Haueisen durchgedroschen wurde. Hierdurch sollte der Ton verdichtet und formsamer gemacht werden. Während des Hauen wurde der Ton noch bewässert, bis er gut plastisch war ohne zu kleben. Da ein Hieb etwa 60 mm tief in den Tonhaufen eindrang, durfte dieser nur ca. 120 mm hoch sein. Die Hiebe wurden 2 Finger breit nebeneinander gelegt, nach 2 Durchgängen wurde der Tonhaufen gewendet und dasselbe auf der anderen Seite wiederholt. Der Tondrescher hatte dann 4 Gänge durchgemacht und der Ton war halb gedroschen, denn für fetten Ton erachtete man 8 Gänge für ausreichend, während magerere Tone 12-16 Gänge erforderten.

Von der Hauebank kam der Ton zur Schneidebank, wo er mit einem gekrümmten Schroteisen oder einem Tonmesser in dünne Streifen von ca. 10 mm Dicke geschrotet oder geschnitten wurde. Der Zweck dieser Operation war es, schädliche Beimengungen festzustellen und auszulesen. Meist genügte es den Ton einmal zu schneiden, nur wenige Tone mußten zweimal geschnitten oder geschrotet werden.

In manchen Ziegeleien wurde das Schneiden vor dem Hauen durchgeführt, manche praktizierten nur das Hauen und Treten, die meisten aber nur das Treten. Die ersten Einrichtungen, mit denen man diese drei Operationen mechanisieren wollte, waren die Trade und der Tonschneider.

7.5. Maschinelle Aufbereitung

Die Mechanisierung des Produktionsprozesses begann in der Aufbereitung, denn hier war die körperliche Anstrengung besonders groß.

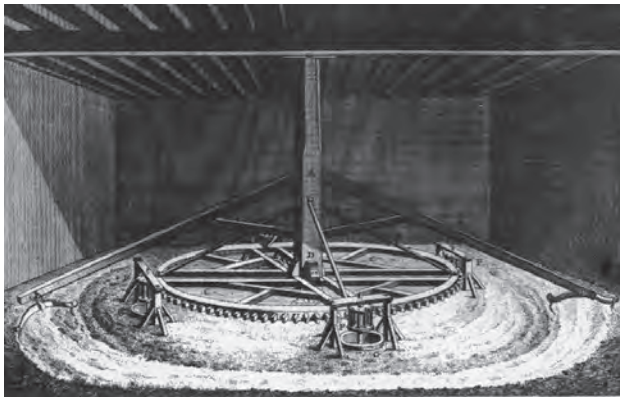


Bild 7.5. Tierbetriebene Misch- und Mahltrade, sog. Topf- oder Kübelmühle, wie sie vorzugsweise in den Fayencerien des 18. Jahrhunderts eingesetzt wurden

Die ersten Aufbereitungsmaschinen wurde entweder von den Ziegler in Eigenproduktion oder durch Handwerksbetriebe, später durch die Mechanischen Werkstätten, den Vorläufern der Maschinenfabriken, hergestellt. So gab es um 1800 schon eine ganze Reihe verschiedener Arbeitsmaschinen, die aber in der Regel nur Prototypen waren oder sich regional auf ganz wenige Exemplare beschränkten. Erst mit dem sich entwickelnden Ziegeleimaschinenbau, in England ab 1820 und in Deutschland ab 1860, entstanden auch Produktionsprogramme mit Standardtypen von Ziegelei-Aufbereitungsmaschinen. Es waren aber nicht die Aufbereitungsmaschinen, welche die Aufnahme einer Ziegeleimaschinenproduktion in größerem Umfang auslösten, sondern die Entwicklung der Formgebungsmaschinen, insbesondere der Schneckenpresse. Mit deren hohen Durchsatzleistungen konnte eine manuelle Aufbereitung nämlich nicht mehr Schritt halten. Dies führte zwangsläufig zur Entwicklung von Aufbereitungsmaschinen, zunächst um die Funktionen Zerkleinern, Aussondern und Mischen zu mechanisieren. Erst später kamen auch die Hilfsfunktionen Beschicken, Dosieren und Transportieren hinzu. Zur Ausführung dieser Funktionen entstand eine Vielzahl der verschiedensten Maschinenarten, und selbst die gleiche Maschinenart wurde von den zahlreichen Maschinenfabriken in den unterschiedlichsten Ausführungen gebaut. Nur auf die wichtigsten kann hier eingegangen werden. Für die Frühzeit der maschinellen Aufbereitung sind zwei Entwicklungen besonders hervorzuheben: die Trade und der Tonschneider, die dann von den heute noch aktuellen Walzwerken und Kollergängen abgelöst wurden.

7.5.1. Die Trade

Als erste Aufbereitungsmaschinen, die das Treten des Tons durch Mensch oder Tier ersetzen und verbessern sollten, entstanden in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts die sog. Rad- oder Fahrbahnen mit ihren Fahr- oder Karrenmaschinen (Bild 7.5.). Sie wurden in der späteren Literatur allgemein als Traden bezeichnet, obwohl die Trade ursprünglich der Tret-

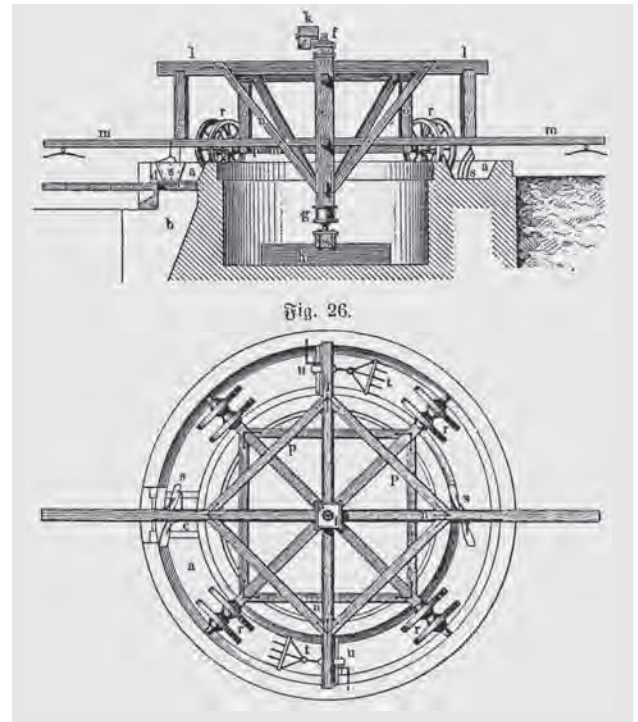


Bild 7.6. Fahr- oder Karrenmaschine mit vier Doppelrädern und zwei Harken zum Aufrühren des Tons, um 1850

platz war. Mit der Trade entstand eine maschinelle Einrichtung, die eine Kombination aus Sumpfrube und Mischmaschine war (Bild 7.6.).

Sie bestand entweder aus großen Speichenrädern oder aus zweirädrigen, mit Steinen beladenen Karren, die an einem Querbaum mit senkrechter, drehbarer Welle befestigt waren. Der Antrieb erfolgte meist durch Zugtiere über Zugbalken, später auch durch Kraftmaschinen

Eine Variante stellt die sog. „Triewald'sche Thonknetmaschine“ dar, bei der das eine Rad glatt und das andere mit Ochsenklauen ähnlichen Kämmen besetzt war (Bild 7.7.).

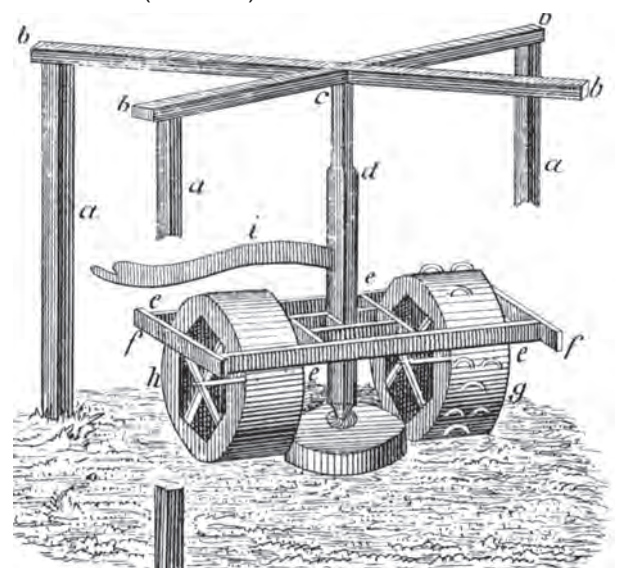


Bild 7.7. „Thonknetmaschine“ des schwedischen Ingenieur-Capitäns Triewald, „den der Gebrauch der Ochsen auf die Erfindung einer Maschine gelenkt hat, welche ungefähr die nämliche Wirkung hat und weshalb ein Rad mit Kämmen versehen ist, die ähnlich Ochsenklauen sind“

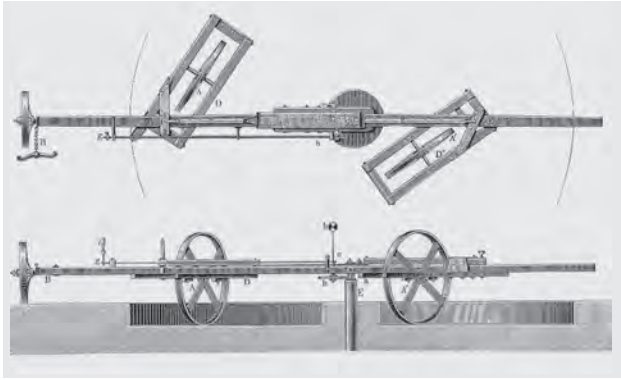


Bild 7.8. Radbahn, sog. „Thonfahrapparat“ mit zwei schweren Eisenrädern, die sich über eine Zahnstange und einen speziellen Mechanismus in spiralförmigen Linien im Kreis drehen

Wie man jedoch zu dieser Zeit noch über diese Maschinen dachte, das beschreibt Gilly 1818 in seinem Handbuch der Land-Baukunst: „Allein diese Hilfsmittel sind nicht völlig zweckmäßig erfunden worden, denn es kommt ja nicht auf die Durcharbeitung allein, sondern auch das Auslesen der Steine an, und hierzu dürfte sich wohl nichts besser schicken als fühlende Füße und willige Hände des Menschen“.

Die Speichenräder oder Karren der Traden bewegten sich im Kreis in einer ringförmigen Grube von etwa 0,4 m Tiefe und 1,0-1,5 m Breite. Bei einem mittleren Durchmesser von 7 m fand in dieser Grube Material für etwa 4000-5000 Vollziegel Platz. Der bereits gewinterte oder gesommerte und von Hand vorzerkleinerte Ton wurde meist am Abend in diese Grube eingebracht und mit Wasser übergossen, d.h. eingesumpft. Wenn das Wasser genügend Zeit gehabt hatte, einzuziehen, erfolgte die Bearbeitung durch die Fahr- und Karrenmaschinen. Durch eine versetzte Anordnung der Räder wurde der Ton auf der gesamten Breite der Sumpfgrube überrollt. Zum gründlichen Durchmischen wurden hinter den Rädern gelegentlich noch Harken oder Eggen angeordnet. Es gab auch Ausführungen, bei denen die Räder mittels Zahnrad und Zahnstange, manuell oder selbsttätig so verschoben werden konnten, daß sie nach und nach die gesamte Breite der Sumpfgrube bestrichen (Bild 7.8.). Der Ton wurde so lange bearbeitet, bis er genügend durchgearbeitet und homogenisiert war. Danach wurde die Sumpfgrube manuell entleert, neu befüllt und eingesumpft. Durch diese periodische Arbeitsweise ergab sich die relativ geringe Leistung der Traden, die dadurch nur für Handstrichziegeleien geeignet waren. Mit der Einführung der kontinuierlich arbeitenden Schneckenpresse mit ihrem höheren Materialbedarf, nach 1860, waren daher auch die Tage der Traden gezählt.

7.5.2. Der Tonschneider

Die Entwicklung des Tonschneiders beginnt 1643 mit der Kleimühle (Tonmühle), die der Holländer J. J. Speckstruyff in Gouda zur Aufbereitung von Pfeifen-

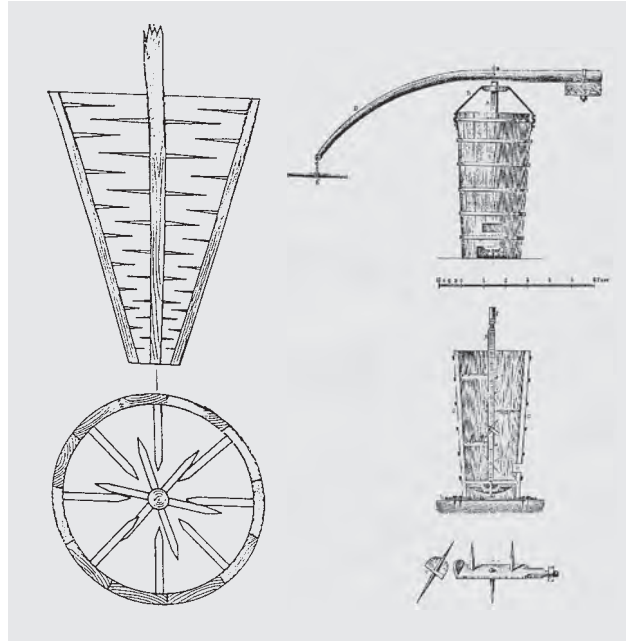


Bild 7.9a. Urtyp der Kleimühle von Speckstruyff, 1643

Bild 7.9b. Tonschneider als weiter entwickelte Form der Kleimühle

ton konstruiert hatte. Es war ein konisch verlaufender Holzbottich mit einer Rührwelle mit waagrecht angeordneten Messern (Bild 7.9.). In der Folgezeit wurde dieser sog. Stehende Tonschneider ständig weiterentwickelt und abgewandelt und u.a. mit gußeisernem Bottich, schmiedeeiserner Rührwelle und schraubenartig gebogenen Messern zur besseren Entleerung versehen. Diese Tonschneider, auch Tonmühle, von den Ziegler kurz „Mühle“ genannt, stellte in Kombination mit einem Sumpfbecken etwa ab 1780 über hundert Jahre lang die klassische Aufbereitung in den Ziegeleien dar. In England wurden diese sog. Pug mills noch um 1920 verwendet (Bild 7.10.).

Da der Tonschneider in den Handstrichziegeleien die einzige Aufbereitungsmaschine darstellte, mußte der Ton vorher ausreichend gesumpft sein, wenn er gut arbeiten sollte. Die Sümpfe wurden deshalb einfach um den Tonschneider herum angeordnet. Es wurden

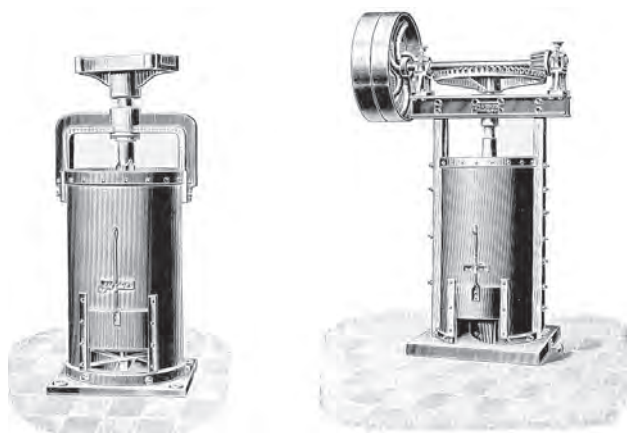


Bild 7.10. Tonschneiderausführungen um 1900, links für Tierbetrieb, rechts für Maschinenbetrieb

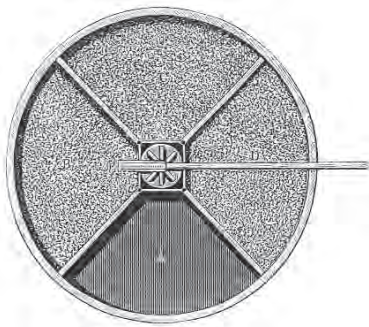


Bild 7.11. Tonschneider für Tierbetrieb mit drei Sumpfbeckern, während das Becken A frei bleibt als Arbeitsraum für Entnahme und Abtransport des Tons aus dem Tonschneider

immer mehrere Becken vorgesehen, mindestens aber zwei, eines zum Befüllen und Einsumpfen, eines zum Entleeren (Bild 7.11.). Das fertig gesumpfte Material wurde von einem Arbeiter, dem Einspetter, von oben nach unten abgestochen und in den Bottich geschaufelt. Durch die Rührwelle wurde der Ton durchgearbeitet und am unteren Ende durch eine mit einem Schieber verschließbare Öffnung gedrückt. Durch diesen Schieber konnte die Austrittsmenge reguliert werden. Man konnte aber auch durch Schließen des Schiebers den Tonschieber von einem kontinuierlich in einen periodisch arbeitenden Mischer mit längerer Mischzeit verwandeln, wenn schwieriges Material dies erforderlich machte. Um das mühsame Befüllen des stehenden Tonschneiders zu vermeiden, entstand um 1860 der liegende Tonschneider und hieraus wiederum der Einwellenmischer.

7.5.3. Walzwerke

Das Walzen des Tons begann um 1830 in England und wurde auf dem Kontinent zuerst in den Steinzeugfabriken im Elsaß angewendet (Bild 7.12.). Um 1850 begann man auch in den Ziegeleien in Deutschland mit Walzwerken, den „Thon-Walzmühlen“, zur Zerkleinerung des Tons zu arbeiten. Bereits 15 Jahre später hatten Walzwerke „wegen ihrer Zweckmäßigkeit auf den meisten Ziegeleien Eingang gefunden“. Bis heute ist das Walzwerk die am meisten verwendete Zerkleinerungsmaschine des Ziegelwerks, da es bei der hier meist praktizierten Halbnaßaufbereitung keine Alternative zur Feinzerkleinerung gibt. Früher wurde das Walzwerk daher auch als die „Seele des Maschinenbetriebs“ bezeichnet. Anfangs glaubte man, daß ein Walzwerk in Verbindung mit einem liegenden Tonschneider bzw. einer Schneckenpresse als „Combinirter Thonbereitungsmaschine“ eine

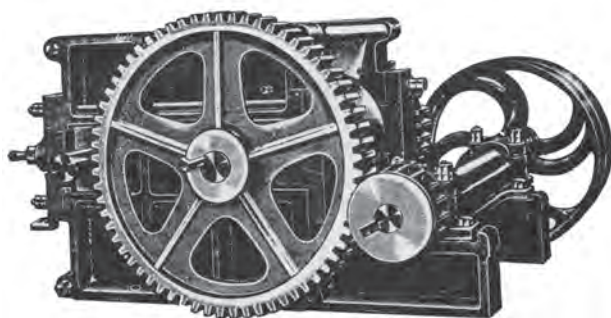


Bild 7.12. Altes Walzwerk Baujahr 1910

vollkommene Aufbereitung des Tons ermögliche, erkannte aber bald, daß in den meisten Fällen eine stufenweise Zerkleinerung notwendig war. So kam es zu der Unterscheidung in Vorwalzwerk und Feinwalzwerk, zu denen sich in manchen Fällen noch ein Mittelwalzwerk gesellte. Es gab die verschiedensten Kombinationen und als Vorwalzwerk wurde oft ein Brechwalzwerk installiert (Bilder 7.13. – 7.15.).

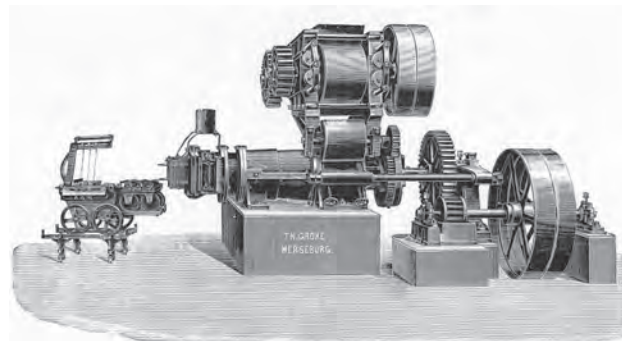


Bild 7.13. Ziegelmaschine mit aufmontiertem Walzwerk

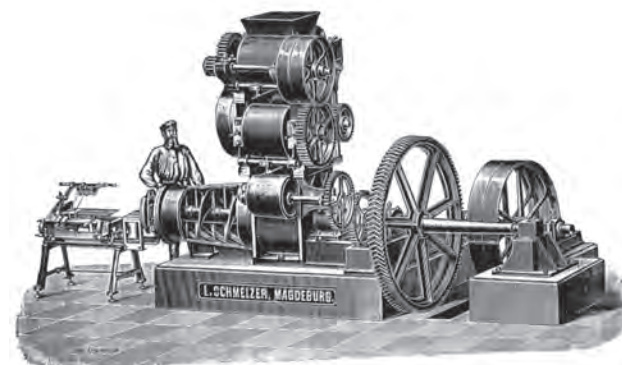


Bild 7.14. Ziegelmaschine mit zwei Walzwerken, um 1900

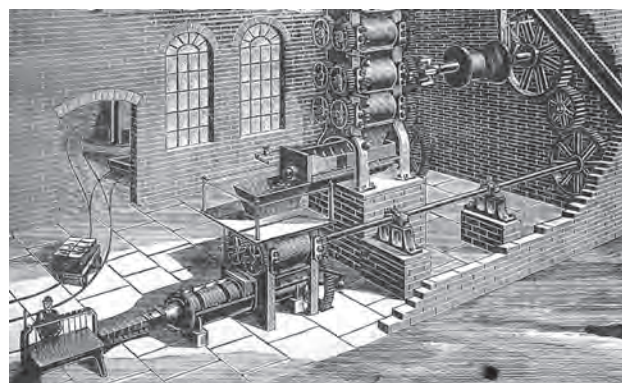


Bild 7.15. Aufbereitungs- und Formgebungsanlage mit 3 Walzwerken, Befeuchtungsmischer und Strangpresse, um 1920

7.5.3.1. Arbeitsprinzip

Das Arbeitsprinzip des Walzwerks ist denkbar einfach: Zwischen zwei in bestimmtem Abstand, dem Arbeitsschlitz oder Walzenspalt, gegeneinander laufenden Walzen wird das aufzugebene Mahlgut eingezogen und durch Druck zerkleinert. Dabei bestimmt

Bilder 7.16. Arbeitsprinzip Walzwerk

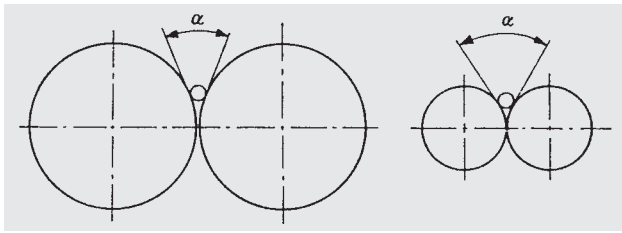


Bild 7.16a. Einzugswinkel – je kleiner der von den Tangenten an die Berührungspunkte der Walzen gebildete Einzugswinkel α ist, desto besser ist das Einzugsvermögen

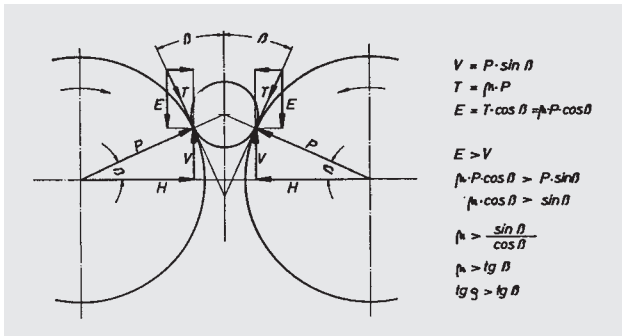


Bild 7.16b. Kräfte die von der Maschine auf das Mahlgut ausgeübt werden. Jede Walze drückt mit einer radialen Kraft P auf das Mahlgut, die in die horizontale Komponente H und die vertikale Komponente V zerlegt werden kann. H wirkt auf das Material zerdrückend, während V dem Einziehen zwischen die Walzen entgegenwirkt.

der Walzendurchmesser das Einzugsvermögen des Walzwerks. Je größer dieser ist, desto besser ist das Einzugsvermögen (Bild 7.16.). Die konstruktiv zu lösenden Aufgaben sind allerdings sehr anspruchsvoll: Ein vorgegebener Walzenspalt soll möglichst lange über die gesamte Walzenbreite exakt eingehalten werden. Passiert ein Fremdkörper die Walzen, muß eine geeignete Überlastsicherung dafür sorgen, daß eine Walze, die sog. Loswalze, sehr schnell ausweichen kann und anschließend schnell wieder in die ursprüngliche Lage zurückgeführt wird. Die Walzen müssen durch geeignete Schaber ständig sauber gehalten werden. Schließlich muß die einem Verschleiß unterliegende Walzenoberfläche zur Einhaltung eines konstanten Walzenspalts ständig glatt und eben gehalten werden.

Antriebskonzepte

Die ersten Walzwerke waren handbetrieben, mit Rädervorgelege, Schwungrad und doppelter Drehkurbel. Sie erforderten für ihren Betrieb zwei kräftige Männer. Die Walzen konnten glatt oder geriffelt sein, mit den Walzenabmessungen: 270 mm Durchmesser x 300 oder 400 mm Breite. Das Gewicht betrug 500 bzw. 600 kg. „Was die Leistung betrifft, so hängt diese nicht nur vom Arbeitsschlitz der Walzen ab (der etwa bei 6-10 mm lag), sondern auch von der Willigkeit der die Maschine bedienenden Arbeiter“ schreibt ein Zeitgenosse (Bild 7.17.). Einer der ersten Hersteller war die Maschinenfabrik von J. Jordan Sohn in Darmstadt.

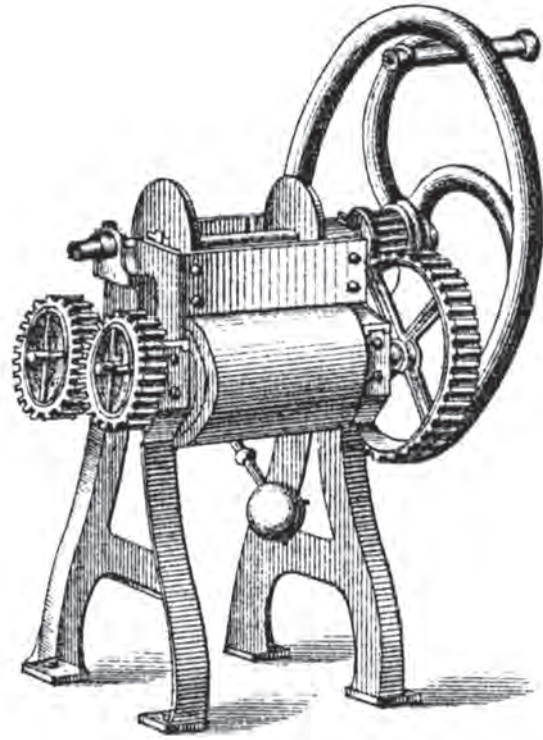


Bild 7.17. Über Handkurbel zu betätigendes Walzwerk

Größere Walzwerke hatten einen Walzendurchmesser von 300-375 mm und eine Walzenbreite von 450-570 mm. Diese waren für Tierbetrieb ausgelegt: über Göpel mit Pferden (Bild 7.18.) oder sogar mittels eines Tretrades durch einen kräftigen Esel. Bald aber überwog der Antrieb über Riementrieb durch Dampfmaschine oder Lokomobile.

Um 1900 verwendete man für die Vorwalzwerke rohe Walzenmäntel und betrieb sie mit Walzenspalten von

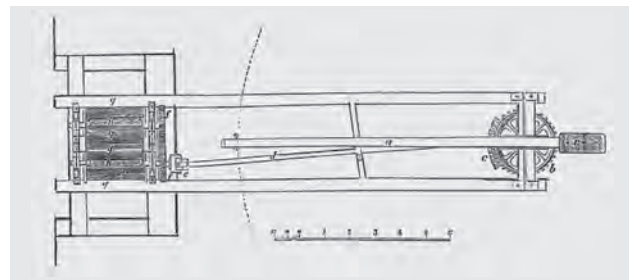


Bild 7.18. Grundriß eines mit Pferden über Göpel betriebenen Walzwerks

4-10 mm. Der Antrieb erfolgte meist über ein Rädervorgelege und Kuppelräder (Bild 7.19.). Später ließ man das Vorgelege entfallen und trieb das Vorwalzwerk über ein Kuppelradpaar und Riemen-schwungrad an, das direkt auf einer verlängerten Walzenachse angebracht war (Bild 7.20.).

Das Feinwalzwerk, das mit Walzenspalten bis herab auf 1 mm betrieben wurde, entstand aus dem Vorwalzwerk, indem man es mit geschliffenen Walzenmänteln versah und einfach schneller laufen ließ.

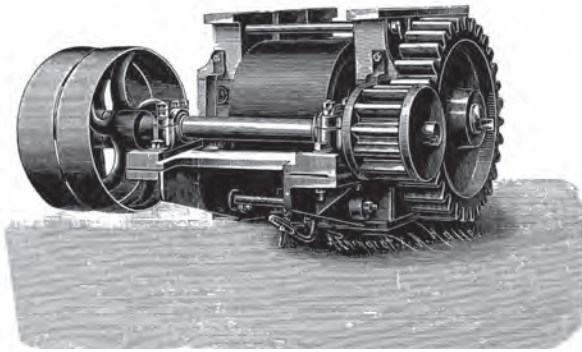


Bild 7.19. Walzwerk mit Antrieb über Zahnradvorgelege

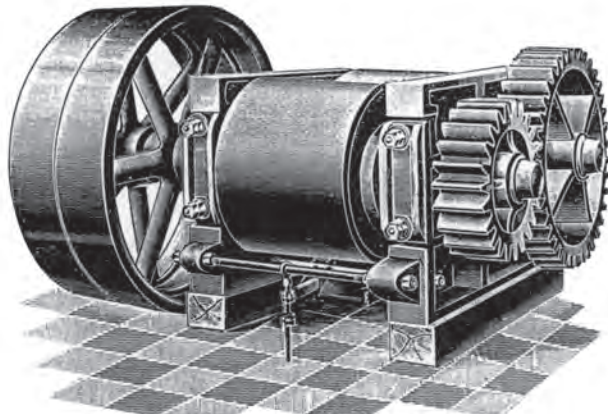


Bild 7.20. Walzwerk mit Antrieb über Riemenscheibe und Kuppelradpaar

Dies führte aber zu einer starken Geräuschentwicklung und hohem Verschleiß der Kuppelräder. Deshalb ließ man diese einfach entfallen und setzte die Antriebsscheiben unmittelbar auf die Walzenachsen. Jede Walze wurde für sich mit einer Voll- und einer Leerscheibe (auch als Fest- und Losscheibe bezeichnet) mit Ausrücker angetrieben (Bild 7.21.). Diese Antriebsart wurde bis zur Einführung von Einzelantrieben die allgemein übliche.

Etwa ab 1950 begann man die Walzwerke für den elektrischen Einzelantrieb einzurichten. Jede Walze

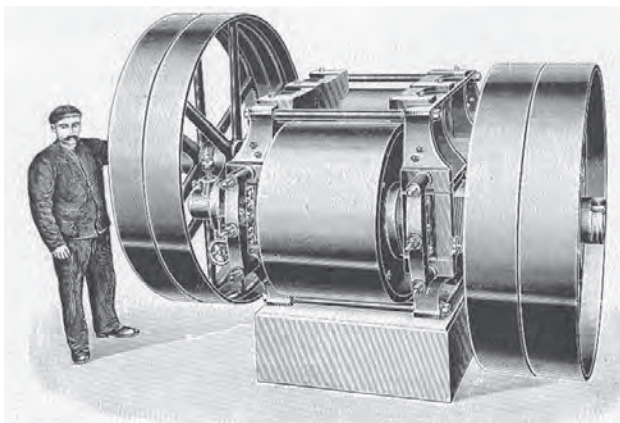


Bild 7.21. Walzwerk mit separatem Antrieb jeder Walze mit Voll- und Leerscheibe über Riemtrieb von einer Transmission aus

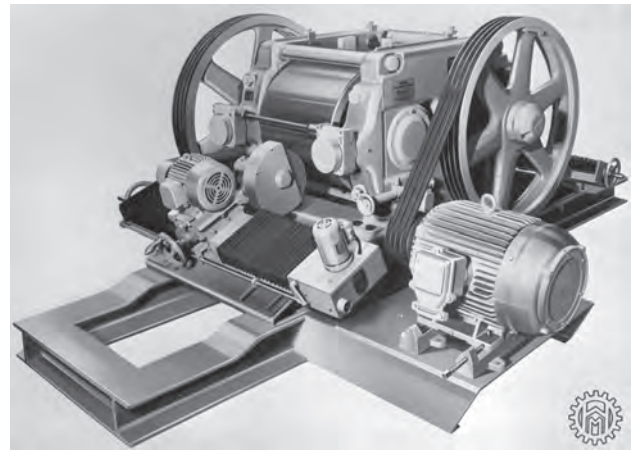


Bild 7.22. Walzwerk mit Einzelantrieb jeder Walze über Keilriemen und E-Motor, mit angebautem Schleifapparat

erhielt nur eine Vollscheibe mit flachem Kranz, die durch einen Elektromotor mit Keilriemen angetrieben wurde. Zur besseren Kraftübertragung ging man aber bald zu den heute allgemein üblichen Riemenscheiben mit Rillen über (Bild 7.22.).

Überlastsicherung und Verstellsysteme

Um beim Passieren eines Fremdkörpers eine Zerstörung des Walzwerks zu vermeiden, wurde eine Walze als Festwalze, die andere zum Ausweichen als sog. Loswalze beweglich ausgebildet. Die Loswalze dient auch zur Einstellung des Walzenspalts. Zunächst wurde die Loswalze mit einer Zwischenlage aus Gummi oder starken Federn abgesichert. Damit war aber eine konstante Einhaltung des Walzenspalts nicht möglich. Deshalb entwickelte man die bis in die 1960er Jahre übliche Abstützung der Loswalze gegen eine Brechplatte über einen Stößel. Bei Erreichen eines bestimmten Drucks brach die Brechplatte und ermöglichte dadurch ein Ausweichen der Walze. Danach mußte das Walzwerk stillgesetzt und eine neue Brechplatte eingesetzt werden. Um einen Stillstand zu vermeiden, wurde die Abstützung gegen vorgespannte Tellerfederpakete eingeführt, wodurch ein Ausweichen der Loswalze und ihre selbsttätige, sofortige Rückführung in die ursprüngliche Lage ermöglicht wurden. Was mit den Tellerfederpaketen auf mechanischem Weg erreicht wurde, ließ sich ab 1975 auch hydropneumatisch durchführen. Seit 1965 werden verschiedene Schwingensysteme zur Verstellung eingesetzt (Bilder 7.23.).

7.5.3.2. Walzwerkskonstruktionen

Im Laufe der Zeit entstand eine fast unübersehbare Anzahl der verschiedensten Walzwerkskonstruktionen, die vorrangig immer zum Ziel hatten, einen immer engeren Walzenspalt einzustellen und während des Betriebs halten zu können, bei immer größerer Durchsatzleistung. Moderne Walzwerke können mit effektiven Walzenspalten bis 0,5 mm arbeiten und erreichen dabei Durchsätze bis 40 m³/h.

Bilder 7.23. Überlastsicherung an der Loswalze

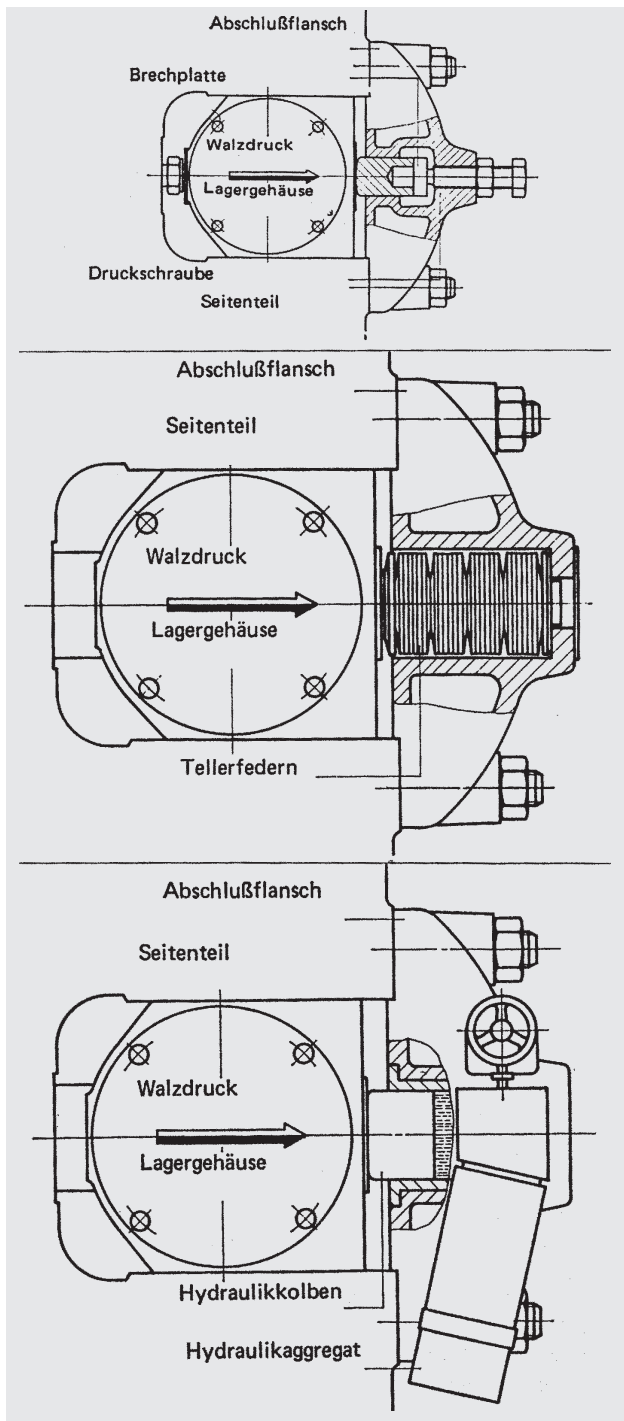


Bild 7.23a. Oben mit Brechplatten, Mitte mit Tellerfederpaketen, unten mit Hydraulikkolben

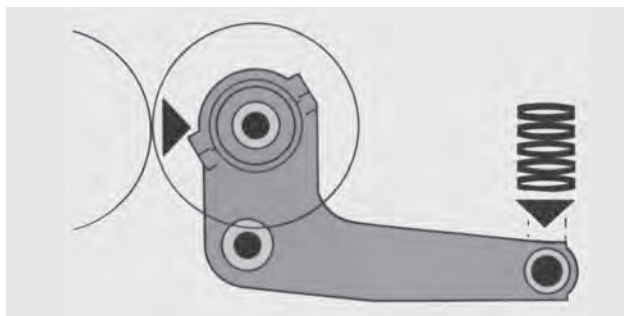


Bild 7.23b. Gegen Tellerfederpakete abgestützte Schwinge

Doppel-, Dreiläufer- und Vierläufer-Walzwerk

Um an Bauhöhe zu gewinnen und gleichzeitig für zwei Maschinen mit einem Antrieb auszukommen, baute man um 1900 das sog. *Doppelwalzwerk*. Einen zweimaligen Materialdurchgang mit nur drei Walzen wollte man mit dem *Dreiläufer-Walzwerk* erreichen und einen dreimaligen mit nur vier Walzen mit dem *Vierläufer-Walzwerk* (Bilder 7.24.-7.26.).

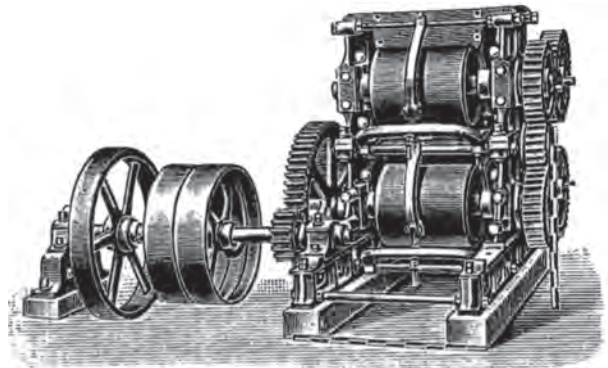


Bild 7.24. Doppelwalzwerk, bestehend aus zwei übereinander angeordneten normalen Walzwerken

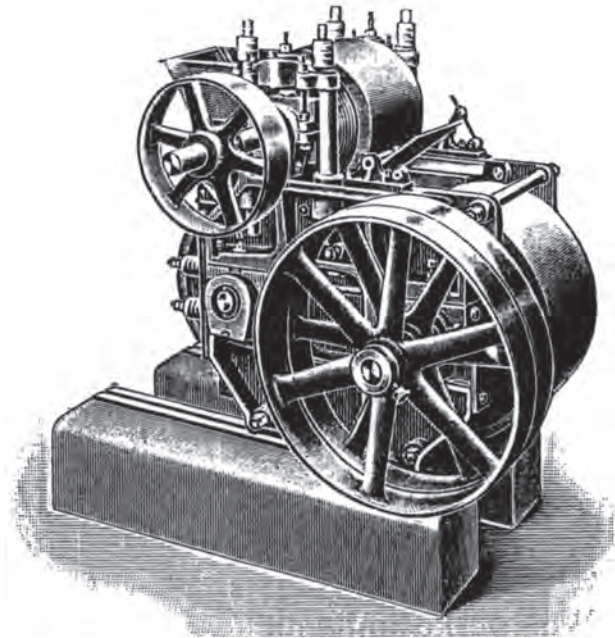


Bild 7.25. Dreiläuferwalzwerk mit drei Walzen für zweimaligen Materialdurchgang

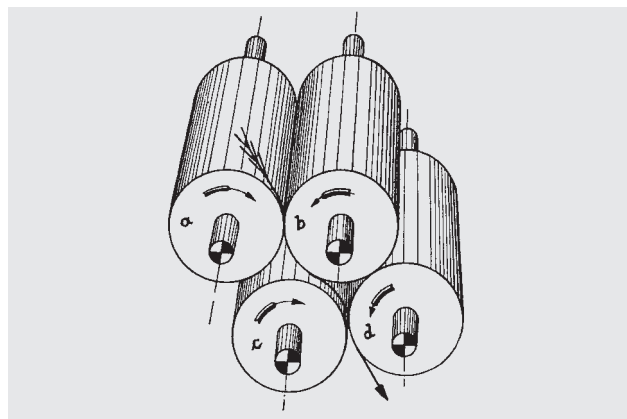


Bild 7.26. Vierläuferwalzwerk mit vier Walzen für dreimaligen Materialdurchgang

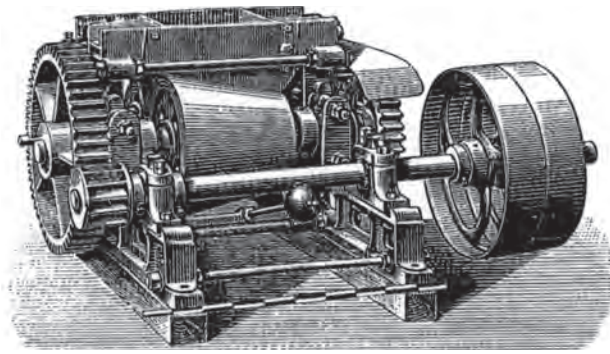


Bild 7.27. Walzwerk mit konischen Walzen

Walzwerke mit konischen Walzen

Ende der 1870er Jahre führte man auf Vorschlag von Otto Bock Walzwerke mit konischen Walzen ein. Durch die große Differentialgeschwindigkeit der konischen Glattwalzwerke wurde der Ton besser eingezogen. Wegen des bei konischen Walzen entstehenden hohen Seitendrucks war es aber schwierig, einen gleichmäßigen Walzenspalt einzuhalten, weshalb sich diese Ausführung nicht durchsetzen konnte. Dazu trug auch bei, daß es schwierig war, konische Walzen wieder gleichmäßig glatt zu schleifen (Bild 7.27.).

Changierwalzwerke

Der Wunsch, schädliche Beimengungen im Ton, insbesondere Kalk, möglichst fein zu zerreiben und dadurch unschädlich zu machen, führte zur Entwicklung des sog. Changierwalzwerks, das 1905 von der Sächsischen Maschinenfabrik AG, vorm. A. Kuhnert & Co., Meißen, unter der Bezeichnung Ideal-Feinwalzwerk (System Kuhnert) auf den Markt gebracht wurde (Bild 7.28). Andere Fabrikate und Systeme dieser Changierwalzwerke, auch Wechsel- oder Verreibwalzwerk genannt, folgten. Sie waren so gebaut, daß eine oder beide Walzen sich nicht nur drehend, sondern auch in Achsrichtung seitlich schiebend bewegten. Wegen des beträchtlichen konstruktiven Mehraufwands und der hohen seitlichen Drücke auf die Walzenlager und den Walzenstuhl sowie der doch begrenzten Zerreibewirkung lief der Bau der Changierwalzwerke in den 1930er Jahren aber aus.

Schwingenwalzwerke

Stand der Walzwerkstechnik 2000 ist das Schwingenwalzwerk, bei dem die verstellbare Walze auf einer Schwinde verlagert ist. Das erste Schwingenwalzwerk brachte 1965 die Firma Breitenbach auf den Markt. Bei den ersten Schwingenwalzwerken war die Schwinde noch gegen Brechplatten oder Tellerfederpakete abgestützt. Anfang der 1980er Jahre stellten die Rieterwerke das erste Walzwerk mit vollhydraulisch betätigtem Schwingensystem vor, bei dem das Vorspannen der Schwinde durch einen speziellen Hydraulikzylinder erfolgt. Das Hydrauliksystem übernimmt hier die Funktion der Überlastsicherung. Es öffnet bei Überlastungen in Bruchteilen von Sekunden und führt danach die Schwinde und damit die Loswalze gedämpft und automatisch wieder in die

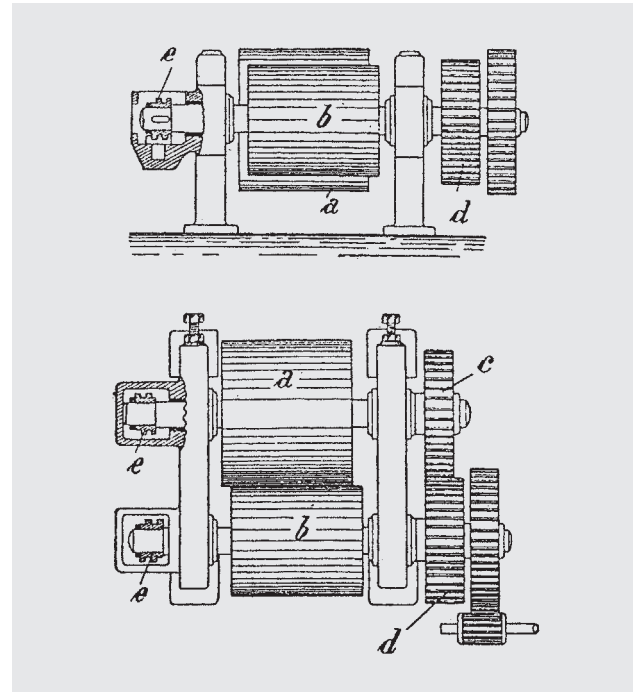
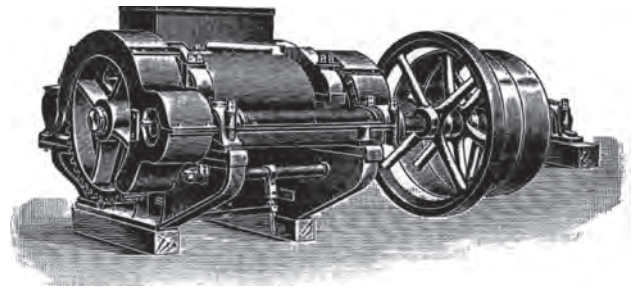


Bild 7.28. Changierwalzwerk. Oben: Ideal-Feinwalzwerk von Kuhnert, unten: Schema der seitlichen Verschiebung der Walzen. Diese erfolgt durch am Ende der Walzenwellen darauf angebrachte, in sich zurückgehende Schneckengänge.

Ausgangslage zurück. Eine Verstellung des Walzenspalts ist auch während des Betriebs des Walzwerks möglich. Seither haben alle Ziegeleimaschinenhersteller Walzwerke mit einem hydromechanischen oder hydropneumatischen Schwingensystem im Programm, mit zahlreichen firmenspezifischen Konstruktionsvarianten und -details (Bilder 7.29.-7.31.).



Bild 7.29. Schwingenwalzwerk Händle Alpha I mit angebauter Drehmaschine, Materialeinlauftrichter mit Anschluß an die Entstaubungsanlage

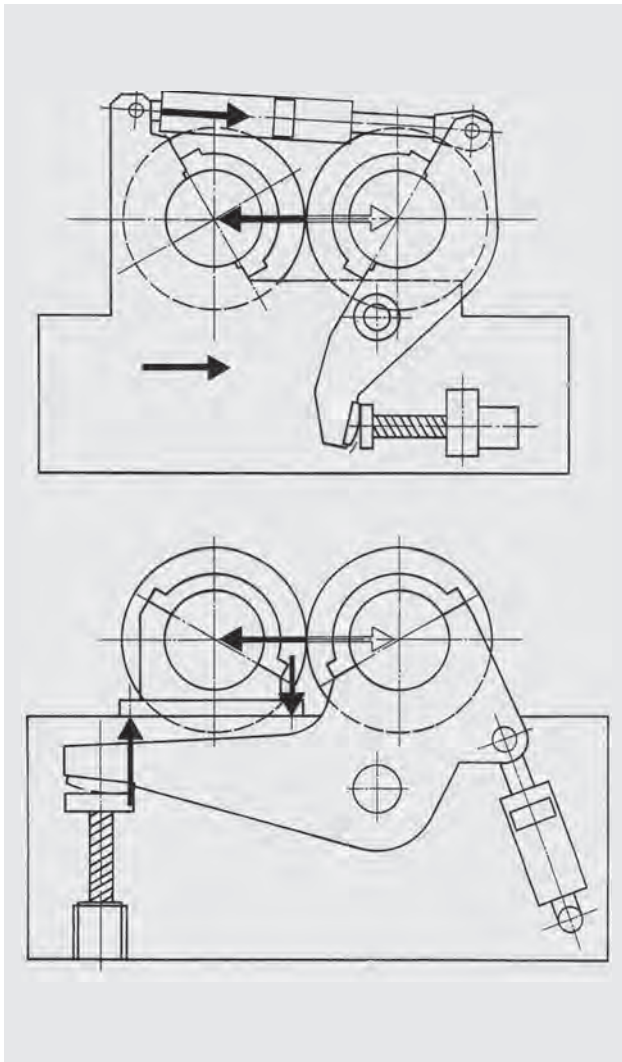


Bild 7.30. Schema Schwingenwalzwerk. Oben: System Händle „Alpha I“ mit oben liegenden Hydraulikzylindern, 1992, unten: System Rieter „Gigant“ mit unten liegenden Hydraulikkolben, 1986



Bild 7.31. Aufbereitungsanlage mit zwei Schwingenwalzwerken zur Feinstzerkleinerung des Tons

Klassifizierung der Walzwerke nach der Art der Spaltverstellung und den Walzendrehzahlen

Nach der Art der Verstellung der Loswalze unterscheidet man u.a. zwischen den in Bild 7.32. dargestellten Systemen, von denen das Schiebelagerwalzwerk bis in die 1970er Jahre die am häufigsten gebaute Ausführung war, während von den übrigen Systemen manche nur in wenigen Exemplaren zum Einsatz kamen.

Nach den Walzendrehzahlen kennt man das Differentialwalzwerk, das Gleichlaufwalzwerk und das Schnellläuferwalzwerk:

- Differentialwalzwerk – Gleichlaufwalzwerk

Beim sog. Differentialwalzwerk, das man bereits um 1875 kannte, laufen die beiden Walzen mit unterschiedlichen Drehzahlen, z.B. eine Walze mit 90-100, die andere mit 120-140 Umdrehungen pro Minute. Dadurch glaubte man neben dem Zerquetschen auch noch ein Zerreiben des Tons zu erreichen. In den 1960er Jahren durchgeführte Versuchsreihen ergaben aber, daß dies nicht zutrifft. Differentialwalzwerke sind zudem hinsichtlich des Kraftbedarfs ungünstiger als Gleichlaufwalzwerke, da der Motor der langsam laufenden Walze als Bremse wirkt. Trotzdem werden die Vorwalzwerke auch heute noch mit differentiellen Drehzahlen betrieben, da sich hier Schläge durch im Material enthaltene Steine weit weniger auswirken als bei Gleichlaufwalzwerken (Bild 7.33.). Feinwalzwerke oder Nachwalzwerke werden dagegen immer im Gleichlauf, d.h. mit gleichen Drehzahlen beider Walzen, betrieben.

- Schnellläufer-Walzwerk

Für einige Jahre machte das Gleichlauf-Schnellläufer-Feinwalzwerk Furore, das die Firma Keramikmaschinen GmbH, Osnabrück, 1957 einführte. Dieses Walzwerk war gekennzeichnet durch kleine Walzendurchmesser, meist 500 mm, und sehr hohe Walzendrehzahlen, bis 1000 Umdrehungen pro Minute (Normale Walzwerke laufen mit max. 340-400 U/min.). Es wurde mit Walzenspalten bis 0,5 mm betrieben, wozu das Material allerdings bei mind. 2 mm vorgewalzt sein mußte. Diese Entwicklung blieb aber letztlich nur eine Modeerscheinung, die in eine Sackgasse führte und daher in der 1970er Jahren wieder aufgegeben wurde (Bild 7.34.).

7.5.3.3. Walzwerksstandardisierung

Aus einer Vergleichs-Preisliste des Keramikmaschinen-Verbandes aus dem Jahre 1929 geht hervor, daß zu dieser Zeit 153 verschiedene Baugrößen von Vor- und Feinwalzwerken auf dem Markt waren. Es gab 15 verschiedene Walzendurchmesser von 360 bis 1000 mm und 16 verschiedene Walzenbreiten von 250 bis 600 mm. Dies führte zu Bestrebungen, die Walzwerksabmessungen zu standardisieren und zu normen. In den 1930er Jahren lag auch ein entsprechender Normentwurf vor, der aber nie zum Tragen kam. Nach 1950 wurde jedoch durch Werksnor-

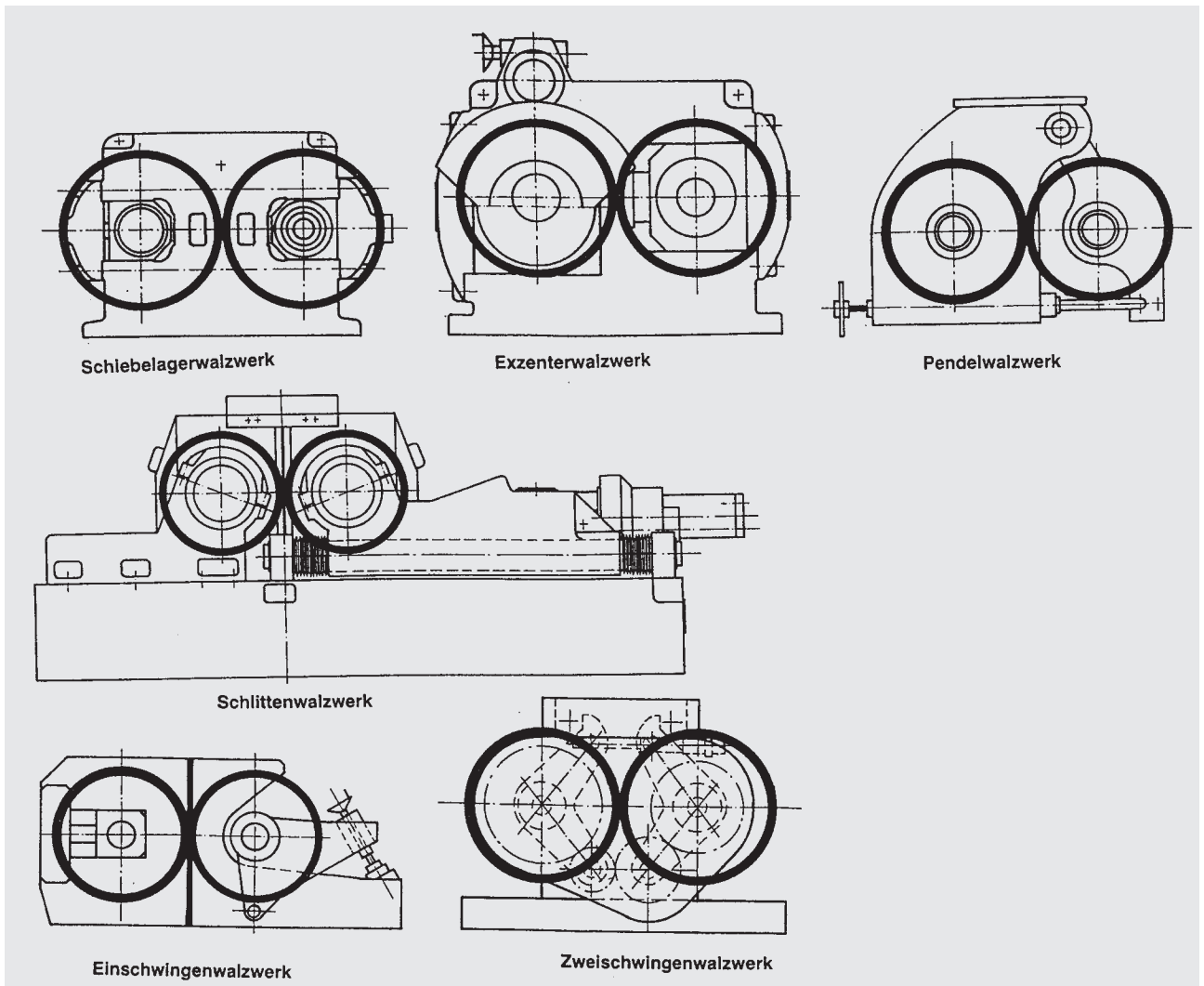


Bild 7.32. Die wichtigsten Walzwerksysteme nach der Art der Verstellung der Loswalze:

Schiebelagerwalzwerk: Innerhalb des Walzenstuhls werden beide Walzen von horizontal verschiebbaren Lagergehäusen aufgenommen.

Exzenterwalzwerk: Die Lagergehäuse der verstellbaren Walze können über Exzenter im Walzenstuhl bewegt werden. Auch gab es Walzwerke, bei denen beide Walzen in Exzentern verlagert waren.

Pendelwalzwerk: Eine Walze ist ortsfest im Walzenstuhl oder in fixen Lagergehäusen verlagert. Die andere Walze läßt sich über ein gemeinsames Pendel für beide Lager oder über getrennte Pendel für die Lager links und rechts hin- und herschwenken.

Schlittenwalzwerk: Die Festwalze bildet mit der Rahmenkonstruktion eine unverrückbare Einheit. Die andere Walze ruht auf einem verschiebbaren Schlitten.

Einschwingenwalzwerk: Die verstellbare Walze ist entweder in separaten Einzelschwingen für die Lager rechts und links oder in einer gemeinsamen Schwinge für beide Lager untergebracht. Die andere Walze, die Festwalze, ist starr mit dem Walzenstuhl verbunden.

Zweiswingenwalzwerk: Bei dieser Ausführung sind entweder jeweils beide Lager einer Walze in einer gemeinsamen Schwinge oder jedes Lager extra in Einzelschwingen verlagert, d.h. beide Walzen können bewegt werden.

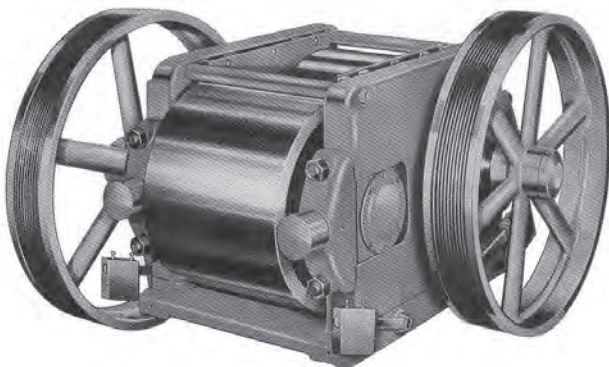


Bild 7.33. Normales Walzwerk um 1970, das im Einsatz als Vorwalzwerk als Differentialwalzwerk betrieben wird

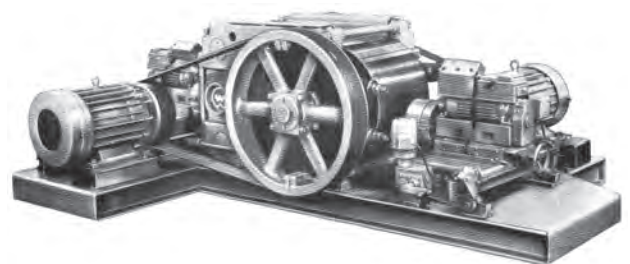


Bild 7.34. Schnellläuferwalzwerk um 1960. Wegen der hohen Walzendrehzahlen waren beide Walzen als Festwalzen ausgebildet, d.h. es gab keine Überlastsicherung. Das Mahlgut mußte daher bei mind. 1,5 mm Walzenspalt vorgewalzt sein

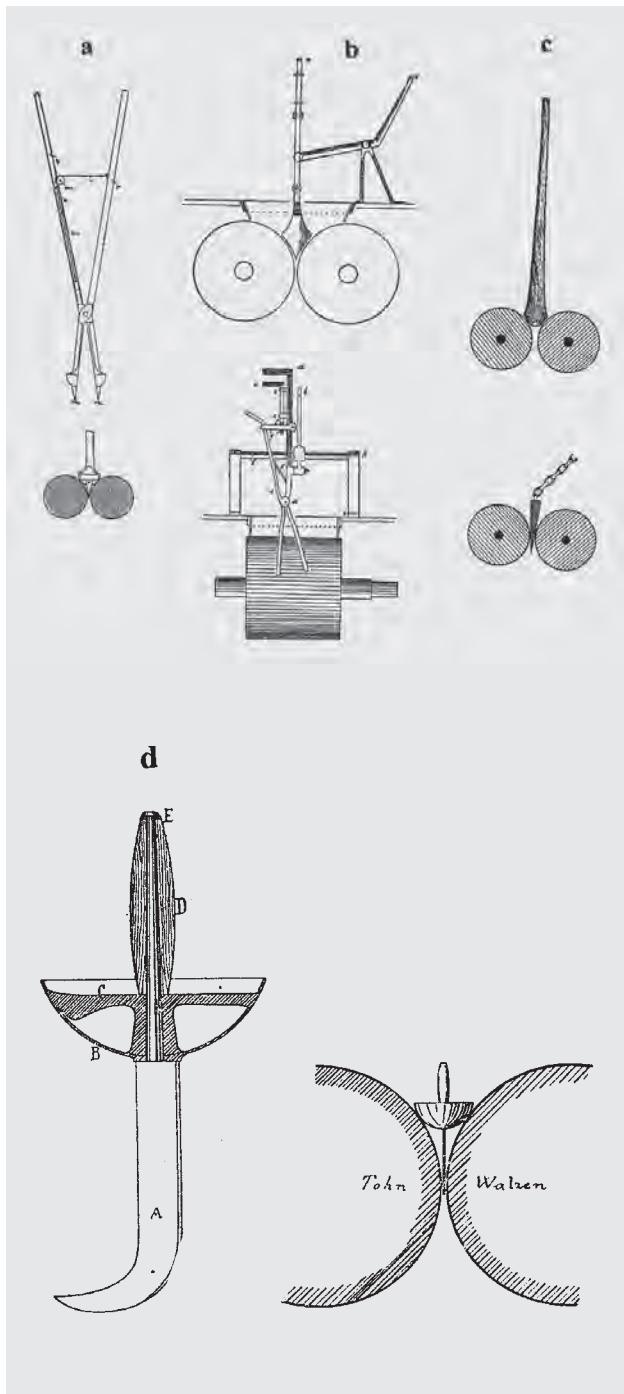


Bild 7.35. Werkzeuge zur Unfallverhütung um 1890: a+b. Zangen zum Herausnehmen von Fremdkörpern, c. Stößel zum Durchstoßen des Tons bei Verstopfungen, darunter: Holzkeil zum schnellen Blockieren der Walzen, d. Greifer mit hakenförmig gebogener Klinge und mit Schutzglocke zum Herausnehmen von Steinen

mung eine gewisse Standardisierung erreicht, wobei die Entwicklung der Walzwerksgrößen die allgemein steigenden Durchsatzleistungen in den Ziegelwerken widerspiegelt.

So waren gängige Standardgrößen von Walzengrundmesser /Walzenbreite in mm:
 bis 1965 – 600/500, 800/500, 1000/500, 1000/650.
 um 1980 – 800/800, 800/1000, 1000/800, 1000/1000.
 seit 1998 – 800/1200, 800/1500, 1000/1200, 1000/1500.

7.5.3.4. Unfallverhütung

Bis etwa 1906 war es allgemein üblich, das Walzwerk mit der Schaufel von Hand zu beschicken. Die Einläufe von Walzwerken erwiesen sich daher schon frühzeitig als besondere Unfallschwerpunkte. Unfälle ergaben sich insbesondere wenn versucht wurde, harte Gegenstände wie Steine und Eisenteile zwischen den Walzen bei laufendem Betrieb von Hand zu entfernen oder bei Verstopfungen durch plastischen Ton, diesen durch die Walzen zu drücken. Um diesen Unfällen zu begegnen, wurden ab 1870 verschiedene Vorrichtungen entwickelt, z. B. eine hakenförmig gebogene Klinge mit Schutzglocke oder eine spezielle Zange, die den Arbeitern das gefahrlose Herausnehmen von Steinen ermöglichen sollte. Um bei Verstopfungen den Ton zwischen den Walzen hindurchdrücken zu können, verwendete man einen sog. Walzenstößer. Aus heutiger Sicht waren all diese frühen Vorrichtungen aber eher dazu geeignet Unfälle zu verursachen als sie zu verhüten (Bild 7.35.).

7.5.3.5. Wartung der Walzenmäntel

Durch die Walzwerksarbeit verschleßen die Walzenmäntel und auf ihrer Oberfläche bilden sich Riefen, wodurch sich auch die Zerkleinerungsarbeit des Walzwerks verschlechtert. Deshalb mußte man die Oberflächen der Walzen von Feinwalzwerken in bestimmten Abständen wieder gleichmäßig rund schleifen, um über die gesamte Walzenbreite den gleichen Walzenspalt zu erhalten.

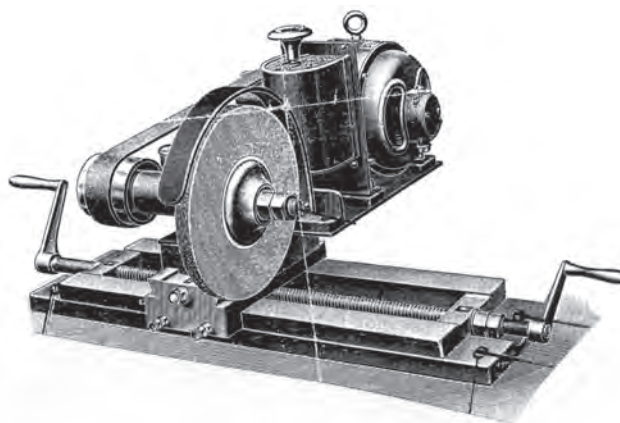
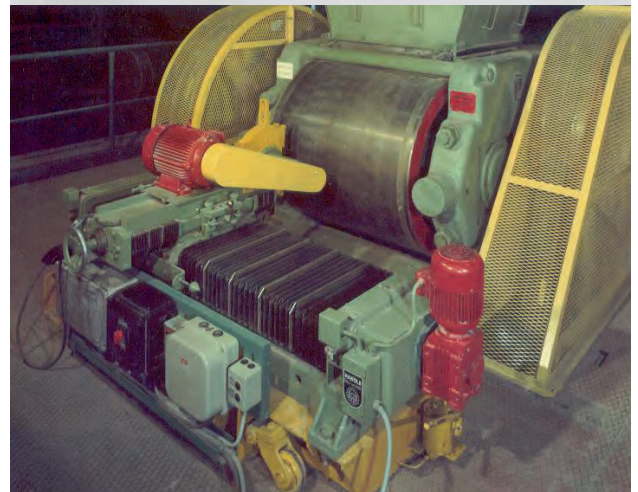
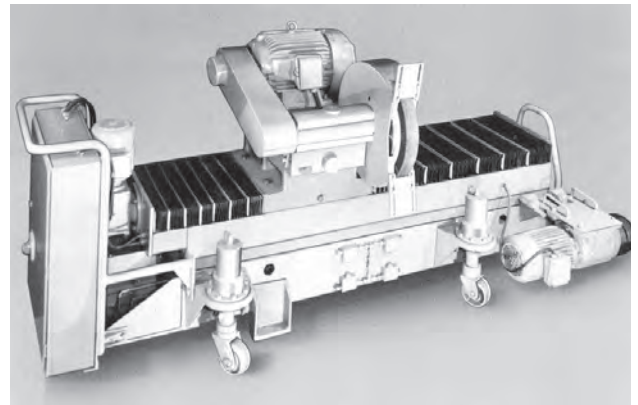


Bild 7.36. Oben: Walzen-Schleifapparat von Kreth, um 1930
 Unten: Walzen-Schleifapparat von Händle, um 1965

Anfänglich baute man dazu die Walzen aus und schliiff sie in der Werkstatt auf einem eigens dazu vorgesehenen Holz- oder Eisengestell. Um 1890 kamen dann die ersten Walzenschleifapparate auf, die ortsfest angebaut wurden, so daß die Walzen ohne Demontage direkt im Walzengestell nach der Arbeitszeit geschliffen werden konnten. Einer der ersten Hersteller von Walzenschleifapparaten war C. Kreth, Civil-Ingenieur in Hildesheim (Bild 7.36.). Um 1930 offerierte Kreth seine Schleifapparate auch mit einer Einrichtung zum Abdrehen, also mit Drehstahl, allerdings mit dem Hinweis „Coquillen-Hartgußwalzen lassen sich jedoch nicht abdrehen, sondern können nur abgeschliffen werden“. Da noch keine geeigneten Drehwerkzeuge zur Verfügung standen, konnte sich das Abdrehen nicht durchsetzen. Bis 1978 blieb das Schleifen der Walzen die allgemein praktizierte Art der Wartung von Walzenmängeln (Bilder 7.37.). Die Schleifeinrichtungen entwickelten sich vom einfachen Schleifapparat mit Handkurbelbetrieb (um 1890), über sog. automatische Schleifapparate (ab 1920) bis zur Hochleistungsschleifmaschine (ab



Bilder 7.37. Zwei Möglichkeiten des Anbaus des Schleifapparats an das Walzwerk

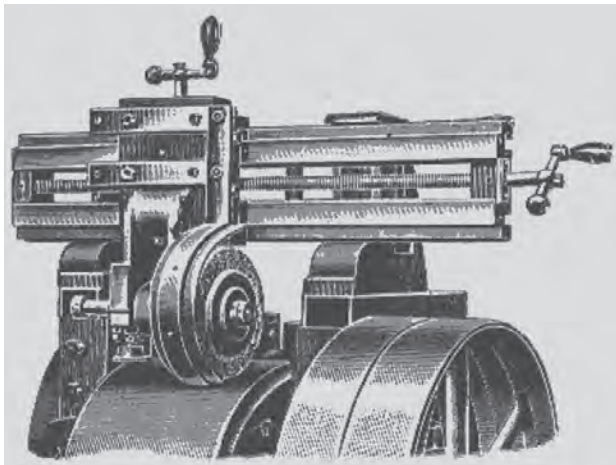


Bild 7.37a. Schleifscheibe von oben an die Walze angestellt

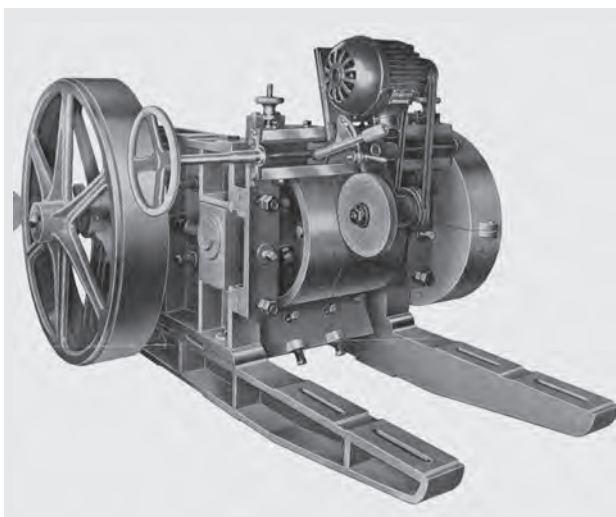


Bild 7.37b. Schleifscheibe von vorne angestellt, um 1930

Bild 7.38. Fahrbare Hochleistungs-Walzenschleifmaschine, 1970

1965) mit Schleifscheiben von 400-500 mm Durchmesser und Schleifmotoren bis 15 kW (Bild 7.38.).

Erst 1978 brachte die Firma Pilatus in Maltern/Schweiz die erste brauchbare Drehmaschine auf den Markt. Möglich wurde dies vor allem durch die Verfügbarkeit neuer Schneidwerkstoffe, wie Schneidplatten aus Oxidkeramik und Bornitrid-beschichtetem Hartmetall oder Wendeschneidplatten aus massivem polykristallinen kubischen Bornitrid (CBN). Bereits um 1980 hatte das Walzendrehen das Schleifen nahezu vollständig verdrängt, denn Schleifzeiten von 6 Stunden und mehr standen nun Drehzeiten von 20 bis 60 Minuten gegenüber. 1989 brachte Pilatus das TWIN-System auf den Markt, bei dem zwei Drehstähle gleichzeitig arbeiten und damit die Drehzeit um die Hälfte reduziert werden konnte (Bilder 7.39.).

7.5.4. Vom Tonbrechwerk zum Walzenbrecher

Nach Einführung der Glattwalzwerke erkannte man alsbald, daß sie nur eine begrenzte Aufgabestückgröße zuließen und eine stufenweise Zerkleinerung des scholligen Grubentons erforderlich war (Bild 7.40.). So entstanden etwa ab 1860 die Tonbrechwerke und Brechwalzwerke, die in Kombination mit einem Glattwalzwerk teils mehrfach übereinander angeordnet wurden. Die *Tonbrechwerke*, auch *Schollenbrecher* genannt, dienen zur Grobzerkleinerung von harten,

Bilder 7.39. Drehmaschinen



Bild 7.39a. Einrichten einer Einstahl-Drehmaschine

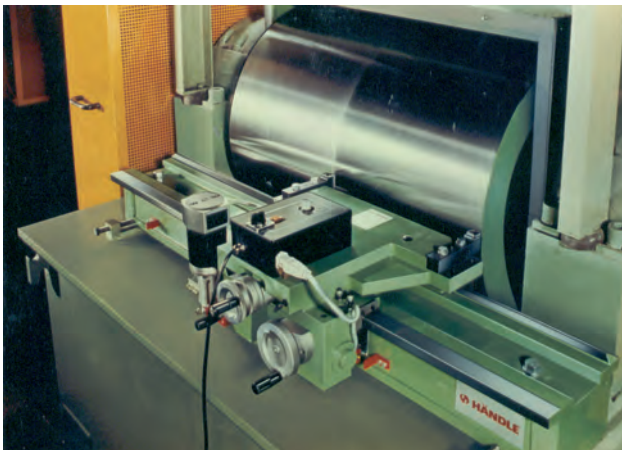


Bild 7.39b. Zweistrahl-Drehmaschine TWIN im Einsatz



Bild 7.39c. Unten rechts im Bild: Reibradantrieb an der Riemenscheibe mit dem die Walze zum Walzendrehen angetrieben wird, um die optimalen Drehzahlen von etwa 30/min zu erhalten, anstelle der bei der Walzarbeit üblichen Drehzahlen um 300/min

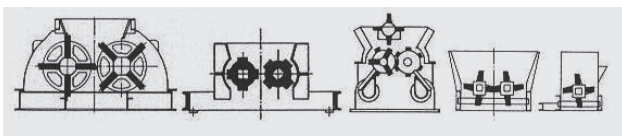


Bild 7.40. Walzenbrecher und Messerbrecher, von links nach rechts: a. mit auswechselbaren Messern, b. mit Zahnscheiben, c. mit Zubringerhaspeln, d. mit zwei Messerwalzen, e. mit einer Messerwalze

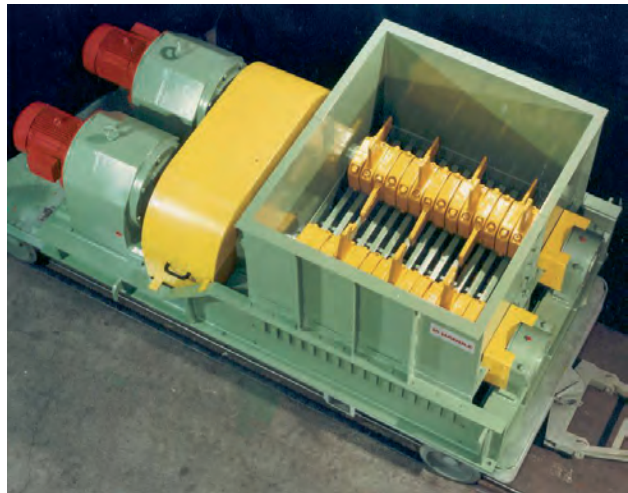


Bild 7.41. Messerbrecher mit zwei Messerwalzen

großen Tonklumpen ohne Steineinschlüsse. Aus ihnen entwickelten sich die heutigen Messerbrecher (Bild 7.41.). Es gibt sie mit einer oder zwei Messerwalzen, die das Material durch einen Rost drücken. Der Abstand der Roststäbe liegt etwa zwischen 40 und 110 mm.

Die Brechwalzwerke waren universeller und konnten auch zur Grobzerkleinerung grobscholliger, mit Steinen durchsetzter Tone eingesetzt werden (Bild 7.42.). Sie wurden um 1900 in verschiedenen Ausführungen und unter verschiedenen Bezeichnungen

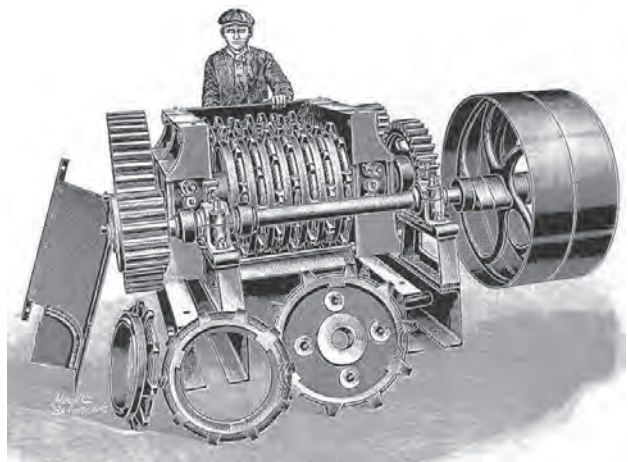


Bild 7.42. Brechwalzwerk, um 1900

gebaut, wie Stachelwalzwerk oder Nockenwalzwerk. Brechwalzwerke bestehen aus zwei gegeneinander arbeitenden Walzen, entweder mit Walzenmänteln aus einem Stück mit nockenartigen Erhöhungen, die in entsprechende Vertiefungen der gegenüberliegenden Walze eingriffen oder solchen mit auf die Welle aufgezogenen, auswechselbaren Scheiben mit Brechzähnen.

Aus den Brechwalzwerken entwickelten sich in den 1930er Jahren die heutigen Walzenbrecher. Als Brechelemente für die Walzen haben sich zwei Ausführungen bewährt: Messerscheiben mit auswechselbaren Messern oder Zahnscheiben (Bilder 7.43.+ 7.44.).



Bild 7.43. Schnitt durch einen Walzenbrecher bei der Arbeit



Bild 7.44. Blick in einen Walzenbrecher mit Zahnscheiben bei der Zerkleinerung von grobscholligem Ton



Bild 7.45. Mobiler Hydraulikbrecher, installiert in einer Tongrube, 1985

Anfang der 1980er Jahre begann die Ära der sog. Hydraulikwalzenbrecher, die ursprünglich von der Firma Josef Meyer, Luzern, entwickelt, später von Händle weiterentwickelt und gebaut wurden (Bild 7.45.). Das Antriebskonzept des Einzelantriebs jeder Walze über Hydromotor mit Reversierschaltung hat entscheidende verfahrenstechnische Vorteile. Im Gegensatz zu den mechanischen Walzenbrechern kann bei den Hydraulikbrechern ein bestimmtes, maximales Drehmoment eingestellt werden, bei dessen Überschreitung automatisch ein Reversiervorgang der beiden Walzen eingeleitet wird. Der Stein, der diese Überlastung verursacht hat, wird dadurch in eine andere Position gebracht, in der er eine bessere Spaltbarkeit aufweist und somit besser gebrochen werden kann.

7.5.5. Kollergang

In Form der Öl- oder Getreidemühle, des sog. Mahlgangs, in welcher im Kreis drehende Mahlsteine von 1-2,5 m Durchmesser das aufgegebenes Gut auf einer Mahlbahn zerquetschen und zerreiben, kennt man den Kollergang seit dem Altertum. Auch die Papiermacher benutzten vermutlich schon ab dem 13. Jh. die Kollermühle und den Mahlholländer mit steinernen Läufern. Für die Keramik konstruiert Vittorio Zonca in Italien gegen Ende des 16. Jahrhunderts einen einfachen Kollergang für Antrieb mittels Wasserrad (Bild 7.46.).

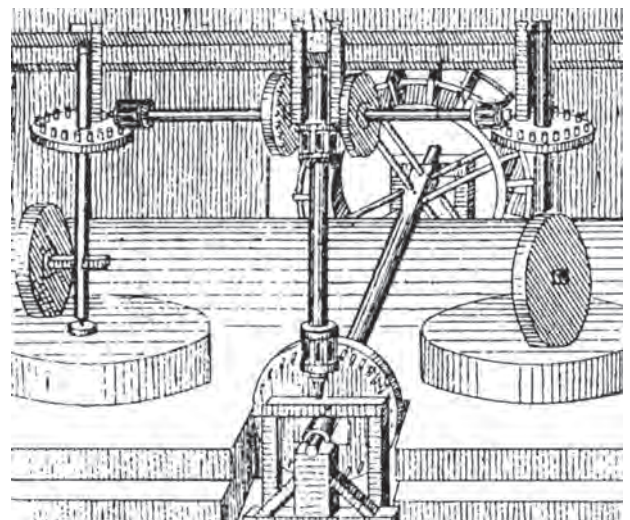


Bild 7.46. Kollergang von Vittorio Zonca (1568 – 1602), Italien

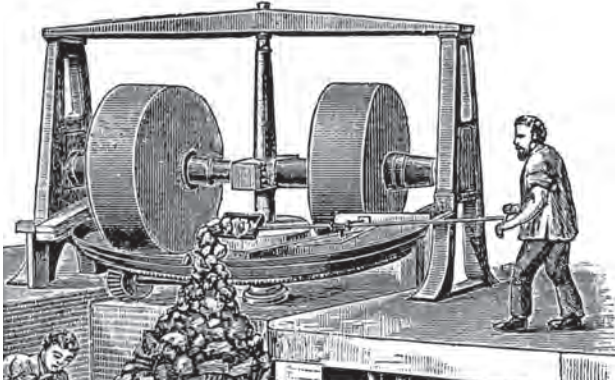


Bild 7.47. Kollergang mit unterem Antrieb, sich drehender Mahl-
bahn und Handentleerung

Aber erst in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts entwickelte sich der Kollergang für die Ziegelindustrie und löste die bis dahin benutzten Traden ab. Von Anfang an gab es zwei Funktionsprinzipien, die, entsprechend dem Feuchtegehalt des zu kollernnden Tonmaterials, später zur Entwicklung der Trockenkollergänge für harte, trockene Materialien und der Naßkollergänge für plastische Materialien führten. Beim Trockenkollergang dreht sich die Mahl-
bahn, die Läufer stehen fest und drehen sich nur um die eigene Achse. Bei den Naßkollergängen dagegen drehen sich die Läufer über die feststehende Mahl-
bahn. Zu dieser eindeutigen Definition kam es aber erst nach 1900.

In beiden Fällen war die Mahl-
bahn zunächst noch völlig geschlossen. Mahl-
bahn und Läufer fertigte man aus Gußeisen oder aus Naturstein wie Granit oder hartem Sandstein, aber nur, wenn kein Eisenabrieb in das zu zerkleinernde Material gelangen durfte, was im Ziegelwerk aber nicht zutraf. Doch wurden bei den ersten Ziegelei-Kollern teils auch Mahlsteine oder Kollersteine, die mit dicken eisernen Bändern umgeben waren, verwendet.

Bei den ersten Kollern erfolgte sowohl die Rohstoff-
aufgabe als auch die -entleerung noch manuell. Zur Entleerung senkte ein Arbeiter eine an einem langen Stiel befestigte Schaufel auf die sich drehende Mahl-
bahn, welche durch ihre Bewegung die Schaufel füllte (Bild 7.47.).

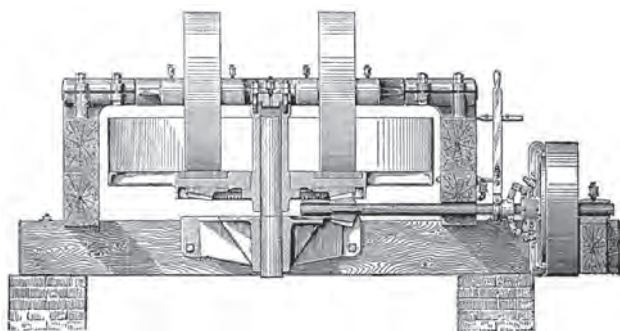


Bild 7.48. Amerikanischer Trockenkollergang der Firma Chris-
holm, Boyd & White, Chicago, 1897

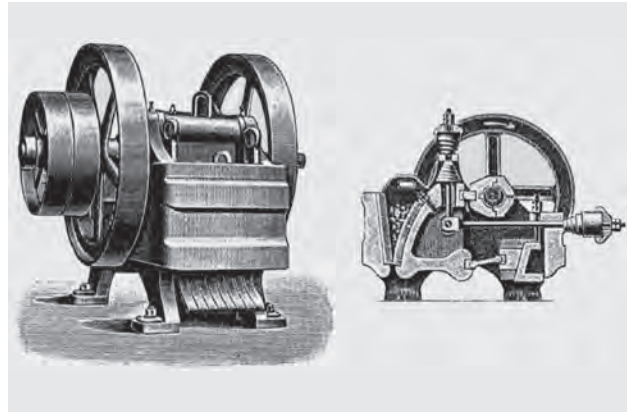


Bild 7.49. Backenbrecher, Ansicht und Schnitt

7.5.5.1. Trockenkollergang

Einer der ersten Trockenkollergänge wurde um 1856 in England von der Firma Bradley & Craven Ltd., Wakefield, entwickelt. Der Feuchtegehalt der zu dieser Zeit in England verarbeiteten Schiefer- und Mergel-
tone überstieg im allgemeinen 8% auch dann nicht, wenn sie über Winter auf einer Halde gelagert wurden. Sie waren somit zum Trockenmahlen geeignet und deshalb entwickelte sich hier ab 1870 das Trockenmahlen mit Absiebung zum wichtigsten Tonauf-
bereitungsverfahren. Auch in den USA, Australien und Südafrika wurde dieses Verfahren übernommen (Bild 7.48.). Der Tonschiefer wurde zunächst mit Backenbrechern (Bild 7.49.) auf Faustgröße vorzerkleinert und im Trockenkollergang selbsttätig auf die für die Herstellung der Vollsteine erforderlichen Korngröße von 3-4 mm gemahlen. Dabei verwendete man meist Trockenkoller mit integrierter äußerer oder innerer Mahlgutabsiebung.

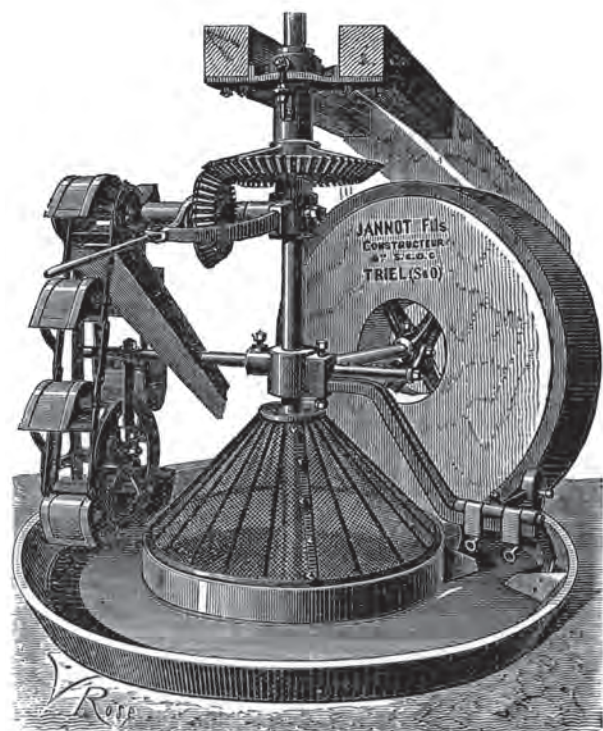


Bild 7.50. Trockenkoller mit innerer Absiebung, um 1880

Bei der äußeren Absiebung besaß die Mahlbahn einen angeschraubten Siebring. Durch zwei über der Mahlbahn angebrachten Schaber wurde das Mahlgut abwechselnd unter die Läufer und auf den Siebring gebracht. Das Feingut fiel durch den Siebring in eine darunter liegende, feststehende Sammelrinne, während das Grobkorn wieder unter die Läufer zurückgeleitet wurde.

Bei der inneren Absiebung wurde das Mahlgut durch ein mitdrehendes Becherwerk aufgenommen und dem Sieb zugeführt, von dem das Grobkorn wieder auf die Mahlbahn zurückfiel (Bild 7.50.).

Daneben gab es Trockenkollergänge mit separater Siebanlage, wie sie später fast ausschließlich verwendet wurden (Bild 7.51.). Ein älteres Beispiel aus

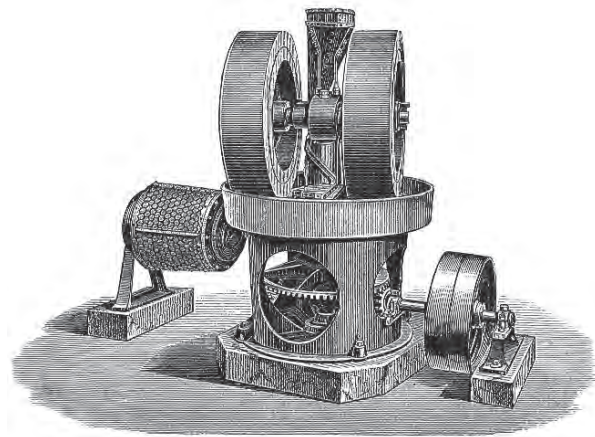


Bild 7.51. Trockenkoller mit mittlerer Materialaufgabe und außenliegendem Sieb

dem Jahre 1922 stellt der Trockenkollergang der Rietterwerke dar, der abweichend von der üblichen Bauart eine feststehende, ungelochte Mahlbahn und umlaufende Läufer zeigt. Das von den Läufern überrollte Material wurde mit Schabern an einer Auslauföffnung ausgetragen und gelangte über eine Schurre in eine Siebtrommel. Das Mahlgut, das nicht fein genug gemahlen war, um die Siebtrommel zu passieren, wurde über ein Becherwerk wieder in den Kollergang zurückgeführt (Bild 7.52.).

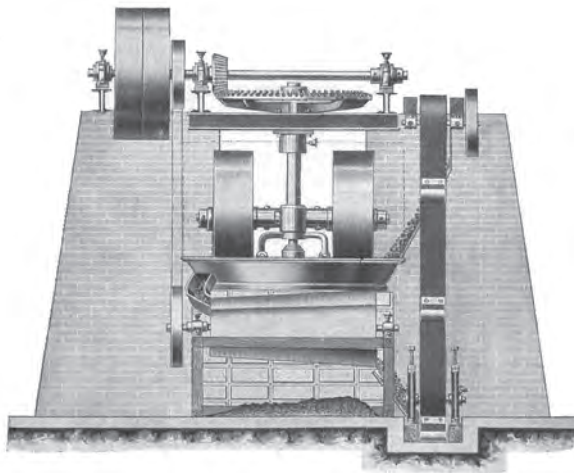


Bild 7.52. Rietter-Trockenkoller mit separatem Sieb und Becherwerk zur Rückführung des Überkorns auf die Mahlbahn

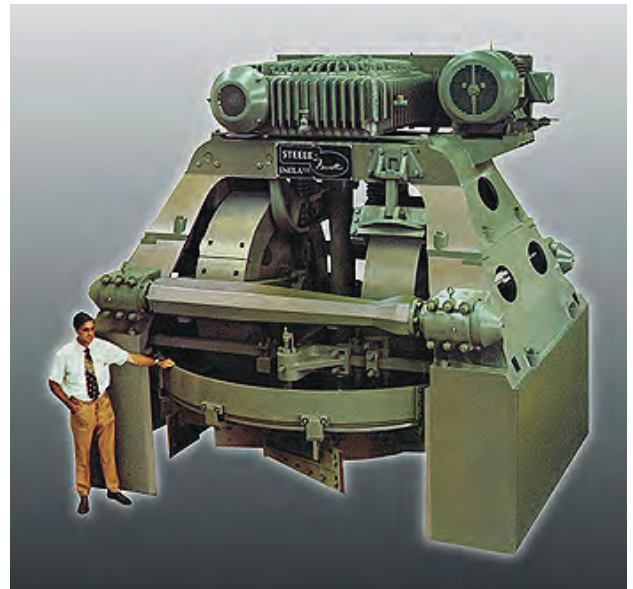


Bild 7.53. Incla-Trockenkoller von J. C. Steele & Sons

In England fand der patentierte Incla-Trockenkoller der Fa. Fawcett Ltd. in Leeds eine große Verbreitung. Er wird heute noch von der amerikanischen Firma J. C. Steele & Sons, Statesville, NC USA gebaut (Bild 7.53.).

7.5.5.2. Naßkollergang

Die Naßkollergänge heutiger Bauart wurden erstmals um 1870 von der Firma Leinhaas in Freiberg gebaut, zur Zerkleinerung der steinigen Tone des sächsischen Erzgebirges, die mit Walzwerken nur schwer zu verarbeiten waren (Bild 7.54.). Der Kollergang, in der Ausführung als Naßkoller, wurde zu einer der am meisten verwendeten Standard-Aufbereitungsmaschinen, die als multifunktionales Aufbereitungssystem zur Mittelzerkleinerung, zum Befeuchten, Mischen und Homogenisieren dienen.

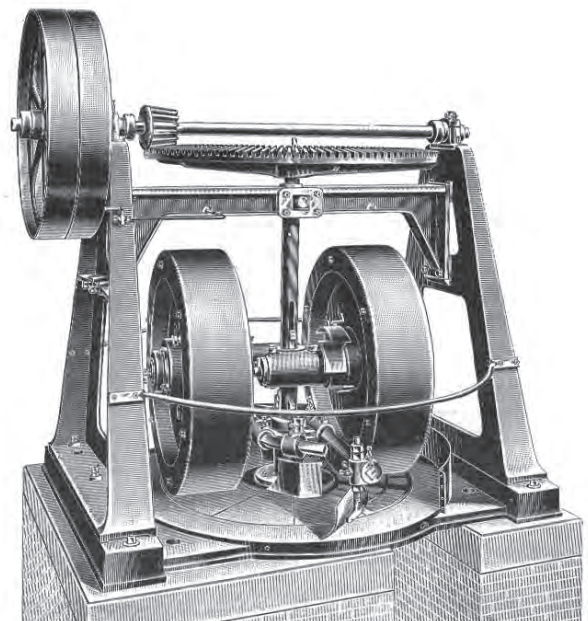


Bild 7.54. Naßkollergang von Leinhaas, um 1890



Bild 7.55a. Siebbrechmischer



Bild 7.55b. Tonstar

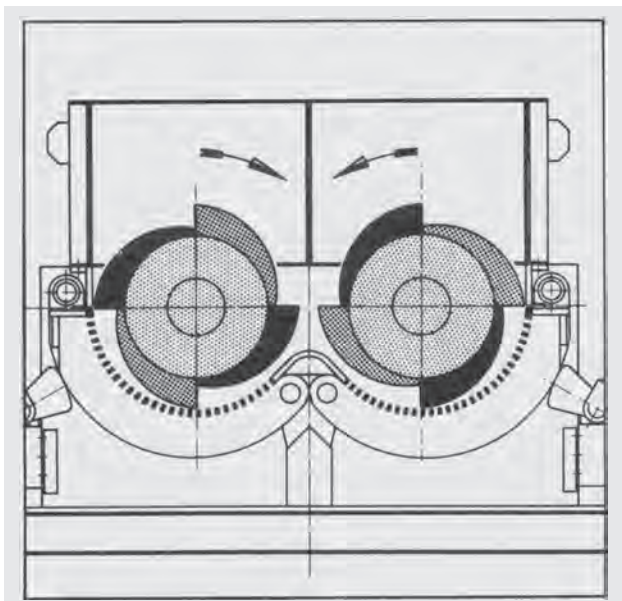


Bild 7.55c. Doppelwellenknetraspler

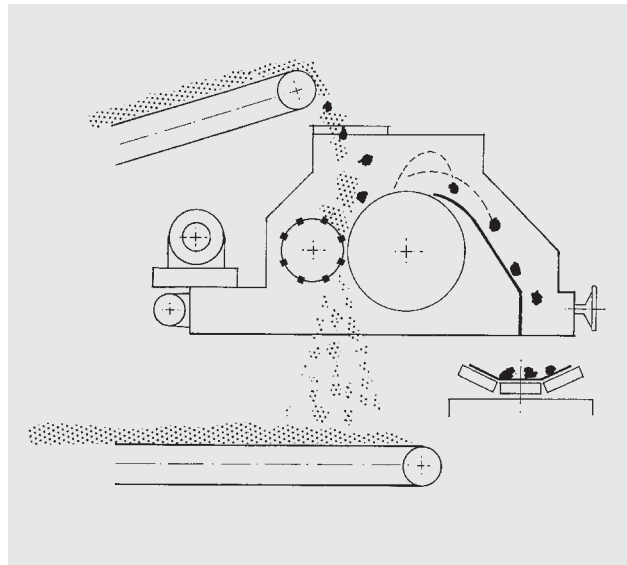


Bild 7.55d. Schlagleistenwalzwerk

In den einschlägigen Fachbüchern der 1880er Jahre wurde der Kollergang noch kaum erwähnt, doch bereits 1910 findet sich eine überaus große Zahl unterschiedlicher Kollergangs-Konstruktionen. Eine solch rasante Entwicklung innerhalb relativ kurzer Zeit, zeigt die große Bedeutung, die man dieser Maschinenart beimaß. Daß man damit richtig lag, beweist die Tatsache, daß der Kollergang auch im Jahre 2000 noch die zugleich universellste, effektivste, betriebssicherste und wirtschaftlichste Aufbereitungsmaschine des Ziegelwerks war, obwohl es vor allem in den 1980er Jahren nicht an Versuchen mangelte, ihn durch Alternativmaschinen zu ersetzen, wie z.B. Siebbrechmischer, Tonstar, Doppelwellenknetraspler, Schlagleistenwalzwerk (Bilder 7.55.) und Knetfilter von Bedeschi.

Bauarten

Um 1900 entstanden sehr viele Ausführungsarten von Naßkollergängen, teils mit feststehender, teils auch noch mit einer drehenden Mahlbahn. Die allgemeine Entwicklung des Naßkollergangs ging aber eindeutig zur feststehenden Mahlbahn.

Standardausführungen

Der Naßkollergang um 1900 zeigt bereits ein sehr ausgereiftes Bild. Zwei gleich große, gleich schwere Läufer mit auswechselbaren Kokillenhartgußmänteln drehten sich in gleichem Abstand von der Königsstockwelle auf einer einfachen Mahlbahn, die radial in 10 gleiche Platten (Segmente) eingeteilt war. Diese 15-20 mm dicken Hartgußplatten waren teils als Vollplatten, teils als Rostplatten ausgebildet. Die Läufer waren mit Stahlschleppkurbeln und einem Kreuzkopf mit der Königsstockwelle verbunden, die über ein oberes offenes Zahnradvorgelege und Riementrieb (mit Voll- und Leerscheibe) die Läufer in Umdrehung setzte. Durch die Schleppkurbeln, seit etwa 1890 bekannt, konnte jeder Läufer unabhängig voneinander bei harten Steinen oder Eisenteilen nach oben ausweichen. Bei den ersten Kollergängen

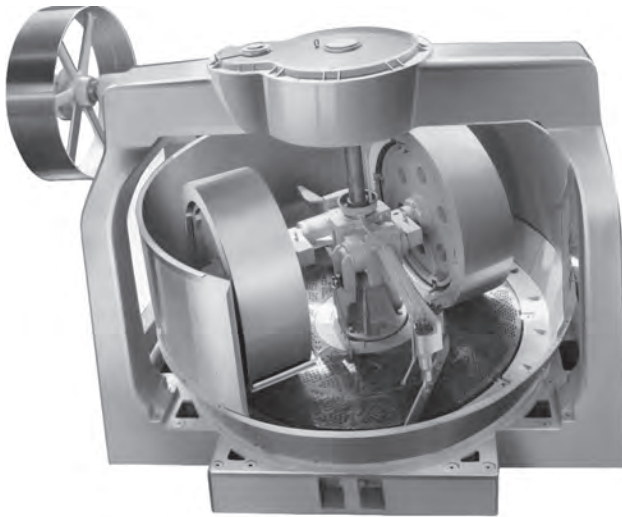


Bild 7.56. Blick in einen Kollergang mit Läufern, Mahlbahn, Schabern und Bewässerungsanlage, bei der von einem festen Punkt aus das Wasser in eine sich mit der Königsstockwelle drehende Schüssel aufgegeben wird und von dort in zwei mitdrehende Bewässerungsrohre gelangt

hatte eine starre Achse in solchen Fällen des öfteren zu Brüchen geführt. Grundschaaber lockerten das auf den Kollergangsplatten festgedrückte Material auf und führten auch das Material vom Rand der Mahl-
bahn vor die Läufer. Die Bewässerung des Materials erfolgte über ein mit der Königsstockwelle rotierendes Rohr, welches das Wasser von einem festen Punkt aus aufnahm (Bild 7.56.).

Ein bedeutender Fortschritt war der um 1885 aufkommende zweibahnige Kollergang, bei dem jeder Läufer, um eine ganze, teils auch nur eine halbe Läuferbreite von der Königsstockwelle versetzt, auf einer eigenen Mahl-
bahn lief, so daß die nutzbare Mahl-
bahn verbreitert und eine bessere Mischung und Zerkleinerung des Tons erreicht wurde (Bild 7.57.).

Zunächst waren beide Läufer gleich schwer, doch

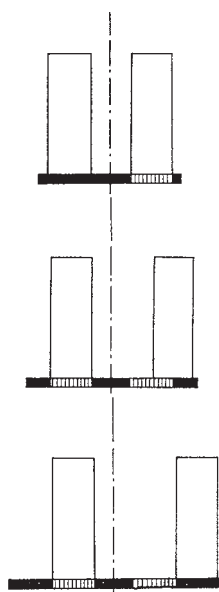


Bild 7.57. Schema des ein-, anderthalb- und zweibahnigen Kollergangs (von oben nach unten)

bald machte man den äußeren Läufer leichter als den inneren, um die unterschiedlichen Fliehkräfte beider Läufer auszugleichen. Die doppelte Mahl-
bahn ermöglichte eine intensivere Zerkleinerung und Mischung, da man die äußere Bahn ganz mit Vollplatten belegen konnte, so daß das hier auf-
gegebene Material zunächst vom äußeren Läufer überrollt, von den Schabern auf die innere Mahl-
bahn befördert und erst hier vom inneren Läufer durch die Rostplatten gedrückt wurde. Art, Anordnung und Größe der Lochung haben großen Einfluß auf den Aufbereitungseffekt und

Bilder 7.58. Kollergang-Rostplatten



Bild 7.58a. Lochplatten mit a. schräger, b. tangentialer, c. radialer Schlitzlochung, d. Rundlochung (von links nach rechts). Die tangentiale Lochung ergibt den höchsten Durchsatz, die radiale die beste Zerkleinerungswirkung, während die schräge Lochung eine Kombination aus beiden darstellt

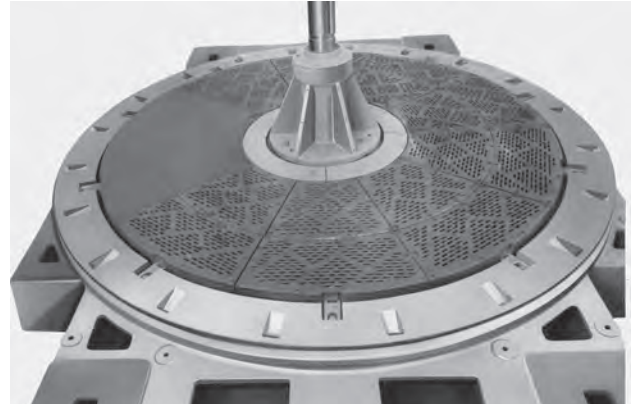


Bild 7.58b. Kollergangs-Mahlbahn mit tangentialer Lochung und Vollplatten am Materialeinlauf

den Durchsatz. Deshalb entwickelten sich zur Anpassung an die jeweiligen Verhältnisse die verschiedenen Lochungen. So gibt es die Schlitzlochung mit Schlitzgrößen von 6 x 20 bis 20 x 50 mm, die schräg, tangential oder radial zur Umlaufrichtung der Läufer angeordnet werden, und die Rundlochung mit Lochdurchmessern von 8 bis 20 mm (Bilder 7.58.).

Sonderausführungen

Von den zahlreichen von der Standardausführung abweichenden Kollergangskonstruktionen, die um 1910 auf dem Markt waren, seien hier nur zwei erwähnt:

- Der Vierläufer-Naßkollergang

mit umlaufender Mahl-
bahn der Jacobi-Werk AG, Meißen. – Er bestand aus vier an einer gemeinsamen durchlaufenden Welle gelagerten Läufern. Das Rohmaterial wurde auf der inneren ungelochten Mahl-
bahn aufgegeben, von den hier arbeitenden beiden inneren, schwerere Läufern zerkleinert, durch Schaber auf die äußere Mahl-
bahn gelenkt und hier von den beiden äußeren Läufern durch die Mahl-
bahn gedrückt (Bild 7.59.).

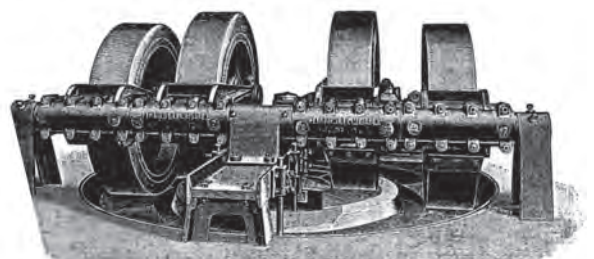


Bild 7.59. Vierläufer-Naßkollergang .um 1910

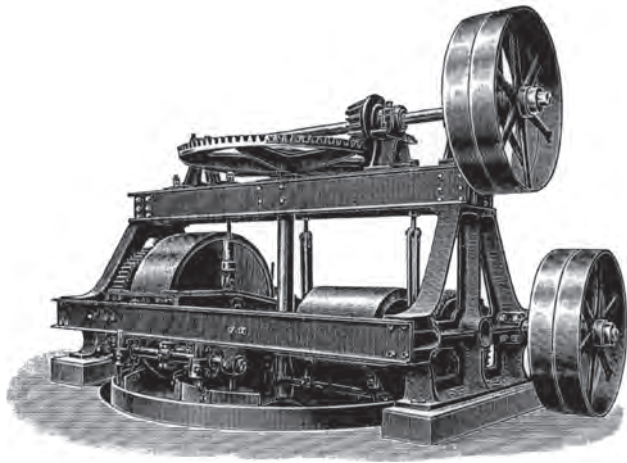


Bild 7.60. Differential-Naßkollergang, System Erfurth, um 1910

- Der Differential-Naßkollergang (System Erfurth) der Firma Eisen- und Hartgußwerk Concordia, Hameln. – Zwei unterschiedlich große Läufer werden zwangsweise angetrieben und sind an der Quertraverse aufgehängt, so daß zur sich drehenden Mahlbahn ein bestimmter Spalt eingestellt werden konnte. Das Material wird nach dreimaligem Überrollen nach der Mitte hin abgeführt. Durch den zwangsweisen Antrieb sollte eine große Zerkleinerungs- und Mischwirkung erzielt werden (Bild 7.60.).

Etagenkollergänge

Zunächst glaubte man, wie früher schon mit dem Walzwerk, nun mit dem Naßkollergang die universelle Aufbereitungsmaschine zum Zerkleinern, Befeuchten und Mischen gefunden zu haben. So entstanden die Etagenkollergänge, welche, 2-oder 3-fach übereinander angeordnet, direkt in die Ziegelpresse arbeiteten. Aus der erstaunlichen Vielfalt nur zwei Beispiele, wie sie um 1910 angeboten wurden:

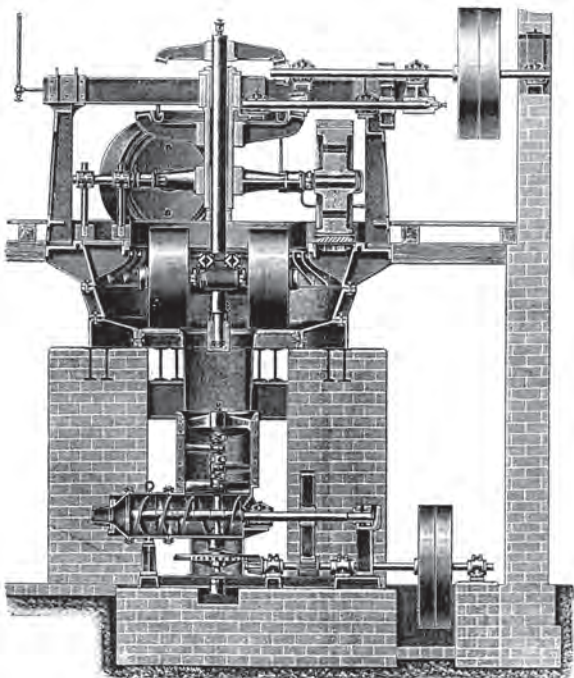


Bild 7.61. 2-Etagenkollergang Zyklus, Nienburger Maschinenfabrik, mit 5 Läufern, um 1910

- Der Etagenkollergang „Zyklus“

der Nienburger Eisengießerei und Maschinenfabrik, Nienburg a.S. – Dieses Modell wies 5 Läufer auf zwei Etagen, sowie eine Schneckenpresse mit stehendem Tonschneider auf. Auf der oberen, teils mit Voll-, teils mit Rostplatten belegten Mahlbahn rotierten drei Läufer. Die Mahlbahn des unteren Kollers mit zwei Läufern war ungelocht und wurde von außen beschickt. Das fein gekollerte Material wurde mittels Schabern zur Mitte hin ausgetragen und fiel direkt in einen stehenden Tonschneider, der es der liegenden Schneckenpresse zuführte (Bild 7.61.).

- Der Dreietagen-Kollergang

der Firma Karl Händle & Söhne, Mühlacker. – Dieser Typ wies ebenfalls 5 Läufer auf, die aber auf 3 Etagen verteilt waren, so daß auf der oberen nur 1 Läufer rotierte. Das fertig gekollerte Material fiel auf einen Sammelsteller und wurde von hier aus direkt in den Schüttrumpf einer Schneckenpresse abgestreift (Bild 7.62.).

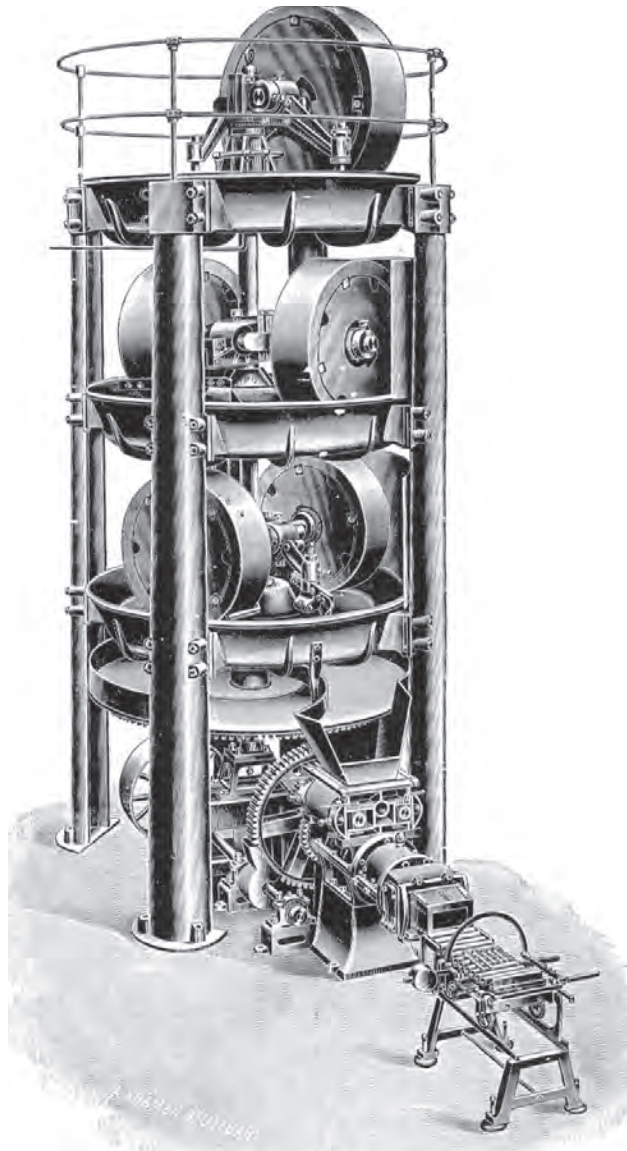


Bild 7.62. 3-Etagenkollergang Händle & Söhne, mit 5 Läufern, um 1910

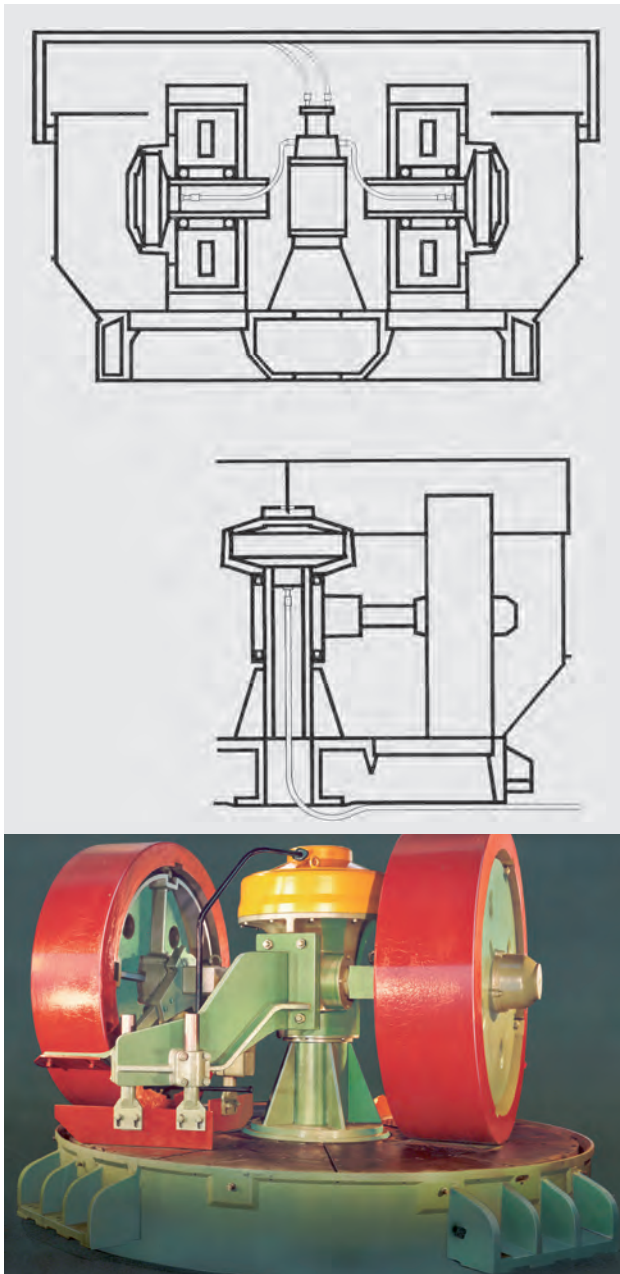


Bild 7.63. Hydrokollergang. Oben: Schema der beiden in den Kollerläufern integrierten Hydromotoren, Mitte und unten: Hydrokoller mit einem gemeinsamen, auf der Königsstockwelle aufgesetzten Hydromotor

Hydrokollergang

1977 brachte Händle/Mühlacker den Hydraulikkoller auf den Markt, bei dem die Antriebe in Form hydraulischer Radnabenmotore direkt in die Kollergangsläufer eingebaut waren. Durch den hydraulischen Einzelantrieb jedes Läufers ließen sich auch die Drehzahlen so variieren, daß ein Maximum an „Schroten“ erreicht wurde, welches das Mischen und Zerkleinern des Rohmaterials entscheidend beeinflusste. Es gab auch eine Variante mit gemeinsamem Antrieb beider Läufer von einem auf der Königsstockwelle montierten Hydraulikmotor aus. Letztlich konnten sich die Ziegler aber mit der Hydraulik nicht befreunden und der Hydraulikkoller, von dem man sich so viel versprochen hatte, konnte sich nicht durchsetzen. Insgesamt wurden bis 1980 nur 11 Exemplare gebaut (Bild 7.63.).

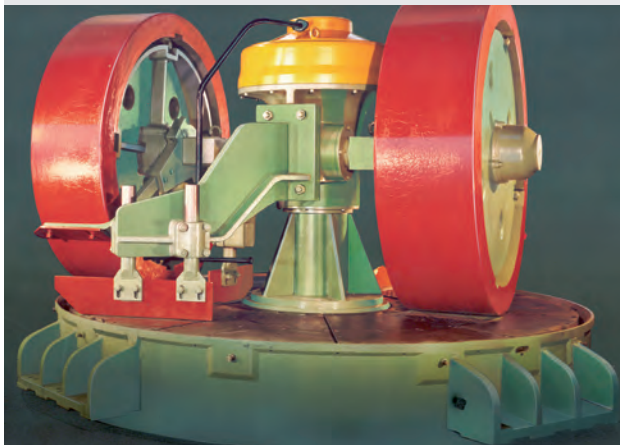


Bild 7.64. Kollergang mit mittlerer Aufgabe

Kollergang mit mittlerer Materialaufgabe

Eine prinzipielle Änderung der Arbeitsweise des Kollergangs wurde 1988 durch die Rieterwerke mit der mittleren Materialaufgabe eingeführt. Die Vorteile dieses Funktionsprinzips waren so offensichtlich, daß alle Ziegeleimaschinenhersteller kurzfristig auf dieses neue Prinzip umschwenkten (Bild 7.64.).

Bei den konventionellen Kollergängen mit oberem Antrieb wurde wegen der Traverse das Material von außen auf die äußere Mahlbahn aufgegeben, üblicherweise auf eine Vollplatte.

Dadurch ergab sich an dieser Stelle, entsprechend der Läuferrotation, während mehrerer Sekunden eine Materialanhäufung, die der äußere, leichtere Läufer überrollen mußte. Die Materialfüllung der Mahlbahn war also unterschiedlich, so daß sich mit dieser Arbeitsweise differierende Materialfeuchten und unterschiedliche Zerkleinerungs- und Homogenisierungsverhältnisse ergeben konnten. Der Materialfluß erfolgte von außen nach innen.

Beim Kollergang mit innerer Aufgabe wird das Mahlgut über eine mitdrehende Schurre auf der inneren, ungelochten Mahlbahn als dünner Materialteppich gleichmäßig vor den inneren schweren Läufer geleitet. Durch den schweren Läufer erfolgt eine optimale Zerkleinerung und Mischung. Unter Ausnutzung der Zentrifugalkraft wird das Mahlgut von den Schabern auf die äußere, gelochte Bahn geleitet, wo ein großer Durchgangsquerschnitt zur Verfügung steht. – Heute werden Kollergänge fast nur noch mit innerer Mahlguteintragung gebaut (Bilder 7.65.).

Kollergang mit 4 Läufern

Bereits 1910 wurde ein Patent auf einen Kollergang mit 4 Läufern erteilt. Zu dieser Zeit bestand aber noch kein Bedarf für diese Art von Kollergang. Als 1994 das Porotonwerk Jungk in Wöllstein aus Umweltschutzgründen plante, die Aufbereitung nur noch

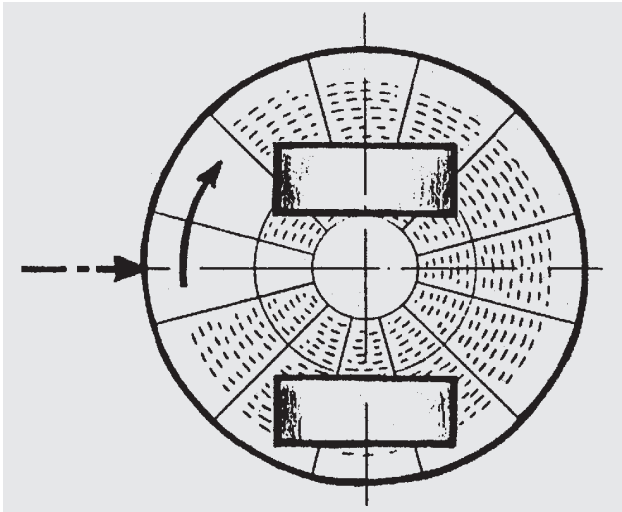


Bild 7.65a. Mahlbahn mit äußerer Rohstoffaufgabe, Materialfluß von außen nach innen

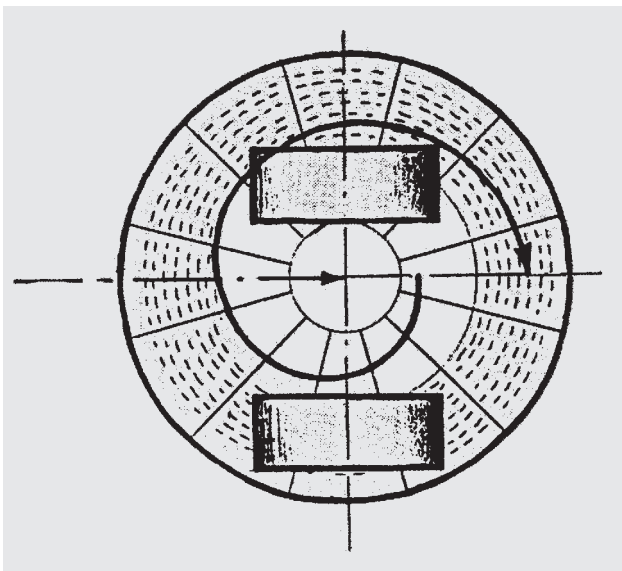


Bild 7.65b. Mahlbahn mit innerer Rohstoffaufgabe, Materialfluß von innen nach außen, ab 1988

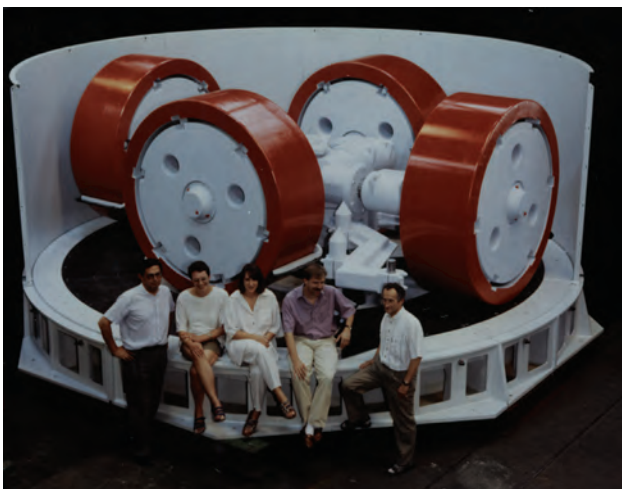


Bild 7.66. Kollergang Quadro mit 4 Läufern von Händle in der Werksmontage



Bild 7.67. Kollergang Quadro im Einsatz in einem französischen Dachziegelwerk, 1998

in einer Tagschicht durchzuführen, um Lärmbelastigungen in der Nacht zu vermeiden, ergab sich, daß dieses Konzept nur mit der doppelten Leistung eines konventionellen Kollers zu realisieren war. Dies führte zu der Idee des 4-Läufer Kollergang, den der italienische Ziegeleimaschinenhersteller Bedeschi als erster baute. Die technischen Daten dieses 1995 in Betrieb genommenen Kollers sind: 4 Läufer je 2000 mm Durchmesser und 800 mm Breite, je 17 000 kg schwer. Das Gesamtgewicht der Maschine beträgt 150 t, der Durchsatz bis 180 m³/h je nach Lochung der Rostplatten, die installierte Leistung 200 kW. Im gleichen Jahr folgte die Firma Händle mit dem Modell „Quadro“ dem Prinzip, praktisch zwei konventionelle Koller in einem zu vereinen (Bild 7.66.+7.67.).

Kollergangstypisierung

Wie bei den Walzwerken, kam es bei den Kollergängen nie zu einer allgemeinen Standardisierung oder Normung. Im Laufe ihrer Entwicklung wurden die Kollergänge immer schwerer gebaut, um durch größere Läuferabmessungen und -gewichte, bei gesteigerter Misch- und Zerkleinerungswirkung, eine höhere Leistung zu erreichen. Aus einer Vergleichs-Preisliste des Keramikmaschinen-Verbandes vom Dezember 1929 geht hervor, daß zu diesem Zeitpunkt eine außerordentlich große Zahl unterschiedlicher Kollergangstypen gebaut wurde, nämlich:

- Einbahnige Naßkoller

in 32 Baugrößen, mit Läufern von 1000 mm Durchmesser x 250 mm breit bis 1800 mm Durchmesser x 550 mm breit, mit Gesamtgewichten von 8-26 t.

- Zweibahnige Naßkoller

in 39 Baugrößen mit Läufern von 950 mm Durchmesser x 330 mm breit bis 1900 mm Ø x 550 mm breit, mit Gesamtgewichten von 7,5-30 t. Die Läuferbett-Durchmesser bewegten sich zwischen etwa 2400 und 3200 mm.

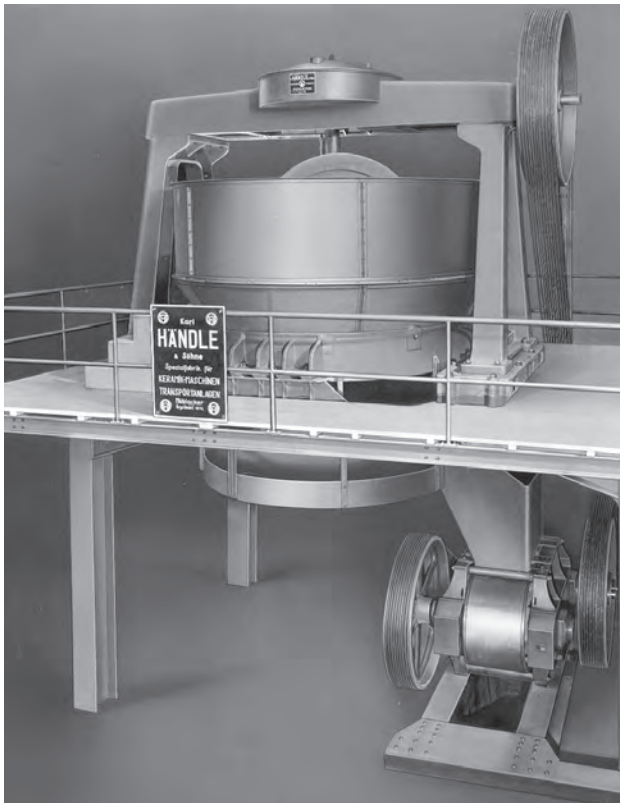


Bild 7.68. Kollergang mit Sammelteller, für direkte Beschickung eines Walzwerks, um 1955

Nach 1945 gab es nur noch Kollergänge mit doppelter Mahlbahn, bei erheblich reduzierter Zahl der Baugrößen, die zudem bei allen Ziegeleimaschinenherstellern ähnlich waren. So waren übliche Läuferabmessungen (Läuferdurchmesser/-breite): 1300/420 (nur bis ca. 1965), 1700/450, 1800/500, 1800/600, 1800/700 und 2000/800. Der größte Kollergang des Jahres 2000 hat Läufer mit 2100 mm \varnothing bei 800 mm Breite, mit Gewichten von 20 + 18,5 t, bei einem Gesamtgewicht von 97 t, und weist einen Läuferbett-Durchmesser von 5800 mm auf.



Bild 7.69. Kollergang mit mittlerer Materialaufgabe und 4,5 m breitem Materialabzugsband

Rohmaterial-Abzugseinrichtungen

Das von den Läufern durch die Rostplatten gedrückte, gekollerte Material muß aufgefangen, verteilt und den nachgeschalteten Maschinen zugeführt werden. Die bis etwa 1970 am häufigsten verwendete Vorrichtung war der an der Königsstockwelle befestigte und mitdrehende Sammelteller, von dem das Material mittels Abstreifern in die nachgeschaltete Maschine befördert wurde (Bild 7.68.). Vereinzelt verwendete man auch den separaten Verteilerteller mit eigenem Antrieb, den man daher schneller und gegenläufig zum Koller laufen lassen konnte. Dadurch ergab sich eine bessere Mischung des Rohmaterials. Zwischen 1930 und 1965 wurde auch der unter den Mischmaschinen näher beschriebene Maukmischer eingesetzt. Etwa ab 1970 begann der Einsatz von Sammelförderern, die je nach Mahlbahndurchmesser bis zu 4,5 m Breite gebaut werden und heute fast ausschließlich verwendet werden (Bild 7.69.).

7.5.6. Beschicker

Bis 1900 erfolgte die Aufgabe des Tons in die einzelnen Maschinen mit der Schaufel von Hand. Dies war sehr unbefriedigend, weil man dazu viele Arbeiter benötigte, die harte Knochenarbeit leisten mußten und weil durch die ungleichmäßige Beschickung große Kraftschwankungen an den Maschinen auftraten, die Maschinen die garantierte Leistung nicht erreichten und eine höhere Betriebskraft, als vorher angegeben, benötigten. Dies führte häufig zu Streitigkeiten zwischen Ziegeleibesitzer und Maschinenhersteller. Wenn man bedenkt, wie viele hochentwickelte Aufbereitungs- und Formgebungsmaschinen es zu dieser Zeit bereits gab, so erstaunt es, wie wenig man sich damals dem Problem der Beschickung dieser Maschinen widmete und wie spät die Beschicker eingeführt wurden.

Die ersten Beschicker, als „selbsttätige Beschickungsapparate“ bezeichnet, welche den Ton den Arbeitsmaschinen automatisch zuführten, waren die Rundbeschicker, die 1904 von der Fa. O. Erfurth in Teuchern als einer der ersten gebaut wurden (Bild 7.70.+7.71.). 1906 erfand die Firma Händle, Mühlak-

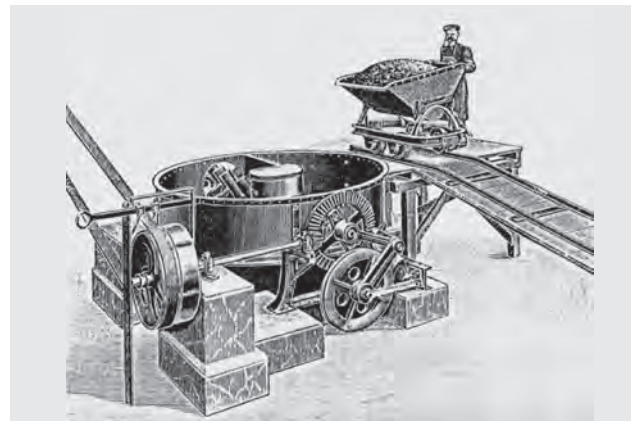


Bild 7.70. Rundbeschicker, um 1910

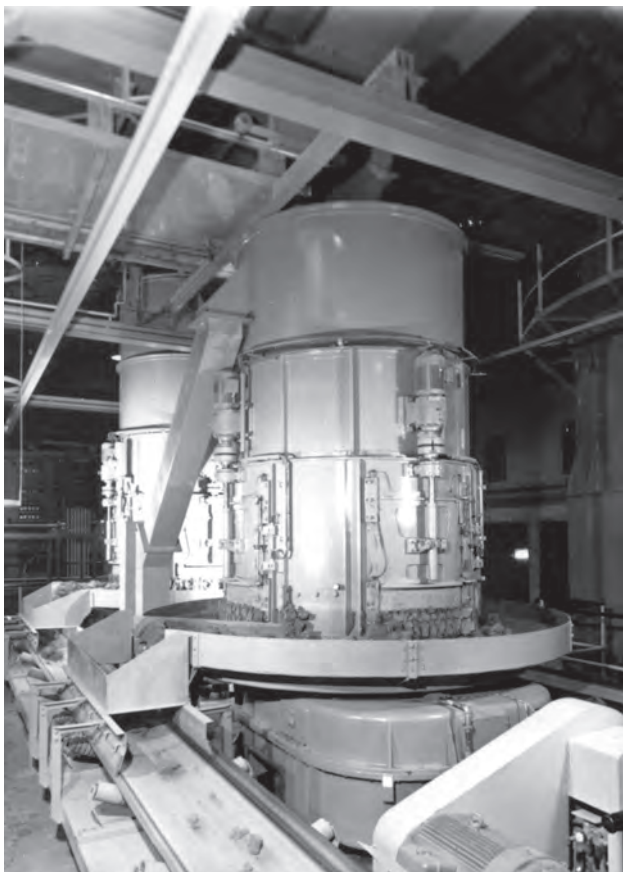


Bild 7.71. Gruppe von zwei Rundbeschickern in einem Dachziegelwerk, zur Dosierung von zwei verschiedenen Tonen, um 1980

ker den Kastenbeschicker, in der Patentschrift von 1907 „Beschickungsvorrichtung für leicht anbackende Massen, insbesondere Ton und dergl.“ genannt. Mit diesen Beschickungsapparaten wurde erstmals ein durchgehender Fließbetrieb im Ziegelwerk möglich (Bild 7.72.).

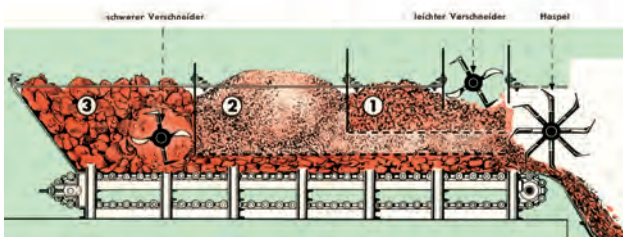
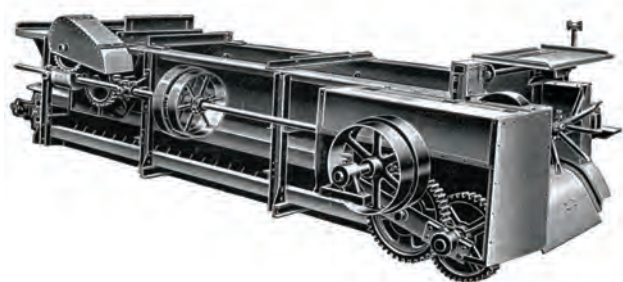


Bild 7.72. Oben: Erster Händle-Kastenbeschicker um 1906, unten: Querschnitt durch einen Kastenbeschicker mit drei Abteilungen für drei verschiedene Rohmaterialien, mit Austragshaspel, leichtem Verschneider in der Abteilung 1 und schwerem Verschneider in der Abteilung 3.

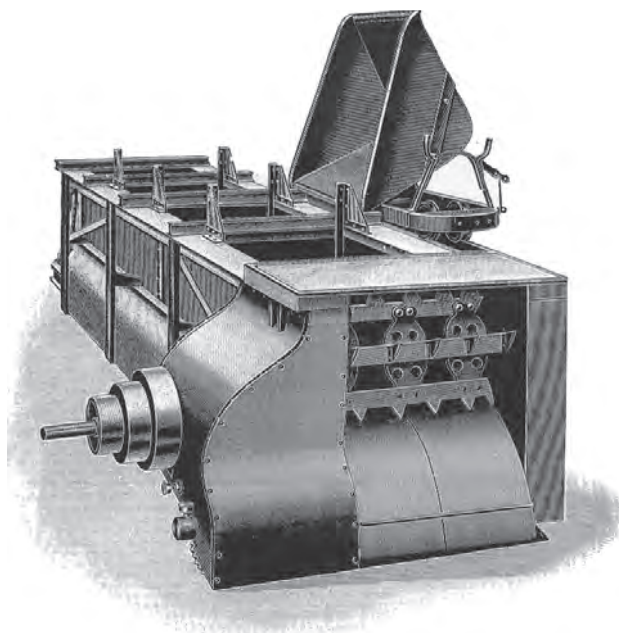


Bild 7.73. Kastenbeschicker mit Austragshaspel von Rieter & Koller, Lizenzfertigung von Händle, um 1914

Zum „Händleschen Beschickungsapparat“ schreibt allerdings Weber 1914: „...er ist eine getreue Nachbildung eines Apparates, der bereits im Jahre 1889 in Amerika von Ernest L. Ransome unter Nr. 416950 patentiert wurde. Nichtsdestoweniger muß Händle das Verdienst zugeschrieben werden, daß er es war, der den Apparat in die deutsche Ziegelindustrie eingeführt und auch allmählich zu einem sehr brauchbaren und heute unersetzlichen Hilfsmittel ausgebildet hat.“⁵³

Der Kastenbeschicker hat gegenüber dem Rundbeschicker das größere Fassungsvermögen, und durch den Einbau von Schiebern sollte die Aufgabe und Proportionierung verschiedener Materialsorten ermöglicht werden. Tatsächlich funktionierte dies nur bei lockeren, rieseligen Materialien. Heute setzt man grundsätzlich für jede Materialsorte einen eigenen Kastenbeschicker ein. Der Rundbeschicker eignete sich wenig für scholligen Grubenton und wurde alsbald nur noch für aufbereitete Massen zum Dosieren, Puffern und Mischen und zur Materialverteilung auf eine bis drei Produktionslinien eingesetzt. Heute wird er kaum noch verwendet.

Schon der erste Händle-Kastenbeschicker war mit einer Austragshaspel sowie einem „Sandelapparat“ zur Zugabe von Sand oder Ziegelmehl ausgerüstet. An Zusatzausrüstungen kamen hinzu: Bewässerungseinrichtung sowie leichte und schwere Verschneider als Austragshilfe und zum Zerkleinern scholliger Tone (Bild 7.73.). Die Gebr. Propfe, Hildesheim, entwickelten um 1912 die am Beschickerauslauf montierte Brechschnecke (Bild 7.74.). Bei hohen Aufsätzen wurden bis zu 3 Austragshaspeln übereinander angeordnet (Bild 7.75.). Bis etwa 1940 wurden die Kastenbeschicker mit Austrittsbreiten von 1000 und 1250 mm und Längen von 2-8 m gebaut. Nach 1950 kamen allmählich hinzu: Austrittsbreiten von 1500,

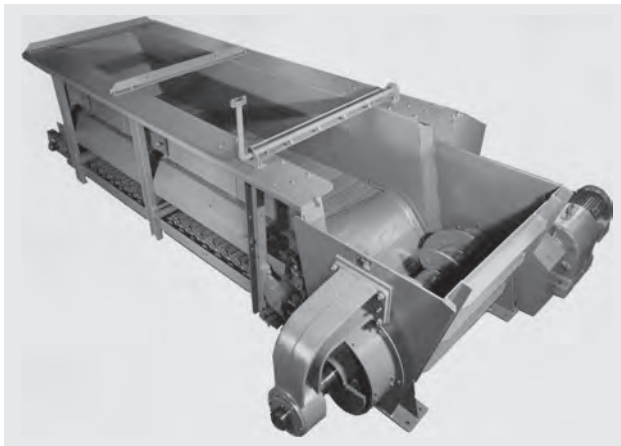


Bild 7.74. Kastenbeschicker mit Brechtschnecke am Auslauf



Bild 7.77. Zwei Großraumkastenbeschicker zur Pufferung von aufbereitetem Material, 1990

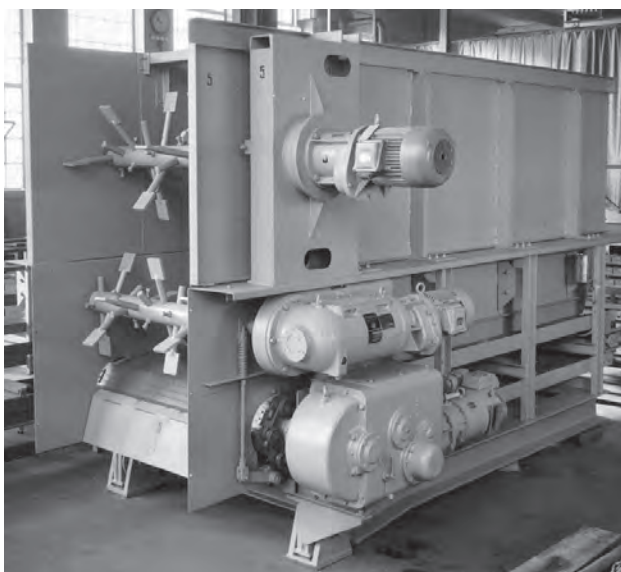


Bild 7.75. Kastenbeschicker mit zwei Haspeln übereinander als Austragshilfe

2000 und 3000 mm bei Längen bis 14 m; für Inhalte je nach Aufsatzgröße bis 300 m³ (Bilder 7.76.+7.77.). Damit scheint mit dem üblichen Antrieb des Transportbandes, zunächst mit gesenkgeschmiedeten Kettengliedern, später mit der Laschenkette sowie der Antriebswelle mit Kettenrädern eine obere Gren-

ze erreicht zu sein. 1994 brachte Häßler einen Kastenbeschicker mit einer neuen Antriebsart heraus. Hier greifen hydraulische Schubstangen in der ganzen Länge der Schuppenkette ein und ermöglichen Austrittsbreiten bis 5000 mm und Beschickerlängen bis 30 m.



Bild 7.76. Kastenbeschicker zur Beschickung eines Kollergangs, um 1970



Bild 7.78. Tellerdosierapparat mit Aufsatz zur Dosierung von Zuschlagstoffen

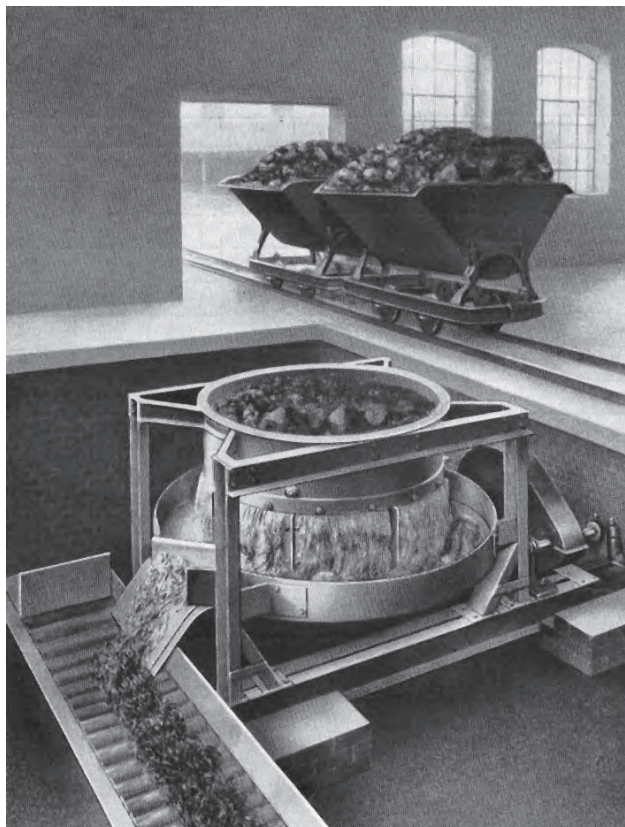


Bild 7.79. Erster Tonraspler von Roscher, 1928

Für die Zugabe kleinerer Mengen trockener, rieselfähiger Zuschlagstoffe wie Baryt, Braunstein, Feldspat, Kohle, Lösche und Ziegelmehl gab es ab ca.1920 den Telleraufgabeapparat (Bild 7.78.).

Tonraspler und Siebrundbesicker

Diese Maschine stellt eine Kombination aus Beschikungs- und Mischmaschine dar. Sie wurde 1928 unter der Bezeichnung Tonraspler von der Maschinenfabrik Roscher (MARO) in Görlitz auf der Grundlage des Rundbesickers entwickelt und patentiert. Beim Tonraspler mischen zwei Rührarme das Material und streichen es dann durch Siebplatten im unteren Teil des Bottichs, wonach es auf einen Sammelteiler fällt und von dort abgestreift wird (Bild 7.79.).

Da auch der Name geschützt war, wurde der Tonraspler unter der Bezeichnung Siebrundbesicker von anderen Ziegeleimaschinenfabriken nachgebaut. Unter diesem Namen ist er heute als Standardmaschine in den meisten Ziegeleien zu finden (Bilder 7.80.+7.81.). Interessant ist die Variante des um 1950 entwickelten Tonrasplers „System Händle“. Hier drehten sich, im Gegensatz zu den sonst üblichen Konstruktionen, der Siebkorb samt angebaute Sammelteiler um die mit den Ausstreicher- und Rührarmen festehende Achse. Siebrundbesicker wurden und werden gebaut mit Siebkorbdurchmessern von 1200, 1500 und 1900 mm. Der von Händle, Mühlacker, 1994 herausgebrachte, bisher größte Siebrundbesicker hat einen Siebkorbdurchmesser von 2500 mm.

Bild 7.80. Tonraspler in einer Aufbereitungsanlage, um 1960

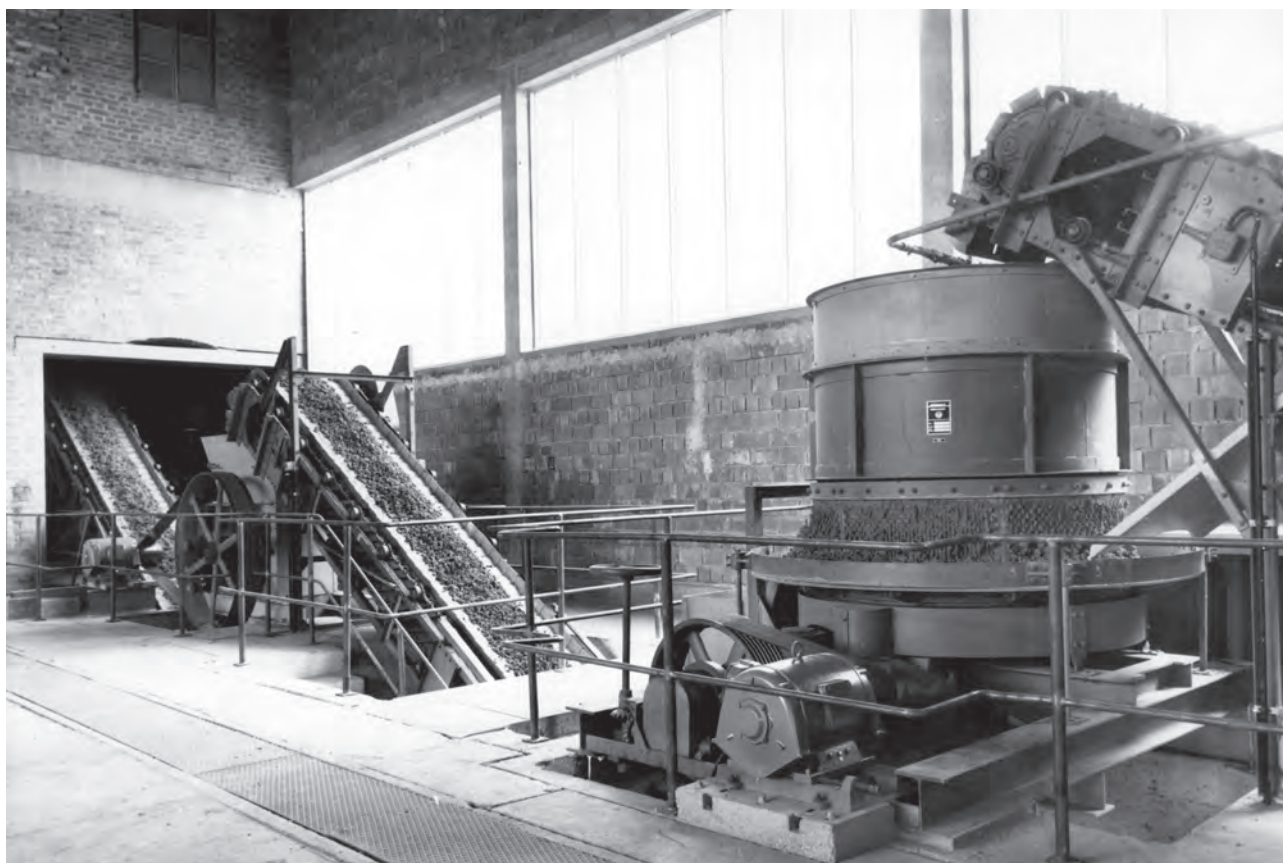




Bild 7.81. Tonraspler zur Beschickung eines Vakuumaggregats

Die Rieterwerke, Konstanz, entwickelten aus dem Siebrundbeschicker als Alternativmaschine zu Kollergang 1978 den Siebbrechmischer, der auch für steinfreien Grubenton bis 600 mm Kantenlänge einsetzbar ist (Bild 7.55a.).

7.5.7. Mischmaschinen

Der im 18. Jahrhundert aufgekommene stehende Tonschneider war lange Zeit die einzige Mischmaschine. Nachdem Schlickeysen diese Aufbereitungsmaschine zur Formgebungsmaschine weiterentwickelt und 1865 die liegende Schneckenpresse eingeführt hatte, wurde der Tonschneider sowohl in stehender als auch liegender Form weiterhin als reine Mischmaschine eingesetzt. Insbesondere der liegende Tonschneider wurde konstruktiv weiterentwickelt und bis in die 1960er Jahre als Mischmaschine gebaut. Er war im Rumpf mit Getriebe baugleich mit der Schneckenpresse und unterschied sich von dieser vor allem durch einen längeren Preßzylinder und den Austritt. Je nach Art des zu verarbeitenden Materials war der Austritt als offener Zentralausgang mit Schiebern zur Veränderung der Austrittsöffnung oder als Siebausgang ausgebildet und mit einer Schnitzelscheibe oder mehrflügeligen Abstreichmessern ausgerüstet (Bild 7.82.).

7.5.7.1. Einwellenmischer

Zur Befeuchtung und Mischung von Tonen entstand um 1860 als sog. Misch- und Bewässerungsapparat

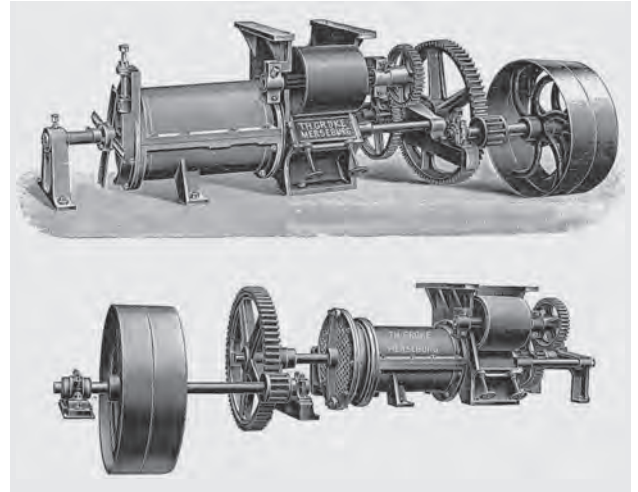


Bild 7.82. Liegende Tonschneider von Groke um 1900. Oben: mit hinterem Antrieb und Schnitzmesser am Austritt, unten: mit Siebaustritt und vorderem Antrieb

der Einwellenmischer, ein oben offener Trog, in dem eine Mischmesserwelle arbeitet. Über dem Trog ist ein Bewässerungsrohr mit Brausen angeordnet. Die Stirnseite, an der das Material den Mischer verläßt, konnte offen oder mit einem verstellbaren Schieber versehen sein oder eine untere Öffnung aufweisen (Bilder 7.83.+7.84.).

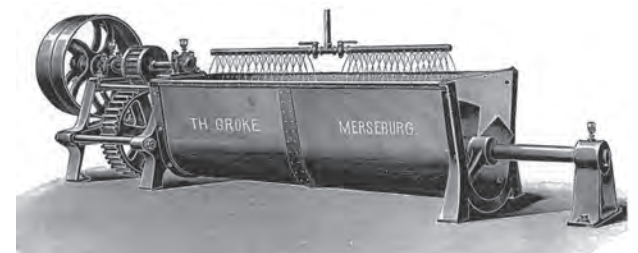
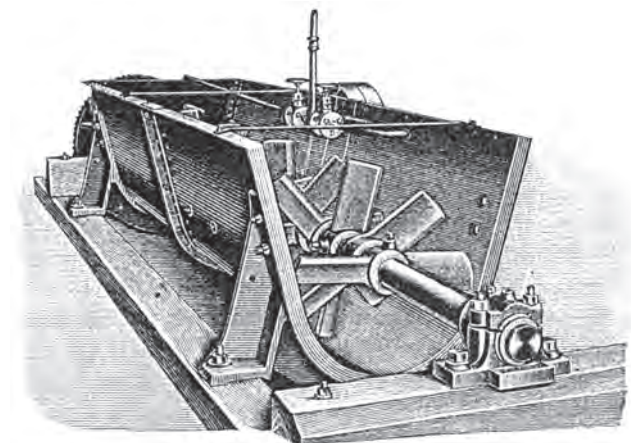


Bild 7.83. Einwellenmischer mit Bewässerungseinrichtung, um 1900



7.5.7.2. Zentraltonschneider

Zur Herstellung der weichen Streichmasse, speziell für die großen Handstrichziegeleien, wurde um 1877 von der Fa. Lüdicke in Werder an der Havel der sog. Zentraltonschneider, zunächst Dampf-Tonschneider

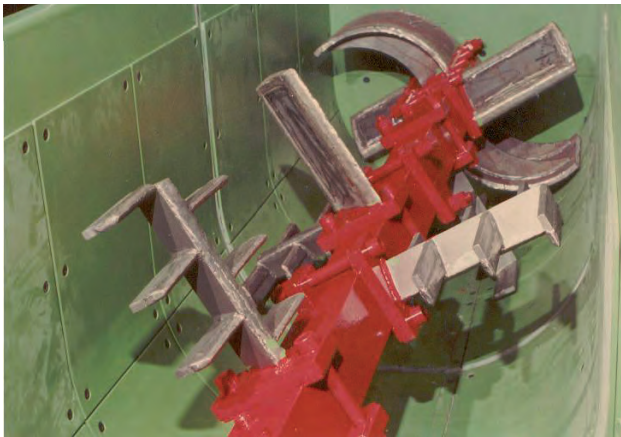


Bild 7.84. Einwellenmischer für Weichsteinmassen, 1985.
Oben: Außenansicht, unten: Blick in den Mischtrog

genannt, entwickelt. Das Attribut „Dampf“ bedeutet hier nicht, daß der Ton bedampft wurde, sondern daß der Antrieb über eine Dampfmaschine erfolgte. Bei den ersten Ausführungen handelte es sich noch um vertikale Tonschneider, später entwickelten sich diese zum horizontalen Einwellenmischer mit Troglängen von 5-7 m, mit einem hinteren offenen Teil mit Mischmessern und einem vorderen geschlossenen Teil mit Schnecken. Am vorderen Ende war eine Öffnung mit einem verstellbaren Schieber zum periodischen Entleeren der Streichmasse direkt auf fahrbare Streichtische angebracht. Bei grobstückigem Material war der Zentraltonschneider mit einem Brechwalzwerk

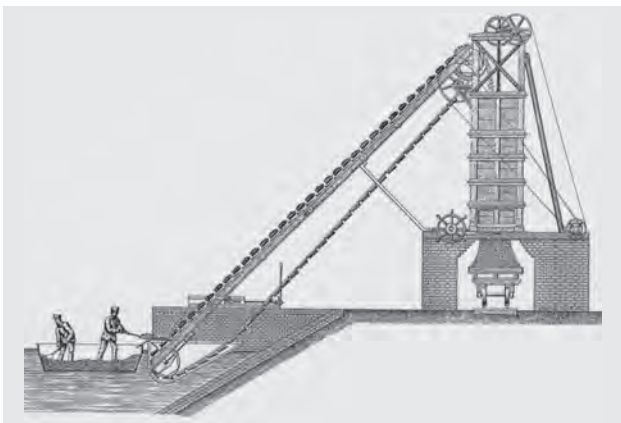


Bild 7.85. Vertikaler Dampftonschneider mit Elevator in einer Ziegelei in der Berliner Gegend, wo das Rohmaterial per Kahn angefahren wurde, um 1890

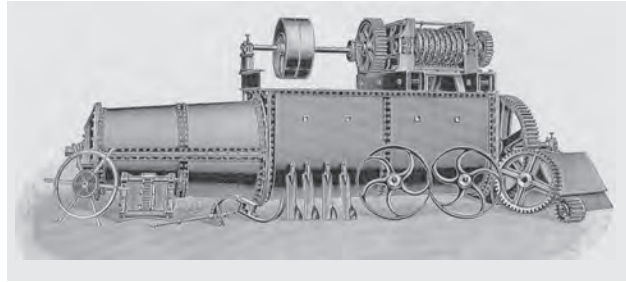


Bild 7.86. Liegender Zentraltonschneider mit aufmontiertem Brechwalzwerk, um 1910

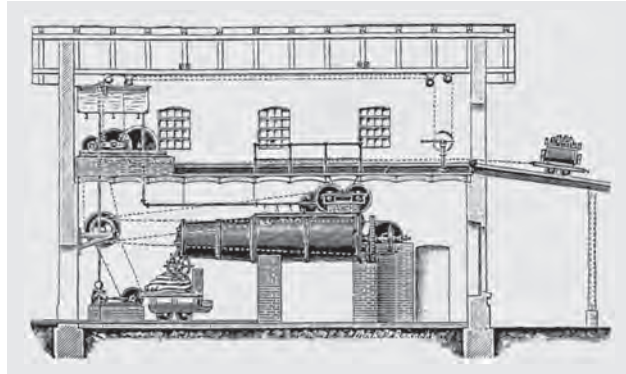


Bild 7.87. Aufbereitungsanlage mit liegendem Zentraltonschneider, um 1900

kombiniert. Sonst wurde der Ton mit Kipploren direkt in den Mischer gekippt, der ein Fassungsvermögen von etwa 7-9 m³ hatte. Mit einem solchen Zentraltonschneider konnte täglich für etwa 40 000-45 000 Steine, entsprechend dem Bedarf von 4 Streichtischen, das streichfertige Material hergestellt werden. Die heute zur Herstellung der Streichmasse für die Streichmaschinen eingesetzten Einwellenmischer weisen Troglängen von 1400 mm und Troglängen bis 4800 mm auf (Bilder 7.84.-7.87.).

7.5.7.3. Doppelwellenmischer

Zur Erhöhung der Mischleistung baute man nach 1900 die Mischer auch mit zwei nebeneinander liegenden Mischwellen und es entstand der heute bevorzugt eingesetzte Doppelwellenmischer (Bild 7.88.).

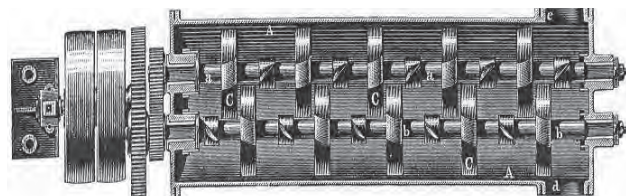


Bild 7.88. Doppelwellenmischer

7.5.7.4. Maukmischer

Mit dem Maukmischer wollte man dem aus dem Kollergang austretenden Material vor der Verformung noch eine Lagerzeit von etwa 15-60 Minuten zur

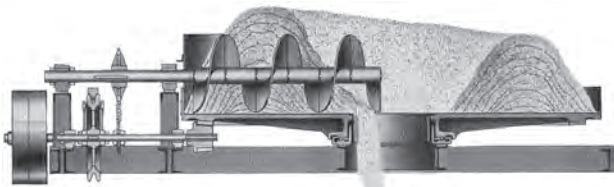
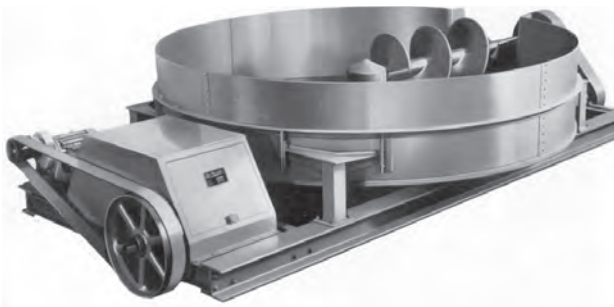


Bild 7.89. Oben: Maukmischer, der anstelle eines Sammelteilers unter dem Kollergang angeordnet wird, unten: Schnitt durch einen Maukmischer mit innerer Austragung

gleichmässigen Durchfeuchtung und Erzielung eines Maukeffekts geben und durch einen schichtenweisen Aufbau des Materials eine besondere Mischwirkung erreichen. Er wurde Ende der 1920er Jahre von Oberingenieur Herbring der Firma Weserhütte, Bad Oeynhausen, entwickelt und nach 1936 von den meisten Ziegeleimaschinenherstellern nachgebaut, wobei auch Namen wie Drehmischsteller, Rundmischbeschicker, Großraum-Rund-Mischapparat etc. entstanden.

Der Maukmischer bestand aus einem Sammelsteller mit einem der Mahlbahn des Kollers angepaßten Durchmesser zwischen 1600 und 3500 mm, mit hohem Seitenbord und einer oder zwei Austragsschnecken mit 500 oder 600 mm Durchmesser für innere, äußere oder doppelseitige Austragung. Das durch die mit 12-16 U/min drehenden Läufer durch die Kollermahlbahn gedrückte Material fällt auf den Teller des Maukmischer, der sich gegenläufig mit 3-5 Umdrehungen pro Stunde sehr langsam dreht. Dadurch entsteht ein schichtenweiser Aufbau des gekollerten Materials, etwa 150-300 Schichten pro Tellerumdrehung, die durch die Austragsschnecke nochmals intensiv gemischt wurden. Maukmischer wurden bis in 1960er Jahre gebaut (Bild 7.89.).

7.5.7.5. Chargenmischer

Bei den vorgenannten Mischmaschinen handelt es sich um kontinuierlich mischende Durchlaufmischer. Periodisch mischende Chargenmischer, deren bekanntester der 1950 entwickelte Eirichmischer ist, werden im Ziegelwerk meist nur in Verbindung mit einer Trockenaufbereitung eingesetzt. Hierbei soll aus dem Trockenpulver, mit Wasser gemischt, eine plastische Masse hergestellt werden. Für diesen

Zweck wäre bei einem Durchlaufmischer die Mischzeit zu kurz und die Mischintensität zu gering (Bild 7.90.).

7.5.8. Tonreinigung

Viele Tone enthalten schädliche Bestandteile wie Steine, Quarz, Kiesel, Kalk in Gestalt von Knollen, Nieren oder Puppen oder in stückiger Form von Nadel- bis Kindskopfgröße, sowie Muschelkalk, Schwefelkies (Pyrit oder Markasit FeS_2), Gips (Marienglas), fossiles Holz, Wurzeln u. a., die unerwünscht sind, weil sie schädliche Auswirkungen auf den Produktionsprozeß und vor allem die Qualität des Endprodukts haben. Sie müssen daher ausgesondert werden.⁵⁴

Eine effiziente Art der Tonreinigung, wie man früher das Aussondern von Fremdkörpern allgemein nannte, erfolgte beim früheren, bis 1880 allgemein üblichen Handabbau bereits in der Grube, wo noch alle sichtbaren Einschlüsse von Hand ausgeklaut werden konnten. Bei der folgenden Aufbereitung durch Treten mit den bloßen Füßen konnten die erfüllten Verunreinigungen ebenfalls von Hand ausgesondert werden. Den ab etwa ab 1800 aufkommenden ersten Aufbereitungsmaschinen machte man daher den Vorwurf, daß sie keine Aussonderungsarbeit leisten konnten.

Die Ziegeleimaschinenhersteller waren daher eifrig bemüht, das Problem der Aussonderung konstruktiv zu lösen, und in der Folge kam eine große Anzahl der unterschiedlichsten Konstruktionen auf den Markt, von denen, abgesehen vom Schlämmen, die meisten aber die in sie gesetzten Hoffnungen nie ganz erfüllen konnten.

7.5.8.1. Das Schlämmen

Die intensivste Art der Tonreinigung wie auch des Tonaufschlusses ist das Schlämmen, das zu den ältesten Aufbereitungs- und Reinigungsmethoden der Keramik gehört. So ist bekannt, daß die Töpfer in Griechenland bereits um 1400 v. Chr. die Tonrei-



Bild 7.90. Chargenmischer. Oben: Ringtrog-Mischer, Mitte: Planeten-Mischer, unten: Gegenstrom-Schnellmischer

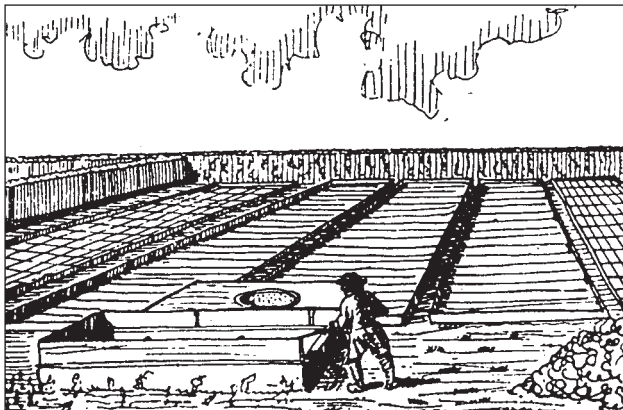


Bild 7.91. „Tonwäscher“ um 1750, nach einer alten Handzeichnung von G. Paape. Manuelles Schlämmen in einem Rührkasten, in dem Ton und Wasser mit einer eisernen oder hölzernen Kratze vermischt werden. Im Hintergrund die Schlamm-Absetzbecken

nigung durch einen Schlämmprozeß praktizierten. Ab wann das Schlämmen auch für die Ziegelherstellung eingesetzt wurde, ist nicht genau bekannt. Größere Bedeutung erlangte es sicher erst ab der Entstehungszeit der Schlammmaschinen und -anlagen in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts. Etwa ab 1920 wurden neue Schlammanlagen nicht mehr gebaut, bestehende Anlagen blieben vereinzelt bis 1940 in Betrieb. Seit 1993 bereitet ein süddeutsches Dachziegelwerk einen Teil seines Rohmaterials wieder durch Schlämmen auf, um darin enthaltenes fossiles Holz auszusondern. Diese moderne Anlage ist natürlich mit den früheren Schlammanlagen nicht mehr vergleichbar.

Unter Schlämmen versteht man das Auflösen des Rohstoffs in sehr viel Wasser mit geeigneten Schlammmaschinen, so daß jedes kleinste Stoffteilchen isoliert ist. Aus der entstehenden Schlämme (Schlicker) oder Schlammtrübe setzen sich die groben Anteile und schädlichen Beimengungen ab und werden dann periodisch oder kontinuierlich entfernt oder durch Siebe ausgesondert. Die Schlammtrübe kommt in großflächigen, flachen Schlamm- oder Absetzbecken zur Ruhe, wo sich die Feststoffe absetzen. Danach wird das klare Schlammwasser abgelassen, damit das Schlammprodukt auf die erforderliche Konsistenz trocknen und ansteifen kann.

Größter Hersteller von Schlammanlagen in verschiedenen Ausführungen war die um 1865 gegründete Firma Julius Lüdicke in Werder a. d. Havel (Bilder 7.91.–7.98.).

7.5.8.2. Maschinelle Tonreiniger

Da das Schlämmen der großen Rohstoffmengen, die in Ziegeleien aufzubereiten sind, wegen des großen Wasserbedarfs und der vielen großflächigen Absetzbecken sehr teuer war, wurde es vor allem in Dachziegeleien angewendet, denn für die Mauerziegelherstellung lohnte es sich im allgemeinen nur, wenn man beste Backsteinqualität für Sichtziegel

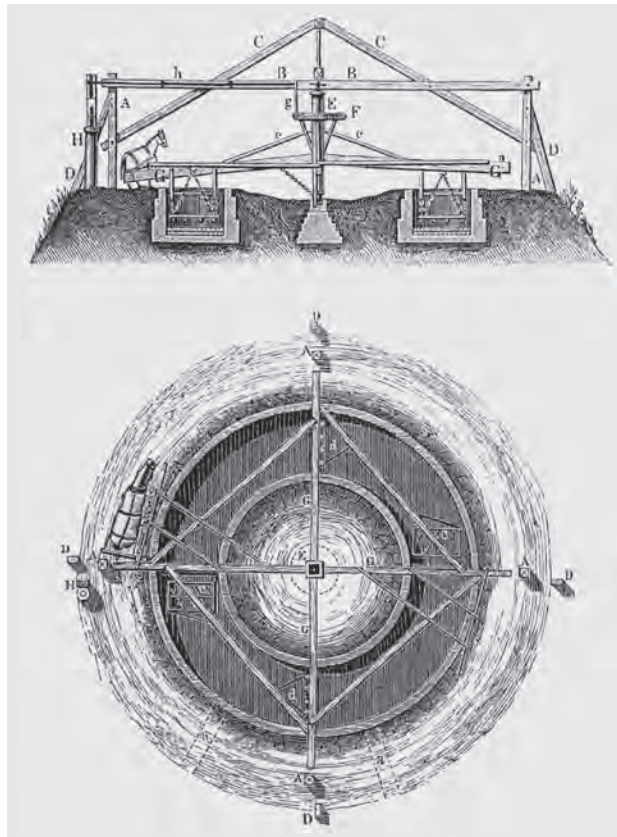


Bild 7.92. Schlammmaschine mit Pferdeumgang um 1800. Arbeitsablauf: Einfüllen des Tons in die kreisförmige Grube mittels Schubkarren, Wasserzugabe über den Zulauf a, Aufrühren des Gemenges mit den beiden je mit 2x4 Zinken versehenen Eggen, Ablassen des geschlammten Tons über den Ablauf b in die Absetzbecken

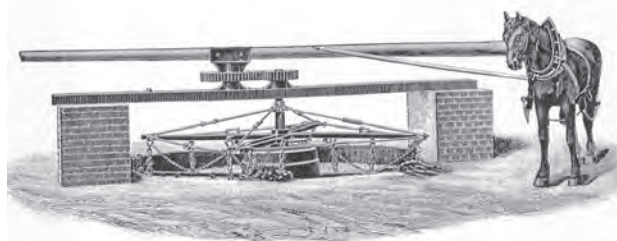


Bild 7.93. Pferde-Schlamm-Maschine von Lüdicke um 1900, konzipiert für Ziegeleien ohne Dampfmaschine. Das vor einen Zugbaum gespannte Pferd trieb sowohl das Rührwerk als auch die Pumpe zur Zuführung des Wassers und Abführung der Schlammtrübe an. Leistung ca. 50 m³ Lehm pro 10 Stunden Arbeitszeit

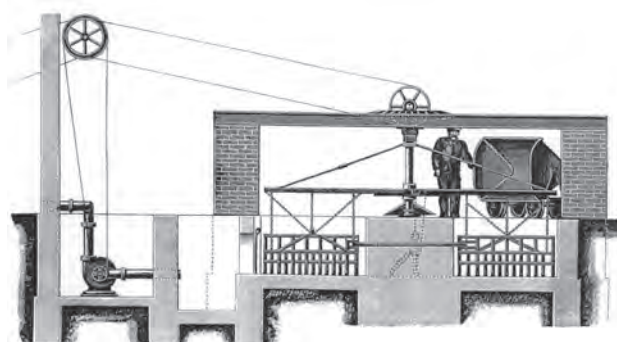


Bild 7.94a. Schlammanlage mit Schleppharke und Zentrifugal-Schlammpumpe zum Abpumpen des Tonschlammes in die Absetzbecken, um 1900

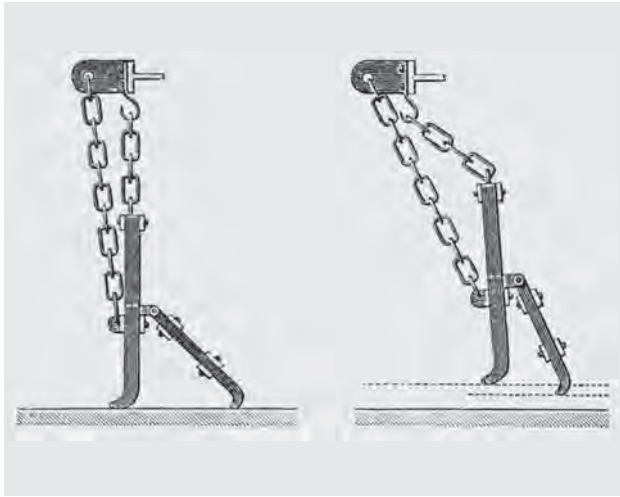


Bild 7.94b. Patentierte Schlammharke von Lüdecke: links in Ruhe-, rechts in Arbeitsstellung. Im Gegensatz zu den ursprünglich verwendeten starren Rechen stiegen diese Harken über die sich absetzende feste Masse an und erleichterten so den Betrieb des Rührwerks

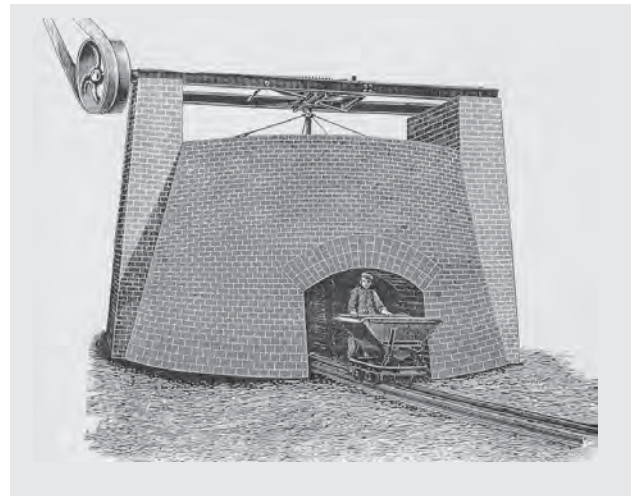


Bild 7.96. Hochliegende Harken-Schlammmaschine zum selbsttätigen Abfluß des Tonschlammes in die Schlammbecken durch ein natürliches Gefälle und zur leichten Entleerung der Rückstände durch verschließbare Öffnungen im Boden der Maschine in die darunter stehenden Kipploren

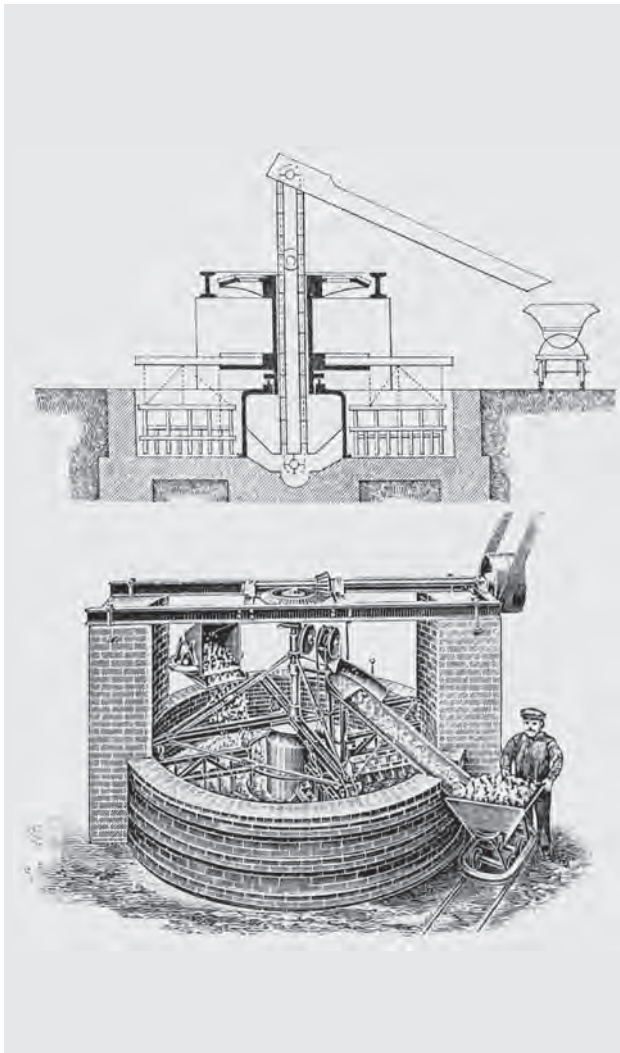


Bild 7.95. Harken-Schlammmaschine mit Becherwerk und Vorrichtung zur Entfernung der sich auf dem Boden ansammelnden Rückstände wie Sand und Steine bei laufendem Betrieb. Damit wurde ein kontinuierlicher Betrieb möglich. Ohne diese Vorrichtung mußten die Maschine in regelmäßigen Zeitabständen abgestellt und von Arbeitern die Rückstände mühsam entfernt werden. Wenn z. B. 100 m³ Ton/Tag geschlämmt wurden, so konnten immerhin etwa 20 – 30 m³ Rückstände anfallen

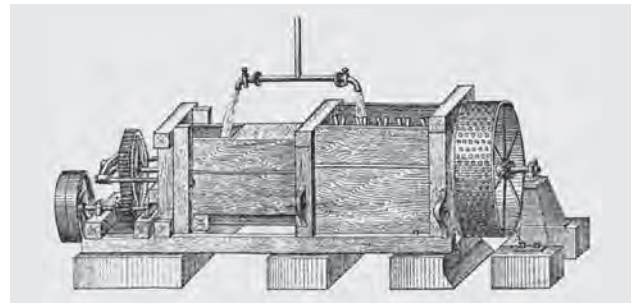


Bild 7.97. Schlammmaschine mit liegender Messerwelle, Aufschlußkammer, Schlammkammer mit Steinfänger und Zylindersieb, durch welches der feine Schlamm durchfließen konnte zur Weiterleitung in die Schlammbecken, während die groben Anteile aus dem Sieb ausgeworfen wurden

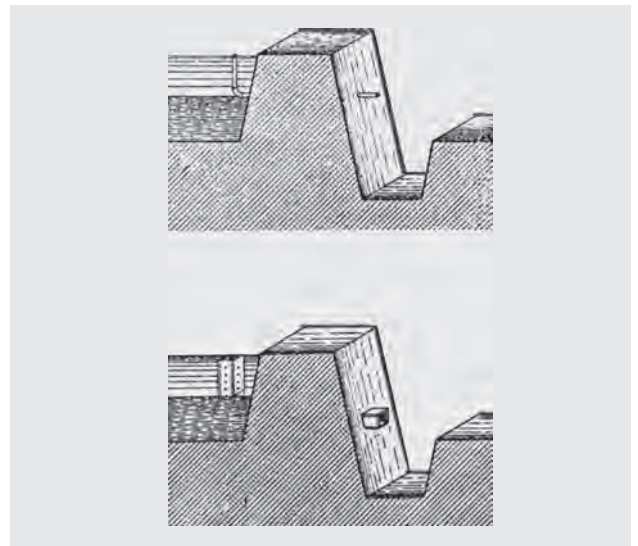


Bild 7.98a. Diese beiden Skizzen zeigen, wie das klare Wasser aus den Schlammbecken abgelassen wurde, nachdem sich der Tonschlamm abgesetzt hatte. Oben: Drehbares Knierohr, das nach und nach zur Seite gebogen wird, so daß das Wasser von oben einlaufen kann. Unten: Feststehendes Knierohr, das mit Löchern versehen ist, die mit Holzpfropfen verschlossen sind; diese werden dann entsprechend dem Stand des klaren Wassers entfernt, so daß dieses ablaufen kann

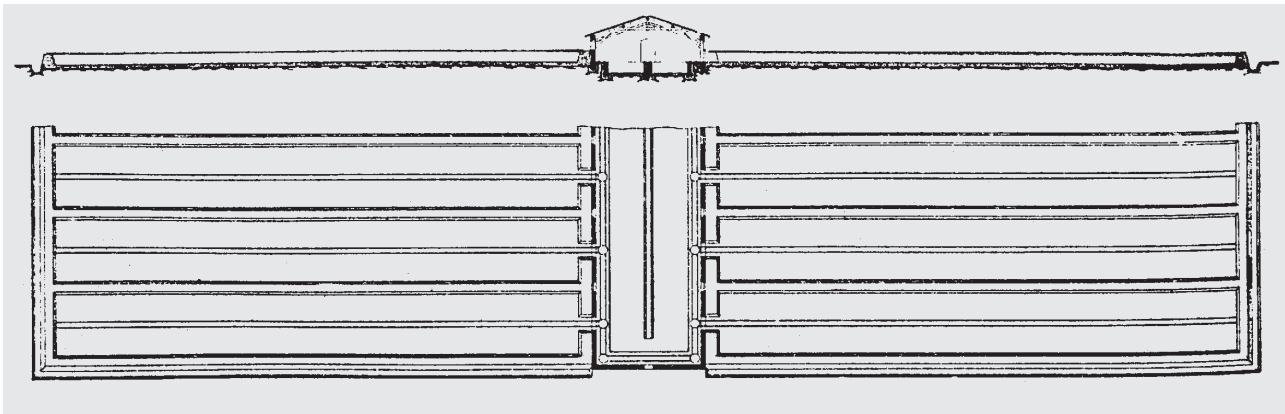


Bild 7.98b. Grundriß und Schnitt durch die Absetzbecken mit dazwischen liegendem Tonschuppen, in dem der aus den Absetzbecken kommende Ton zum Ansteifen gelagert wurde



Bild 7.98c. Eine Vorstellung von der Gesamtgröße der erforderlichen Absetzbecken gibt der Grundriß des Betriebsgeländes des Dachziegelwerks Tonwarenindustrie Wiesloch AG in Wiesloch/Baden um 1920. Die Werkskapazität betrug 12 Mio. Dachziegel/Jahr, wofür etwa 31 500 m³ Ton innerhalb der frostfreien Periode von 8 Monaten aufgeschlämmt werden mußten. Vorhanden waren 77 Schlammbecken mit einer Gesamtfläche von 33 000 m². Dies waren 40 % des gesamten Betriebsgeländes und das 2,5-fache der überbauten Fläche der Produktionsgebäude, die mit ca. 13 000 m² demgegenüber nur 16 % des Betriebsgeländes beanspruchten. Es war u.a. dieser enorme Flächenbedarf, der dazu beitrug, daß die Schlämmanlagen verschwanden.

und Formsteine produzieren wollte. Man versuchte daher, das Schlämmen durch die verschiedensten Arten von Maschinen zu ersetzen.

Tonschneider mit Sieb und Doppelwellensiebmischer

Die ersten maschinellen Tonreiniger waren einfache Tonschneider mit vorgeschraubtem Sieb, das später auswechselbar angeordnet wurde. Um 1880 verband Th. Groke, Merseburg, zwei Siebe verschiebbar mit-

einander. War ein Sieb verstopft, wurde das andere, gereinigte Sieb vor den Preßzylinderaustritt geschoben. Diese Maschine war der Vorläufer der heutigen Doppelwellensiebmischer mit hydraulischer Siebverschiebung (Bild 7.99.).

Diesener Tonreiniger

Nach einem sehr interessanten Prinzip arbeitete der um 1895 entstandene Diesener Tonreiniger. Eine Strangpresse drückte einen Tonstrang gegen eine

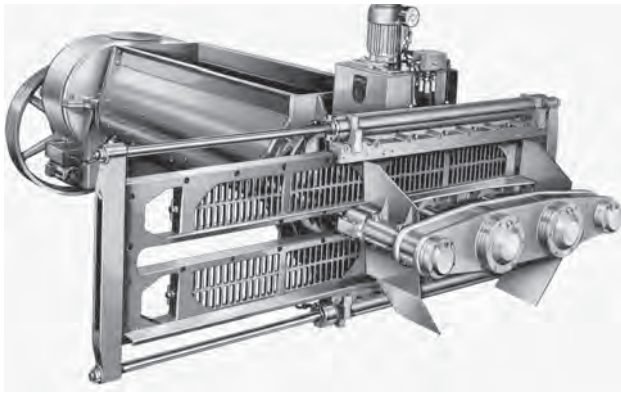


Bild 7.99. Doppelwellensiebmischer mit hydraulischer Siebverschiebung

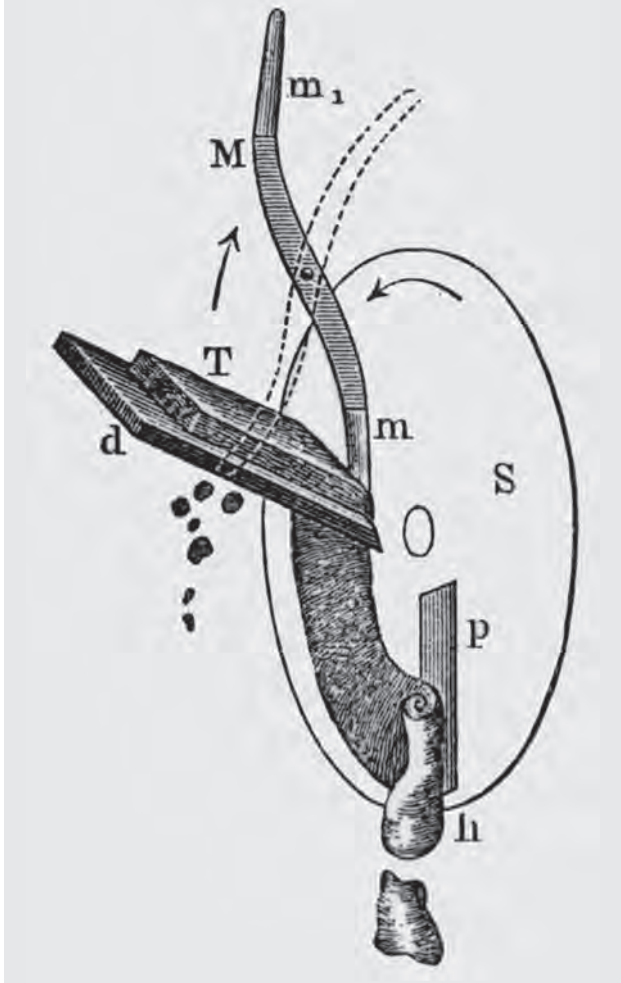
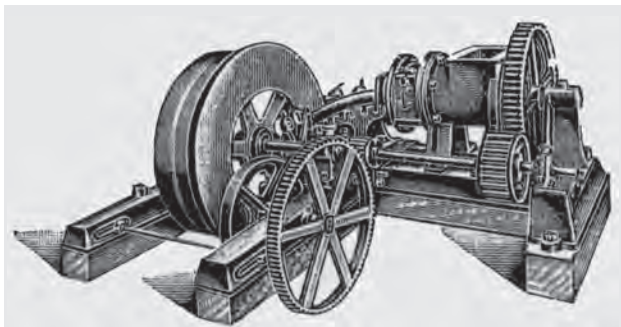


Bild 7.100. Diesener Tonreiniger, um 1895, unten Detail der Planscheibe

rotierende Planscheibe, auf der sich durch die Adhäsion ein dünnes Tonband bildete. In einem einstellbaren Abstand von 8-10, 4-5 oder 1-2 mm, dem Arbeitsschlitz, lief die Planscheibe gegen ein feststehendes Gleitbett. An der Planscheibe haftende Teilchen, die größer waren als der Arbeitsschlitz, wurden seitlich in einen Steinkasten geschoben, während das dünnere Tonband unterhalb abgestreift wurde (Bild 7.100.).

Bohnscher Tonreiniger

Der 1905 patentierte Bohnsche Tonreiniger (Bild 7.101.) der Firma M.Bohn & Co. in Nagyikinda, Ungarn, bestand aus einer liegenden Schnecken-

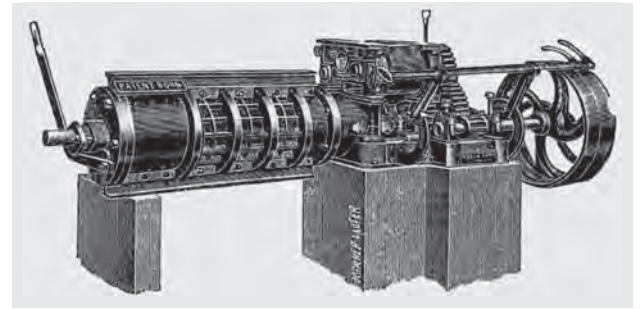


Bild 7.101. Bohnscher Tonreiniger, 1905

presse mit durchlochtem Preßzylinder, während der Preßkopf mit einem Schieber verschlossen war. Die Schnecke drückte den reinen Ton durch die Löcher des Preßzylinders, deren Durchmesser bis auf 1 mm herabgehen konnte, während Wurzeln, Steine, etc., weitertransportiert wurden, sich im Preßkopf ansammelten und von dort durch zeitweiliges Öffnen des Schiebers entfernt wurden. Dieser Tonreiniger wurde nach Ablauf des Patents 1920 von vielen Ziegelmaschinenherstellern nachgebaut. Eine Neuentwicklung mit einem gegenläufig zur Schnecke drehenden, separat angetriebenen Siebkorb brachte 1996 die Firma Petersen Service/Netphen auf den Markt. Die in die Sammelkammer gedrückten Fremdkörper werden über eine hydraulisch betätigte Verschlussklappe periodisch entleert (Bild 7.102.).

Der 1959 in Italien entwickelte und patentierte *Knetfilter, System Bedeschi*, stellt eine Variante des Tonreinigers dar. Der Knetfilter ist eine Maschine



Bild 7.102. Petersen Tonreiniger, 1996

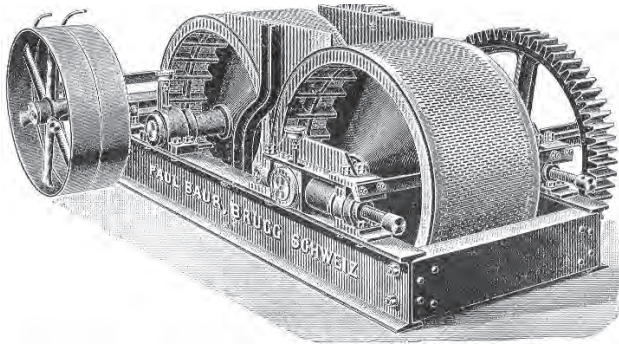


Bild 7.103. Kollerwalzwerk von Paul Baur, um 1910

mit kurzem offenem Doppelwellenmischerteil und einer anschließenden geschlossenen Doppelkammer mit seitlichen Längsschlitz, lichte Weite 7 oder 10 mm, durch welche die Preßschnecken das Tonmaterial drücken. Größere Fremdkörper werden an den Schlitz vorbei in eine Steinkammer gedrückt, die periodisch über eine hydraulisch betätigte Klappe geöffnet und entleert wird.

Kollerwalzwerk

1906 wurde von Paul Baur, dem 1922 verstorbenen Gründer der Schweizer Maschinenfabrik Baur & Cie, Brugg, das Mischkollerwalzwerk entwickelt (Bild 7.103.). Es bestand aus zwei Lochwalzen,

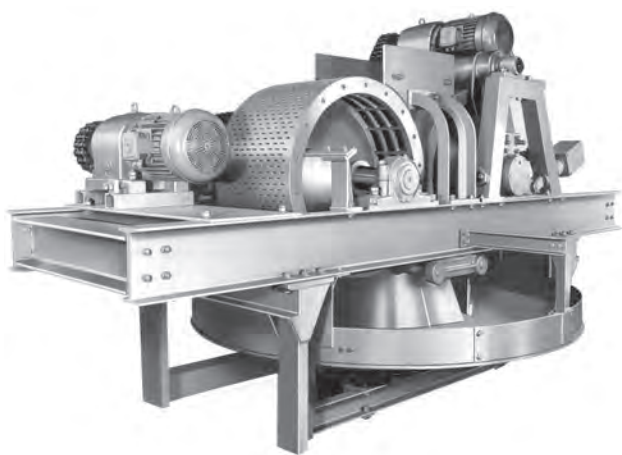
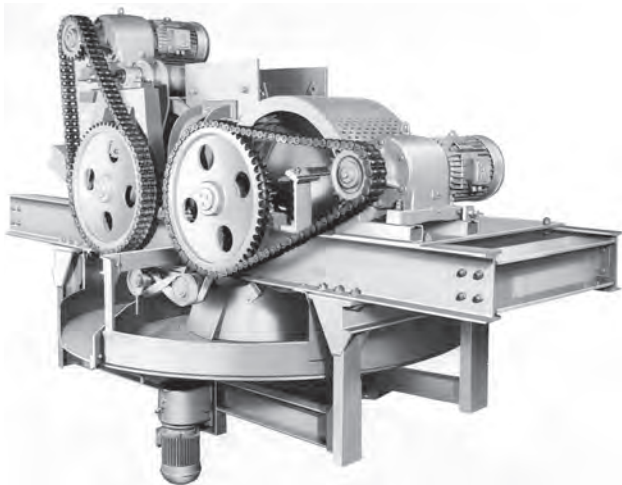


Bild 7.104. Händle Kollerwalzwerk, 1957. Blick auf die Antriebs- und die gegenüberliegende Maschinenseite

die durch Federdruck gegeneinander gepreßt werden. Der Ton wird durch die nach einem besonderen Verfahren verengten Lochschlitze gepreßt und durch Abstreifer aus den Walzen nach außen auf einen Sammelsteller befördert. Harte Einschlüsse drückten die Walzen auseinander, fielen durch Öffnungen im Sammelsteller und wurden so ausgeschieden. Diese Maschine wurde in ähnlicher Form als *Kollerwalzwerk* von der Fa. Gebr. Pfeiffer, Kaiserslautern und ab 1957 von der Fa. Karl Händle & Söhne, Mühlacker gebaut (Bild 7.104.+7.105.). Andere Hersteller bauten die Maschine in ähnlicher Form als

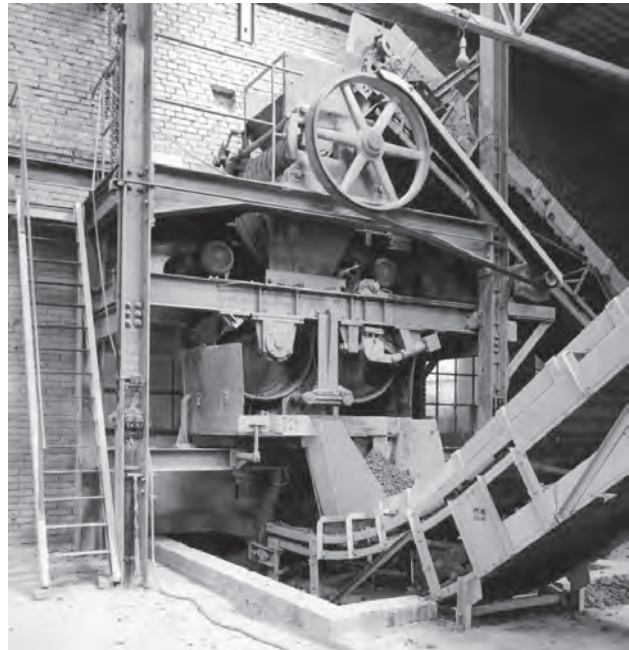


Bild 7.105. Händle Kollerwalzwerk, eingebaut unter einem Steinaussonderungswalzwerk, um 1965

Rostwalzwerk. Die heutige moderne Version dieser Maschine ist der um 1970 in Italien entwickelte *Rotorfilter*.

Steinaussonderungswalzwerk

Die Besonderheit der Rohstoffverhältnisse, relativ weiche Tone mit harten Steineinschlüssen, führten dazu, daß Schweden das Entstehungsland des Steinaussonderungswalzwerks ist, wo um 1908 etwa 60 dieser Maschinen in Betrieb waren. Einer der ersten deutschen Ziegeleimaschinenhersteller, der *Steinaussonderungswalzwerke* mit bis zu vier Arbeitswalzen und zwei Speisewalzen (Bild 7.106.) baute, war die 1882 gegründete Firma August Kuhnert & Co., Meißen. Um 1908 brachte die Firma Gebr. Pfeiffer, Kaiserslautern, ein Steinaussonderungswalzwerk „Svedala“ auf den Markt. Andere Hersteller folgten (Bild 7.107.).

Steinaussonderungsbrecher

Zur Vorkleinerung scholliger Tone und zur Aussonderung von Steinen von 70-1000 mm Kantenlänge kam 1983 der Steinaussonderungsbrecher mit Auswurfrechen, System Händle, auf den Markt. Das Aufgabegut

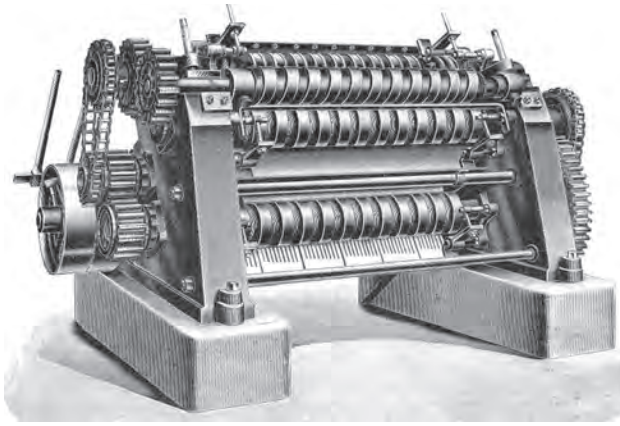


Bild 7.106. Steinaussonderungswalzwerk mit 4 Arbeitswalzen von Kuhnert, 1902

wird zwischen zwei Brechwalzen aufgegeben und, wie bei einem Walzenbrecher üblich, zerkleinert. Der Auswurfrechen befindet sich in Ruheposition. Sobald ein Stein im Brechspalt infolge seiner Härte zur Überschreitung eines vorher eingestellten Drehmoments führt, stoppen die Materialzufuhr und die Walzen, die dann kurzzeitig mit umgekehrter Drehrichtung laufen. In dieser Zeit fährt der Rechen ein und hebt den Steine aus. Nach dem Auswerfen werden die Walzen wieder in die normale Drehrichtung umgesteuert, der Rechen fährt in die Ruhestellung zurück und die Materialzufuhr wird wieder eingeschaltet (Bilder 7.108.+7.109.).

Aussonderung von Eisenteilen

Bereits in den 1920er Jahren setzte man vereinzelt starke Magnete zum Aussondern von Eisenteilen ein. Aber erst ab den 1960er Jahren werden verstärkt Aushebemagnete in Form von Permanentmagneten und Elektromagneten sowie Metallsuchgeräte in Gummibandtransporteure vorzugsweise vor Walz-

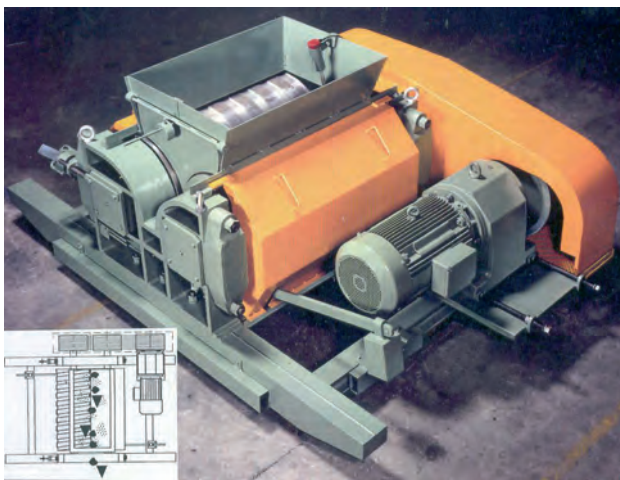


Bild 7.107. Händle Steinaussonderungswalzwerk mit zylindrischen Walzen, davon eine glatt, eine mit Aussonderungsgewinde, von welcher die Steine nach einer Walzenseite befördert und dort ausgeschieden werden, um 1970. In der ursprünglichen Ausführung ab 1957 verwendete Händle kegelige Walzen, von denen jede vom größeren Durchmesser aus bis zur Mitte mit einem Gewindengang versehen war.

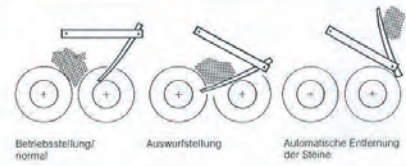
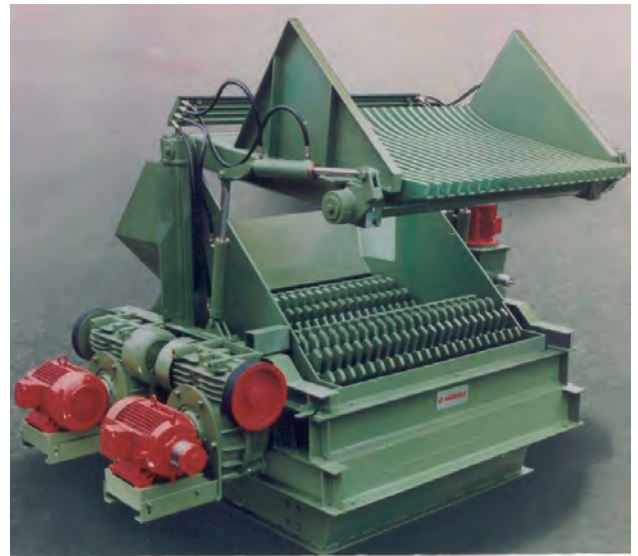


Bild 7.108. Steinaussonderungsrechen mit Funktionsprinzip, 1983



Bild 7.109. Steinaussonderungsrechen in einer Aufbereitungsanlage, 1994

werken eingebaut, um diese vor Beschädigungen zu schützen. Dabei reagieren, im Gegensatz zu den Aushebemagneten, die Metallsuchgeräte auch auf nichtmagnetische hochlegierte Stähle, Aluminium und Buntmetall.

7.6. Trockenaufbereitung

In Deutschland konnten fast nur die ab 1865 entstandenen Zechenziegeleien die Trockenmahlung mit Trockenkollern anwenden, weil der von ihnen verarbeitete Tonschiefer entsprechend trocken anfiel. Die Ziegelwerke in Deutschland arbeiten demnach vorwiegend mit der plastischen Aufbereitung, dem sog. Halbnaßverfahren. Zwar gab es in den 1920er Jahren Versuche zur allgemeinen Einführung des Trockenpressens und damit verbunden auch der Trockenaufbereitung, doch erfüllten sich die darin

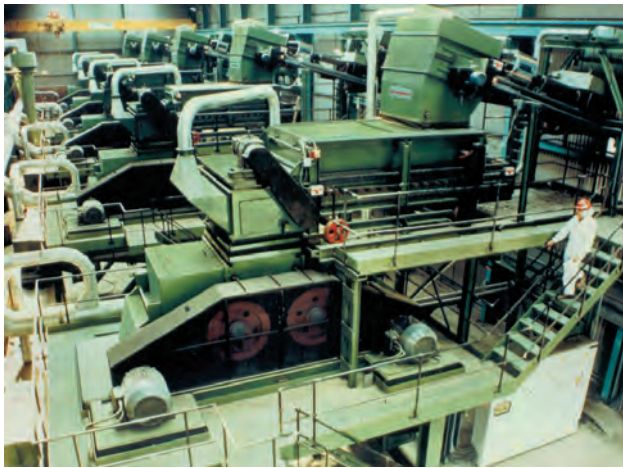


Bild 7.110. Gruppe von 5 Hammermühlen bei der Firma London Brick, 1990

gesetzten Erwartungen nicht, so daß man die Versuche bald wieder aufgab. Erst seit den 1980er Jahren verzeichnet die Trockenaufbereitung wieder ein zunehmendes Interesse. Dies liegt einerseits an den immer stärker steigenden Qualitätsansprüchen an das Endprodukt, zum anderen an der Notwendigkeit, nach der Ausbeutung der hochwertigen Rohstoffqualitäten auf minderwertigere Rohstoffe zurückgreifen zu müssen. Die Grenze der Mahlfineinheit liegt bei der Halbnaßaufbereitung bei einer Korngröße von etwa 0,5 mm, bei der Trockenaufbereitung dagegen bei etwa 0,04 mm. Wenn dann Ansprüche an die Kornfeinheit gestellt werden müssen, die mit der Halbnaßaufbereitung nicht mehr erfüllt werden können, z.B. wenn schädliche Einschlüsse wie Pyrit oder Kalk im Ton enthalten sind, dann kommt die Trockenaufbereitung in Frage.

Der Trockenkollergang genügt allerdings den heutigen Ansprüchen an die Mahlfineinheit nicht mehr. So wurden z.B. 1990 bei der Fa. London Brick in Bedford/England, in der größten Aufbereitungsanlage der Welt, 38 Trockenkoller aus dem Jahre 1920 durch 5 Hammermühlen ersetzt. Die Leistung der Anlage beträgt 625 t/h – äquivalent für 11 Mio. Ziegelsteine/Woche (Bild 7.110.).

Vorzugsweise kommen für die Trockenaufbereitung nur Mühlen in Frage, in denen gleichzeitig auch getrocknet wird; man spricht dann von Mahltrocknung. Hierfür sind vor allem die Walzenschüsselmühle, die Hammermühle und die Pendelmühle geeignet, die dann als Luftstromanlagen arbeiten. Eine Mahltrocknungsanlage besteht im wesentlichen aus der Mühle, einem Heißluftherzeuger – wobei die Heißluft gleichzeitig als Transportluft für das Zerkleinerungsgut benutzt wird – und dem Abscheidesystem, meist mit Siebter zur Korngrößenbegrenzung. Die Trocknung innerhalb der Mühle ist aber begrenzt. Übersteigt die Grubenfeuchte ein bestimmtes Maß, so müssen separate Rohrontrockner eingesetzt werden. Die vorzugsweise in der Ziegelindustrie eingesetzte Mühle ist die Walzenschüsselmühle.

Bekannt ist vor allem die Pfeiffer-Walzenschüsselmühle MPS, die 1960 von Siegfried Schauer bei der

Firma Gebr. Pfeiffer AG, Kaiserslautern, konstruiert wurde. Er vereinte die Vorteile der 1928 entwickelten Loesche-Mühle mit dem Grundkonzept der 1947 von Max Berz entwickelten MB-Mühle. Herzstück der Mühle sind drei ortsfeste Walzen, die auf einer sich drehenden Mahlplatte abrollen. Der Mahldruck wird durch hydropneumatische Anpressung der Mahlwalzen ausgeübt. Die MPS-Mühle arbeitet nach dem Unterdruckprinzip. Durch eintretende Heißluft wird ein Wirbelbett zur Trocknung des Mahlguts erzeugt. Die nach oben steigende Luft trägt das zerkleinerte Gut in den Sicherterraum, wo ein rotierendes Lamellenrad das Mahlgut in Fein- und Grobgut klassiert. Das Feingut wird mit dem Luftstrom ausgetragen, das Grobgut fällt in die Mühle zurück und wird erneut dem Mahlvorgang ausgesetzt (Bild 7.111.).

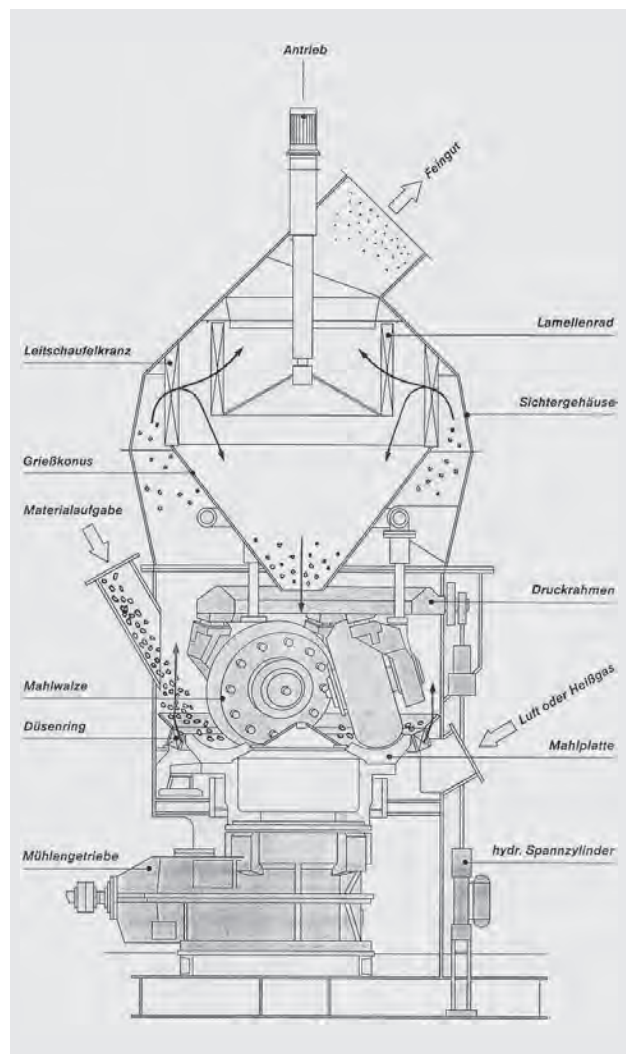


Bild 7.111. MPS-Walzenschüsselmühle von Pfeiffer, Kaiserslautern

7.7. Heißaufbereitung

Schon 1888 wurde über Versuche berichtet, die das Ziel hatten, die Aufbereitungsmöglichkeiten in den Wintermonaten mittels Heißwasserzugabe zum Ton zu verbessern. In Deutschland unternahm u. a. C. Milde um 1930 Versuche mit Dampf. Diese ersten

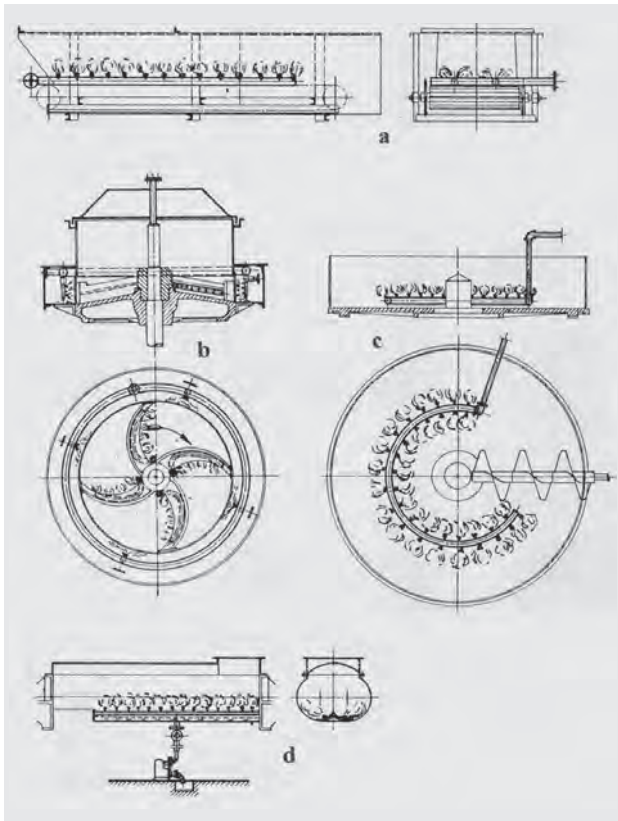


Bild 7.112. Heißaufbereitung. Auswahl von Möglichkeiten der Zugabe von Dampf: a. Kastenbeschiecker, b. Rundbeschiecker, c. Maukmischer, d. Doppelwellenmischer, um 1955

Versuche brachten allerdings nur Teilerfolge, weil die technischen Voraussetzungen nicht immer gegeben waren.

In den 1950er/60er Jahren befaßte man sich intensiv mit Fragen der Rohstoffwärmerückgewinnung und Heißaufbereitung mit Dampf. Die Erwartungen, die man mit der Dampfzugabe zum Ton verband, waren u. a. besserer Tonaufschluß, Verkürzung der Sumpf- und Maukzeiten, Erhöhung der Plastizität, Verringerung des Kraftbedarfs an der Presse, Verkürzung der Trockenzeit und Verringerung der Trocknungsenergie. Die Wirkung der Heißaufbereitung beruht darauf, daß die Viskosität des Wassers mit steigender Temperatur abnimmt. So steigt die Diffusionsgeschwindigkeit des Wassers z. B. zwischen 15 und 60°C um 240% und dementsprechend erhöht sich die kapillare Infiltrationsfähigkeit und Quellwirkung. Da der Wärmeinhalt des heißen Wassers aber zu gering ist, um eine genügende Tonerwärmung zu erreichen, verwendet man Dampf, dessen Quellwirkung zudem ein Mehrfaches der von Wasser beträgt. Über die optimale Höhe der Aufheiztemperatur bestanden lange Zeit uneinheitliche Auffassungen, da sie je nach Tonmaterial unterschiedlich sein kann. In der Praxis lag sie zwischen 45 und 70°C.

Es wurden Installationen zur Dampfzugabe entwickelt und die verschiedensten Aufbereitungsmaschinen für die Dampfzufuhr ausgerüstet, wie Kastenbeschiecker, Maukmischer, Siebrundbeschiecker, Kollergang, Ein- und Doppelwellenmischer (Bild 7.112.). Letztlich

fand aber die Heißaufbereitung keine allzu breite Anwendung, vor allem deshalb, weil sich die Heißverformung als verfahrenstechnisch günstiger erwies.

7.8. Rohstofflagerung – Bevorratungs- und Aufbereitungsfunktion zugleich

Der allmähliche Übergang vom handwerklichen zum industriellen Betrieb brachte auch die Verarbeitung immer größerer Rohstoffmengen mit sich. Dies sowie steigende Löhne und ein Arbeitskräftemangel führte ab 1900 dazu, daß man immer mehr von dem bis dahin üblichen Wintern und Sommern abkam. Man scheute diesen zeitaufwendigen Aufbereitungsprozeß und suchte ihn durch die verschiedensten Zerkleinerungs- und Mischmaschinen zu ersetzen. Den Ton direkt von der Wand weg zu verarbeiten, war aber in der Regel nur bei gewöhnlichen Mauerziegeln möglich und auch hier mußte man oft Qualitätseinbußen hinnehmen. Für die bessere Ware behielt man das Wintern zunächst noch bei. Bei den meisten Dachziegel- und Verblendziegelwerken wurde dann aber das Wintern und Sommern durch das Sumpfen und Mauken ersetzt und es entstanden etwa ab 1920 die ersten Sumpf- und Maukanlagen.

Mit der nach 1945 zu beobachtenden kontinuierlichen Steigerung der Werkskapazitäten (beim Hintermauerziegelwerk von etwa 7 Mio. im Jahre 1950 auf etwa 60-100 Mio. NF/Jahr im Jahre 2000) stieg zwangsläufig die Bedeutung der Rohstofflagerung, die zudem innerhalb der Aufbereitung immer mehr eine eigenständige Rolle annahm. Im Ziegelwerk erfüllt die Rohstofflagerung nicht nur eine Bevorratungsfunktion, sondern als Mischbett und durch den Tonaufschluß auch eine Aufbereitungsfunktion und sichert zudem, daß das von der Aufbereitung oder Formgebung benötigte Rohmaterial in der vorgeschriebenen Qualität, genau zum gewünschten Zeitpunkt, zur Verfügung gestellt wird (Bild 7.113.).

7.8.1. Sumpfhäus

Bei den einfachen Sumpfhäusern handelte es sich um langgestreckte, gemauerte oder betonierte und überdachte Becken, in die das direkt aus der Grube kommende oder vorzerkleinerte Rohmaterial von oben mit Kipploren eingekippt oder über Transportbänder mit Abstreifvorrichtung eingebracht wurde. Desgleichen auch, soweit notwendig, lagenweise die Magerungsmittel – Sand oder Ziegelmehl. Auch der Trockenbruch wurde zur Wiederverwendung mit eingesumpft. Nach dem Einkippen wurde auf jede Lage nach Erfahrung mit dem Schlauch oder über Brauseköpfe das erforderliche Wasser zugegeben.

Die Entleerung erfolgte von Hand, wobei neben Hacke und Spaten besondere Drahtbügel benutzt wurden. Mit dem Drahtbügel wurden Stücke aus der Tonmasse geschnitten und diese mit der Hacke von der Wand abgezogen und in Kipploren gefüllt.

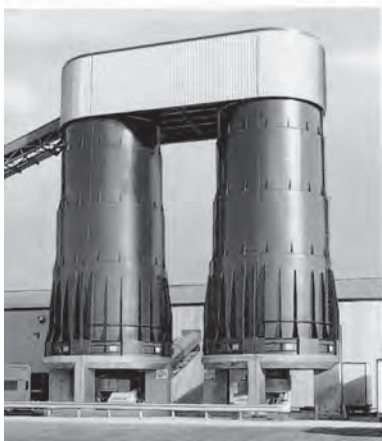


Bild 7.113. Rohstofflagersysteme 2000, von links nach rechts, oben: Kreismischhalde – ein Freilager mit Rundumabsetzer, zwei Längssilos mit Betonschacht, Mitte: Zwei Tonsilos mit Blechschacht, Quersumpfanlage, Großraumkastenbeschicker, unten: Längssumpf und Bagger mit Hydraulikhubwerk, Tonlagerhalle mit Bandfüllbühne

Zur Entleerung wurden dann auch Schuppentransportoren eingesetzt, die in mit Holzbohlen abdeckbaren, unterhalb des Sumpfbodens angeordneten Kanälen installiert waren. Auch für die Kipplorentleerung waren gelegentlich solche Kanäle vorgesehen. Solche einfachen Sumpfanlagen waren in manchen Dachziegelwerken noch bis in die 1950er Jahre zu finden (Bild 7.114.).

7.8.2. Maukkeller

Für schwer aufschließbare Tone und Schiefer-ton setzte man nach der mechanischen Aufbereitung vorzugsweise die Maukkeller, auch Tonkeller genannt,

ein. Es waren dies kellerartige, 4-6 m hohe gewölbte Räume, welche gegen Zugluft geschützt dicht abgeschlossen werden konnten. Der bereits mechanisch fertig aufbereitete Ton wurde entweder als loses Schüttgut oder in Form bereits verpreßter Kuchen oder Batzen gemaukt. In Kuchenform wurde das Material vor allem in Dachziegelwerken und bei kürzeren Maukzeiten gelagert. Bei längeren Maukzeiten wurde das Material ungeformt gemaukt. Die Maukzeiten lagen bei 2-4 Monaten bis zu einem Jahr.

Bei typischen Maukanlagen, wie sie um 1925 modern waren, hatte jeder Maukraum eine luftdicht verschließbare Eingangsöffnung. Auf der Decke der Maukkeller, dem sog. „Sturzboden“, war eine Gleis-

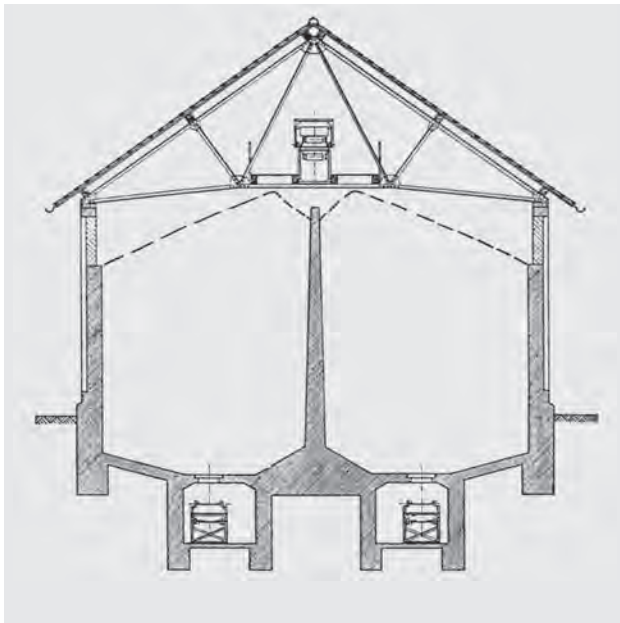


Bild 7.114. Querschnitt eines doppelten Sumpfs für Handentleerung. Rohstoffzuführung über Transportband mit verfahrbarem Abstreifer, Rohstoffabtransport über in abdeckbare Gruben installierte Transporteure

anlage installiert. Jeder Maukraum war mit mehreren mit Deckeln verschließbaren „Sturzöffnungen“ versehen. Mit Kipploren, die direkt unter dem Auslauf der letzten Aufbereitungsmaschine gefüllt wurden, wurde das Material von oben in die Maukräume gekippt, wo es 4-6 m herunterfiel und durch das Eigengewicht und den Druck der oberen auf die unteren Schichten wieder eine kompakte Masse bildete (Bilder 7.115.+7.116.). Das fertig gemaukte Materi-

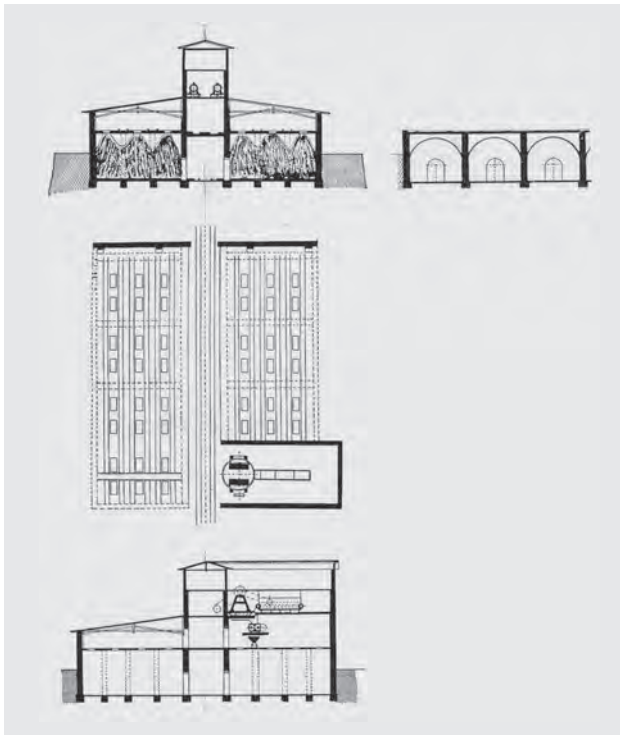


Bild 7.115. Aufbereitungsanlage mit Kastenbeschicker, Kollergang, Walzwerk und Maukkeller um 1920. Die Kipploren zum Befüllen des Maukkellers fahren direkt unter das Walzwerk.

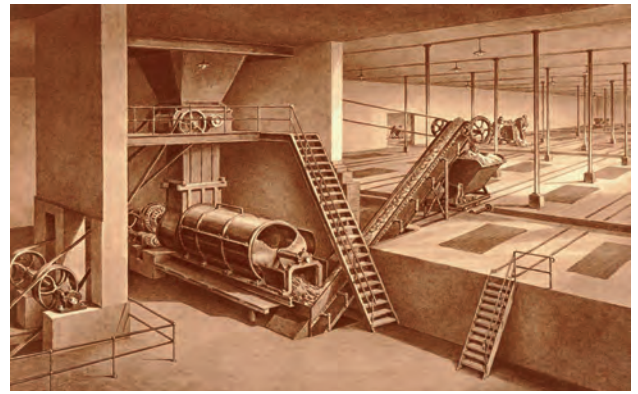


Bild 7.116. Obere Ansicht des Tonkellers und eines Teils der Aufbereitung mit Walzwerk und Einwellenmischer in einem Dachziegelwerke um 1925

al wurde mit Hacken und Schaufeln gestochen, auf Kipploren geladen und den weiteren Verarbeitungsmaschinen zugeführt (Bild 7.117.).

Im Prinzip gleiche Maukkeller werden noch heute in einigen Ziegelwerken (Spaltplattenwerke) in Italien verwendet. Eine solche Anlage besteht z. B. aus 4 Kammern, je 12 m lang, 5 m breit und 5 m hoch. Jede Kammer weist in der Decke sechs Öffnungen auf, über die mit einem von Hand verfahrbaren Gurtförderer das Material eingefüllt wird. Die Entleerung erfolgt über Schaufellader. Füllöffnungen und Ausfahrtüren können luftdicht verschlossen werden. Auch im Bereich der Technischen Keramik, z. B. bei der Herstellung von Rollen für die Rollenöfen, werden solche Maukkammern zur Batzenlagerung noch heute verwendet.

7.8.3. Mechanisierte Sumpfanlagen

Wegen der Mehrkosten, welche das Sumpfen und Mauken verursachten, suchte man schon bald die Handarbeit durch Maschinen zu ersetzen und strebte überall eine Mechanisierung bzw. Automatisierung des Betriebs an. Bei einer um 1920 entwickelten Sumpfhausanlage, Patent Raupach, damals „Automatische Sumpfanlage“ bezeichnet, wurde das



Bild 7.117. Entleerung von Hand und Abtransport des Tons mit Kipploren im Maukkeller eines Dachziegelwerks um 1925

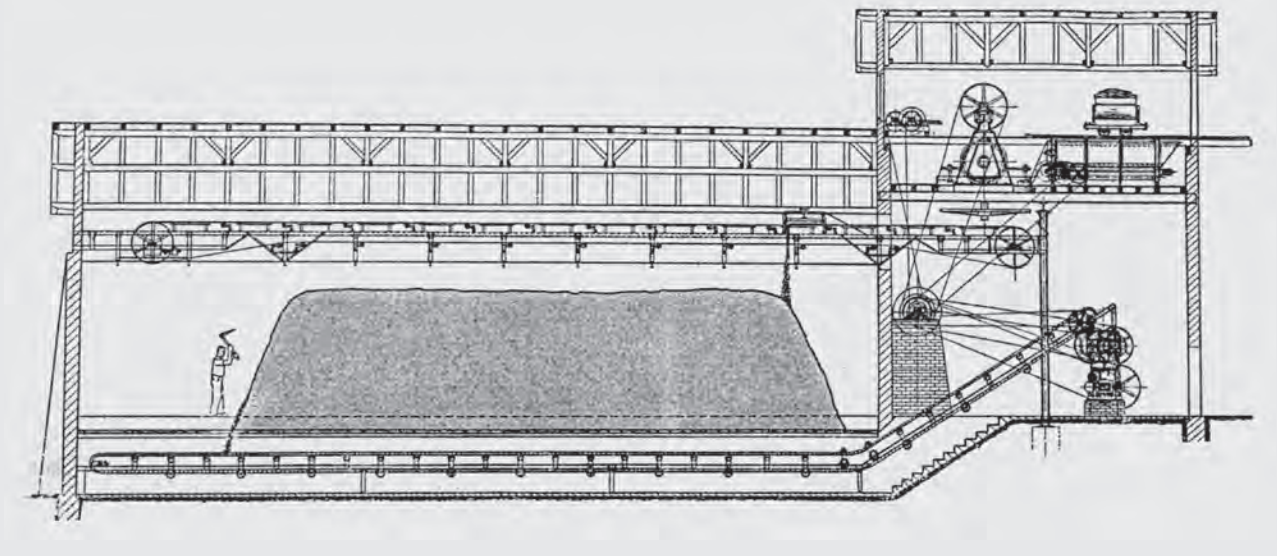
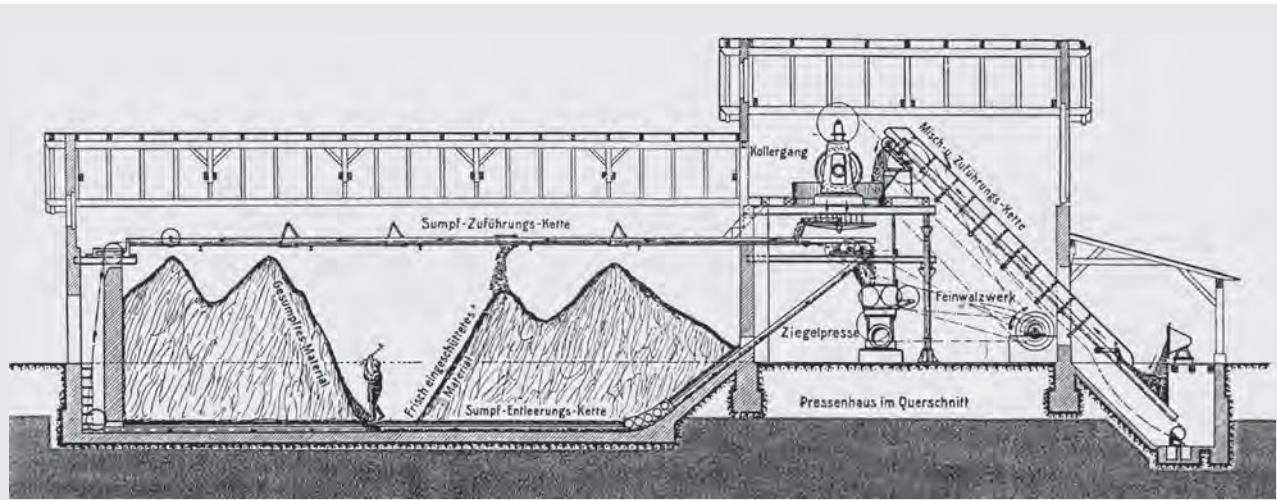


Bild 7.118. Sumpfanlage von Raupach/Görlitz für Handentleerung um 1920. Oben: mit umlaufender patentierter Sumpfbeschickungskette für gleichzeitige Rohstoffzu- und -abführung, unten: Spätere Ausführung mit getrennter Rohstoffzu- und -abführung

gekollerte Material durch eine endlos umlaufende „Patent Sumpfbeschickungskette“ zum Sumpf und wieder zurück transportiert. Die Kette durchlief Decke und Boden des Sumpfhauses in einer Eisenrinne, welche in regelmäßigen Abständen verschließbare Öffnungen aufwies. Durch Wasserbrausen wurde das herunterfallende Material befeuchtet. Das unten von Hand in die Kette eingeharkte, gesumpfte Material wurde in ein direkt über der Ziegelpresse angeordnetes Glattwalzwerk befördert. Später trennte man die Rohmaterialzu- und -abführung (Bild 7.118.).

In Anpassung an die bestehenden Sumpfhausquerschnitte entwickelte man in der 1930er Jahren zur Sumpfentleerung von unten kleine schwenkbare Sonderbagger – die Sumpfhaus-Einschienerbagger mit oberer Führung. Sie waren auf dem Beckenboden installiert, arbeiteten als Hochbagger und entleerten auf einen Transporteur, der in einem mit Bohlen abdeckbaren Kanal installiert war (Bild 7.119.). Diese und noch manch andere Ausführungen waren aber nur vorübergehende Zwischenlösungen, die

dann allesamt von den fast gleichzeitig entwickelten Längs- und Quersumpfanlagen abgelöst wurden.

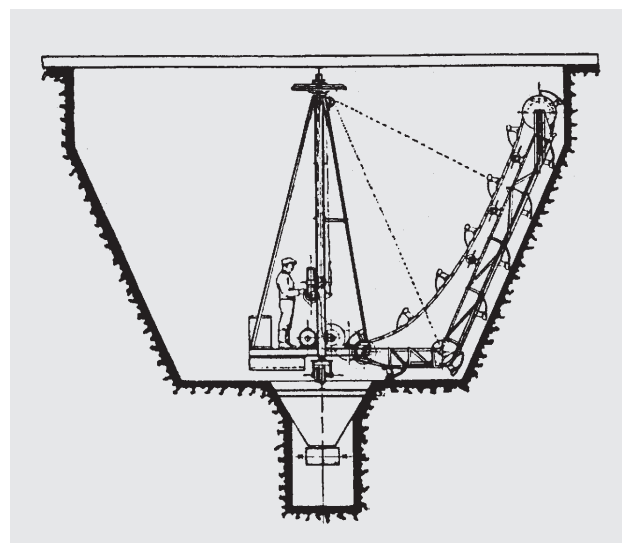


Bild 7.119. Einschiener-Sumpfhaus-Eimerkettenhochbagger, um 1930

7.8.4. Längssumpfanlagen

Um 1900 pflegte man die Tonhaldenwirtschaft, d. h. der Grubenton wurde im Werk auf Halde geworfen, um einen gewissen Aufschluß zu erreichen, und zur Bevorratung. Bald wurde der Eimerkettenbagger außer in der Tongrube auch für die Baggerung auf den Halden in den Ziegeleien eingesetzt. Man erkannte bald, daß auf den Halden nur an der Oberfläche ein notdürftiger Aufschluß des Tons erreicht wurde und fing daher um 1920 an, den Ton aufzubereiten, bevor man ihn auf Halde warf. Weiter wurden die Halden überdacht und das sogenannte Sumpfhaus mit Längsbaggerung, der Längssumpf, war geboren. Zur Erhöhung des Fassungsvermögens nutzte man den Schwenkradius des Eimerkettenbaggers aus und legte die Becken bis -45° unter Flur, während man nach oben noch bis $+45^\circ$ ging. Die Länge der Eimerleiter betrug 6 bis 18 m.

Die Eimerkettenbagger arbeiteten im sog. Radial-Hochtiefschnitt als Hoch- und Tiefbagger, d. h. die Eimerleiter baggerte die Materialböschung in strahlenförmig zum Leiterdrehpunkt gerichteten Schichten ab. Sie war daher mit einem Knickpunkt mit Ablenkuras versehen. Das Heben und Senken der Eimerleiter, die an einem Ausleger befestigt war, erfolgte mit Seilzug über eine Eimerleiterwinde (Bild 7.120.). Etwa um 1970 kamen die Bagger mit Hydraulikhubwerken auf, zunächst nur für Eimerleiterlängen bis 14 m. Ab etwa 1985 findet man den Eimerkettenbagger mit einteiliger, gerade durchgehender Eimerkette.

Entsprechend den gestiegenen Leistungen der Ziegelwerke änderten sich auch die Baggergrößen. Umfaßte das Standardprogramm um 1975 noch Bagger mit 20-, 25-, 30- und 45-Liter Eimern, so besteht dieses ab 1985 aus 30-, 45-, 60-, 75- und 100-Liter Eimern. Das Hydraulikhubwerk ist heute Standard, auch für die größten üblichen Leiterlängen bis 18 m, für die man bis in die 1980er Jahre noch den Seilzug verwendet hatte (Bilder 7.121.).

Zur Befüllung der Längssumpfanlagen benutzte man zunächst Kipploren, dann glatte Stahlbänder, da von ihnen der Ton leicht abgestreift werden konnte. Zunächst Bänder mit von Hand verschiebbaren Abwurfschlitten, dann automatisch verfahrbare mit Fahrwerk und ab 1947 Abwurfmaschinen mit Schleuderwalze mit veränderlicher Drehzahl, so daß die Wurfweite eingestellt werden konnte. Ab den 1970er Jahren verwendet man ausschließlich fahr- und reversierbare Gurtförderer, teils mit Querförderern deren Bandgeschwindigkeit aber mittels Frequenzregulierung stufenlos eingestellt werden kann. Mit Hilfe einer SPS-Steuerung kann das Material gezielt in der gewünschten Weise als Mischbett in einzelnen Lagen und Schichten eingebracht und so der Mischeffekt gesteigert werden (Bild 7.122.).

7.8.5. Quersumpf

Die Überlegungen, wie man den Mischeffekt des Längssumpfes verbessern könnte, führten zur Ent-



Bild 7.120. Längssumpfanlage um 1950, Eimerkettenbagger mit Seilzug



Bild 7.121a. Eimerketten-Längsbagger mit Hydraulikhubwerk für die Eimerleiter mit Knickpunkt und Ablenkuras, um 1975



Bild 7.121b. Längssumpfanlage mit mehreren Sumpfbecken, Bagger mit Hydraulikhubwerk und gerader Eimerleiter, 1995. Im unteren Bild erkennbar der rohmaterialezuführende Transporteur und der fahr- und reversierbare Verteilertransporter

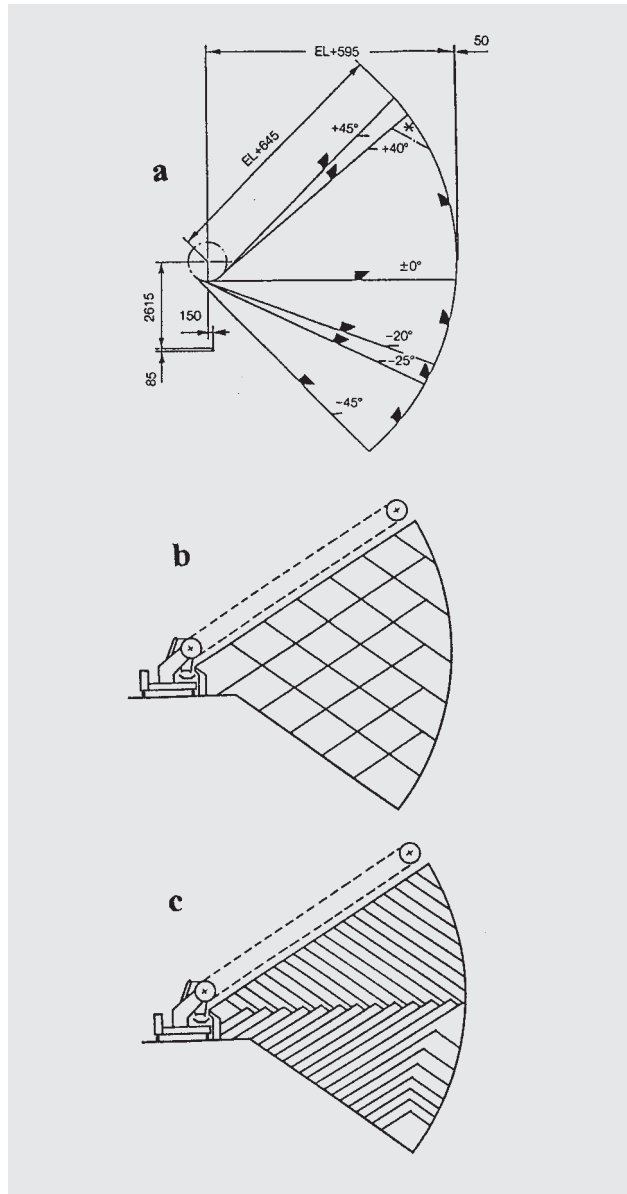


Bild 7.122. Längssumpf-Querschnitte: a. Füllquerschnitt bei verschiedenen Schwenkradien der Eimerleiter, b+c. Zwei Varianten der Toneinlagerung zur Erzielung einer optimaler Mischwirkung

wicklung des Quersumpfes. Diesen höheren Misch-
effekt erreichte man durch die horizontale schichten-
weise Einlagerung des Tons und die vertikale
Entnahme durch einen Eimerkettentiefbagger, bei
der alle Schichten gleichzeitig erfaßt werden.
Eine der ersten Quersumpfanlagen wurde 1928 von
den Dachziegelwerken Ludowici in Jockgrim/Pfalz
gebaut. Der Ton kam fertig aufbereitet in den Sumpf,
der als „Naß-Silobecken“ bezeichnet wurde. Die
ersten Quersümpfe hatten eine Breite zwischen
4 und 12 m und Beckentiefen bis 6 m (Bild 7.123.).
Diese Abmessungen erhöhten sich allmählich bis
auf 25 m Breite und 8 m Tiefe. Die Beckenlängen
betragen 50 bis 120 m, so daß Beckeninhalte bis
24 000 m³ erreicht wurden.
Die Befüllung erfolgte zunächst mit Kipploren, die an
einer der beiden Seiten des Beckens entlangfahren,
dann mit längs über der Sumpfmittle laufendem Stahl-
band und Abwurfschlitten, der mit fortschreitender



Bild 7.123. Quersumpf mit Seilzugbagger und Entleerung auf Kipploren , 1940



Bild 7.124. Quersumpfanlage: Tonzuführung über Stahlbandtransporteur und Abwurfmaschine mit Schleuderwalzen, 1960

Füllung des Sumpfes von Hand verstellte wurde. Für breite Sumpfbecken entwickelte man den Abstreifschlitten mit Schleuderwalzen (Bild 7.124.). Mit diesen Geräten war es meist nicht möglich, eine planebene Beckenfüllung zu erreichen. Oft türmte sich das Material über die Beckenoberkante hinaus und mußte dann von Hand eingeebnet werden, um das Verfahren der Baggerfahrbühne zu ermöglichen.

Für die breiteren Becken wurde dann die Hängebühne mit hin- und herfahrendem Querförderer und schließlich die Bandfüllbühne, welche oberhalb des Baggers die gesamte Beckenbreite überspannte, eingeführt. Etwa ab 1980 setzten sich für die Befüllung des Sumpfbeckens die Bandfüllbühnen mit eingebauten Gurtförderern durch, die auf dem gleichen Gleis fahren wie die Baggerfahrbühne. Es werden dann zwar immer zwei Bandfüllbühnen benötigt, je eine vor und hinter der Baggerfahrbühne, aber dieses System hat zwei entscheidende Vorteile: Es ermöglicht die niedrigste Gebäudehöhe über dem Sumpfbecken und damit den geringsten Luftraum, der angestrebt wird zur leichteren Aufrechterhaltung eines möglichst konstant feuchten Klimas im Sumpfraum, und es ermöglicht die geringste Abwurfhöhe vom Band in das Becken. Dies ist wichtig, weil bei unterschiedlichen Kornspektrern oder Dichten der Rohmaterialien die Gefahr der Entmischung bei der Einlagerung mit der Abwurfhöhe steigt (Bild 7.125.).

Zur Entleerung der Becken wurde zunächst der ganz normale, als Tiefbagger arbeitende Eimerkettenbagger mit Seilzug und großem Gegengewichtsballastkasten verwendet, der einfach auf eine Fahrbühne gesetzt wurde und daher auch entsprechend hoch baute.

Die ersten Bagger besaßen keine Seitenschneider und wegen des Überstehens der Eimerleiter über die Eimer konnte es bei klebrigem Material vorkommen, daß an der Beckenwand eine Restschicht hängen blieb, die von Hand losgestochen werden mußte, wollte man Antrocknungen vermeiden. Mit der Einführung des freischneidenden Querbaggers niederer Bauart um 1955, der in Führungsschienen lief und daher auch keinen Ausleger mehr benötigte, konnte auch der freie Luftraum über dem Sumpfbecken erheblich reduziert und Einsparungen im aufgehenden Mauerwerk erzielt werden.

Zur Aufnahme des ausgebaggerten, gesumpften Materials war auf der Bühne ein Schuppentransporteur installiert, der auf längs des Beckens laufenden Kipp-



Bild 7.126. Blick auf die Baggerfahrbühne mit Querbagger mit Hydraulikhubwerk aus einem Sumpfbecken, 8 m tief und 20 m breit, 1992

loren arbeitete. Diese Kipploren wurden bald durch Schuppentransporteure und später durch Gurtförderer ersetzt. – Die Quersumpfbagger erhielten ebenfalls eine einteilige, gerade Eimerleiter mit Hydraulikhubwerk (Bild 7.126.).

Neben den Funktionen, für die Sumpfanlagen schon immer eingesetzt wurden, nämlich: Erzielung eines Maukeffektes, Feuchteausgleich, Unabhängigkeit von Witterungseinflüssen, Puffer zwischen Aufbereitung und Formgebung, steht ab 1980 vor allem der bewußte Einsatz als Mischbettsystem zur Rohstoffvergleichmäßigung im Vordergrund. Dazu wurde Software entwickelt, die es ermöglicht, die Einlagerung des Rohmaterials nach ganz bestimmten Methoden durchzuführen, um einen optimalen Misch- und Homogenisierungseffekt zu erreichen (Bild 7.127.).

7.8.6. Greifersumpf

Mit dem Greiferkran, der etwa um 1922 in der keramischen Industrie eingeführt wurde, war erstmals eine mechanische Sumpfhausentleerung möglich. Er hatte zuvor schon in anderen Industrien als „eine Lasten hebende und ausschüttende Maschine zum Ein- und Ausladen der Frachten von Waggons und Schiffen“ eine große Bedeutung erlangt.

Normalerweise wurde das an einer Stelle des Beckens eingeworfene Rohmaterial aber mit dem vom



Bild 7.125. Schema einer Quersumpfanlage mit zwei Bandfüllbühnen zur Befüllung, 1985

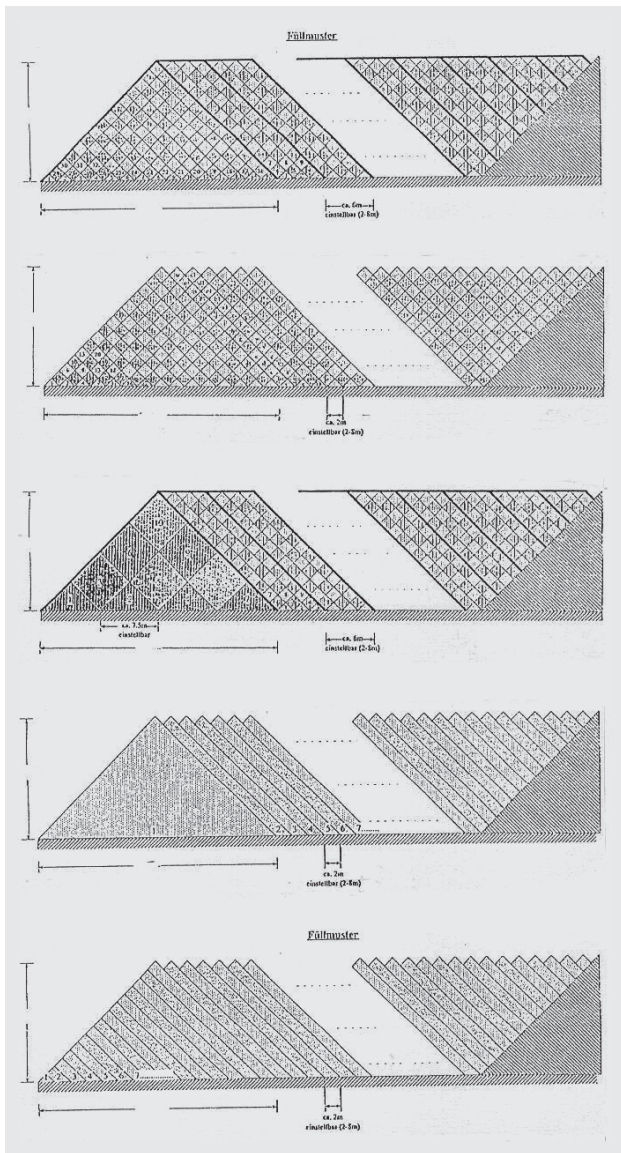


Bild 7.127. Verschiedene Füllmuster zur Toneinlagerung in Quersumpfbecke zur gezielten Steuerung der Mischwirkung

Kranführer bedienen Greiferkran, der mit elektrischem Kran-, Hub- und Laufkatzenwerk ausgestattet war, im Becken verteilt. Das am längsten gelagerte Material wurde vom Greifer aufgenommen und einem Kastenbeschicker aufgegeben (Bild 7.128.).

Der Greifersumpf konnte sich in der Ziegelindustrie aber nicht durchsetzen. Er erlebte in den 1950er Jah-

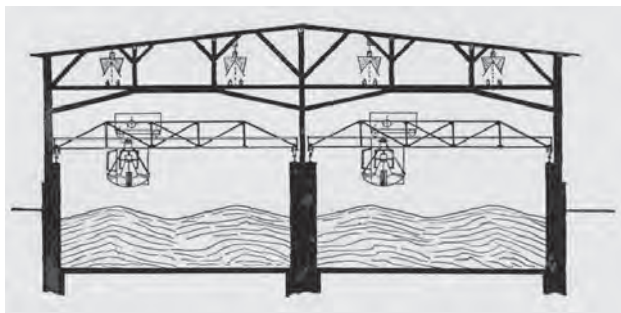


Bild 7.128. Doppel-Greifersumpf um 1925



Bild 7.129. Greifersumpf um 1960

ren zwar eine kurze Renaissance, aber die Notwendigkeit eines Kranführers und die unbefriedigende Mischwirkung gaben ihm keine Zukunft (Bild 7.129.).

7.8.7. Rundsumpf

Einer der ersten Rundsumpfentwürfe war der von Sporkenbach aus dem Jahre 1955. Er war als Achteck ausgebildet und hatte bei einem Durchmesser und einer Traufenhöhe von 6 m ein Fassungsvermögen von 450 m³. Auch in Ungarn hatte man schon früh einen Rundsumpf entwickelt. In den 1980er Jahren brachte Rieter/Konstanz eine Rundsumpfanlage auf den Markt. Durch einen um 360° dehbaren Bagger wird das eingelagerte Material abgebaut und über einen zentralen Schacht einem Gurtförderer zugeführt, der es unterirdisch abtransportiert. Die Eimerleiterlängen reichen von 30-40m, der Schwenkradius von +45°/-12,5°, so daß sich ein Lagervolumen von 5000 -14000 m³ ergibt (Bild 7.130.).



Bild 7.130. Rundsumpf von Rieter, 1985



Bild 7.131. Großraumkastenbeschicker, 1993

7.8.8. Kleinsumpfanlagen

Nach 1945 begann die Zeit des Übergangs vom normalformatigen Vollziegel zum größerformatigen Lochziegel mit Lochanteilen von 30-35%. Die Umstellung der Produktion vom Vollziegel zum Lochziegel erwies sich aber für viele Mauerziegelwerke als äußerst schwierig. War die Plastizität des Materials für die Herstellung von einfachen Vollziegeln, bisher völlig ausreichend, so zeigte sich in vielen Fällen beim Versuch, aus demselben Material großformatige Hochlochziegel herzustellen, daß nunmehr die Plastizität zu gering war, so daß eine Verformung äußerst schwierig wenn nicht gar unmöglich war.

Die Plastizitätssteigerung galt daher als das brennendste Problem der Lochziegelherstellung. Von den großen Sumpfhäusern der Dachziegelwerke war die Nützlichkeit des Sumpfs zur Plastizitätssteigerung bekannt. Der Investitionsaufwand für derartige Sumpfe galt aber zu diesem Zeitpunkt für den Mauerziegelbetrieb als zu hoch, weshalb man den Kleinsumpf als Lösungsmöglichkeit betrachtete.

Die Größe der damaligen, überwiegend kleinen und mittleren Betriebe lag zwischen 2,5 und 7,5 Mio. NF/Jahr. Bei 300 Arbeitstagen pro Jahr ergab sich somit für Lochziegel mit 30% Lochanteil, je nach Betriebsgröße, ein Rohstoffbedarf von 15-55 m³ /Tag. Ausgehend von einer 3 bis 6-tägigen Sumpf- und Lagerzeit mußten die Kleinsumpfe also eine Speicherkapazität zwischen etwa 50 und 350 m³ aufweisen.

Ein Vorläufer der Kleinsumpfe war der sog. Lagerbeschicker zur Lagerung von aufbereitetem Ton, welcher der Presse vorgeschaltet wurde. Die durch ihn

ermöglichte Lagerzeit von knapp einer bis zu mehreren Stunden brachte bei manchen Tonen schon eine ausreichende Plastizitätserhöhung. Etwa ab 1958 kamen die sog. Großraum-Maukbeschicker auf den Markt. Sie wurden in Größen von 6-12 m Achsenabstand bei jeweils 2 m Kastenbreite gebaut. Durch entsprechende Aufsätze wurden Fassungsvermögen bis 100 m³ erreicht (Bild 7.131.).

Als eines der ersten Systeme einer Kleinsumpfanlage für ein Fassungsvermögen von 200-500 m³ entstand Anfang der 1950er Jahre in Frankreich der frei aufgehängte Sumpfkasten, System Migeon. Die Wände des 2 m breiten und bis zu 5 m hohen Kastens waren aus Holz oder Stahlblech. Den Boden bildete ein Rost, über dessen Breite ein Messer in Längsrichtung hin und her bewegt wurde. Der Ton, durch sein Eigengewicht durch den Rost gedrückt, wurde von dem Messer in dünnen Spänen abgeschnitten, die dann auf ein darunter liegendes Schuppenband fielen. (Bild 7.132.)

Händle/Mühlacker entwickelte dann 1952 ein neues System. Es bestand aus dem Sumpfkasten, Länge x Breite = 5 x 5 bis 6 m, dem Ausräumgerät, einem Bodenschichtbagger mit Fräskette und dem rohstoffzu- und abführenden Transporteur. Die Seitenwände liefen nicht bis zum Boden, dadurch bildete sich über die ganze Länge ein Schlitz, durch welchen das vor- und rückwärts laufende, nach einer Seite austragende Ausräumgerät, hindurchgeführt wurde. – Die Länge des Sumpfkastens war beliebig, für ein Fassungsvermögen von 1000 m³ ergab sich eine Länge von 40 m. Es wurden mehrere solcher Anlagen gebaut, die sich aber im Dauerbetrieb als nicht betriebssicher erwiesen, weshalb dieses System wieder aufgegeben wurde (Bild 7.133.).

1972 entwickelte Händle/Mühlacker dann das Längssilo Typ AGL, ebenfalls mit aufgehängtem Sumpfkasten, der in Stahl oder Beton ausgeführt wird. Die Querschnittsfläche des konisch zulaufenden Siloschachts beträgt 28 m². Ein Längssilo für ein Fassungsvermögen von 500 m³ ist daher 18 m lang. Gebaut werden diese Längssilos für Fassungsvermögen bis 3000 m³, d. h. mit Längen über 100 m.

Das Ausräumgerät besteht aus zwei Fahrwagen, die beiderseits außerhalb des Siloschachts auf Schienen laufen und durch Traversen miteinander verbunden sind. Vor und hinter dieser Traverse liegt je eine För-

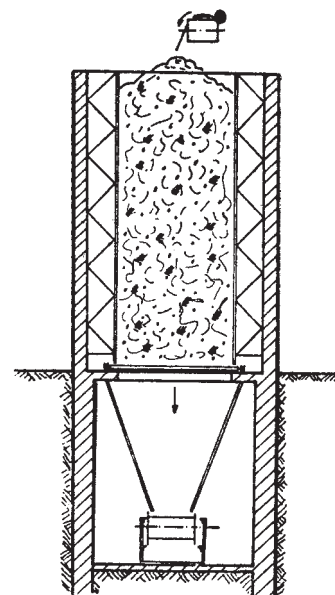


Bild 7.132. Kleinsumpf, System Migeon, um 1955

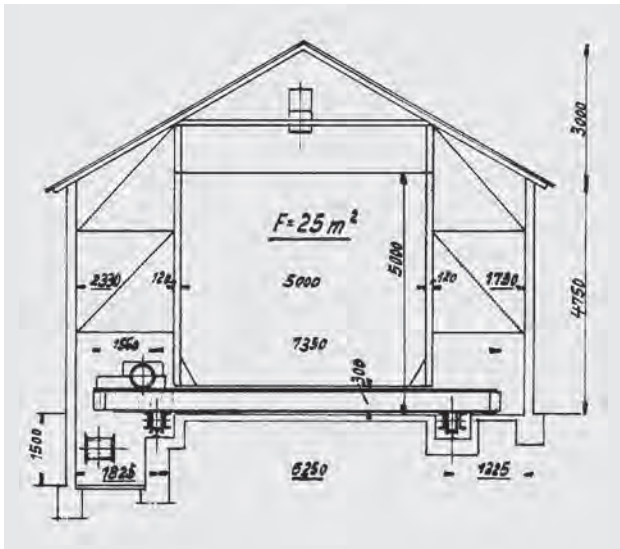


Bild 7.133. Kleinsumpf mit Bodenschichtbagger, System Händle, 1955

derschnecke mit Antrieb über E-Motor, Turbokupp-
 lung, Getriebe und Kettentriebe. Es arbeitet jeweils
 nur die in Fahrrichtung liegende Schnecke. Die Vor-
 schubbewegung erfolgt über in den seitlichen Fahr-
 wagen gelagerte Ritzel, die in längs beiderseits des
 Siloschachtes einbetonierte Zahnstangen eingreifen.
 Das Längssilo AGL wird heute noch gebaut, hat aber
 bei weitem nicht die Verbreitung gefunden wie das
 Rundsilo AGR (Bilder 7.134.+7.135.).

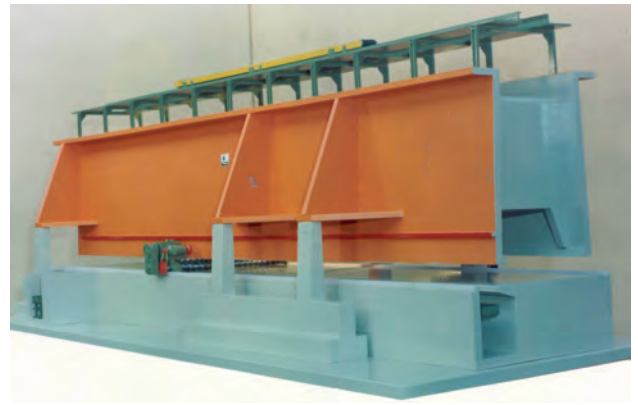


Bild 7.135. Modell eines Längssilos AGL

7.8.9. Maukturm und Tonsilo

Das Prinzip „First in - first out“, das Maukturm und
 Tonsilo anwenden, d.h. die jeweils zuerst in den
 Maukraum eingebrachte und damit am längsten
 gemaukte Tonschicht wird auch zuerst wieder ent-
 nommen, ist schon relativ alt. So berichtet Rauls von
 einer in Italien nach einem Patent von Cramer (um
 1897) errichteten „Senkrechtmauke, die in jeder Be-
 ziehung hervorragend angelegt war, in Gestalt eines
 Schachtes, in dem die älteste Masse immer unten
 und verarbeitungsgerecht war“. Wie so viele gute An-
 sätze in der Technik war dieses Verfahren technisch
 noch nicht ausgereift und geriet daher wieder in Ver-
 gessenheit.

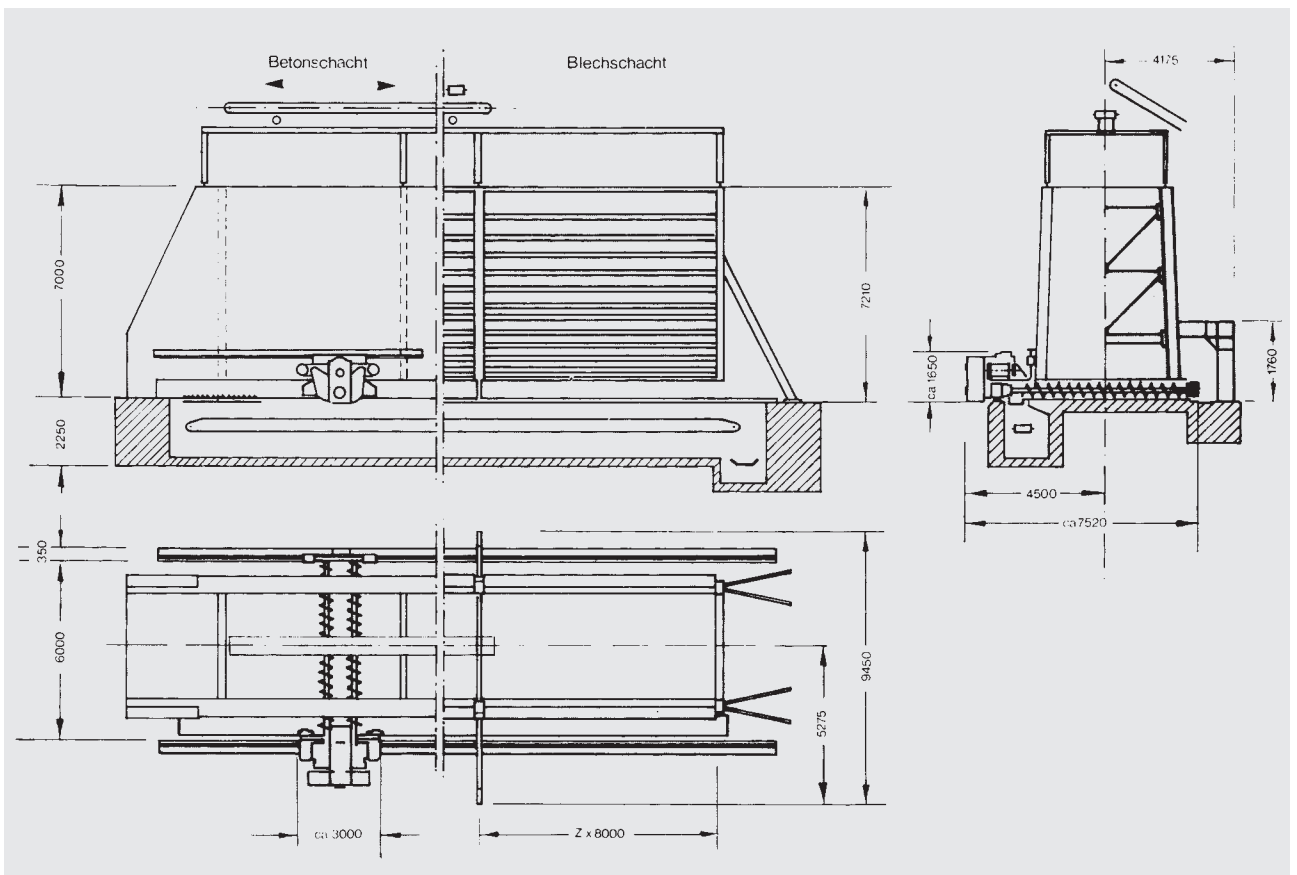


Bild 7.134. Längssilo, Type AGL von Händle, 1972. In den Schnitten oben links Ausführung des Siloschachts in Beton, rechts in Stahlblech

7.8.9.1. Maukturm

Bei den Dachziegelwerken Albert KG in Wellie wurde 1953 der Prototyp des ersten Maukturms von Rieter gebaut, der Vorläufer der heutigen Hochsiloanlagen, der Tonsilos. Die Speicherkapazität der ersten Mauktürme ging von 30-80 m³. Bei einem damaligen mittleren Betrieb mit einer Leistung von 30 000 NF-Gitterziegeln/Tag = ca. 40 m³ Ton, waren damit Maukzeiten von 24 h möglich. Das später erreichte Fassungsvermögen betrug bis max. 200 m³. Das Konstruktionsprinzip des Maukturms beruhte auf dem sich drehenden Siloboden mit zwei stationären Austragschnecken, die das Material nach außen austrugen (Bild 7.136.+7.137.). Der Nachteil dieser Mauktürme waren hoher Verschleiß, mechanische Störanfälligkeit und Betriebsunterbrechungen durch Festsetzen von klebrigem, plastischem Ton am Blehschacht. Auch das begrenzte Fassungsvermögen führte wegen der ständig steigenden Werkskapazitäten der Ziegelwerke dazu, daß sich der Maukturm nicht durchsetzen konnte.

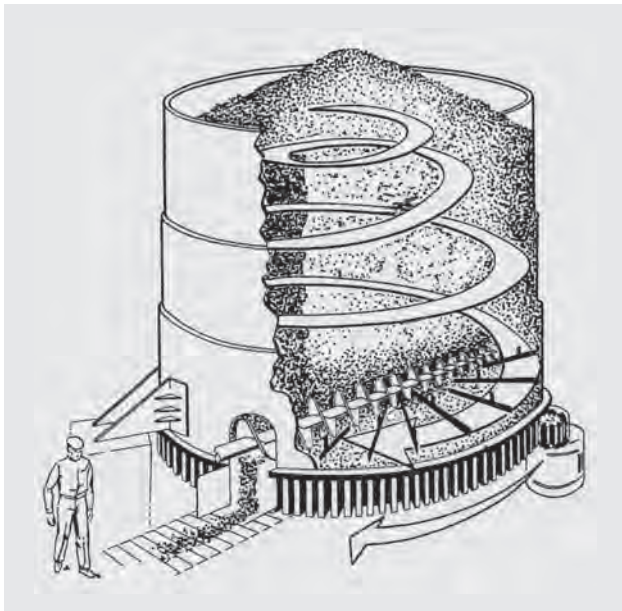


Bild 7.136. Schema des Maukturms von Rieter, 1953

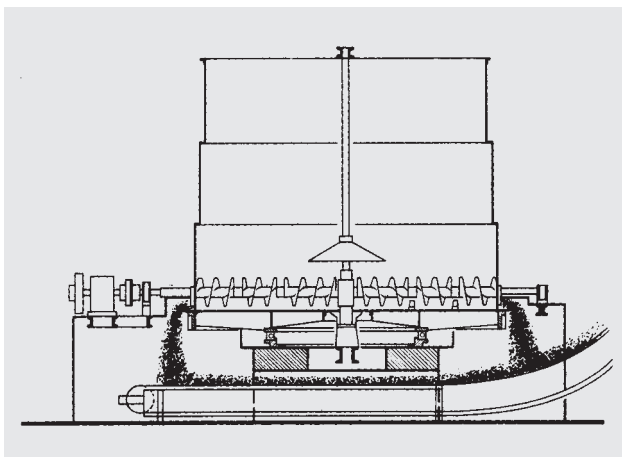


Bild 7.137. Schnitt durch den Maukturm von Rieter

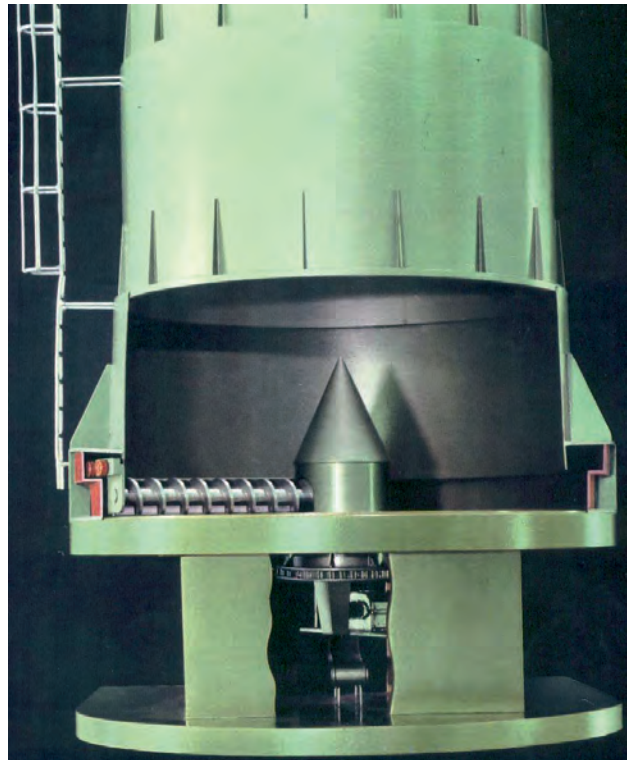


Bild 7.138. Schnitt durch das Tonsilo AGR von Händle



Bild 7.139. Tonsiloausräumgerät AGR mit Schnecke und Sammelteiler

7.8.9.2. Tonsilo

Aufbauend auf den Erfahrungen mit dem Bodenschichtbagger, gelang Händle 1959 mit dem Tonsilo ein großer Wurf durch die technische Realisierung, eines von Lingl 1957 patentierten, zum Maukturm genau gegenteiligen Konstruktionsprinzips: stationärer Siloboden und eine um die Siloachse rotierende Förderschnecke, die nach innen auf einen Sammelteiler austrägt (Bilder 7.138.+7.139.).



Bild 7.140. Zwei Tonsilos, Siloschacht in Ziegelmauerwerk

Das Tonsilo setzte sich rasch durch, da seine Vorzüge offensichtlich waren und die für die Erzielung eines optimalen Maukeffekts maßgebenden Kriterien – Aufbereitungsgrad, Rohstoffeuchte, Temperatur, Druck und Zeit – hier in idealer Weise zusammenwirken können. Das Tonsilo wird immer mit mechanisch fertig aufbereitetem Material beschickt und zwischen Aufbereitung und Formgebung angeordnet. Eine wesentliche Rolle spielt der Druck bzw. Druckausgleich beim Maukprozeß infolge des Eigenge-



Bild 7.141. Zwei Tonsilos, Siloschacht in Stahlblech

wichts des Rohstoffs, das bewirkt, daß im unteren Bereich, d.h. kurz vor der Austragung, im Tonsilo Drücke über 2 bar erreicht werden. Wird der Ton vor der Einlagerung noch bedampft, z.B. durch einen direkt auf dem Silo aufgesetzten Bedampfungsmischer, so kann bei verschiedenen Rohstoffarten die Maukzeit um die Hälfte reduziert werden. Dabei geht die Temperatur während der Lagerung nur um etwa 2-3° C zurück.

Der Antrieb der Schnecke erfolgt durch einen Getriebemotor und Kettentrieb. Die Vorschubbewegung um die Turmachse bewirkt ein hydraulisches Pumpenaggregat über 2 oder 3 Hydraulikzylinder. Mit ihren Kolbenstangen greifen sie in einen Zahnkranz ein und bewirken so die Drehbewegung des Ausräumgeräts. Nacheinander kamen die verschiedenen Tonsilotypen mit unterschiedlichen Silodurchmessern und dementsprechend unterschiedlicher Speicherkapazität auf den Markt: 1959 das AGR 45a (4500 mm Durchmesser, bis 60 m³), 1960 das AGR 55a (5500 mm Durchmesser, bis 150 m³), 1964 das AGR 65a (6500 mm Durchmesser, bis 500 m³) und 1976 AGR 85a (8500 mm Durchmesser, bis 1000 m³). Der Siloschacht kann in Stahlblech, Ortbeton, mit Betonfertigteilen oder in Ziegelmauerwerk ausgeführt werden. Er läuft zur leichteren Entleerung nach oben leicht konisch zu (Bilder 7.140.+7.141.).

7.9. Aufbereitungsanlagen

Die zuvor besprochenen Aufbereitungsmaschinen können, je nach den Eigenschaften des aufzubereitenden Rohmaterials, den Aufbereitungszielen und den individuellen örtlichen Verhältnissen, in der mannigfaltigsten und unterschiedlichsten Art und Weise zu Aufbereitungsanlagen kombiniert werden. Einige wenige davon zeigen die Bilder 7.142. – 7.148.

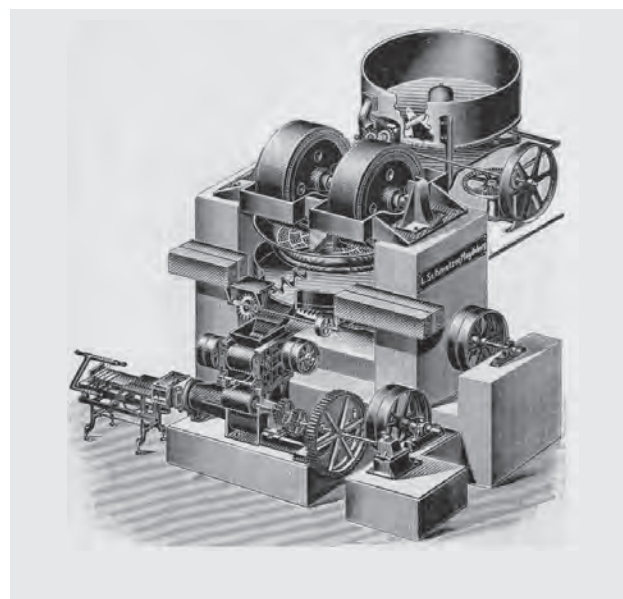


Bild 7.142. Aufbereitungsanlage von L. Schmelzer/Magdeburg mit Rundbeschicker, Kollergang, Sammelteller mit Austragschnecke, Walzwerk und Strangpresse, um 1914

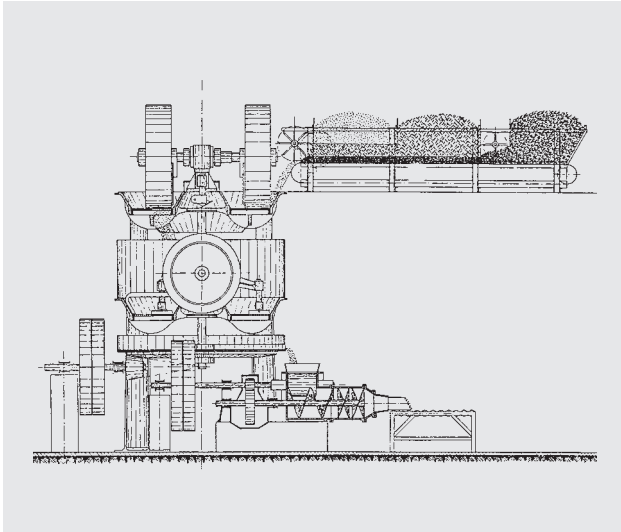


Bild 7.143. Aufbereitungsanlage von Händle/Mühlacker mit Kastenbeschicker, 2 Kollergängen und Strangpresse, um 1920



Bild 7.146. Kollergang mit zwei parallel nachgeschalteten Walzwerken, 1960

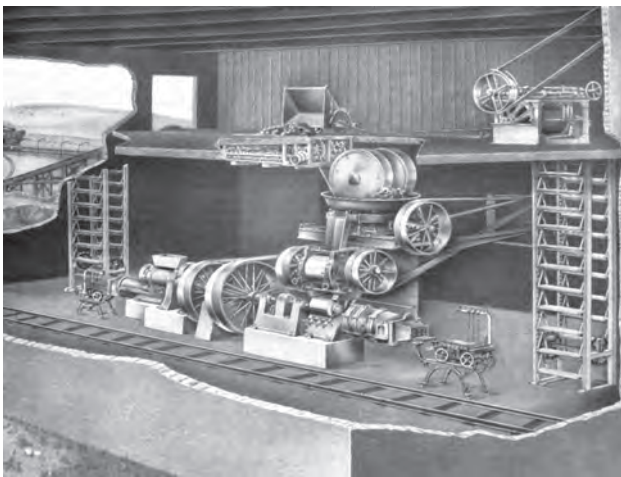


Bild 7.144. Aufbereitungsanlage mit Kastenbeschicker, Kollergang, Walzwerk, Strangpresse, um 1920



Bild 7.147. Aufbereitungsanlage um 1990: Kollergang mit mittlerer Aufgabe, Vorwalzwerk und Feinwalzwerk

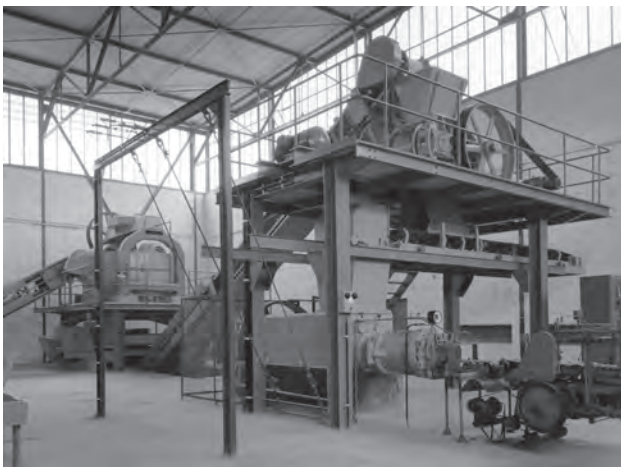


Bild 7.145. Anlage mit Kollergang, Walzwerk und Strangpresse, um 1960



Bild 7.148. Aufbereitungsanlage mit Kollergang Quadro, Vorwalzwerk und Schwingenwalzwerk Alpha, 1997

8. Formgebung

– dem Ton Gestalt geben

Durch die Formgebung entsteht aus der bislang amorphen Arbeitsmasse der Formling, der bereits die endgültige Form und Gestalt des Endprodukts besitzt, allerdings noch um das Maß der Trocken- und Brennschwindung größer ist als das Fertigprodukt.

Bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts herrschte eine rein handwerkliche, manuelle Art der Formgebung vor. Die danach allmählich aufkommende maschinelle Art der Formgebung konnte sich zunächst nur sehr langsam durchsetzen. In beiden Fällen, manuell und maschinell, entwickelten sich im Laufe der Zeit mehrere Verfahren mit zahlreichen Verfahrensvarianten.

Grundsätzlich unterscheidet man in der Keramik nach der Beschaffenheit der Arbeitsmasse drei Grundtypen der Formgebung:

- die bildsame Formgebung mit plastischen Massen
- das Trockenpressen mit krümeligen, pulverförmigen Massen
- das Gießen mit fließfähigen, schlickerartigen Massen.

Bei der Mauerziegelherstellung dominiert die bildsame Formgebung, zum Teil wird auch das Trockenpressen angewendet, während Dachziegel ausschließlich auf bildsamem Wege hergestellt werden. Seit den 1990er Jahren gibt es allerdings erfolgreiche Versuche mit Isostatischen Pressen auch Dachziegel trocken zu verpressen. Ob sich dies auch in der Praxis realisieren läßt, ist derzeit noch völlig offen.

Schon bei der Mauerziegelherstellung hatte man sich durch das Trockenpressen mit Exzenter- und Kniehebelpressen, das nach 1890 in der Ziegelindustrie Eingang fand, eine Vereinfachung der Mauerziegelherstellung versprochen, eine Hoffnung, die sich nicht erfüllt hat. Heute wird das Trockenpressen nur noch vereinzelt zur Herstellung von Klinkern eingesetzt.

Eine Zwischenstellung nimmt das Bearbeiten lederharter Tonblöcke ein, das vor allem im Mittelalter für die Herstellung von Formsteinen und Maßwerk von Bedeutung war.

Weniger bekannt ist, daß das Gießen, in der Feinkeramik das wichtigste Formgebungsverfahren, auch in der Baukeramik zur Herstellung von Bauterrakotten, Kapitälern, Simsen und anderen Zierteilen sowie Wandplatten angewendet wurde.

Die Entwicklung der Formgebungstechnik im Überblick zeigt Tabelle 21.

8.1. Manuelle Formgebung der Mauerziegel

Bei der manuellen Formgebung der Mauerziegel entwickelten sich zahlreiche Verfahren mit entsprechenden Namen für die Produkte, auf deren Herstellung nachfolgend eingegangen wird.

8.1.1. Schnittziegel

Ein Verfahren, das in Italien bis gegen Ende des 12. Jahrhunderts zur Anwendung kam und vorher schon von den Römern und vermutlich auch den Etruskern geübt wurde, war das Schneiden der Steine aus Tonkuchen. Dazu wurde der aufbereitete Ton zu einem flachen Kuchen in der Dicke der herzustellenden Steine ausgewalzt, also etwa 4-5 cm. Aus diesem Kuchen wurden die Ziegel ohne Lehren mit dem Messer ausgeschnitten (Bild 8.1.). Diese Schnittsteine blieben an Ort und Stelle liegen, bis sie angetrocknet waren und aufgekantet werden konnten. Danach wurden sie in gewohnter Weise getrocknet.

Da der Tonkuchen beim Auswalzen nicht überall die gleiche Stärke erhielt, zeigten auch die geschnittenen Steine unterschiedliche Dicken. Durch das Schneiden nach Augenmaß ergaben sich unterschiedliche Formate, die zwischen rechteckig und quadratisch wechselten, oft mit sehr unterschiedlichen Abmessungen. Auch zeigten die Ansichtsflächen immer den Schnitt des Messers und waren selten eben.

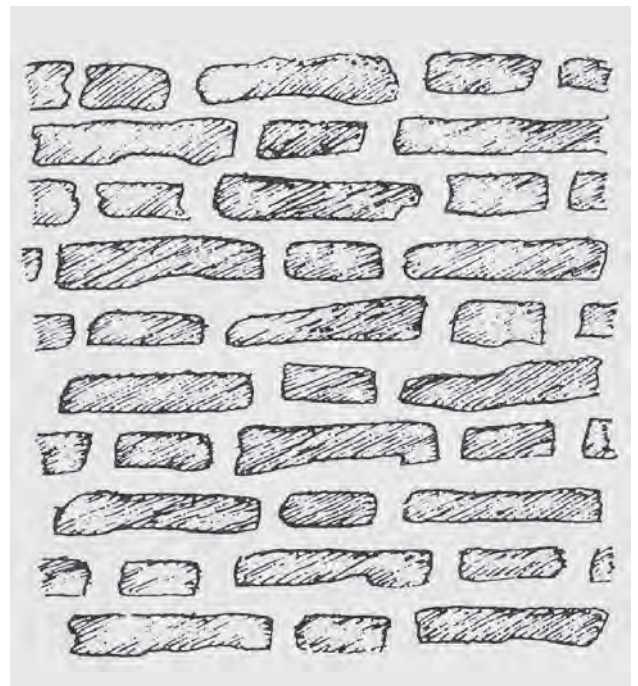


Bild 8.1. Römisches Mauerwerk mit Schnittziegel



Bild 8.2. In der Pfostenrinne gefertigte Mauerziegel

8.1.2. Pfostenrinnenziegel

Eine wenig bekannte Formgebungsmethode ist das Streichen in der Pfostenrinne. Sie ist byzantinischen Ursprungs und wurde in Österreich und den angrenzenden Regionen von etwa 1220 bis 1550 praktiziert. Dabei wurden die Ziegel in einem länglichen Holzkasten – der sog. Pfostenrinne – dessen Länge etwa 6-8 Ziegeln entsprach, ausgeformt. In den Boden der Rinne wurde ein besandetes Rundholz oder Schilf eingelegt und mit Draht befestigt. Durch eine Drehung des Kastens wurde die „Teigwurst“ ausgeworfen und mit einem Messer auf die Ziegellänge aufgeteilt. Mit diesem Verfahren wollte man vermutlich den üblichen Handstrich rationalisieren. Durch

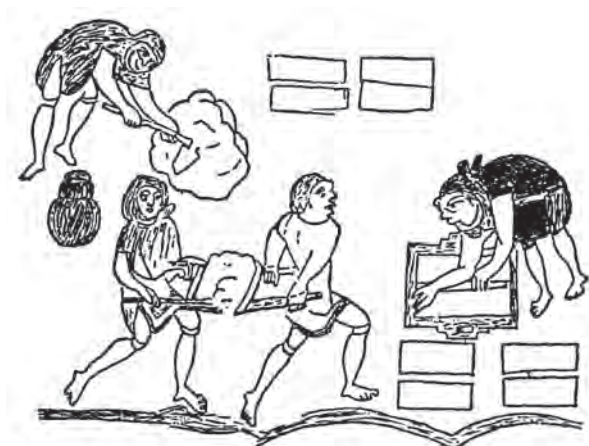


Bild 8.3. Miniatur aus dem um 700 n. Chr. entstandenen Ashburnham Pentateuch, die das Ziegelstreichen zeigt. Wo diese Handschrift mit den fünf Büchern Mose hergestellt wurde, ist nicht bekannt. Ihren Namen hat sie nach ihrem letzten privaten Besitzer, Earl of Ashburnham. Seit 1888 befindet sich die Handschrift in der Nationalbibliothek in Paris

die Rundholz- bzw. Schilfeinlage in der Pfostenrinne wiesen die Ziegel an der Unterseite eine Bombierung oder eine Kannelierung auf, auch Mischstrukturen gab es (Bild 8.2.). Sie wurden in der Dicke von 1½ Zoll als „Futtermauerziegel“, d.h. Hintermauerziegel verwendet. Da die bombierten Pfostenrinnenziegel statisch ungünstig waren, wurden ab etwa 1350 fast nur noch kannelierte Pfostenrinnenziegel hergestellt.⁵⁵

8.1.3. Handstrichziegel

Das Einstreichen, Einschlagen und Eindrücken von Hand in Formen war die am meisten angewendete Art der Formgebung von Mauerziegeln (Bild 8.3.). Schon die alten Ägypter benutzten einfache Holzformen, wie ein Holzmodell zeigt, das in einem Grab aus der Zeit um 2000 v.Chr. gefunden wurde.

Die Formgebung der Ziegel in Holzformen in Deutschland war aber eine selbständige Entwicklung des 9. Jahrhunderts. Bereits um 830 n. Chr. hatte der Heilige Rabanus die Herstellung von Ziegeln in Holzformen beschrieben. Erst gegen Ende des 12. Jahrhunderts wurde diese Herstellungsmethode dann auch in dem von den germanischen Langobarden besetzten Oberitalien übernommen.

Obwohl erste Versuche den Mauerziegel auch maschinell herzustellen schon im 17. Jahrhundert begannen, wurde in Deutschland um 1925 noch die Hälfte der Mauerziegelproduktion im Handstrichverfahren hergestellt. In Deutschland stellten die letzten echten Handstrichziegeleien mit Meilerbrand um 1949 ihren Betrieb ein. In den Ziegelwerken Zehdenick bei Berlin (heute Ziegeleipark Mildenberg) wurde der Handstrich noch bis 1956 praktiziert (Bild 8.4.). In manchen Entwicklungsländern, wie z.B. Indien und Pakistan, ist der Handstrich heute noch das vorherrschende Formgebungsverfahren. In Indien, wo es nach der Statistik von 1995 ca. 60 000 Ziegeleien gibt, die 3,5% der Bevölkerung beschäftigen (d.h. ca. 32 Mio. Personen!), wird die gesamte Jahresproduktion von 100 Mrd. Ziegeln noch fast ausschließlich von Hand gestrichen.⁵⁶ Heute gibt es auch in Deutschland wieder einige Ziegeleien und Keramikwerkstätten, die für die Denkmalpflege und Sanierung historischer Backsteinbauten echte Handstrichziegel herstellen.

Beim Formen der „ordinären“, d. h. der gewöhnlichen Ziegelsteine, unterscheidet man zwischen dem Wasserstrich und dem Sandstrich, daneben gab es noch Verfahren zur Herstellung der sog. „besseren“ Steine.

8.1.3.1. Planziegel und Brettziegel

Nach der Art der Trocknung unterschied man bei den Handstrichziegeln noch zwischen Planziegeln und



Bild 8.4. Ziegeleipark Mildenberg, 1991. Oben fahrbarer Streichtisch für zwei Ziegelstreicher, mit Spritzbrett, Zwillingform, Streichholz und Wasserkasten, darunter die nachgestellte Trockenbahn, der „Plan“ und rechts der Trockenschuppen zum Stapeln der getrockneten Rohlinge

Brettziegeln. Die Planziegel wurden im Freien gestrichen und auch im Freien direkt auf den geebneten Boden, Bahn oder Plan genannt, dicht nebeneinander flach zum Trocknen an der Sonne niedergelegt (Bild 8.5.). Planziegel erkennt man heute daher oft



Bild 8.5. Streichtisch und Ablegen der Formlinge auf dem Plan in einer Feldziegelei des 18. Jahrhunderts

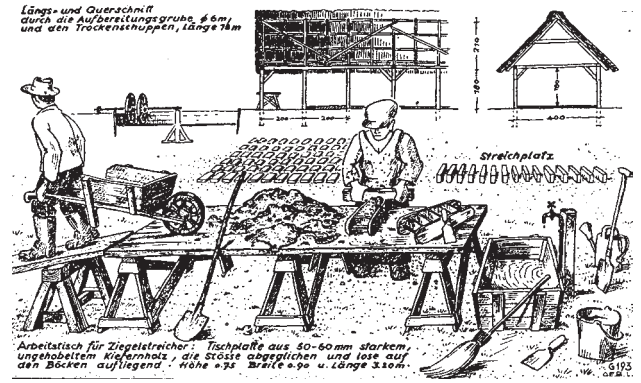


Bild 8.6. Streichtisch mit Schubkarren und Rampe (nach einem Vorschlag von 1943 für die Einrichtung von Kriegs-Feldziegeleien im Osten)

an Pfoten- und Fußindrücken von Tieren und Kindern, die über die weichen Formlinge spaziert sind. Die Planziegelmethode war das ausschließliche Verfahren der sog. „Fliegenden Ziegeleien“, den nicht ortsfesten Feldziegeleien.

Durch den direkten Kontakt der weichen Formlinge mit dem Boden konnten Formänderungen und Verschmutzungen auftreten. Zur Herstellung besserer, sauberer Ziegel wurden die Formlinge daher als sog. Brettziegel auf Brettchen gestrichen und mit diesen in überdachte Trockengerüste oder Trockenschuppen gestellt. Das Streichen der Brettziegel erfolgte dann meist auch unter Dach in diesen Trockenschuppen und war somit ein Verfahren für die ortsfesten „Stehenden Ziegeleien“.

Immer wurde der aufbereitete Ton zunächst auf den Formtisch, auch Streichtisch oder Schlagtisch genannt, gebracht. Dies erfolgte durch den Vogelträger oder Lehmbringer mit dem „Vogel“ oder „Spatz“, einem trogartigen Behälter aus Holz oder Blech, später mit dem Schubkarren, und das Material wurde auf dem Streichtisch abgekippt. Beim Schubkarrentransport war der Formtisch mit einer schrägen Auffahrtsrampe aus Holzdielen versehen (Bild 8.6.). Nach der Entwicklung des Zentraltonschneiders um 1880 wurden die Streichtische auch verfahrbar ausgeführt, wobei sie in der Regel zwei Arbeitsplätze aufwiesen (Bild 8.7.). Für die Streicher waren dann immer zwei Streichtische vorgesehen, so daß an einem Streichtisch ständig gearbeitet werden konnte, während der andere unterwegs war, um neu mit Streichmasse befüllt zu werden (Bild 8.8.).

8.1.3.2. Wasserstrichziegel

Beim Wasserstrich benutzte man eine Rahmenform – ein oben und unten offener Rahmen –, die es in Ausführungen für das Streichen von einem bis max. vier Ziegeln gab (Bild 8.9.). Sie wurde nicht direkt auf den Streichtisch aufgelegt, sondern auf ein gehobeltes Brett, das an einer Ecke des Streichtischs angenagelt war. Dieses wirkte als „Verschleißteil“, das

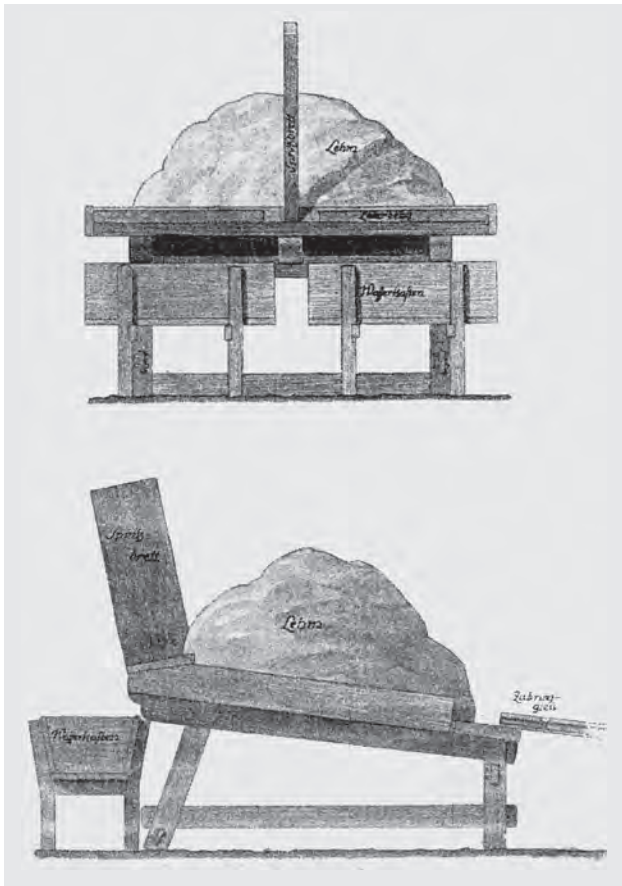


Bild 8.7. Streichtisch mit Wasserkästen für 2 Streicher, deren Arbeitsplätze durch das senkrecht stehende „Spritzbrett“ getrennt waren

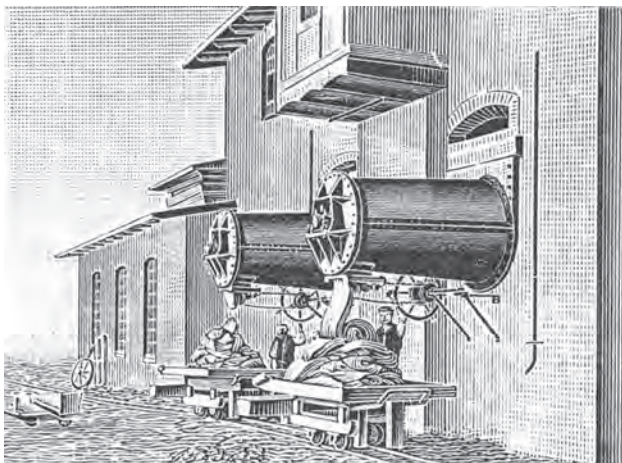


Bild 8.8. Beladen der fahrbaren Streichtische unter dem Zentraltonschneider

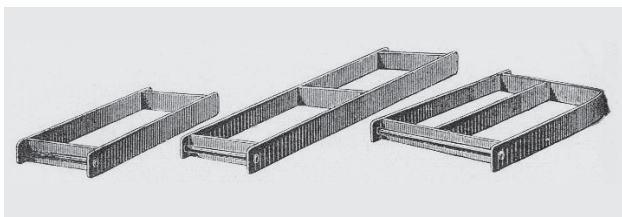


Bild 8.9. Rahmenformen für Wasserstrich

leicht ausgewechselt werden konnte, und ermöglichte vor allem, die Streichform plan aufzulegen, so daß beim Formen kein Ton unten heraustreten konnte. Seitlich des Streichtischs war ein Wasserkasten angeordnet, in welchen der Streicher die Form eintauchte, bevor er sie auf das Brett legte. Durch das Wässern sollte das Anhaften des Tons an der Form vermieden und ein leichtes Lösen des Formlings aus der Form ermöglicht werden. Der Streicher benetzte sich die Hände und brach von Tonhaufen mit beiden Händen ein Stück ab – etwas größer als für den Formling benötigt – und warf diesen Tonballen mit Schwung in die Form. Mit den Händen wurde nachgedrückt, besonders in den Ecken, und dann die Oberfläche mit den Händen, einem linealförmigen Streichmesser oder einem runden oder eckigen Streichholz geglättet und abgestrichen. Das abgezogene, überschüssige Tonmaterial wurde auf den Tonhaufen zurückgeworfen.

Danach wurde die Form bis an die Tischkante gezogen und auf die hohe Kante gestellt. Von da wurde die gefüllte Form von einem Jungen, dem „Kleinen Jungen“ oder Abträger, abgenommen, zum Trockenplatz getragen und entleert. Auf dem Rückweg reinigte er die leere Form mit einem Messer, das er mit einer Schnur am Gürtel trug. Durch das Streichen mit Wasser zeigten die Oberflächen der Wasserstrichziegel ein typisches „Schlierendesign“.

Bei der Brettziegelmethode wurde unter die Streichform noch ein Trockenbrettchen gelegt, nach dem Streichen die Form abgehoben und der Formling mit dem Brettchen zum Trockengerüst getragen und dort abgelegt (Bild 8.10.). Erst wenn die Formlinge genügend ange-trocknet waren, konnte dieses Brettchen abgezogen werden, so daß in einer Handstrichziegelei, die Brettziegel herstellte, mehrere Tausend dieser Trockenbrettchen benötigt wurden, was für den Ziegler ein erheblicher Kostenfaktor war.

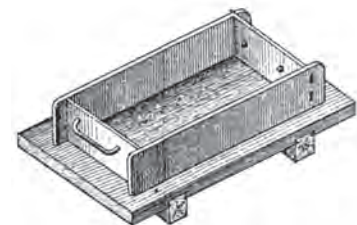


Bild 8.10. Rahmenform mit Brettchen

8.1.3.4. Sandstrichziegel

Beim Sandstrich arbeitete man mit Kastenformen die einen Boden hatten. Es gab sie in Ausführungen für einen („Einslingsform“) und zum gleichzeitigen Streichen von zwei („Doppel- oder Zwillingsform“) oder mehr Ziegeln („Mehrlingsform“ bis zu 12 Stück je nach Format) (Bild 8.11.). Bei diesem Verfahren wurde das Lösen aus der Form durch das Besanden der Form erreicht. Neben dem Streichtisch war deshalb außer dem Wasserkasten noch ein Sandkasten angeordnet. Auch beim Sandstrich wurde die Form nicht direkt auf den Streichtisch gestellt, sondern auf

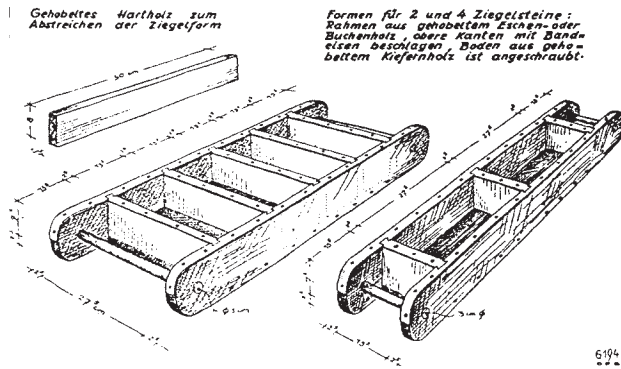


Bild 8.11. Geschlossene Kastenformen für Sandstrich, mit Streichholz

eine Eisenplatte mit Anschlag. Dadurch hatte die Form immer den gleichen Abstand zum Streicher und konnte beim Abstreichen nicht verrutschen. Das Formen selbst geschah in gleicher Weise wie beim Wasserstrich. Der vom Former vom Tonhaufen abgenommene Tonballen wurde in manchen Gegenden erst noch in Sand gewälzt, bevor er in die Form geworfen wurde. In diesen Fällen wurde der überschüssige, abgestrichene Ton auf einen Haufen geworfen und wieder zu den Sümpfen zurückgebracht, da sich sonst die Masse mit zuviel Sand anreichert und mindere Steine ergeben hätte. In manchen Gegenden wurden die Tonballen von einem eigens dafür vorgesehenen Arbeiter, dem „Großen Jungen“, für den Streicher vorbereitet und die Formen von einer Frau, der „Sandlerin“, besandet.

Die gefüllte Form wurde vom Abträger auf dem Plan umgestülpt und vorsichtig aufgehoben, so daß die Streichfläche der Formlinge nach unten zu liegen kam. Durch den anhaftenden Sand wurden die nun oben liegenden Flächen gegen Sonne und Wind geschützt, wodurch einer Reißbildung entgegengewirkt wurde.

Durch das Einwerfen und Auseinanderdrücken des Tonballens entstanden an den Seitenwänden der Form unregelmäßige, reliefartige Faltungen, die sog. Quetschfalten, mit einer unendlich variierten Faltenstruktur an den Sichtflächen, die geradezu zum Qualitätsmerkmal des Handstrichziegels wurde.

Die im Sandstrich hergestellten Ziegel waren nicht so sauber und scharfkantig wie die mit Wasser gestrichenen, aber der Ton konnte steifer verarbeitet werden, so daß das Trocknen schneller vonstatten ging.

Bei der Herstellung von Brettziegeln verwendete man meist auch offene Formen und Trockenbretchen. Der Vorgang war dann, bis auf das Besanden, der gleiche wie beim Wasserstrich.

8.1.4. Handschlagziegel, Oelsteine

Die Begriffe Handschlagziegel und Handstrichziegel werden heute meist synonym verwendet.

Tatsächlich besteht aber ein Unterschied zwischen beiden, denn die Handschlagziegel wurden nach einem besonderen Verfahren hergestellt, dessen Zweck es war, besonders schöne, scharfkantige Steine mit glatten Außenflächen zu erhalten, die eine höhere Verdichtung und damit auch eine größere Rohdichte und Festigkeit aufwiesen.

Hierzu wurden besonders sorgfältig bearbeitete eiserne Rahmenformen mit genau parallelen Kanten und glatten Innenflächen verwendet (Bild 8.12.). Diese Formen wurden innen mit Öl bestrichen, weshalb die darin hergestellten Steine auch als „Oelsteine“ bezeichnet wurden. In manchen Ziegeleien wurde die Form aber auch mit besonders feingesiebttem Sand eingestäubt.

Beim Handschlagverfahren wurde der Ton wesentlich steifer verarbeitet als beim normalen Handstrich. Nachdem er in die geölte oder besandete Form eingebracht war, wurde ein Stück Leder aufgelegt und die Masse durch Draufschlagen mit einem Holzhammer gleichmäßig in der Form verteilt und verdichtet. Der überstehende Rest wurde mit einem Drahtbügel oder einem runden Streichholz sauber abgestrichen.

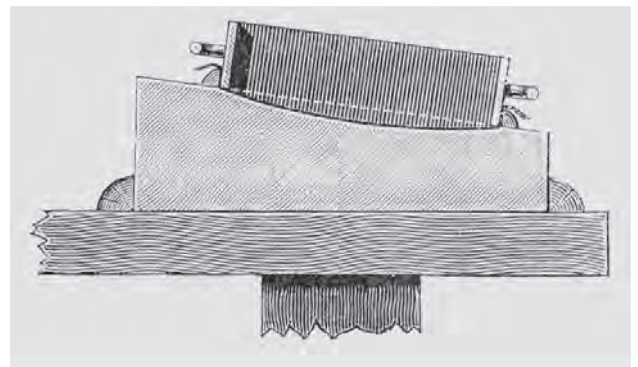


Bild 8.12. Form für Ölziegel

Getrocknet wurde besonders vorsichtig und langsam, indem man jeden Luftdurchzug vermied. Nach dem Trocknen wurden mit einem scharfen Messer die Grate an den Längsseiten beschnitten.

Ein Ziegelschläger konnte mit einem Jungen, der die Tonballen vorbereitete, täglich etwa 400-500 saubere Oelsteine herstellen. Wegen der höheren Qualität und der geringeren Tagesleistung waren die Handschlagziegel teurer als die Handstrichziegel.

8.1.5. Sichtziegelherstellung durch Klopfen und Pressen

Für den Ziegel- oder Backsteinrohbau, wie man früher die Bauten mit unverputztem Ziegelsicht- bzw. Verblendmauerwerk nannte, waren die gewöhnlichen Handstrichziegel – die „ordinären Backsteine“ – nicht akkurat, glatt und scharfkantig genug. Zur Verwendung als „Rohziegel“, d.h. Sichtziegel, wurden die normalen Wasser- und Sandstrichziegel daher in lederhartem Zustand noch einer beson-

deren Behandlung, einem Glätten und Verdichten durch Klopfen oder Nachpressen, unterzogen. Die so entstandenen besseren Ziegelsorten wurden als Klopfsteine und Preßsteine bezeichnet.

Unter „lederhart“ versteht der Keramiker das Stadium des Formlings zwischen feuchtplastischem und lufttrockenem Zustand, bei dem der Wassergehalt etwa 5-10% beträgt. Der lederharte Ton läßt sich schneiden und polieren wie Leder. Die Lederhärte beginnt, wenn die Trockenschwindung beendet und nur noch Porenwasser vorhanden ist. Sie dauert so lange, bis dieses Wasser aus den Poren verdampft und durch Luft ersetzt ist.

8.1.5.1. Klopfsteine

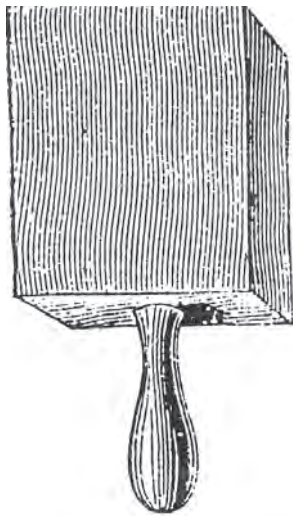


Bild 8.13. Klopfer

Hatte der Formling die Lederhärte erreicht, nahm ihn der „Klöpfer“ in die Hand und schnitt mit einem Messer den Grat von den Kanten der Steine ab. Dann glättete und verdichtete er durch Schläge mit dem Klopfer, einem mit einem Handgriff versehenen gehobelten Brett, die einzelnen Seiten des Rohlings und stellte den „geklopften Stein“ auf die hohe Kante zum endgültigen Trocknen zurück ins Trockengerüst (Bild 8.13.).

8.1.5.2. Preßsteine

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts ging man dazu über, die Verdichtung der Formlinge auf mechanischem Wege durchzuführen, d.h. die Formlinge wurden nicht mehr geklopft, sondern mit einfachen Tritt- oder Handhebelpressen nachgepreßt. Diese sog. Nachpressen besaßen eine feststehende, offene eiserne Form, in welche der Rohling eingelegt wurde, und einen über Hebel beweglichen Stempel, mit dem der Rohling gepreßt wurde, um ihn dadurch zu verdichten und scharfkantiger zu machen.

Beim Nachpressen von Wasserstrichziegeln wurde die Form beölt, Sandstrichziegel wurden vor dem Nachpressen mit Ziegelmehl bepudert. Zum Nachpressen war es sehr wichtig, den richtigen Zeitpunkt der Lederhärte zu finden, da bei einem zu frühem Nachpressen die Formen verschmierten und bei zu spätem die hart gewordenen Kanten der Formlinge abbrechen.

Der Ingenieur A. Houget in Hannover verbesserte die bestehenden Nachpressen und konstruierte 1852 eine wirksamere Friktionspresse. Später wurde

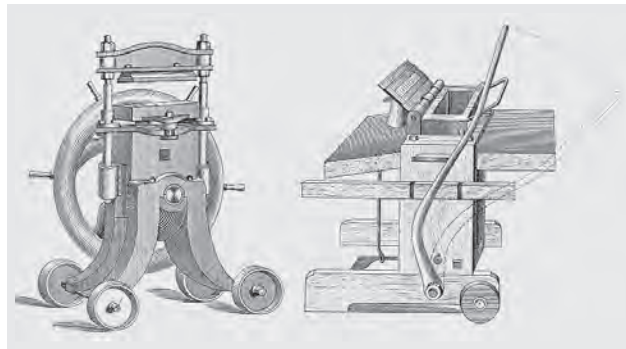


Bild 8.14. Manuell betätigte Nachpressen um 1860

noch eine ganze Reihe verschiedener Nachpressen konstruiert. Meist waren sie mit Rollen versehen, um sie innerhalb der Trockengestelle leicht verfahren zu können (Bild 8.14.).

Bis um 1960 hatten die meisten Ziegeleimaschinenhersteller noch elektrisch angetriebene, fahrbare Nachpressen mit Leistungen bis 1000 Steinen/h im Programm. Bis etwa zu diesem Zeitpunkt wurden vereinzelt auch noch auf der Strangpresse vorgezogene Rohlinge nachgepreßt, insbesondere Klinker. Durch die Perfektionierung des Strangpreßverfahrens wurde das Nachpressen dann überflüssig (Bild 8.15.).

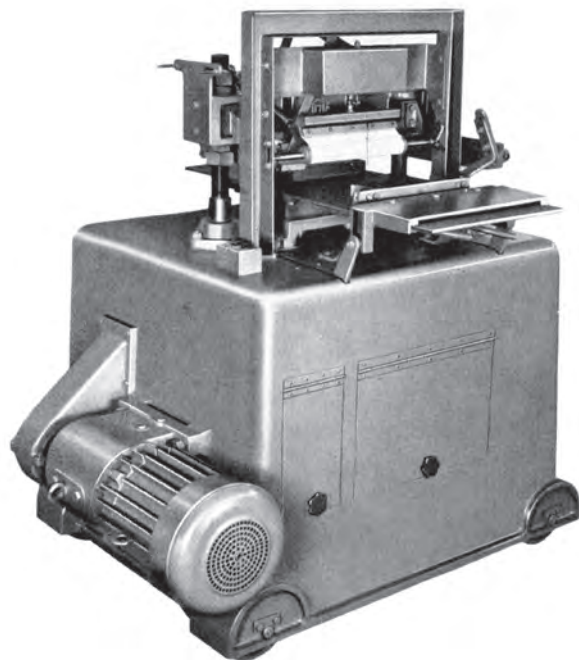


Bild 8.15. Nachpresse mit elektrischem Antrieb, Preßdruck 11 t, Leistung 700 – 850 Vollziegel/h

8.1.6. Höchste Qualitätsstufe ihrer Zeit – die Schneidesteine

Die feinen Schneidesteine, die vor allem in der Münchner Gegend hergestellt wurden, repräsentierten um 1850 die höchste Qualitätsstufe von Verblendziegeln. Man verwendete dazu besonders sorgfältig aufbereiteten Ton. Die Steine wurden zu-

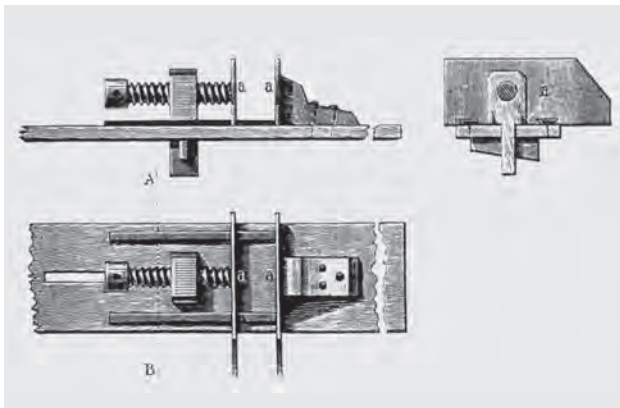
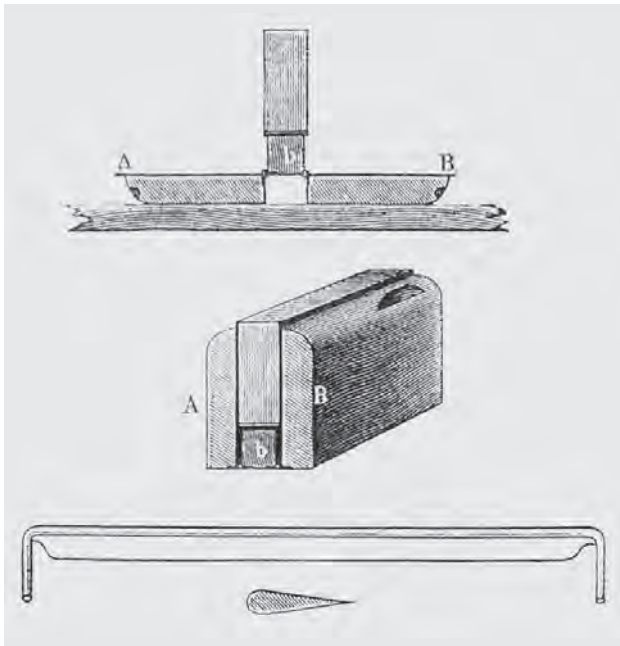


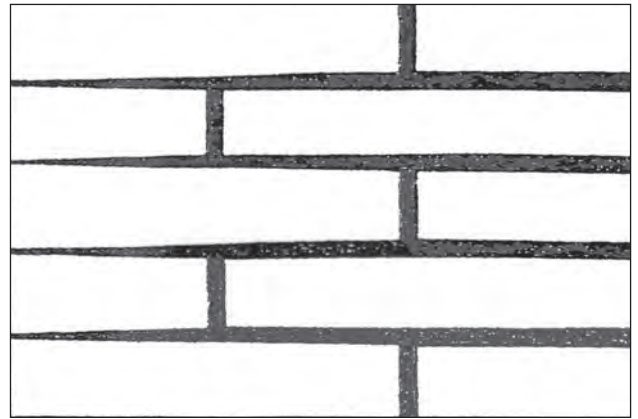
Bild 8.16. Zwei Ausführungen der Schneidebank für Schnittziegel, oben mit Schneide- und Poliermesser

nächst im üblichen Wasserstrichverfahren geformt, und zwar etwas größer als normal, um sie später noch beschneiden zu können.

In lederhartem Zustand wurden die Rohlinge in einer speziellen Schneidebank eingespannt und mit einem scharfen Messer mit zwei Handgriffen so beschnitten, daß sie absolut rechtwinklig und planparallel waren (Bild 8.16.).

Aus der gleichen Arbeitsmasse wurde ein Tonbrei hergestellt und durch ein feines Haarsieb geschlämmt. Mit einer polierten Stahlklinge wurde diese Schlämme dann in einer dünnen Schicht auf die beschnittenen Flächen der Steine aufgetragen. War die Schlämme halb getrocknet, wurde sie mit der gleichen Klinge noch leicht poliert, so daß die Oberfläche ein dichtes, glänzendes Aussehen bekam.

Mit einer besonderen Art dieser Schneidesteine, die leicht keilförmig geschnitten waren, wurde auch ein fugenloses Sichtmauerwerk hergestellt, vor allem bei den Münchener Bauten König Ludwigs I. (1786 – 1868) (Bild 8.17.).



8.17. Mauerwerk aus keilförmig geschnittenen Steinen

8.1.7. Formsteine und Maßwerk

Formsteine sind Ziegel, die als spezielle Gestaltungselemente eine besondere Form aufweisen, deren äußere Gestalt vom Normalstein abweicht.

Während in Italien die Formsteine meist die Dicke mehrerer Steine aufwiesen, galt in Deutschland die Regel, daß die Facon- oder Profilsteine - wie die Formsteine früher auch bezeichnet wurden - die Größe des gewöhnlichen Verblendziegels nicht überschreiten sollten.

Dies erleichterte sowohl die Fabrikation beim Formen, Trocknen und Brennen, als auch die spätere problemlose Einordnung in den Mauerverband mit den Normalziegeln.

Durch Veränderung der Grundform des rechteckigen Normalziegels durch Abrunden, Abschrägen oder Auskehlen eine Ecke oder durch Profilierung und Ornamentierung einer Seite, entstand eine große Formenvielfalt.

Die Formsteine wurden im üblichen Handstrichverfahren mit beölten Formen hergestellt.

Die Profilmglieder wie Nuten, Abrundungen, Fasen, Falze, Rundstäbe, Dreiviertelstäbe, Kehlen, Karnies, Rillen und Kanneluren wurden durch Einpassen und Einschrauben von entsprechenden Formstücken aus Holz in die Rahmenstreichform erzielt. Durch das Auswechseln dieser Profil-Formstücke konnten mit einer Streichform verschiedene Formsteinarten hergestellt werden (Bild 8.18.).

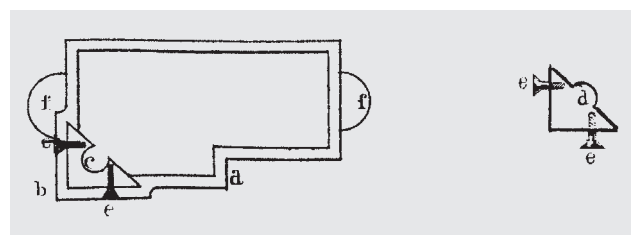


Bild 8.18. Form für Profilziegel mit auswechselbaren Einsätzen

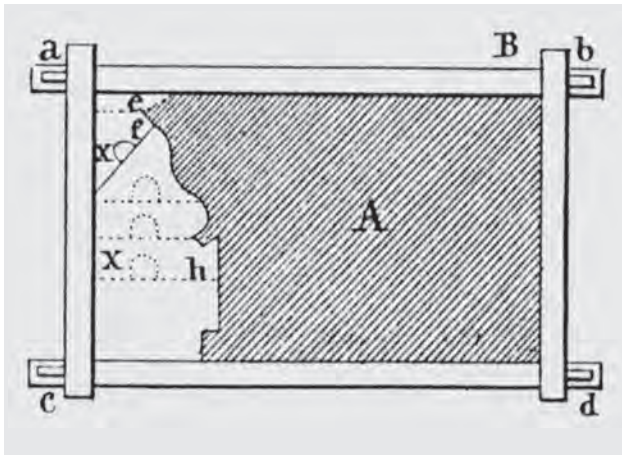


Bild 8.19. Form mit lose eingelegten Profil-Formteilen

Nach Möglichkeit vermied man Unterschneidungen der Profilierung. Bei Formsteinen mit einfachen, glatt durchgehenden Profilen verwendete man Streichrahmen mit seitlichen Handgriffen, mit denen man die mit Rüböl beölte Form vom geformten Stein abheben konnte.

Um auch kompliziertere Formziegel aus der Form lösen zu können, verwendete man Schablonen mit stielartigem Handgriff, die man aus einem etwa 15 mm dicken Brett so herauschnitt, daß ihr Umriß genau dem des Formsteins entsprach.

Bei Formsteinen mit ornamentierten, nicht durchgehenden Profilen an einer oder zwei Seiten, die man aus einer ungeteilten Form normal nicht herausbringen konnte, behalf man sich damit, daß man das entsprechende Profil-Formstück nur lose in die Rahmenform einlegte. Es wurde dann zusammen mit dem Formling senkrecht nach oben oder unten entformt und konnte danach horizontal abgezogen werden (Bild 8.19.).

Für noch kompliziertere Formsteine verwendete man Holzformen zum Auseinandernehmen oder Auseinanderklappen, oft mit mehrteiligem Futter (Bild 8.20.).

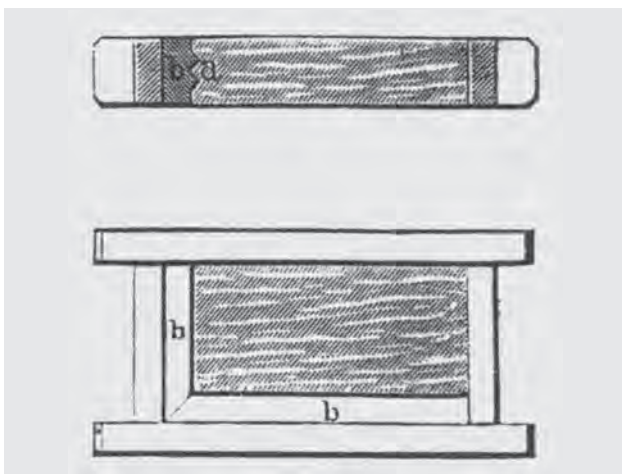


Bild 8.20. Profilziegelform zum Auseinandernehmen



Bild 8.21. Formziegeldetail an einem Portal des Klosters Chorin: ein reichverziertes Kapitellfries trennt die senkrechten Gwändeformziegel von den Bogenformziegeln

Größere Formstücke für besondere Bauteile, wie z.B. Kapitelle und Wandkonsolen, wurden zunächst als entsprechend großer Tonquader in einem hölzernen Formkasten vorgeformt. In lederhartem Zustand wurde dann mit scharfen Messern, teils mit gerundeten und profilierten Klingen, die gewünschte Form herausgearbeitet. Bekannte Beispiele liefert ein Meisterwerk der Backsteingotik, die Zisterzienser-Abtei Chorin (1273 – 1344), wo die gesamten Maßwerkteile, die Rund- und Birnstäbe für die Gwände und Portale, die Blöcke für Kapitelle, Konsolen und Schmuckfriese, einzeln in lederhartem Zustand mit Hilfe von Schablonen zurechtgeschnitten wurden^{57,58} (Bild 8.21.).

Eine besondere Art der Verzierung war der Modelldruck, wie er vor allem von den Backsteinwerkstücken des Zisterzienserklosters St.Urban/Schweiz (1195 – 1259) bekannt wurde.⁵⁹ Die Formziegel wurden hier mit Modelldrucken verziert, deren Formenvielfalt unübertroffen ist. Die Holzmodeln wurden dazu mit dem Hammer in den lederharten Formling eingeschlagen (Bilder 8.22.). Das Kloster beschäftigte eigene Modellschnitzer, die ihre Dekorationen aus einem Vorlagenbuch kopierten. Vermutet wird, daß den Formenschnitzern ein illustriertes Exemplar des großen mittelalterlichen Tierbuchs (Bestiarium) des Physiologus zur Verfügung stand. Die Dekorationen der Backsteine zeigen vor allem Tiere und Fabelwesen. Ein Model konnte etwa 10 Jahre benutzt werden, wobei es sich kontinuierlich abnutzte. Anhand des Grads der Abnutzung, sichtbar an der Ausprägung der Verzierung auf den Steinen, konnte eine Chronologie der Stempel aufgestellt werden.

Zu formende Stücke, die profiliert, aber nicht reliefiert waren und in größeren Mengen benötigt wurden, z.B. Gesimssteine, wurden aus der plastischen Masse mit Hilfe von Schablonen geschnitten.



Bild 8.22a. St. Urban-Backstein. Schichtstein, Höhe 23,5, cm, mit vier Abdrucken eines quadratischen Modells mit Leopard im Medaillon und Abdruck eines Modells mit Darstellung eines Rebhuhns, um 1260



Bild 8.22b. St. Urban-Backstein. Bruchstück eines spitzbogigen Fenstersturzes, Höhe 33 cm, mit eingestempelten Verzierungen: Pelikan, zwei Vögel im Vierpaß, Meerjungfrau mit zwei Fischen, Teilabdruck eines großen Modells mit Greif, Einhorn und Meerjungfrau in verknüpften Vierpässen, um 1280

Bestimmte Formen wurden auch aus normalen, frisch geformten Oelsteinen durch Anlegen von Blechlehren mit scharfen Messern herausgeschnitten.

Maßwerksziegel sind die besonders in der Gotik bei Backsteinbauten verwendeten Formziegel für das Maßwerk der Fenster. Maßwerke sind aus Kreisen oder Kreissegmenten („gemessenen“ Zirkelschlägen)

konstruierte und zusammengesetzte Bauelemente. Sie wurden je nach Profilierung und Ornamentierung mit den vorbeschriebenen Formgebungsmethoden hergestellt, zum Teil aus lederhartem Ton herausgeschnitten.

8.2. Manuelle Formgebung der Dachziegel

Das Formen der Dachziegel von Hand geschah je nach Dachziegelart und Region auf verschiedene Weise. Ein grundsätzlicher Unterschied bestand zwischen der Art der Herstellung von Flachziegeln, den Biberschwänzen, die direkt in einer Form gestrichen wurden, und der von Hohlziegeln und Pfannenziegeln, für die erst Tonblätter vorgeformt wurden, die dann durch das Auflegen auf einer der Gestalt des betreffenden Dachziegels entsprechenden Form ihre gewünschte Gestalt erhielten.

8.2.1. Von den verschiedenen Arten, die Flachziegel zu streichen

Je nach Region benutzte man unterschiedliche Formgebungsmethoden zur Herstellung von Flach- oder Biberschwanzziegeln, auf deren wichtigste nachstehend kurz eingegangen werden soll.

8.2.1.1. Die süddeutsche oder niederrheinische Art

Als beste Art, die Flachziegel zu streichen, galt die in Süddeutschland und am Niederrhein übliche, bei der die Biberschwanzziegel aus einem relativ weich aufbereiteten Ton geformt wurden.

Die Ausrüstung des Ziegelstreichers bestand aus dem Streichtisch mit Formklotz, der Form, dem Abstreicher oder Streichholz, einem Sandtrog, einem Wasserkübel und den Ziegelbrettchen. Der Streich- oder Formtisch war etwa 1,2 m breit und 0,8 m hoch und diente zur Aufnahme des Tonvorrats, des Sandtrogs und einiger Stapel Ziegelbrettchen. Am unteren, seitlichen Rand war der sog. Formklotz, ein etwa 40 cm langes, 20 cm breites und 5 cm dickes Bohlenstück angebracht. Über diesen Formklotz lag der sog. Ziegellappen, ein Stück grobes Leinen oder Zwillich, das an der linken Seite des Formklotzes fest angenagelt und an der gegenüberliegenden, losen Seite um eine runde Holzleiste genäht war (Bild 8.23.).

Die Ziegelform, das sog. Ziegeleisen, bestand aus einem schmiedeeisernen Rahmen mit einem seitlichen Handgriff, dessen Form und Höhe unter Berücksichtigung der Schwindung der Gestalt und Dicke des zu formenden Ziegels entsprach. Das Streichholz bestand aus einer etwa 40 cm langen, 5 cm breiten und 3 mm dicken Holzleiste.

Der Arbeitsvorgang war folgender: Der Ziegelstreicher taucht die Form in den Wasserkübel, um ein

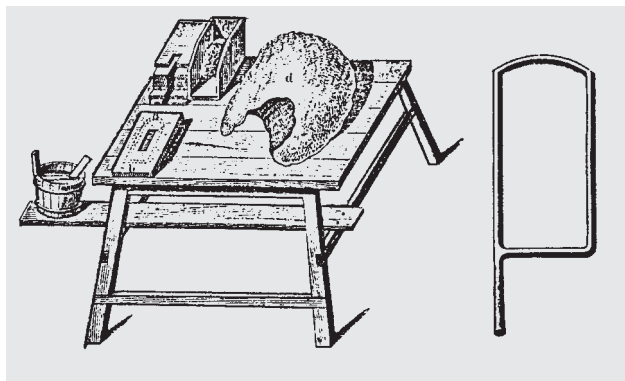


Bild 8.23. Streichtisch und Ziegeleisen mit seitlichem Handgriff

Ankleben des Tons zu vermeiden und legt sie dann so auf den Ziegellappen des Formklotzes, daß der Handgriff links zu liegen kommt. Mit beiden Händen entnimmt er aus dem Tonvorrat ein entsprechendes Stück, das er auf dem Tisch zu einem kleinen Ballen formt, dann in die Form wirft und mit den Fingern auseinander drückt bis die ganze Form und insbesondere die Ecken gut ausgefüllt sind. Mit dem Streichholz wird das überstehende Material zu der Stelle hin gestrichen, wo die Nase zu stehen kommt. Diese Aufhängenase, der Haken, formt der Streicher mit seinen beiden Daumen, indem er den überschüssigen Ton zur Seite hin abstreift. Die Nase durfte niemals angesetzt werden, weil sie sonst leicht abbrach. Danach wurde die so entstandene Unterseite des Formlings mit Sand bestreut und das Ziegel- oder Trockenbrettchen, das einen Ausschnitt für die Nase besaß, aufgelegt. Neben der Vermeidung des Anklebens sollte der Sand auch die Bewegung des Formlings beim Schwinden erleichtern.

Mit Hilfe des am Ziegellappen angenähten Holzstabes wendete der Streicher nun die Form zusammen mit dem Ziegelbrettchen um, so daß dieses nun nach unten zu liegen kam. Der Streicher glättete die nun sichtbare Oberfläche des Ziegels mit seinen zuvor ins Wasser getauchten Händen. Beim Streichen über das schmale Ziegelende entstand der „Kopfstrich“, durch Streichen über die ganze Ziegellänge der „Abstrich“ und durch leichten Druck der beiden Daumen, die an den beiden Längsseiten des Formlings entlang glitten, der „Wasserstrich“ (Randstrich). Er sollte auf die Mitte des unteren Ziegelendes zu laufen und das Regenwasser so führen, daß es nicht in Lücke zwischen zwei Ziegeln hineinlief. Danach wurde das Formeisen vorsichtig abgehoben und der Formling mit dem Trockenbrettchen vom Abträger zum Trockengerüst getragen und dort zum Trocknen abgelegt (Bilder 8.24.+8.25.).

Gewöhnlich war ein Abträger für zwei Ziegelstreicher zuständig. Oft trug er drei Formlinge gleichzeitig, einen in jeder Hand und einen auf dem Kopf. Ein gewandter Ziegelstreicher konnte bei gut aufbereitetem Ton nach der beschriebenen Methode bis zu 1000 Biber pro Tag streichen. Ziegellappen und Streichholz mußten etwa nach 14 Tage erneut wer-

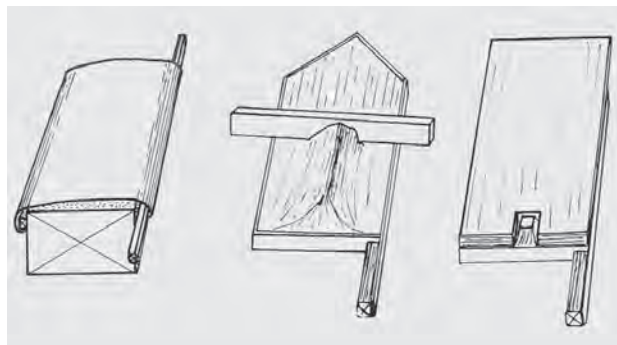


Bild 8.24. Biberstreichen auf süddeutsche Art. Links: Formklotz mit dem Ziegellappen, Mitte: Überschüssiger Ton auf dem aufgelegten und eingeformten Ziegeleisen wird mit dem Streichholz abgestrichen. Rechts: Das Trockenbrettchen ist auf den fertigen Formling aufgelegt, bereit zum Umdrehen und Ausformen mit Hilfe des Ziegellappens

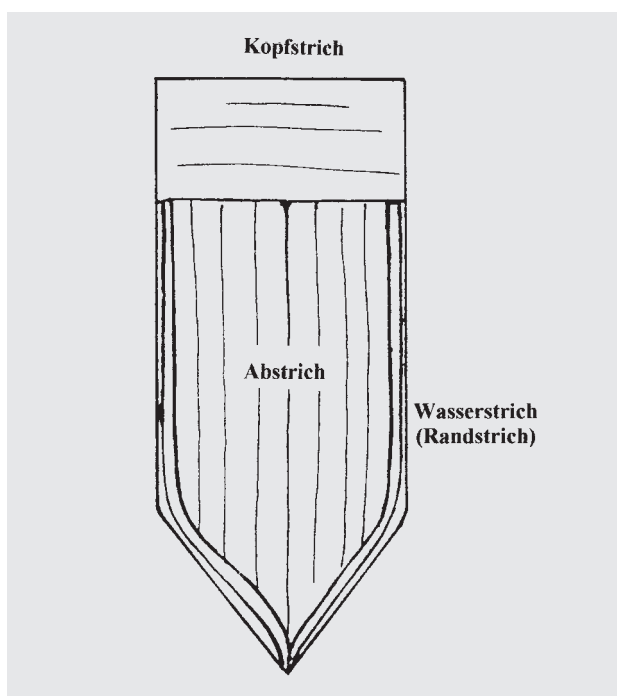


Bild 8.25. Ziegel mit Kopfstrich, Abstrich und Wasserstrich

den. Da die Formlinge erst dann von den Trockenbrettchen abgenommen werden konnten, wenn sie durch das Trocknen eine genügende Eigenfestigkeit erreicht hatten, benötigte man einen großen Vorrat davon und man rechnete für jeden Streicher mit etwa 10 000-12 000 Trockenbrettchen. Anstelle der festen Ziegelbrettchen verwendete man später Trockenrähmchen, welche den Vorteil hatten, daß die Luft auch von unten Zutritt hatte, also ein gleichmäßigeres Trocknen ermöglicht wurde.

8.2.1.2. Die Lausitzer Variante

In der preußischen Oberlausitz, wo es zur Herstellung von Dachziegeln hervorragend geeignete Braunkohlentone gibt, wurden die Flachziegel auf ähnliche Weise wie oben beschrieben gestrichen.

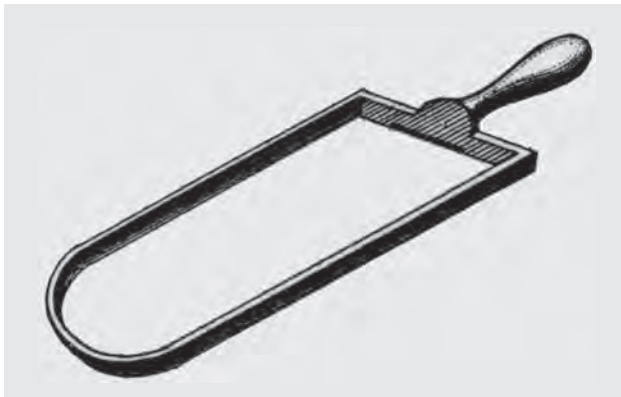


Bild 8.26. Ziegeleisen mit mittiger Erhöhung zum Anformen der Nase

Man verwendete aber ein Ziegeleisen, dessen Stiel in der Mitte der geraden schmalen Seite saß und eine Erhöhung aufwies, die als Lehre für die Formung der Nase diente (Bild 8.26.). An Stelle des Ziegellappens aus Leinen oder Zwillich benutzte man ein Leder, das auch keiner eingezogenen Holzleiste bedurfte. Das Leder bewirkte eine glattere Oberfläche des Ziegels und hielt gewöhnlich auch eine ganze Saison aus. Da man den Ton auch etwas steifer verarbeitete und er damit weniger anhaftete, wurden die Trockenbrettchen gewöhnlich nicht mit Sand bestreut.

8.2.1.3. Direktes Streichen auf dem Ziegelbrettchen

In manchen Gegenden wurden die Flachziegel ohne Formklotz direkt auf dem Trockenbrettchen gestrichen. Der Ton wurde hierbei wesentlich steifer verarbeitet. Das Ziegelbrettchen wurde auf den Formtisch gelegt, besandet und das genäßte Ziegeleisen darauf gelegt. Der Streicher schlug die Tonmasse hinein, drückt sie mit den Händen gut in die Ecken und in den Ausschnitt des Ziegelbretts, wodurch die Nase gebildet wird. In diesem Fall entfällt also die Bearbeitung der Unterseite des Formlings.

8.2.1.4. Streichen in der Klappform

Diese Methode benutzte eine Klappform, bestehend aus zwei Brettern, die durch ein Scharnier, das seitlich am Streichtisch befestigt war, miteinander verbunden waren. Das obere Brett besaß einen Ausschnitt, der - mit leichtem Spiel - passend war zum Einlegen des Ziegeleisens. Der Handgriff dieses Ziegeleisens war mittig angeordnet, mit einem Anschlag zum Ausformen der Nase. Neben der Klappform war, etwas vertieft, eine Arbeitsplatte am Streichtisch befestigt, zur Aufnahme des Trockenbrettchens (Bild 8.27.). Der Ziegelstreicher legt das genäßte Ziegeleisen in das Klappbrett, streut feinen Sand ein und streicht dann den Formling in der bereits beschriebenen Weise. Hierauf wird die abgestrichene Seite mit Sand bestreut und mit einem Trockenbrettchen bedeckt. Der Streicher klappt nun das Ganze zusammen mit

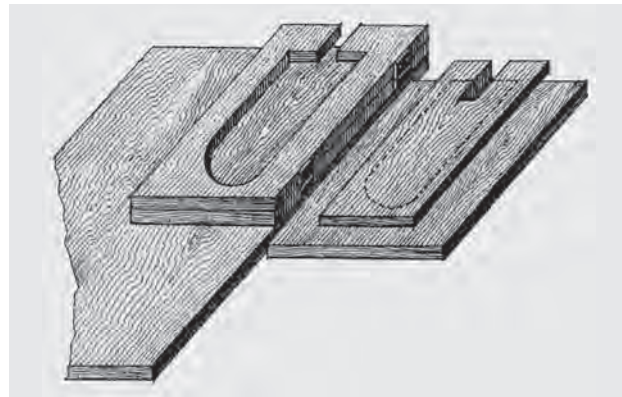


Bild 8.27. Biber-Klappform

dem Trockenbrettchen auf die seitliche Arbeitsplatte um. Während er das Ziegeleisen festhält, schlägt er das Klappbrett wieder zurück. Dann streicht er die jetzt frei liegende Ziegeloberfläche glatt und bringt die Abstriche an. Dann wird das Ziegeleisen behutsam abgezogen. Der Formling ruht nun allein auf dem Trockenbrettchen und kann vom Abträger zum Trockengerüst gebracht werden.

8.2.2. Über das Formen der Hohlziegel aus freier Hand

Zum Formen der Hohlziegel oder Dachpfannen mußten zunächst Tonblätter hergestellt werden, wofür es zwei Verfahren gab. Bei der älteren Methode wurden die Blätter vom „Stock“ geschnitten. Dazu wurde der fertig aufbereitete Ton von Hand zu einem rechteckigen Block, dem Stock oder Tonstock, geformt mit seitlich angeordneten Holzleisten, deren Stärke der gewünschten Dicke des Tonblatts entsprach. Mit einem über diese Leisten entlang geführten Messingdraht, wurden dann die Tonblätter abgeschnitten (Bild 8.28.).

Diese Methode wurde aber als zu umständlich empfunden und man ging daher meist dazu über, die Blätter einzeln in einen Streichrahmen zu streichen (Bild 8.29.). Damit waren zwei Arbeiter beschäftigt, der Walkenmacher, der die Tonstücke oder Walken

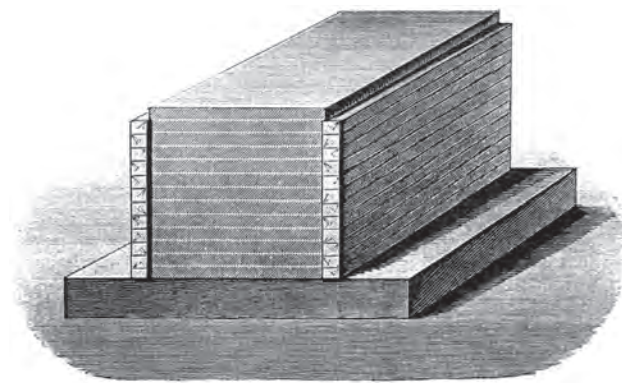


Bild 8.28. Ausgeformter Tonstock mit den seitlich angelegten Holzleisten zum Abschneiden der Tonblätter zum Formen der Hohlziegel

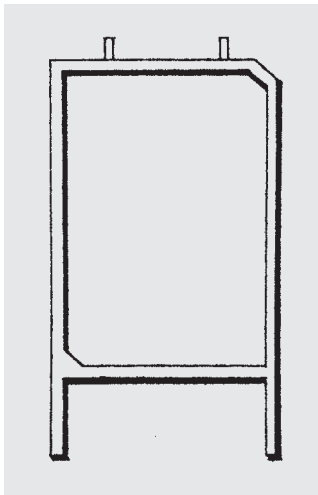


Bild 8.29. Streichrahmen für Hohlpfannen

vorbereitete, und der Blättermacher, der die Tonblätter strich (Bild 8.30).

Das fertige Tonblatt legte der Former auf eine besandete Form. Diese hölzerne Form ist den Biegungen des Hohlziegels entsprechend ausgebildet und mit einer Vertiefung für die Aufhängenase versehen. Der Former drückt das Tonblatt auf der Form an, füllt dabei die Nasenvertiefung aus und streicht

die dadurch entstandene Delle mit etwas Ton zu. Nachdem er das Überstehende abgetrennt und die Kanten und die Fläche mit der genähten Hand glatt gestrichen hat, legt er einen mit einem Handgriff versehenen Absetzer, dessen Oberfläche eine der Höhlung des Ziegels angepaßte Krümmung besitzt, in die Höhlung hinein. Dann dreht er die Form um, so daß der Formling auf den Absetzer zu liegen kommt, und setzt damit den Ziegel in das Trockengerüst ab (Bild 8.31.).

Damit der Former die Tonblätter ohne Beschädigungen aufheben und manipulieren konnte, mußte der Ton relativ steif verarbeitet werden. Das Blätterstreichen war daher mühsamer als das Streichen der Flachziegel. Dennoch konnte ein fleißiger Blättermacher etwa 500 Blätter pro Tag streichen. Die drei bei der Herstellung von Dachpfannen gemeinsam tätigen Arbeiter, Walkenmacher, Blättermacher und Former, bildeten ein Arbeitsteam, einen sog. Pflug.

8.2.3. Das Formen der First- und Walmziegel

Die First- und Walmziegel wurden auf ähnliche Weise geformt wie die Hohlziegel. Da die Firstziegel leicht konisch sind, um beim Verlegen auf dem Dach übereinander geschoben werden zu können, wurden die Tonblätter als ungleichseitige Vierecke hergestellt. Diese Tonblätter wurden zunächst flach auf



8.30. Streichtisch für Dachziegel

mit Sand bestreute Bretter gelegt, so daß sie ansteifen konnten, damit sie beim Biegen über das Formholz ihre Gestalt beibehielten. In manchen Gegenden erhielten sie im schmalen Teil, der vom breiteren des folgenden Ziegels überdeckt wird, ein Loch, damit sie auf dem Dach mit einem Nagel befestigt werden konnten; in anderen Gegenden fehlt dies Loch, hier wurden die Firstziegel nur vermörtelt.

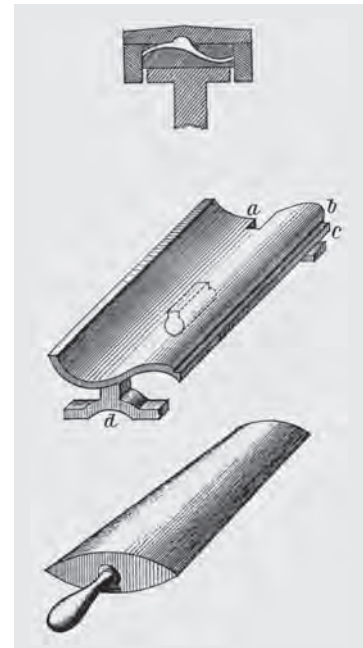


Bild 8.31. Pfannenform und Absetzer

8.2.4. Schenkelgerollte Firstziegel

Nach einer besonderen Formgebungsmethode, die u.a. besonders in Frankreich üblich war, wurden die sog. schenkelgeformten oder schenkelgerollten Ziegel hergestellt. Hierbei wurden die Tonblätter von Frauen über dem Oberschenkel, der als Form diente, mit den Händen ausgeformt.

8.3. Maschinenziegel

Das erste Patent für eine Ziegelformmaschine wurde 1619 in England einem John Etherington erteilt. Einzelheiten über deren Konstruktion sind heute nicht mehr bekannt. In verstärktem Umfang kamen Ziegelformmaschinen zu Beginn des 19. Jahrhunderts auf und schon 1867 schrieb Heusinger von Waldegg: "Wenn wir alle die seither konstruierten Ziegelmaschinen genau beschreiben wollten, könnten wir ein besonderes Buch damit füllen".³³

Mit dem Einsatz von Maschinen kommen auch die Begriffe „Ziegelmachine“ und „Ziegeleimaschine“ auf. Zum Begriff „Ziegelmachine“ ist festzustellen, daß im 19. Jahrhundert alle Formgebungsmaschinen mit diesem Oberbegriff bezeichnet wurden. Eine Ziegelmachine konnte also eine Streichmaschine, eine Kolbenpresse, eine Walzenpresse, eine Radpresse, eine Schneckenpresse, eine Trocken- oder Halbtrockenpresse oder eine sonstwie geartete Formgebungsmaschine sein. Durch diese vage Bezeichnung ist es heute oft schwierig zu wissen, um welche Art von Formgebungsmaschine es sich genau handelt, wenn man in der älteren Literatur auf die Bezeichnung Ziegelmachine stößt. Mit dem Oberbegriff „Ziegeleimaschinen“ wurden demgegenüber die Aufbereitungsmaschinen bezeichnet, als

„die der Tonpräparation dienenden Vorbereitungs-
maschinen, welche bestimmt sind, der Ziegelmaschi-
ne oder Ziegelpresse das Tonmaterial verdaulicher
zu machen“.

Der ebenfalls aufkommende Name „Maschinenziegel“ wurde ursprünglich geprägt als besonderes Gü-
temerkmal gegenüber dem Handstrichziegel, aber
noch bis um 1925 hatten verschiedene Bauunterneh-
mer noch starke Vorbehalte gegen den maschinell
hergestellten Ziegel mit der Begründung, an einem
Handstrichziegel hafte der Mörtel besser.

Heute kann man rückblickend sagen, daß etwa um
1900 schon fast alle wesentlichen Aufbereitungs-
und Formgebungsmaschinen erfunden waren und im
Laufe der Zeit nur noch weiter vervollkommenet und
dem neuesten Stand der Technik angepaßt wurden.
Viele Ideen und Entwicklungen, für die zur Zeit ihrer
Entwicklung die technischen Möglichkeiten noch zu
begrenzt waren, wurden auch wieder neu entdeckt
und zur Funktionsreife gebracht.

8.4. Maschinelle Formgebung der Mauerziegel

Die um 1867 bekannten Ziegelmaschinen klassifi-
ziert E. Heusinger von Waldegg unter der Überschrift
„Von den verschiedenen Maschinen zur Fabrikation
von Vollziegeln“ und listet auch eine Vielzahl von
Erfindern auf, von denen hier nur der jeweils älteste
genannt wird:

- A. Maschinen mit wirklichen beweglichen Formen,
wie beim Handformen (Kinsley 1793)
- B. Maschinen, deren Formen entweder in einer
feststehenden Tischplatte, oder auf einer hori-
zontalen, sich drehenden Scheibe angebracht
sind (Farquharson 1798, Doolittle bei Washing-
ton, 1819)
- C. Maschinen, bei denen die Formen auf der krum-
men Fläche eines um eine horizontale Achse
sich drehenden Cylinders angeordnet sind
(Baron Gavedal-Geanny, 1826 patentiert)
- D. Maschinen, welche vermittelst ihrer Form die
Ziegel aus einem Thonkuchen ausstechen
(Cundy, 1827 in England patentiert – „auch
lassen sich bei hinreichendem Druck mit solchen
Steinen architektonische Verzierungen im Relief
aufpressen, wie bei der Maschine von Virebent
bei Toulouse (1831), die Ziegelmaschinen nach
diesem System haben sich indeß am wenigsten
zweckmässig erwiesen“)
- E. Maschinen, welche ein fortwährendes Band von
Thon erzeugen und dasselbe nachher in einzel-
ne Ziegel zerschneiden (Hostenberg 1807)

Bei den Maschinen nach A. handelt es sich um
die Streichmaschinen, bei B. um die Vorläufer der
Drehtisch-, Wasserstrich- und Trockenpressen, bei
C. und D. um Maschinen, deren Entwicklung nicht
weiter verfolgt wurde und bei E. um die Vorläufer
der Kolben-, Walzen- und Schneckenpressen
(Bilder 8.32.- 8.36.).

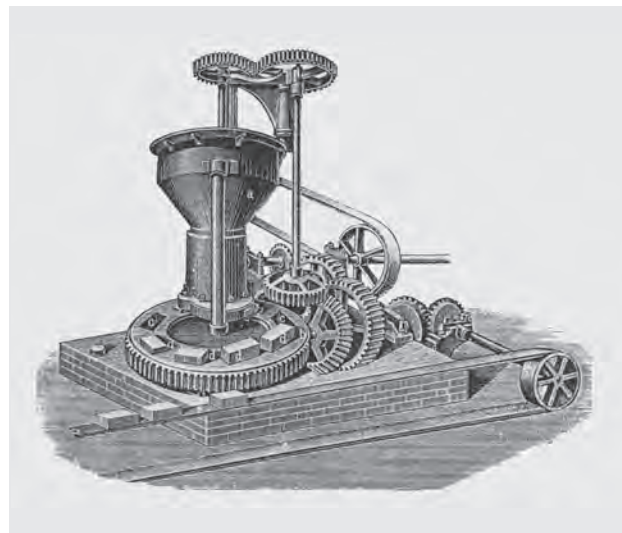


Bild 8.32. Englische Ziegelmaschine mit Tonschneider zum
Einpressen des Tons in die Formen eines rotierenden Tisches,
aus denen sie mit Stempeln ausgeschoben werden

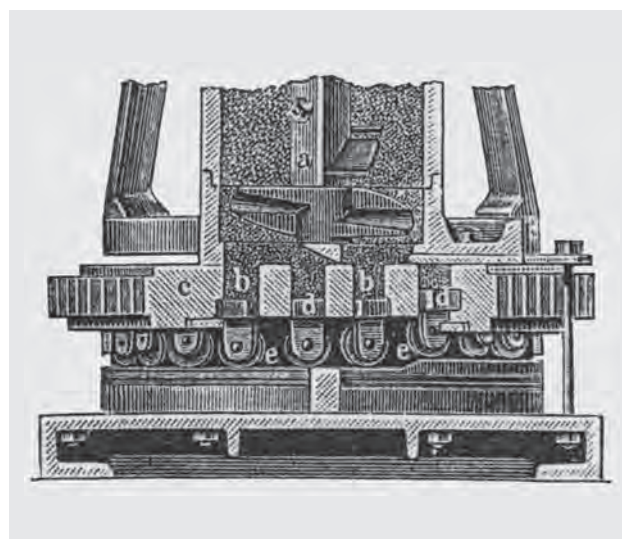


Bild 8.33. Amerikanische Ziegelmaschine mit Tonschneider und
Drehtisch mit Formen, deren Boden durch Aushebestempel
gebildet wird

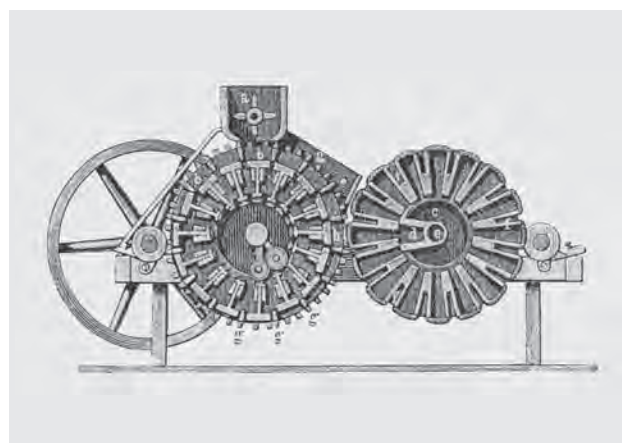


Bild 8.34. Ziegelmaschine mit rotierendem Formenrad und inne-
ren Preßstempeln und rotierendem Preßzylinder zur Pressung
von außen

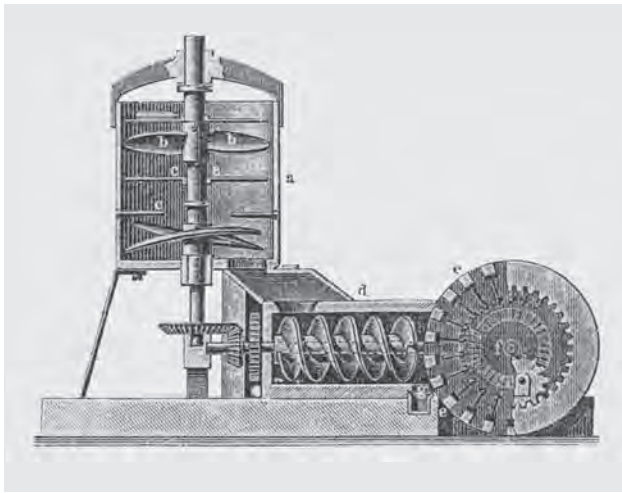


Bild 8.35. Ziegelmaschine mit Tonschneider und Schnecke zum Einpressen des Tons in ein Formenrad

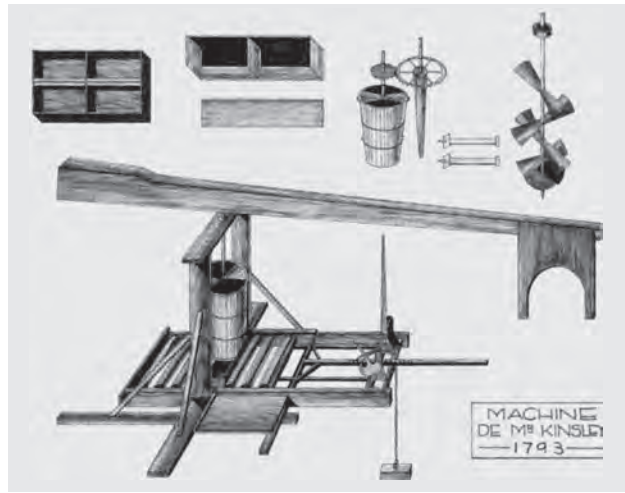


Bild 8.37. Ziegelmaschine von Kinsley, 1793

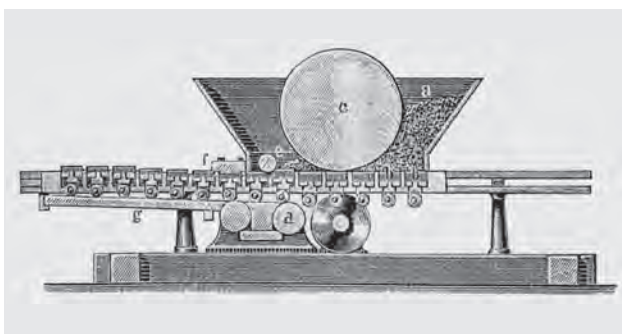


Bild 8.36. Ziegelmaschine mit Fülltrichter und Preßrad über einem bewegten Tisch mit Formen und Bodenstempeln

1793 ein US-Patent erhielt (Bild 8.37.). Zu den frühen Streichmaschinen gehört auch die des aus Frankreich stammenden Henry Martin, die 1857 erstmals in Betrieb ging und vor allem in Nordamerika große Verbreitung fand. So ist einer Anzeige für die „Henry Martin Brick Machine“ in der amerikanischen Fachzeitschrift „The Clay-Worker“ vom September 1894 zu entnehmen, daß zu diesem Zeitpunkt bereits über 3000 „Martin-Pressen“ in Betrieb waren.

Bilder 8.38. Zwei amerikanische Streichmaschinen, um 1890

Die drei wichtigsten Techniken zur maschinellen Herstellung von Mauerziegeln, die weiterentwickelt wurden, sind: das maschinelle Streichen, das Strangpressen und das Trockenpressen.

8.4.1. Maschinenstreichziegel, Weichziegel

Die ersten Ziegelformmaschinen bezweckten einfach, den Handstrich auf mechanischem Weg nachzuahmen. Auf Grund der weichplastischen Arbeitsmasse, aus der die Maschinenstreichziegel geformt werden, bezeichnet man sie heute als Weichziegel und die Streichmaschinen als Weichsteinpressen. Bei Weichziegeln handelt es sich immer um ungelochete Vollziegel im Einhandformat. Den Weichpreßziegeln wird nachgerühmt, daß sie besonders strukturfrei und frostsicher seien.

In England und vor allem in Nordamerika war das maschinelle Streichen schon früh sehr verbreitet. Dies kam nicht von ungefähr, denn in den ehemaligen nordamerikanischen Kolonien herrschte akuter Arbeitskräftemangel und deshalb stand man allen arbeitssparenden mechanischen Geräten sehr aufgeschlossen gegenüber.

Die erste dokumentierte Streichmaschine ist die von Apollon Kinsley in Hartford/Connecticut, der dafür

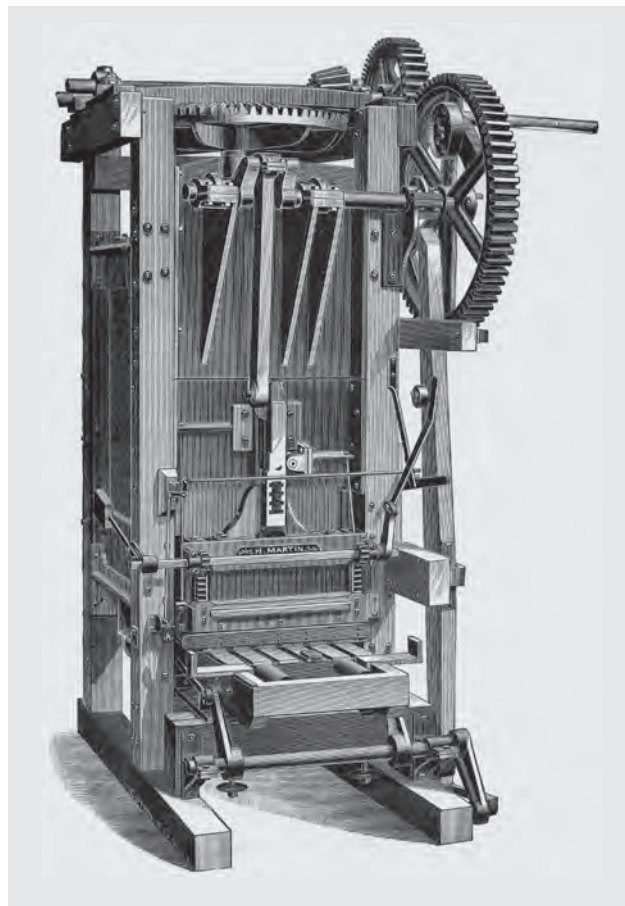


Bild 8.38a. „Henry-Martin“-Streichmaschine, von der 1895 über 3000 Stück in Betrieb waren

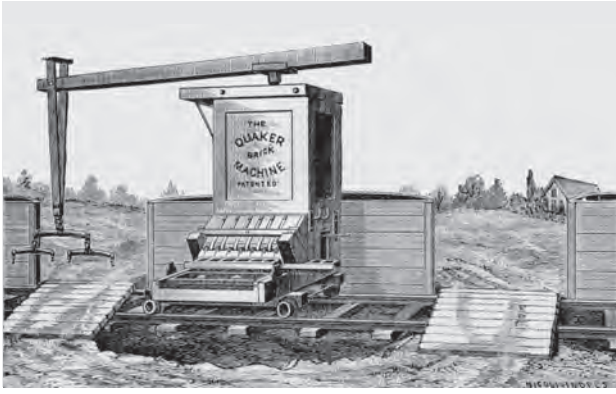


Bild 8.38b. „Quaker“-Streichmaschine für Tierbetrieb, neben den Trockenplätzen „auf dem Plan“ verfahrbar angeordnet; 1895 waren über 1000 Stück verkauft

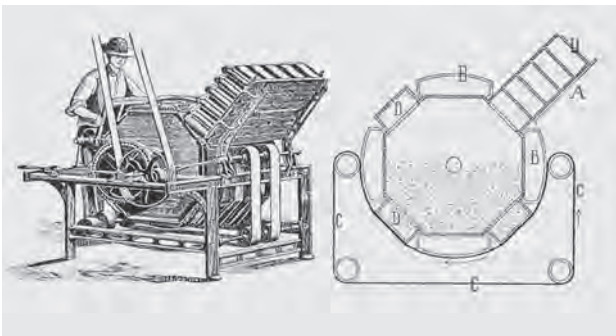


Bild 8.39. Besandungstrommel zum selbsttätigen Besanden der Maschinenstreichformen

Weitere Konstruktionen folgten rasch (Bilder 8.38.). Diese Streichmaschinen waren für Sandstrich konzipiert und bald entwickelte man auch Einrichtungen, um die Formen mechanisch besanden zu können (Bild 8.39.). Um den Arbeitern das Entleeren der Streichformen zu erleichtern und Beschädigungen der Formlinge zu vermeiden, bediente man sich auch drehbarer Tische mit Kippvorrichtungen (Bild 8.40.).

Die Streichmaschine wurde 1868 als „Canadische Ziegelpresse“ erstmals auch in Deutschland eingeführt. Nachgebaut trifft man sie später vereinzelt

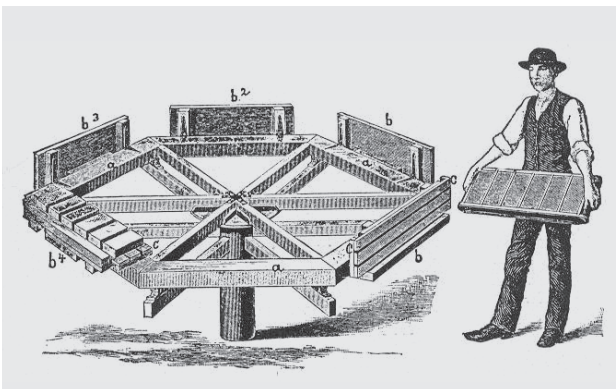


Bild 8.40. Formentisch mit Kippvorrichtung zum Entleeren der von der Streichmaschine kommenden Formkästen

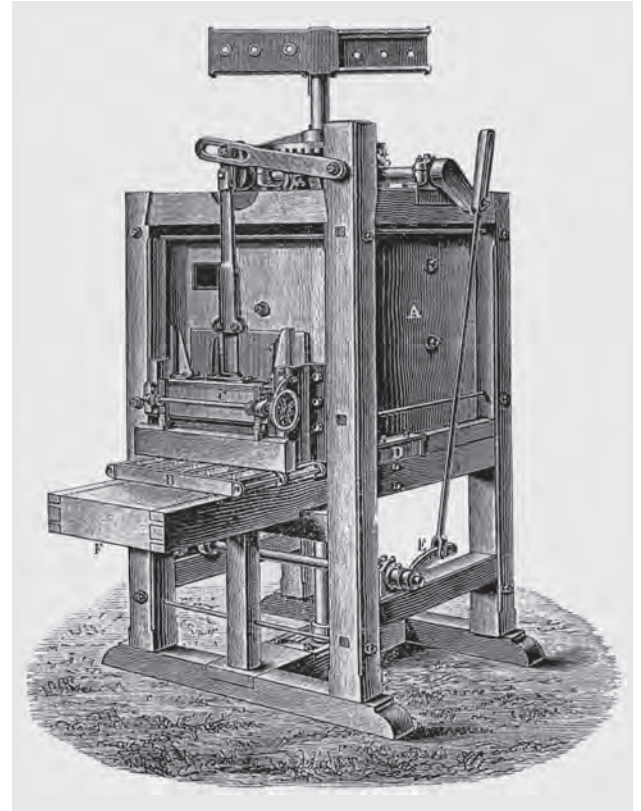


Bild 8.41. „Canadische“ Streichmaschine, um 1868

u. a. als Walterspiel'sche, Hall'sche oder Seifert'sche Maschine (Bild 8.41.).

In Holland, wo man magere, sehr feuchte Tone verarbeiten muß, bot sich das maschinelle Streichen ganz besonders an, weshalb es dort auch weiterentwickelt wurde und sehr verbreitet ist. Die erste Streichmaschine in Holland soll eine „Martin-Presse“ gewesen sein, die 1887 in der Nähe von Olst in Betrieb ging. Als es mit der Verarbeitung des schweren, örtlichen Tons Probleme gab, wurde der Schmied Johannes Aberson aus Olst hinzugezogen, um einige Änderungen an der Presse durchzuführen. Diese Arbeiten regten Aberson zur Konstruktion einer eigenen Streichmaschine an, die er 1891 auf den Markt brachte. Wichtigste Verbesserung der Aberson-Presse war die Verwendung eines schwenkbaren Preßblocks, der das Füllen der Formkästen erleichterte (Bilder 8.42.). Bis 1905 hatte Aberson bereits 200 Streichmaschinen verkauft, die nun in Serie gefertigt wurden.⁶⁰ Die Maschine wurde im Laufe der Jahre ständig weiterentwickelt, so daß um 1950 die erste vollautomatische Streichmaschine in Betrieb gehen konnte.

Heute gehört die Firma Aberson zur Machinefabrik De Boer BV, die seit 1936 in Nijmegen Maschinen für die Herstellung von Weichziegeln baut.

Da sich der Handstrichziegel aus architektonischen Gründen wieder großer Beliebtheit erfreut, wird heute u. a. auch wieder in Dänemark, Großbritannien, Deutschland, Italien, Spanien, Australien und Neuseeland mit Weichsteinpressen gearbeitet.

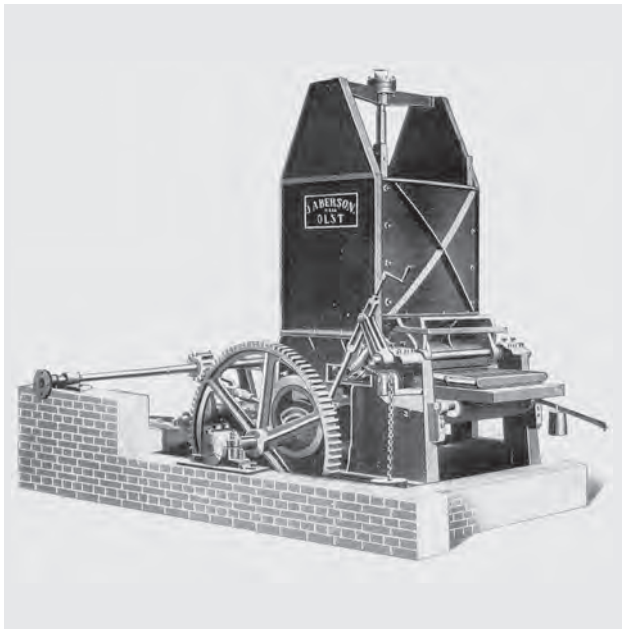


Bild 8.42a. Aberson-Strichmaschine, 1891



Bild 8.42b. Aberson-Strichmaschine im Einsatz in einer holländischen Ziegelei, um 1900

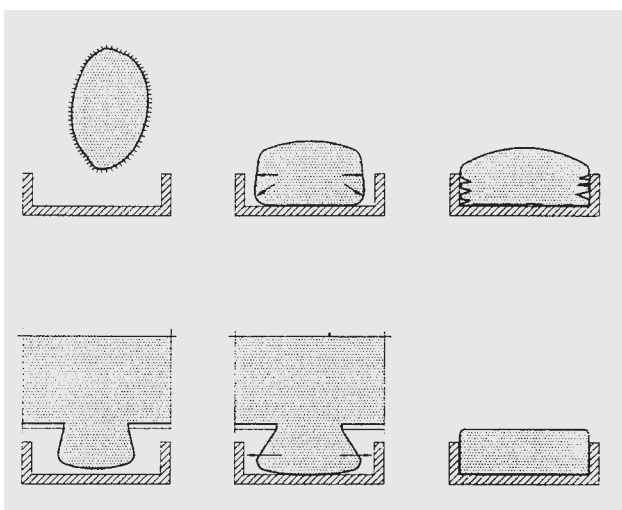


Bild 8.43. Schema des maschinellen Handform- und Streichpressens: Durch das Einwerfen vorgeformter Batzen (oben) entstehen Steine mit typischen Quetschfalten, während man beim Einstreichen des Tons (unten) glatte Steine erhält

Prinzipiell unterscheidet man heute drei Arten von Weichsteinpressen, die auch drei typische, unterschiedliche Arten von Handstrichziegeln hervorbringen, nämlich die Streich-, die Handform- und die Wasserstrichpressen (Bild 8.43.).

8.4.1.1. Streichpressen

Bei den Streichpressen werden die besandeten Formkästen unter einem Tonbehälter hindurchgeführt und durch einen Preßblock mit der unbesandeten Weichpreßmasse gefüllt. Auf diese Weise entstehen gleichmäßig besandete, glatte Formlingsoberflächen bzw. Sichtseiten ohne Quetschfalten. Die so hergestellten Streichziegel werden in Holland als *Vormbackziegel* bezeichnet. Ein Formkasten hat je nach Steinformat zwischen 6 und 19 Fächer. Die Kapazität einer Streichpresse liegt zwischen etwa 4000 und 40 000 Mauerziegeln/h (Bild 8.44.).

8.4.1.2. Handformpressen

Bei den Handformpressen, von Aberson erstmals 1965 gebaut, werden maschinell vorgeformte und besandete Batzen mechanisch in die Formen geworfen (Bild 8.45.). Hierbei entstehen auch die typischen Quetschfalten und man spricht hier vom maschinellen Handstrich. Die so entstandenen Formlinge sehen mehr oder weniger aus wie Original- Handstrich-Steine und werden als Handformziegel bezeichnet. Handformpressen erreichen Leistungen bis 15 000 Steine/h.

8.4.1.3. Wasserstrichpressen

Bei den Wasserstrichpressen handelt es sich in der Regel um Drehtischpressen mit Formen, die nicht besandet, sondern bewässert werden. Eine solche Drehtischpresse wurde erstmals 1798 dem Engländer Farquharson patentiert.

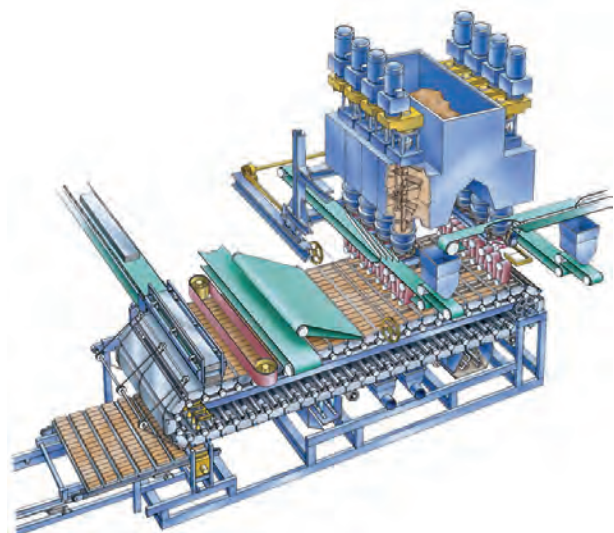


Bild 8.44. Moderne De Boer-Strichpresse

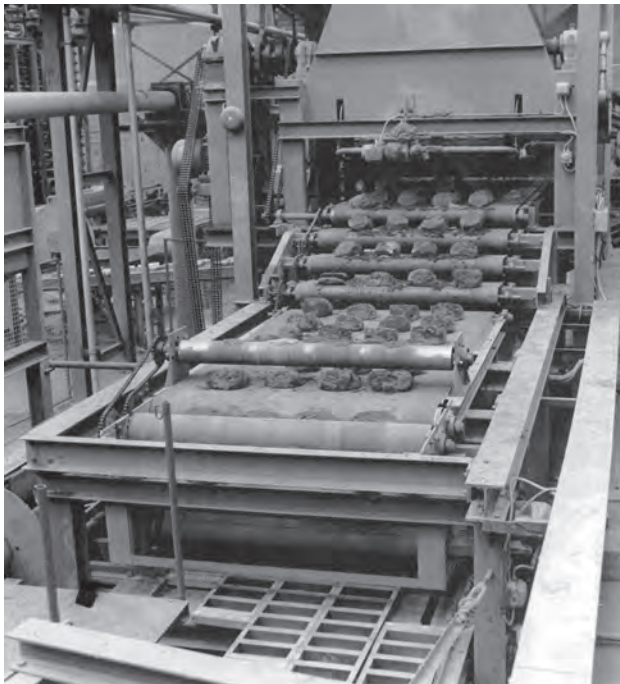


Bild 8.45. Batzenkaskade einer Aberson-Handformpresse

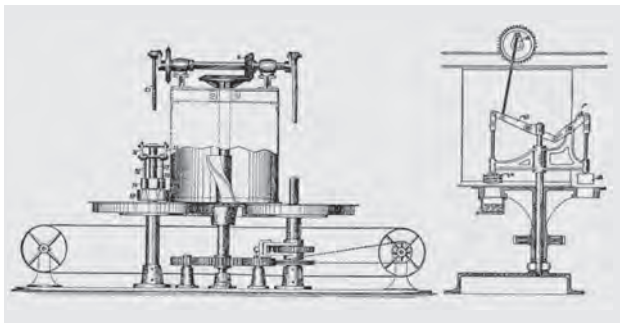


Bild 8.46. Dornbusch Wasserstrichpresse, um 1920

In Deutschland konstruierte A. Dornbusch 1907 eine Wasserstrichpresse, die als Dornbusch-Presse bekannt wurde (Bild 8.46.). In einen Drehtisch sind mehrere Formen eingelassen, die von einem vertikalen Tonschneider mit der Weichpreßmasse gefüllt werden. Unter einem Ausdrückstempel angelangt, wird der Formling ausgestoßen und fällt auf ein Transportband. Die Form wird anschließend durch eine benetzte Bürste automatisch gereinigt und bewässert. Die Formlinge weisen ein typisches „Schliendesign“ auf und werden als Wasserstrichziegel bezeichnet. In moderner Form wird die Dornbusch-Presse heute noch von der Firma Petersen in Broager/Dänemark hergestellt (Bild 8.47.).

8.4.2. Strangpreßziegel

Beim Strangpressen oder Extrudieren wird der Ton durch ein Mundstück gepreßt, wodurch er die gewünschte Form erhält und als endloser Strang austritt, der durch eine Abschneidevorrichtung in die einzelnen Ziegelformlinge zerlegt wird. Je nach Art der Fortbewegung des Tons unterscheidet man zwischen Kolbenpressen, Walzenpressen und Schneckenpressen, von denen sich – von Einzelfällen abgesehen – nur die letztere auf Dauer durchsetzte.

8.4.2.1. Kolbenpresse

Die ersten Strangpressen waren die sog. Kolben- oder Kastenpressen mit einfach oder doppelt wirkendem Kolben. Sie arbeiteten periodisch, da die Bewegung des Kolbens zum Füllen des Kastens unterbrochen werden mußte, ermöglichten aber erstmals die Herstellung dünnwandiger, gelochter

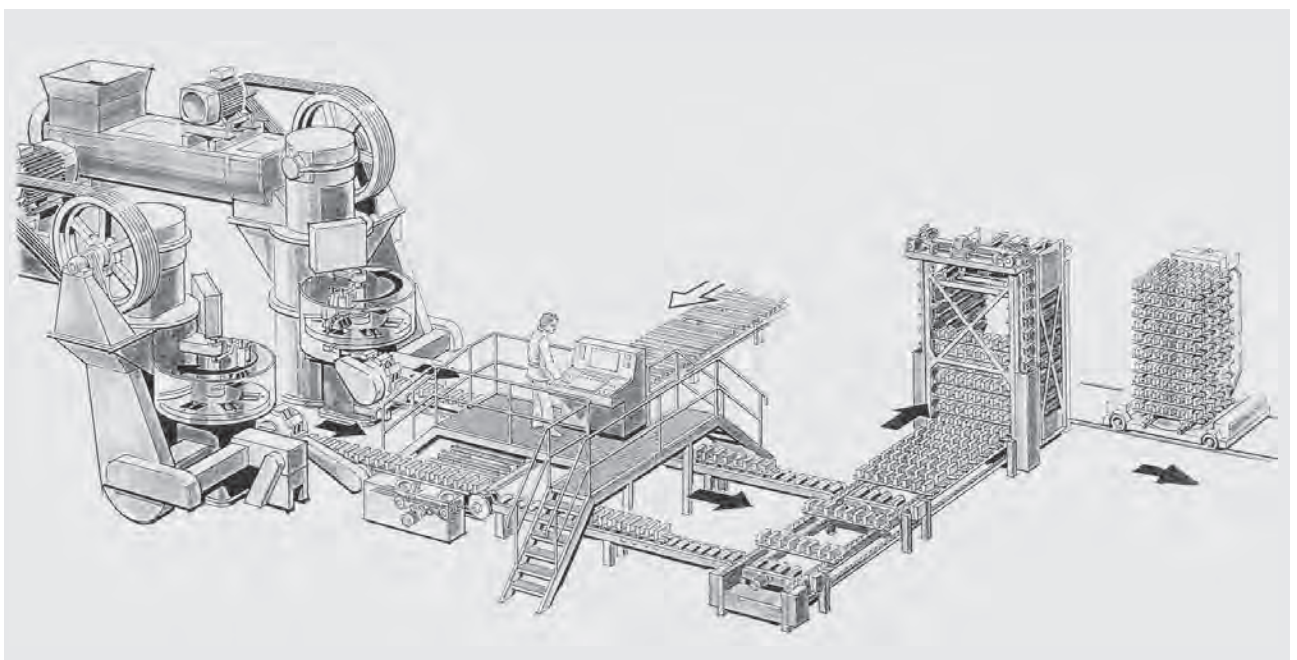


Bild 8.47. Weichsteinanlage von Petersen mit zwei Wasserstrichpressen, um 1985

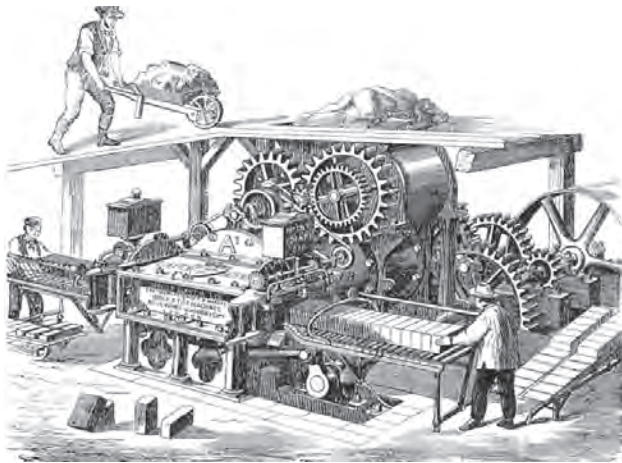


Bild 8.48. Claytons Ziegelpreßanlage, 1862

Produkte wie Lochziegel und Dränröhren. Als erste wurde 1808 die Kastenpresse von Hattenberg in Rußland bekannt. Sie bestand aus zwei Materialkästen und einem Preßblock, der über eine Zahnstange, Zahnräder und eine Handkurbel abwechselnd nach recht oder links bewegt wurde und dabei jeweils drei Strangstücke durch ein Mundstück preßte, die dann von Hand auf die Ziegellänge geschnitten wurden. Auf der Londoner Weltausstellung von 1862 wurde die Ziegelpreßmaschine von Clayton gezeigt (Bild 8.48.). Sie besteht aus einem Walzwerk und einem liegenden Tonkneiter, der das Material einer Kolbenpresse zuführt, deren doppelt wirkender Kolben zwei Tonstränge, abwechselnd nach links und rechts, herausdrückt. Die Tonstränge liefen auf einen Rollentisch und wurden mit einem Harfenabschneider auf Steingröße geteilt. Interessant ist auch, daß die Mundstücke, „Formmündung“ genannt, aus zwei horizontalen Platten und zwei stehenden Zylinderwalzen gebildet werden. In der Praxis konnte sich die Clayton'sche Ziegelpresse aber nicht durchsetzen. Größere Verbreitung fanden die Kastenpressen zur Drainrohrherstellung, bei der sie bis in die 1920er Jahre eingesetzt wurden (Bild 8.49.).

8.4.2.2. Walzenpresse

Eine weitere Art von Strangpresse war die Walzenpresse, die in Deutschland etwa ab 1865 von den Gebr. Sachsenberg in Roßlau gebaut wurde. Die Walzenpresse wurde in der Praxis dann gewöhnlich „System Sachsenberg“ genannt, was nicht ganz richtig war, denn die Maschine stammte aus England und wurde ursprünglich als Ainslie'sche Walzenpresse eingeführt. Der Ton wurde durch zwei Walzen in den Preßkopf und durch das Mundstück gepreßt. Die Tonzuführung erfolgte entweder direkt zwischen die beiden Walzen, einen stehenden Tonschneider oder eine liegende Schnecke (Bild 8.50.). Die letzten Walzenpressen wurden in den 1930er Jahren gebaut.

Eine besondere Art der Walzenpresse brachten 1970 die Rieterwerke heraus: Die als sog. „schneckenlose

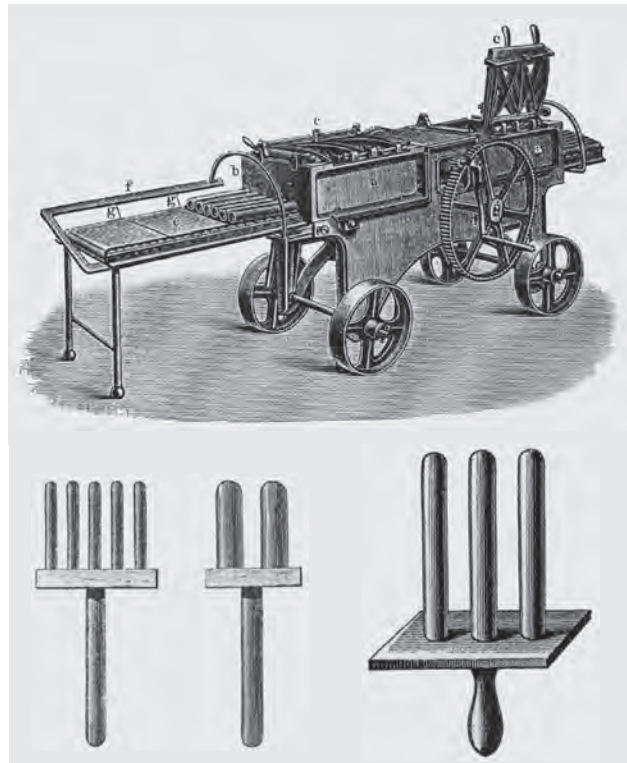


Bild 8.49. Doppelt wirkende Drainröhrenpresse (Kolben- oder Kastenpresse) mit zwei Preßkästen. Unten: Hölzerne Abnehmergabeln, deren Zinkenanzahl und Durchmesser der Anzahl und lichten Weite der ausgepreßten Drainröhren entspricht

Strangpresse“ Aufsehen erregende Europresse (Bild 8.51.). Sie besteht aus einem mit Ringnuten versehenen Rotor, in den eine glatte Speisewalze die Arbeitsmasse eindrückt, so daß sie in der Umfangsrichtung mitgenommen wird. Hat die Masse etwa zwei Drittel des Umfangs durchlaufen, so stößt sie gegen tangential angeordnete, in die Ringnuten eingreifende Ausstreicher, welche sie in den Preßkopf einleiten. In Verbindung mit einem Vakuummischer wird die Europresse auch zum Vakuummaggregat. Da sich der Ton während des Transports in den Nuten des Rotors nicht gegeneinander verschiebt, erwartete man von der Europresse Formlinge mit einem Höchstmaß an Textur- und Spannungsfreiheit. Diese Erwartungen erfüllten sich letztlich nicht, so daß die Europresse die Vormachtstellung der Schneckenpresse nicht gefährden konnte.

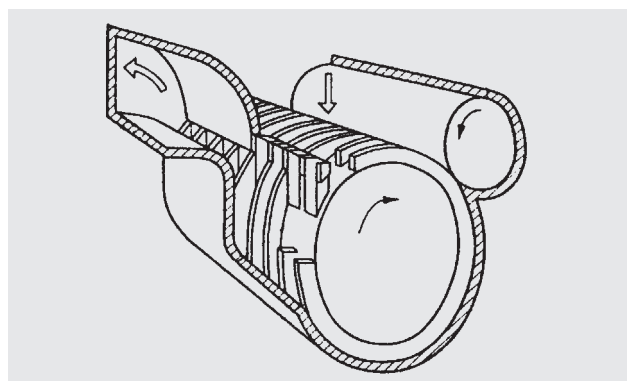


Bild 8.51. Funktionsprinzip der Europresse, 1970

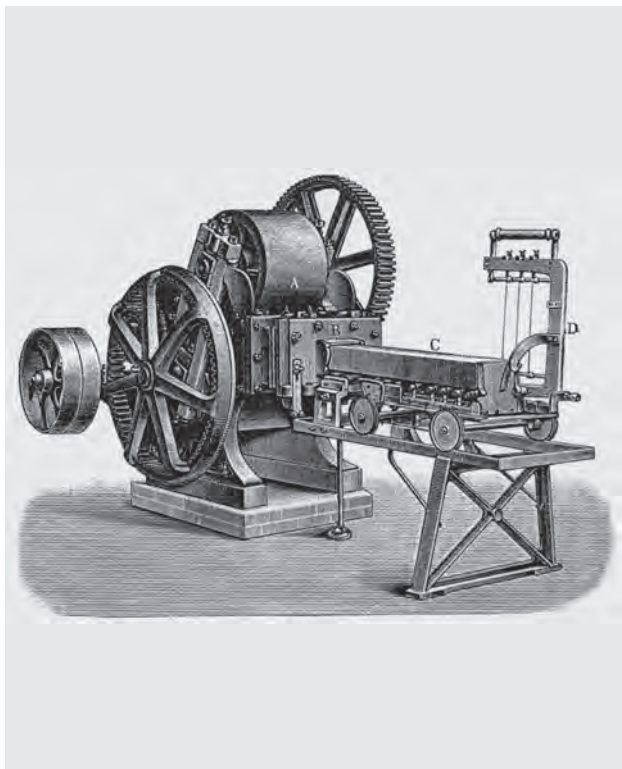


Bild 8.50a. Walzenpresse für direkte Materialaufgabe zwischen die beiden Walzen

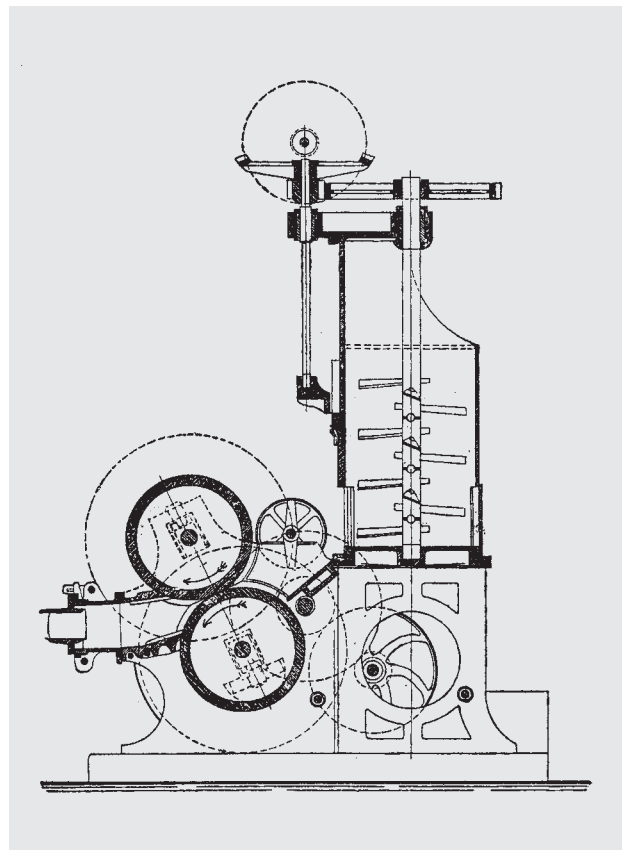


Bild 8.50b. Walzenpresse mit Tonzuführung über einen stehenden Tonschneider

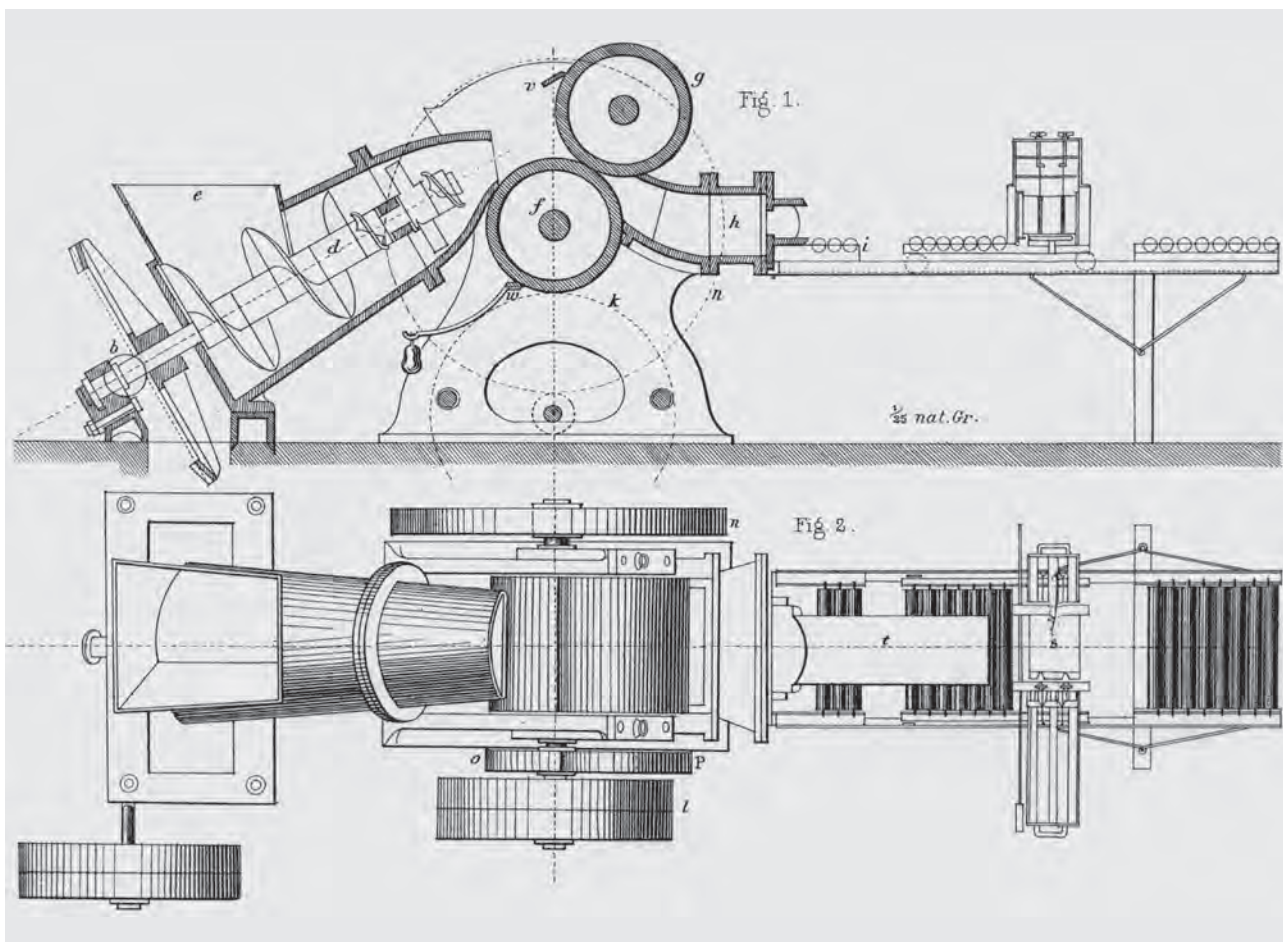


Bild 8.50c. Walzenpresse mit Materialaufgabe über einen schrägen Schneckenförderer

8.4.2.3. Schneckenpressen

Die Erfindung der Schneckenpressen war – neben der Entwicklung des Hoffmannschen Ringofens 1856 – eine entscheidende Voraussetzung für den Übergang zur industriellen Produktion. In Deutschland und den Industrieländern werden die Mauerziegel heute überwiegend durch Strangpressen oder Extrudieren mit Schneckenpressen, auch Schneckenextruder genannt, hergestellt.

Allgemein gilt Carl Schlickeysen als der Erfinder der Schneckenpresse, der er aber nicht ist, denn in der einschlägigen Literatur werden schon vor seiner Zeit Schneckenpressen beschrieben, z.B. als „Ziegelpreßmaschinen mit Knetschrauben“. Auch bei Schaller⁶¹ werden schon Schneckenpressen aufgeführt, so die von George aus Lyon (1828), von Tewendale und Hunt 1840, von Frederik Ransome (1846) u.a. Die von Randal und Saunder (1852), eine Doppelschneckenpresse, entspricht sogar weit mehr unseren heutigen Vorstellungen von einer Schneckenpresse als die von Schlickeysen (Bilder 8.52.). Aber erst die 1854 von Schlickeysen konstruierte „Patent-Universal-Ziegelmaschine“ brachte den Durchbruch und setzte sich auf dem Markt durch. Der Erfolg der Schlickeysenschen Presse dürfte mit darin begründet sein, daß sie auf dem den Ziegeln bereits bekannten und wohlvertrauten Tonschneider basierte und damit Aufbereitung und Formgebung in einem Zug erledigte, aber auch darin, daß Schlickeysen schon damals, mehr als seine Konkurrenten, etwas von Marketing verstand.

Die Kleimühle des Holländers J. S. Speckstruyff von 1643 hatte sich ab 1860 – zum vertikalen Tonschneider weiterentwickelt – als Aufbereitungsmaschine in den Ziegeleien etabliert (vergl. Bild 7.9.). Es lag nun nahe, den Tonschneider durch Ansetzen eines Mundstücks am Austritt zur Erzeugung eines endlosen Strangs zu benutzen. Um einen gleichmäßigen Austritt zu erhalten, war es notwendig, die Anordnung der Tonschneidmesser, insbesondere des unteren Messerpaars, zu ändern.

Dies gelang dem Berliner Maschinenfabrikanten Carl Schlickeysen 1854 mit seiner „Schraube für plastische Körper,“ die er in einen Tonschneider einbaute und in fast allen Staaten Europas patentieren ließ. Auf der Landwirtschaftlichen Ausstellung in Cleveland im Jahre 1855 wurde die Schlickeysensche Presse zum ersten Mal öffentlich gezeigt. Eines der ersten Exemplare ist noch im Deutschen Museum in München zu sehen. Es ist eine „stehende“ Presse für horizontale Extrusion (Bild 8.53.). Der Antrieb erfolgte über Göpel durch Pferde (Bild 8.54.). Die Leistung betrug etwa 3000 Steine pro Tag. Seine ersten Pressen ließ Schlickeysen bei der 1848 gegründeten Eisengießerei Hertel & Co. in Nienburg gießen, die sich bereits mit der Herstellung von Tonschneidern befaßte und später zu einem bedeutenden Ziegelmaschinenhersteller wurde (Bild 8.55.).

Die erste mit Dampfkraft betriebene Schlickeysen Presse wurde 1858 an die Firma C. Schneider in Roßlau a.d. Elbe geliefert. (Siehe Bild 12.8.) Diese Maschine lieferte täglich 8000-16000 Ziegel. Als ste-

Bilder 8.52. Doppelschneckenpressen

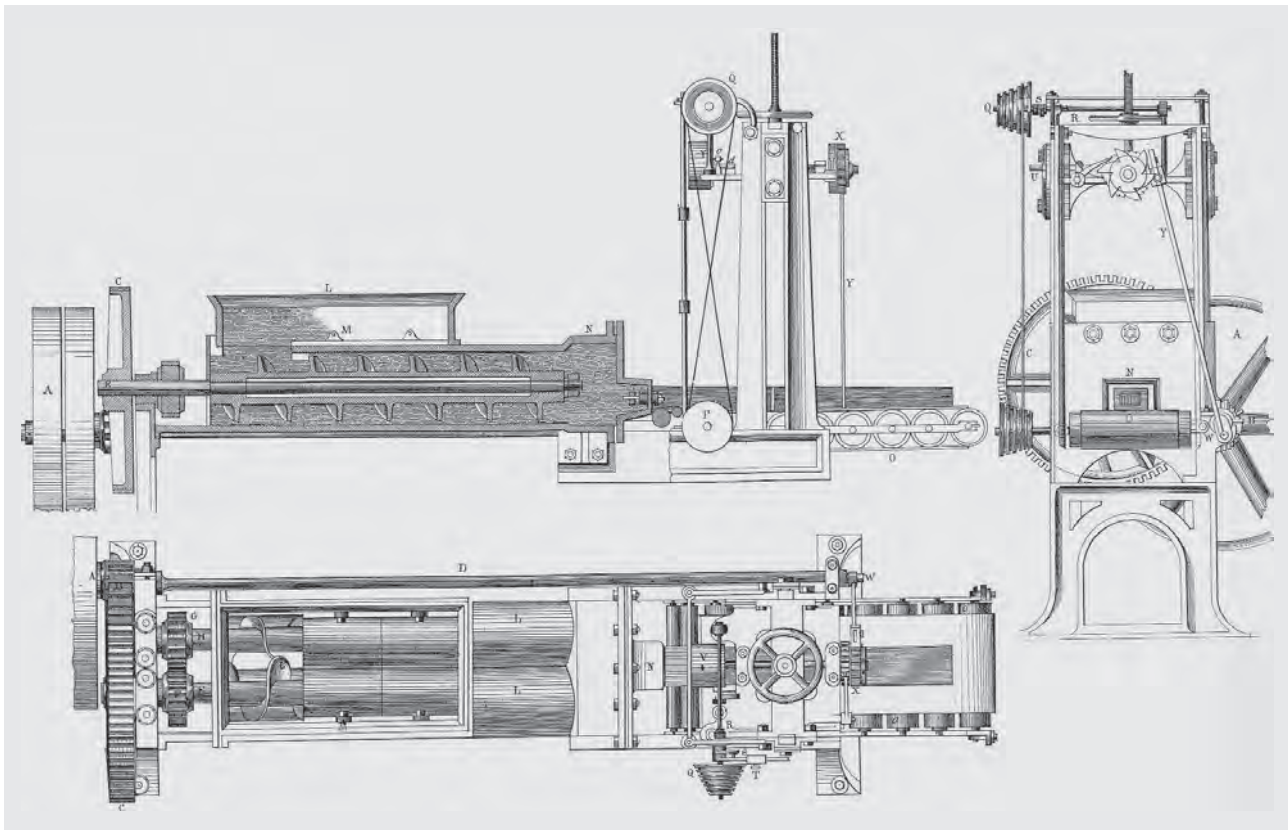


Bild 8.52a. Doppelschneckenpresse von Randal & Saunder, 1852

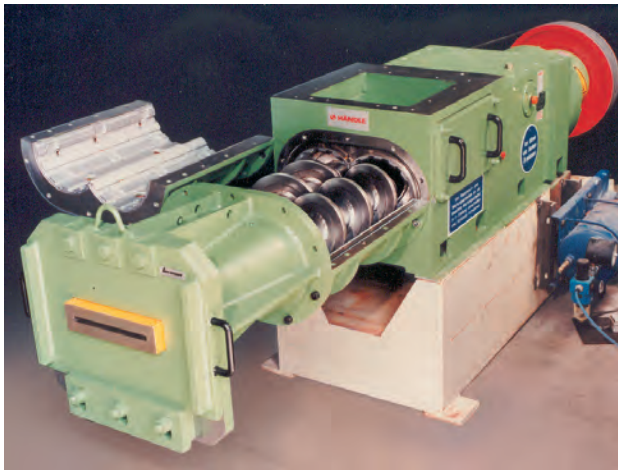


Bild 8.52b. Von Händle 1994 wiederentdeckt: Doppelschneckenextruder zur Extrusion von breiten Flachsträngen

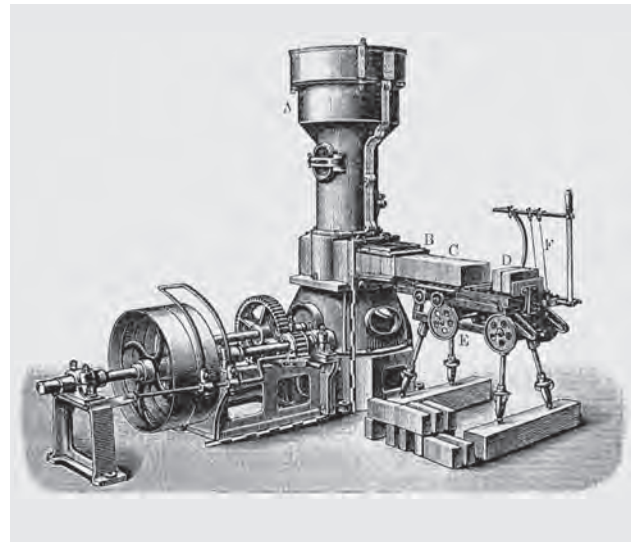


Bild 8.55. Mit Dampfkraft betriebene stehende Ziegelpresse, um 1890

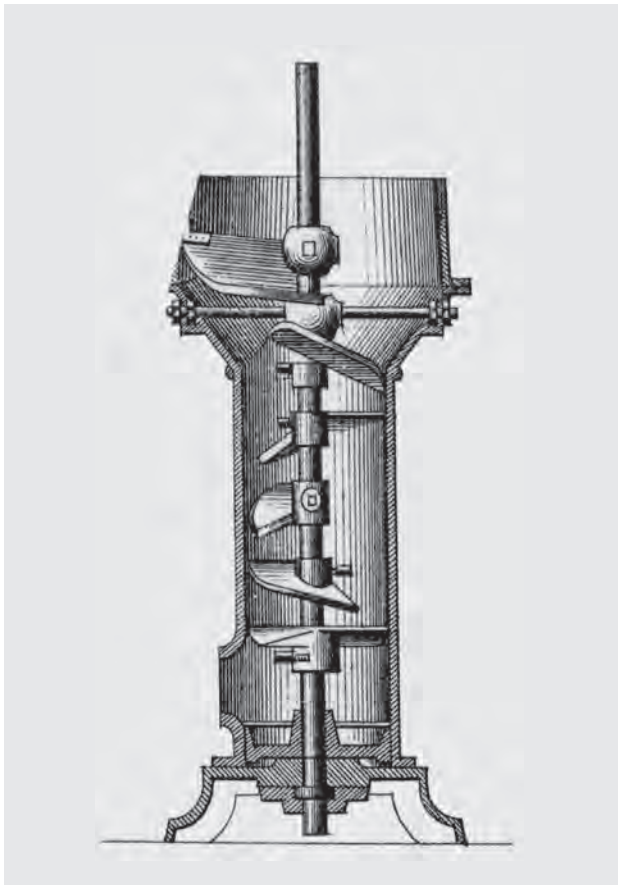


Bild 8.53. Schnitt durch die stehende Ziegelpresse von Schlikkeysen, 1855

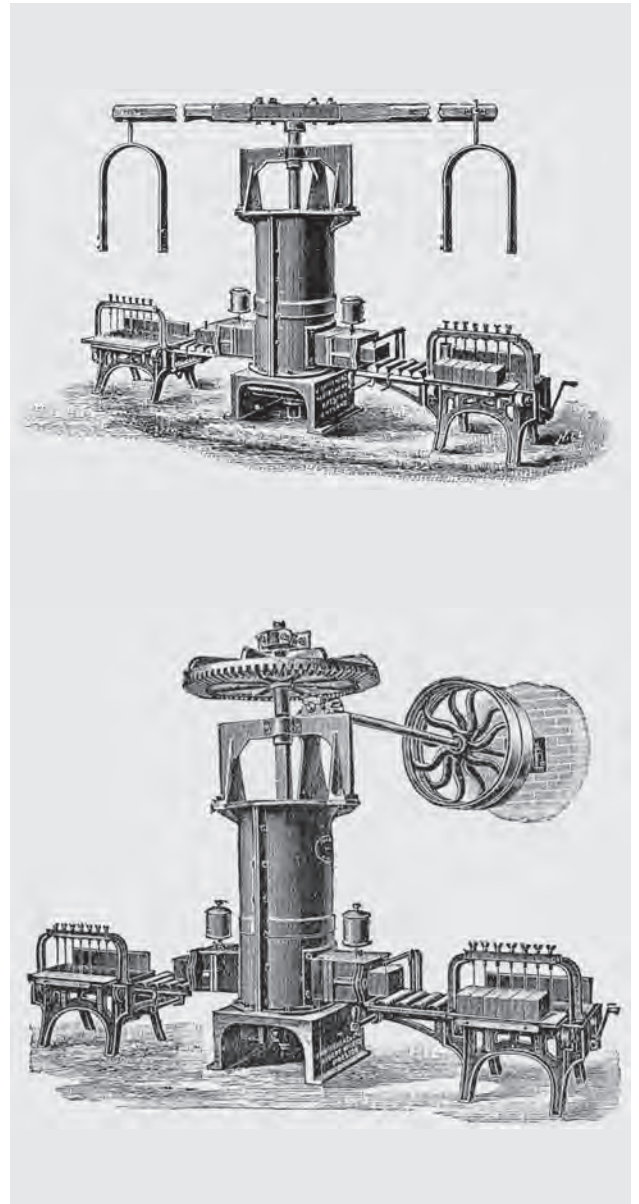


Bild 8.56. Stehende Ziegelpresse für zwei Austritte, oben für Tierbetrieb, unten für Maschinenbetrieb

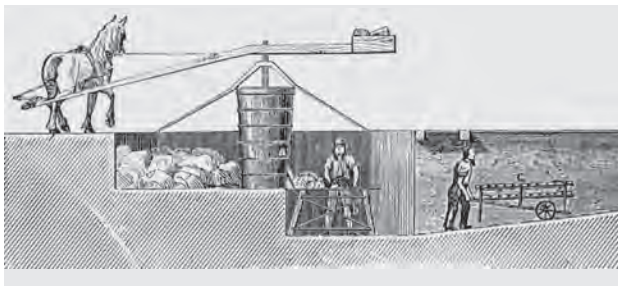


Bild 8.54. Ziegelpresse für Tierbetrieb: Um einen ungestörten Pferdeumgang zu erreichen, wurden Mundstücksaustritt und Abscheider unter Flur gelegt

hende Presse wurde sie dann auch für zwei Austritte konzipiert (Bild 8.56.).

1865 führte Schlickeysen dann die „liegende“ Schneckenpresse für horizontale Extrusion ein, die seither gebräuchlichste Ausführung (Bilder 8.57.).

Bilder 8.57. Schneckenpresse

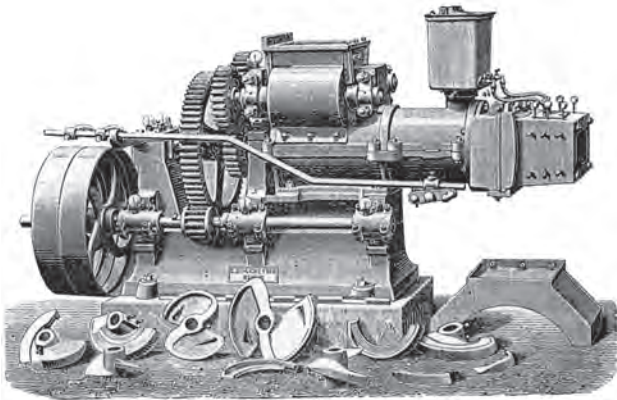


Bild 8.57a. Liegende Ziegelpresse von Schlickeysen, 1865

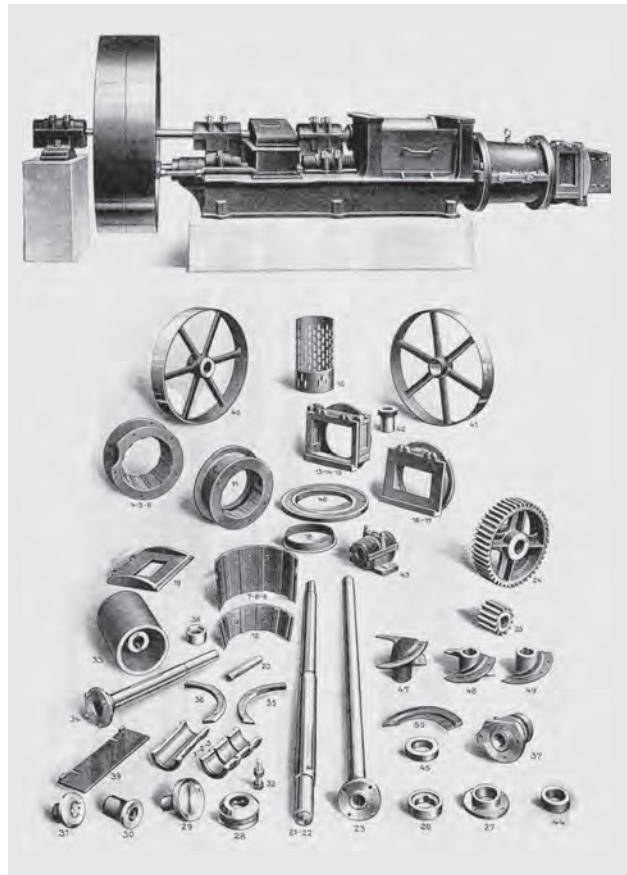


Bild 8.59. Schneckenpresse um 1935, mit einer Zusammenstellung der wichtigsten Ersatz- und Verschleißteile

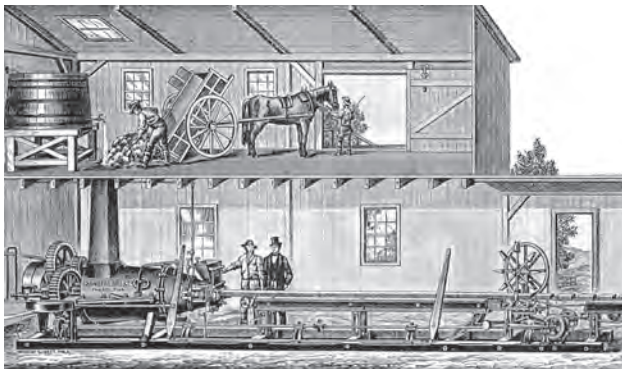


Bild 8.57b. Amerikanische Schneckenpresse, um 1885

Für die Röhrenproduktion wurde die Strangpresse dann auch als „hängende“ Presse, für vertikale Extrusion nach unten, ausgeführt (Bild 8.58.).

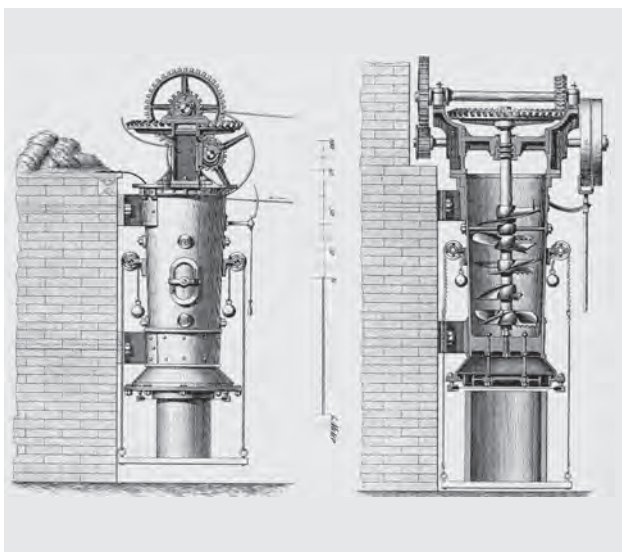


Bild 8.58. „Hängende Presse“ für die senkrechte Extrusion von Röhren und Dachziegeln

Die ersten Strangpressen hatten Preßzylinderdurchmesser von 250-300 mm. In der Folge wurden Pressen mit immer größeren Zylinderdurchmessern (350, 400 und 450 mm) gebaut für größere Durchsatzleistungen und größere Ziegelformate. Die ersten 500er Pressen entstanden um 1920, ab 1930 auch Pressen mit 600 mm Zylinderdurchmesser. 1960 war für die Mauerziegelherstellung der häufigste Zylinderdurchmesser 450 mm, 1990 lag er bei 560 mm, und es gibt auch Extruder mit 750 mm Zylinderdurchmesser serienmäßig (Bild 8.59.). Die größten Schnecken-durchmesser gehen bis 1600 mm, hier handelt es sich um vertikale Extruder für Spezialanwendungen außerhalb der Ziegelherstellung.

Bauarten

Etwa ab 1860 wurden zahlreiche Ziegeleimaschinenfabriken gegründet. Fast alle begannen ihre Tätigkeit mit dem Bau von Strangpressen und auf diese Weise entstand eine heute nicht mehr überschaubare Zahl unterschiedlichster Schneckenpressen-Konstruktionen, von denen einige aus dem Rahmen des üblichen fallende in den Bildern 8.60 – 8.65. dargestellt sind.

Funktionsprinzip

Bei der Schneckenpresse handelt es sich im Prinzip um eine Art überdimensionierten Fleischwolf, bestehend aus dem Einfallrumpf (Aufgabevorrichtung) mit angebautem Preßzylinder, in dem die Schneckenwelle mit den Treib- und Preßschnecken rotiert. An

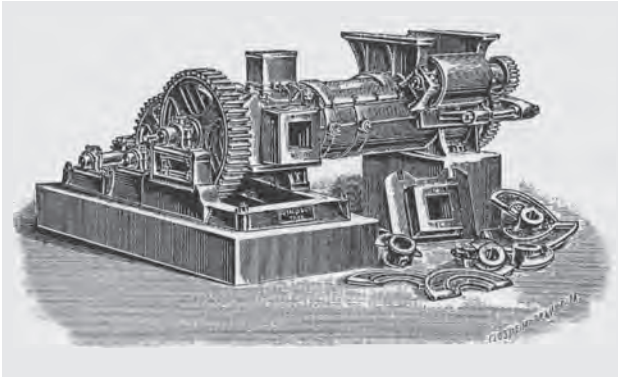


Bild 8.60. Schneckenpresse mit am Preßkopf liegendem Antrieb und seitlichem Austritt des Tonstrangs, Fa. Ed. Laeis & Co., Trier, um 1910

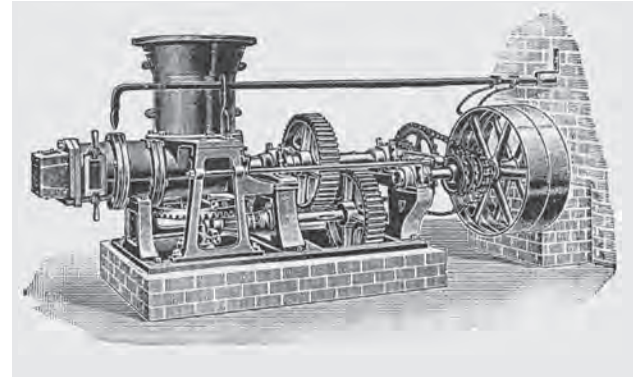


Bild 8.63. Liegende Ziegelpresse mit stehendem Tonschneider, Fa. Kuhnert & Co., Meißen, um 1908

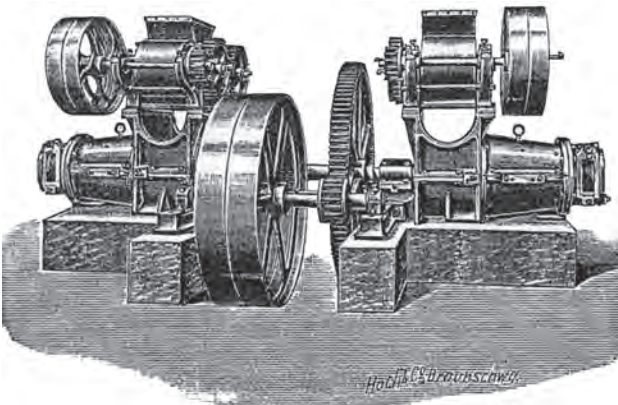


Bild 8.61. Zwei Rücken an Rücken angeordnete Schneckenpressen mit gemeinsamem Antrieb, um 1910

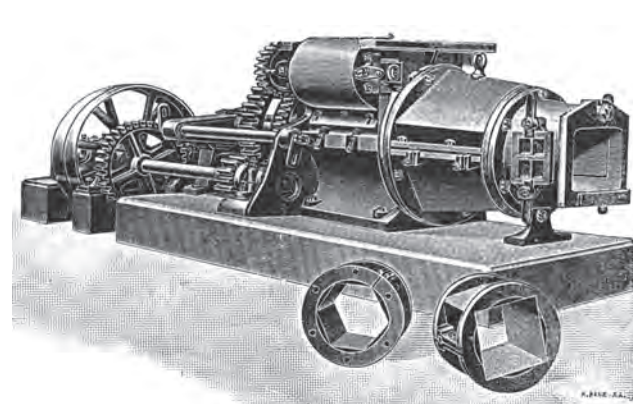


Bild 8.64. Kuhnertsche Treibpresse mit kantigem Preßzylinder um das Verdrehen des Tons zu verhindern

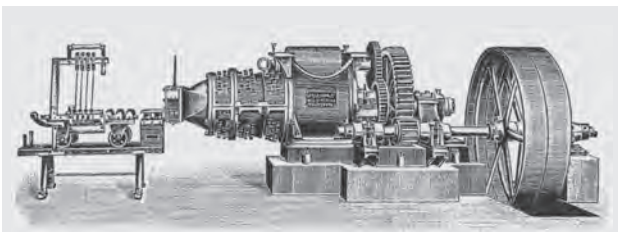


Bild 8.62. Stufenpresse von Griesemann & Co., Magdeburg, und Stufenzylinder zur Verhinderung von Tonrückstau im Preßzylinder

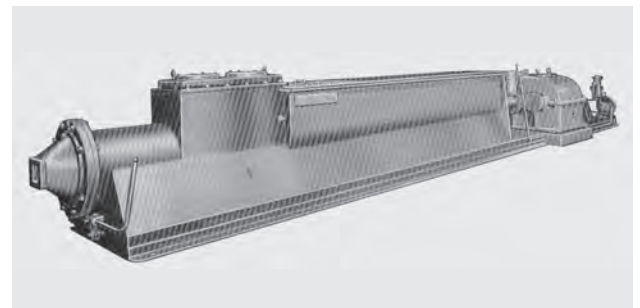


Bild 8.65a. Amerikanisches Vakuumaggregat „Eagle“ der Firma International Clay Machinery, Dayton/Ohio, mit Einwellenmischer, Gesamtlänge 11,5 m, Kraftbedarf 125 – 200 PS, Leistung bis 15 000 amerikanisches Normalformat (ca. 203 x 102 x 57 mm), um 1965

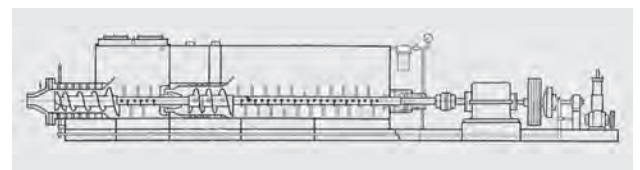
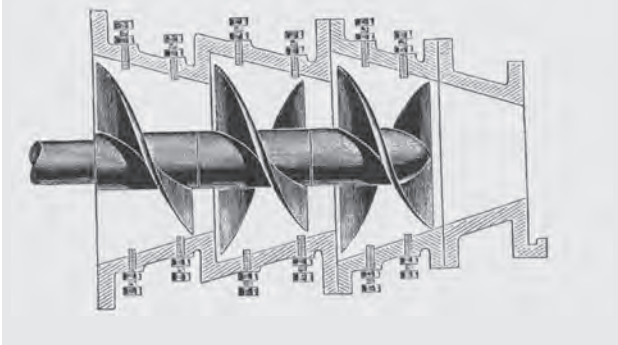


Bild 8.65b. Schnitt durch das Vakuumaggregat „Eagle“

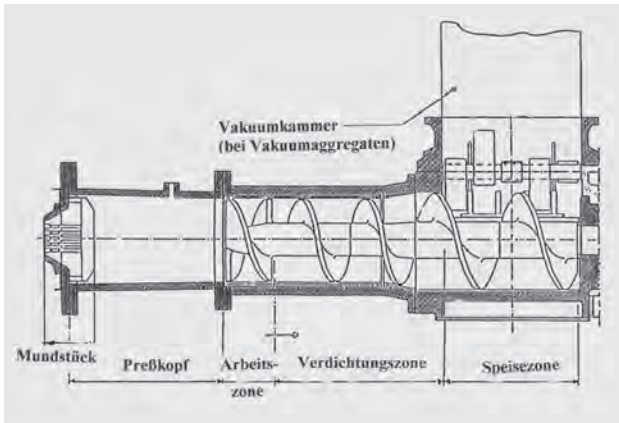


Bild 8.66a. Schema der Strangpresse mit den 3 Schnecken-
zonen und den beiden Preßwerkzeugen Preßkopf und Mundstück

Preßschnecken wird der Ton über den Preßkopf, in dem das Material verdichtet und der erforderliche Preßdruck aufgebaut wird, durch das Mundstück gepreßt (Bilder 8.66.+8.67.). Große Schwierigkeiten bereiten zunächst die u.a. durch Fließvorgänge und die Verdrehung des Tons in der Schnecke und ungleichen Strangvorschub auftretenden Formgebungsfehler wie Strukturen (heute als Texturen bezeichnet), Drachenzähne u.a. (Bilder 8.68.+8.69.).

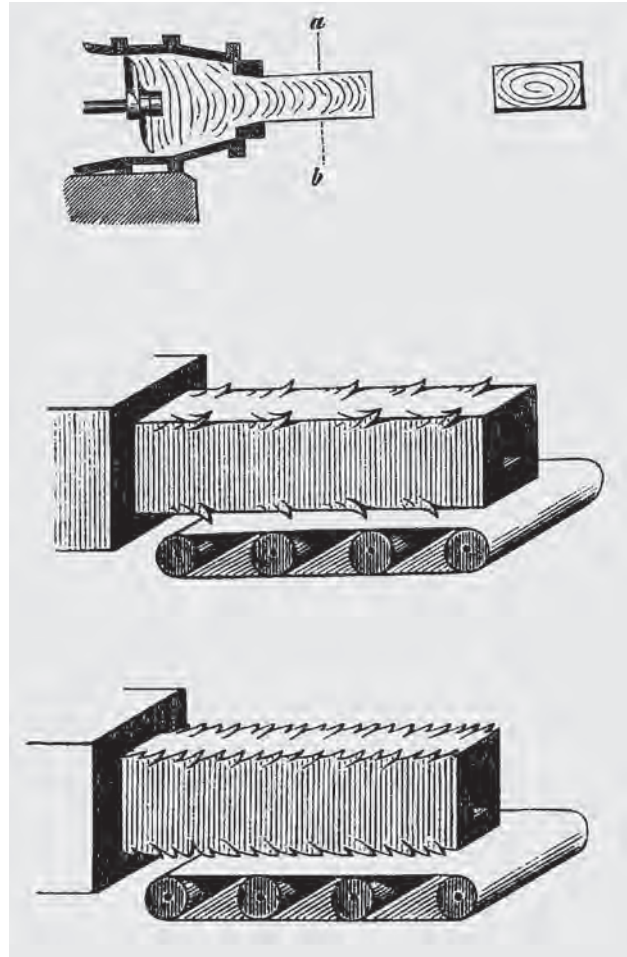


Bild 8.68. Preßfehler, oben: Ringstrukturen, Mitte/unten: Drachenzähne

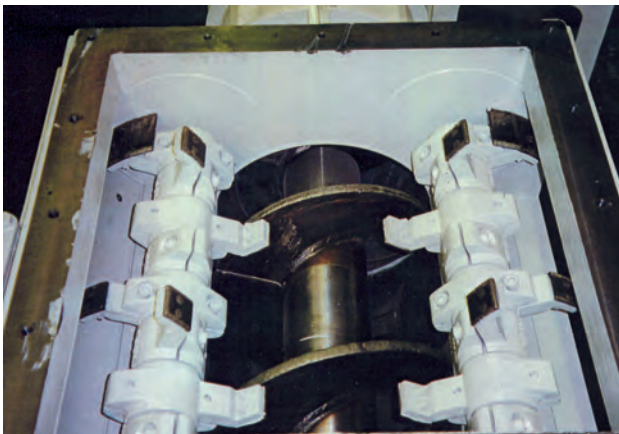


Bild 8.66b. Blick in den Einfallrumpf einer Schneckenpresse mit zwei Speisehaspeln, die den Ton in die Schnecke drücken

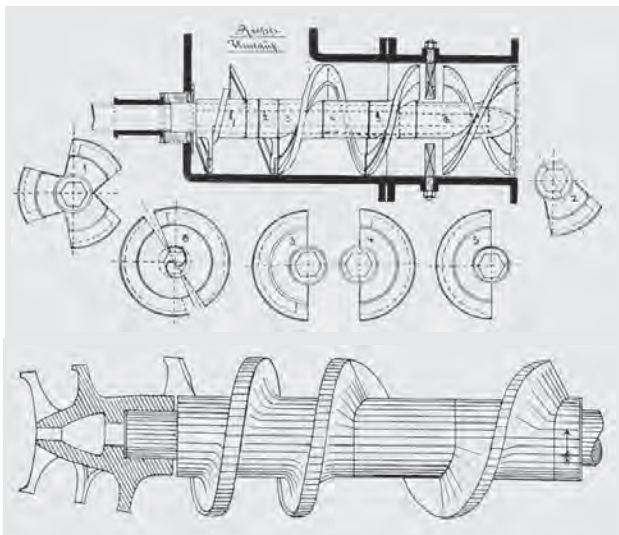


Bild 8.67. Oben: Schneckenbestückung einer Schneckenpresse für normale Weichverpressung, 1925, unten: Amerikanische Schnecke für Steifverpressung, 1925

den Preßzylinder schließt sich der Preßkopf und das Mundstück an. Der Ton wird im Einfallrumpf aufgegeben und durch eine oder zwei Speisewalzen (ab 1874) oder Speisehaspeln (ab 1930) in die Schneckengänge gedrückt. Von den rotierenden Treib- und

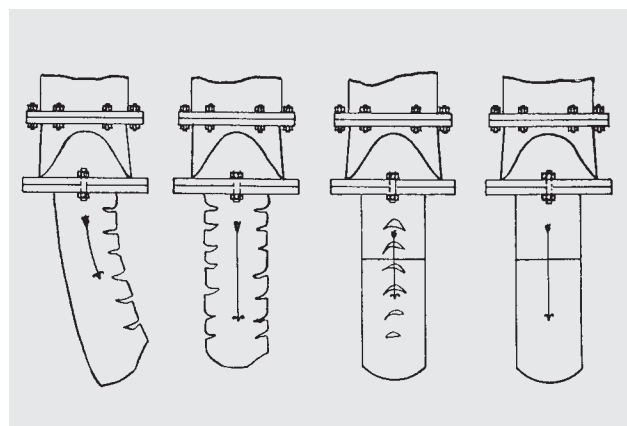


Bild 8.69. Stranglauf beim Strangpressen von Bibern, von links nach rechts: a. schieflaufender Strang durch einseitigen Vorschub, b. Drachenzähne, c. zu geringer Mittenvorschub, d. normaler Stranglauf

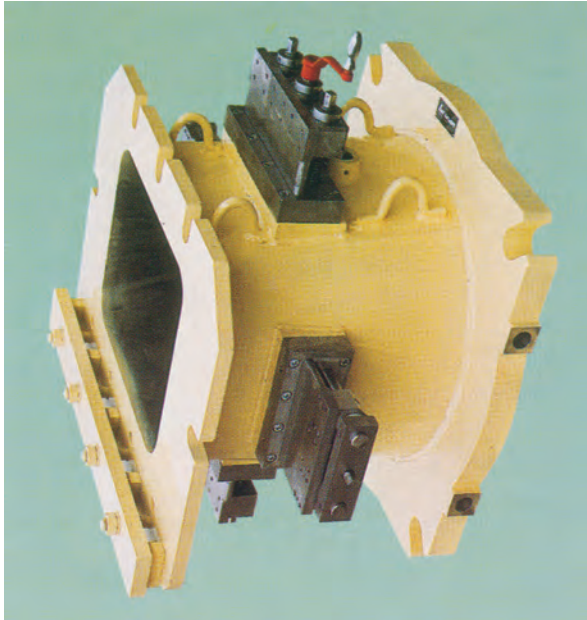


Bild 8.70. Preßkopf mit verstellbaren Reguliern von Braun, um 1985

Preßkopf und Mundstück

Der Preßkopf bildet den Übergang vom runden Preßzylinder zum meist rechteckigen Eintritt in das Mundstück, dem eigentlichen formgebenden Organ. Die Kombination Preßkopf und Mundstück wird auch als Preßwerkzeug bezeichnet. Dabei wird das Mundstück in eine sog. Vorsatzplatte eingepaßt und damit an den Preßkopf angeschraubt. Für Vollziegel gab es aber auch eine Ausführung, bei der Preßkopf und Mundstück eine Einheit bilden.

Preßkopf

Als Verbindungselement von Preßzylinder und Mundstück muß der Preßkopf vor allem gleichmäßige Zuflußbedingungen über den gesamten Mundstücksbereich schaffen. Zunächst verwendete man den Universalpreßkopf, den man für alle Tonsorten und Produkte verwendet. Man kam aber schnell dahinter, daß fette Massen längere Preßköpfe erfordern als magere. Lochziegel benötigen ebenfalls längere Preßköpfe als Vollziegel, um zwischen dem Kernbügel des Mundstücks und der Endschnecke noch ausreichend Platz zur Verfügung zu haben (Bild 8.70.).

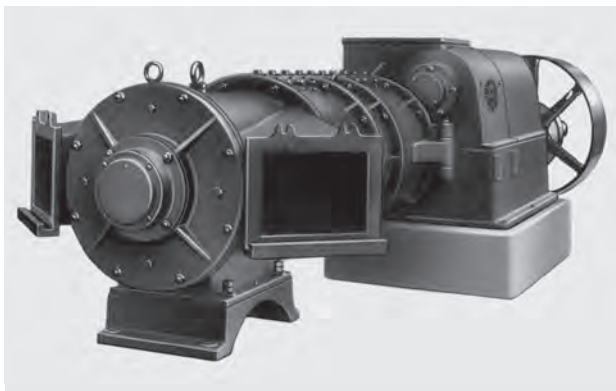


Bild 8.71. Strangpresse mit Zwillingpreßkopf für zwei Abschneideanlagen

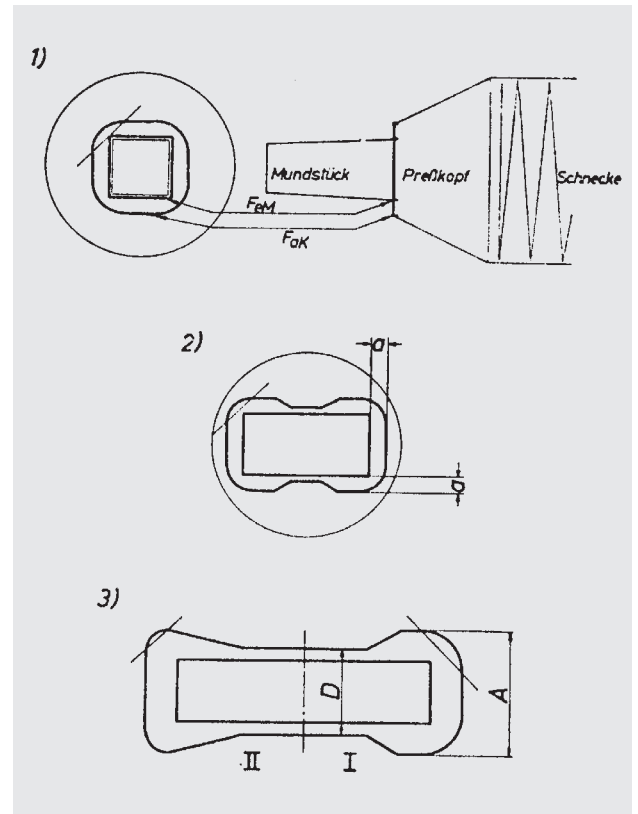


Bild 8.72. Austrittsquerschnitt von IZF-Preßköpfen. Der Förderquerschnitt durchläuft auf dem Weg von der Schnecke zum Austritt zunächst einen Kreis, dann eine Hundeknochen-ähnliche Form und schließlich den eigentlichen Formlingsquerschnitt

Schon vor 1900 arbeitete man mit Zwillingpreßköpfen für zwei Mundstücke mit zwei Abschneideanlagen (Bild 8.71.). Mitte der 1970er Jahre wurde in Essen der sog. Preßkopf mit IZF-Kern entwickelt, bei dem annähernd gleiche Widerstände im Preßkopf durch die Anpassung der Konizität an die Strangform in Mundstücksnähe erreicht werden sollten (Bild 8.72.).

Etwa zur gleichen Zeit entstanden die Regulierpreßköpfe, bei denen mit von außen verstellbaren Schiebern auf den Materialfluß eingewirkt werden kann. Entsprechend der Vielzahl der herzustellenden Formate wurde es üblich, mit mehreren entsprechend angepaßten Preßköpfen zu arbeiten. Zum schnellen Preßkopfwechsel wurden Preßkopfschwenk- und -verschiebeeinrichtungen entwickelt (Bilder 8.73.+8.74.).



Bild 8.73. Strangpresse mit Preßkopfschwenkvorrichtung für zwei Preßköpfe

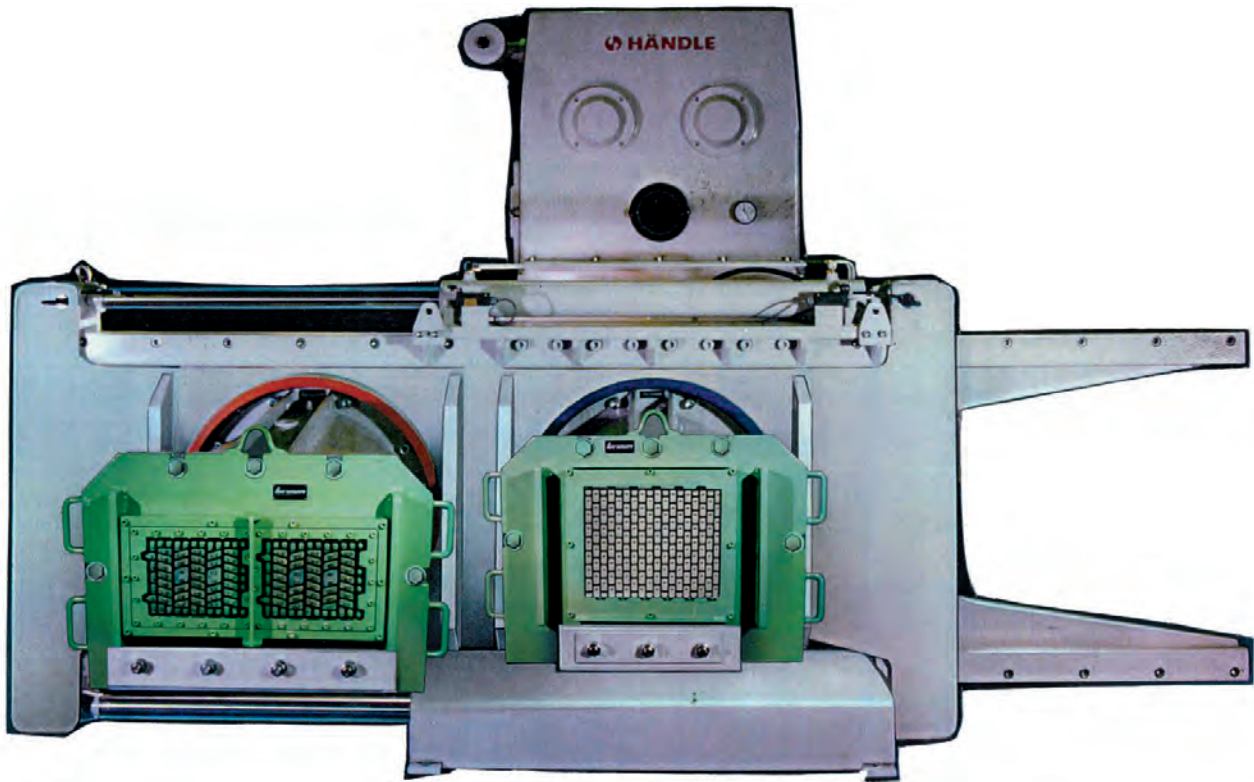


Bild 8.74. Hydraulische Preßkopfverschiebevorrichtung mit zwei Preßköpfen und montierten Mundstücken

Mundstück

Das Mundstück muß den gewünschten Strangquerschnitt mit einer glatten, rissefreien Oberfläche gewährleisten. Es dauerte sehr lange, bis die Pressenhersteller brauchbare Mundstücke herstellen konnten. Das führte in den ersten Jahren sogar dazu, daß mancher Ziegler entnervt die gerade erst angeschaffte Strangpresse wieder stilllegte und zum für ihn problemloseren Handstrich zurückkehrte. Zunächst war es nämlich überhaupt nicht möglich, einen Strang ohne Drachenzähne zu extrudieren. Man behalf sich damit, daß man Drähte vor das Mundstück spannte und die aufgerissenen Seiten der Steine einfach abschnitt (Bild 8.75.). Natürlich mußte dazu der Austrittsquerschnitt entsprechend größer ausgelegt werden. Anfänglich wurden die Mundstücke auch mit Tuch, sog. englischem Leder, einem festen dichten Baumwollgewebe, ausgeschlagen. Das Problem

Drachenzähne wurde behoben, als 1865 Schlickeysen dann das Mundstück mit Bewässerung erfand, die „Schuppenbewässerungsform“, dessen Innenseite mit schuppenartigen Blechstreifen bekleidet war. Das zwischen den Blechschuppen eingeführte Wasser wirkte wie ein Schmiermittel, das den Ton glättete.

Zu den ersten Ziegelpressen lieferten die Hersteller Mundstücke aus Eisen. Da man das Mundstück aber jeweils an die örtlichen Rohstoff- und Produktverhältnisse anpassen mußte und es zu lange dauerte, bis eiserne Mundstücke entsprechend angepaßt oder für neue Formate fertiggestellt waren, fertigten die Ziegler ihre Mundstücke bald selbst aus Holz. Dabei lernte man deren schnelle Bearbeitbarkeit und gute Eignung kennen und so kam es, daß bis etwa 1925 sehr viel hölzerne Mundstücke in Gebrauch waren.

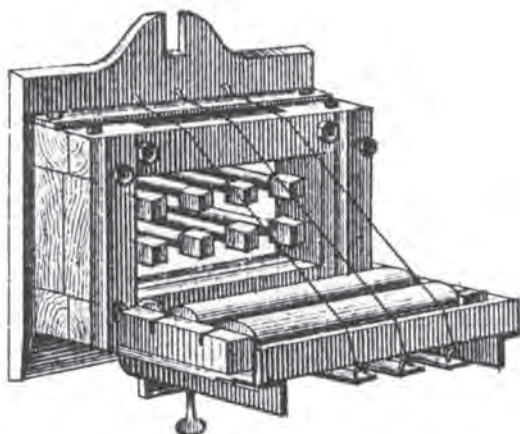


Bild 8.75. Mundstück mit Drähten

Bilder 8.76. Mundstücke

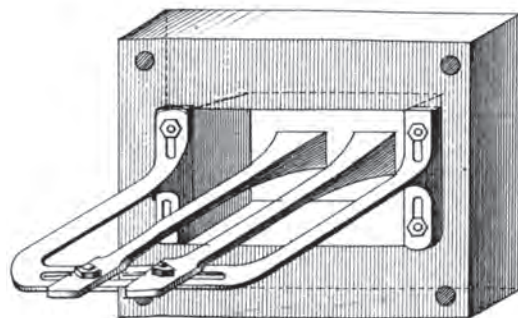


Bild 8.76a. Blick von hinten auf ein Mundstück für einen Mauerziegel mit zwei Löchern: Man erkennt den Kernbügelhalter mit den beiden daran befestigten Kernen

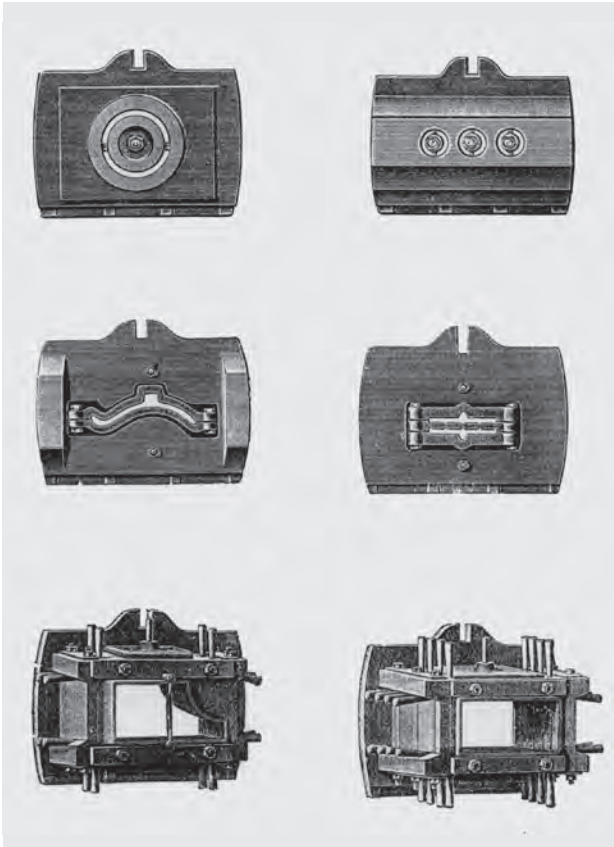


Bild 8.76b. Verschiedene Mundstücke um 1890

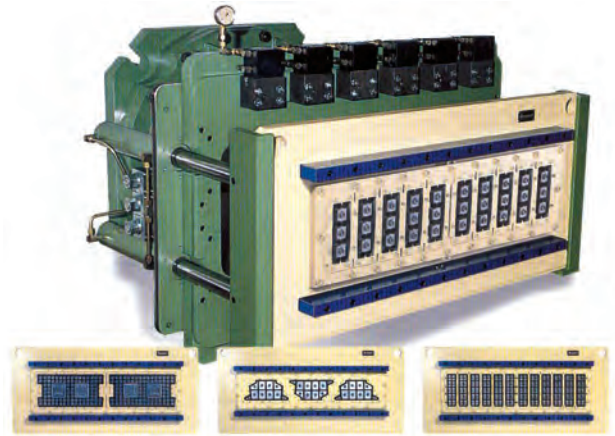


Bild 8.77. Verschiedene Mundstücke für mehrsträngigen Austritt mit Vortriebs-Reguliereinrichtung, von Braun

Mit dem Aufkommen der Lochziegel mußten die Mundstücke mit entsprechenden Kernen, Kernhaltern und Kernhalterbügel ausgerüstet werden. Die immer komplizierter werdenden Mundstücke führten dazu, daß der Mundstücksbau zu einer Spezialisierung innerhalb des Ziegeleimaschinenbaus führte und noch heute gibt es einige wenige Firmen, die sich ausschließlich mit der Herstellung von Mundstücken befassen (Bilder 8.76.+8.77.).



Bild 8.78. Vakuumaggregat von Händle mit Einwellenmischer und Steifextruder, Preßkopf mit Beölung und Preßkopfschwenkvorrichtung, 1992

Weich-, Halbsteif- und Steifverpressung

Nach der Preßfeuchte und dem Druck, der im Preßkopf gemessen wird, unterscheidet man zwischen Weichverpressung (ca. 4-12 bar), Halbsteifverpressung (ca. 13-22 bar) und Steifverpressung (ca. 25-80 bar). Die konstruktive Auslegung, insbesondere von Preßschnecke und Antrieb, muß auf diese Verpressungsarten abgestimmt sein.

Die ersten Schneckenpressen eigneten sich in der Regel nur für die Weichverpressung mit Preßfeuchten von ca. 20-27% atro. Etwa ab 1950 war auch eine Halbsteifverpressung mit Preßfeuchten von ca. 15-20% atro möglich. Die Steifverpressung mit Preßfeuchten von ca. 12-17% atro, wurde zuerst in den USA praktiziert. Hierbei werden die Formlinge mit so hoher Druckfestigkeit (ca. 0,20- 0,45 N/mm²) extrudiert, daß sie bereits in frisch verpreßtem Zustand stapelfähig sind und direkt ein- oder mehrlagig auf Ofenwagen gesetzt werden können. Dies erfordert entsprechend dimensionierte Pressen. In Europa war es die Ziegeleiabteilung der nationalen Kohlekommission in England, die 1959 erstmals Steifpreßversuche durchführte und feststellte, daß die stranggepreßten Ziegel fest genug waren, um direkt in einem Hoffmann-Ofen gesetzt werden zu können. Die erste Produktionsanlage wurde 1960 errichtet. 1962 wurden auf einer Schneckenpresse mit 330 mm Zylinderdurchmesser von Bradley & Craven erstmals steifverpreßte Ziegel, unter Umgehung einer Trocknerei, direkt auf Tunnelofenwagen gesetzt. In Deutschland wurde die erste Steifpresse, eine PZ 60e/45s mit 450 mm Zylinderdurchmesser, von Händle/Mühlacker 1967 in einem bayerischen Ziegelwerk installiert. Hergestellt wurden Vollsteine und Hochlochziegel bis 47% Lochanteil. Zur Steifverpressung wird eine spezielle Preßkopf-Mundstückkombination mit Beölungsring verwendet, über den mittels einer Pumpe Öl zur Verbesserung des Gleitverhaltens des Tons eingeführt wird (Bild 8.78.).

Vakuumverpressung

Alle keramischen Massen enthalten einen gewissen Gasanteil, größtenteils in Form feinsten Luftbläschen, die mit trennender Wirkung zwischen den einzelnen Masseteilchen eingelagert sind. Die Einführung der Vakuumverpressung war für die Extrusionstechnik ein entscheidender Schritt nach vorn. Der Gedanke, dem Rohstoff die eingeschlossene Luft, die magernde Wirkung hat und zu Blasenbildung führt, zu entziehen und damit die bildsamen Masseteilchen in unmittelbare und bessere Berührung miteinander zu bringen und so eine Plastizitätserhöhung und Texturminderung zu erreichen, ist amerikanischen Ursprungs. In den USA begannen die ersten systematischen Arbeiten auf diesem Gebiet um 1900 mit dem Ziel, Strukturen bei extrudierten Maschinenziegeln zu vermeiden.

Das Prinzip der Tonentlüftung oder -evakuierung ist einfach: Die Tonmasse wird in möglichst kleine Teilchen aufgeschnitzelt, die dann in eine Kammer, die sog. Vakuumkammer, gelangen, in der durch eine

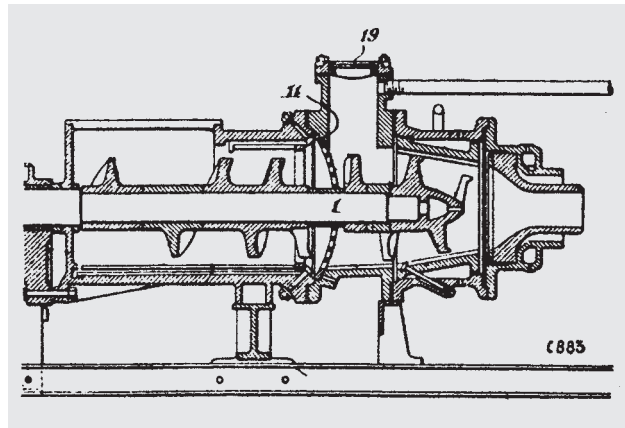


Bild 8.79. Vakuumpresse der Fa. Bonnot Compay in Canton/Ohio nach dem Patent Nr. 1478842 von Stanley, um 1923

geeignete Pumpe ein Unterdruck oder Vakuum erzeugt und dadurch die Luft abgesaugt wird.

Im Jahre 1902 erhielt der Keramikingenieur R.H. Stanley in Chicago unter der Nr. 701 957 das Erstpatent auf eine „Entlüftungsmaschine für verformte Tonmassen“⁶² (siehe Bild 5.6.).

Dieses Patent wurde von der Firma Chambers Brothers in Philadelphia erworben und Entlüftungspressen danach gebaut. Im Jahre 1922 wurde R.H. Stanley das U.S.-Patent Nr. 1478842 erteilt, bei dem die Vorpreß- und Hauptpreßschnecke, mit einer dazwischen angeordneten Schnitzeleinrichtung und Vakuumkammer, auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind. Gegenüber seinem ersten Patent von 1902, bei dem man von einem Vorläufer des Vakuumaggregats sprechen kann, handelt es sich hier um einen Vakuumpresse. Als Zerteileinrichtung dient ein Lochblech, das den Ton beim Eintritt in die Vakuumkammer in viele dünne, wurstchenartige Stränge zerlegt.

Die Firma Bonnot Company in Canton/Ohio baute diese Vakuumpresse nach dem Patent Stanleys (Bild 8.79.). So gab es um 1923 in den USA schon recht brauchbare Konstruktionen von Vakuumpressen. Erstaunlicherweise blieb dieses Verfahren in Europa lange Zeit unbekannt oder unbeachtet. Erst im Jahre 1932 wurde das amerikanische Verfahren in Europa publiziert und damit allgemein bekannt. Die Ziegeleimaschinenhersteller griffen nun das Problem der Tonentlüftung sehr schnell auf und bereits 1933 erschienen die ersten Vakuumpressen auf dem Markt. Die ersten Hersteller waren Griesemann & Co. in Magdeburg, Richard Raupach in Görlitz und Karl Händle & Söhne in Mühlacker. Sie alle bedienten sich dabei der von Dr. Dürst in Liestal/Schweiz im In- und Ausland angemeldeten Patente, zu denen im Laufe der Zeit jeweils noch eigene Patente hinzu kamen (Bild 8.80.).

Da bei den Vakuumpressen Verstopfungen, Rückstau und ungleichmäßige Entlüftung nicht zu vermeiden waren, entsann man sich wieder des ursprünglichen

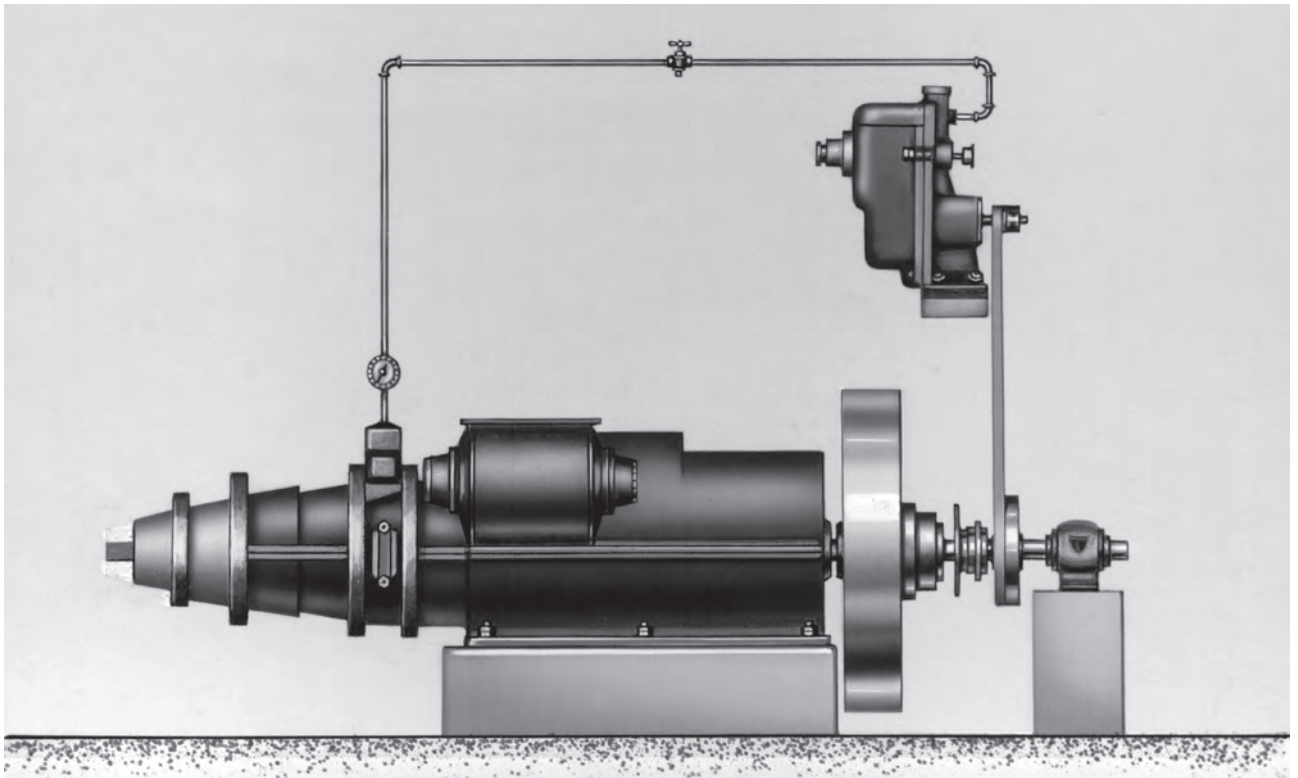


Bild 8.80. Erste Vakuumpresse von Händle, Mühlacker, die Vakuumpumpe ist auf einer Wandkonsole montiert, 1933

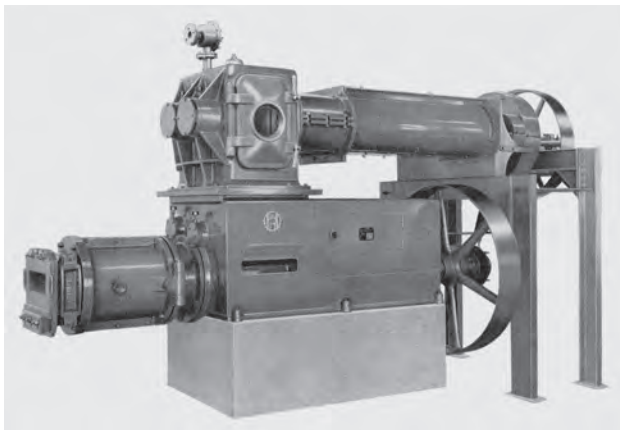


Bild 8.81. Erstes Vakuumaggregat von Händle/Mühlacker, 1935

Prinzips von Stanley und entwickelte ab 1935 das sog. Vakuumaggregat als Kombination von Doppelwellenmischer mit Schnitzelvorrichtung, Vakuumkasten und darunter liegender Schneckenpresse. Das Vakuumaggregat hat seither die Vakuumpresse fast völlig vom Markt verdrängt (Bilder 8.81.+8.82.).

Zur Erzeugung des notwendigen Unterdrucks in der Vakuumkammer verwendete man zunächst Hubkolben-Vakuumpumpen und Flüssigkeitsring-Vakuumpumpen, vor allem die seit 1923 unter dem Markennamen SIHI bekannte Flüssigkeitsring-Gaspumpe, die man damals noch als Luftpumpe bezeichnete. Mit der SIHI-Vakuumpumpe sind Restdrücke in der Vakuumkammer bis 33 mbar erreichbar. Die Flüssigkeitsringpumpen arbeiten in der Regel mit kontinuierlichem Frischwasserverbrauch. Etwa seit 1970 werden auch

Bilder 8.82. Moderne Formgebungsanlagen mit Vakuumaggregaten, um 1995



Bild 8.82a. Vakuumaggregat mit vorgeschaltetem Tonrasppler, 1995

ölgeschmierte Drehschieber-Vakuumpumpen eingesetzt und seit etwa 1998 ölfreie Wasserringpumpen mit geschlossenem Wasserkreislauf für Restdrücke bis 50 mbar. Die Vakuumverpressung erfolgt im Normalfall mit Restdrücken von 152...51 mbar = 85...95 % Vakuum. Die ersten Vakuumpressen arbeiteten mit etwa 60-70 % Vakuum (Bild 8.83.).



Bild 8.82b. Vakuumaggregat mit Silo und Förderschnecke zur Zugabe von Styropor zur Leichtziegelherstellung

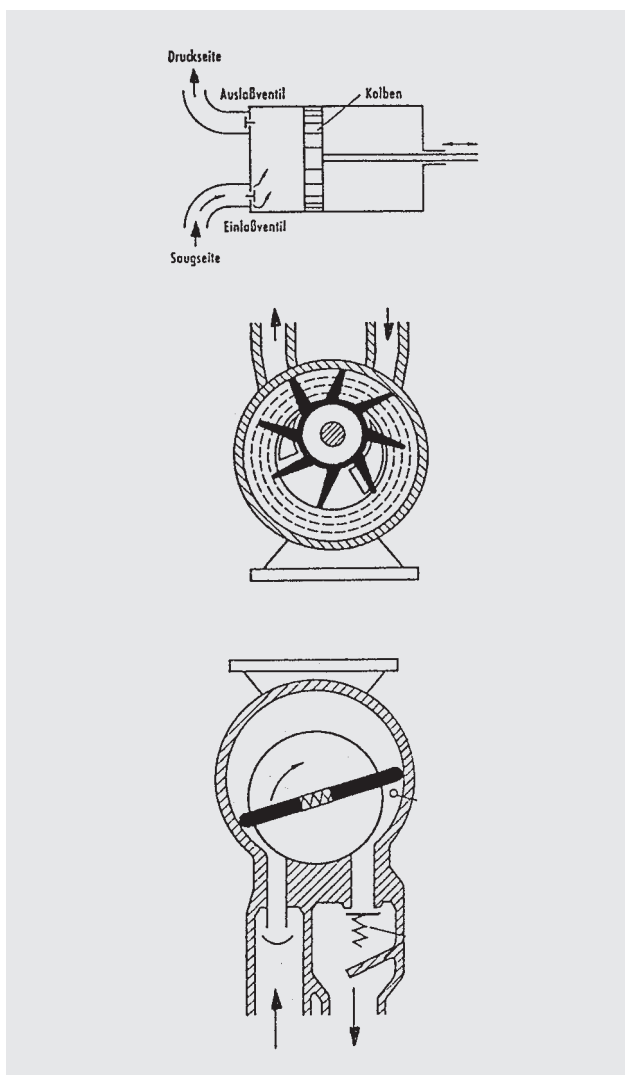


Bild 8.83. Vakuumpumpen. Oben: Hubkolbenpumpe, Mitte: Flüssigkeitsringpumpe, unten: Drehschieberpumpe

Heißverformung

Mit der Heißverformung, d.h. der Erwärmung des Ton durch Zugabe von Dampf zum Ton im Vakuumaggregat, will man primär die Trockenzeit verkürzen und den Trocknungsablauf verbessern. Ein Großteil der ab 1980 neu errichteten Werke arbeitet daher mit der Heißverformung, welche die Trocknerbauer bei der Auslegung der Trockenanlagen bereits in ihr Kalkül mit einbeziehen. Pionier der Heißverformung war u. a. M. Grimal, der um 1957 in Frankreich ein neues Verfahren der Heißverformung mit Dampf auf der Ziegelei Grimal in Realmont, Tarn, einführte. Beim Grimalverfahren wurde die Tonmasse im geschlossenen Teil des Mischers vor der Vakuumkammer durch die Einführung von überhitztem Dampf erhitzt. Die Dampfzufuhr erfolgt heute allgemein im Vakuumdoppelwellenmischer über das Bodenblech im Mischtrog. Durch die Bedampfung wird in der Regel eine Temperatur der Tonmasse von 50-60° C angestrebt (Bild 8.84.).

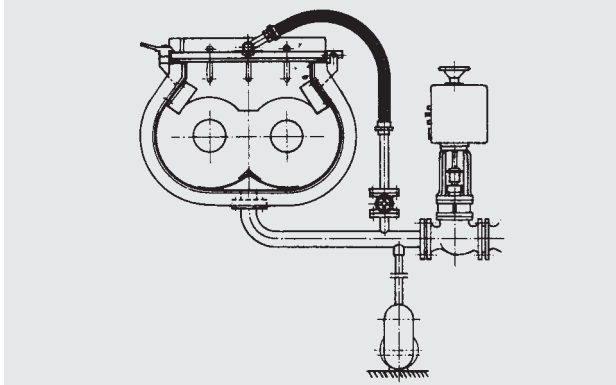
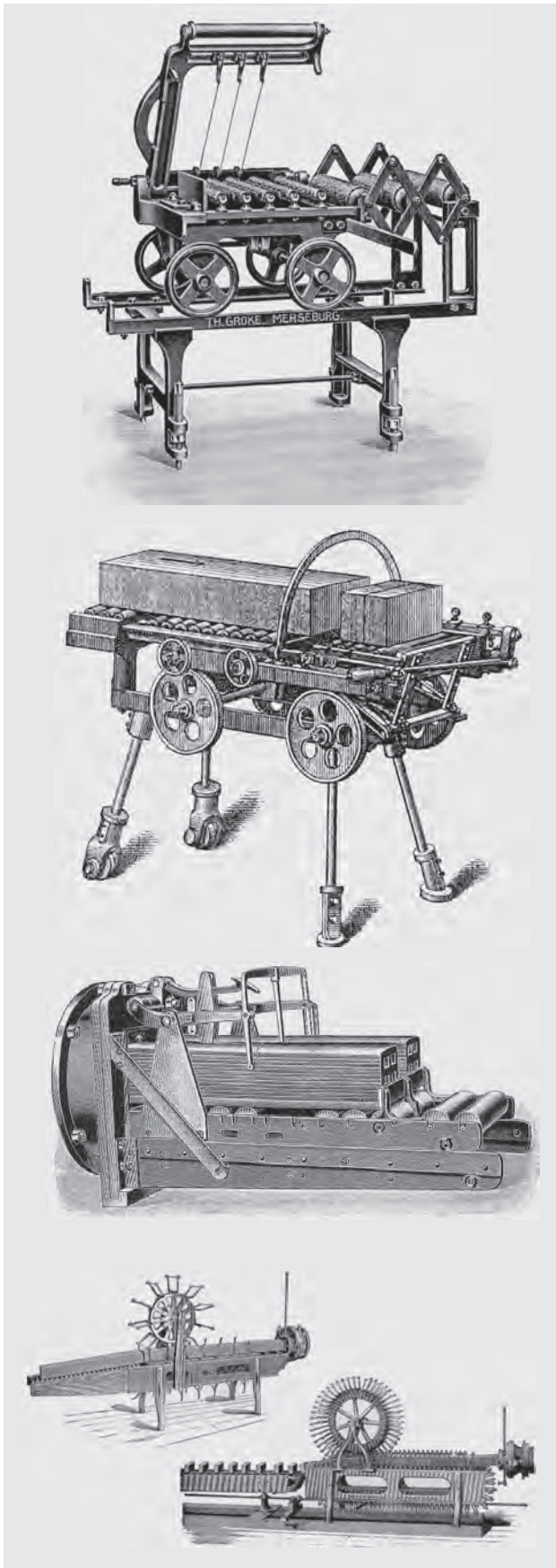


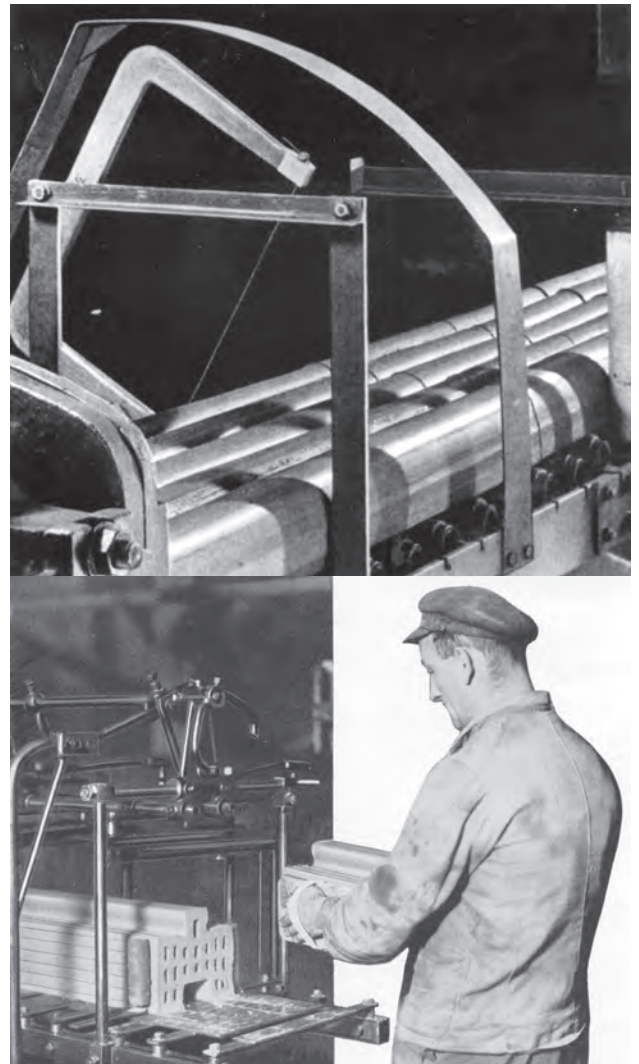
Bild 8.84. Bedampfungsmischer mit unterer und oberer Dampfzuführung. Unten: Querschnitt durch Mischtrog, rechts: Motorschnellschlußventil, darunter Kondensstropf

Abschneiden

Der aus den Strangpressen austretende Strang mußte auf die gewünschte Länge geschnitten werden. Anfangs arbeitete man mit feststehenden Abschneidetischen. Nach dem Auspressen eines Tonstrangs von gewisser Länge wurde der Preßvorgang unterbrochen und die Formlinge von Hand mit einem Drahtbügel geschnitten. Wollte man das Schneiden bei laufender Presse vornehmen, so war es nicht möglich die Bewegung des Tonstrangs mit der des handbetätigten Drahtbügels zu synchronisieren und die Formlinge wurden mehr oder weniger schief geschnitten. Es kam also darauf an, einen winkelrechten Schnitt zu erhalten, ohne den Pressenbetrieb zu unterbrechen. Dies ermöglichte der um 1865 von den



Bld 8.85. Diverse alte Abschneider. Von oben nach unten:
 - Universalabschneideapparat von Groke, mit beweglichem Wagen und feststehendem Teil zur Strangunterstützung
 - Präzisions-Mauerziegelabschneider von Schlickeysen, um 1885
 - Hohlziegelabschneider von Rieter, direkt am Preßkopf montiert, um 1900
 - Zwei amerikanische Mehrdraht-Umlaufabschneider, um 1895



oben: Schneidbügel-Abschneider mit einem Draht von Keller, unter Zieglern auch als „Hackebeilchen“ bekannt. Der Bügel mit dem darin eingespannten Schneidedraht schwenkt während des Schnitts sehr schnell nach unten und sofort schnell wieder zurück
 unten: Schneiden von „Nationalsteinen“ mit einem Senkrecht-Abschneider mit waagrecht gespannten Drähten und Abnahme von Hand

Gebr. Sachsenberg eingeführte Abschneider mit beweglichem Wagen und Drahtspannvorrichtung, der die Bewegung des Tonstrangs auf den Abschneider übertrug.

Ab 1880 führte die Entwicklung der selbsttätig wirkenden Abschneider für Längsschnitt, Vertikalschnitt, gratlosen Schnitt etc. in speziellen Ausführungen für die verschiedenen Produktarten zu einer unüberschaubaren Vielfalt von Abschneiderkonstruktionen (Bild 8.85.). So entwickelte man z.B. für große Leistungen schon vor 1900 die Harfenabschneider. Mit einem Strangstückabschneider wurde ein ganzes Strangstück, entsprechend 6-20 Steinen, abgeschnitten und dann entweder durch eine feststehende Harfe geschoben oder durch eine bewegte Harfe auf das entsprechend Ziegelmaß geschnitten (Bild 8.86.). Der Bau von Abschneidern wurde ebenfalls zu einer Spezialdisziplin innerhalb des Ziegeleimaschinenbaus.

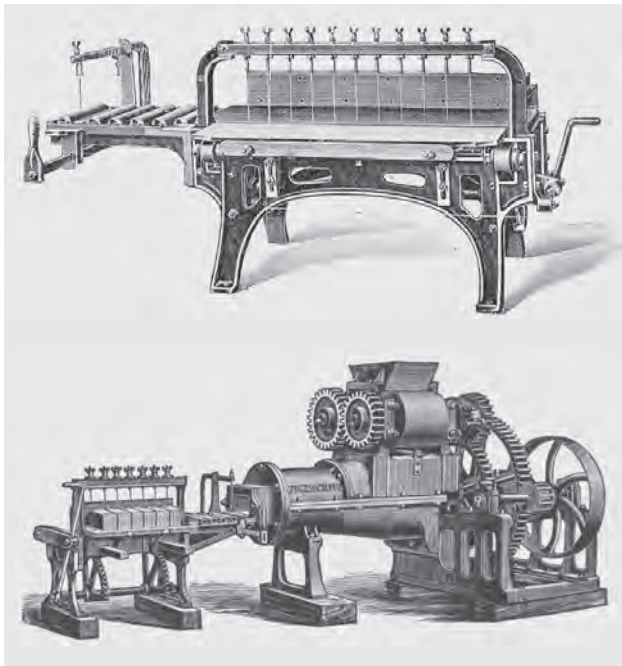


Bild 8.86. Oben: Harfenabschneider um 1900: links der Strangstückabschneider, rechts die Handkurbel mit der eine Leiste betätigt wurde, die das Strangstück durch die feststehende Harfe schob, Unten: Strangpresse mit handbetätigtem beweglichen Harfenabschneider

Oberflächenbehandlung

Der austretende Tonstrang kann auch einer Oberflächenbehandlung unterzogen werden, wobei man in der Regel nur eine Läufer- und zwei Kopfseiten des Steins behandelte. Zu nennen ist hier das Profilieren durch Walzen, das Besanden – oft in Verbindung mit Farbstoffen zur Erzielung von Farbeffekten –, das Schälen, wobei durch feststehende Messer die glatte Preßhaut entfernt wird, um eine rauhe, rustikale Oberfläche zu erzielen, und das Bürsten mit Drahtbürsten zur Erzielung eines ähnlichen Effekts (Bilder 8.87.+8.88.).

Über fournirte, beblattete Ziegel

Oft war zur Herstellung besserer Sichtziegel der verfügbare Ton nicht geeignet, z.B. weil er nicht die

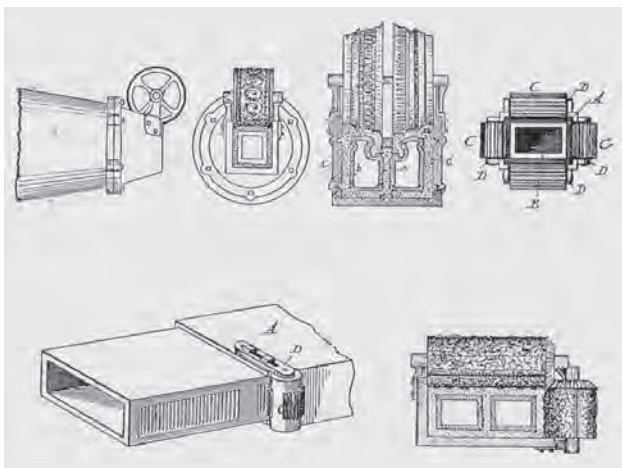


Bild 8.87. Oberflächenbehandlung: Verschiedene am Mundstücksaustritt angebrachte Rollen und Bürsten zur Profilierung des austretenden Tonstrangs

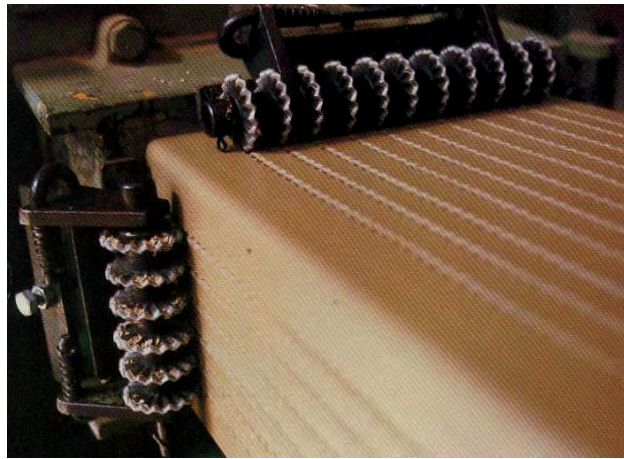


Bild 8.88. Rillivorrichtung zum Einbringen von Putzrillen

richtige Brennfarbe aufwies, ein zu grobes Scherbengefüge hatte oder Verunreinigungen enthielt. So lag der Gedanke nahe, die Sichtseiten aus einem hochwertigen Ton, den Grundkörper aber aus dem gewöhnlichen Ton herzustellen.

Ein Verfahren, die Steine während des Formungsprozesses mit einer zweiten Tonschicht zu überziehen, wurde erstmals 1881 patentiert und dann wieder 1966 in Rußland aufgegriffen, weiterentwickelt und angewendet (Bild 8.89.). In Frankreich führte das Centre Technique des Tuiles et Briques (CCTB) um 1970 intensive Versuche zur Vervollkommnung des Verfahrens durch. Man nannte dieses Verfahren ursprünglich Plattieren, Fourniren, Beblatten, Belegen und Beschichten. Dem entsprechend sprach man von fournirten oder beblatteten Ziegeln, die man heute Zweischichtverblendziegel nennt.

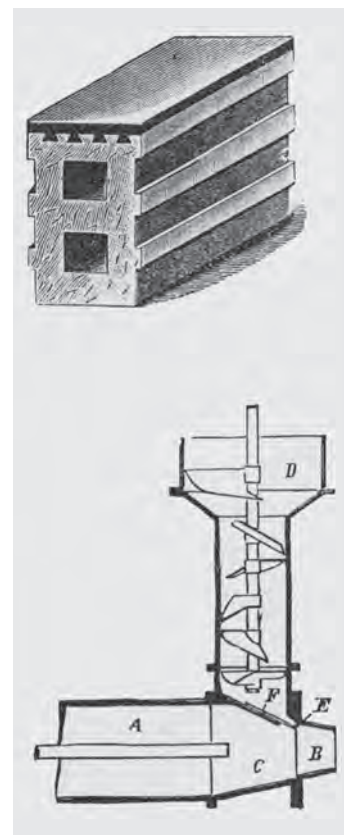


Bild 8.89. Kombination von liegender Schneckenpresse und stehendem Tonschneider zur Herstellung von fournirten Steinen (oben), um 1910

Zur Formgebung werden zwei Extruder verwendet, ein größerer für die Grundmasse und ein kleinerer für die Sichtmasse. Sie sind rechtwinklig zueinander angeordnet und durch einen Spezialpreßkopf miteinander verbunden. Die Dicke der Sichtschicht kann eingestellt werden, ebenfalls, ob eine,

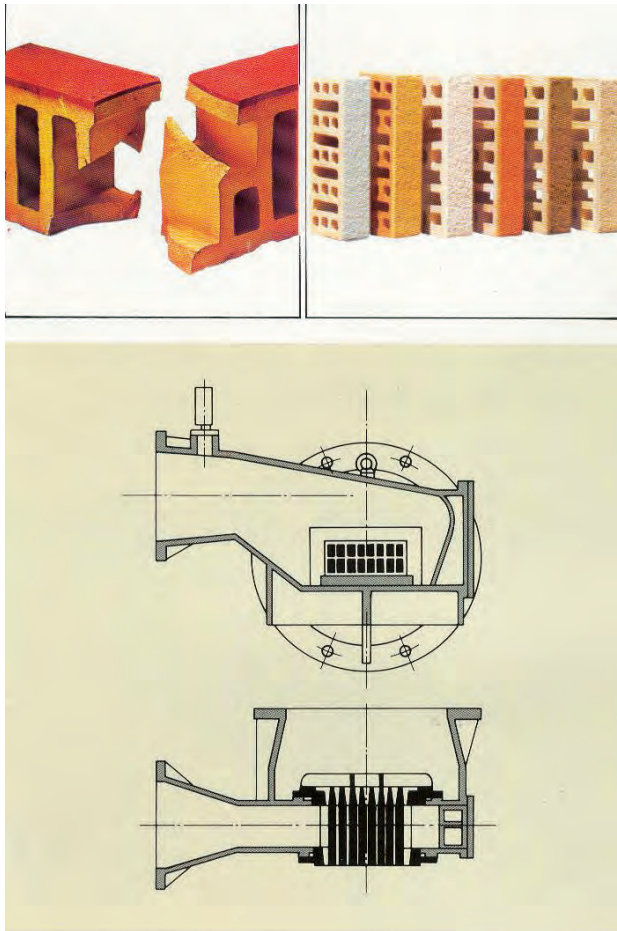


Bild 8.90. Spezialpreßkopf für zwei liegende Schneckenpressen zur Herstellung von Zweischichtverblendziegeln

zwei oder drei Seiten des Steins beschichtet werden sollen (Bild 8.90.). Wesentliche Voraussetzung für die Durchführung dieses Verfahrens ist die genaue Übereinstimmung der Trocken- und Brennschwindung beider Massen.

Die wissenschaftliche Erforschung des Strangpressens

Obwohl man die Schneckenpresse nunmehr seit über 150 Jahren in der Ziegelindustrie kennt und sich das Strangpressen zu dem meist verwendeten Formgebungsverfahren entwickelte, bestanden lange Zeit nur vage Vorstellungen über die Vorgänge, die beim Extrudieren keramischer Massen in der Preßschnecke, im Preßkopf und im Mundstück ablaufen. Ein wesentlicher Grund war der, daß das rheologische Verhalten (Fließverhalten) der Arbeitsmassen durch die große Verschiedenheit der Massekomponenten in jedem Ziegelwerk mehr oder weniger unterschiedlich ist. Der Praktiker im Betrieb war ganz auf sein Erfahrungswissen angewiesen und mußte versuchen, auftretende Probleme empirisch zu lösen. Wesentliche Ziele der Extrud erforschung liegen in der Herstellung möglichst texturarmer, spannungsfreier Formlinge auch bei komplizierten Formen, hohem Lochanteil und dünnwandigen Stegen.

Die ersten Berechnungsverfahren gingen noch von grob vereinfachenden Annahmen aus. In ihrer Jubilä-

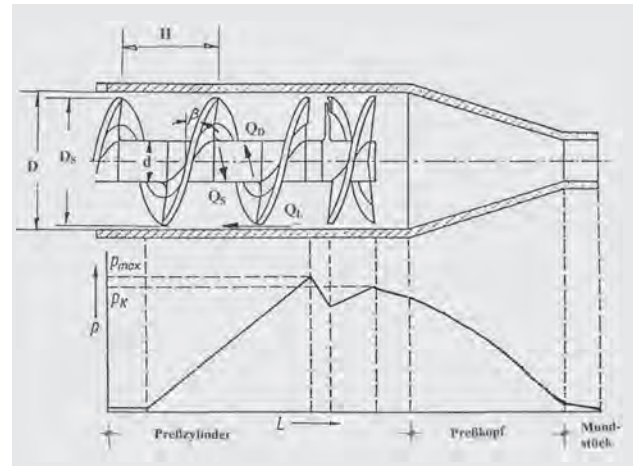


Bild 8.91. Masseströmungen und Druckverlauf in der Schneckenpresse, D = Preßzylinderdurchmesser, DS = Schnecken­durchmesser, d = Nabendurchmesser, β = mittlerer Schnecke­steigungswinkel, QS = Schleppfluß (Förderströmung), QD = Druckfluß (Rückströmung), QL = Leckfluß (Rückströmung)

umsschrift zum 75jährigen Bestehen veröffentlichten die Rieterwerke/Konstanz 1949 auszugsweise eine „Theorie zur Berechnung von Schneckenstrangpressen“. In Deutschland hatte ferner Hallmann 1960 als einer der ersten versucht, eine Methode zur Berechnung der Schneckenpresse aufzustellen. Es war ein beachtliches Formelwerk, das allerdings noch zu wenig Bezug auf die rheologisch-empirischen Grundlagen hatte.⁶³

Wesentliche Erkenntnisse zum Verformungsverhalten brachten 1965 die Untersuchungen von Pels Leusden.⁶⁴ Er stellte fest, daß sich im Schneckenkanal verschiedene Masseströmungen ergeben und sich die resultierende Gesamtströmung aus Schleppfluß (Förderströmung), Druckfluß (Rückströmung innerhalb des Schneckenkanals) und Leckfluß (Rückströmung im Spalt zwischen Schnecke und Zylinderwand) zusammensetzt (Bild 8.91.). 1966 veröffentlichte Pels Leusden dann einen Lösungsansatz zur Berechnung von Mundstücken.⁶⁵ Die Berechnungsmethode beruhte darauf, den Strangquerschnitt in Einzelelemente aufzutrennen und jeden Strangabschnitt gesondert zu untersuchen. Die damals noch als kompliziert empfundene Methode konnte sich allerdings nicht allgemein durchsetzen, zumal leistungsfähige Rechner fehlten.⁶⁶

Einen weiteren Erkenntnisprung brachten die Arbeiten von Fritz Laenger bei Händle/Mühlacker, der ab 1990 ein Extruder-Simulations-Modell (ESM) entwickelte. Die Stoffwerte, welche die Preßmasse charakterisieren, gehen hier in die Berechnung ein und sollen eine preßmassenbezogene Auslegung und Optimierung der Schneckenpresse ermöglichen.⁶⁷

Ein von 1994 – 1999 durchgeführtes Forschungsvorhaben des Ziegelmundstückbauers Braun/Friedrichshafen, zusammen mit verschiedenen Kooperationspartnern, befaßte sich mit der Strömungssimulation des Tonflusses im Preßwerkzeug (Preßkopf

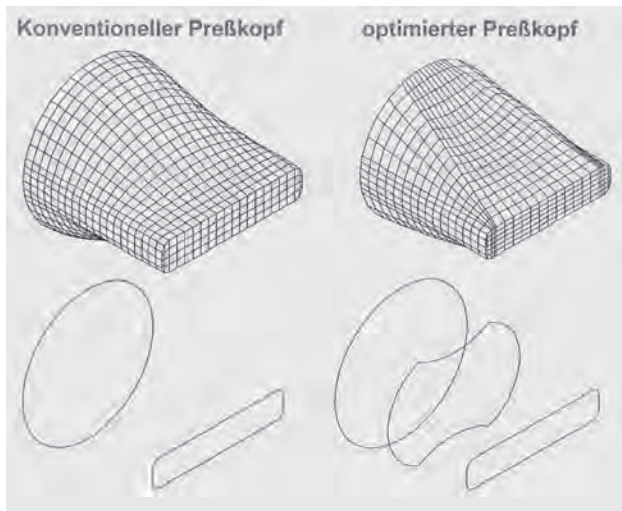


Bild 8.92a. Preßkopf, links: konventionelle Ausführung, rechts: mit der Finite-Elemente-Methode optimierte Ausführung

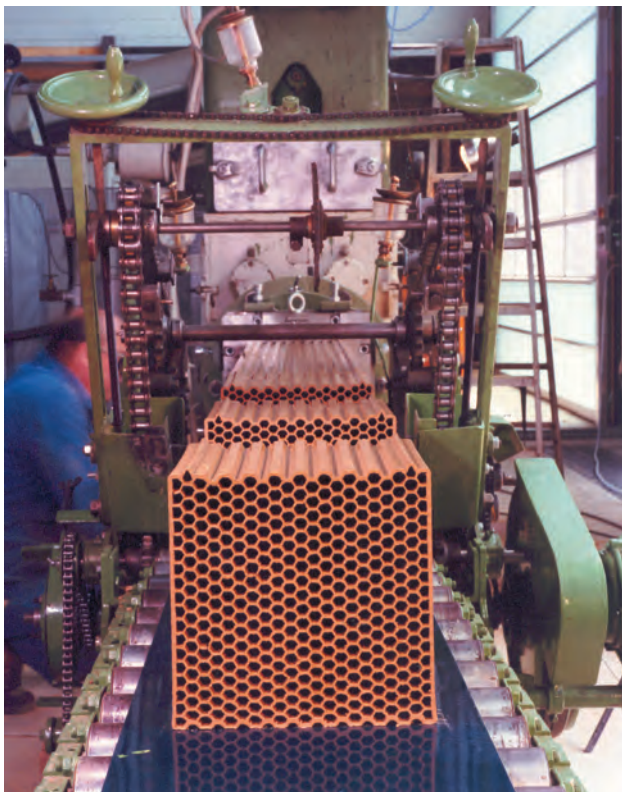


Bild 8.92b. Die Extrusion von Bienenwabenziegeln mit Außenwandstärken von 3 mm und Innenwandstärken von 1,6 mm verdeutlicht die Möglichkeiten moderner Extrusions-, Preßkopf- und Mundstückstechnik

und Mundstück). Als Ergebnis wurde Anfang 2000 der Prototyp eines Preßwerk-Simulations-Modells (PSM) vorgestellt.⁶⁸ Damit sollen die Materialparameter und sonstigen Einflußgrößen so aufeinander abgestimmt werden, daß zur Erzielung einer optimalen Formlingsqualität innerhalb des Preßwerkzeugs eine möglichst günstige Spannungs- und Geschwindigkeitsverteilung erreicht wird.

An der Entwicklung optimaler Preßwerkzeuge mit Hilfe der Strömungssimulation mit dem Bingham-Stoff-

gesetz und der Finiten-Elemente-Methode arbeitet seit 1999 auch die PH Engineering/Mühlacker.⁶⁹ Dabei werden Preßköpfe mit speziell entwickelten Berechnungsverfahren optimiert, d.h. weitgehend an die Form des herzustellenden Produkts angepaßt, um ein optimales Strömungsprofil mit gleichmäßiger Druckverteilung und konstanter Geschwindigkeit über den Austrittsquerschnitt zu erreichen (Bilder 8.92.).

Durch die Anwendung eines neuen Diagnoseverfahrens, u.a. seit 1999 durch die Firma Rehart/Ehingen, werden mit Hilfe einer Thermokamera im Preßzylinder während des Betriebs Temperaturveränderungen visualisiert. Die Auswertung mit einer entsprechenden Software soll Aussagen über das Förder- und Druckaufbauverhalten der Schnecke und deren Optimierung ermöglichen.

So hat die Extrud erforschung im Jahre 2000 einen sehr hohen Stand erreicht, endgültig gelöst sind die Probleme der Extrusion aber noch nicht. Die umfassende, prognosefähige Extrusionstheorie, mit der das technische Verformungsverhalten jeder individuellen Arbeitsmasse realitätsgenau simuliert und die Schneckenpresse genau dazu passend ausgelegt werden kann, muß noch entwickelt werden.

8.5. Das Trockenpreßverfahren

Im Trockenpressen sah man die Möglichkeit, sich das Trocknen zu ersparen, die Trockenschwindung mit der Gefahr von Trockenschäden zu umgehen, auf teure Trockenschuppen und -scheunen verzichten zu können sowie bessere Steine mit gleichmäßigerem Gefüge herzustellen. Trockenpreßziegel werden nicht aus einer plastischen Masse, sondern aus einem Tonmehl mit einer max. Feuchte von 10 % in Formen unter hohem Druck gepreßt. Für Tone mit etwas höherer Feuchte (12-18 %) wurden in England sog. Halbtrocken-Pressen entwickelt.

Erste Versuche zum Pressen von trockenen Massepulvern wurde 1809 in Frankreich durchgeführt. Die erste bekannte Trockenpresse wurde 1819 in der Nähe von Washington D.C. betrieben. 1840 erhielt Prosser in Birmingham ein englisches Patent auf Trockenpressen von Knöpfen. Herbert Minton, Vorsteher einer Porzellanfabrik in Stoke-upon-Trent, erwarb dieses Patent und konstruierte eine Trockenpresse zur Herstellung von Ziegelsteinen, die er in verbesserter Form 1851 zusammen mit dem Ingenieur Nasmyth patentierte. Bekannt wurde auch die von Bradley & Craven/England 1860 konstruierte Trockenpresse. Der Preßdruck konnte mechanisch oder hydraulisch erzeugt werden. Auf der Weltausstellung in Wien 1873 war erstmals eine Trockenpresse zu sehen. In England und den USA, wo sehr viele Schiefertone zu Verfügung standen, fand das Trockenpreßverfahren bereits ab 1860 eine große Verbreitung (Bilder 8.93.). Aber erst nach 1890 fand die Trockenpresse,

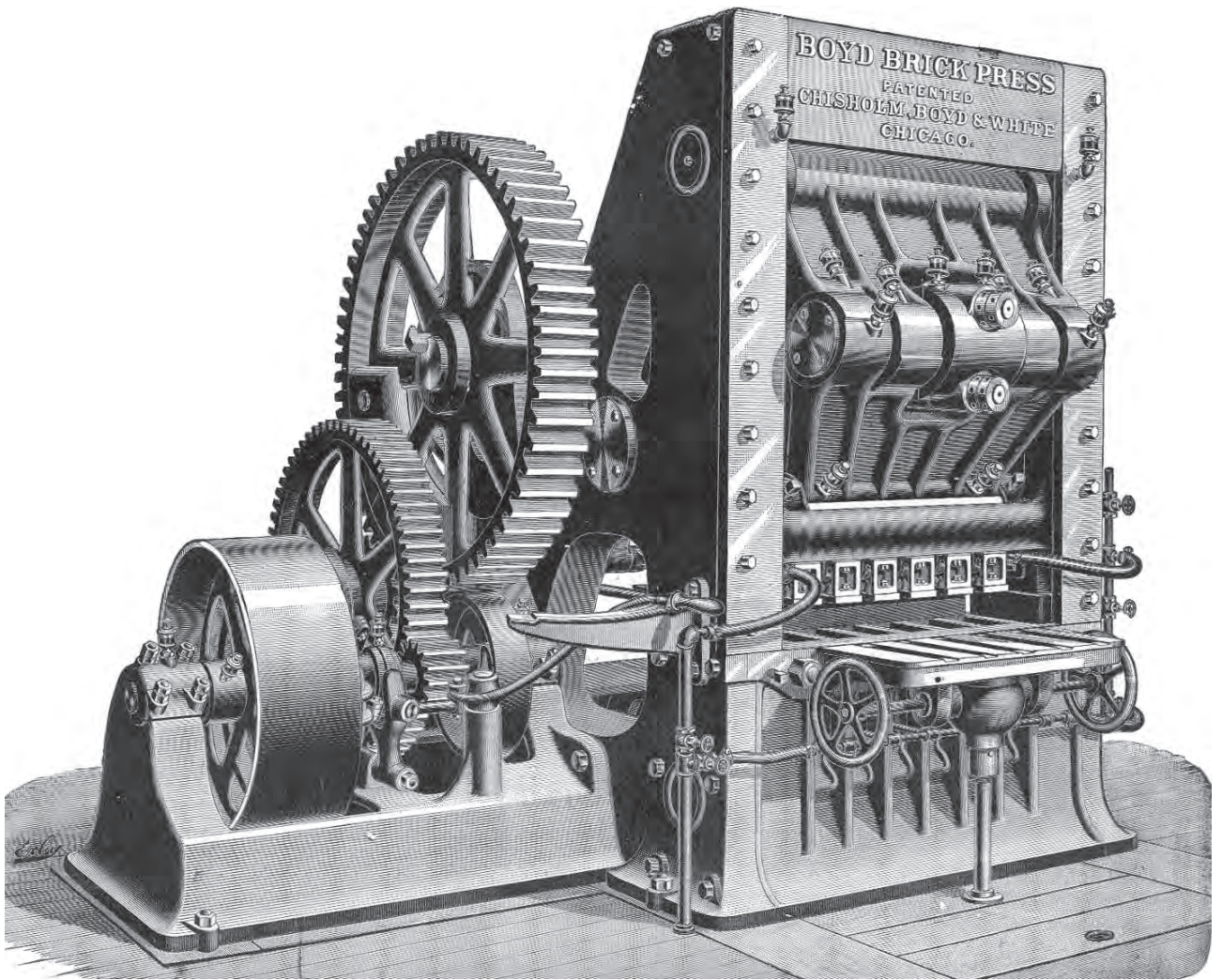


Bild 8.93a. Boyd-Pressen mit 6 Formen

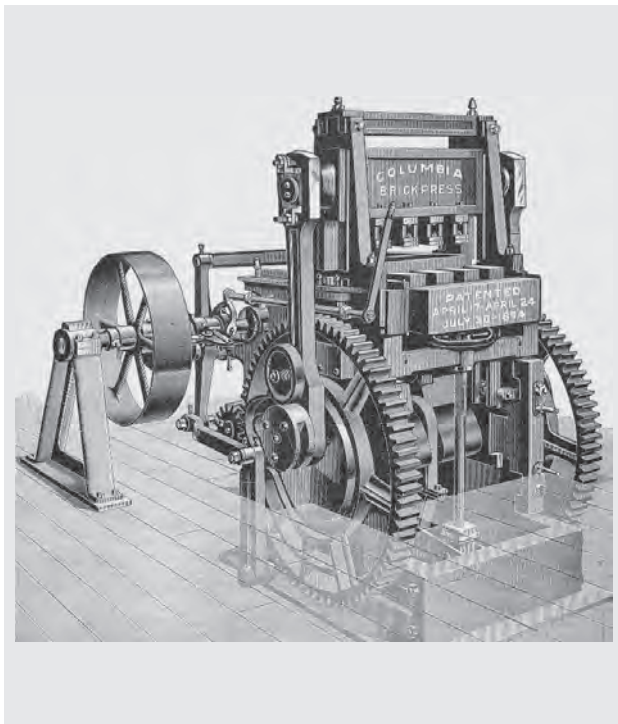


Bild 8.93b. Columbia-Pressen, konzipiert zum Pressen von Vormauerziegeln und Formsteinen

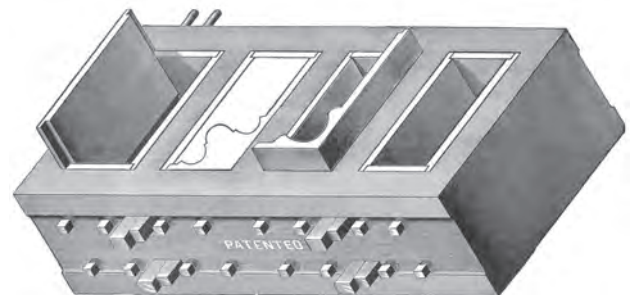


Bild 8.93c. Preßform zur Columbia-Pressen: Auswechselbare Einsätze ermöglichen das Pressen unterschiedlicher Formziegel

bei der man je nach ihrem Bewegungsmechanismus zwischen Exzenterpressen, Kniehebelpressen, Schrauben- oder Spindelpressen, Fallhammer- oder Schlagpressen und hydraulischen Pressen unterschied, vereinzelt auch Eingang in der deutschen Ziegelindustrie.

Ein Hinderungsgrund in Deutschland lag in den hohen Gruben- oder Bergfeuchten der abgebauten Tone, die eine Trockenaufbereitung – ohne vorherige teure Trocknung – ausschlossen. Dies traf aller-

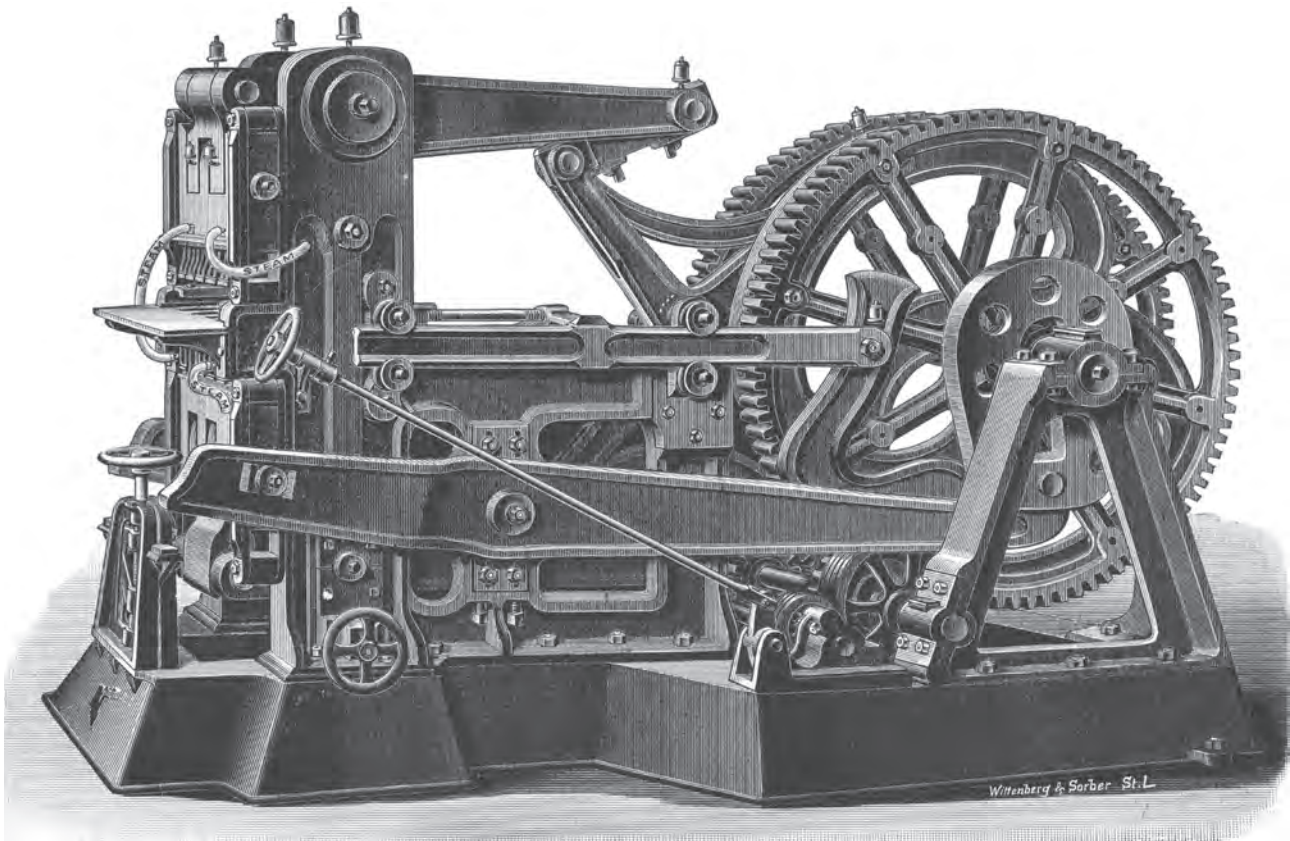


Bild 8.94a. Amerikanische Halbtrockenpresse der Firma Progress Press Brick and Machine Co. in St. Louis/Missouri, um 1895

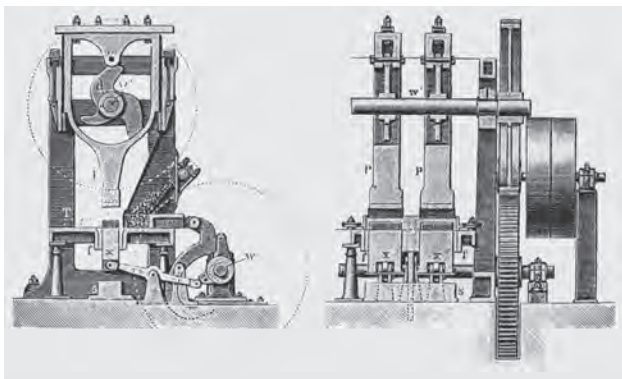


Bild 8.94b. Dorstener Trockenpresse

dings nicht zu in den Kohlerevieren im Rheinland und in Westfalen, wo beim Kohlenabbau auch sehr harter Tonschiefer mit Feuchten unter 10% anfiel, der dann von den Kohlenzechen in eigens dafür gegründeten Zechen- oder Bergwerksziegeleien trocken gemahlen und im Trockenpreßverfahren zu Steinen verarbeitet wurde. Diese Ziegel wurden daher auch als Zechenziegel oder Bergwerksziegel bezeichnet, ein Name, der fast synonym für Trockenpreßziegel verwendet wurde. Die einzelnen Zechenziegeleien des Ruhrgebiets verwendeten verschiedene Arten von Trockenpressen, so u. a. ab 1873 die englische Halbtrockenpresse, ab 1889 Dorstener Pressen (Bilder 8.94.), ab 1894 Seyfarth-Pressen und ab 1898 Tigler-Pressen. 1953 stellte Händle/Mühlacker auf der Technischen Messe Hannover zwei Hydraulik-Trockenpressen vor, die Systeme Locatelli und Riedel (Bild 8.95.+8.96.).

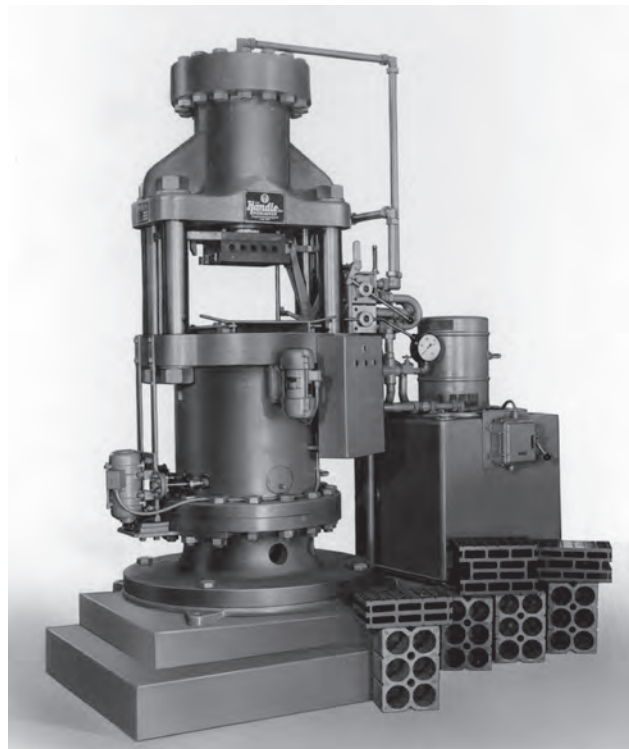


Bild 8.95. Riedel-Trockenpresse mit zwei gegeneinander wirkenden Scheibenkolben und Vibratoren, die sowohl beim Füllen der Form als auch beim Preßvorgang die Form und die Kerne in Vibration versetzten und so zusätzlich zur Verdichtung beitragen, 1953

Sie waren vorgesehen zur Herstellung von 5-seitig geschlossenen, großformatigen Hohlblockziegeln im Trockenpreßverfahren, die ohne weitere Trocknung gebrannt werden sollten. Die Leistung beträgt 2-4 Pressungen/min. Händle baute je einen Prototyp, die aber beide über das Versuchsstadium nicht hinaus kamen. In den 1960er Jahren brachte dann Gairing/Günzburg die Locatelli-Pressen zur Marktreife, konnte aber nur wenige Exemplare verkaufen.

Die großen Hoffnungen, die man in das Trockenpressen setzte, erfüllten sich nicht. Insbesondere die Entwicklung der gelochten Ziegel, die im Trockenpreßverfahren nur schwer herzustellen sind, ließen dieses Verfahren stark in den Hintergrund treten. Heute wird es nur noch vereinzelt bei der Herstellung von normalformatigen Sichtziegeln und Klinkern eingesetzt, während es z.B. bei der Fliesenherstellung an erster Stelle steht.



Bild 8.96a. Locatelli-Trockenpresse mit durch Öldruck aufweitbaren Formkernen (Gummipunzen), die das Material in horizontaler Richtung verfestigten, 1953

8.6. Maschinelle Formgebung der Dachziegel

Bei der maschinellen Formgebung von Dachziegeln gibt es zwei prinzipielle Verfahren: das Pressen oder Nachpressen vorgeformter Masseblätter, sog. Batzen oder Kuchen, und das Strangziehen oder Extrudieren. Dementsprechend unterscheidet man auch zwischen Preßdachziegeln und Strangdachziegeln. Die Ära der maschinell hergestellten Dachziegel beginnt für die Preßdachziegel etwa um 1840 und für die Strangdachziegel etwa um 1870.

8.6.1. Das Pressen der Dachziegel mit Formen

Mit der Erfindung des Herz- oder Rautenfalzziegels durch die Gebrüder Gilardoni, denen hierfür 1841 ein

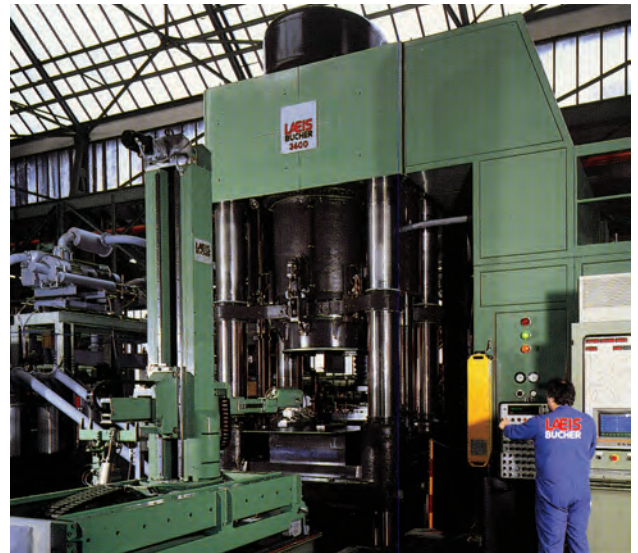


Bild 8.96b. Moderne Trockenpresse zur Herstellung von Feuerfest-Produkten, Preßkraft 4000-36000 KN, Fa. Laeis Bucher, Trier, 1996

Patent erteilt wurde, entstand ein Dachziegelmodell, das nicht mehr von Hand gefertigt werden konnte. In ihrem Patent hatten sich die Brüder Gilardoni auch das Herstellungsverfahren schützen lassen, das darin bestand, von einem Massestrang einzelne Blätter, Kuchen oder Batzen genannt, abzuschneiden, die dann durch anschließendes Nachpressen zwischen einer Ober- und einer Unterform ihre endgültige Form erhielten. Am Preßling entsteht an der Nahtstelle zwischen Ober- und Unterform ein Preßgrat, der anschließend noch entfernt werden muß. – Im Laufe der Zeit entstanden viele verschiedene Konstruktionen von Dachziegelpressen, von denen hier nur auf die wichtigsten eingegangen werden kann.

8.6.1.1. Die Schlittenpresse

Die Preßdachziegelherstellung begann mit den sog. Schlittenpressen, die zunächst noch manuell betätigt wurden. In der Thonwarenfabrik von Gilardoni Frères arbeitete man seit 1846 mit einer Dachziegelpresse von der Firma Hügeunein & Ducommon in Mühlhausen. Es war eine Schlittenpresse, die über ein großes Schwungrad manuell betätigt wurde (Bild 8.97.). Verschiedene Konstruktionen folgten, die zunächst als handbetätigte Schraubenspindelpressen ausgebildet waren, mit einer Leistung von ca. 90-120 Stück/h (Bild 8.98.). Sie besaßen eine auf- und abgehenden Oberform und eine auf einem horizontal beweglichen Schlitten befestigte Unterform. Diese Unterform wurde nach dem Auflegen eines Batzens unter die Oberform geschoben und nach erfolgter Pressung – dazu mußte über das Handrad und die Spindeln die Oberform erst nach unten und dann wieder nach oben bewegt werden – wieder herausgezogen. Dann wurde ein Trockenrähmchen aufgelegt, und während der Bedienungsmann das Rähmchen mit einer Hand festhielt, drehte er mit der anderen den Schlitten mit der Unterform um, so daß

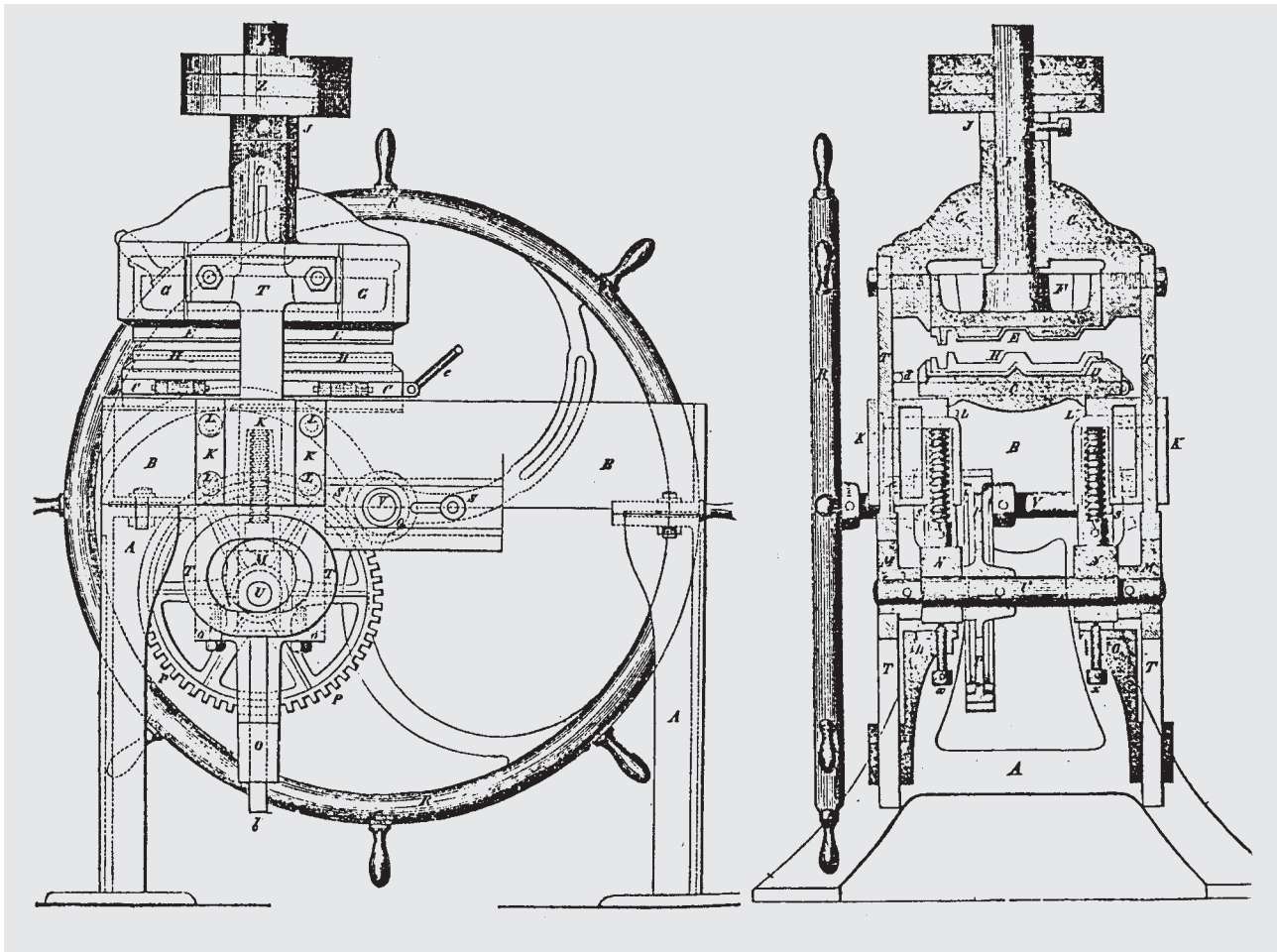


Bild 8.97. Handbetätigte Schlittenpresse der Fa. Huguein & Ducommon, mit der die Gebr. Gilardoni ab 1846 ihre Preßdachziegel herstellten

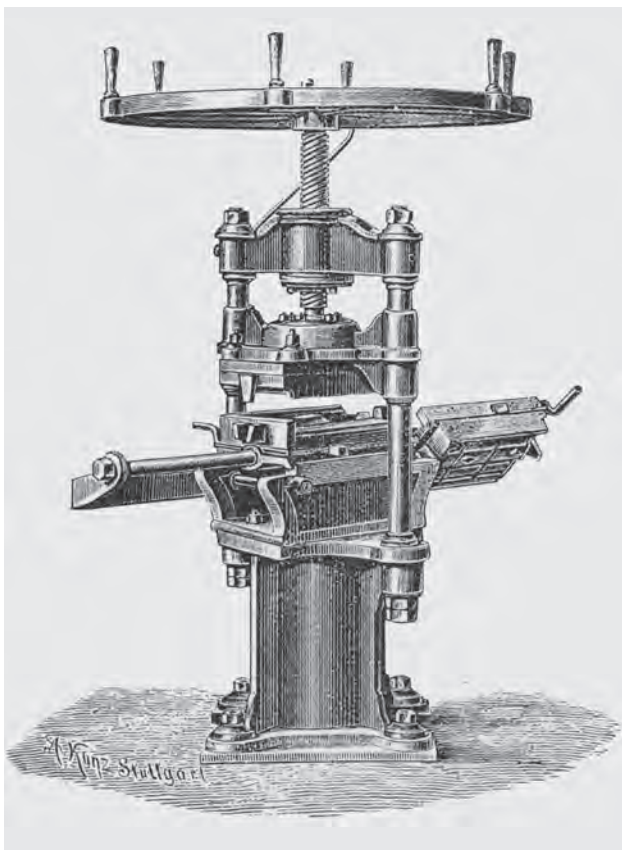


Bild 8.98. Handbetätigte Schraubenspindelpresse, um 1850

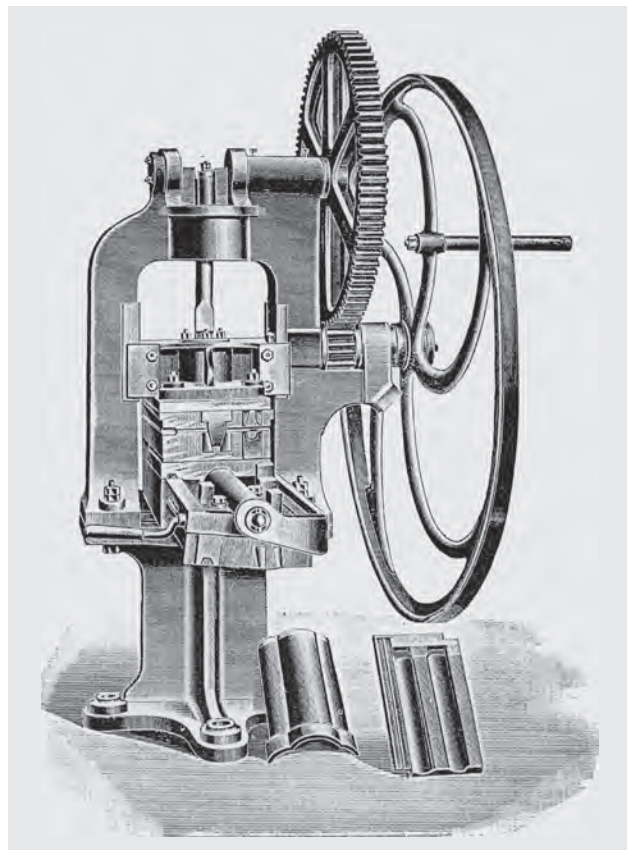


Bild 8.99. Handkurbel-Falzziegelpresse, um 1860

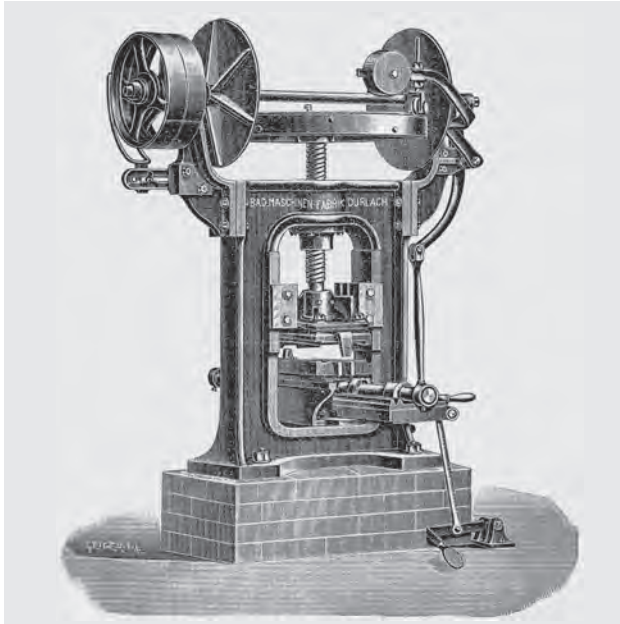


Bild 8.100. Friktions-Falzziegelpresse, bei der zwei Friktions-scheiben die Auf- und Abwärtsbewegung der Spindel bewirken, um 1890

sich der Formling löste und auf das Rähmchen zu liegen kam, das dann auf einem kleinen drehbaren Arbeitstisch abgelegt wurde. Die Unterform wurde wieder zurückgeschwenkt, mit einem neuen Batzen belegt, und der Vorgang wiederholte sich. Eine Frau oder ein Mädchen, die Putzerin, entfernte inzwi-

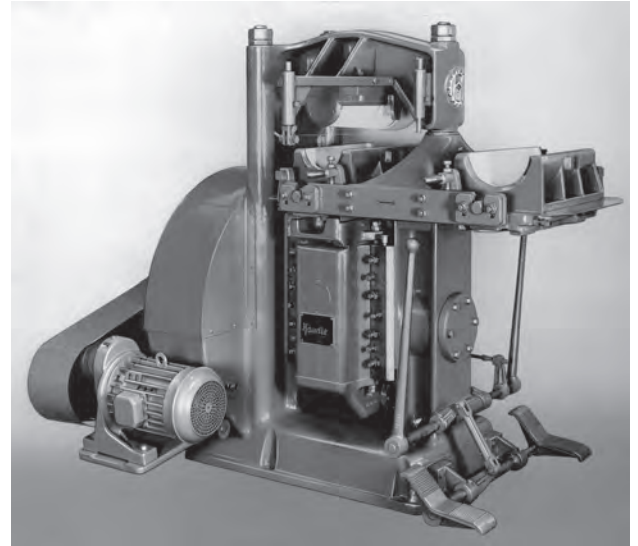


Bild 8.101. Firstziegel-Drehtischpresse PFD von Händle, 1953, mit einer Oberform und zwei Unterformen. Im Gegensatz zu den bis dahin bekannten Pressen erfolgte der Preßvorgang von unten nach oben. Ein Druckstück hob die Unterform mit der Arbeitsplatte und preßte sie gegen die feststehende Oberform.

schen mit einer Drahtgabel den beim Pressen zwischen den beiden Formen entstandenen Preßgrat und setzte dann den Formling mit dem Rähmchen in einem speziellen Ziegelkarren ab. War dieser voll, so fuhr sie damit zu den Trockengerüsten, wo die Formlinge zum Trocknen abgesetzt wurden.

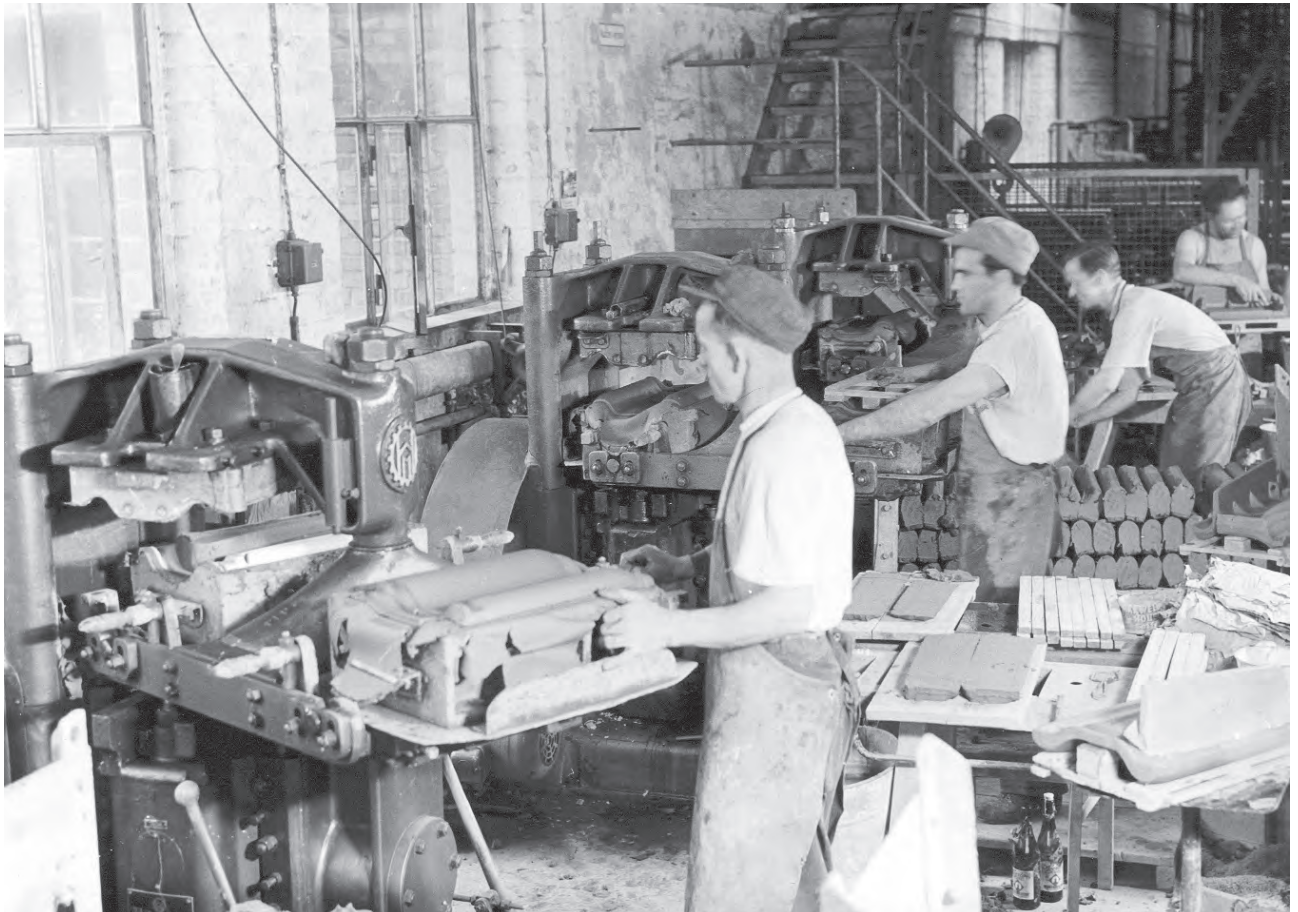


Bild 8.102. Drei Drehtischpressen PFD im Dachziegelwerk Bott/Rauenberg, um 1964

Nach den handbetriebenen Spindelpressen entwickelten sich u.a. Handkurbelpressen (Bild 8.99.), die Kurbelpressen mit Riementrieb, bei denen eine Kurbelwelle mit Pleuelstange die Bewegung der Oberform und den Preßdruck bewirkte, sowie Friktionspressen (Bild 8.100.). Auch baute man Schlittenpressen mit zwei Schlitten für zwei Unterformen für zwei Bedienungsleute, um die Leistung zu erhöhen: Während des Pressens mit der einen Form wurde die andere entformt und mit einem neuen Batzen belegt.

Nach der Erfindung der Revolverpresse benutzte man die Schlittenpresse fast ausschließlich zur Herstellung von Zubehördachziegeln, insbesondere den First- und Walmziegeln, sowie von Mönch-Nonnenziegel, die einen hohen Preßhub erfordern. Um 1950 wurde diese Presse dadurch verbessert, daß der Preßtisch nicht mehr herausgezogen, sondern als Drehtisch in der Ebene mit zwei Arbeitsformen geschwenkt wird (Bilder 8.101.+8.102). Seit 1970 gibt es die automatischen Dreh- und Schwenktischpressen, bei denen alle Arbeitsgänge – wie Auflegen der Batzen, das Entgraten des Preßgrats und das Entformen – vollautomatisch ablaufen (Bilder 8.103.+8.104.).

Bilder 8.104.

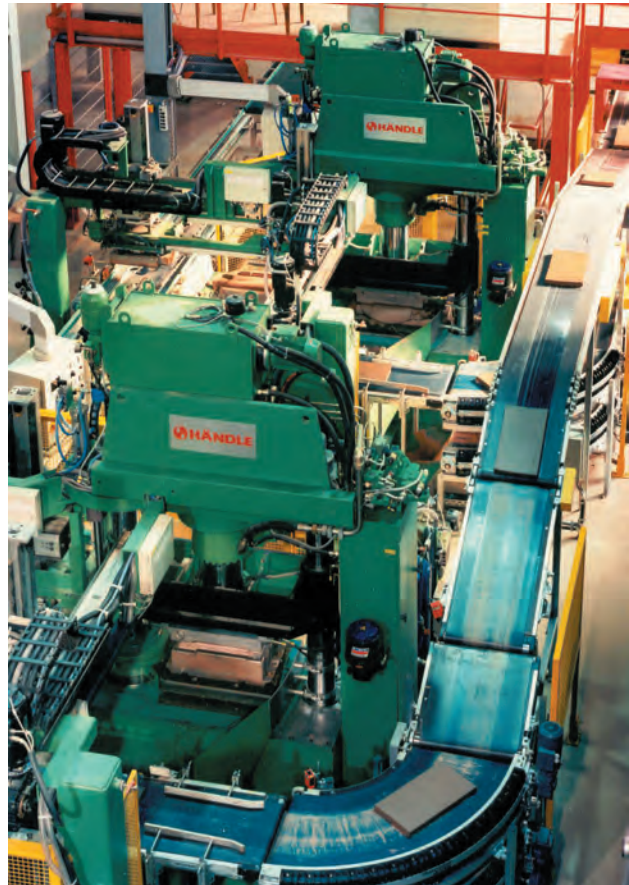


Bild 8.104a. Zwei vollautomatische Drehtischpressen WEGA von Händle in einem Dachziegelwerk, 1992. Die Presse mit einer Oberform und zwei Unterformen auf drehbaren Preßtischen

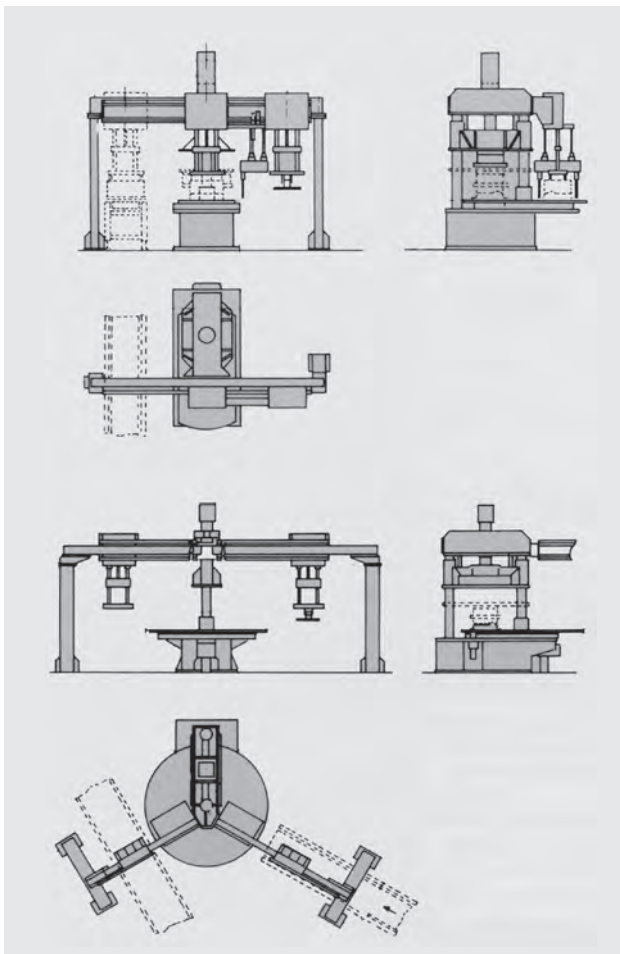


Bild 8.103. Hydraulisch gesteuerte Drehtisch- und Schwenktischpresse von Rieter, um 1990, Preßkraft jeweils 80 t. Oben: Schwenktischpresse mit einer oberen und einer oder zwei unteren Arbeitsformen, Leistung bis 8 Pressungen/Min., unten: Drehtischpresse mit einer oberen und drei unteren Arbeitsformen, Leistung bis 12 Pressungen/Min.



Bild 8.104b. Entgraten, Abnehmen und Ablegen der Formlinge von den Unterformen durch Saugkopf mit Messerkasten

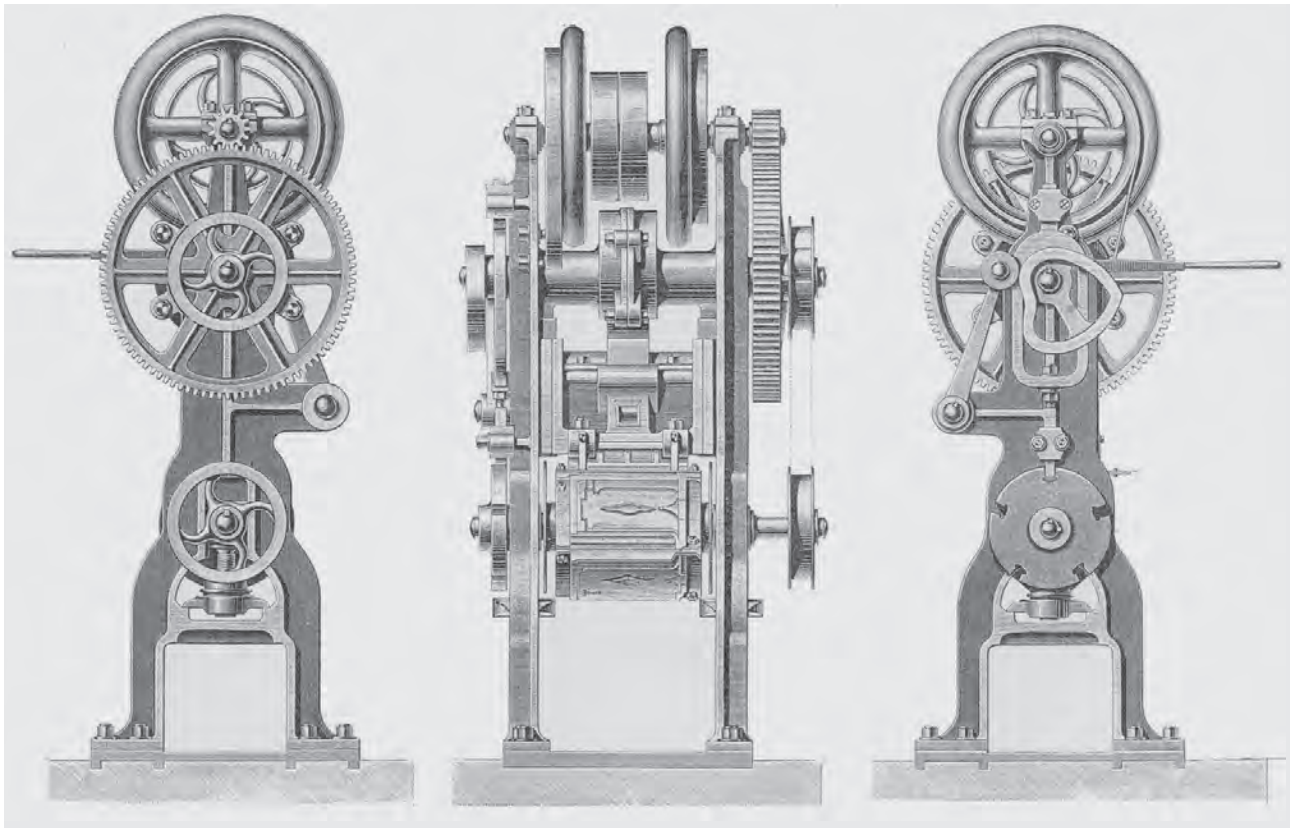


Bild 8.105. Die Erstkonstruktion der Revolverpresse von Schermerber, 1865

8.6.1.2. Die Revolverpresse

Da die Leistung der Schlittenpresse auf Dauer nicht befriedigen konnte, suchte man nach Möglichkeiten, die Leistung wesentlich zu steigern. Nach den Angaben der Gebr. Gilardoni konstruierte Jean Schermerber in Tagolsheim um 1865 die erste Revolverpresse, die mit etwa 12 Pressungen pro Minute Stundenleistungen bis 720 Dachziegel erreichen konnte (Bild 8.105.).

Das Prinzip der Revolverpresse ist kurz folgendes: Auf einer sich periodisch drehenden fünfseitigen Trommel sind fünf Unterformen, sog. Arbeitsformen, aufgeschraubt. Gegen die bei Stillstand der Trommel jeweils oben stehende Form drückt der sog. Stempel, der die Oberform trägt, wodurch die Auspressung des Ziegels zwischen Ober- und Unterform erfolgt. Die Trommel mit den Unterformen führt also eine ruckweise Drehung und der Stempel mit der Oberform eine kontinuierliche Hub- und Senkbewegung aus (Bild 8.106.). Bei der Schermerber'schen Revolverpresse befand sich an einem Ende der Trommel eine Scheibe mit fünf Nuten, in die – gesteuert über eine Exzentrerscheibe – ein Bolzen ein- und ausfuhr, so die Trommel während des Preßvorgangs festhielt und danach für die Drehbewegung wieder frei gab. Der Treibriemen, der die Drehung der Trommel bewirkte, war ununterbrochen in Bewegung und schliff während des Stillstands der Trommel auf der Riemenscheibe, wodurch er einem starken Verschleiß ausgesetzt war.

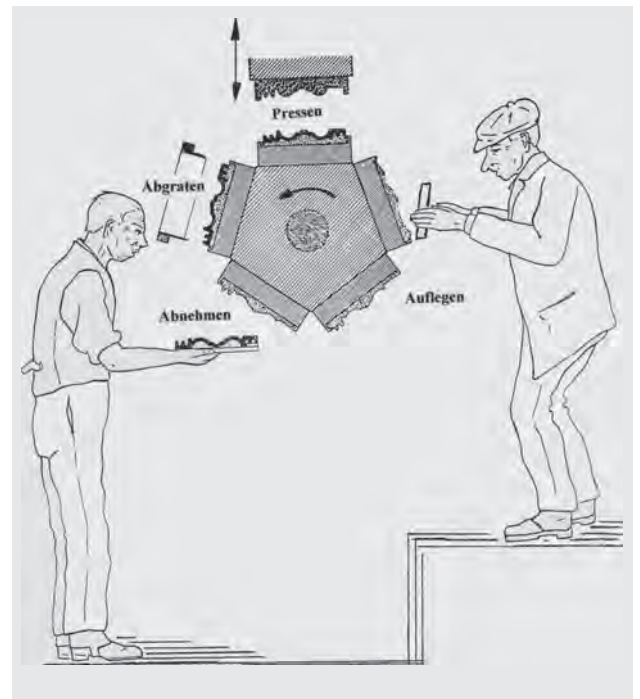


Bild 8.106. Arbeitsprinzip der Revolverpresse

Die Schermerber'sche Revolverpresse wurde 1867 auf der Weltausstellung in Paris gezeigt und erregte in der Fachwelt großes Aufsehen. Auch Carl Ludowici, der erste Falzziegelfabrikant in Deutschland, der ab 1857 in Ensheim im Saarland den Herzziegel herstellte, sah dort diese Presse, die ihn so beeindruckte, daß er beschloß, sie nachzubauen. In seiner 1873

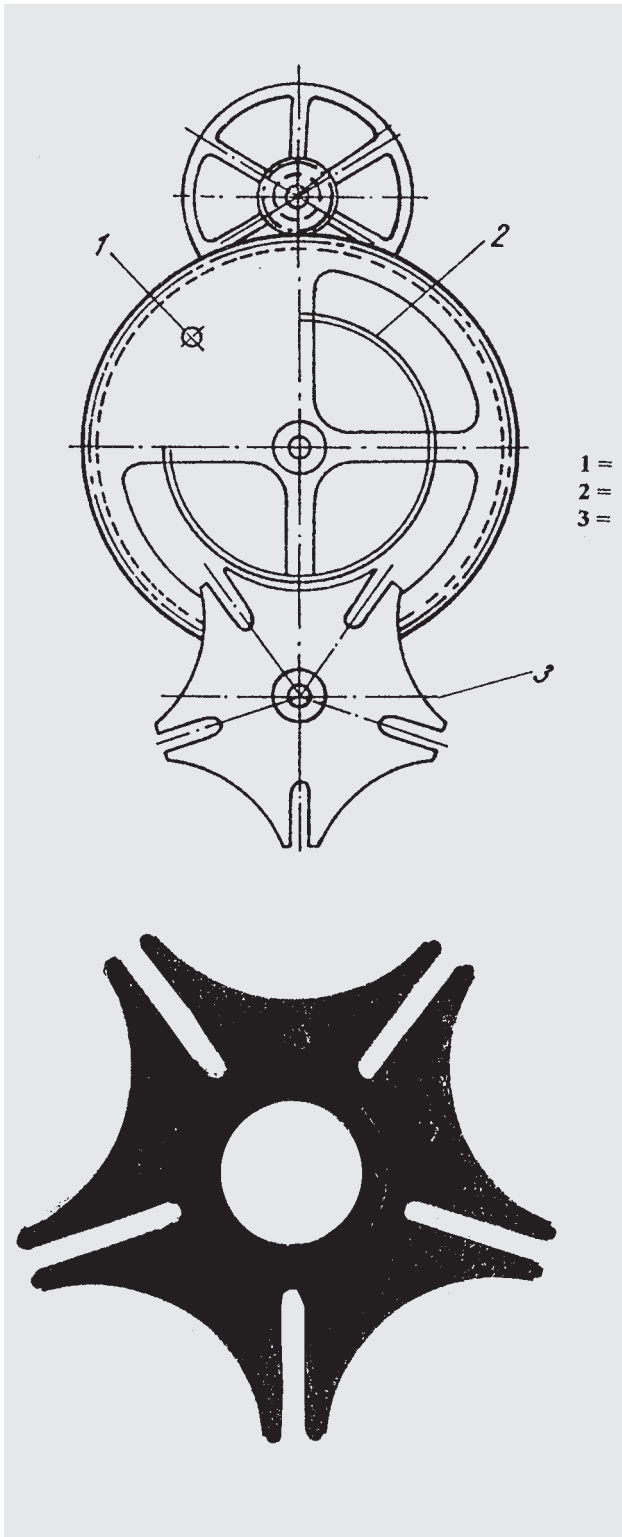


Bild 8.107. Malteserkreuz einer Revolverpresse mit fünfseitiger Unterformentrommel, 1 = Mitnehmerbolzen, 2 = Gleitring, 3 = Antriebswelle. Unten: Original-Malteserkreuz von Ludowici, 1881

in Ludwigshafen errichteten Falzziegelfabrik konnte er dann auch zwei selbstgebaute Revolverpressen in Betrieb nehmen und damit seine Falzziegel pressen. Als sein Sohn Wilhelm Ludowici den Muldenfalzziegel Z1 mit einer besonders tiefen und ausgefeilten Verfaltung konstruierte, war ihm klar, daß es nicht genügt, einen neuen Dachziegel zu konstruieren, sondern daß auch die Möglichkeit geschaffen wer-

den mußte, diesen einwandfrei herzustellen. Die Genauigkeit der Auspressung auf der Revolverpresse hängt nämlich entscheidend davon ab, daß während des Preßvorgangs die Trommel vollkommen still steht. Dies war bei der alten Schmerber-Presse aber keinesfalls gewährleistet. Hier setzt die Erfindung von Wilhelm Ludowici an.

Bei ihm wird die ruckweise Fortbewegung der Trommel durch einen Mitnehmerbolzen bewerkstelligt, der in das sog. Malteserkreuz eingreift, das der wesentliche Bestandteil seines Patents Nr. 17549 „Neuerungen an Falzziegel-Pressen“ vom 21. Juni 1881 ist. Die Form des Malteserkreuzes bildet gleichzeitig die Führung für einen Ring, der während des Preßvorgangs darin gleitet und die Trommel sicher festhält. Dieses Malteserkreuz wird bis heute auch bei den modernen Revolverpressen verwendet (Bild 8.107.).

Die Hub- und Senkbewegung des Stempels erfolgte bei den ersten Revolverpressen durch einen Kurbeltrieb, später verwendete man Exzenter (Bilder 8.108.+8.109.). Dadurch war es möglich, die Pressung des Ziegels in zwei Abschnitten, einer Vor- und Nachpressung mit dazwischen liegendem Entlüf-

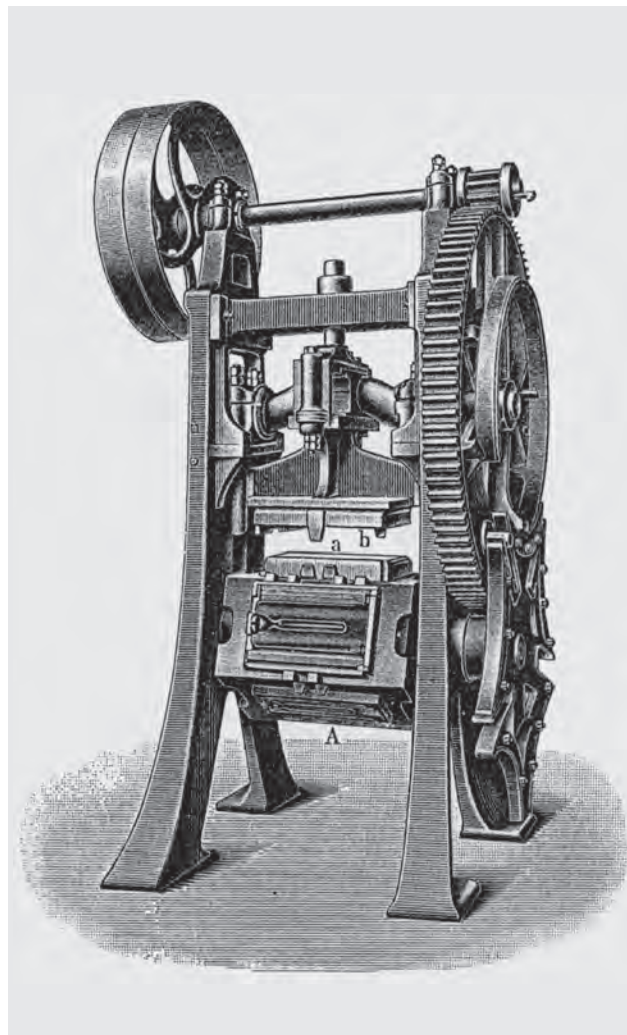


Bild 8.108. Revolverpresse mit Kurbeltrieb

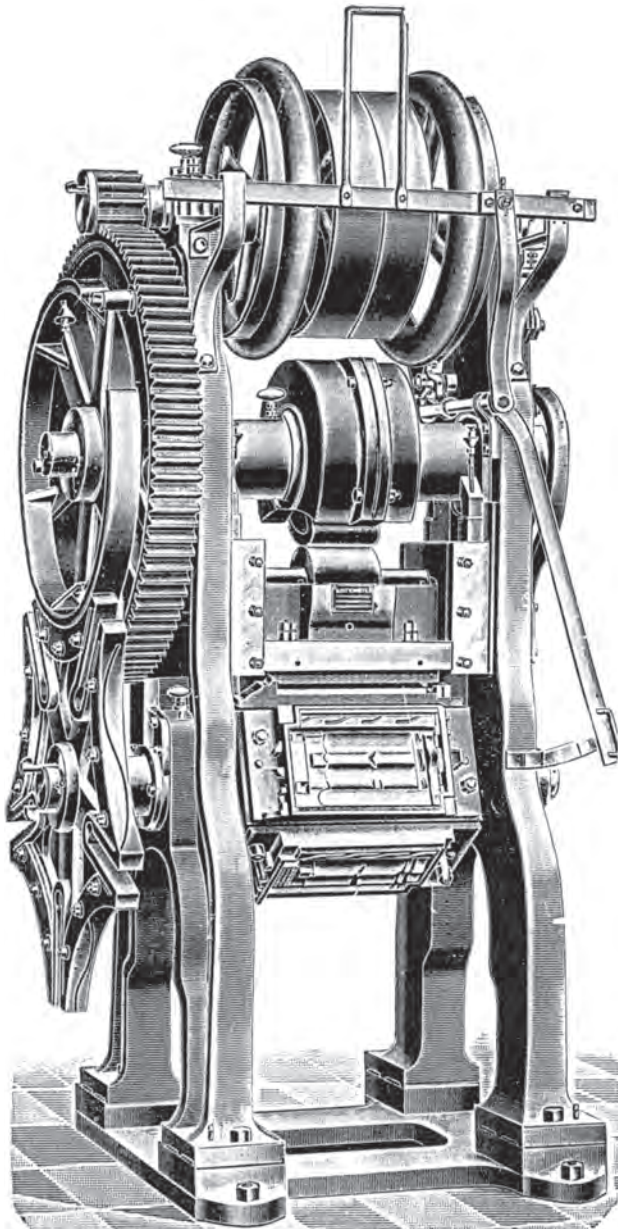


Bild 8.109. Revolverpresse mit Exzenterdruck

tungshub, durchzuführen. War bei den ersten Exzenterpressen nur ein Exzenter vorhanden, so verwendete man später zwei bis vier und bildete z.B. die beiden äußeren als Druckexzenter und den mittleren als Hubexzenter aus.

Der Formgebungsvorgang setzt sich also aus verschiedenen getrennten Arbeitstakten zusammen: Auflegen des Batzens, Pressen, Abfallentfernung, Entnahme des Formlings, Putzen (Entfernen des Preßgrats = Entgraten). Mit dem Exzenter wurde es möglich, das Pressen in verschiedenen Phasen – Vorpressung, Entlüftung, Endpressung – vorzunehmen. Diese Preßcharakteristik wird mit der Fertigung des Exzenters genau definiert und dann unveränderlich reproduziert. Die Gesamtdauer zur Herstellung liegt dabei je nach Anzahl der Pressungen zwischen 3-5 Sekunden. Die einer Weg/Zeit-Kurve zuzuordnende Druckkurve hängt von der Preßmasse und deren Steife ab und basiert vor allem auf der Erfah-

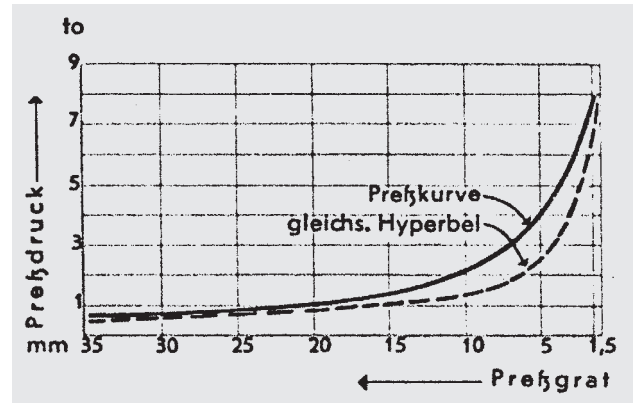


Bild 8.110. Die Preßkurve einer Falzziegelpresse ähnelt einer gleichseitigen Hyperbel, d.h. zu Beginn der Pressung schwach ansteigend, am Ende um so stärker, je kleiner der Preßgrat wird

ung des Pressenherstellers (Bild 8.110.). Die 1993 erstmals eingesetzte hydromechanische Revolverpresse von Rieter/Konstanz sollte dagegen eine flexible Preßcharakteristik ermöglichen. Mit der Hydraulik kann, im Gegensatz zur starren Einstellung des mechanischen Exzenters, auch bei schwankenden Wassergehalten des Materials, gleichbedeutend mit unterschiedlicher Preßsteife oder wechselnder Formlingsdicke, ein material- und formgerechter Druckverlauf über den gesamten Formgebungszyklus eingestellt werden.

An den ersten Revolverpressen waren mindestens 6 Arbeiter beschäftigt: ein Batzenaufleger, ein Formlingsabnehmer, ein Rähmchenzuträger, zwei Putzerinnen, die mit Drahtgabeln den Preßgrat entfernten, und ein Abträger oder Einrüster, der die Formlinge in einen Ziegelkarren oder Elevator legte. Beim Auflegen der Batzen von Hand kam es immer wieder zu schweren Handverletzungen durch den frei niedergehenden Stempel mit der Oberform. Ab etwa 1910 wurden die Revolverpressen daher mit sog. „Handabweisern“ ausgerüstet, ein hin und hergehender Stab, der vor dem Niedergehen des Stempels, die sich evtl. noch in diesem Bereich befindliche Hand wegschlug (Bilder 8.111.-8.115.).

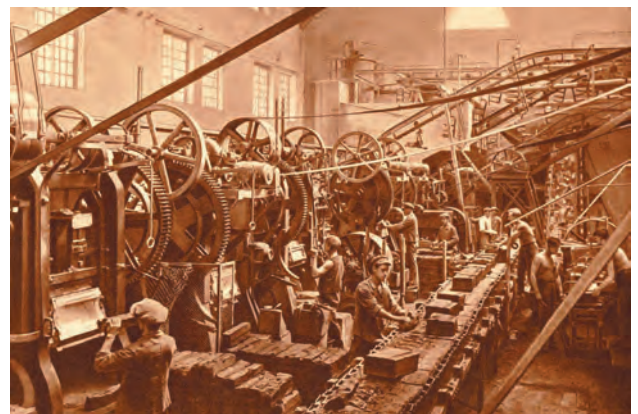


Bild 8.111. Blick in einen Pressensaal mit 6 Revolverpressen und den Batzenauflegern bei der Arbeit, um 1925



Bild 8.112. Batzen-Aufleger an einer Revolverpresse mit Handabweiser



Bild 8.115a. Putzerinnen am Putztisch, der sich mit der Trommel der Revolverpresse taktweise bewegte. Noch bis in die 1950er Jahre wurden die Formlinge zum Teil noch von Hand entgratet



Bild 8.115b. Putzgabel und Putzmesser zum Entgraten der Preßdachziegel



8.113. Abnehmen der Formlinge von Hand, um 1956



Bild 8.114 Im Jahr 2000 übernehmen Roboter das Abnehmen der Formlinge

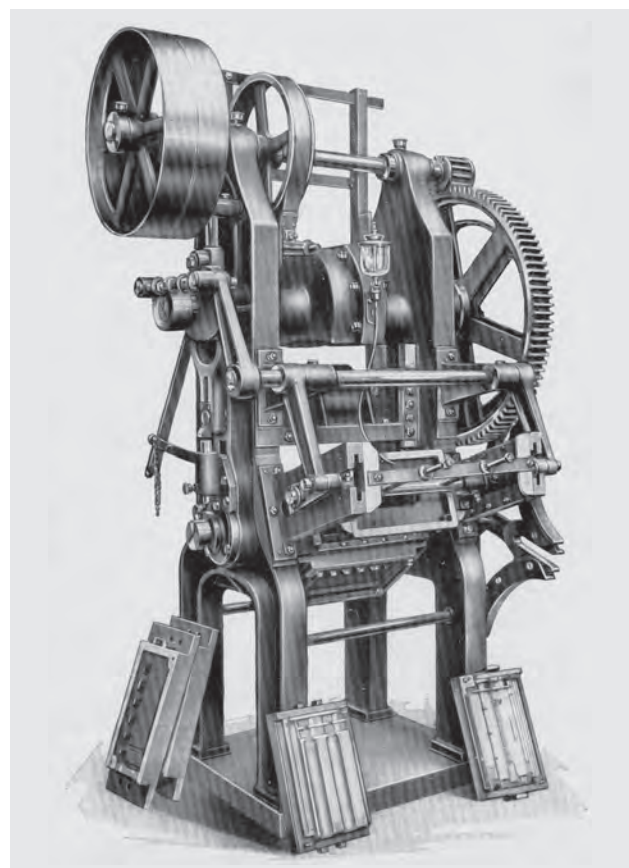


Bild 8.116. Revolverpresse mit automatischem Putzapparat zum Entfernen des Preßgrats, um 1920

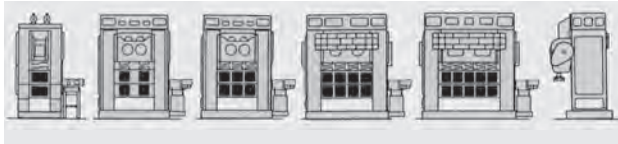


Bild 8.117a. Die DR6- Revolverpressenreihe von Rieter, von der Einfelder- bis zur Fünffelderpresse

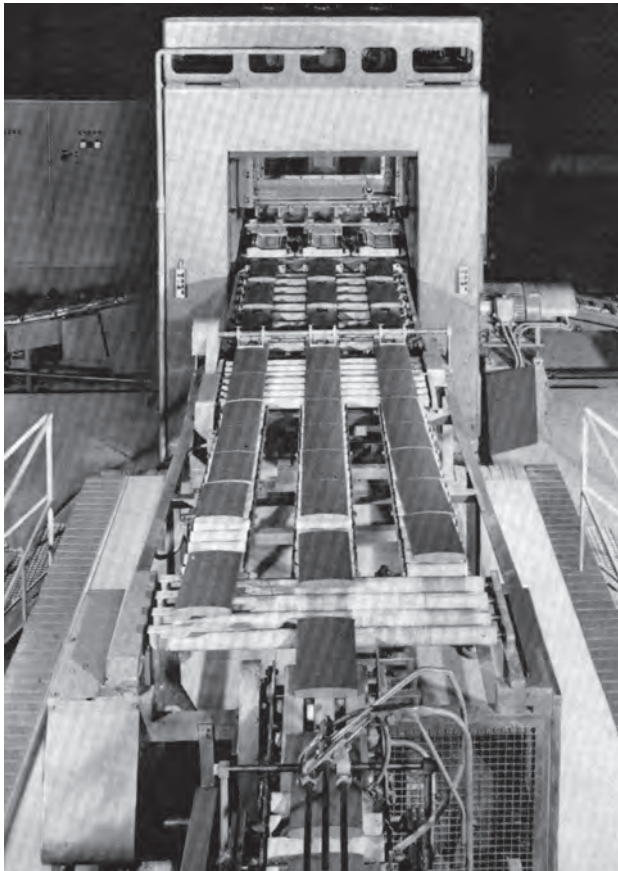


Bild 8.117b. Erste vollautomatische Dreifelder-Revolverpresse DR6/III von Rieter, 1960, Batzen –Einlaufseite

Bilder 8.118. Mehrfelder-Revolverpresse

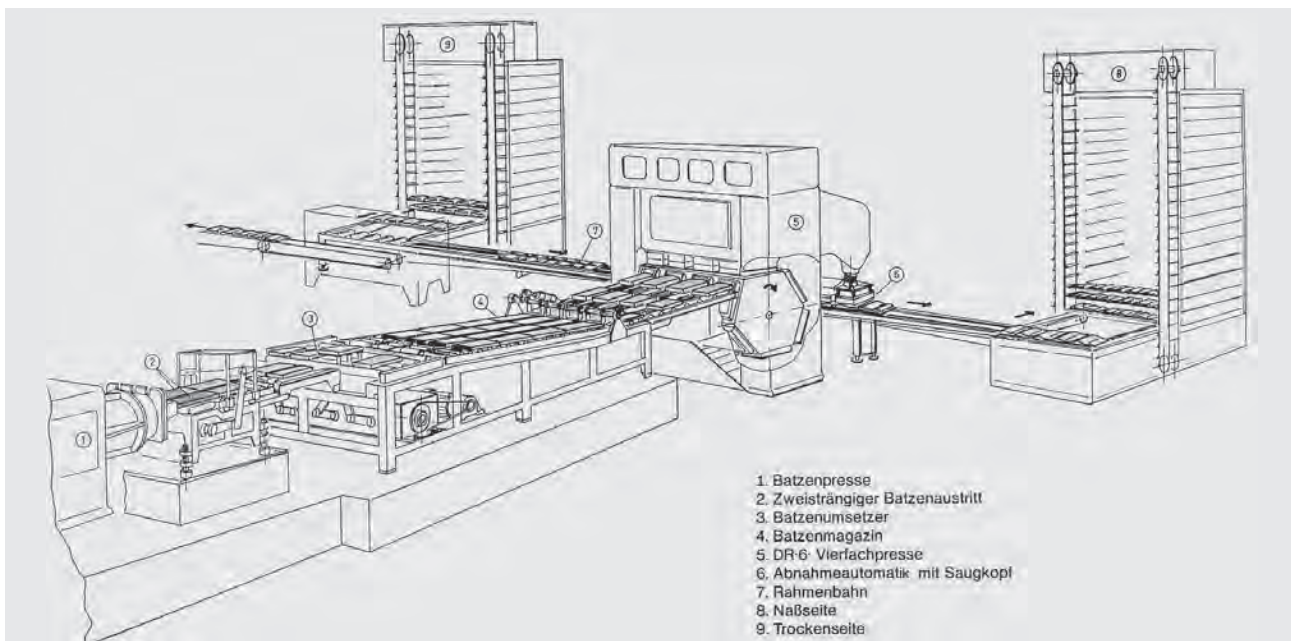


Bild 8.118a. Formgebungsanlage mit einer Rieter-Revolverpresse für Vierfachpressung DR6/IV, 1966

Die Automatisierung der Revolverpresse begann 1906 beim Entgraten mit dem direkt an die Presse angebauten automatischen Putzapparat (Bild 8.116.). Dabei wird während der Preßperiode des folgenden Formlings auf die Arbeitsleisten der Unterform des bereits ausgepreßten Formlings ein Messerkasten aufgedrückt, dessen Umriss genau der Begrenzung der Ziegelform entsprechen. Durch einen Putzrahmen, eine beölte Bürste, wird der Entgrater nach jedem Schnitt gereinigt.

1956 wurde die erste Revolverpresse von Rieter mit einem Formlingsentnahme-Saugkopf ausgerüstet und 1958 auch das Auflegen der Batzen auf die Unterformen automatisiert. Somit ging 1958 die erste vollautomatische Revolverpresse in Betrieb. Die erste patentierte Mehrfelderpresse DR8 (mit achtseitiger Trommel), ebenfalls von Rieter, eine Zweifelderpresse, die gleichzeitig 2 Formlinge nebeneinander preßte, kam 1959 auf den Markt. Bis 1975 folgten die 3-, 4- und die 5-Felderpresse als DR6 (mit sechseitiger Trommel) (Bilder 8.117.). Nach Ablauf des Rieterpatents gehören Mehrfelderpressen heute zum Stand der Technik. Normal sind für eine Mehrfelderpresse 14 Pressungen pro Minute. Damit formt eine Dreifelderpresse im Einschichtbetrieb immerhin 5 Mio. Dachziegel pro Jahr. Je nach Ziegelmodell und Formenmaterial sind bis zu 25 Pressungen pro Minute möglich (Bilder 8.118.+8.119.).

Händle/Mühlacker konstruierte 1995 die Revolverpresse NOVA mit Mehrfach-Kniehebel und Spindelmotor mit Servomotor zur Druckübersetzung. Damit ist ebenfalls eine variierbare Druckkurve und so eine modellspezifische, optimale Auspressung möglich. Für jedes Ziegelmodell kann zudem die einmal gefundene individuelle Preß- und Betriebscharakteristik abgespeichert und bei Bedarf wieder aufgerufen

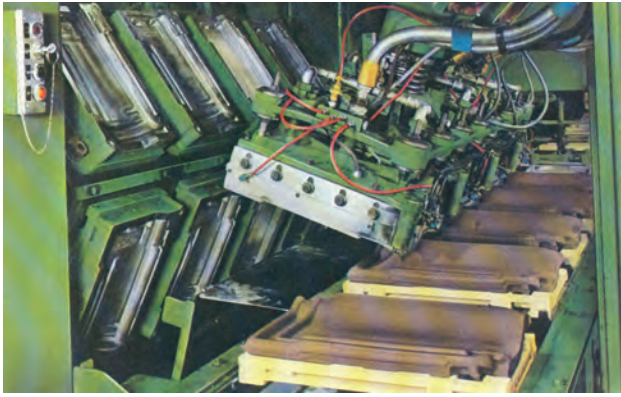


Bild 8.118b. Abnahmeseite der Revolverpresse mit den Absaugkästen mit integrierten, der Ziegelform angepassten Putzmesserkästen

werden. Bei einem 2001 neu konstruierten Modell dieser Presse, einer Zweifelderpresse, erfolgt das gleichzeitige Auflegen von zwei Batzen durch einen Batzenroboter. Dieser Roboter besorgt auch automatisch den Formenwechsel. Der dazu erforderliche Werkzeugwechsel erfolgt ebenfalls automatisch. Die Abnahme der Formlinge erfolgt durch zwei Abnahmeroboter mit Saugköpfen und auswechselbaren Putzmesserkästen, entsprechend dem jeweiligen Ziegelmodell (Bild 8.120.+8.121.).

Mit zwei dieser NOVA-Revolverpressen konnten Anfang 2002 in einer eigens errichteten Produktionsanlage der Firma NIBRA in Großammensleben erstmals

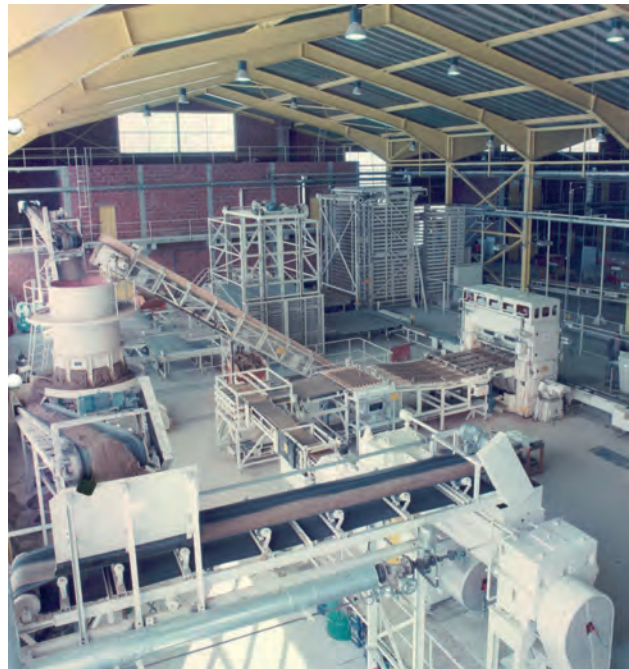


Bild 8.119. Formgebungsanlage, 1986, mit einer Rieter-Revolverpresse für Fünffachpressung DR6/V, (ab 1975)

Großflächenziegel mit einer Größe von 5,7 Stück/m² Dachfläche gepreßt werden. Dies ist insofern bemerkenswert, als seit der Erfindung des Herzziegels im Jahre 1841 nahezu 150 Jahre lang für Preßdachziegel eine Normalgröße von etwa 14-15 Stück/m²

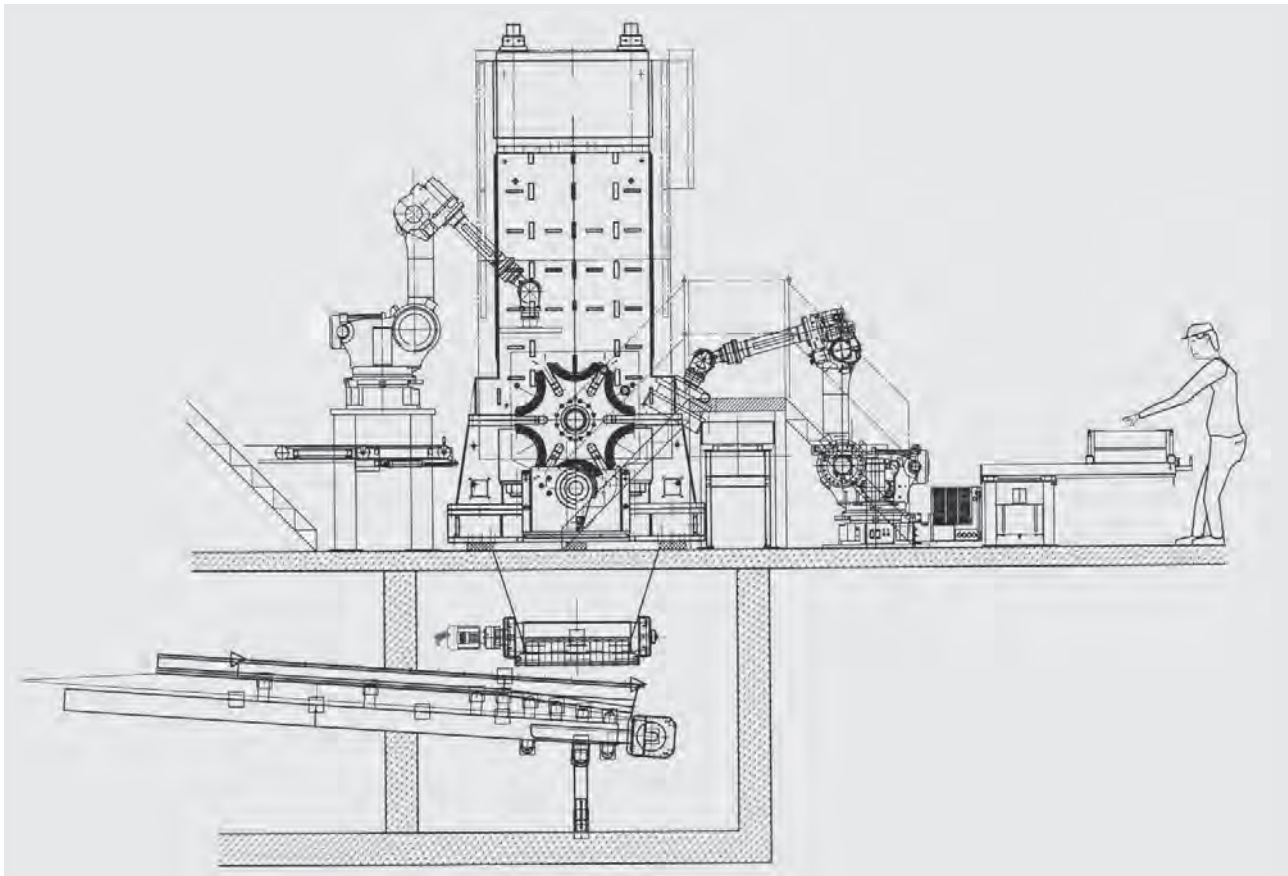


Bild 8.120. Schnitt durch eine Revolverpresse NOVA von Händle, mit Robotern zum Batzenauflegen und zur Formlingsabnahme, 2002



Bild 8.121. Blick auf die beiden Abnahmeroboter der NOVA-Revolverpresse

Dachfläche galt. Zwar gab es immer wieder Versuche, größerformatige Ziegel herzustellen, denen aber wegen herstellungstechnischer Probleme kein Erfolg beschieden war. Seit Mitte der 1980er Jahre wird der Großflächenziegel verstärkt propagiert und auch hergestellt, in sich allmählich steigenden Größen von 13, 12, 11 und 10 Stück/m². Bis zum Jahr 2000 schien bei einer Größe von 8 Stück/m² eine Schallgrenze erreicht zu sein, die nun 2002 mit dem Großflächenziegel DS 5 der Firma NIBRA durchbrochen wurde. Damit bleibt aber der Rekord der alten Römer noch immer ungebrochen, denn deren größte Leistenziegel mit Abmessungen von ca. 1,1 x 0,7 m, die auf Sizilien gefunden wurden, benötigten nur ca. 1,5 Stück/m² Dachfläche.



Bild 8.122. Bearbeitung der Mutterformen beim Hersteller, 1935



Bild 8.123. Gipspresse zum Abgießen der Arbeitsformen von der Mutterform, um 1900

Mutterformen und Arbeitsformen

Ganz wesentlich für das einwandfreie Funktionieren einer Revolverpresse ist der verwendete Formwerkstoff für die Arbeitsformen, der eine einwandfreie Auspressung und ein Lösen des Formlings nach dem Preßvorgang gewährleisten muß. Am besten haben sich die Arbeitsformen mit Gipsbelag bewährt, mit denen schon die auf der Weltausstellung 1867 in Paris von Schmerber ausgestellte Revolverpresse ausgerüstet war.

Die Negativbilder der Dachziegel in den Arbeitsformen werden von sog. Mutterformen abgegossen, wobei für die Ziegelober- und -unterseite je ein eigener Mutterformenziegel erforderlich ist (Bild 8.122.). Der breiförmig angerührte Gips wird zum Teil auf die eingefettete Mutterform, zum Teil in die leere Arbeitsform eingebracht. Dann werden die beiden Formen mit einer Gipsformenpresse zusammengepreßt, und man erhält so, je nach der verwendeten Mutterform, eine obere oder untere Arbeitsform (Bild 8.123.). Da sich der Gips abnutzt, müssen die Arbeitsformen nach etwa 900-1200 Pressungen ausgewechselt werden und nach dem Entfernen des alten mit einem neuen Gipsbelag versehen werden. Erfolgte das Reinigen der abgenutzten Arbeitsformen ursprünglich von Hand mit Hammer und Meißel, später mit dem Preßlufthammer, so geschieht dies seit 1986 in einer Gipsausspritzkabine mit Hochdruckwasser.

In verschiedenen Ländern verwendet man auch Graugußformen, wobei der Ablöseeffekt durch Belüftung der Formen und der zu verpressenden Batzen erreicht wird. Seit 1976 ist ein Metallformensystem im Einsatz, bei dem man das Lösen des Formlings aus der Form durch einen Elektroschock mit Gleichstrom erzielt. Arbeitsformen, die mit Gummifolien überspannt sind, oder Metallformen mit einvulkanisiertem Gummibelag gibt es etwa ab 1950, wobei das Prinzip

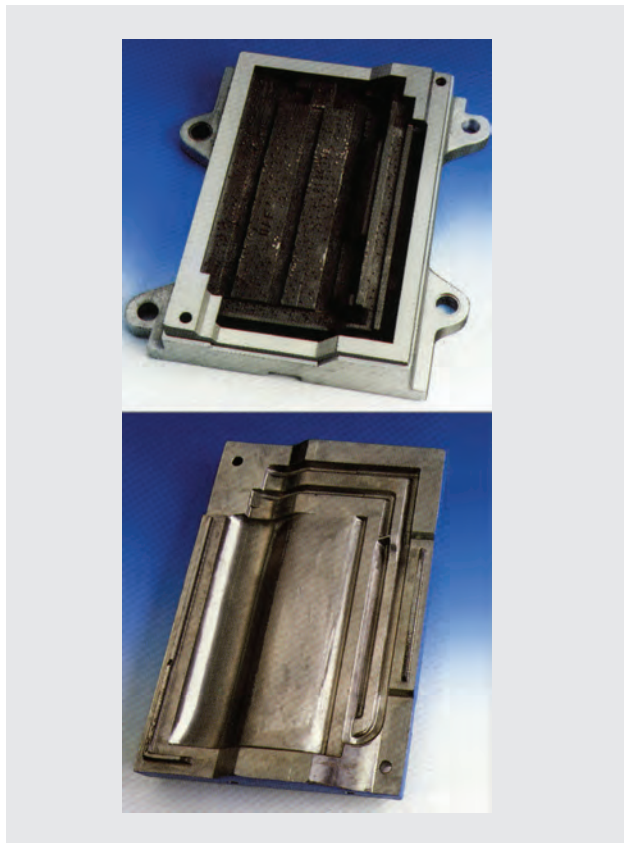


Bild 8.124a. Arbeitsformen, oben für Gipsverpressung, unten Metallform aus CrNi-Stahl für die Verpressung mit Elektroshock oder anderen Trennmitteln z.B. Öl



Bild 8.124b. Oben: Arbeitsform für die Verpressung mit Gummifolie oder Membrane, Unten: Saugkopf zur Abnahme der Formlinge, Rieter/Konstanz

schon seit 1854 bekannt ist, allerdings bei Tellerpressen. Um das Haften der Preßlinge in der Form zu vermeiden, legte man schon damals in Manchester Kautschukblätter in die Formen ein. Um das Lösen der Formlinge aus der Arbeitsform zu erleichtern, entwickelte Ludowici um 1958 den Luftauswerfer, bei dem – über Ventile gesteuert – durch entsprechende Bohrungen in den Arbeitsformen Druckluft einströmt und den Ausstoß der Formlings bewirkt.

Die Suche nach dem idealen Formenwerkstoff als funktionstauglicher Alternative zur bewährten Gipsverpressung und den bisherigen Substitutionsverfahren wie Stahl- oder Gummiverpressung hält an, das Ziel wurde jedoch noch nicht erreicht (Bilder 8.124.).

8.6.2. Strangpressen: Herstellen von Dachziegeln aus einem endlosen Tonstrang

Mit der Erfindung der Schneckenpresse durch Schlickkeysen 1854 stand eine Maschine zur Verfügung, die zunächst nur für die Mauerziegelherstellung verwendet wurde, den Einsatz zur Dachziegelherstellung aber fast zwingend nahelegte. Hierfür baute Schlickkeysen ab 1870 speziell kleine schnelllaufende Schneckenpressen.

Nach dem Strangpreßverfahren werden hergestellt: Biberschwanzziegel, Hohlpfannen, Strangfalzziegel und Schalenziegel (Bilder 8.125.+8.129.). Stranggeformt werden auch die Kuchen oder Batzen für die Preßdachziegel.

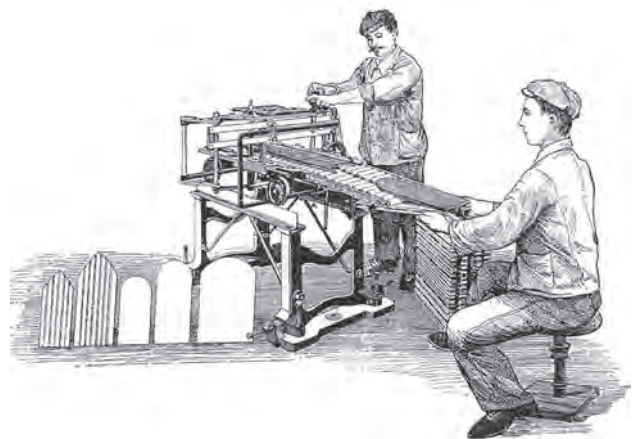


Bild 8.125. Manuelles Abschneiden der stranggezogenen Biberschwanzziegel und Abziehen der Formlinge auf die Trockenrähmchen, um 1910

Während man Dachpfannen und Strangfalzziegel nur in einem Strang aus dem Mundstück treten läßt, wählte man bei der Herstellung von Biberschwanzziegeln, früher auch Mundstücke, die zwei Stränge neben- oder übereinander austreten lassen. Doppelziegel, die mit der Sichtseite übereinanderliegend das Mundstück verlassen, hatten den Zweck, einem Verziehen beim Trocknen und Brennen entgegenzuwirken. Feine Rippen auf den Ansichtsflächen der Ziegel sorgen dafür, daß sich die beiden Stränge beim Verlassen des Mundstücks nicht mit ihrer voll-

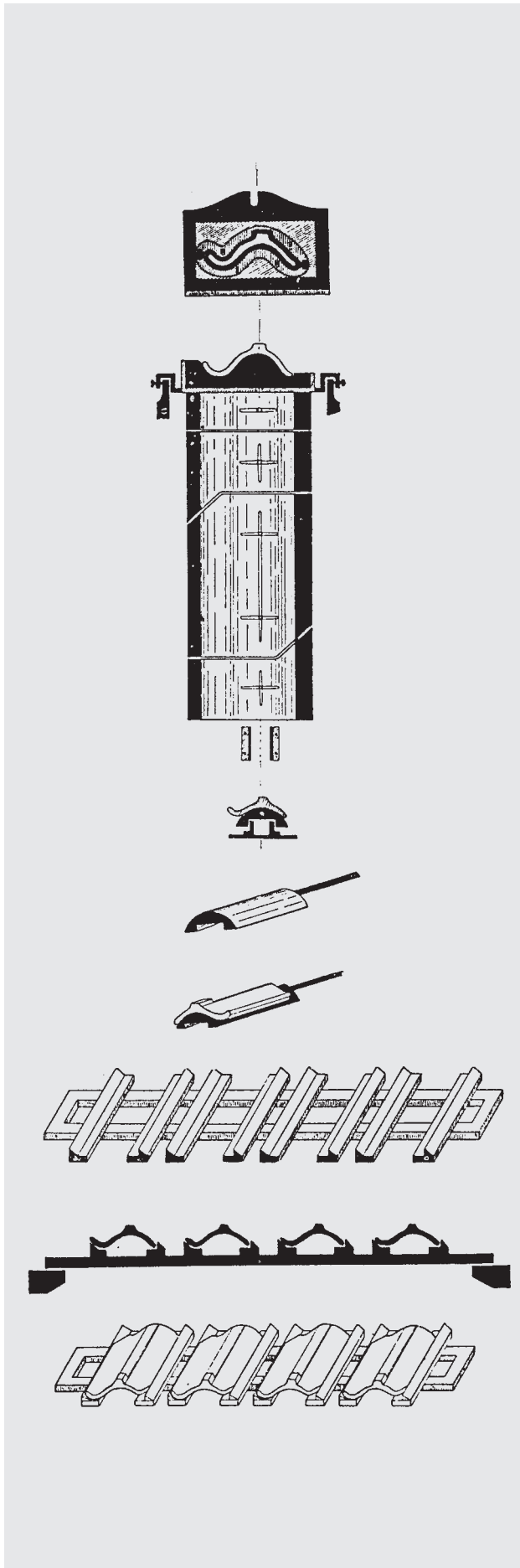


Bild 8.126. Abnehmen der Hohlpfannen von Hand mit einem Abnehmerholz und Ablegen auf Auflegeleisten, die mit dem Trockenrahmen fest verbunden sind

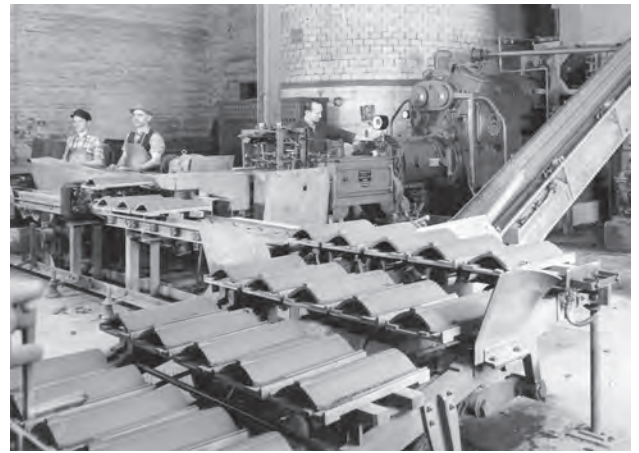


Bild 8.127. Extrusion von Hohlpfannen auf einer Keller-Vollautomatik, um 1950

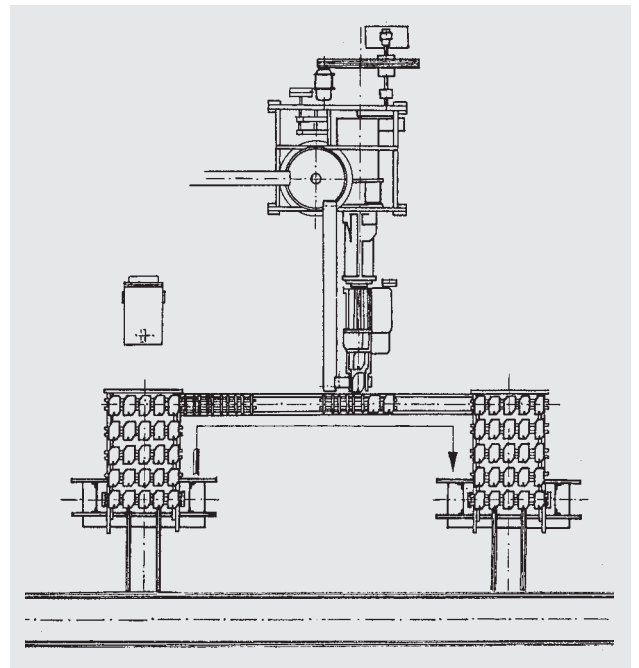


Bild 8.128. Schema der Hohlpfannenautomatik (siehe auch Bild 11.48.)

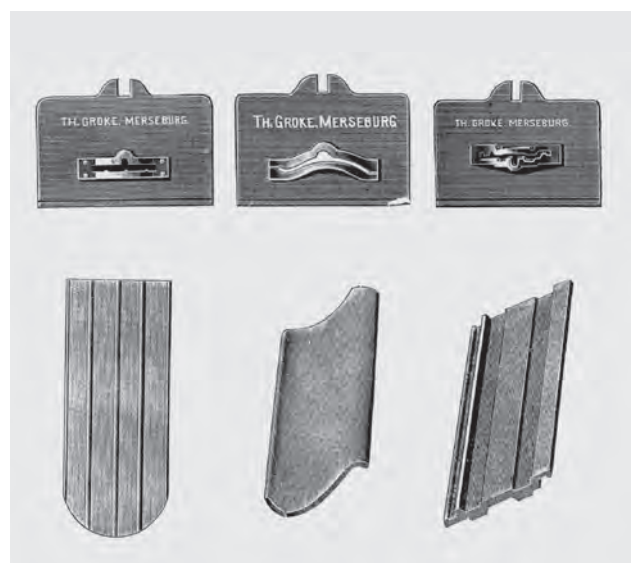


Bild 8.129. Strangdachziegel-Mundstücke. Links: Biber, Mitte: Pferde, rechts: Strangfalzziegel

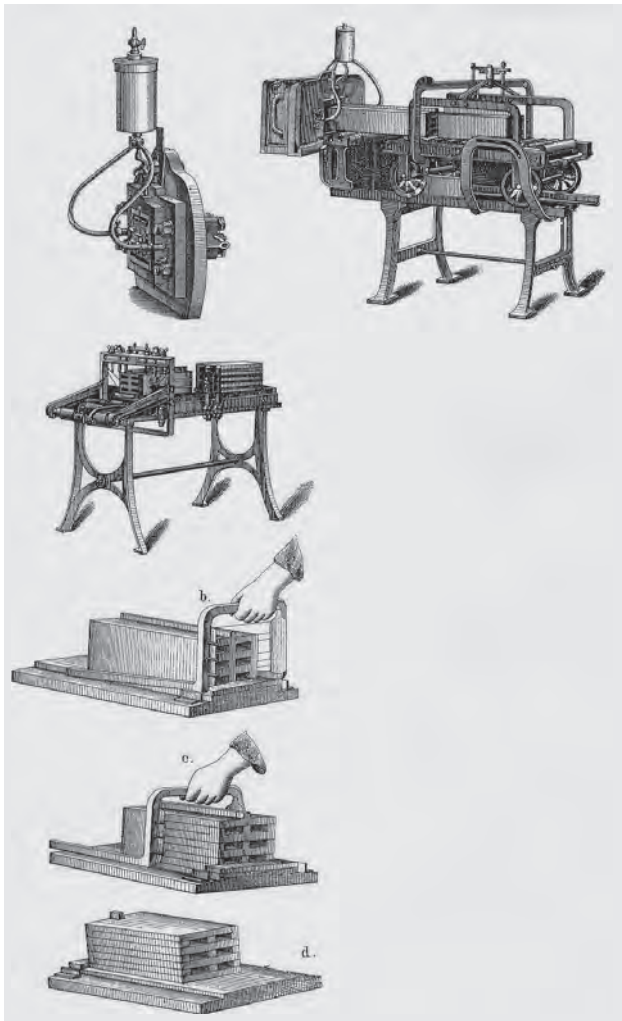


Bild 8.130. Paketdachziegel-Abschneider von Diesener, um 1880, b.,c.,d. = Handschneidevorrichtung für die Paketdachziegel

len Fläche aufeinanderlegen und miteinander verbinden können, so daß sich die Ziegel nach dem Brand leicht voneinander trennen lassen. Das Abschneiden dieser Doppelziegel geschah gemeinsam, sie blieben während des Trocknens und Brennens zusammen und wurden erst danach getrennt.

8.6.2.1. Paketdachziegel

Da man die neue Formgebungsmethode des Strangpressens zunächst noch nicht so beherrschte, kam es besonders bei fetten Tönen vor, daß sich – bedingt durch die Verdrehung des Tons in der Schnecke – die Formlinge beim Trocknen und Brennen verzogen. Um dies zu verhindern, erfand man Mitte der 1870er Jahre die sog. Paketdachziegel. Bei diesem Verfahren wurden vier Ziegel zusammen übereinander ausgepreßt. Zusätzlich zur Nasenrippe waren rechts und links noch zwei weitere Rippen als Abstandhalter vorgesehen, die sog. „Kompensationsrippen“. Nach dem Abschneiden der einzelnen Pakete erfolgte mit einem Handabschneideapparat oder einem weiteren Abschneider der Nasenschnitt und das Abtrennen der Abstandsrippen. Das komplette Paket blieb aber

beim Trocknen und Brennen zusammen. Erst nach dem Brand wurden die Pakete gespalten und die Rippen entfernt (Bild 8.130.). Bekannt wurde vor allem die Verfahren nach Diesener und Gräfe, die auch die entsprechenden Abschneidevorrichtungen konstruierten. Schmidheiny ließ sich ein Verfahren patentieren, bei dem zwischen die einzelnen Tonstränge trockenes Material gestreut werden konnte, um deren Zusammenkleben zu vermeiden.

Mit dem Spalt- oder Doppelstrangbiber wurde 1990 ein ähnliches Verfahren als kostensparende Technologie entwickelt: Die Biberschwanzziegel werden paarweise, durch Stege miteinander verbunden, Rücken an Rücken stehend extrudiert, ähnlich dem Spaltplattenverfahren. Die Formlinge werden steifverpreßt und nach der Presse mehrlagig im Fischgrätverband direkt auf die Ofenwagen gesetzt. Die gebrannten Doppelbiber werden in einer Trennvorrichtung getrennt. Die Verbindungsstege, Anteil etwa 15%, werden gemahlen und wieder dem Rohmaterial beigemischt. Die getrennten Biber werden justiert, gewendet und paarweise so zusammengesetzt, daß die Nasen jeweils außen sind.

8.6.2.2. Strangfalzziegel

Die Erfindung des Strangfalzziegels geht zurück auf den Schweizer Georg Stadler, der 1883 einen der ersten Strangfalzziegel konstruierte.⁷⁰ In der Folgezeit kam es zur Entwicklung zahlreicher weiterer, z.T. höchst unterschiedlicher Modelle. Die einfachen Strangfalzziegel ähneln dem Biberschwanz. Die weiterentwickelten Formen besitzen zwei durchgehende oder abgesetzte Mulden oder Wölbungen und ähneln daher mehr dem Falzziegel. Fertigungstechnisch wurden die nicht durchgehenden Mulden oder Wölbungen durch ein Mundstück mit auf- und abgehenden Schiebern oder durch spezielle Abschneidevorrichtungen erreicht (Bilder 8.131.+8.132.).

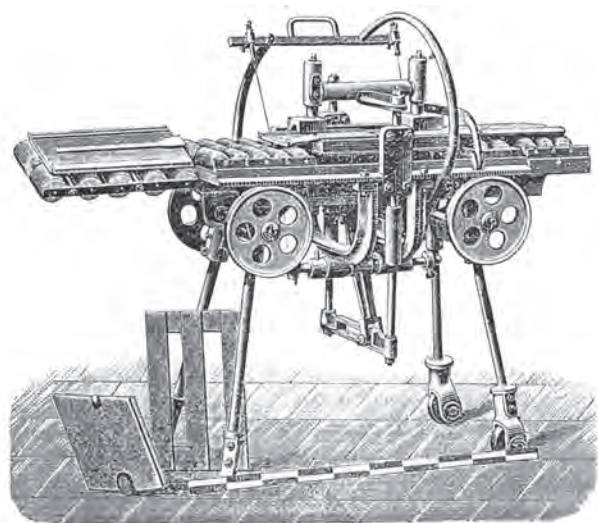


Bild 8.131a. Abschneider von Schlickeysen mit Druckstempel zum selbsttätigen Einpressen einer Haube in das untere Ende des Strangfalzziegels

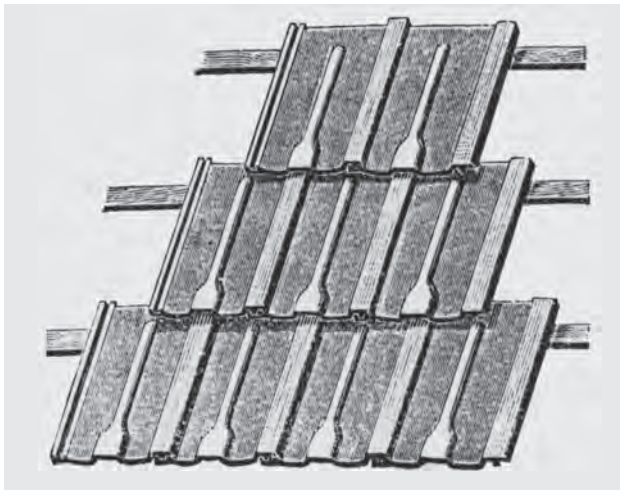


Bild 8.131b. Strangfalzziegel System Schlickeisen mit unterer Haube

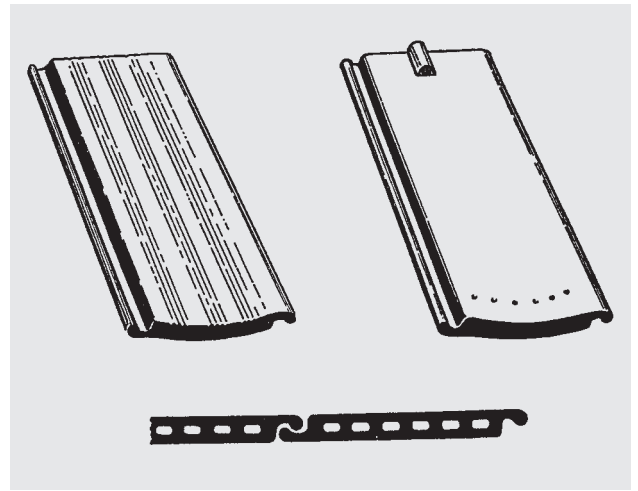


Bild 8.133. Hohlstrangfalzziegel, geschnitten mit einem Spezialabschneider, der beim Schneiden die durchgehenden Hohlräume am unteren Ende des Ziegels mit besonders geformten Spachteln zudrückt und im gleichen Arbeitsgang auf der Rückseite in jeden einzelnen Kanal ein Loch sticht

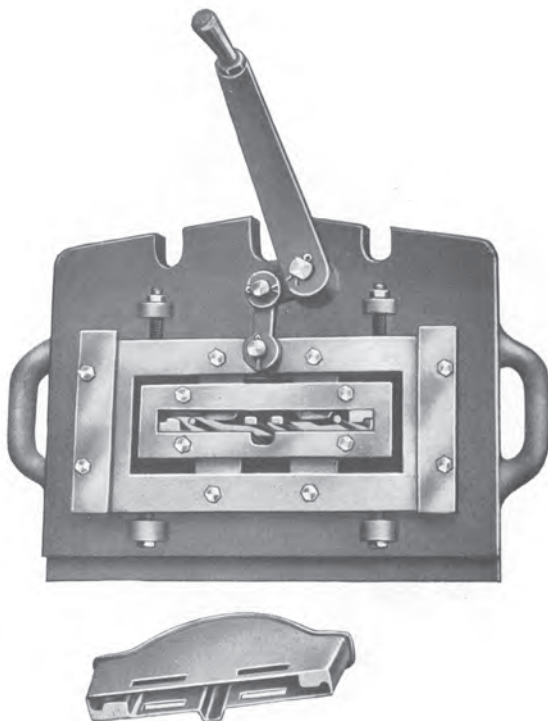


Bild 8.132. Spezialmundstück zur Herstellung der Steinbrück-Strangfalzziegel (Patent DRP 112981). Mit einem Handhebel können zwei Schieber im Mundstück verstellt werden, wodurch die durchlaufenden Profile streckenweise abgesetzt werden

8.6.2.3. Hohlstrangfalzziegel

Eine besondere Variante des Strangfalzziegels stellt der Hohlstrangfalzziegel mit seinen durchgehenden Hohlkanälen dar. Diese wurden am unteren Ende des Ziegels zgedrückt, um Schnee- und Staubeinwehungen zu verhindern. Um evtl. anfallendes Schwitzwasser abzuleiten, wurde auf der Unterseite in jeden einzelnen Kanal ein Loch gestochen. Diese Arbeiten wurden zunächst von Hand gemacht und erforderten besondere Arbeitskräfte. Später gab es

automatische Abschneider, die das Verstreichen der Kanäle und Durchstoßen der Löcher selbsttätig und genau besorgten (Bild 8.133.).

8.6.2.4. Stehend extrudierte Dachziegel

Bereits vor 1900 wurden Pfannen und ähnliche Dachziegel auch mit sog. hängenden Strangpressen, bei welchen der Strang vertikal nach unten austritt, hergestellt. Dabei wurden die Dachziegel entweder zweifach als Doppelziegel, oder drei- und vierfach in Gestalt eines Dreiecks oder Vierecks gepreßt. Am Mundstückaustritt waren Messer angebracht, welche die Ziegel an den Verbindungsstellen bis auf wenige Millimeter einschnitten, so daß eine Sollbruchstelle entstand, an der die Ziegel leicht getrennt werden konnten. Diese Trennung erfolgte erst nach dem Brand, und die zusammenhängenden Formlinge wurden senkrecht stehend getrocknet und gebrannt. Hatten die zusammenhängenden Formlinge eine Dreiecksform, so konnte man zum Brennen Drainageröhren darin plazieren, um den Platz im Ofen besser auszunutzen. War es eine Vierecksform, so konnte man Dachziegel, die bereits im trockenen Zustand getrennt wurden, dicht gepackt darin unterbringen. Auf diese Weise war der Ofenraum gut genutzt und auch die losen Ziegel während des Brands geschützt (Bilder 8.134.).

8.6.2.5. Dachziegelabschneider

Bei den ersten, um 1870 entstandenen Dachziegelabschneidern wurden von dem aus dem Mundstück austretenden Biberschwanzziegelstrang mit seinem durchgehenden Nasenwulst zunächst mit einem einfachen Handabschneider gerade, rechteckige Platten von Ziegellänge abgeschnitten. Diese Stücke

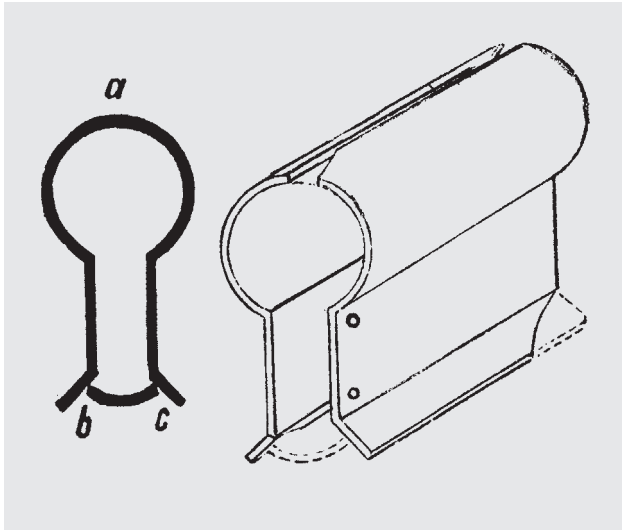


Bild 8.134a. Als Doppelziegel extrudierte Holländische Pfanne

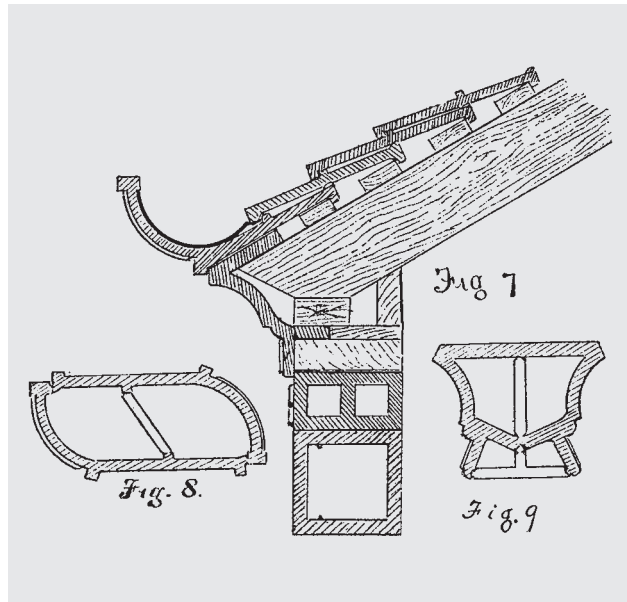


Bild 8.134d Amerikanischer Dachrinnenziegel (Fig.8) und Gesimsverkleidungsziegel (Fig. 9), jeweils als Doppelziegel extrudiert, um 1895

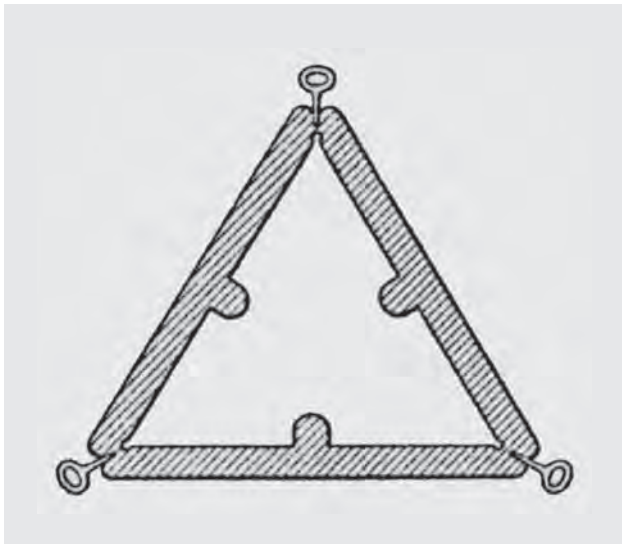


Bild 8.134b. In Dreiecksform dreifach extrudierte Biberschwanzziegel

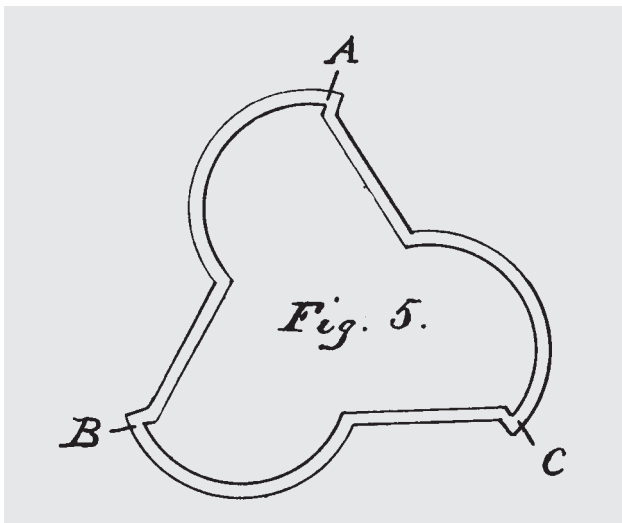


Bild 8.134c. Dreifach austretende amerikanische Pfannenziegel, A, B, C = Trennstellen, um 1895

wurden von Hand auf ein Schablonenbrett gelegt, wo dann mit einem Drahtbügel zuerst der überflüssige Nasenwulst und dann die Rundung des Ziegelendes geschnitten wurden. Dann wurde ein Trockenrähmchen aufgelegt und der Formling mit dem Schablonenbrett umgedreht, so daß er auf das Rähmchen zu liegen kam. Die nun oben liegende Ziegelsichtseite wurde mit einem nassen Schwamm geglättet, bevor der Formling zum Trockengerüst gebracht wurde (Bild 8.135.).

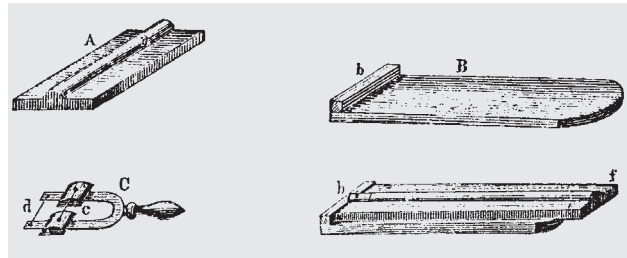


Bild 8.135. Manuelles Schneiden der Nase und des Bogenschnitts von einem extrudierten Strang

Um 1875 entwickelte Hausding einen handbetätigten Biberschwanz-Abschneidetisch. Durch einen Schneidebügel, der einen geraden und einen segmentförmigen Schnitt ausführen konnte, wurden die Biber aus dem endlosen Strang ausgeschnitten. Mit einer auf und abgehenden Drahtgabel wurde auf der Unterseite der durchgehende Nasenstrang auf die gewünschte Länge geschnitten (Bilder 8.136.).

Im Gegensatz zu den ersten handbetätigten Abschneidern arbeiten die heutigen Abschneider vollautomatisch (Bild 8.137.). Bei Dachziegelabschneidern ist die Schneidevorrichtung auf einem Wagen montiert, der sich synchron mit dem Strang vorwärts bewegt. Weil stranggezogene Dachziegel in der

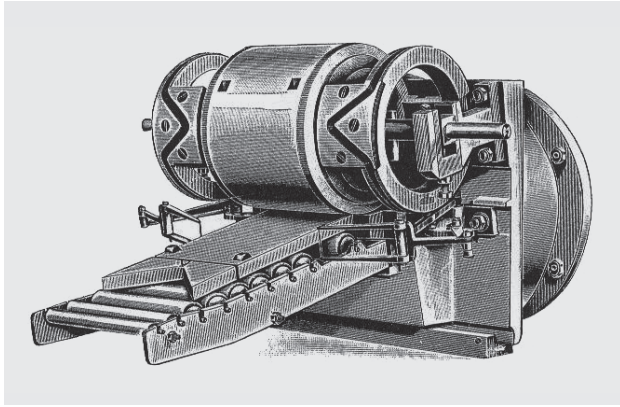


Bild 8.136a. Direkt am Preßkopf montierter Biberschwanzabschneider, um 1900

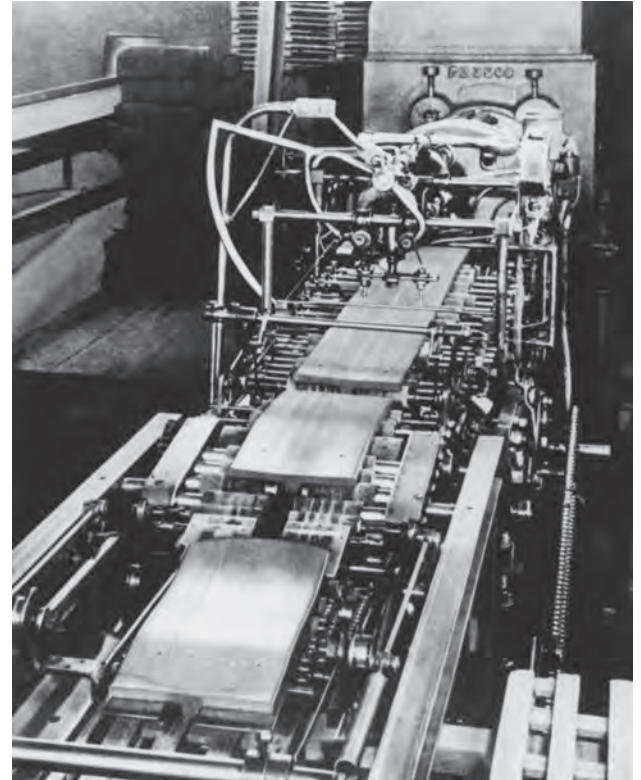


Bild 8.137. Automatischer Biberschwanzabschneider mit automatischem Ablegen auf die automatisch zugeführten Trockenrähmchen, um 1955

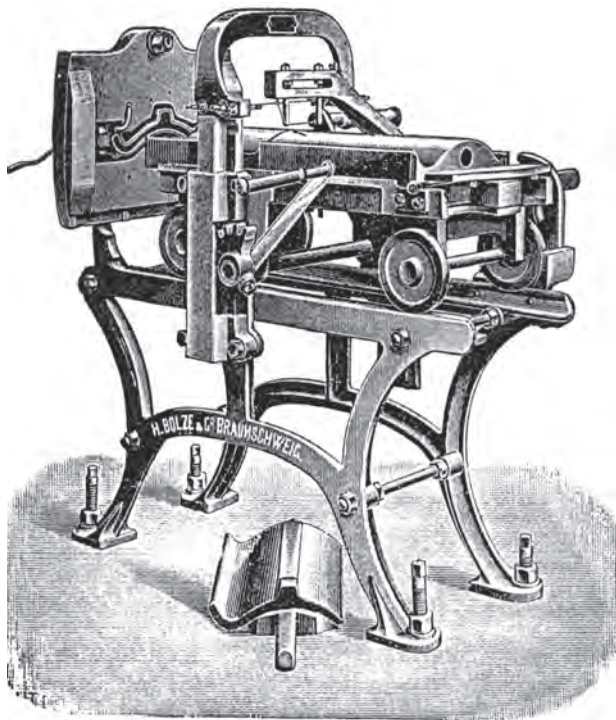


Bild 8.136 b. Abschneider für Hohlpfannen, um 1890

Regel auf mindestens einer Seite einen Formschnitt benötigen, werden zwei senkrecht gespannte Drähte quer zur Strangrichtung in Schablonen bewegt. Bei jedem Schnitt muß zwangsläufig ein Abfallstück geschnitten werden. Durch eine zusätzliche Schneidevorrichtung wird ein ursprünglich auf der ganzen Länge vorhandener Steg soweit abgeschnitten, daß nur noch die Anhängenasen bestehen bleiben. Eine zweite Vorrichtung erzeugt die Nagellöcher. Dachziegelabschneider sind stark spezialisierte Abschneider, d.h. für jede Dachziegelart (Biber, Pfanne, Firstziegel, Schalenziegel etc.) wird ein eigener, spezieller Abschneider benötigt.

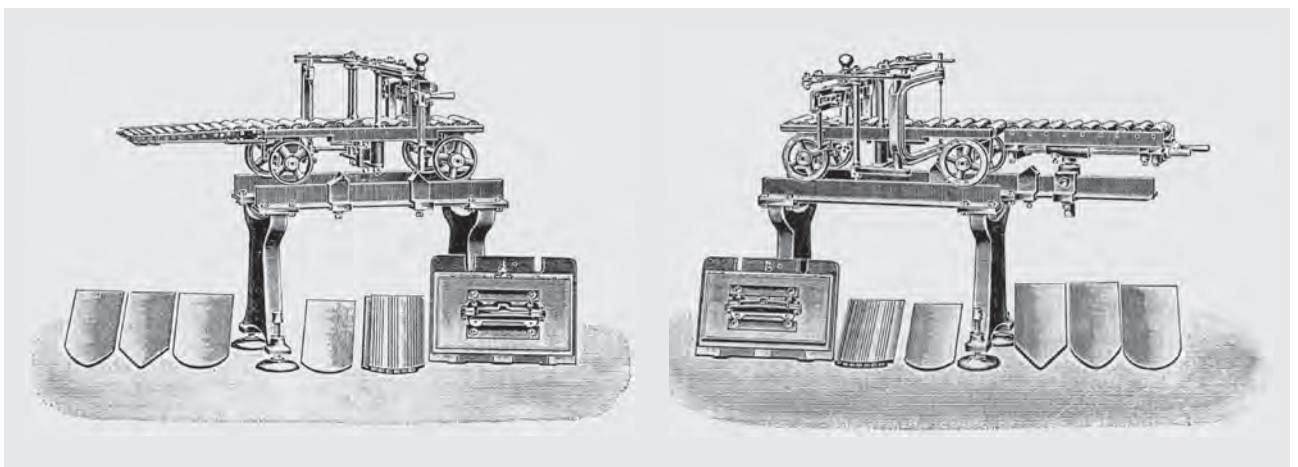


Bild 138. Zwei Abschneideapparate für Biberschwanzziegel und Strangfalzziegel, um 1905, von zwei Personen zu bedienen, ähnlich wie auf Bild 8.125. gezeigt. Links: mit schräg ablaufendem Abnahmetisch zum direkten Abziehen auf das Trockenrähmchen. Rechts: mit Kipptisch; zum Auflegen des Trockenrähmchens auf den Ziegel und Abnehmen durch Kippen des Tisches.

Bilder 8.139. Zwei Beispiele amerikanischer Formgebungstechnologie des 19. Jahrhunderts, entnommen aus Anzeigen in der Fachzeitschrift „The Clay-Worker“, Juni-Heft 1895

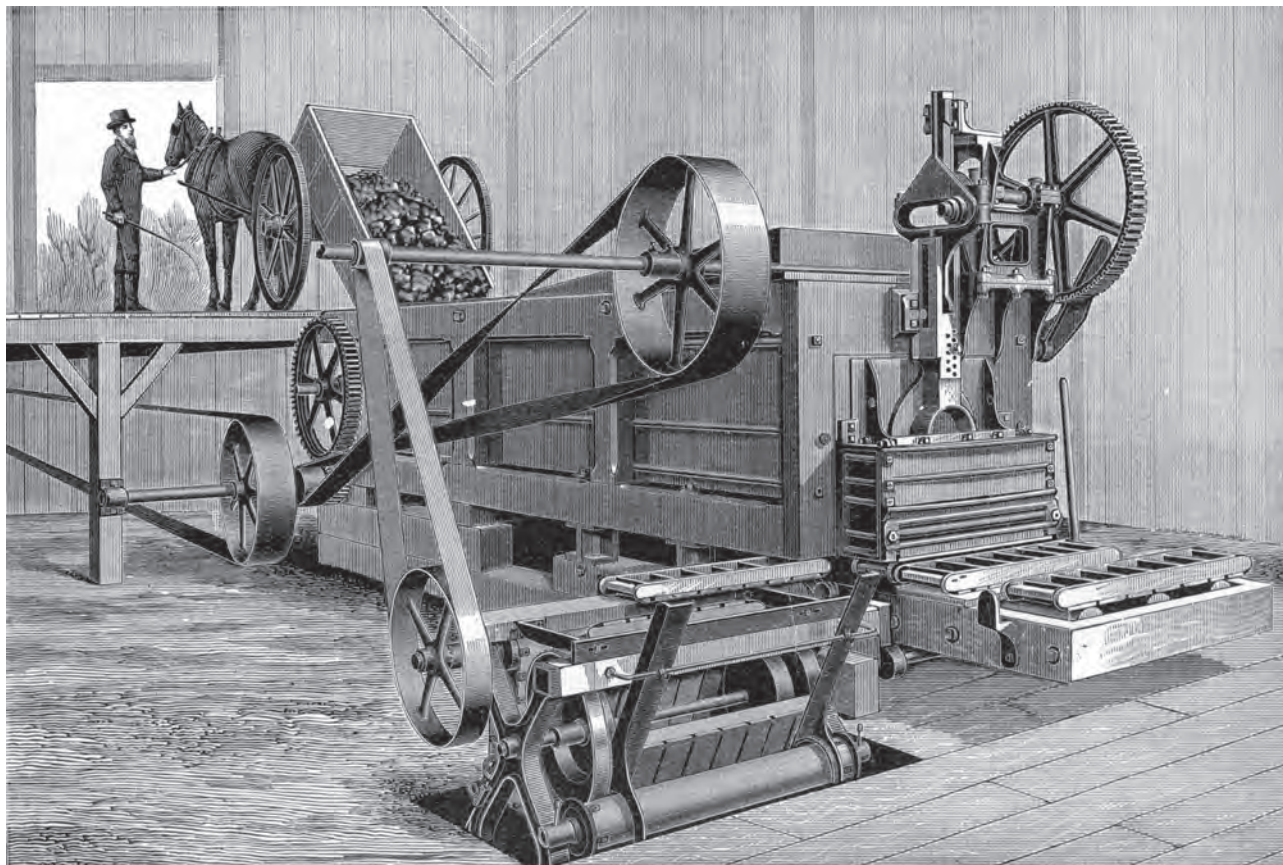


Bild 8.139a. Horizontale Handstrichmaschine mit eingebautem Desintegrator der Firma C. & A. Potts & Co., Indianapolis, Indiana, für eine Leistung von 30 000 Ziegeln in 8 - 8,5 Stunden. Nach den Angaben der Firma war es die einzige Streichmaschine, die es ermöglichte, den Ton direkt von der Grube zu verarbeiten, ohne vorheriges Wetzern oder mechanische Aufbereitung.

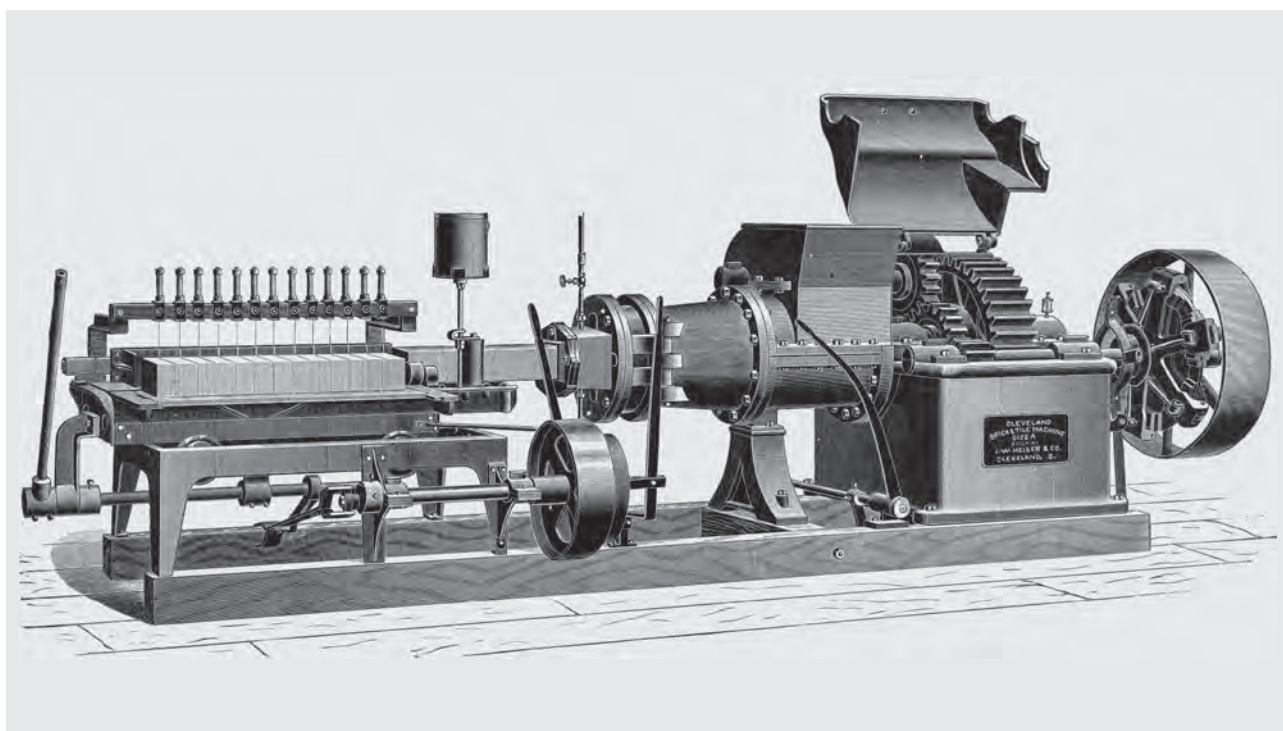


Bild 8.139b. Schneckenpresse „Cleveland, Größe A“ mit Harfenabschneider für eine Leistung von 25 000 bis 40 000 Ziegeln pro Tag der Firma J. W. Heiser & Co., Ziegeleimaschinenhersteller in Cleveland, Ohio

9. Trocknung – Vorbereitung des Formlings auf das Finale

Nach der Formgebung ist der Ziegel noch relativ weich, mit geringer Eigenfestigkeit. Das für die Verformung zugegebene Wasser muß aus den Formlingen durch die Trocknung wieder entfernt werden, um sie zum Brennen, dem finalen Herstellungsprozeß, in den Ofen einsetzen zu können. Der Trockenvorgang ist mit einem Schwinden des Formlings verbunden, der soviel Bindekraft besitzen muß, daß er die bei der Trocknung auftretenden Spannungen ohne Schaden, d.h. risse- und verkrümmungsfrei, überstehen kann. Neben den durch die Schwindung verursachten Spannungen treten noch weitere auf, die durch einseitige Trocknung verursacht sind. Dachziegel sind trotz ihrer großen Verdunstungsfläche schwieriger zu trocknen als Mauerziegel. Nach dem Trocknen hat der Formling seine Plastizität verloren, er hat eine bestimmte Eigenfestigkeit und ist damit stapelbar, er ist aber immer noch im Wasser löslich und kann jederzeit wieder in den plastischen Zustand zurückgeführt werden. Eine zusammenfassende Darstellung der Entwicklung der Trockentechnik zeigt Tabelle 22.

9.1. Grundlagen der Trocknung

Das Trocknen beruht auf der Fähigkeit der Luft, Wärme an den Formling abzugeben, sowie das durch die Verdunstung in Dampfform umgewandelte Wasser aufzunehmen und mit sich fortzuführen. Das Trockenmittel Luft kann bei einer bestimmten Temperatur aber nur eine ganz bestimmte Menge Wasser aufnehmen. So kann 1 cbm Luft bei einer relativen Feuchte von 100%, z.B. bei 0°C 3,8 g, bei 10°C 9,2 g, bei 25°C 22,5 g und bei 50°C 82,3 g Wasser aufnehmen. Ist diese Menge erreicht, bezeichnet man die Luft als gesättigt. Bestreicht sie dann die Formlinge weiter, würde sie abkühlen und kondensieren, d.h. ein Teil des in ihr enthaltenen Wasserdampfs würde sich auf den Formlingen als Wasser niederschlagen, was unbedingt vermieden werden muß.

Es muß deshalb immer wieder aufnahmefähige Luft an die Formlinge herangebracht werden. Schon Seger hat um 1890 eine Tabelle aufgestellt für die Luftmengen, die erforderlich sind, um das in 1000 Mauerziegeln enthaltene Wasser, das er im Mittel mit 788 kg ermittelte, zur Verdunstung zu bringen. Er kommt dabei z.B. bei 10°C auf 183 256 cbm, bei 20°C auf 60 952 cbm, bei 50°C auf 10 090 cbm usw. Bei atmosphärischer Luft, die nie ganz trocken ist, bedeutet dies natürlich eine entsprechend größere Luftmenge. Bei allen Trockenanlagen war daher für eine reichliche und ungehinderte Belüftung zu sorgen.

Das Wasser im Formling, das durch Trocknen entfernt werden muß, liegt – wie von verschiedener

Seite gleichermaßen beobachtet, insbesondere aber 1927 von W. Steger (1889-1969) formuliert⁷¹ – in drei verschiedenen Formen vor:

1. *Porenwasser*, das die Hohlräume oder Poren zwischen den bildsamen und unbildsamen Masseteilchen mit Wasser gefüllt hat,
2. *Hüllwasser*, das jedes Masseteilchen mit einem Wasserfilm umgibt,
3. *Quellwasser*, das die bildsamen Masseteilchen aufgesaugt (adsorbiert) haben und das sie zum Quellen gebracht hat.

Zu Beginn des Trocknens bildet sich am Formling eine wasserärmere Oberflächenschicht aus, die eine Saugkraft entwickelt, die das Wasser aus dem Innern an die Oberfläche gelangen läßt. Dabei setzt die Kapillarwirkung des Porengefüges ein, die nach und nach alles vorhandene Wasser erfaßt, das in drei Abschnitten getrocknet wird:

Im 1. Abschnitt wird der größte Teil des Porenwassers entfernt, das die Poren füllt. Die Masseteilchen rücken näher aneinander, die Poren werden kleiner. Das verbleibende Porenvolumen ist unverändert mit Wasser gefüllt und von Luft frei. Die Masse schwindet, und die eingetretene Schwindung ist gleich dem Volumen der abgeführten Wassermenge.

Im 2. Abschnitt wandert der Rest des Porenwassers, dann das Hüllwasser ab. Nun entstehen auch leere Poren, die zunächst noch mit Wasserdampf gefüllt sind, bis ein erstes durchgehendes Porensystem wasserfrei ist und Luft eintreten läßt. Am Ende des 2. Abschnitts ist die Schwindung beendet und die Masse verliert ihre Plastizität.

Im 3. Abschnitt geben die bildsamen Masseteilchen ihr Quellwasser ab, wodurch weiterer freier Porenraum im Formlingsinnern entsteht (Bild 9.1.).

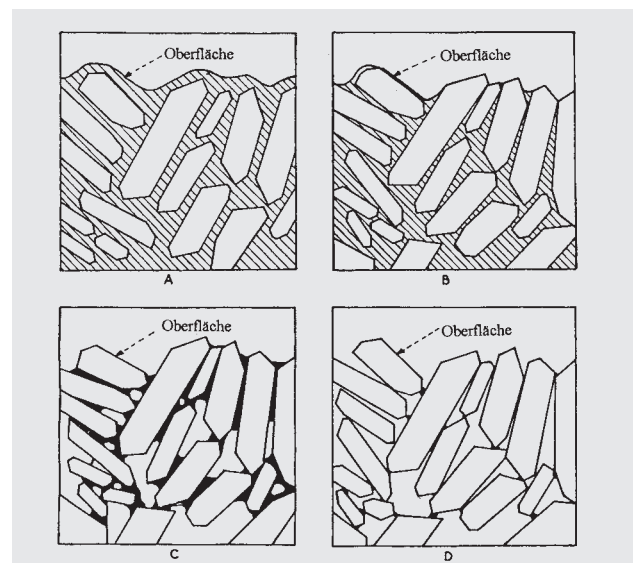


Bild 9.1. Ton-Wasser-System in verschiedenen Trocknungsphasen, von plastisch (A) bis völlig trocken (D)

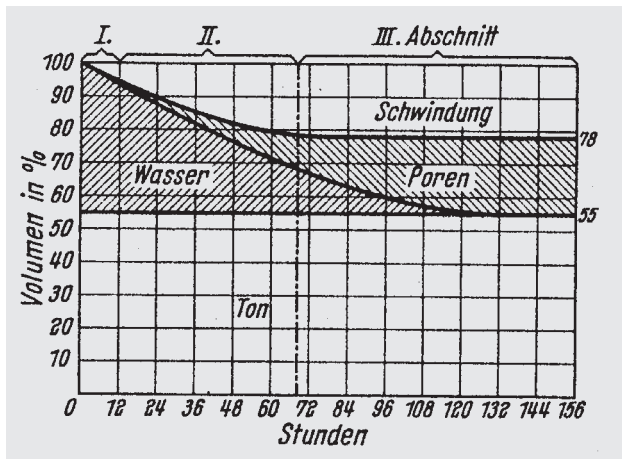


Bild 9.2. Trocknungs-Diagramm von Bourry, entwickelt aus dem Trocknen einer Tonmasse mit 75 Gew.-% Ton und 25 Gew.-% Wasser, entsprechend 55 Vol.-% Ton und 45 Vol.-% Wasser

Das von E. Bourry um 1925 entwickelte Trocknungs-Diagramm zeigt besonders anschaulich die Reihenfolge und Wirkung der einzelnen Trocknungsabschnitte. Das Diagramm wurde aus dem Trocknen einer Tonmasse mit 75 Gew.-% Ton und 25 Gew.-% Wasser, entwickelt. Man erkennt deutlich, daß die Grenze zwischen dem 1. und 2. Trocknungsabschnitt dort liegt, wo das Volumen des aufgetrockneten Wassers kleiner wird als die Schwindung, und die Grenze zwischen 2. und 3. Abschnitt dort, wo die Schwindung praktisch beendet ist (Bild 9.2.).

Die Kunst des Zieglers besteht darin, die Trockengeschwindigkeit an die einzelnen Abschnitte anzupassen und so zu regeln, daß sie sich nicht überlagern und nicht unnötig lange ausgedehnt werden. Gerade das Ende des 2. Abschnitts, an dem die Schwindung beendet ist und nach dem die Trockengeschwindigkeit gefahrlos erhöht werden kann, war auch den alten Ziegler schon bekannt. Sie nannten ihn den Punkt, an dem das „Schwindungswasser“ aus dem Formling entfernt ist.

9.2. Natürliche und künstliche Trocknung

Die in der Ziegeleitechnik bis heute fast ausschließlich angewendete Trockenmethode ist die **Konvektionstrocknung**. Dabei arbeiten die verschiedenartigsten Trockner mit Luft als Transportmittel für die Warmluft und den Wasserdampf. Die Luft umstreicht das Trockengut und gibt durch diese Strömung (Konvektion) Wärme an das Gut ab. Bei seiner Bewegung nimmt die Luft den entstehenden Wasserdampf auf und nimmt ihn mit.

Eine andere Methode ist die **Kontaktstrocknung**, die man schon früh bei den Fußbodentrocknern angewendet hat. Hierbei liegt das Trockengut auf Heizflächen und die Wärme wird durch unmittelbaren Kontakt übertragen. Diese Methode ist aber für die Massenproduktion ungeeignet und unwirtschaftlich; sie wurde daher nicht weiter verfolgt.



Bild 9.3. Das Bild der Handstrichziegelei von Zschopau um 1900 zeigt die Trocknung auf dem Plan, mit Strohmatten abgedeckte Trocken-Hagen und Freiluft-Trockenschuppen. (Westfälisches Industriemuseum, Fotoarchiv)

Bei der Konvektionstrocknung unterscheidet man grundsätzlich zwischen natürlicher und künstlicher Trocknung.

Natürliches Trocknen benutzt ausschließlich die natürliche Wärme der weniger gesättigten atmosphärischen Luft und erfolgt im wesentlichen als Freilandtrocknung auf dem Plan oder in Freilufttrocknern mit Trockenschuppen (Bild 9.3.).

Künstliches Trocknen erfolgt mit Wärme, die durch eine besondere Wärmequelle erzeugt wurde. In der Reihenfolge der geschichtlichen Entwicklung unterscheidet man dabei zwischen Großraumtrockner, Kanaltrockner, Kammertrockner, Durchlauftrockner und Schnelltrockner sowie verschiedenen Sonderentwicklungen.

9.3. Freilandtrocknung

Die einfachste und älteste Art der Trocknung ist die Freiland- oder Plantrocknung. Sie ist heute noch in vielen Entwicklungsländern gang und gäbe, in Indien und Pakistan sogar noch die vorherrschende Art der Trocknung, während sie in Deutschland vereinzelt (z.B. in Zehdenik) bis 1956 praktiziert wurde. Sie war in ihrer einfachsten Form der typische Trockner der Feldziegelei, wie sie es z.B. in Hessen vereinzelt noch bis Ende der 1940er Jahre gab.⁷² Die Formlinge werden dabei direkt unter freiem Himmel auf dem Erdboden, dem sog. „Plan“ abgelegt. Ob auf dem Plan getrocknet wurde, ist oft daran erkennbar, daß man immer wieder alte Handstrichziegel findet, die Spuren von Kinderfüßen oder -händen tragen, aber auch Abdrücke von Hunden, Katzen, Hühnern und Wildtieren (Bild 9.4.). Ähnliches gilt weltweit. So fand man im Altstadtviertel des 1778 gegründeten australischen Sydney auf handgestrichenen Ziegeln Eindrücke von Dingo, Opossum und Känguruh. Die Freilandtrocknung war ausschließlich bei Mauerziegeln gebräuchlich und konnte zur Trocknung von



Bild 9.4. Sog. Pfotenziegel mit Abdrücken von Haus- und Wildtieren finden sich häufig, da die weichen, zum Trocknen ausgelegten Ziegel von den Tieren oft begangen wurden und daher entsprechende Spuren tragen. Daß diese „verunstalteten“ Ziegel vor dem Brennen nicht ausgesondert wurden, läßt vermuten, daß man sie auch als Glücksbringer betrachtete.

Dachziegel weniger gut angewendet werden, da diese besonders empfindlich gegen direkte Sonneneinstrahlung, Wind und Regengüsse sind.

Da mit zunehmender Dicke der Vollziegel die Trocknung immer schwieriger wird, insbesondere in Küstengebieten mit feuchter Meeresluft, war die Freilandtrocknung auch der Grund dafür, daß die im Nordseeküstengebiet einschließlich Holland und Belgien hergestellten sog. „Nordseeziegel“ mit 44-55 mm Dicke deutlich dünner sind als die Ziegel in den übrigen Regionen.

9.3.1. Plantrocknung mit Hagen

Der Trockenplatz bestand aus den „Hagenfüßen“ oder „Hagenbanketten“, kleinen Erdsockeln von etwa 15 cm Höhe (Bild 9.5.). Zwischen je zwei Hagenfüßen

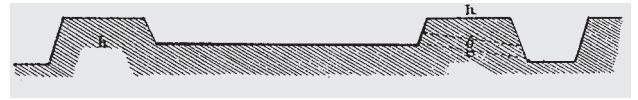


Bild 9.5. Hagenbankette oder Hagenfüße

von beliebiger Länge erstreckten sich die ebenso langen, geebneten „Bahnen“, auch „Plan“ genannt, je 6–10 m breit, die man vor jedem Belag mit Steinen mit dem „Bahnhobel“ oder einer eisernen oder hölzernen „Kratze“ ebnete und reinigte und danach mit Sand bestreute (Bild 9.6.). Der Streichplatz mußte

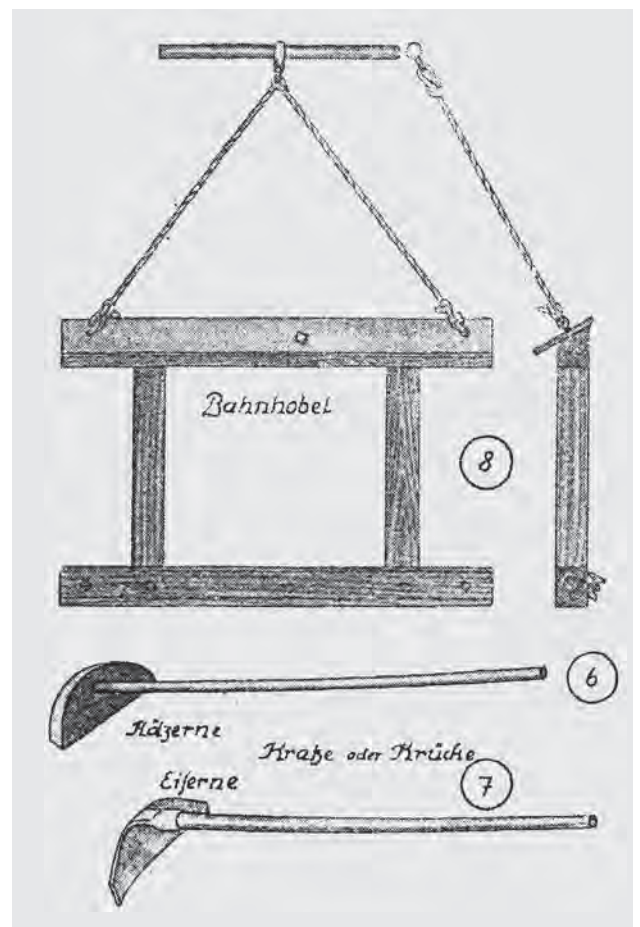


Bild 9.6. Bahnhobel und Kratzer

nach oben leicht gewölbt sein, damit bei Regen das Wasser ablaufen konnte (Bild 9.7.). Da man in der Regel mit Zwillingen arbeitete, entstand beim

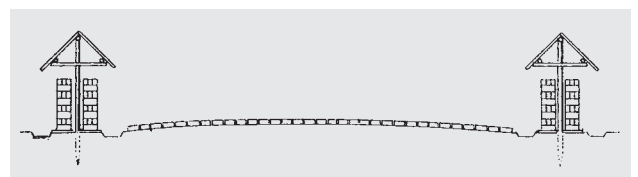


Bild 9.7. Gewölbter Streichplatz, Bahn oder Plan genannt, mit seitlich angeordneten Trockenhürden

Bilder 9.8. Trocknen auf dem Plan

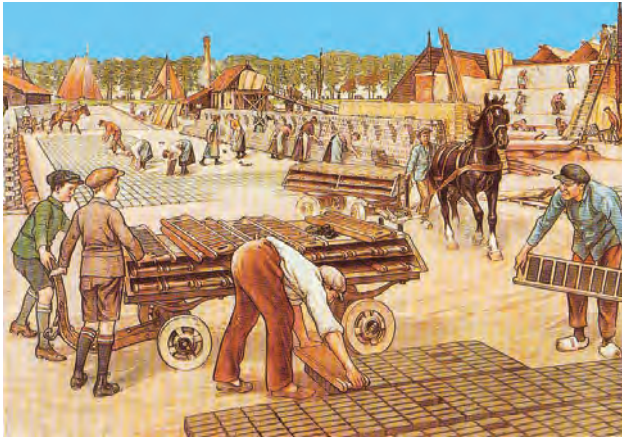


Bild 9.8a. Entleeren der Formkästen einer Streichmaschine auf dem Plan, um 1900

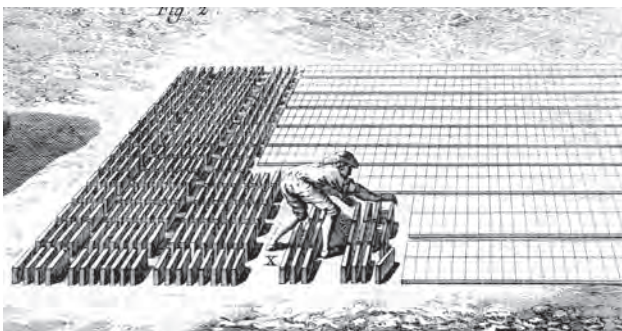
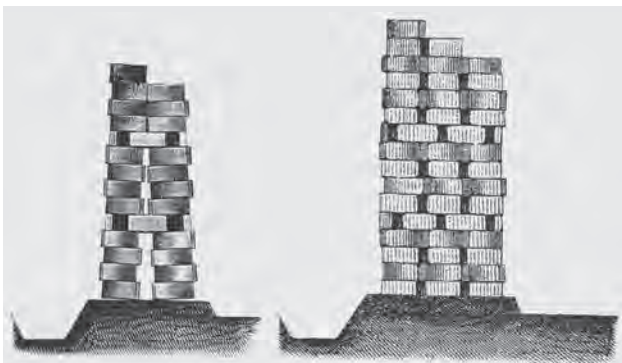


Bild 9.8b. Aufkanten der auf dem Plan abgelegten Steine, um 1800

Absetzen eine Doppelreihe. Eine volle Doppelreihe hieß „Schlag“, der bei ca. 60 m Länge 900 Steine enthielt. Eine Bahn mit 6 m Breite hatte 8 Schläge, das bedeutete eine Bahnbelegung von 7200 Stück.

Die schädliche Wirkung von zu starker Wind- und Sonneneinwirkung auf die frischen Formlinge, wie z.B. die Gefahr der Rißbildung, suchte man durch das Bestreuen mit Sand oder fein gesiebter Asche abzuschwächen. Sandstrichziegel galten daher auch als trockenunempfindlicher als Wasserstrichziegel. Bei gutem Wetter waren die flach abgelegten Steine nach einem Tag angesteift und konnten auf die hohe Kante gestellt werden, damit auch die Unterseite ansteifen konnte (Bilder 9.8.). Diese Arbeit wurde meist



9.9. Zwei- und Drei-Blatt starke Hagen

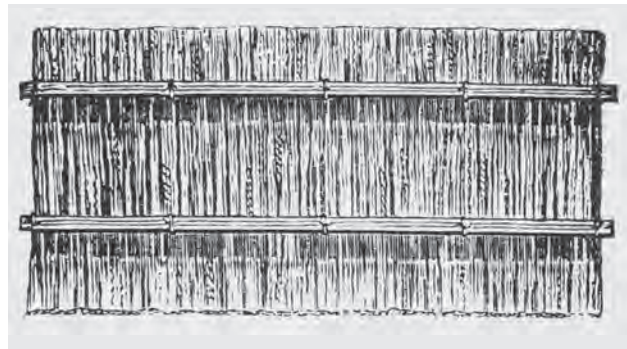


Bild 9.10. Strohmatte zum Abdecken der Hagen

von Kindern verrichtet, von den Abtragejungen oder von Mädchen, da ihnen das ständige Bücken noch am leichtesten fiel. Die Arbeit mußte barfuß geschehen, damit die Formlinge nicht beschädigt wurden. Nach zwei bis drei weiteren Tagen waren sie dann so weit angetrocknet, daß auf den Hagefüßen, zwei oder drei Blätter (Steine) stark, 14-16 Steine hoch aufgestapelt werden konnten (Bild 9.9.). Diese Stapel wurden als Hagen (engl. hacks), Schränke, Bänke oder Gamben bezeichnet (aufgamben = Setzen der Hagen). Die Rohlinge wurden mit Zwischenraum gesetzt, damit die Luft gut hindurch streichen konnte. Wegen des leichteren Austrocknens bevorzugte man die Hagen von zwei Blättern (=2 Steine breite Stapel). Die Hagefüße wurden zuvor mit Stroh oder Holzlatten belegt, damit die Erdfeuchte zurückgehalten wurde. Hier mußten die Rohlinge noch weitere 4-5 Tage stehen, bis sie lufttrocken waren. Sie enthielten dann immer noch 7-10 % Wasser, das „Schmauchwasser“ genannt wurde, weil es im Ofen durch das Schmauchen entfernt werden mußte. Bei schlechtem Wetter konnte sich die Trocknung aber auch bis zu 30 Tagen hinziehen.

Zum Schutz gegen Regen wurden Strohmatte auf die Hagen gelegt (Bild 9.10.). Die Hagen wurden deshalb oben treppenartig ausgebildet, um die erforderliche Dachschräge zu erhalten (Bild 9.11.).

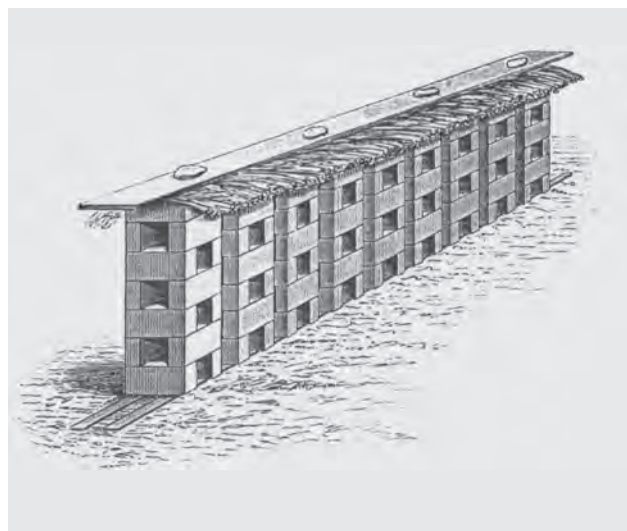


Bild 9.11. Mit Strohmatte abgedeckter Hagen

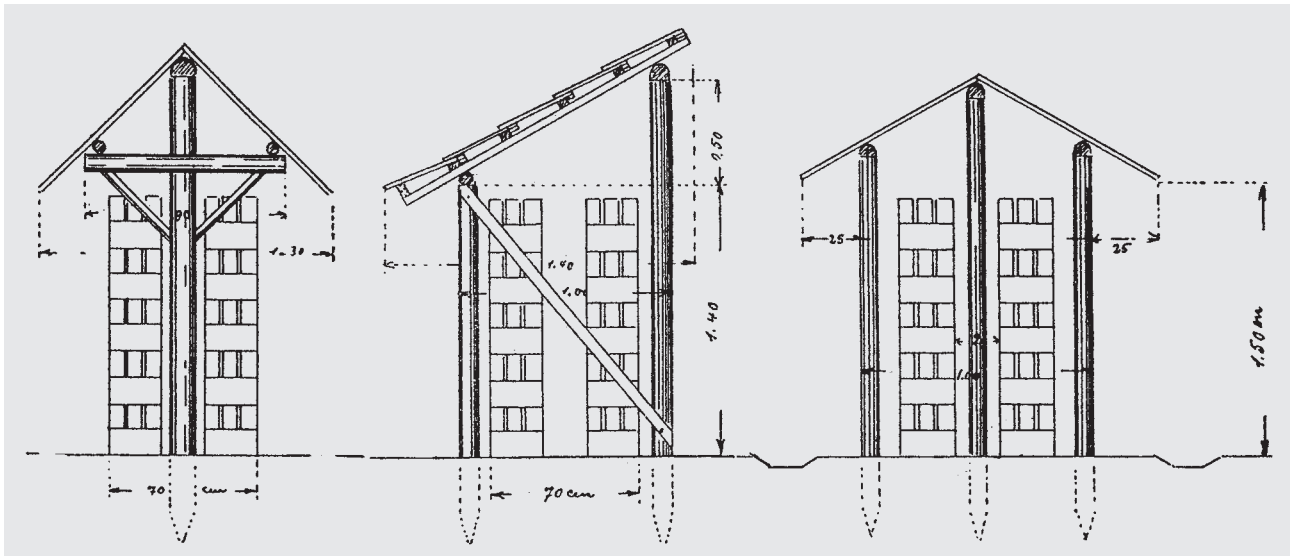


Bild 9.12. Ortsfeste Schutzdächer für Hagen, sog. Hürden

Die Strohmatte wurden an den Enden mit Feldsteinen beschwert, damit sie nicht vom Wind weggeweht werden konnten. Das Herstellen der Strohmatte war eine typische Winterarbeit des Zieglers. Man verwendete dazu Roggenstroh, das mit Latten und Bindedraht, alternativ mit Bohnenstangen und Weiden, zusammengebunden wurde. Weizenstroh war zu kurz und nicht kräftig genug. Auch die frischen Formlinge auf dem Plan wurden bei aufziehenden Gewittern oder Regengefahr mit Strohmatte abgedeckt, während die bereits angesteiften Formlinge schnell auf Hagen gesetzt wurden, um sie vor dem Verderben zu schützen. Trotzdem kam es immer wieder vor, daß ein Teil der Formlinge auf dem Plan durch Regen zerstört wurde. Pinkl⁷³ beklagt 1928, daß durch das Fehlen ausländischer Arbeiter, die ständig auf der Ziegelei waren, gerade sonntags dieses Risiko immer größer werde, da nach Feierabend niemand mehr da sei, um bei plötzlich aufziehenden Wettern die Formlinge zu versorgen.

9.3.2. Plantrockung mit Hürden und Luftschuppen

Die ortsfesten Handstrichziegeleien waren meist einen Schritt weiter und benutzten zum Schutz der aufgestapelten Hagen ortsfeste Schutzdächer, sog. Hürden, die es in verschiedenen Ausführungen gab (Bild 9.12.).

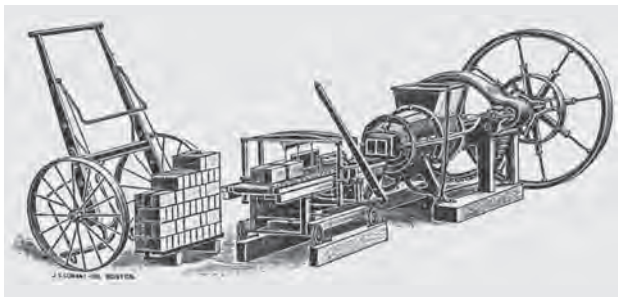


Bild 9.13. Direktes Absetzen der Steine an der Presse zum Trocknen in Hürden, 1898, Fa. Steele

Die ab 1858 hergestellten extrudierten Maschinenziegel, die steifer waren als die von Hand gestrichenen, wurden in kleinen Ziegelwerken, vereinzelt bis in die 1920er Jahre, direkt von der Presse weg unter solchen Hürden zum Trocknen aufgestapelt (Bilder 9.13. + 9.14.).

Um 1898 konstruierte Max Orenstein in Michendorf bei Berlin ein transportables Trockengerüst für etwa 100 – 120 Ziegel, das direkt an der Ziegelpresse beladen wurde und dann mit einem speziellen Transportwagen an jeden verfügbaren, zum Trocknen geeigneten Ort transportiert werden konnte (Bild 9.15.).

9.4. Freilufttrocknung

Um gegen die Unbilden der Witterung unabhängiger zu sein, benutzten die ortsfesten Saisonziegeleien die als Gerüsttrockner ausgeführten Freilufttrockner. Nach der Einführung des Absetzwagens ab 1900 wurden die Freilufttrockner auch als Absetztrockner für Absetzwagenbetrieb gebaut.

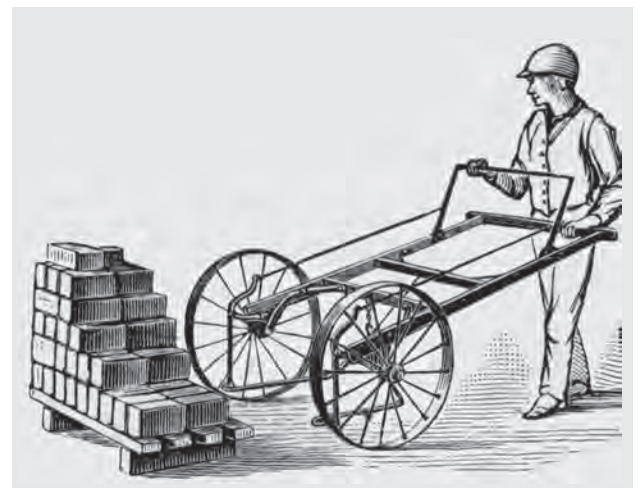


Bild 9.14. Amerikanischer Palettenwagen, um 1895

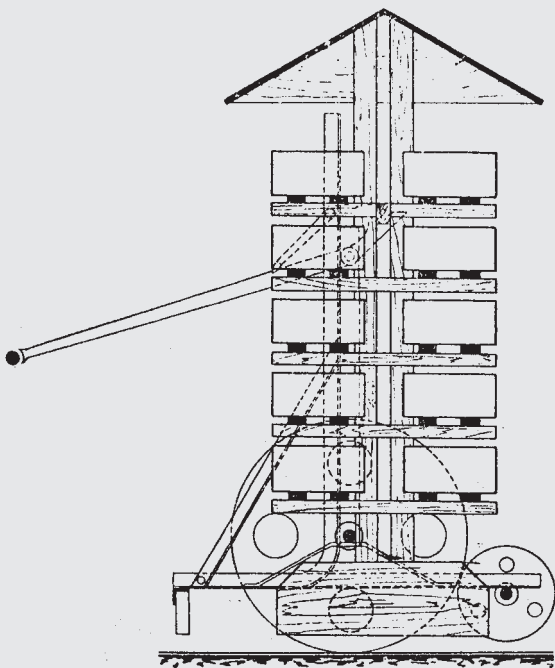
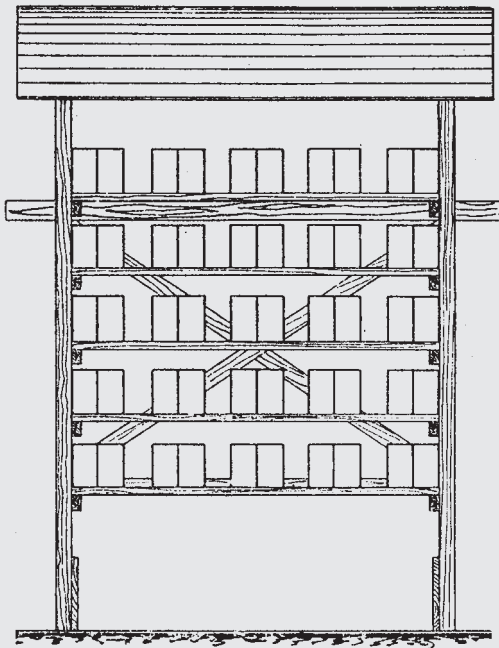
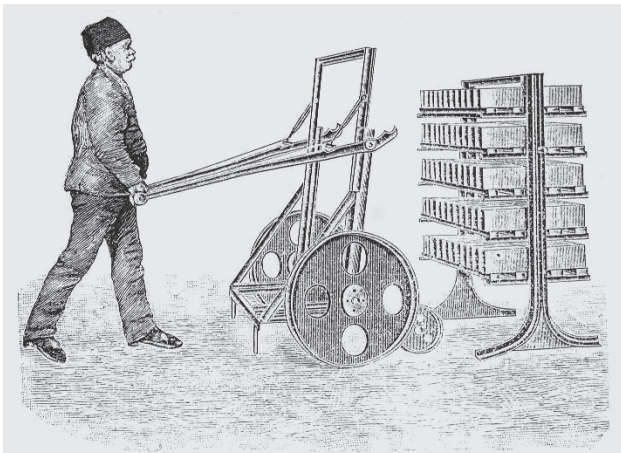
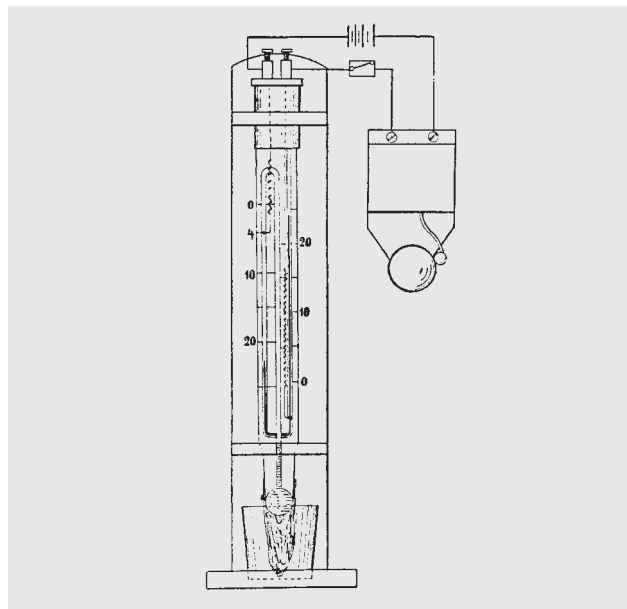


Bild 9.15. Orensteins Transportwagen für mobile Trockengerüste, 1898

Um die Trockenkraft der Außenluft gut ausnutzen zu können, wurden die Freilufttrockner möglichst auf der Hauptwindseite errichtet, mit entsprechend großen Abständen zueinander, damit die Luft überall guten Zutritt hatte. Getrocknet werden konnte in der Regel etwa von Ende März bis Anfang Oktober. Bei gutem Wetter brauchten die Formlinge etwa 12-14 Tage zum Trocknen, bei schlechtem konnte es vier Wochen und länger dauern. Im günstigsten Fall konnten die Freilufttrockner daher während einer Saison etwa 12mal, im ungünstigsten Fall aber nur 5mal belegt werden. Bei einer Handstrichziegelei mit einer Jahresproduktion von 1 Million Steinen mußten daher mindestens 100 000 Steine, für den ungünstigsten Fall 200 000 Steine untergebracht werden können.

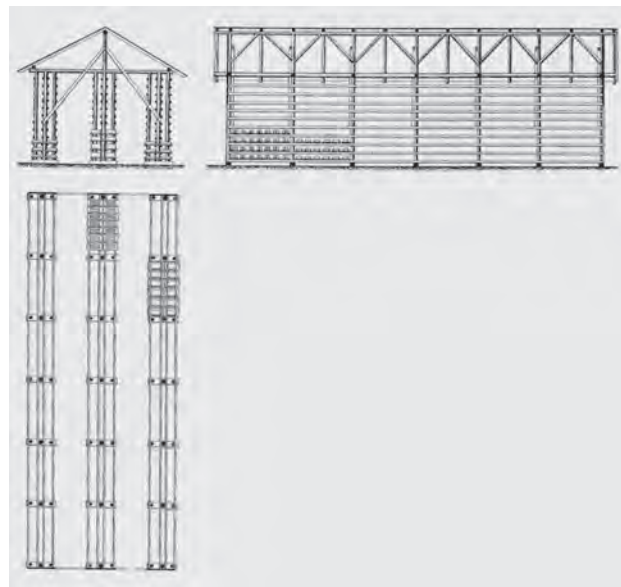


9.16. Frostmelder mit Alarmklingel

9.4.1. Frostmelder

Schlimmster Feind der Freilufttrockner sind Nachfröste, mit denen man im Frühling und Herbst immer rechnen mußte, wegen der Gefahr des Zerfrierns der Formlinge. Beim Frieren dehnt sich das Wasser

aus und treibt die Tonteilchen auseinander, so daß die Formlinge nach dem Auftauen total auseinanderbröckelten. Zur Anzeige eines drohenden Frostes benutzte man daher sog. Frostmelder. Dies war ein mit einem feuchten Lappen umwickeltes Thermometer, das im Schatten der Trockenschuppen aufgehängt wurde. Erfahrungsgemäß zeigt es zwischen 14.00 und 15.00 Uhr eine Temperatur an, die um 4°C höher liegt, als die tiefste in der Nacht zu erwartende Temperatur. Teils wurde das Thermometer auch mit einer akustischen Warnanlage verbunden, so daß bei etwa 4 °C ein Stromkreis geschlossen und ein Klingelzeichen ausgelöst wurde (Bild 9.16.). Drohte Frost, so beugte man dem Zerfrieren der Formlinge vor, indem man Qualmfeuer in den Schuppen unterhielt, welche die feuchten Formlinge mit einem Rauchschleier umhüllten. Später benutzte man auch Koks Körbe, die man auf der Windseite aufstellte, so daß die warme Luft in die Trocknerei hineinströmte (Bild 9.17.).



9.18a. Einfacher 3-fach Gerüsttrockner

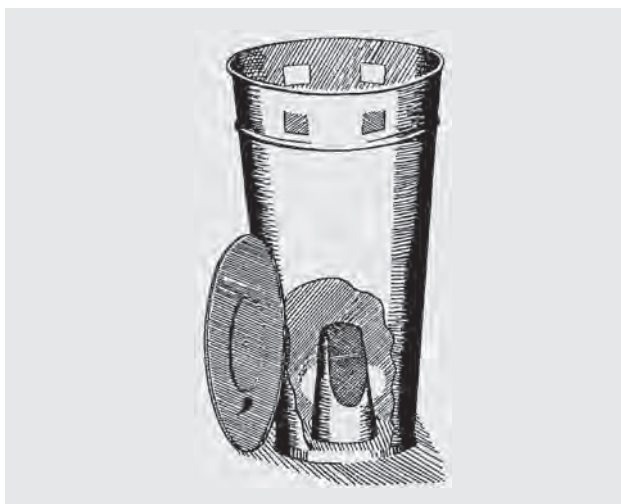


Bild 9.17. Brikettkorb für Freilufttrockner

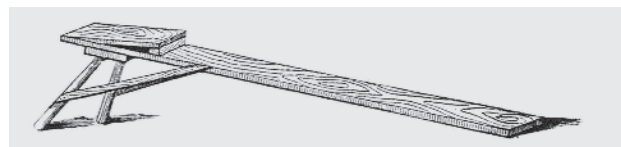


Bild 9.18b. Eine solche Laufbohle benutzten die Ein- und Ausrüster um die oberen Regale der Trockengerüste zu beschicken und zu entleeren

9.4.2. Gerüsttrockner

Die einfachste Art eines Freilufttrockners waren die offenen Trockenschuppen. Diese Schuppen enthielten in Längsrichtung zwei oder drei Doppelgerüste,

die teils von außen, teils von innen belegt und entleert wurden (Bild 9.18.). Die Stützen für das Dach dienten gleichzeitig als Gerüstständer. Die Breite eines Trockenschuppens mit 3 Gerüsten betrug 4 m, die Länge war beliebig, auf je 20 m wurde ein Quergang belassen. Für die Ziegeleien mit Maschinenbetrieb wurden bereits breitere, geschlossene Trockenschuppen mit Breiten von 15-18 m vorgesehen. Hier waren die Gerüste quer zur Längsachse ausgerichtet. Für den Transport der Formlinge waren oft Schienengleise installiert. Meist waren auf einer Seite die Gerüste und auf der anderen Stapelräume vorgesehen, in denen die ganz oder halb getrockneten Formlinge nachgetrocknet und gespeichert wur-

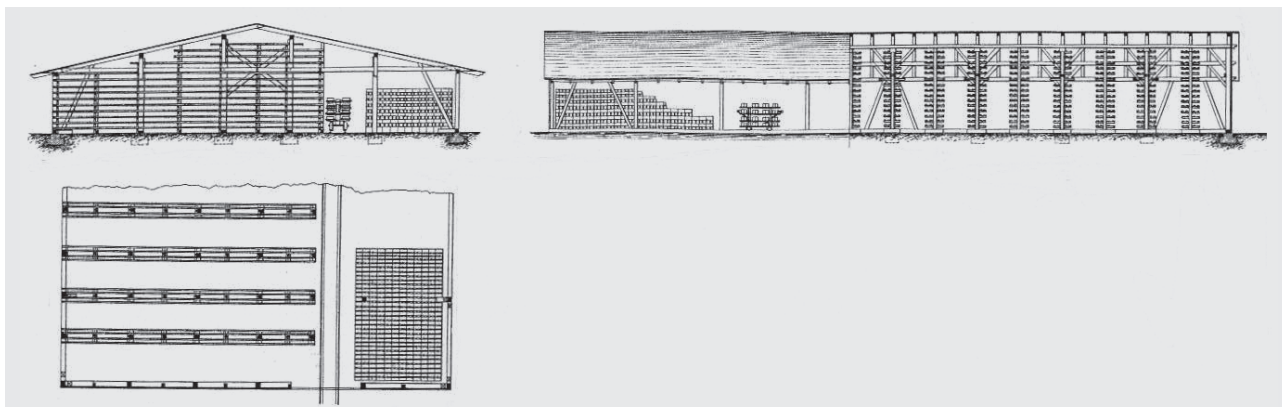


Bild 9.19. Trockenschuppen mit Stapelplatz für getrocknete Rohlinge

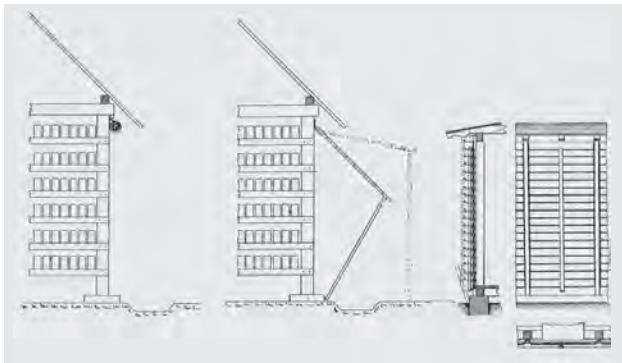


Bild 9.20. Schutz der Trockenschuppen gegen Luftzug, Sonneneinstrahlung und Schlagregen mit Klappen, Holzläden und Jalousien (von rechts nach links)

den (Bild 9.19.). Diese Vorratsstapel dienten in den Ringofenziegeleien auch für den Winterbrand zur Aufrechterhaltung eines Ganzjahresbetriebs. Um die Formlinge gegen starken Luftzug und Schlagregen zu schützen, waren an den Seiten der Schuppen verstellbare Klappen oder Jalousien verschiedenster Konstruktion angebracht (Bild 9.20.).

9.4.3. Freiluft- Absetzwagentrocknerei

Nach der Erfindung des Absetzwagens gegen Ende des 19. Jahrhunderts entstanden die Freilufttrockner für Absetzwagenbetrieb (Bilder 9.21.-9.23.). In den einzelnen Trockengängen liefen Gleise für die Absetzwagen und vor den Trockengängen das Gleis für die Schiebebühne, auf welcher der Absetzwagen vom Elevator an der Presse zum Trockner und zurück gefahren wurde. Dieses Trockensystem erlangte eine große Bedeutung, vor allem in den saisonal betriebenen Mauerziegelwerken, die aber ab den 1950er Jahren, entsprechend dem allmählichen Verschwinden der Saisonbetriebe, merklich abnahm. Aber noch 1954 entwickelte Recknagel/Mellrichstadt montagefertige Freilufttrockenschuppen. E. Krause⁷⁴ schreibt 1968 u. a.: „daß Freilufttrockenanlagen durchaus noch ihre Existenzberechtigung haben, für kleine Leistungen vor allem aus ökonomischen Gründen. Für Leistungen bis 6 Mio. NF/Jahr sei der Freilufttrockner als alleiniger Trockner durchaus vertretbar, darüber hinaus wird die Anlage zu groß und die Transportwege zu lang“.

Einer der letzten Freilufttrockner mit Absetzwagenbetrieb stand in der alten Ringofenziegelei in Reetz in Brandenburg, die noch bis 1990 rund 4 Mio. NF jährlich produzierte. Bis zum Jahr 2002 war noch eine Freiluft-Absetzwagentrocknerei in einem Werk in Holland in Betrieb, der Steenfabriek Hijlkema BV in Delfzijl, die durch diese Trocknerei eine wesentliche Energieeinsparung erzielte.

Vollmechanisierter Freilufttrockner

Einen Endpunkt der Entwicklung der Freilufttrocknung stellt ein vollmechanisierter Freilufttrockner

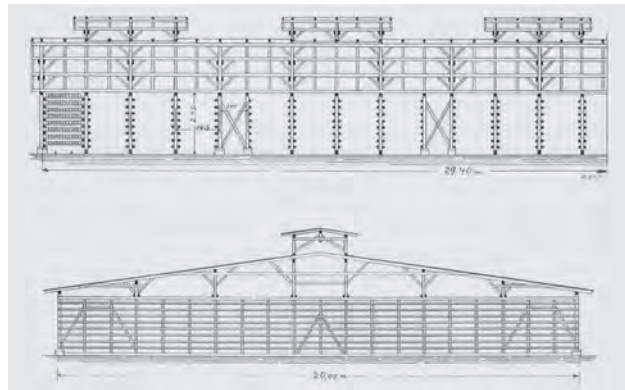


Bild 9.21. Freilufttrockner für Absetzwagenbetrieb

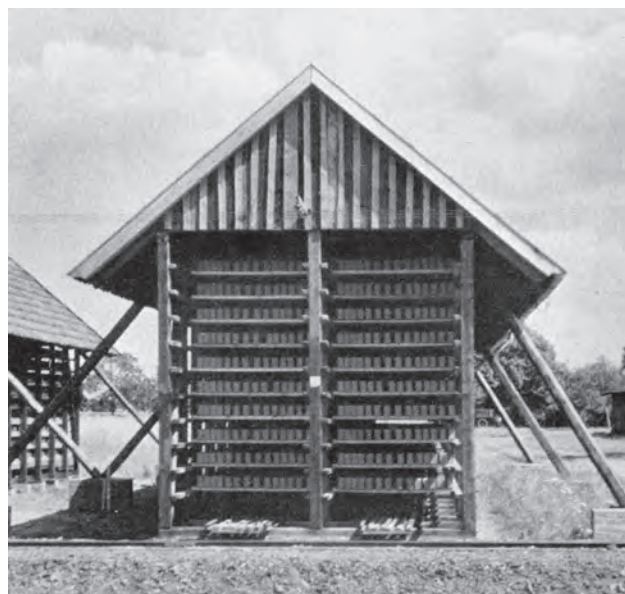


Bild 9.22. Freilufttrockner für Absetzwagenbetrieb mit zwei Trockengängen

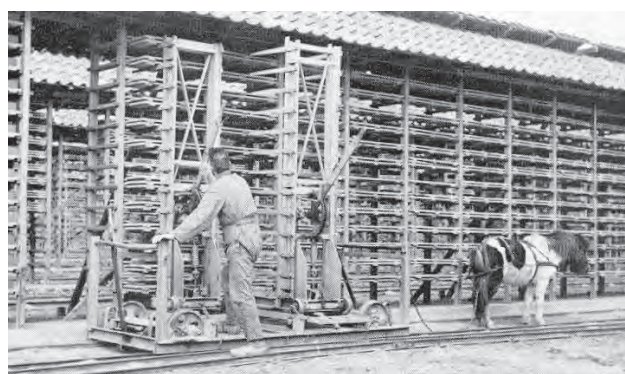


Bild 9.23. Freilufttrockner für Absetzwagenbetrieb mit pferdegezogenen Fahrbühnen für die Absetzwagen

dar, wie er um 1960 im Ziegelwerk Zehdenik realisiert wurde. Der gesamte Belag wurde in 10etagen Gerüstwagen (à 600 NF) auf überdachten Gleisen zum Trocknen abgestellt. Bei einem Trockenbelag von 770 000 Stück auf den Gerüstwagen und einer 15maligen Belegung pro Jahr hatte der Trockner eine Kapazität von 11,5 Mio. NF/Jahr. Die hohe Investition

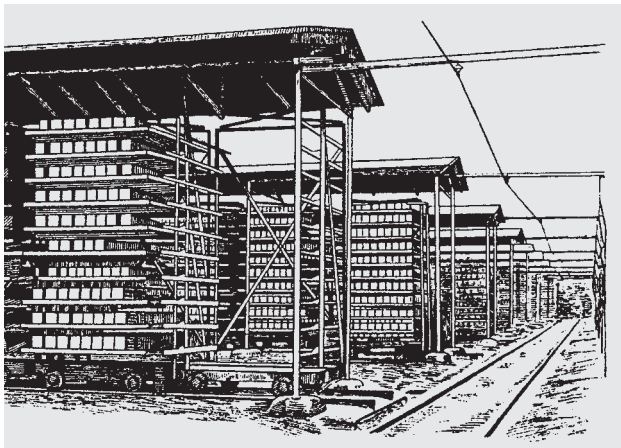


Bild 9.24. Vollmechanisierter Freilufttrockner, um 1960

für den großen Wagenpark von 1400 Gerüstwagen stellte aber letztlich die Wirtschaftlichkeit in Frage (Bild 9.24.).

9.4.4. Kombinierte Freiluft-/Kammertrocknung

In den 1930er bis 1950er Jahren wurde aus energieökonomischen Gründen vielfach ein System der Freiluft-Kammertrockner-Kombination angewendet. Bei diesem System wurden die Ziegel im Freilufttrockner vorgetrocknet und dann zur Endtrocknung in eine Kammertrocknerei umgesetzt. Trotz der zusätzlichen Transportkosten kam noch 1952 ein Gutachten zu dem Schluß, daß diese Kombination wirtschaftlich und auch für das moderne kleine und mittlere Ziegelwerk gut geeignet sei (Bild 9.25.).

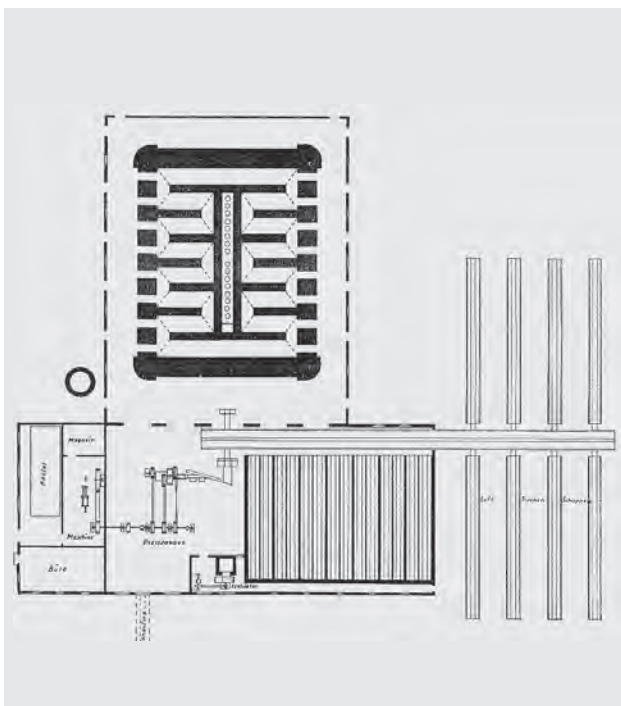


Bild 9.25. Grundriß eines Ziegelwerks mit kombiniertem Trocknerbetrieb – Freilufttrockner und Kammertrockner, um 1950

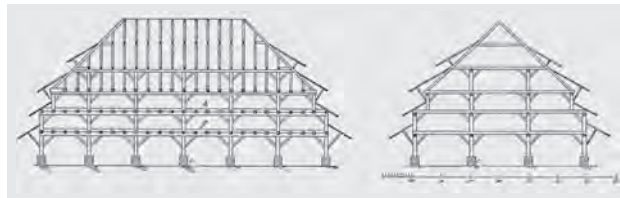


Bild 9.26. Ziegelstadel, um 1815

9.5. Großraumtrockner

„Die Widerwärtigkeiten der feuchten Sommerzeit und die Verluste durch Frühjahrs- und Herbstfröste haben schon seit Jahren das Bestreben hervorgerufen, die Trocknerei von der Witterung unabhängig zu machen“ schreibt Otto Bock 1894 über „Trockenanlagen mit Benutzung von künstlicher Wärme“.⁷⁵ Der älteste künstliche Trocknertyp, mit dem man dieses Ziel zu erreichen suchte, war der Großraumtrockner, der seitlich und über großflächigen Öfen, wie Kammeröfen, Ringöfen und Zick-Zacköfen, angelegt wurde, um die von dort abstrahlende und aufsteigende Wärme und Abluft zu nutzen. Mit ihm rückte erstmals auch ein Ganzjahresbetrieb in den Bereich des Mög-

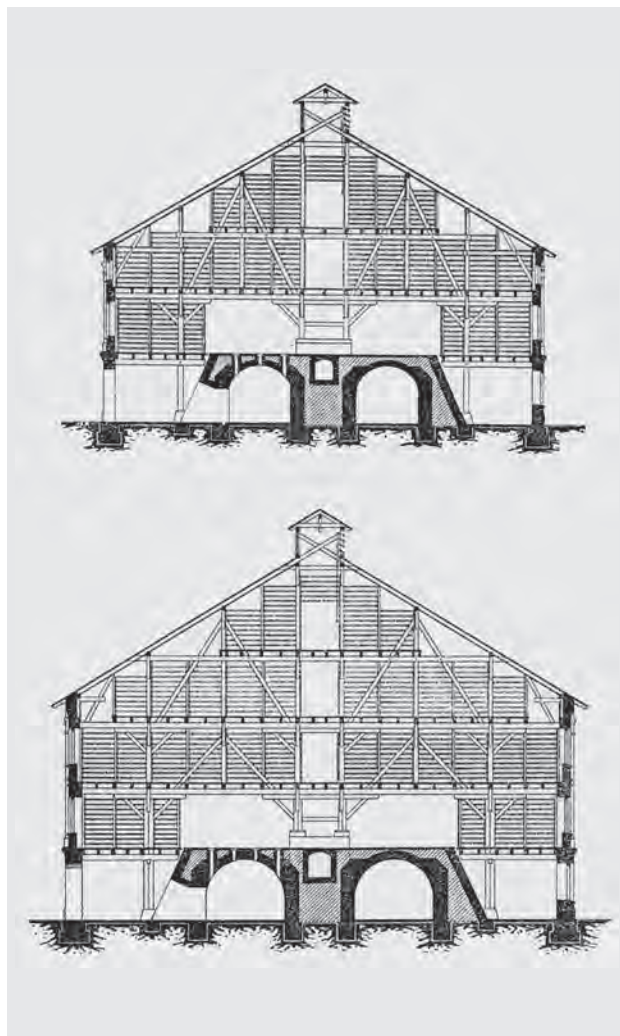


Bild 9.27. Großraumtrockner, zwei- und dreietagig über dem Ringofen angeordnet

lichen. Genau betrachtet stellt der Großraumtrockner jedoch nur eine Kombination aus natürlicher und künstlicher Trocknung dar, weil die äußeren Witterungsbedingungen seine Trockenleistung noch stark beeinflussen. Vorläufer der Großraumtrockner waren die „Ziegelscheunen“ oder „Ziegelstadel“ die bereits im Mittelalter zum Schutz der ortsfesten Öfen, der zu trocknenden Formlinge und der Ziegler errichtet wurden (Bild 9.26.).

Nach der Einführung des Ringofens ab 1860, begann man alsbald auch mit dem Bau dieser Großraumtrockner, die ein-, zwei-, oder dreietagig innerhalb des Ofengebäudes über dem Ofenkörper installiert wurden (Bild 9.27.).

Zunächst verließ man sich allein auf den Auftrieb der aus den Schüttlöchern der fertig gebrannten Ofenkammern entströmenden warmen Luft, der bewirkte, daß immer etwas Luftbewegung in den Trockengezellen herrschte. Die Luft nimmt beim Vorbeistrei-

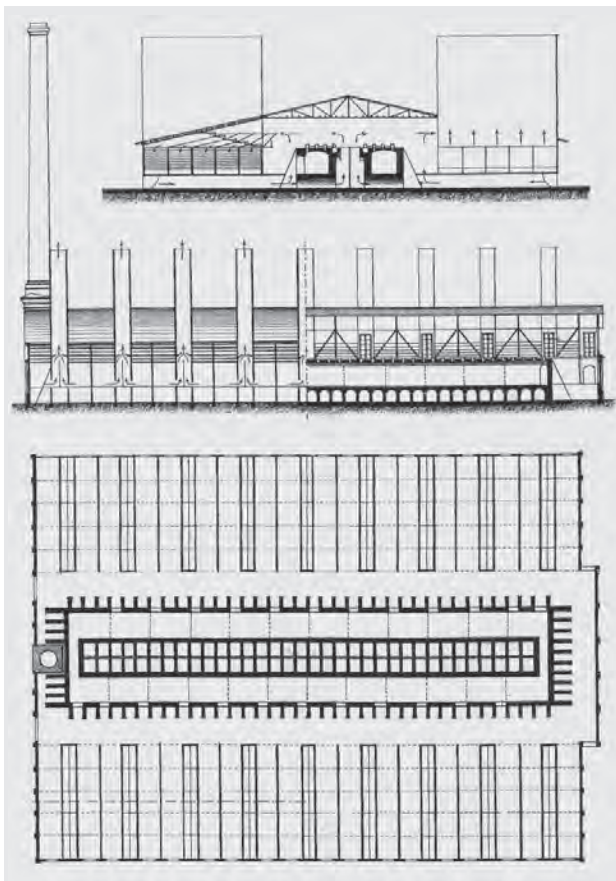


Bild 9.30. Trockenanlage von Philipp Holzmann & Co., 1890

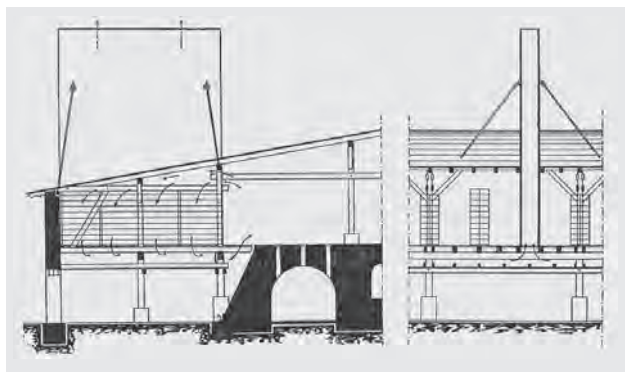


Bild 9.28. Trockenanlage von Cohrs, 1883

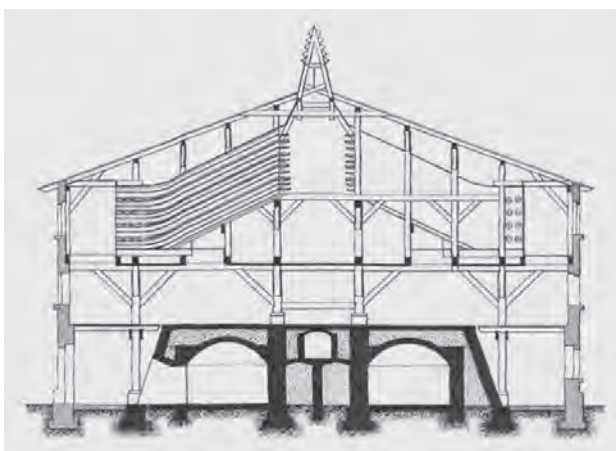


Bild 9.31a. Schaafsche Schrägtrockenanlage, 1875

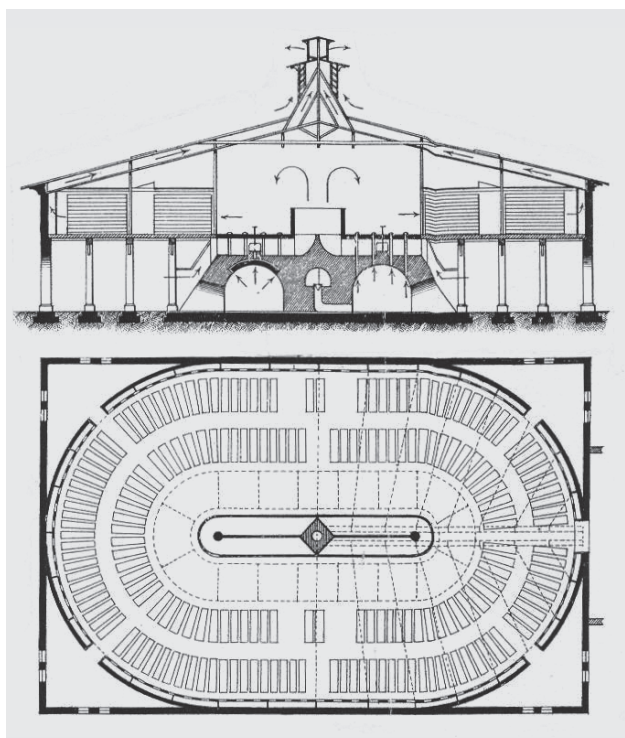


Bild 9.29. Trockensystem von Ohle, 1886

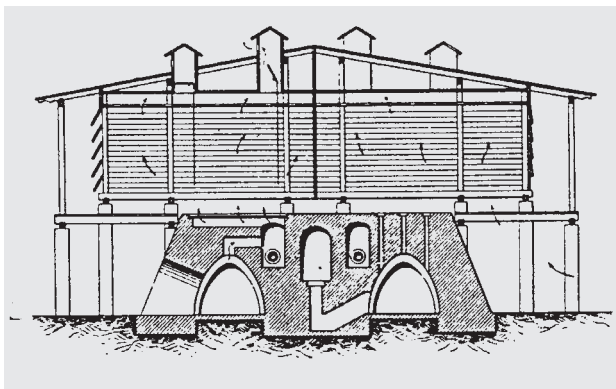


Bild 9.31b. Mit Klappen verschließbarer Großraumtrockner über Ringofen von Rühne, 1882

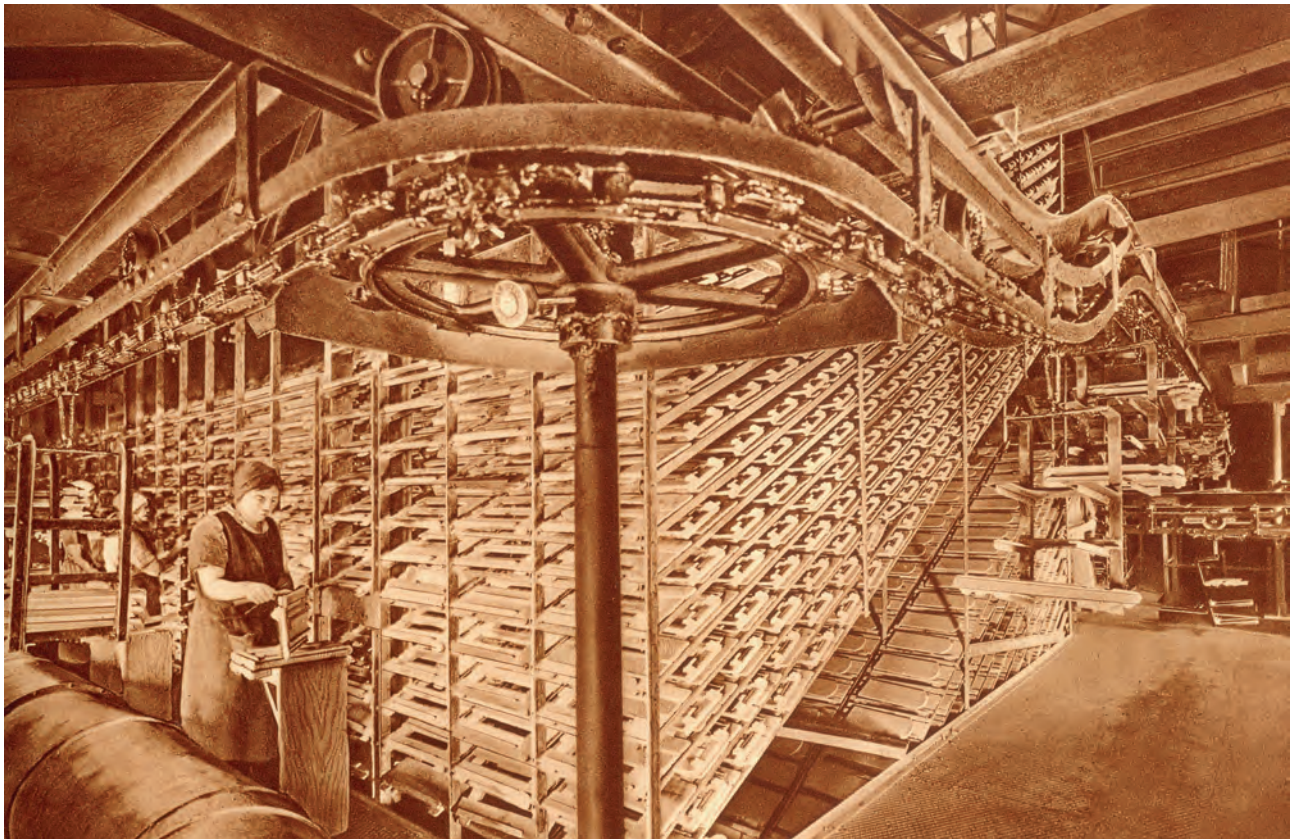


Bild 9.32. Schaafscher Schrägtrockner in einem Dachziegelwerk, um 1925

chen an den Formlingen Feuchtigkeit auf und kann dann durch Lüftungsvorrichtungen, sog. Laternen oder Schloten, an der höchsten Stelle des Dachs entweichen. Eine gleichmäßige Verteilung der Trockenluft war allerdings nicht möglich. Deshalb versuchte man später, eine gewisse Lenkung der Luftströmung zu erreichen, um den Trockenprozeß zu beschleunigen und zu vergleichmäßigen. So entstanden eine ganze Reihe spezieller Konstruktionen von Großraumtrocknern. Erwähnt seien hier nur der 1883 patentierte Trockner von Cohrs, der 1886 beschriebene von Ohle und der 1890 patentierte von Philipp Holzmann & Co. (Bilder 9.28.-9.30., 9.31a.).

Ein besonderer Großraumtrockner war die um 1875 für die Dachziegeltrocknung entwickelte und gebaute Schrägtrockenanlage des Dampfziegeleibesitzers Albin Schaaf aus Halle-Planena. Die mit Schaukelförderer zugeführten Dachziegel wurden oben von Hand eingelegt und rutschten selbsttätig nach unten, entsprechend der Entnahme am unteren Ende. Die Dachziegelrähmchen liefen dabei auf glatten Führungsleisten. Das Trockenverfahren beruhte auf dem Gegenstromprinzip (Bilder 9.31.+9.32.).

Varianten dieses Systems bauten um 1900 R.Witte, Osnabrück, als „Batterietrockner“, und um 1920 Franz Rauls, Köln, als „Rutsch-Trockner“⁴⁷⁶ (Bild 9.33.).

Die Beschickung und Entleerung der Großraumtrockner mit den Formlingen erfolgte zunächst über Elevatoren und Niederlässe von Hand mit Transportkarren in Regale, später mit dem Ringtransporteur und ab 1900 auch mit dem Absetzwagen in Gerüste.

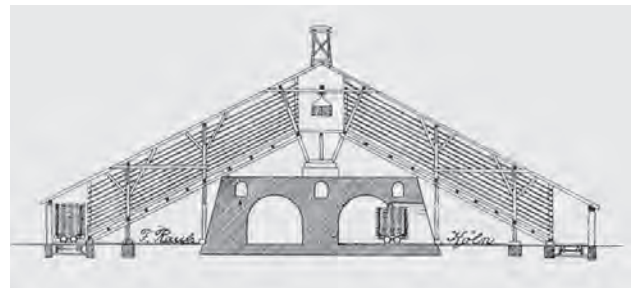


Bild 9.33. Raulscher Rutschrockner um 1920

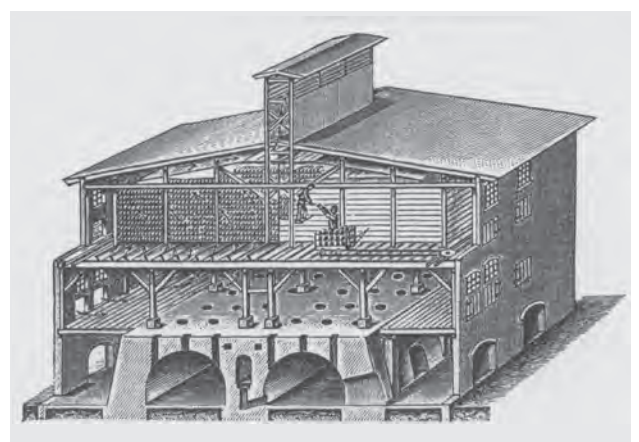


Bild 9.34. Großraumtrockner mit Beschickung durch Transportkarren

Üblich waren Trockenzeiten zwischen 4 und 10 Tagen (Bilder 9.34.+9.35.).



Bild 9.35. Für Absetzwagenbetrieb eingerichteter Großraumtrockner, 1925

Ein spezielles System benutzte der um 1930 entstandene Großraumtrockner für Schrägtransport. Durch eine versetzte Einsatzweise der Dachziegel wurde innerhalb des Trockenbelags eine sonst nie erreichbare Luftbewegung erzielt, die eine gleichmäßigere und schnellere Trocknung der Formlinge begünstigte (Bild 9.36.).

Dazu entwickelte man Absetzwagen, bei denen der Hubrechen dem Wagenunterbau geneigt vorgelagert war. Anstelle der für die normalen Absetzwagen gebräuchlichen Kolonnenelevatoren wurden für den Schrägtransport Etagenschaukelevatoren verwendet.

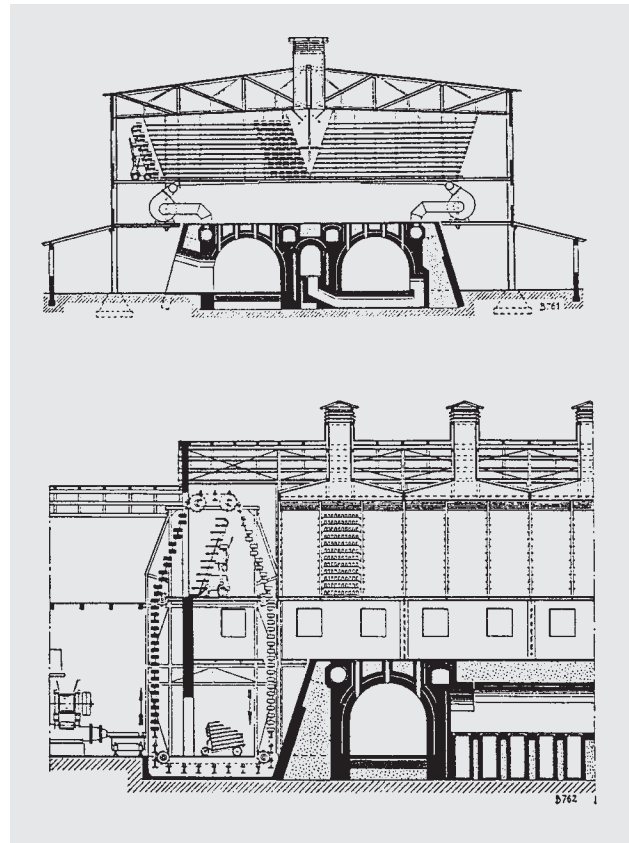


Bild 9.36. Großraumtrockner für schräges Absetzen der Formlinge

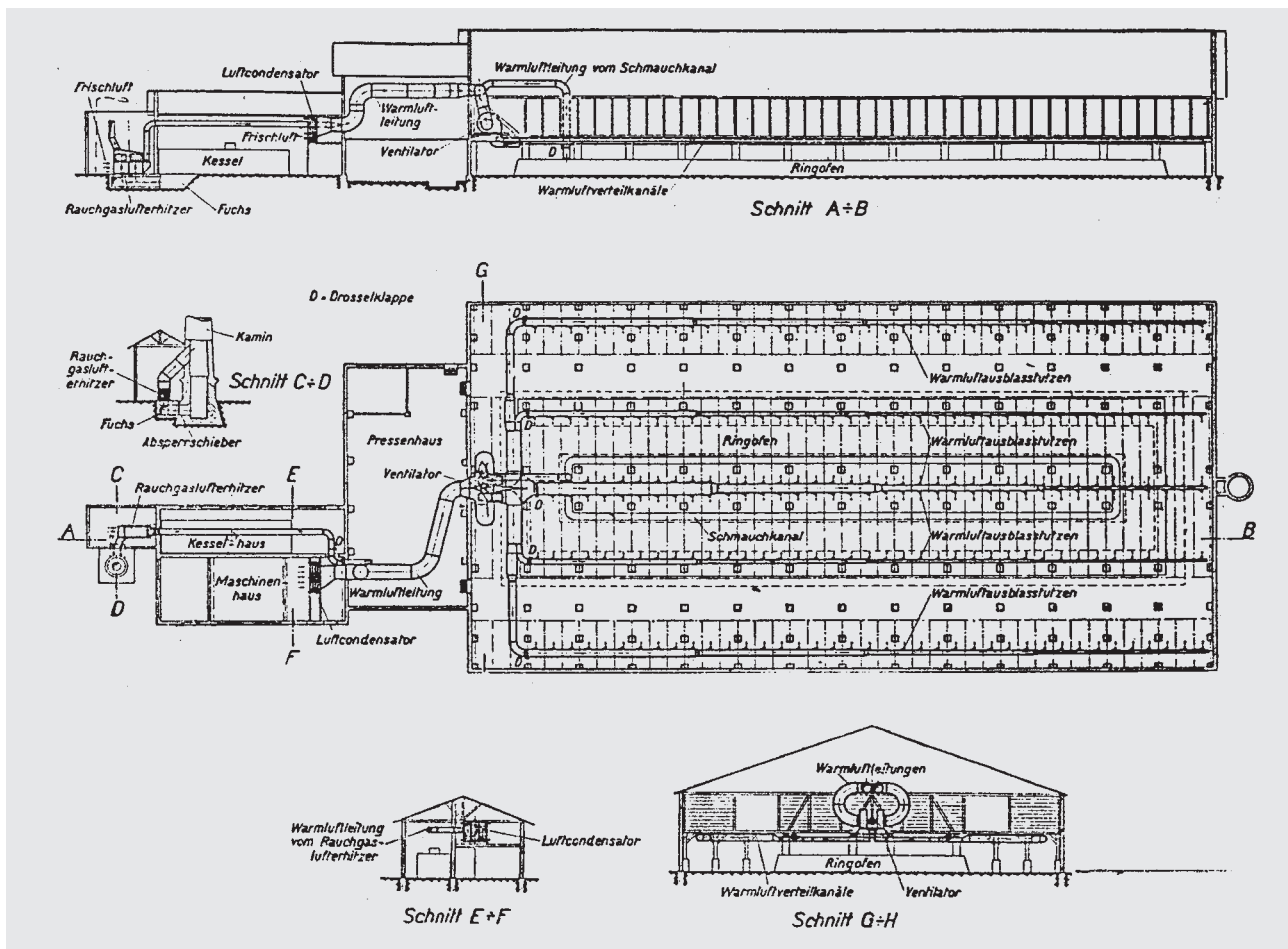


Bild 9.37. Gebläsegroßraumtrockner

det, deren aufwärts- oder niedergehende Stränge beliebig geneigt werden konnten. Sie dienten gleichzeitig als Elevator für die frisch verpreßten Formlinge und als Niederlaß für die getrockneten Rohlinge.

Außer der Ofenabwärme wurden in Großraumtrocknern später auch die Wärme von Dampf- und Warmwasserheizungen genutzt. 1903 wurden erstmals Gebläseheizungen eingeführt, mit denen man verstärkte die Kühlwärme der Öfen zum Trocknen nutzte. Da sich im Laufe der Zeit der Feuerfortschritt in den Ring- und Zickzacköfen gesteigert hatte, war diese Absaugung auch notwendig, um für die Ofenbedienung (Setzer und Auskarrer) erträgliche Arbeitstemperaturen zu schaffen (Bild 9.37.).

Eine Aufwertung erfuhren die Großraumtrockner nochmals in den 1950er Jahren durch die Einführung von Wanderlüftern und Rotomixair-Apparaten (Bild 9.38.). Die große Zeit der Großraumtrockner aber ging zu Ende. Sie verschwanden in gleichem Maße, wie die Ring- und Zickzacköfen durch den Tunnelofen ersetzt wurden.

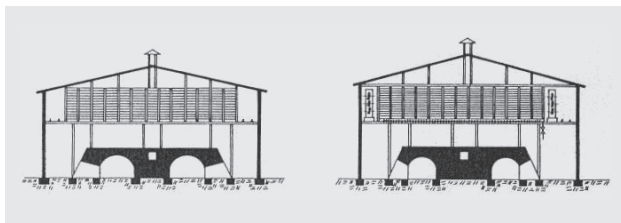


Bild 9.38. Großraumtrockner über dem Ringofen für Absetzwa- genbetrieb, rechts mit Wanderlüftern

9.5.1. Bodentrockner

Diese frühe Trocknerart arbeitete als erste und einzige nach dem Prinzip der Kontakt-trocknung, d.h. die Formlinge lagen auf einer Heizfläche, und die Wärmeübertragung erfolgte durch direkten Kontakt.

In Nordamerika und England gab es schon um 1860 die sog. Fußbodentrockner (Drying floor), auch als Trockenherde (Drying stove) bezeichnet. Dies waren Trockenschuppen, in denen die Formlinge zum Trocknen auf den Fußboden abgelegt wurden. Dieser war mit Heizkanälen durchzogen, die mit Eisenplatten abgedeckt waren. An einem Ende der Heizkanäle befanden sich Feuerstellen, am anderen Abzugskamine. Die Heizkanäle wurden benutzt, wenn die Nachfrage so groß war, daß die Trocknung in den Freilufttrocknern zu lange gedauert hätte oder während einer sonnenarmen und regenreichen Saison (Bild 9.39.).



Bild 9.39. Fußbodentrockner „Drying Floor“

9.5.1.1. Dampftrockenapparat von Rühne

Auch in Deutschland gab es ein ähnliches System, das Rühne 1869 als „Dampftrockenapparat“ konstruierte, welcher mit dem Abdampf der Dampfmaschine arbeitete. Er bestand aus einem abgeschlossenen Raum, in dem rund 10 000 normalformatige Steine aufgestellt werden konnten. Die Feuchte konnte durch eine längs des Firstes verlaufende sog. Laterne abziehen. Der Boden war mit einem System von nebeneinander liegenden Kanälen durchzogen, in die, von einem Hauptrohr abzweigend, Zweigröhren mit Hahnverschluß mündeten. Die Kanäle waren mit Eisenblechen abgedeckt, auf welche die zu trocknenden Formlinge gestellt wurde. Danach konnte nach Bedarf Dampf in die einzelnen Kanäle geleitet werden. Natürlich durften die Bleche nicht unmittelbar nach dem Belegen mit frischen Formlingen erhitzt werden, da diese sonst gerissen wären. Das unter den Blechen kondensierte Wasser wurde am Ende des Hauptkanals in einem Bassin gesammelt.

9.5.1.2. Ofendeckentrocknung

Als eine Art Fußbodentrockner wurde in den Handstrichziegeleien, die ab 1900 mit dem von Otto Bock entwickelten Erdringofen ohne Gewölbe arbeiteten, die Ofendecke benutzt. Sobald die auf Brettchen gestrichenen Formlinge so weit vorgetrocknet waren, daß sie eine ausreichende Eigenfestigkeit aufwiesen, wurden sie von den Brettchen abgenommen und zum Nachtrocknen auf der Ofendecke bis etwa Mannshöhe aufgestapelt. Man setzte die Steine immer auf diejenige Stelle, unter welcher der Einsatz schon gebrannt war, also die volle Tragfähigkeit erreicht hatte. Von hier aus wurden die Rohlinge, sobald der Ofenbetrieb bis dahin fortgeschritten war, in vollständig trockenem, z.T. noch handwarmem Zustand, ohne nochmals auf Transportkarren geladen werden zu müssen, direkt den Ofensetzern zugebracht (Bild 9.40.).

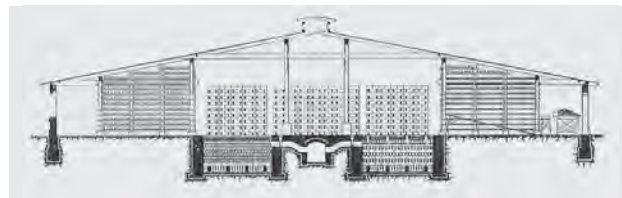


Bild 9.40. Nachtrocknung auf der Decke eines Erdringofens

9.6. Kanaltrockner und Kammertrockner

In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts entwickelte sich die Trockentechnik nach der Art der Transporttechnik fast gleichzeitig in zwei prinzipiell voneinander abweichende Richtungen: etwa ab 1855 die kontinuierlich arbeitenden Kanaltrockner und etwa ab 1865 die chargenweise oder periodisch arbeitenden Kam-

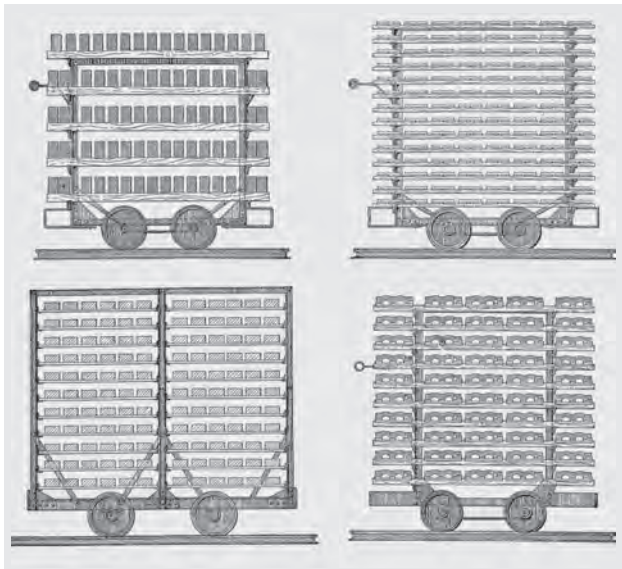


Bild 9.41. Tunneltrocknerwagen, links belegt mit Mauerziegeln, rechts mit Dachziegeln

mertrockner. Sie wurden die beiden hauptsächlich verwendeten Trocknerarten der Ziegelindustrie.

Bei den Kanaltrocknern werden die zu trocknenden Formlinge auf Wagen durch einen Kanal bewegt und durchlaufen dabei sich örtlich ändernde Klimazonen (Bild 9.41.).

Bei den Kammertrocknern werden die Formlinge auf Trockenlatten abgesetzt und verbleiben während des Trockenprozesses auf der gleichen Stelle, sie ruhen, und die entsprechend geregelte Luft wird ihnen zugeführt (Bild 9.42.).

Beide Systeme wurden im Laufe der Zeit nebeneinander weiterentwickelt, erlangten aber zeitlich und regional unterschiedliche Bedeutung. Während der Kanaltrockner in den USA von Anfang an zum beherrschenden System wurde, hatten in Deutschland beide Systeme bis etwa 1900 neben den vorherrschenden Freiluft- und Großraumtrocknern nur eine relativ

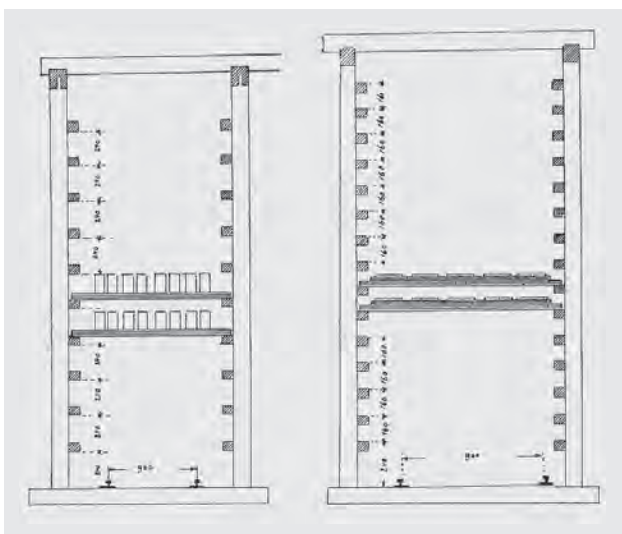


Bild 9.42. Querschnitt Kammertrockner, links mit Steinbesatz, rechts mit Biberschwanz- und Falzziegelbesatz

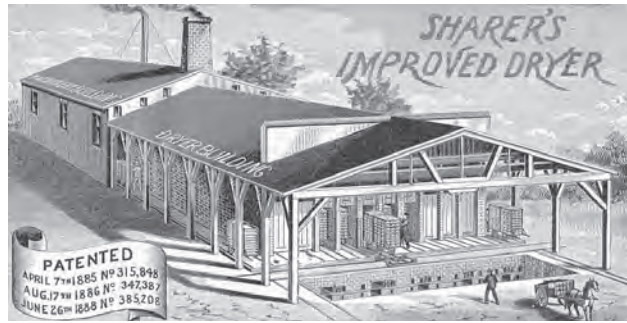


Bild 9.43. Amerikanischer Tunneltrockner „Sharers Improved Dryer“, 1885 erstmals patentiert

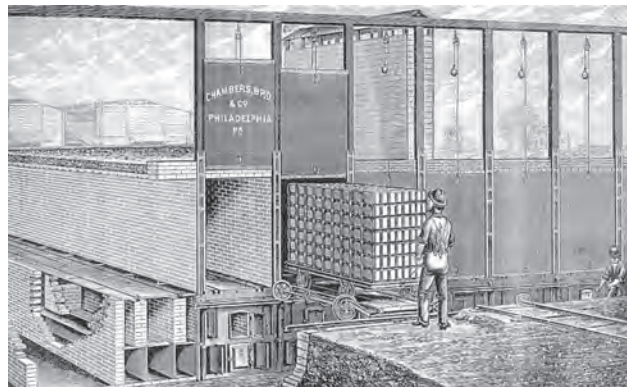


Bild 9.44. Einfahrt eines Tunneltrockners System Chambers, um 1895

geringe Bedeutung, was für die Kanaltrockner, nach einer kurzen Renaissance in den 1920er Jahren, bis in die 1950er anhielt. Anders verhielt es sich mit dem Kammertrockner, der ab 1900 mit der Einführung des Absetzwagens eine Vorrangstellung erringen konnte, die bis in die 1980er Jahre anhielt. Seit der Einführung des Durchlaufrockners von Lingl im Jahre 1958 konnten sich allmählich beide Systeme gleichbedeutend nebeneinander etablieren. Seit 1998 gewinnt jedoch eine neue Generation von Schnelltrocknern zunehmend an Bedeutung und scheint geeignet, die konventionellen Durchlauf- und Kammertrockner mittel- und langfristig abzulösen.

9.7. Kanaltrockner

In der geschichtlichen Entwicklung der Trockner waren die Kanaltrockner, ursprünglich Kanaltrockenöfen genannt, die ersten echten künstlichen Trockner. Später wurden sie als Tunneltrockner oder Durchlaufrockner bezeichnet. Entstanden sind sie um 1855 in England, wurden in den USA weiterentwickelt und fanden dort schnell eine sehr große Verbreitung (Bilder 9.43.+9.44.).

Die ersten Kanaltrockner arbeiteten noch ohne Ventilatoren, d.h. der zur Durchführung der Trockenluft durch die Kanäle notwendige Zug wurde durch entsprechend hohe Abzugskanäle erreicht. Solche Trockner baute u.a. die Firma Wolf Dryer Co. in Chicago.

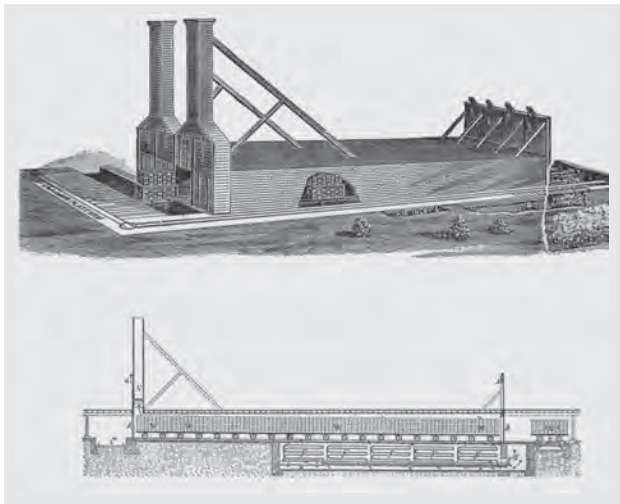


Bild 9.45. Amerikanischer Kanaltrockner „Wolf Dryer“

Sie bestanden aus 3-12 nebeneinander liegenden Kanälen bis 60 m Länge. Die einzelnen Kanäle konnten an beiden Enden durch Tore verschlossen werden. Zum Ein- und Ausfahren der an der Presse von Hand mit Formlingen beladenen Trockenwagen konnten die Tore nach oben geöffnet werden. Sie waren zu diesem Zweck an Ketten aufgehängt, die über hochliegende Rollen liefen und am Ende mit einem Gegengewicht versehen waren. Immer wenn ein Trockenwagen von Hand in einen Kanal eingeschoben wurde, mußte am anderen Ende ein Wagen mit getrockneten Rohlingen ausgefahren werden. Das Schieben der Wagen wurde dadurch erleichtert, daß das Trocknerwagengleis vom Eingang zum Ausgang hin mit einem leichten Gefälle verlegt war. Die Trocknung erfolgte im Gegenstrom. Im hinteren Ende des Trockners befand sich unter den Kanälen ein mit Dampfrohren durchzogener Raum, in welchen die Außenluft eintrat, erwärmt wurde und durch Öffnungen im Kanalboden in den Trockerraum eintrat. Als treibende Kraft für den Luftstrom diente die Saugkraft der über dem Kanaleingang angeordneten, bis zu 15 m hohen Schlote, die diesem Trockner ein typisches Aussehen gaben. Sie wurden durch lange Streben stabilisiert und gegen Umfallen gesichert. Ein Schlot führte in der Regel die Feuchtluft aus drei nebeneinander liegenden Kanälen ab. Um 1890 kamen auch die ersten amerikanischen Trockner, Typ „Wolf Dryer“, nach Deutschland (Bild 9.45.).

All diesen Systemen war aber kein großer Erfolg beschieden. Ein Grund lag sicher auch darin, daß zunächst nur die Zugkraft des Schornsteins zur Verfügung stand, der oft keine ausreichende Luftbewegung und Lufterneuerung innerhalb der langen Kanäle ermöglichte, wodurch es neben einer unbefriedigenden Trockenleistung auch zu Kondensatbildung auf den Formlingen kommen konnte. Mit der Erfindung des Drehstrommotors mit Schleifringanlasser um 1890 standen geeignete Antriebe für Ventilatoren zur Verfügung. Dies vereinfachte die Versorgung des Trockners mit Heißluft und den Abtransport der feuchten Luft ganz wesentlich und ermöglichte auch die Konstruktion besserer Trockensysteme.

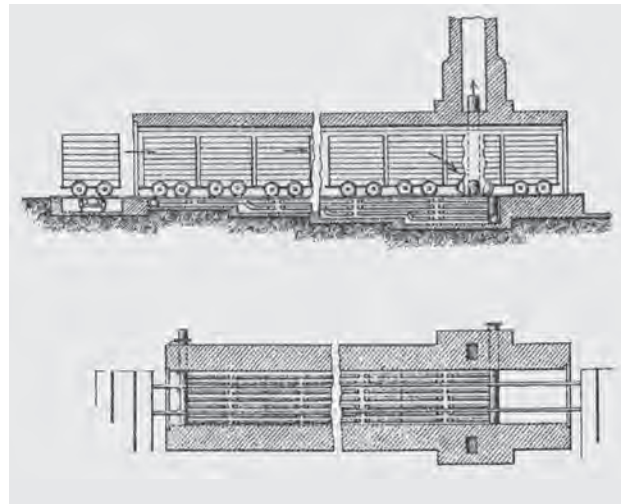


Bild 9.46. Bockscher Kanaltrockenofen, 1873

9.7.1. Bockscher Kanaltrockenofen

In Deutschland konstruierte als erster Otto Bock 1873 einen Kanaltrockner mit Dampfheizung, den er als „Kanaltrockenofen“ bezeichnete. Es war eine Gegenstromtrockenanlage mit in Kanälen laufenden Trockenwagen. In der Trockenrichtung wuchs die Zahl der Heizrohre, so daß verschiedene Temperaturzonen entstanden. Bock gab dieses System aber bald wieder auf und baute bis zur Einführung des sogenannten schwedischen Elevators in Verbindung mit dem Absetzwagen in der Hauptsache Trockenanlagen mit festen Gerüsten über dem Ringofen (Bild 9.46.).

9.7.2. Hoffmannscher Kanaltrockenofen

Von ganz anderer Art war der 1884 von Friedrich Hoffmann konstruierte Kanaltrockenofen, der neben dem Ofengebäude angeordnet war. Zur Aufnahme der frischen Formlinge wurden Etagenwagen mit 5-6 Schichten benutzt, die in nebeneinanderliegende Kanäle eingefahren wurden und hier während des Trocknungsvorgangs stationär stehen blieben, also genau wie in einer Kammertrocknerei getrocknet wurden. Streng genommen handelte es sich hier um ein Mittelding zwischen einer Kammer- und einer Kanaltrockenanlage. Ähnliche Trockner, d.h. statische Kanaltrockner, gibt es u. a. in den südlichen Ländern Europas noch heute, wobei die Formlinge meist auf Gerüsten mit dem Hubstapler ein- und ausgefahren werden.

Zur Trocknung wurde die vom Ringofen aufsteigende Warmluft verwendet, die unter dem mit einer doppelten Schalung isolierten Dach mit einer Rohrleitung nach unten geführt wurde und unterirdisch zum oberen Ende der Trockenkanäle gelangte. Am unteren Ende war ein Abluftkanal angeordnet, der mit einem Schornstein zur Abführung der Feuchtluft und Erzeugung des notwendigen Zuges in Verbindung stand (Bild 9.47.).

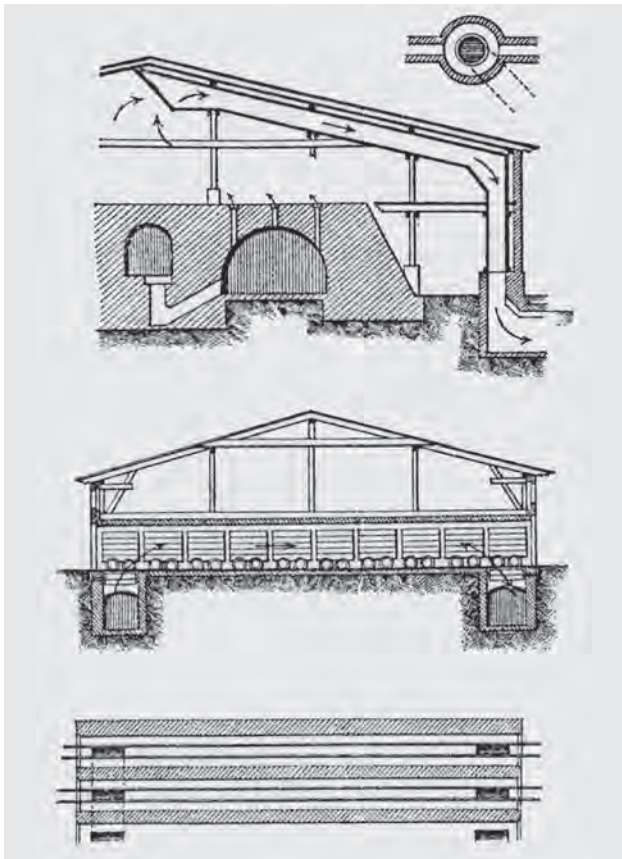


Bild 9.47. Kanalrockner von Hoffmann, 1884

9.7.3. Tunnelrockner von Möller und Pfeiffer

Nach jahrelangen Versuchen gelang es Möller und Pfeiffer, Berlin, um 1898 einen brauchbaren Tunnelrockner für kontinuierlichen Betrieb mit Trockenzeiten von 24 h und weniger herauszubringen. Von diesen Trocknern, die nach dem Gleichstromprinzip arbeiten, waren in den 1950er Jahren noch einige in Betrieb. Die Trockenluft wurde durch einen Hauptventilator in der Fahrtrichtung der Wagen durch den Trockenkanal gezogen und außerdem noch durch seitlich angebrachte Schraubenlüfter quer zur Fahrtrichtung umgewälzt, wobei sie durch Heizkörper

immer wieder aufgewärmt wurde. Im Gegensatz dazu arbeiteten die meisten Kanalrockner aber im Gegenstrom, d. h. die Wagen wurden entgegen dem Luftstrom an der Feucht- bzw. Naßseite eingeschoben und an der Hauptenergie-seite ausgefahren (Bild 9.48.).

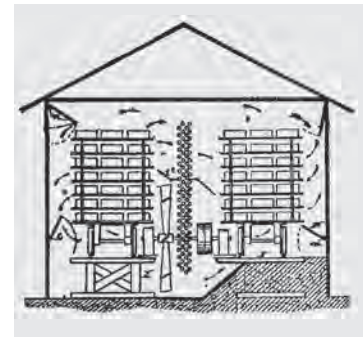


Bild 9.49. Amerikanischer Tunnelrockner, „Inside Fan Dryer“ von Philipps, 1881

In den USA war bereits 1881 einem S.G. Philipps in Rahaway/New Jersey ein Trockner mit Querbelüftung patentiert worden. Dieser Trockner, als „Inside Fan Dryer“ bezeichnet, benutzte den Abdampf der Dampfmaschine. Die zahlreich gebauten Anlagen ermöglichten nach Angaben des Hersteller Trockenzeiten zwischen fünf und zehn Stunden. Diese frühen Tunnelrockner mit Querbelüftung waren schon damals sehr fortschrittlich (Bild 9.49.).

Die Trockner von Möller und Pfeiffer und ähnliche Anlagen anderer Konstrukteure konnten aber dem Kammertrockner keine ernsthafte Konkurrenz machen. Erst nach dem Ende des ersten Weltkriegs erinnerte man sich im Zuge einer stärkeren Rationalisierung innerhalb der Ziegelindustrie wieder an den Kanalrockner. Aber auch damals war seine Blütezeit trotz mancher Verbesserungen nur kurz, bis sie nach dem zweiten Weltkrieg in verstärktem Maße wieder einsetzte.

9.7.4. Durchlauftrockner

Eine neue Ära begann 1958 mit dem Durchlauftrockner System Lingl. Der erste, 1958 von der Firma Lingl beim Ziegelwerk Fleischhut in Hammerschmiede/Allgäu gebaute, Tunnelrockner war ohne regulierbare

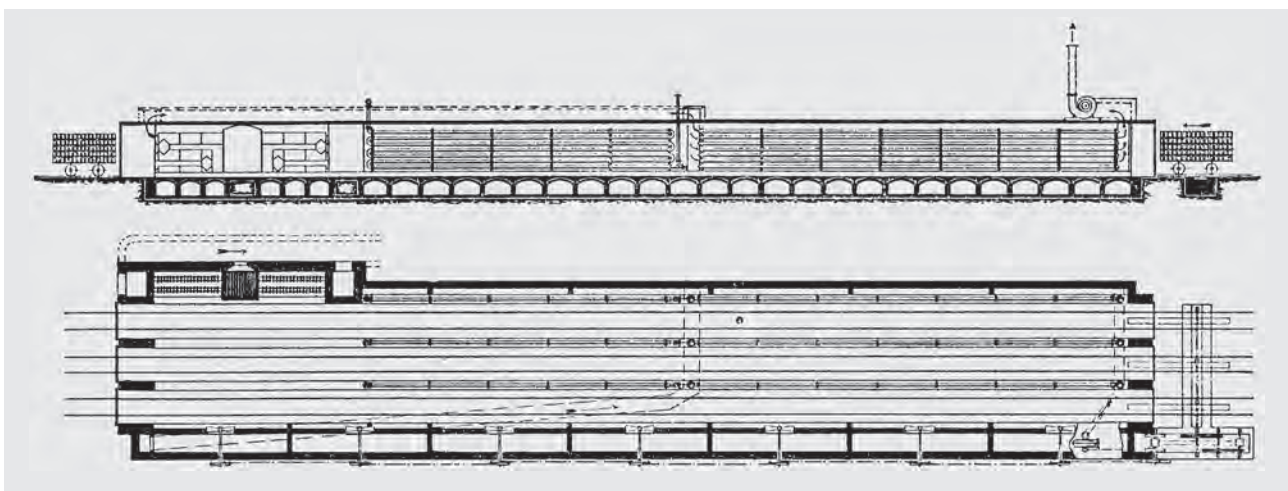


Bild 9.48. Trockenkanal von Möller & Pfeiffer, 1898



Bild 9.50. Tragarmwagen des Lingl-Durchlaufrockners

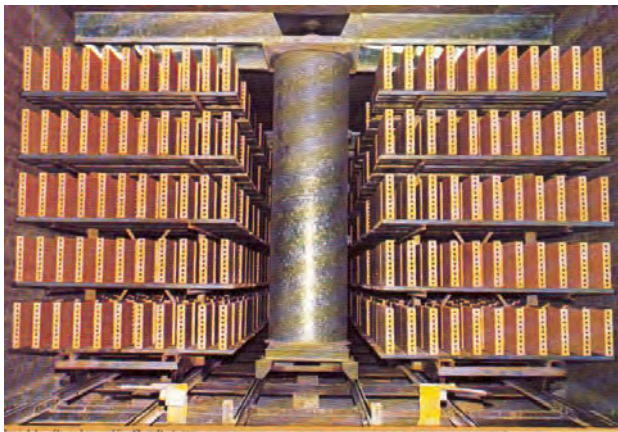


Bild 9.51. Blick in einen Lingl-Durchlaufrockner

Klimazonen erstellt worden. Da schon die früheren Kanaltrockner regulierbare Zonen aufgewiesen hatten, galt der Durchlaufrockner in der Fachwelt, trockentechnisch gesehen, nicht als Fortschritt. Der eigentliche Fortschritt war die eingesetzte Transporttechnik mit hohen Gerüstwagen und die automatisch verfahrenen Querschlebeebühnen. Diese Transporttechnik von Lingl war richtungsweisend für den späteren Bau von Tunnelrocknern der verschiedensten Hersteller (Bilder 9.50.+9.51.).

Zunächst propagierte Lingl seinen Durchlaufrockner vor allem in Verbindung mit der Heißaufbereitung bzw. -verformung, die zu dieser Zeit verstärkte Anwendung fand.

Es war die Zeit der beginnenden Automatisierung des Ziegelwerks, und der Durchlaufrockner bot günstigere Voraussetzungen zur Automatisierung des Produktionsprozesses, sowohl in transporttechnischer als auch trockentechnischer und wärmeverbundwirtschaftlicher Hinsicht. Dies trifft idealerweise aber nur dann zu, wenn eine kontinuierliche Beschickung über 7 Tage x 24 Stunden in der Woche erfolgt. Eine solche Betriebsweise war an der Presse in der

Vergangenheit aus arbeitszeitrechtlichen Gründen in den seltensten Fällen möglich. Um im Trockner einen Durchlaufbetrieb aufrecht zu halten, war man daher darauf angewiesen, einen entsprechend großen Wagenpark vorzuhalten, um zwischen Presse und Trockner eine Reserve an nasser Ware puffern zu können. Meist wurde bei Durchlaufrocknern auch noch eine Trockenreserve als Puffer zwischen Trockner und Ofen vorgesehen.

Tunnelrockner wurden meistens aber nicht als Durchlaufrockner ausgeführt, sondern nur während der Betriebszeit der Presse beschickt. In der produktionsfreien Zeit standen die Wagen im Trockner in Ruhe.

Um ein gleiches Klima im Tunnelrockner 7 Tage x 24 Stunden zu erreichen, ohne große Parkräume für Trocknergerüstwagen mit frischer und getrockneter Ware vorhalten zu müssen, plante H. Thater 1972 erstmalig den Neubau eines vollautomatischen Ziegelwerks bei der Bott-Eder GmbH im Werk Malsch.* Hier wird an 7 Tagen/Woche im 2-Schicht-Betrieb mit dem Arbeitsrhythmus 8 Stunden Schicht, 4 Stunden Pause, 8 Stunden Schicht und 4 Stunden Pause = 24 Stunden/Tag ab Tonsilo bis zur Entstapelung des gebrannten Fertigprodukts gearbeitet. Dieses Schichtsystem wurde dann auch zum Vorbild für andere Werke.

*Heute Firma Trost, seit 2004 Wienerberger AG

Bei Durchlaufrocknern der älteren Generation wurde die Trockenluft einfach durch den Trockenkanal gezogen, meist im Gegenstrom entgegen der Schubrichtung der Formlinge, so daß definierte Klimaverhältnisse nicht verwirklicht werden konnten. Die Einteilung des Trockners in einzelne Klimazonen war deshalb eine wesentliche Neuerung. Die einzelnen Zonen wirken dabei wie Einzelkammern mit feststehenden Klimaverhältnissen. Die Tunnelrockner arbeiten am Trockneranfang meist mit einer je nach Eingangstemperatur der Ware mehr oder weniger langen Gleichstromzone, danach im Gegenstrom mit zusätzlichen Feuchtluftumwälzungen und Zwischenaufheizungen. Den einzelnen Zonen wurden feste, von Festwertreglern überwachte Sollwerte für Temperatur und Feuchte zugewiesen, womit bei gleichbleibender Schubrate eine konstante Klimakurve gefahren werden kann. Produktionsstops, z.B. durch Störungen an der Presse, aber auch geplante Stillstandszeiten durch Mittagspause, Nachtruhe, Wochenende etc. machen aber eine gleichbleibende Schubrate unmöglich. Mit speziell entwickelter Computersoftware ist es aber ab etwa 1992 auch bei stark schwankender Schubrate möglich, die Klimaparameter so zu steuern, daß eine optimale Trockenkurve realisiert werden kann.

Für die Belüftungen wurden zunächst Wanderlüfter und Lüftersäulen eingesetzt, ab 1979 auch Großflächenlüfter, nach 1985 vorzugsweise Dreh- oder Umwälzlüfter, teils auch Düsenwandrockner (Bilder 9.52.+9.53.).

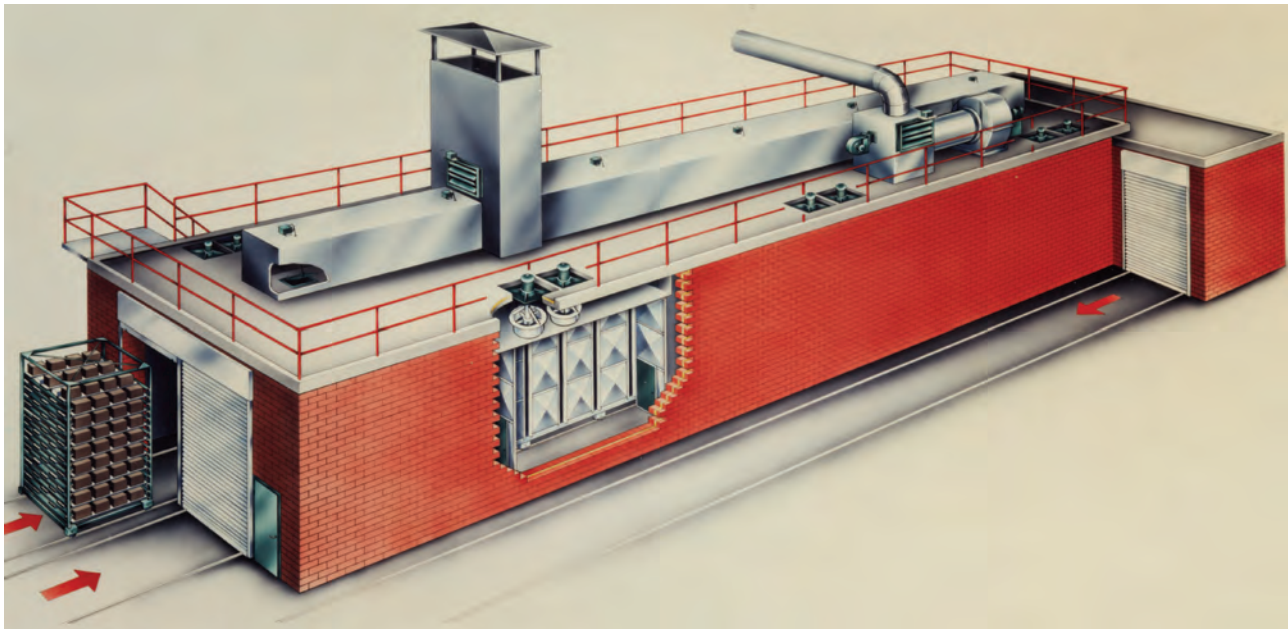


Bild 9.53. Tunneltrockner von Keller, mit patentierter Schlitzdüsenwand, 1985

Bilder 9.52.

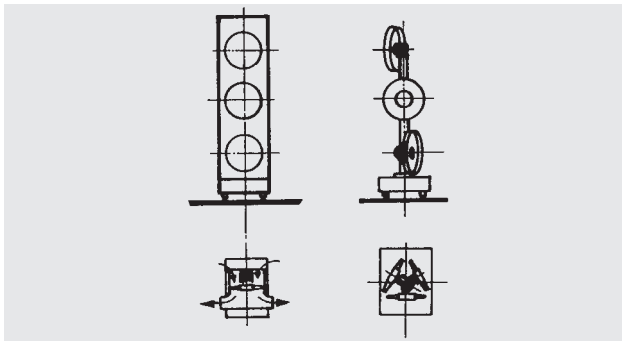


Bild 9.52a. Lüftersäule

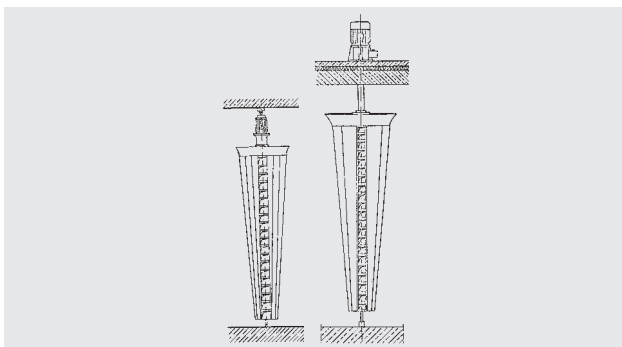


Bild 9.52b. Dreh- oder Umwälzlüfter, links ursprüngliche, reparaturanfällige Ausführung mit Antrieb innerhalb des Trockners, der später nach außen verlegt wurde (rechts)

9.8. Kammertrockner

Die Kammertrockner entstanden aus dem Bestreben heraus, die Kühlwärme der besonders viel Wärme abgebenden Einzelöfen und später die der abgebrannten Ringofenkammern zu nutzen und durch besondere, während der Trocknung verschlossene Räume die Wärmeverluste möglichst gering zu halten.

9.8.1. Kammertrockner von Mensing

Die älteste deutsche Kammertrocknerei wurde 1857 von R. Mensing in Zwickau gebaut, der damit auch die erste Ziegeleianlage für ununterbrochenen Sommer- und Winterbetrieb schuf. Die Trocknerei umfaßte 17 Kammern mit einem Fassungsvermögen von 2000 Steinen pro Kammer. Bei einer Trockenzeit von 5-6 Tagen konnten 1,5-2 Mio. Steine pro Jahr getrocknet werden. Die Anlage war um 1900 noch in Betrieb, was als Beweis dafür gelten kann, daß sie einigermaßen gut funktioniert hat.

Die Trockenkammern waren massiv gemauert mit einer gewölbten Decke. Die Seitenwände wiesen Kragstichten auf als Auflageflächen zum Einlegen der Traglatten, auf welche die Formlinge gesetzt wurden. Beim Herausnehmen der getrockneten Steine wurden die Latten beiseite gelegt und beim Füllen der Kammer von hinten her wieder eingelegt. Auf diese Weise waren keine Zwischengänge erforderlich, und der ganze Raum der Kammer wurde ausgenutzt. Alles geschah von Hand, aber das Grundprinzip der späteren Absetztrocknerei war schon erkennbar (Bild 9.54.)

Die erforderliche Trockenluft lieferten mehrere nach Mensings eigenem System gebaute Einzelkammeröfen mit überschlagender Flamme, die im Verbund mit gegenseitiger Vorwärmung arbeiteten. Genutzt wurde der beträchtliche Wärmeüberschuß der gar gebrannten, in der Kühlung stehenden Öfen. Öfen und Trockenkammern waren über einen Heißluft-sammelkanal miteinander verbunden. Die Heißluft trat durch eine Einströmöffnung von unten in einen frei gelassenen Raum der Trockenkammer ein, stieg nach oben und wurde am Kammerende durch eine Abzugsöffnung in einen Abluftkanal, der mit einem Gebläse in Verbindung stand, abgesaugt.

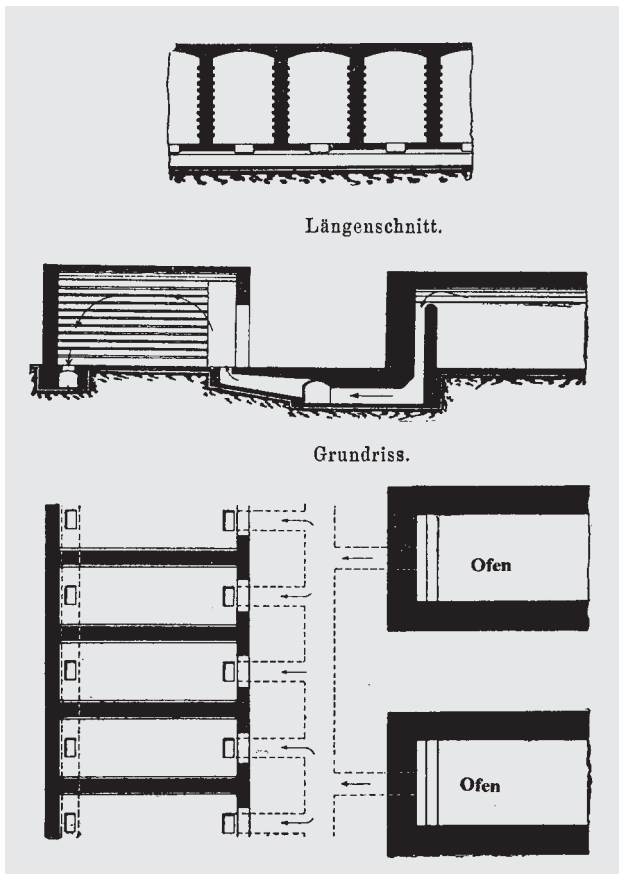


Bild 9.54. Erster deutscher Kammertrockner von Mensing, 1857

9.8.2. Trockenanlage von Bühler

Als Pionier der Trockentechnik gilt Jacob Bühler (1828 – 1914), obwohl er vor allem durch die Erfindung des 1868 patentierten „verkürzten Ringofens“, des Zick-Zack-Ofens, bekannt wurde. Doch sein wohl größerer Verdienst ist die Einführung des Saugzugventilators. Ab seinem zehnten Lebensjahr arbeitete Bühler von der Pike auf in der väterlichen Ziegelei. Nach dem Besuch einiger Lehranstalten war er eine Zeit lang als Lehrer tätig, bis er sich ab 1854 wieder ganz der Ziegelindustrie widmete. In der Ziegelei seines Vaters in Hofen bei Schaffhausen entstand nach seinen Ideen die erste Kammertrocknerei mit einem Holzventilator, der mit Wasserkraft aus dem nahen Bach betrieben wurde. Weitere Erfahrungen mit dem Ventilator machte Bühler mit der Nutzbarmachung der Abwärme periodischer Kammeröfen zu Trocknungszwecken. 1860 gründete Bühler sein Ziegeleitechnisches Büro, das er 1873 nach Konstanz verlegte und das dort noch einige Jahre nach dem 2. Weltkrieg bestand.

Seine erste Kammertrocknerei mit Rauchgasbeheizung und Ventilatorzug in Verbindung mit einem Langofen baute Bühler um 1865 in der nachmaligen Münchner Aktienziegelei. Dieses erste Bühlerwerk fand in der Fachwelt große Beachtung und wurde von Interessenten aus aller Herren Länder besichtigt. Benutzte Mensing noch ausschließlich die Kühlwärme der Öfen, so verwendete die Anlage von Bühler auch die Rauchgase eines Ringofens. Zudem waren

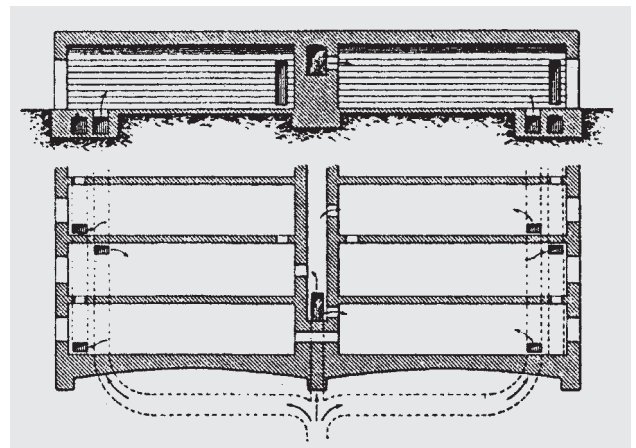


Bild 9.55. Rauchgas-Kammertrockner von Bühler, 1874

die Trockenkammern miteinander verbunden, so daß die Abluft der einen Kammer in einer anderen noch weiter ausgenutzt wurde. Hier wurde also erstmals das Prinzip der Umlufttrocknung verwirklicht.

Problematisch bei diesen ersten Kammertrocknern war die Gefahr der Kondensatbildung, wenn sich die gesättigte Luft an den kälteren Stellen der Trockenkammern zu Wasser verdichtete, das sich in Tauform auf den Formlingen niederschlug und diese aufweichte (Bild 9.55.).

9.8.3. Mit dem Absetzwagen beginnt eine neue Ära der Trockentechnik

Den entscheidenden Anstoß zur allgemeinen Einführung der Kammertrocknerei gab die Erfindung des Absetzwagens. Allgemein gilt Carl Keller, Lagenbeck, als sein Erfinder, was allerdings nicht ganz zutreffend ist. Das erste Patent auf einen „automatischen Wagen“ als „Beschickungsvorrichtung für Trockenanlagen“, wie man ihn damals bezeichnete, wurde 1892 in Dänemark erteilt. Hierauf folgte 1893 ein amerikanisches Patent und 1894 das der Firma Georgs-Marien-Bergwerks- und Hüttenverein in Osnabrück, kurz Georgsmarienhütte, mit der Carl Keller einen Lizenzvertrag abschloß. Der Absetzwagen der Georgsmarienhütte wies aber noch erhebliche Mängel auf, die Carl Keller behob. 1895 konnte er einen eigenen, perfektionierten Absetzwagen präsentieren, mit dem die vollkommene Mechanisierung des Transports zwischen Formgebung und Ofen eingeleitet wurde (Bild 9.56.+9.57.).

Mit der Einführung des Absetzwagens setzte sich die Kammertrocknerei innerhalb weniger Jahre so durch, daß andere Systeme kaum noch angewendet wurden. Auf der Basis des Absetzwagens begann Keller ab 1898 Trockenanlagen zu bauen, die er bis etwa 1910 nur auf ebener Erde errichtete. Es war Otto Bock, der 1904 auf der Dampfziegelei H. Mergard in Guntershausen bei Kassel die erste Kammertrocknerei für Absetzwagenbetrieb über dem Ringofen baute. Dies wurde möglich durch die Verwendung des von der schwedischen Firma Aabjörn Andersen

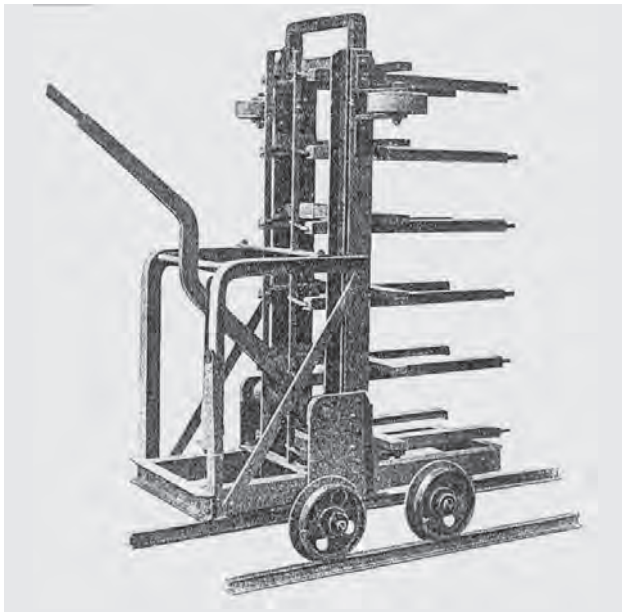


Bild 9.56. Absetzwagen für 6 Etagen, um 1900

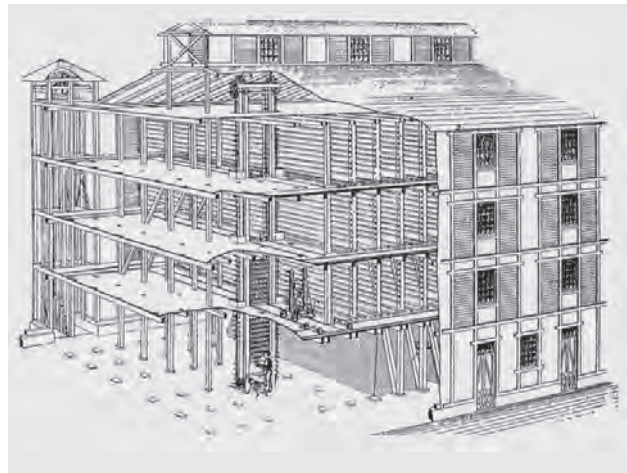


Bild 9.58. Trockenanlage von Bühler, mit schwedischem Elevator, um 1900

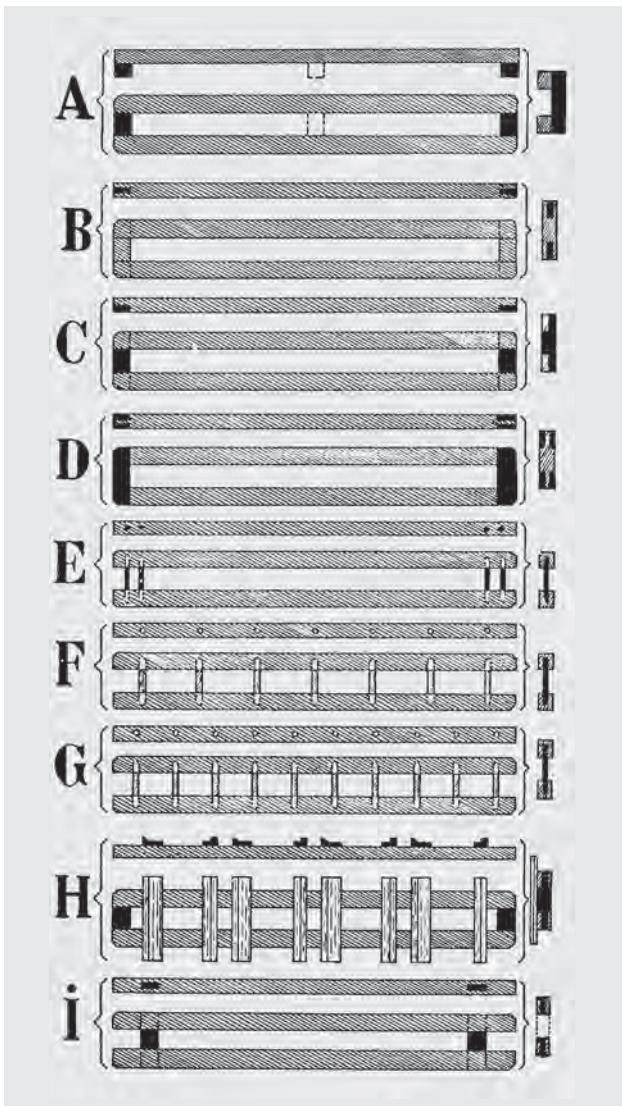


Bild 9.57. Die Erfindung des Absetzwagens war nur in Verbindung mit Traglatten aus Holz möglich, auf denen die Formlinge abgesetzt wurden. Dachziegel benötigten zusätzliche Leisten (H) oder separate Rähmchen (Siehe Bild 11.38.). Das Bild zeigt div. Ausführungen dieser Traglatten, kurz „Latten“ genannt.

in Svedala erfundenen sogenannten schwedischen Elevators und des Schwedischen Wagens, der mit 10 Etagen höher war als der ursprünglich 6-etagige Kellersche Absetzwagen (Bild 9.58.). Erst nachdem Otto Bock die erste Trocknerei mit schwedischem Elevator in Deutschland gebaut hatte, griff Carl Keller dieses System auf und perfektionierte es mit großem Geschick. Er baute das Transportsystem mit zahlreichen Zusatzeinrichtungen so weit aus, daß ab 1910 bei der Mauerziegelproduktion der Formlingstransport vom Pressenmundstück bis zur Ofensetzstelle, bei dem zuvor der Formling 6-8mal in die Hand genommen werden mußte, vollmechanisiert war.

9.8.4. Kammertrockner, System Keller

Verdienstvoller Wegbereiter bei der Einführung der Kammertrockner war Carl Keller in Laggenbeck, der seine ersten Anlagen noch als Trockengänge bezeichnete. Ein besonderes Merkmal der ersten Keller-Kammertrockner, die von 1898 bis 1910 gebaut wurden, war die ausschließliche Verwendung von Dampf oder Warmwasser in Rippenrohrheizkörpern und damit auch die Verwertung des Abdampfes der Kraftmaschinen für das Trocknen. Die Trockenkammern erhielten zur Abführung des entzogenen Wassers eine einfache Abdeckung aus Strohmatte, zunächst noch ohne jeden Abzugsschlot. Die Anregung hierfür hatte Keller in seiner Jugendzeit durch Erfahrungen auf dem elterlichen Bauernhof erhalten, wo er beobachtet hatte, daß Strohmatte über Viehställen Luftfeuchtigkeit abführen, aber Wärme zurückhalten. Die Fertigung von Strohmatte gehörte in Laggenbeck deshalb auch zum Programm von Keller. Er erreichte mit dieser Strohmatteabdeckung einen großen Abzugsquerschnitt ohne erhöhte Strömungsgeschwindigkeit mit der Gefahr von Trockenschäden. Dadurch, daß sich die Strohmatte zu Anfang der Trocknung durch Kondensation der Brüden an ihnen abkühlten und so weniger Luft durchströmen ließen, ergab sich nämlich eine quasi selbsttätige Regelung der Luftabführung und damit des Luftdurchsatzes.

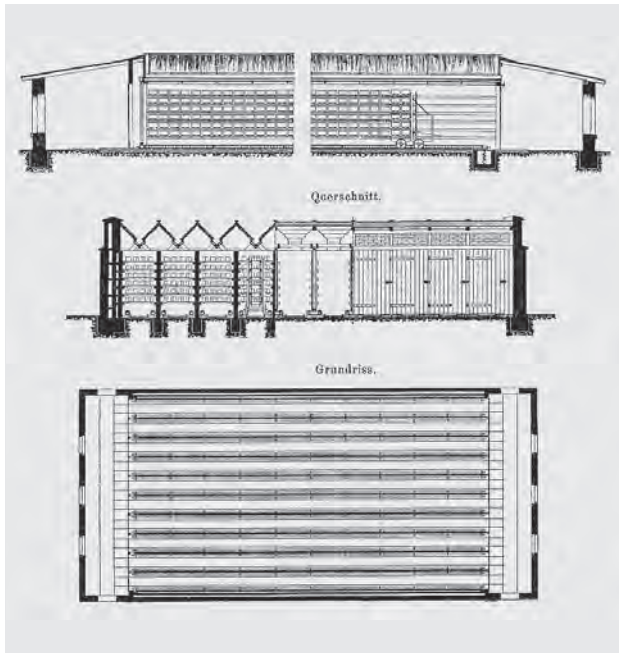


Bild 9.59. Ebenerdiger Kellerscher Kammertrockner mit Strohmattemabdeckung

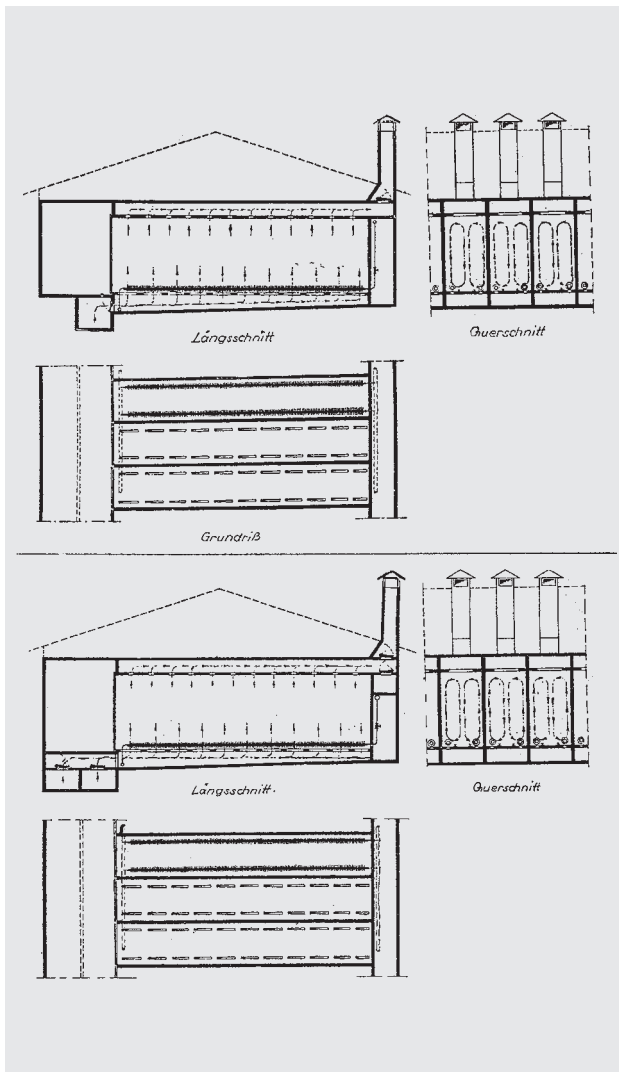


Bild 9.60. Kammertrockner von Keller mit Rippenrohrheizung und Warmluftzufuhr, unten mit zusätzlicher Feuchtluftanwendung

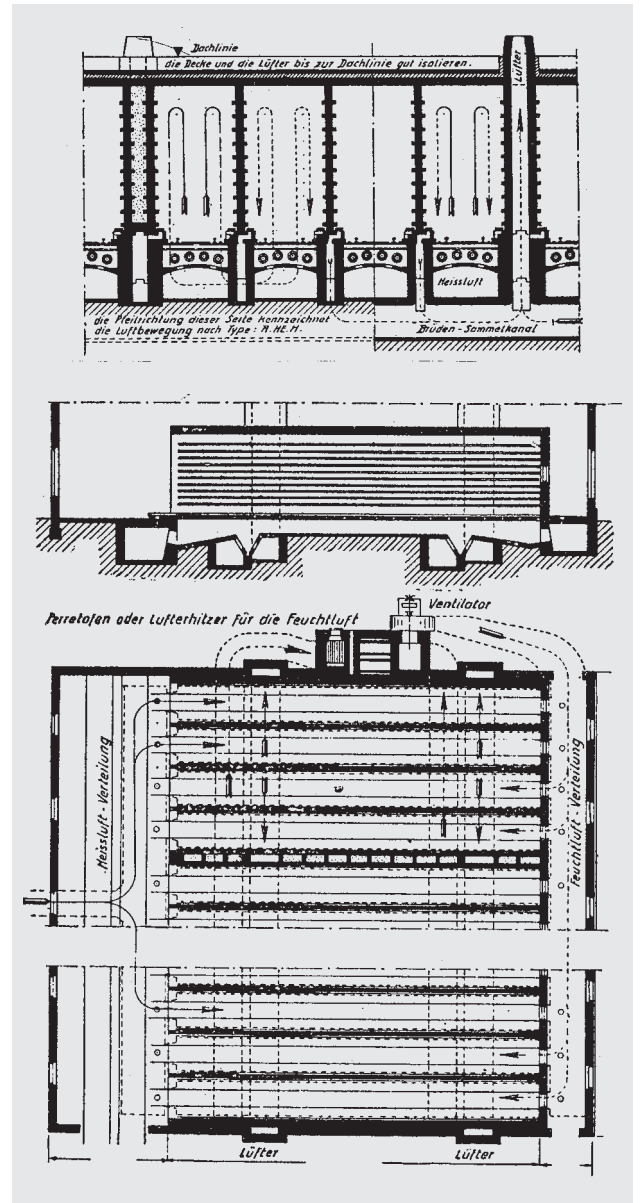


Bild 9.61. Trocknersystem von Scholz mit unterer Luftzu- und -abführung

Die notwendige Trockenluft wurde durch den Auftrieb der erwärmten Kammerluft aus dem Freien angesaugt. Bei trockenunempfindlichen Materialien, die nur eine kurze Trockenzeit benötigten, arbeiteten diese Trockner sehr gut. Bei empfindlichen Materialien mit verhältnismäßig langen Trockenzeiten verursachte die anhaltend hohe relative Luftfeuchtigkeit jedoch Schäden an Strohmattem und Dachstühlen (Bild 9.59.).

Deshalb verließ Keller etwa ab 1910 diese Konstruktion, ersetzte die Strohmattemabdeckung durch Masivdecken mit einer oder mehreren Abzugsöffnungen und sammelte die abziehende Trockenluft in einem Abzugskanal mit Schloten. Gleichzeitig ging Keller dazu über die Kühlwärme vom Ofen abzuführen und für den Kammertrockner wiederzuverwenden. Er behielt aber die Rippenrohrheizung bei, deren Vorteile in der einfachen Zuführung und Verteilung zusätzlicher Wärme sowie der Umwälzung und Wie-

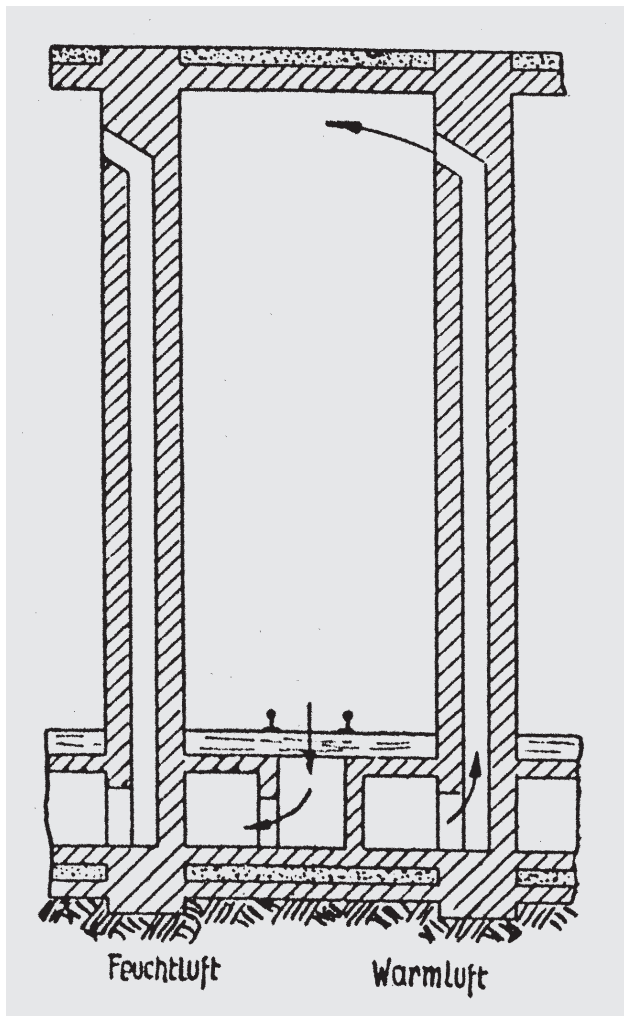


Bild 9.62. Trockenanlage von Nawrath, mit oberer Luftzu- und unterer -abführung

deraufwärmung der Trockenluft in den Kammern lagen.

In den 1920er Jahren verbesserte Keller seine Kammertrockner durch die Hinzufügung eines Feuchtluftkanals, den vor ihm als vermutlich erster schon Bühler angewendet hatte. Der Feuchtluftkanal ermöglichte, die nicht voll ausgenutzte Trockenluft aus den in der Endtrocknung befindlichen Trockenkammern zu entnehmen und sie den in der Vortrocknung stehenden Kammern zur Anwärmung zuzuführen (Bild 9.60.).

Das Kellersche System war Vorbild für viele nachfolgende Trocknerkonstrukteure, die es auf vielfältige Weise modifizierten. Nachdem sich Keller vorzugsweise der Konstruktion seiner Transportautomatik gewidmet hatte, überflügelten ihn sogar einige Trocknerbauer mit ihren Trocknersystemen.

9.9. Kammertrocknerentwicklung bis 1945

Die bis 1945 entstandenen zahllosen Kammertrocknersysteme unterschieden sich im wesentlichen durch die Art der Luftführung, der Feuchtluftanwendung und der Heizung, wobei die Trockner-Konstruk-

teure teils sehr unterschiedliche Weg beschritten. So wie z.B. das System von Scholz eine untere Luftzu- und abführung auf (Bild 9.61.), für besonders empfindliches Trockengut in der weiteren Entwicklung eine Feuchtluftanwendung und zusätzlich eine Dampf- oder Warmwasserheizung. Es gab Anlagen mit unterer Luftzu- und oberer Luftabführung oder Systeme, bei denen es genau umgekehrt war, wie bei der Trockenanlage von Nawrath (Bild 9.62.). Eine typische Lösung einer Trockenanlage mit Feuchtluftanwendung, bei der eine Mischung von Frisch- oder Warmluft mit der schon temperierten Abluft vorgenommen wird, was wiederum eine entsprechende Anordnung der einzelnen Kanäle erforderte, zeigt die Bühlersche Trocknerei (Bild 9.63.). Die direkte Verwendung von Rauchgasen als Trockenmittel war noch relativ häufig anzutreffen, vor allem bei der Trocknung von Mauerziegeln.

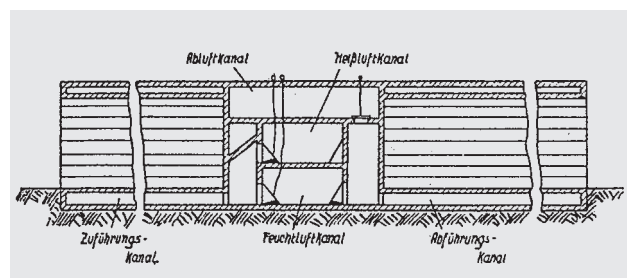


Bild 9.63. Bühlersche Trocknerei

9.10. Allgemeine Entwicklung der Trockentechnik ab 1950

Die Entwicklung der Trockentechnik in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ist geprägt durch die Entwicklung neuer Luftumwälztechniken, mit denen die Möglichkeit der schnellen Trocknung bei immer größer werdenden Produktionsmengen geschaffen wurden. Die ständig steigenden Kapazitäten der Ziegelwerke erforderten daneben auch die Entwicklung einer entsprechend leistungsfähigen Transporttechnik. Die aus statischen Gründen noch zulässigen Längen der Formlingsträger aus Holz (bei Mauerziegeln ca. 1,10 bis 1,40 m, bei Dachziegeln ca. 1,50 bis 1,70 m) bestimmten die lichte Breite der Trockenkammern. Der Einsatz von Formlingsträgern aus feuerverzinkten Metallblechen in der 2. Hälfte der 1950er Jahre, eingeführt durch die Firma Robert Thomas, Neunkirchen/Siegerland, machte es möglich, die Kammer-Lichtbreiten in der Mauerziegel- und Dachziegelindustrie zu verdoppeln. Hierdurch wurden nicht nur Bau- und Wärmeenergiekosten eingespart, durch die höhere Belegekapazität ergab sich auch ein langsamerer Wechsel der Formlingsträger, wodurch die Produktionsleistung pro Zeiteinheit verdoppelt werden konnte. Die größeren Formlingsträger bis hin zu Palettengrößen von 3,40/2,00 m förderten auch einen erheblich ruhigeren Betriebsablauf und verringerten den Verschleiß an den Trockengut-trägern (siehe Bilder 9.57. + 11.37.-11.39.).

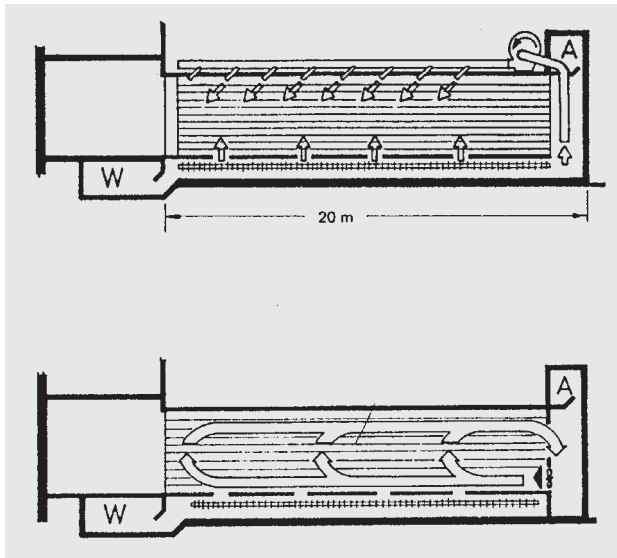


Bild 9.64. Umwälztrockner von Spingler; oben die Ausführung von 1950, unten die von 1951 (W=Warmluft, A=Abluft)

Zu einem indirekten Hilfsmittel wurden auch optimierte Mundstücke und Preßköpfe, die spannungsarm verpreßte Formlinge lieferten, die schneller und bruchfreier getrocknet werden konnten.

9.10.1. Zwangsumwälztrocknung

Sie begann 1950 mit dem patentierten Kammerumwälzverfahren von Dipl. Ing. Karl Spingler (1912-1956), der in Minden/Westfalen ein Ingenieurbüro für Ziegeleitechnik betrieb und auch als erster Herausgeber des seit 1951 erscheinenden „Ziegeleitechnischen Jahrbuchs“ sowie zahlreicher Fachveröffentlichungen bekannt wurde.

Spingler beschreibt sein Verfahren u.a. wie folgt: „Bei dem normalen Kammertrockner sind am Kammerboden Rippenheizrohre angebracht; die Heißluftzuführung erfolgt von vorn an der Tür, die Wrasenabführung hinten am Kammerende. Bei dem neuen Kammerumwälzverfahren (DBPa) mit Einzelkammerumwälzung ist zusätzlich zu dieser Normaleinrichtung ein Umwälzkreis angebracht; unten an den Rippenrohren wird die Luft abgesaugt, durch einen Ventilator (zweckmäßig Axial-Ventilator) in einen über der Kammerdecke liegenden Kanal gefördert und von dort durch verstellbare Düsen wieder in die Kammer eingeblasen“.⁷⁷

Grundlage des Patents von Spingler war, durch die künstliche Zwangsbelüftung der aufgeheizten und hochgesättigten Luft im Kammertrockner kein Abkühlen und Kondensieren auf dem Trockengut zuzulassen. Ohne Zwangsbelüftung wurden zuvor von der Strangverformung herrührende Spannungen und Texturen besonders hervorgehoben und konnten zu sog. Lastrissen führen (Bild 9.64.). Speziell für dieses Umwälzsystem entwickelte Spingler gemeinsam mit der Maschinenfabrik Dr. Schmidt, Zweibrücken, auch

Axial-Ventilatoren für die Förderung von Luft und Rauchgas mit Temperaturen bis 500 °C, Förderleistungen von 3000-100 000 m³/h und für Förderdrücke bis zu 100 mm Wassersäule. Diese Zwangsumwälztrocknung mit Hilfe einzelner Umwälzventilatoren in Trockenkammern wurde 1950 erstmals im Dachziegelwerk Albert in Wellie/Nienburg-Weser realisiert. Zum Entwicklungsteam von Spingler gehörte auch Dipl. Ing. Herbert Thater, der 1956 eine eigene Firma, die TBI Thater KG, Schwarzenbek, gründete, welche seither wesentlich zur Entwicklung der modernen Trockentechnik beigetragen hat.

In der Folge wurden in Westeuropa sehr viele bestehende Kammertrocknereien auf dieses System der Zwangsumwälztrocknung umgebaut, vor allem um die Leistung und die Qualität zu steigern und Energie einzusparen. Hieraus entwickelte sich allgemein das Prinzip der intermittierenden Luftführung beim Trocknen, d.h. die zeitweilig aussetzende oder wechselnde Trocknung.⁷⁸ Anfang der 1960er Jahre war die Erkenntnis, daß die intermittierende Beaufschlagung des Trockenguts eine Verbesserung der Trocknung bewirkt, allgemein bekannt. Die intermittierende Luftführung setzte sich danach schnell durch, weil damit infolge des besseren Wassertransports im Scherben und dem dadurch bewirkten Spannungsabbau schneller und schonender getrocknet werden konnte. Rückblickend kann man sagen, daß das Spingler'sche Patent für die Trocknung ähnlich bahnbrechend war wie Schlickeysens Strangpresse für die Formgebung und durch die Verkürzung der Trockenzeit auf ein Viertel der bis dahin üblichen – neben dem Tunnelofen – die Voraussetzungen geschaffen hat für die enormen Produktionskapazitäten der modernen Großziegeleien mit Leistungen von 80 bis 150 Mio. Mauerziegel NF/Jahr.

9.10.2. Klimatrocknung

In der Nachkriegszeit hatte die Firma Keller/Laggenbeck umfangreiche Versuche durchgeführt, die etwa in die gleiche Richtung gingen wie die Zwangsumwälztrocknung von Spingler. Das Ergebnis dieser Versuche ließ es jedoch ratsam erscheinen, insbesondere bei empfindlichem Trockengut, das Heizsystem ganz aus der Trockenkammer herauszunehmen und die Umwälzluft außerhalb der Kammer wieder aufzuwärmen. Diese Ausführungsart bot mehr Möglichkeiten der Überwachung und Steuerung der Umluft hinsichtlich Menge, Strömungsrichtung, Verteilung, Temperatur und Feuchte. Man konnte so das für die Art des Trockenguts jeweils günstigste Klima herstellen. Der Klima-Trockner war geboren. Einen Vorläufer des Klima-Kammertrockners baute Keller bereits 1949 in einem norddeutschen Ziegelwerk. Seinen ersten Klimatrockner, d.h. einen Trockner mit gezielter Regelung von Temperatur und Luftfeuchte, installierte Keller 1952 bei den Dachziegelwerken Westerfrolke bei Osnabrück. In diesem Klima-Trockner wurden 1953 Falzziegel in 2½ Tagen mit einem

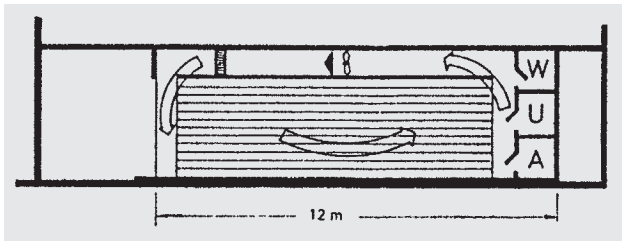


Bild 9.65. Keller-Klimatrockner, 1955, (U=Umluft)

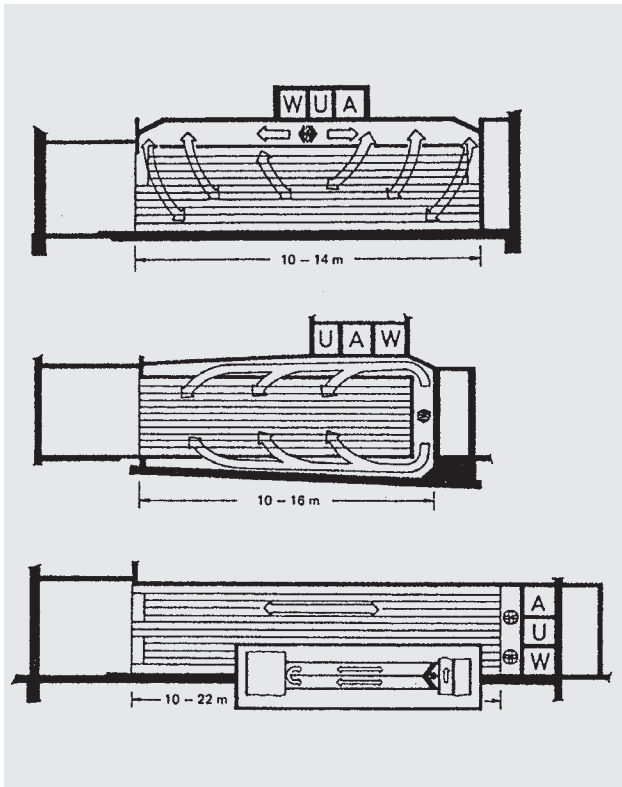


Bild 9.66. Tbi-Kammertrockner mit intermittierender Luftzuführung und stationären Umwälzventilatoren.

Oben: Standardtrockner für Mauer- und Dachziegel mit reversibler, horizontaler Luftführung, 1957, Mitte: Kammertrockner für Mauerziegel Einzelkammersystem mit vertikaler reversibler Luftführung, 1960,

unten: Wandumwälzung in Doppelkammersystem für Mauer- und Dachziegel, mit rhythmisch reversibler Luftführung, 1961

Trockenbruchanteil von 0,4% getrocknet, während die alte Trocknerei auf diesem Werk vorher 6-7 Tage benötigte bei 5% Bruch. Die 2. Keller Klimaanlage wurde von H. Thater 1953 auf der Insel Zypern in Limmassol errichtet. Thater war es auch, der die Klimatrocknung mit intermittierender Luftführung und stationären Umwälzventilatoren weiterentwickelte. Den ersten reversiblen, klimatisierten Umwälztrockner mit horizontaler Luftführung baute er 1956 in Schwarzenbek. Es folgte 1960 das Einzelkammersystem mit vertikaler reversibler Luftführung und 1961 das Doppelkammersystem mit Wandumwälzung und rhythmischer, reversibler Luftführung. Analog zu den Kammertrocknern wurde die Umwälzeinrichtung auch für Tunneltrockner und Großeinzelkammern mit großflächigen Paletten 3,40 x 1,97 m entwickelt ⁷⁹ (Bilder 9.65.+9.66.).

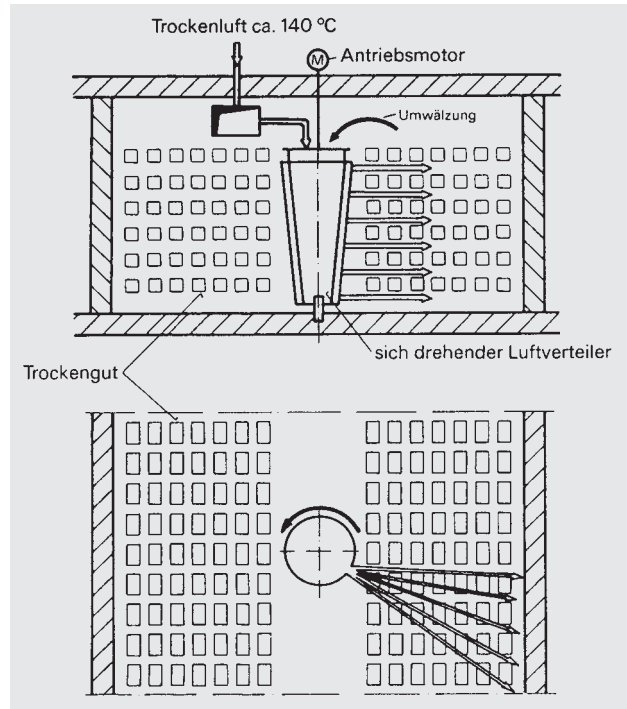


Bild 9.67. Trockner mit Luftumwälzgerät Rotomixair

9.10.3. Rhythmische Trocknung mit dem Rotomixair-System

Um 1953 erfanden in Italien die Ingenieure Fagioli und Marelli mit dem ROTOMIXAIR (System Fagioli-Marelli) eine neue Art der Ziegeltrocknung – die sog. rhythmische Trocknung. Der Rotomixair-Apparat, ein Drehlüfter, später auch als Lüftertüte bezeichnet, bestand aus einem Getriebemotor mit einem direkt aufgekeilten Lüfterrad und einem darüber angebrachten, sehr langsam rotierenden Luftverteilergehäuse mit einem vertikal über die volle Gehäusehöhe verlaufenden Luftauslaßschlitz bestimmter Breite. Der besondere Effekt dieses Apparats liegt darin, daß er die teilgesättigte Feuchtluft aus der Trockenkammer ansaugt, mit der zugeführten Heißluft mischt und die Mischluft radial, bei späteren Ausführungen auch tangential, ausbläst. Durch die langsame Drehbewegung des Luftverteilers mit 40-50 U/min werden die Formlinge im Prinzip der rhythmischen Trocknung periodisch mit Warmluft scharf angeblasen, jedoch mit größeren Ruhepausen dazwischen, so daß das Wasser vom Formlingsinnern an die Oberfläche nachdiffundieren kann. Durch eine Vielzahl von Apparaten, die vorwiegend stationär in einem Mittelgang des jeweiligen Trockners aufgestellt sind, entsteht eine derart intensive Durchwirbelung der Trockenluft, daß keine toten Ecken und feuchten Nester entstehen können (Bild 9.67.).

Gebaut wurde das Rotomixair-System in Deutschland zunächst von der Lufttechnischen Gesellschaft m. b. H., Stuttgart-Zuffenhausen. Ab 1966 war die Firma Dr. Ing. Niesper AG in Zürich/Schweiz der Lizenznehmer für das Rotomixair-System. Sie brachte 1967 den Rotomixair, Typ Niesper, auf den Markt. Das in 15 Jahren auf 9 Bauarten angewachsene Bau-



Bild 9.68. Blick in eine Trockenkammer mit Drehlüfter

programm wurde von ihr auf einen einzigen Universaltyp zurückgeführt. Getriebemotor und Lüfterrad, nunmehr nach oben verlegt, blieben immer gleich, nur der rotierende Luftverteiler wurde der Einbaulänge angepaßt. Der ganze Apparat war ortsfest kardanis an der Trocknerdecke aufgehängt, konnte aber durch entsprechende Zubehörteile auch an der Decke oder am Boden verschiebbar gemacht werden. Ab 1970 übernahm Max Wagner, Krumbach, die ursprünglich in der Schweiz ansässige Firma Novokeram und gleichzeitig den Vertrieb des Rotomixair-Systems. Bereits 1971 entwickelte Novokeram einen Apparat, bei dem der Motor und alle wesentlichen Antriebsteile über der Trocknerdecke lagen, damit außerhalb der schädlichen Heiß- und Feuchtluft sowie leicht zugänglich für Wartung und Reparatur. Bis 1985 wurde der Dreh- oder Umwälzlüfter, wie der Rotomixairapparat nun allgemein bezeichnet wird, ausschließlich von der Firma Novokeram vertrieben. Seither bewogen die unübertroffenen Vorteile dieses Systems viele Trocknerbauer, ihre Belüftungstechniken in mehr oder weniger modifizierter Form auch auf den Drehlüfter umzustellen (Bild 9.68.).

9.10.4. Luftumwälzgeräte

Etwa Mitte der 1950er Jahre begann die Entwicklung der Luftumwälzgeräte und damit auch die gro-

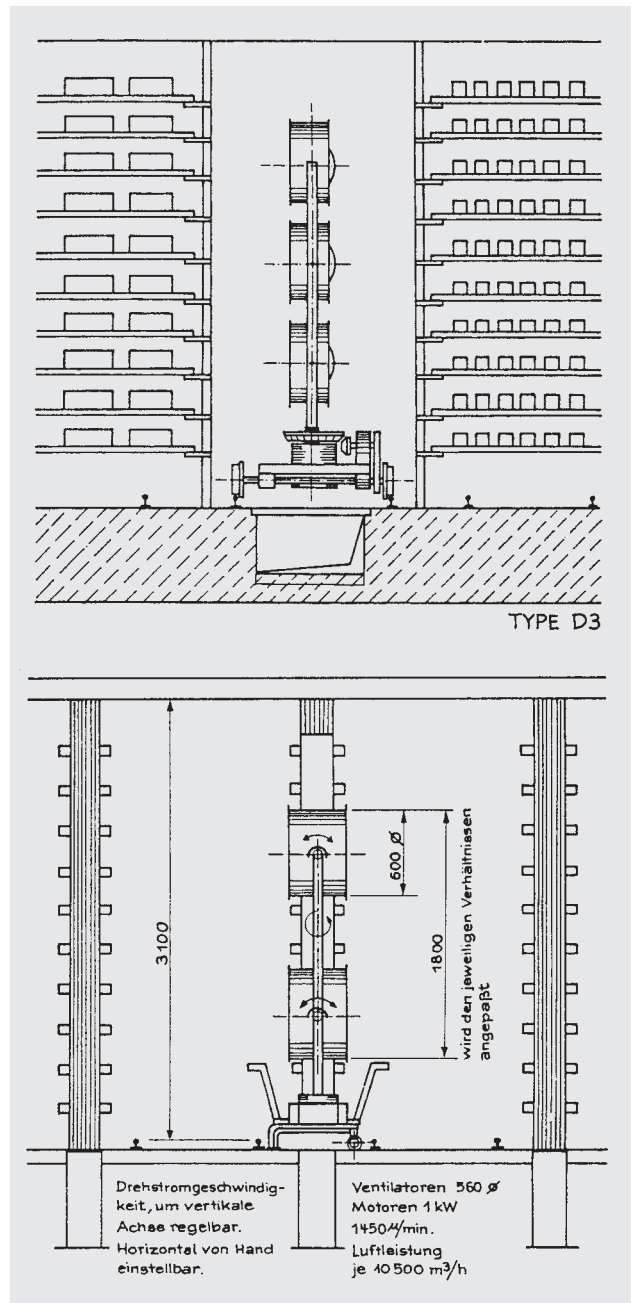


Bild 9.69. Ziegelrockner von Gairing 1956, oben selbsttätig wandernde, unten ortsfeste Ausführung

ße Umstellung der Trocknereien auf das System der Luftumwälzung. Zu den ersten Herstellern gehörte die Firma Gebr. Gairing, Riedlingen, die 1956 einen „selbsttätig wandernden Ziegelrockner“ vorstellte. Er bestand aus einem oder zwei kardanis aufgehängten Lüftern, die mit einem Fahrwerksmotor in einem Gang zwischen den Trockengestellen auf einer Hängefahrbahn oder mit einem Gleisfahrwerk fortbewegt wurden. Am Ende der Fahrbahn kehrte der „Ziegelrockner“ selbsttätig um, wobei die Lüfter um 180° geschwenkt wurden, so daß bei der Rückfahrt die Ziegel der gegenüberliegenden Seite angeblasen wurden. Bald bildete sich für diese fahrbaren Lüfter die Begriffe „Wanderlüfter“ und „Fahrlüfter“ heraus und für mehrere übereinander angeordnete Lüfter der Begriff „Lüftersäule“, die wiederum mobil oder stationär angeordnet sein konnte (Bild 9.69.).

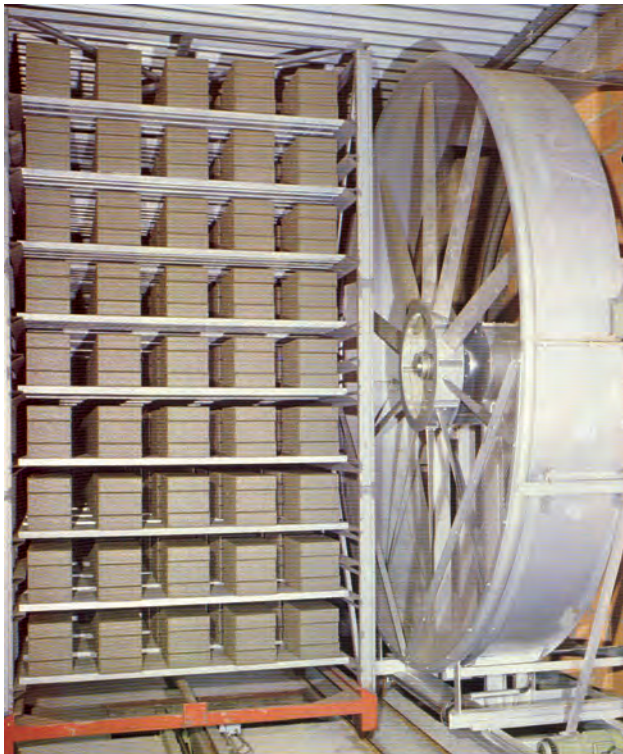


Bild 9.70. Trockengang mit Großflächenlüfter

In der Folge entwickelten die Trockner- und Anlagenbauer eine heute kaum noch überschaubare Zahl unterschiedlicher Luftumwälzsysteme, von denen sich letztlich nur wenige auf dem Markt behaupten konnten. Die Lüfter oder Umwälzventilatoren konnten stationär oder mobil, rotierend, hin- und herschwingend, auf- und abgehend, mit reversierbaren Ventilatorflügeln, etc. ausgebildet sein, wobei jeder Hersteller seine eigene Konstruktion als die beste anpries, ohne daß sich allgemein gültige konzeptionelle Regeln herausbildeten.

Der ersten Euphorie folgte alsbald die Ernüchterung, als sich die Schwachstellen herausstellten. Diese lagen zum Teil im verfahrenstechnischen Bereich, vor allem aber im Verschleiß, Wartungs- und Reparaturaufwand. In den Heißzonen der Trockner waren die Wanderlüfter einem erhöhten Verschleiß ausgesetzt. Dies betraf alle mechanischen Teile, selbst die Fahrschienen. Die verwendeten Kabel verloren bei den hohen Temperaturen ihre Elastizität und wurden brüchig. Reparaturen in der heißen Trockenkammer waren äußerst unangenehm, so daß die Betriebsleiter oft erheblichen Druck ausüben mußten, um ihre Handwerker dazu zu bewegen, sie zu betreten.

Großflächenlüfter

Ab 1979 verwendete Lingl die Großflächenlüfter, auf die man wegen ihrer großen Luftleistungen große Hoffnungen setzte, von denen man aber nach einigen Jahren wieder abkam (Bild 9.70.). Thater schreibt dazu: „Bei einem Propellerdurchmesser von z.B. 3,0 m wird jeweils nur in einer Breite von ca. 75 cm an den Flügelenden die Luft bewegt, im Bereich der

Propellernabe bewegt sich nicht einmal die Krawatte am Anzug“.⁸⁰ Das Institut für Ziegelforschung, Essen, stellte in einer 1985 veröffentlichten Untersuchung fest, daß die Unterschiede im Trockenfortschritt über die Belagtiefe, also in Luftrichtung, beim Großflächenlüfter am größten sind.⁸¹ Auch die Lüftersäulen wiesen hier Schwachstellen auf, so daß ab 1985 alle namhaften Trocknerbauer den aus dem Rotomixair-System hervorgegangenen Dreh- oder Umwälzlüfter einsetzen.

9.10.5. Intervalltrocknung

Mit dem Intervalltrockner, den Keller, Laggenbeck, 1969 auf den Markt brachte, wollte man die Vorteile der Klimatrocknung und der sogenannten rhythmischen Trocknung koordinieren. Oberhalb des Einsatzes war ein schwenkbarer Axialventilator angeordnet, der automatisch in drei verschiedene Ausblasstellungen gebracht wurde. Je nach Blasrichtung des Ventilators wurde ein Teil des Einsatzes mit der ganzen Umluftmenge beaufschlagt, während im anderen Teil die Luftumwälzung ruhte. Die Intervalleinrichtung konnte sowohl für Kammertrockner als auch für Tunneltrockner vorgesehen werden (Bild 9.71.).

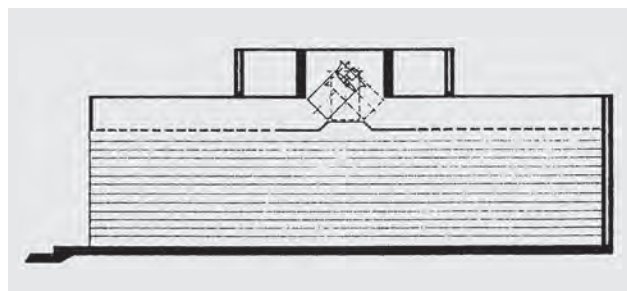


Bild 9.71. Keller-Intervalltrockner

9.10.6. Innere Aufheizung

Kammer- und Durchlauftrockner werden heute von fast allen Trocknerbauern, zumindest von Fall zu Fall, nach dem System der „inneren Aufheizung“ oder „Innenheizung“ beheizt und klimatisiert. Bei diesem System sind die Trockner mit einem innerhalb des Trockenraums installierten Heizaggregat, z.B. Gasbrenner, ausgerüstet, womit eine Erwärmung der umgewälzten Trocknungsluft möglich ist.

Die Grundlagen für dieses System wurden 1970/71 von Pels Leusden C.O. und Weber, H.B. vom Institut für Ziegelforschung, Essen, im Rahmen eines vom Land Nordrhein-Westfalen finanzierten Forschungsauftrags erarbeitet.⁸² Nach dem damaligen Stand der Trockentechnik wurde durch eine Drei-Stufen-Trocknung (Aufwärmung, Haupttrocknung, Endtrocknung) versucht, das Trockengut zunächst aufzuwärmen, ohne es zu trocknen, um dann bei erhöhten Temperaturen etwas schneller trocknen zu können. Nach der Anwärmung folgte die Haupttrock-

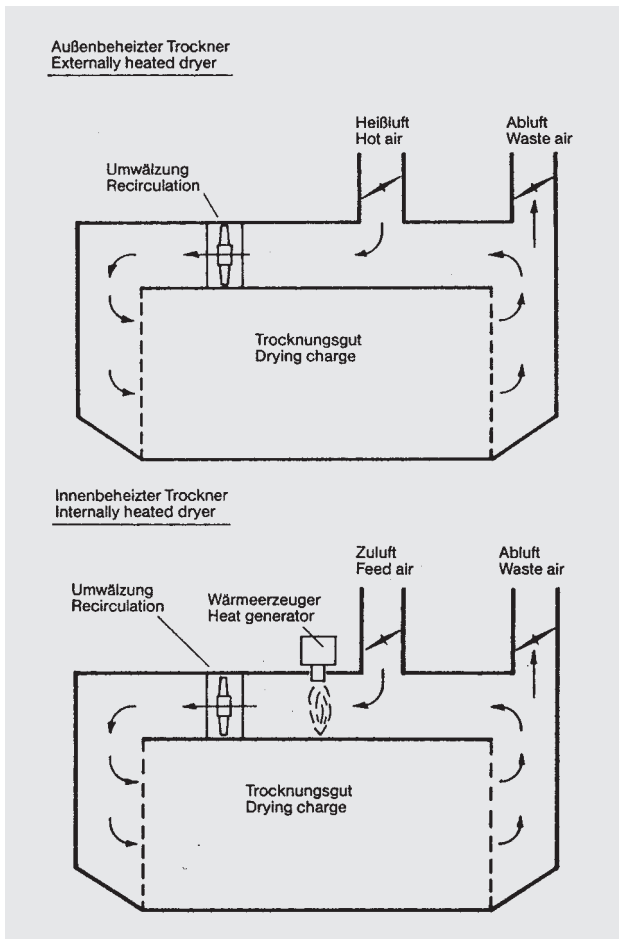


Bild 9.72. Schema des innenbeheizten Trockners (unten) im Vergleich zum außenbeheizten Trockner (oben)

nung bei konstanten Lufttemperaturen zwischen ca. 40-60 °C bis zum Ende des Schwindungsvorgangs. Danach wurde die Lufttemperatur nochmals erhöht und die relative Luftfeuchtigkeit zur Beschleunigung der Endtrocknung abgesenkt. Die schwierigste Stufe der Durchwärmung des Trockenguts verlief an der „Kondensationsgrenze“, und um die Kondensationserscheinungen in einem erträglichen Umfang zu halten, wurde in der Regel nur bis zu einer Lufttemperatur zwischen 40 und 60°C angewärmt.

Pels Leusden und Weber fanden nun heraus: Wird beim Trocknen die Formlingstemperatur stetig erhöht, kann gleichzeitig auch mit entsprechend ständig steigender Trocknungsgeschwindigkeit getrocknet werden. Damit war ein neuer Weg zur Trockenzeitverkürzung gefunden, der gleichzeitig eine Lösung für den an der Kondensationsgrenze verlaufenden

Durchwärmungsbereich der Drei-Stufen-Trocknung brachte. Zur Erwärmung der Luft schlugen sie u. a. vor, in jeder Trockenkammer bzw. jedem Umwälzkreis von Kanaltrocknern geeignete regelbare Gasbrenner zu installieren (Bild 9.72.).

9.10.7. Durchströmungstrocknung

Bei der Konvektionstrocknung kann das Trockengut von der Trockenluft überströmt, umströmt, angeströmt oder durchströmt werden (Bild 9.73.). Bei Lochziegelformlingen ist die Durchströmung von besonderer Bedeutung, weil damit die gesamte Oberfläche des Formlings, auch die „innere“, d. h. die Oberfläche der Lochkanäle, zur Trocknung herangezogen wird. Dadurch wird erreicht, daß es, im Gegensatz zur üblichen Trockenluftführung, nicht zu Unterschieden im zeitlichen Voranschreiten der Trocknung innerhalb des Einzelziegels kommt und Schwindungsdifferenzen und damit innere Spannungen, die bis zur Rißbildung führen können, vermieden werden. Das Prinzip der aufeinander abgestimmten Durch- und Umströmung der auf den Einzelziegel direkt einwirkenden Trockenluft bei der Trocknung großformatiger Lochziegel wurde in den Jahren 1975/80 am Institut für Ziegelforschung, Essen, namentlich von Pels Leusden erkannt. Damals ging es um die verkrümmungs- und rissefreie Trocknung geschoßhoher Plankenziegel mit Querschnittsabmessungen von z.B. 400 x 150 mm und Längen von 2500 mm.⁸³ Die Durchströmungstrocknung, die von der konventionellen Konvektionstrocknung erheblich abweicht, wurde ab 1995 von mehreren Trocknerbauern erfolgreich zur Schnelltrocknung von Hochlochziegeln eingesetzt.

9.10.8. Düsenwandtrocknung

Um 1980 wurde von Keller, Laggenbeck, die Düsenwandtrocknung entwickelt. Das System eignet sich für Kammertrockner, Tunnelrockner und Schnellrockner. Dieses mobile Düsenwandssystem wird bis zum heutigen Tage erfolgreich eingesetzt. Der Düsenwandtrockner arbeitet mit horizontaler Querumwälzung, wobei die Trockenluft zwangsweise und mit wechselnder Richtung durch das Trockengut geführt wird. In einer Zwischendecke des Trockners sind stationäre Umwälzventilatoren angeordnet, welche die Umwälzluft in die an der Innenseite der Trocknerwände montierte, in Längsrichtung verfahrbare Düsen-



Bild 9.73. Schema der Möglichkeiten der Trockenluftführung bei der Konvektionstrocknung

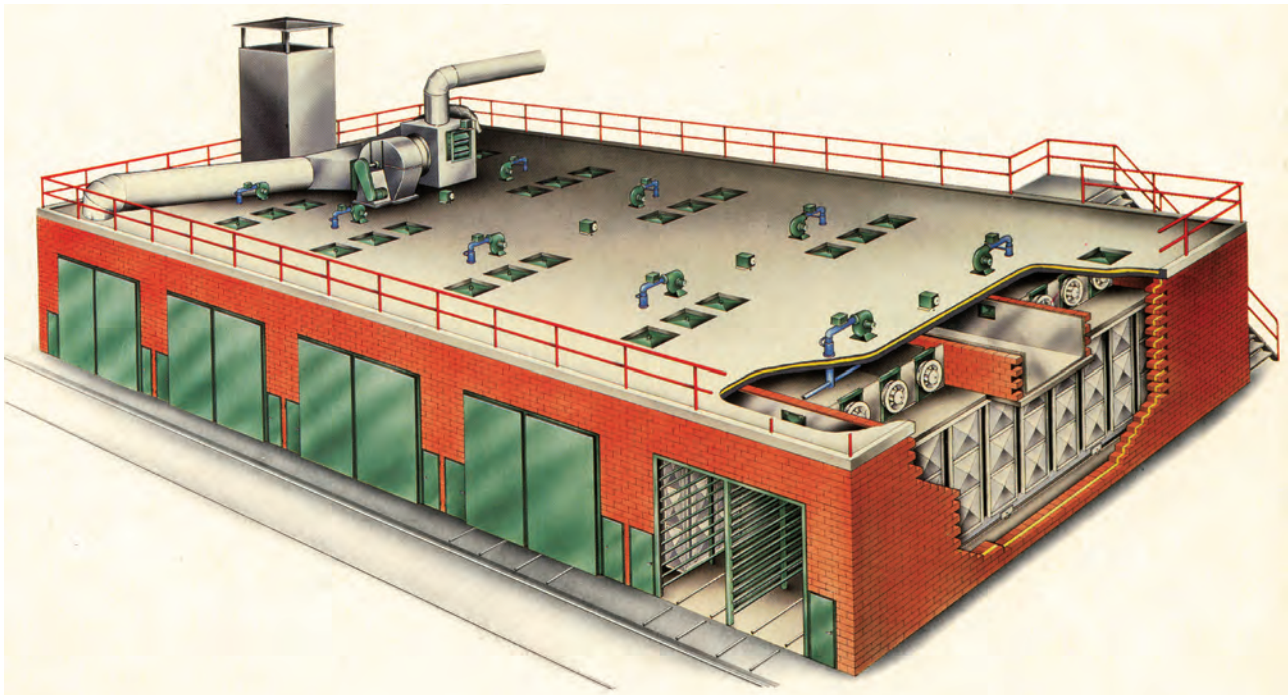


Bild 9.75. Kammertrockner von Keller mit patentierter Schlitzdüsenwand, 1985

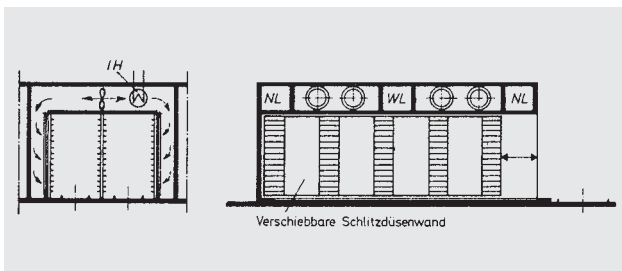


Bild 9.74. Schema des Düsenwandtrockners mit verschiebbarer Schlitzdüsenwand

wände blasen. Aus den Düsen dieser Wände strömt die Luft über die gesamte Trocknerhöhe gleichmäßig verteilt in das zu trocknende Gut. Durch das Verfahren der Düsenwand bewirkt die aus den Schlitzdüsen austretende Luft zunächst eine intermittierende Trocknung (Bilder 9.74.+9.75.).

9.10.9. Pralltrocknung

Die Möglichkeit, mit Hilfe der Durchströmungstrocknung schneller zu trocknen, funktioniert naturgemäß nur bei gelochten Ziegeln und Hohlware, nicht aber bei Dachziegeln und kleinformatigen Vollziegeln wie Vormauerziegel und Klinker. Um auch diesen Produkten Wege zur Schnelltrocknung zu eröffnen, laufen seit dem Jahr 2000 beim Institut für Ziegelforschung (IZF) in Essen und bei Anlagenbauern (z.B. Rotho/Neunkirchen und Lingl/Neu-Ulm) Versuche, durch eine zielgerichtete, senkrechte Anströmung des Trockenguts mit der Trockenluft verkürzte Trockenzeiten zu erreichen. Dabei hat man festgestellt, daß diese senkrechte Anströmung, die sog. Prallströmung, gegenüber der konventionellen Umströmung erhebliche

Vorteile aufweist und die Voraussetzungen für eine Schnelltrocknung erfüllt. Durch die Prallanströmung (Bild 9.73.) werden gleiche Luftzustände über die gesamte Formlingsober- und -unterseite und deren gleichmäßige Abtrocknung gewährleistet.⁸⁴ In absehbarer Zeit ist daher wohl mit einer technischen Umsetzung der Pralltrocknung in die Praxis zur Schnelltrocknung von Dachziegeln und Vormauerziegeln zu rechnen.

9.11. Schnelltrockner

Der Wunsch, die Formlinge möglichst schnell und doch rissefrei zu trocknen, hat den Ziegler wohl schon immer beseelt. Doch lange Zeit blieb ihm nichts anderes übrig, als bestimmte Trockenzeiten der etablierten Trockensysteme als produkt- und systemspezifisch gegeben hinzunehmen. Eine ausgesprochene Schnelltrocknung, worunter man allgemein ein gegenüber der konventionellen Trocknung zeitlich wesentlich verkürztes Trocknen versteht, wird aber seit den 1950er Jahren immer wieder diskutiert. Es hat seither nicht an Versuchen gefehlt, die Schnelltrocknung zu etablieren. Alle unter Pkt. 9.10. beschriebenen Trockenmethoden dienen im Prinzip auch dem Ziel des schnelleren Trocknens.

Bei den ständig steigenden Kapazitäten der Ziegelwerke war die Reduzierung der Trocknergröße ein wichtiges Argument, das für die Schnelltrocknung sprach. Es ist nämlich nicht das gleiche, ob man Tage oder Stunden trocknen muß. So fand z.B. in der Zeit vom 13.–15.11.1965 in Paris das TBE-Kolloquium „Heißverformung und Schnelltrocknung“ statt, bei dem der damalige Stand der Technik dargelegt wurde.

Wichtige grundlegende Erkenntnisse zur Schnell-trocknung wurden in den 1970er Jahren am Institut für Ziegelforschung e.V., Essen, in einem Zeitraum von über 10 Jahren erarbeitet, nicht zuletzt auch bei der Trocknung der geschoßhohen Plankenziegel. Der große Durchbruch aber blieb aus. Durch die Entwicklung neuer Schnelltrocknersysteme ab 1995 erhielt die Schnell-trocknung wieder neue Impulse und ist verstärkt im Gespräch. Dabei ist der Begriff „Schnell-trocknung“ immer noch nicht eindeutig definiert. Das Spektrum möglicher Definitionen zeigen die Antworten zweier Trocknerbauer bei einer 1998 durchgeführten Marktumfrage.⁸⁵ Lingl antwortete: „Trocknen von Produkten mit großer spezifischer Oberfläche mit Trockenzeiten im Minutenbereich bis max. unter 10 Stunden“, Novokeram hingegen: „Die Schnell-trocknungszeit entspricht 10 % der konventionellen Trockenzeit“. Verbreitet ist die Auffassung, daß die noch als Schnell-trocknung zählende maximal zulässige Trockenzeit nur rohstoff- und/oder produktspezifisch zu definieren sei, d.h. abhängig von der Trockenempfindlichkeit des Rohmaterials und der Produktart.

Für das gute Funktionieren eines Schnell-trockners gibt es einige Grundvoraussetzungen. Hierzu gehören z.B. ein gut aufbereiteter, homogener, wenig trockenempfindlicher Masseversatz mit geringer Schwindung und dünnwandige Produkte mit hohem Lochanteil bzw. großer Oberfläche im Verhältnis zum Volumen. Allerdings lassen sich die hier gesetzten Grenzen durch die Weiterentwicklung der Verfahrenstechnik immer mehr verschieben. Als unerläßliche Voraussetzung der Schnell-trocknung gilt

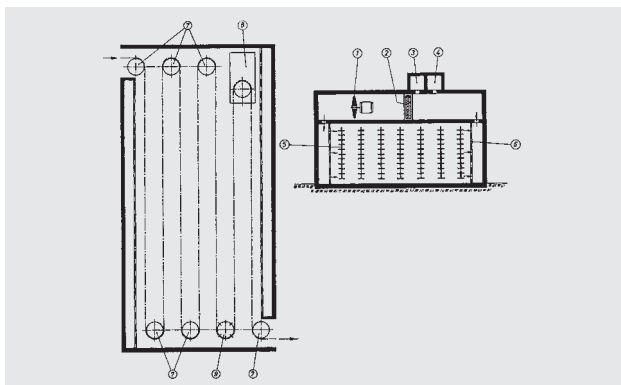


Bild 9.76. Schaukel-trockner

allgemein, daß alle inneren und äußeren Formlings-oberflächen gleichmäßig um- und durchströmt werden müssen, um alle Ziegeloberflächen gleichmäßig an der Trocknung zu beteiligen. Dabei soll sich der Feuchtegehalt der Luft, die durch die Löcher des Formlings strömt, in gleicher Weise ändern wie der Feuchtegehalt der außen entlangströmenden Luft. Dieses Ziel der gleichmäßigen Um- und Durchströmung des Formlings suchen die einzelnen Trocknerbauer mit unterschiedlichen Konstruktionsprinzipien zu erreichen. Sehr wichtig ist ferner die Anwendung

der Heißverformung, welche die erwünschte Formlingstemperatur von etwa 40-50°C am Trocknereingang gewährleisten muß, da die Viskosität des Wassers mit steigender Temperatur abnimmt und so die Trocknung begünstigt.

Nachfolgend sind einige der in den Jahren 1950 –1995 entwickelten Schnell-trockner aufgeführt. Alle vor 1995 entwickelten Schnell-trockner kamen in Deutschland nur als Prototyp oder in ganz wenigen Exemplaren zum Einsatz.

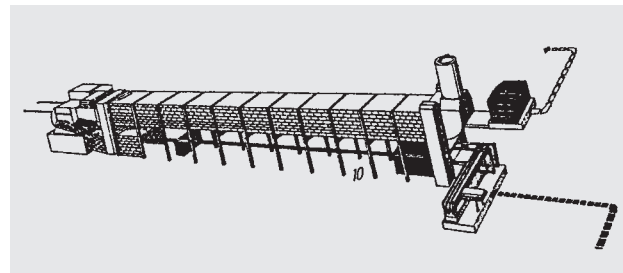


Bild 9.77. Französischer Schnell-trockner Univelox, um 1965

9.11.1. Schaukel-trocknerei

Bei diesem von einer Schweizer Firma vorzugsweise für Dachziegel entwickelten Schaukel-trockner stand erstmals der Gedanke des Schnell-trocknens im Vordergrund.⁸⁶ Das Prinzip des Trockners bestand darin, daß die Formlinge auf besondere 12etägige Schaukeln aufgelegt wurden, die – ähnlich einem Kreistransporteur – mäanderförmig in zahlreichen Windungen durch einen großen Trockenraum geführt wurden. Die Luftführung im Trockner war horizontal, und die Schaukeln bewegten sich in diesem Luftstrom hin und her, wobei bei jeder Umlenkstation eine Drehung um 180° erfolgte.

Die erste Anlage wurde 1944 bei der Firma Gasser in Rappertswil/Kanton Bern errichtet. Eine modifizierte Ausführung kam 1951 in einem süddeutschen Dachziegelwerk zur Ausführung. Die Trockenzeit betrug bei Biberschwänzen 12-18 Stunden, bei Falzziegeln 16-22 Stunden, was gegenüber der 3-4tägigen Trockenzeit des vorherigen Kammertrockners eine erhebliche Verkürzung darstellt. Der Wärmebedarf betrug im Sommer 925 kcal, im Winter 1020 kcal pro Kilogramm verdampftes Wasser (Bild 9.76.).

9.11.2. Französische und italienische Schnell-trockner

Die Entwicklung von Schnell-trocknern in Frankreich und Italien begann 1958. Es waren Gegenstrom-Kanaltrockner mit Kanälen für Warm- und Feuchtluft, um das jeweils erforderliche Klima einstellen zu können. Bekannt wurden in Frankreich die Schnell-trockner „Grimal“ und „Univelox“⁸⁷, bei denen die Formlinge in mehretägigen Schaukeln den Trockner durchliefen (Bild 9.77.). In Italien waren es die Schnell-trockner „Moccia“, bei dem die Formlinge auf angetriebenen

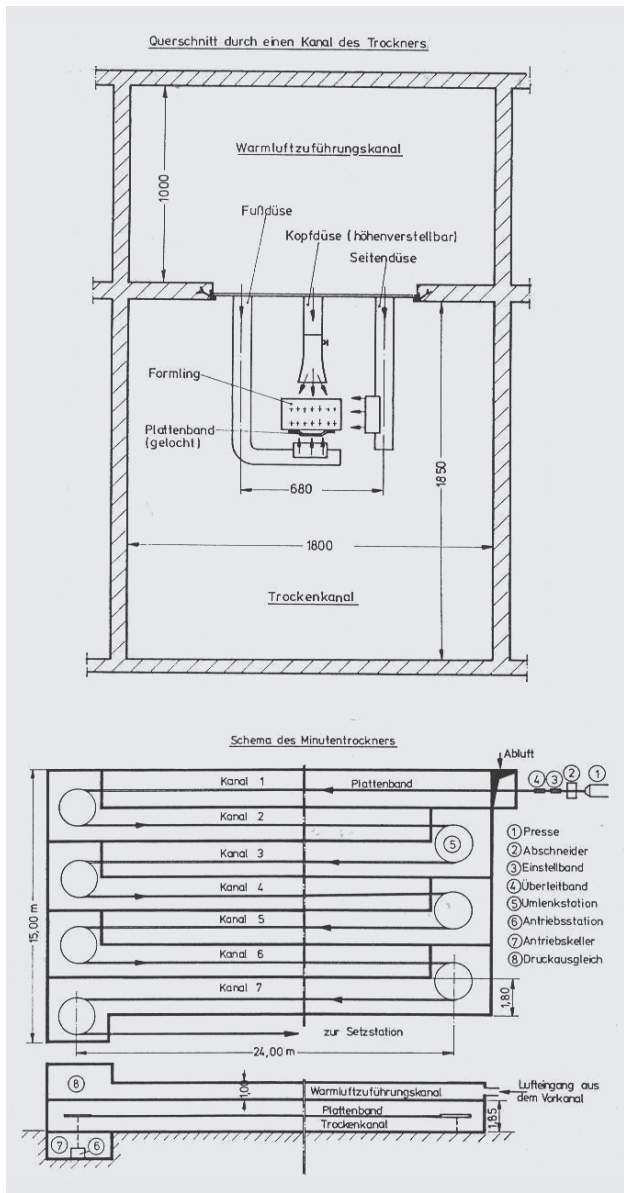


Bild 9.78. Minutentrockner, 1971

Rollen bewegt wurden, und „Siena“, ein Gehängetrockner. Die erreichbaren Trockenzeiten bewegten sich zwischen einer und fünf Stunden. Im Gegensatz zu Deutschland haben sich die Schnellrockner in diesen Ländern gut eingeführt. So gab es z.B. 1963 bereits über 100 Moccia-Schnellrockner. Bei diesem Typ variierte je nach Trockengut und Leistung der Tunnelquerschnitt zwischen 1,5-3 m Breite und 0,5-0,6 m Höhe und die Länge des Trockenkanals zwischen 100 und 200 m. Der Univelox wurde in verschiedenen festen Größen gebaut, der größte war 30 m lang, 6 m hoch, 2 m breit mit einem Tunnelquerschnitt von 2 qm.

9.11.3. Minutentrockner

Fünf Jahre dauerte die Entwicklung von der Grundidee bis zum produktionsreifen Durchlauf-Bandrockner, der 1971 als „Minutentrockner“ in der Ziegelei Löhlein in Künzelsau-Garnberg in Betrieb ging und

für gehöriges Aufsehen in der Fachwelt sorgte.⁸⁸ Grundlegende Untersuchungen waren am Institut für Ziegelforschung in Essen durchgeführt worden. In modifizierter Form baute die tbi Thater KG, Schwarzenbeck, in Lizenz des IZF noch zwei weitere Anlagen. Wesentliches Merkmal dieses Schnellrockners war ein kurvengängiges Plattenband mit durchlöchernten Platten, so daß die Formlinge auch von unten angeblasen werden konnten. Vom Abscheider weg nahm dieser Bandförderer die Formlinge einlagig auf und durchlief im Zick-Zack den aus mehreren nebeneinander liegenden Kanälen bestehenden Trockner. Auf ihrem Weg wurden die Formlinge mittels Düsen allseitig mit entsprechend klimatisierter Luft angeblasen. Dadurch sollte jeder Formling stets der Temperatur und Luftfeuchtigkeit ausgesetzt sein, welche die kürzeste schadensfreie Trocknung ermöglicht. Der im Gegenstrom betriebene Trockner konnte durch Ventilatoren und eine entsprechende Unterteilung des Wärmeluftkanals, abschnittsweise auch im Gleichstrom gefahren werden. Die Trockenzeit betrug bei Dränrohren 40 Minuten und bei Großblockziegeln 60-80 Minuten (Bild 9.78.).

9.11.4. ITO-Einlagenschnellrockner

Das um 1981 von der damaligen Firma Fuchs & Co., Graz, entwickelte ITO-Verfahren (Intensiv-Trockner-Ofen) beruht auf einer bis dahin noch nicht angewandten Technologie. Dabei werden die extrudierten und geschnittenen Formlinge einlagig direkt auf Wagen mit Schamotteaufbau abgesetzt und durchlaufen ohne weitere Manipulation auf denselben Wagen Trockner und Ofen.⁸⁹

Bei der auch hier praktizierten Heißverformung hat der einlagige Besatz gegenüber den mehrlagigen Trocknern noch den Vorteil, daß die warmen Formlinge schneller in den Trockner gelangen und weniger abkühlen können. Die zu trocknenden Formlinge werden in einer Lage so auf den Wagen gesetzt, daß die Lochrichtung der Produkte in Fahrrichtung angeordnet ist und der Zwischenraum zwischen den Formlingen eine etwa gleich intensive Belüftung erfährt, wie sie durch die Löcher in den Formlingen erfolgt. Die Luftgeschwindigkeit beträgt 6-12 m/s. Umwälzventilatoren werden zur Belüftung der Produkte nicht benötigt, da allein durch den Gegenstrom Luft/Produkte eine ausreichend intensive Belüftung der inneren und äußeren Oberflächen erfolgt. Zur Vermeidung der Bildung laminarer Schichten mit unterschiedlicher Temperatur und Feuchte sowie zur Innenheizung einzelner Trocknerabschnitte und Intensivierung oder Reduzierung der Belüftungsintensität ist eine gruppenweise Kombination von Ventilatoren und Regelklappen installiert.

Die Trockenzeiten im ITO-Schnellrockner bewegen sich zwischen 6 und 10 Stunden. Der Stromverbrauch (Heißluft – Naßluft – Umwälzluft) liegt bei 4,3-6,4 kWh/t Gebranntgewicht.

Eines der ersten ITO-Werke wurde 1988 in Dragonestica/Bulgarien in Betrieb genommen.



Bild 9.79. Blick in den Schnelltrockner Laminaris von Novokeram

9.11.5. Schnelltrockner Laminaris

Aufbauend auf den in den 1980er Jahren mit der Trocknung von Industriekatalysatoren gemachten Erfahrungen, brachte Novokeram nach zweijähriger Entwicklungszeit 1995 einen Schnelltrockner in halbindustriellem Maßstab auf den Markt.⁹⁰ Bei der Fa. Erlus erreichte man damit Trockenzeiten von 45 Minuten. Im November 1995 wurde der Trockner bei den Würzburger Zieglertagen vorgestellt, wo er große Beachtung fand. 1998 wurde der erste großtechnische Schnelltrockner Laminaris im Tonwerk Venus in Schwarzach installiert. Bei diesem Trockner wurden die extrudierten Formlinge nach dem Abschneiden gedreht und auf Formlingsträgern (Latten) abgesetzt. Damit werden die Trocknerwagen je nach Format 9, 12 oder 18 Etagen hoch zweireihig belegt. Die Trocknerwagen fahren dann mit ihrer Schmalseite voraus durch den Trockenkanal. Zwischen zwei Vorlaufgleisen eines Trockenkanals befinden sich Belüftungsmodule mit zweiseitiger Ausblausung. Sie sind strömungstechnisch so konzipiert, daß jeder Formling optimal belüftet und getrocknet wird. Da die Trockenwagen mit der vollen Breitseite an den Belüftungsmodulen vorbeifahren, kann auch die gesamte innere Oberfläche der Formlinge mit der konditionierten Trocknungsluft um- und durchspült werden, was maßgeblich zu der kurzen Trockenzeit von 4 Stunden beiträgt. Der Trockner ist in sieben Trockenzonen und eine Kühlzone eingeteilt, besitzt eine innere Aufheizung und vielfältige Möglichkeiten

zur Temperatur- und Feuchteregeleung. Der Wärmeenergiebedarf liegt zwischen 760 und 860 kcal je Kilogramm ausgetriebenes Wasser, der elektrische Energiebedarf zwischen 5 und 11 kWh je t getrocknetes Gut. Der Laminaris im Tonwerk Venus hat eine Länge von 35 m, eine Breite von 13 m und eine Höhe von 5,5 m. Er trocknet während 12 Schichten je Woche (8 h/Schicht) an 350 Arbeitstagen rund 80 Mio. NF-Einheiten pro Jahr (Bild 9.79.).

9.11.6. Kassettentrockner

Die transport- und verfahrenstechnisch neue Konzeption des Kassettentrockners beruht auf Ideen und Untersuchungen des Ziegelwerks Eichhorn in Blindenmarkt/Österreich. Dieses Konzept führte zu sehr kurzen Trockenzeiten und einer wesentlich einfacheren Transporttechnik von der Presse bis zum Ofen. Vor dem Bau eines neuen Werks für Hochformat-Gitterziegel, das 1995 in Betrieb ging, baute man unter größter Geheimhaltung einen Versuchstrockner, der zum Patent angemeldet wurde. Mit dem Bau des neuen Werks wurde die Firma Lingl, Neu-Ulm, beauftragt, die auch eine exklusive Lizenz für den Kassettentrockner erhielt und ihn seither weiterentwickelt hat.⁹¹

Im Kassettentrockner liegen die Ziegel in Kassetten reihenweise gekippt, d.h. die Lochung ist vertikal ausgerichtet. Mehrere Reihen in einer Kassette bilden eine Lage, wobei die Längs- und Querabstände der Ziegel so gewählt sind, daß eine möglichst gleichmäßige Um- und Durchströmung erzielt wird, die auch durch die Unterlage kaum beeinträchtigt wird. Der Prototyp in Blindenmarkt war noch für mehrlagigen Besatz ausgelegt, d.h. nach der Beladung mit Formlingen wurden fünf Kassetten übereinander gestapelt, wobei nur die unterste Kassette mit Rädern als Transportmittel versehen war. In der Weiterentwicklung als Typ V läßt Lingl die Kassetten nur noch einlagig durch den Trockner fahren (Bilder 9.80.+9.81.). Ein Kassettentrockner Typ V wurde 1997 im JUWÖ-Planziegelwerk III in Wöllstein in Betrieb genommen.

Im Trockner werden die Formlinge abwechselnd von oben und unten so durchströmt, daß die gesamte Oberfläche der Formlinge – auch die in den Löchern – an der Trocknung beteiligt wird. Dies bewirkt, daß die Trockengeschwindigkeit und damit auch die Trockenschwindigkeit gleichmäßig über den gesamten Ziegelquerschnitt verläuft. Die Antrocknungsgeschwindigkeit wird über den Wärmeübergang α und zusätzlich mit der Ablufttemperatur geregelt. Dabei wird ein regelbarer Teilluftstrom abschnittsweise vom Hauptluftstrom abgezweigt und abwechselnd durch den Formlingsbesatz gezogen oder gedrückt, wobei Luftschleifen in Richtung des Hauptluftstroms geführt werden.

Nach 1,5 bis 3,5 Stunden verlassen die Kassetten mit den trockenen Rohlingen den Trockner und werden platzsparend unter dem Trockner zur Entladeposition zurückgefahren.

Kassettentrockner Typ V (einlagig) für Hintermauerziegel/Großblockziegel

- 1 FRVF-Ventilator
- 2 Luftstaugitter
- 3 Kassette
- 4 Kassettenrücklauf
- 5 Trockenprozessluft
- 6 Direkte Beheizung
- 7 Trocknermodul

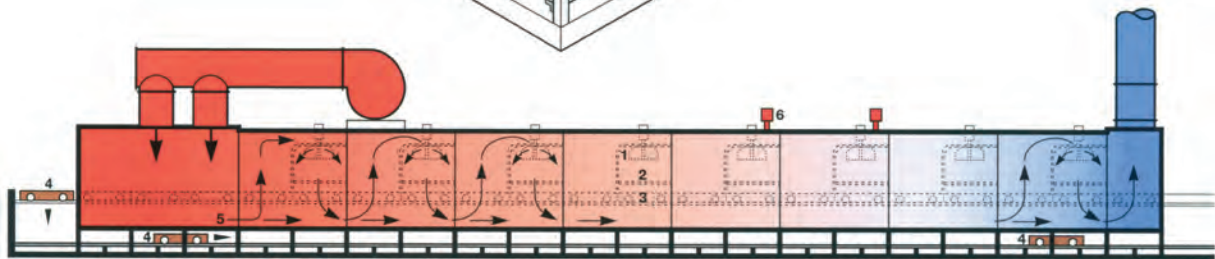
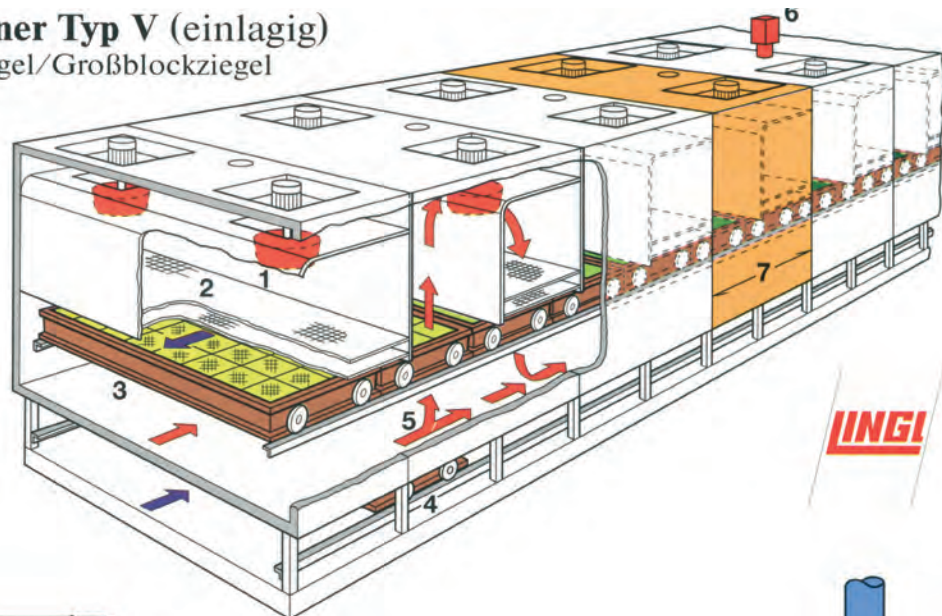


Bild 9.80. Kasettentrockner von Lingl

Der Wärmeverbrauch liegt um 950 kcal/kg Wasser, der Elektroenergiebedarf zwischen 7 und 12 kWh/t gebrannten Materials.

Neben dem Kasettentrockner Typ V mit Rollkassetten für Mauerziegel hat Lingl für das schnelle Trocknen einer größeren Produktpalette noch den Kasettentrockner Typ H mit Regalwagen entwickelt. Bei diesem werden die Formlinge auf Latten oder Paletten ein oder zwei Stoß tief in regalartige, vertikale Rahmen gesetzt und durch den Trockner gefahren. Die Durchlüftung erfolgt in gleicher Weise wie beim Typ H.

teuer sind, zum anderen an den großen Erfolgen, die bei der Weiterentwicklung der Konvektionstrocknung seit den 1950er Jahren u. a. durch Klimatrocknung, intermittierende Luftführung, konvektive Schnell-trocknung etc. erzielt wurden. So hat man durch zahlreiche Trocknungsversuche in den 1980/90er Jahren festgestellt, daß die Konvektionstrocknung völlig in der Lage ist, allen Anforderungen der Ziegel-trocknung gerecht zu werden. Trotzdem liegt es im Bereich des Möglichen, daß langfristig eine völlig neue Trocknungsmethode Fuß faßt. Auf die wichtigsten dieser Methoden, die derzeit im Gespräch sind, sei nachfolgend kurz eingegangen.

9.12. Auf der Suche nach neuen Trockenmethoden

Etwa ab 1948 begann eine Suche nach neuen Ideen auf dem Gebiet der Trockentechnik.⁹² Ziel war eine Verkürzung der Trockenzeit bei gleichzeitig rissefreiem Trocknen auch empfindlicher Materialien und Produkte. Dabei dachte man nicht allein an eine Verbesserung der seitherigen Methoden der Konvektionstrocknung, sondern suchte auch nach völlig neuen Trockenmethoden. Die seither ins Auge gefaßten Methoden waren und sind u. a.: die Dampftrocknung, die Infrarottrocknung, die Hochfrequenz-trocknung und die Mikrowellentrocknung.

Trotz ihrer grundsätzlichen Eignung für die Ziegel-trocknung konnten sich diese Methoden in der Ziegelindustrie bis heute noch nicht einführen. Dies liegt zum einen u. a. daran, daß diese Methoden noch



Bild 9.81. Kasettentrockner, Blick auf die Kassettenrückführung

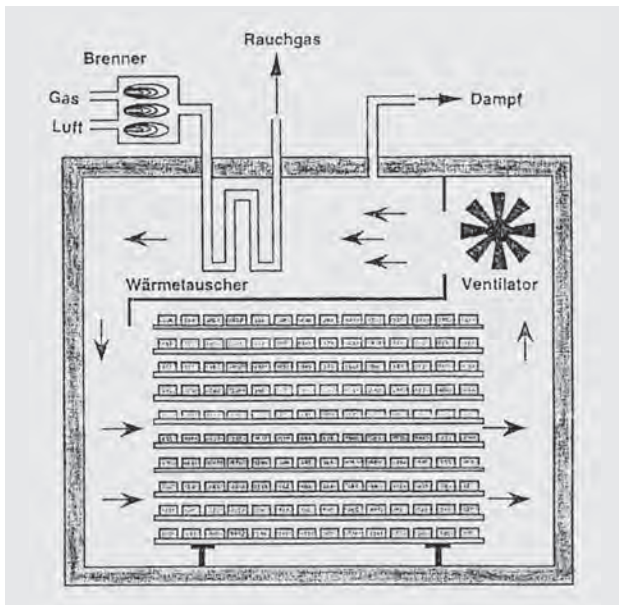


Bild 9.82. Schema der Dampftrocknung

9.12.1. Dampftrocknung

Die Dampftrocknung kann als eine extreme Form der Konvektionstrocknung betrachtet werden, bei der die Luft durch Dampf ersetzt wird. Sie wird daher auch als „luftlose Trocknung“ bezeichnet. Über erste Versuche einer Kerntrocknungsmethode mit Heißdampf, im Gegensatz zu der Oberflächentrocknung mit Luft, berichtet Schoch 1950.⁹³ Danach wurde das Verfahren anscheinend nicht weiterverfolgt.

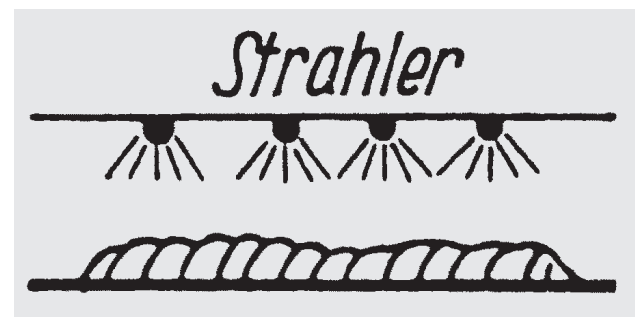
In den 1970er Jahren befaßte sich das Institut für Bau- und Grobkeramik in Weimar mit der Dampftrocknung. Dazu wurden auch Versuche mit DDR-Rohstoff in einem polnischen Schnelltrockner Typ SG durchgeführt, dessen Prototyp 1976 in einer polnischen Ziegelei in Betrieb genommen wurde. Dieser Trockner schien durch seine gute Isolierung und die leichte Steuerbarkeit der Trockenluft-Feuchtigkeit bis zum überhitzten Dampf gut für diese Art Versuche geeignet. Lufteinbrüche und unkontrollierte Dampfaustritte ließen aber keinen reinen Dampf erreichen, und die Vorteile der Verdampfungstrocknung konnten nur ansatzweise nachgewiesen werden.

Im März 1992 beschreiben T.J. Stubbing (Heat-Win Ltd.) und R.W. Ford (Ceram Research) erneut ein Dampftrocknungsverfahren, das zu diesem Zeitpunkt in 16 Ländern zum Patent angemeldet war und im Bild 9.82. schematisch dargestellt ist.⁹⁴ Danach läuft der Trocknungsprozeß wie folgt ab: Die preßfeuchten Formlinge kommen in eine gut isolierte Trockenkammer, in der ein Ventilator eine interne Luftbewegung bewirkt. Die Luft wird dabei indirekt über einen Wärmetauscher mittels Gasbrenner erwärmt. Durch diese Energiezufuhr werden die Formlinge erwärmt, und die Feuchtigkeit verdampft. Zunächst treten aus der Kammer noch Luft und Wasser aus. Je mehr Feuchtigkeit verdampft, um so mehr entweicht die Luft aus der Kammer und zwar so lange, bis die gesamte Atmosphäre im Trockner ausschließ-

lich aus Wasserdampf und dem Trockengut besteht. Wenn diese Phase der reinen Dampftrocknung erreicht ist, haben die Formlinge eine Temperatur von 100°C, und Dampf mit einer Temperatur von 100°C tritt durch die Austrittsöffnung der Kammer aus. Die Trockengeschwindigkeit wird nun durch die Kapazität des Brenners gesteuert. Wenn die Brennerleistung konstant ist, trägt nun die gesamte auf den Ziegel übertragene Wärme zur Verdampfung bei, bis alle Feuchtigkeit aus den Formlingen entfernt und der Trockenvorgang beendet ist.

9.12.2. Infrarot-Trocknung

Ein sehr „modernes“ Thema bildete um 1950 auch die Infrarottrocknung, die zu diesem Zeitpunkt schon in der Lackindustrie, der Emailleindustrie, sowie zum Trocknen von Papier, Textilien und Nahrungsmitteln angewandt wurde, da sie sich besonders für dünne Schichten sehr gut eignete (Bild 9.83.). Es handelt



9.83. Infrarottrocknung: Beheizung durch Strahlung

sich um eine reine Strahlungstrocknung, bei der keine Luft zum Transport der Wärmeenergie erforderlich ist, lediglich zum Abtransport des entstehenden Wasserdampfes. Die von Hell- oder Dunkelstrahlern in Form elektromagnetischer Wellen ausgesandte Wärmestrahlung dringt – abhängig von der Wellenlänge der Strahlung – bis zu einer gewissen Tiefe in die Oberfläche des Trockenguts ein. Sie bewirkt eine rasche Bewegung der Moleküle, so daß eine Erwärmung zustande kommt. Allerdings besteht wegen der relativ geringen Tiefenwirkung besonders bei dickerwandigen Produkten die Gefahr einer Krustenbildung und ungleichen Trocknung. Eine Kernerwärmung, wie sie zur Abkürzung der Trockenzeiten in der Grobkeramik erwünscht ist, wird mit der Infrarottrocknung also nicht erreicht, sondern es handelt sich um eine reine Oberflächentrocknung. Die Feinkeramik arbeitet seit ca.1965 mit der Infrarottrocknung, in der Grobkeramik wird sie zum Teil zur Trocknung naß aufgetragener Engoben und Glasuren eingesetzt.

9.12.3. Hochfrequenz-trocknung

In den 1950er Jahren war die Hochfrequenz-trocknung eine völlig neue Art der Wärmezuführung an

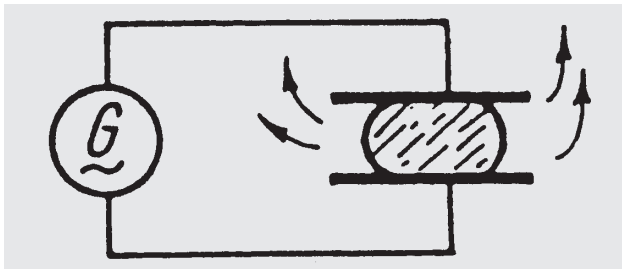


Bild 9.84. Hochfrequenz Trocknung: Wärmeerzeugung im Gut

das Trockengut (Bild 9.84.). Im Gegensatz zur Infrarottrocknung stellt sie eine echte Kerntrocknung dar, da die zum Verdampfen des Wassers erforderliche Wärme durch ein elektrisches Wechselfeld im Innern des Rohlings erzeugt wird. Der Rohling befindet sich dabei zwischen den Platten eines Kondensators. 1952 wurden von einem Dachziegel- und Klinkerwerk gemeinsam mit dem einschlägigen Hersteller einige Vorversuche durchgeführt. Dabei ergab sich, daß bei zu großer Senderleistung ein erhöhter Trockeneffekt und eine Gefügelockerung des Materials bis zum direkten Platzen der nassen Formlinge eintreten konnte. Bei richtiger Einstellung zeichnet sich die Hochfrequenz Trocknung durch einen schnellen, gleichmäßigen Trocknungsverlauf aus. Hochfrequenz Trockner konnten bisher aber wegen der hohen Anlagekosten und des geringen Wirkungsgrades des Senders nur für sehr hochwertige Produkte eingesetzt werden, z. B. in der Technischen Keramik zur Trocknung von Großisolatoren.

Ende 1995 wurde in einem Klinkerwerk in der Nähe von Ibbenbüren-Laggenbeck ein Versuchsschnell-trockner getestet, der nur mit reiner Hochfrequenz-Strahlentechnik trocknet. Bei einem Hochfrequenz-Schnell-trockner wird – anders als bei konventionellen Kammer- oder Tunnelschnell-trocknern – nur das Trockengut erwärmt. Der Trockerraum, die Trocknerwände und die Formlingsträger werden nicht mehr erhitzt und es entstehen auch keine Wärmeverluste durch Rohrleitungen. Beim Versuch konnten Vollziegel im Format 21,5 x 10,5 x 4,8 cm in nur 35 Minuten bis zur Setzfähigkeit getrocknet werden, gegenüber zwei bis drei Tagen im konventionellen Trockner. Als wichtigste, die Trockenzeit begrenzende Faktoren bei der Hochfrequenz Trocknung hat man das Format, den Einstrahlwinkel der Hochfrequenz auf den Trockenkörper und die Trockenempfindlichkeit des Materials ermittelt.

9.12.4. Mikrowellentrocknung

Mikrowellen sind elektromagnetische Schwingungen mit Wellenlängen zwischen 1 mm und 1 m und dementsprechenden Frequenzen zwischen 300 MHz und 300 GHz. Die Entwicklung des Radars im Zweiten Weltkrieg war die erste bekannt gewordene technische Anwendung von Mikrowellen. Zum keramischen Trocknen wurden sie erstmals 1968 in Frankreich für Porzellanflachgeschirr angewendet. Die Mikrowellen-

trocknung wirkt direkt im Gut und bedarf keiner Luft zum Wärmetransport, dagegen wird Luft zum Abtransport des entstehenden Wasserdampfes benötigt. Bei der Mikrowellentrocknung wird vorzugsweise mit der Frequenz 2,45 GHz bei einer Wellenlänge von 122,4 mm gearbeitet, da diese die maximale Absorption zeigt. Das Trockengut erwärmt sich homogen und unabhängig von seiner Wärmeleitung im gesamten Volumen. Durch den höheren Dampfdruck im Gutinneren wird ein zu schnelles Abtrocknen der Körperoberfläche vermieden. Bei gleichzeitiger Verringerung der Ausschußquote rechnet man bei der Mikowellentrocknung nur mit ca. 10% der konventionellen Trockenzeit. Im Bereich der Ziegel Trocknung berichten Märkert und Diedel von einem 1990/1991 durchgeführten 18monatigen Versuchsprogramm zur Mikrowellentrocknung von Dachziegeln. Dieses vom Land Rheinland-Pfalz geförderte Forschungsvorhaben stand unter der Leitung des Forschungsinstituts für anorganische Werkstoffe in Höhr-Grenzhausen und wurde zusammen mit dem Hersteller des Mikrowellentrockners Dynavac GmbH, Diez/Lahn, und der Firma F.v.Müller, Dachziegelwerke in Eisenberg/Pfalz, durchgeführt.⁹⁵ Der Versuchstrockner hatte eine elektrische Anschlußleistung von 44 kW, eine Arbeitsfrequenz von 2450 MHz und war mit 24 einzeln regelbaren Magnetrons ausgerüstet, die mit Spezialkühlmittel im geschlossenen System gekühlt wurden. Festgestellt wurde, daß bei der Ziegel Trocknung mittels Mikrowelle neben der Arbeitsmasse auch die Art der Herstellung, die Geometrie der Ziegel und der Werkstoff der Formlingsträger von Bedeutung sind, so daß jeweils eine individuelle Anpassung der Trocknung notwendig ist. Flächenziegel auf Holz- und Edelstahlrahmen wurden, gegenüber der konventionellen Trocknungszeit von 24 Stunden, bei angepaßter Luftführung in 70 Minuten rißfrei getrocknet. Bisher waren es, neben anwendungstechnischen Problemen, die hohen Kosten für die Mikrowellenkomponenten, eine geringe Lebensdauer der Magnetrons und Regelungsprobleme, welche einen Einsatz in Grobkeramik verhinderten. Zwischenzeitlich sind die Sender durch Weiterentwicklung und Großserienfertigung für andere Bereiche, z. B. der Nahrungsmittelindustrie, preisgünstig verfügbar. Seit Ende der 1980er Jahre werden Mikrowellentrockner in der Geschirr-, Sanitär- und Technischen Keramik eingesetzt. Ob es in absehbarer Zeit zu einer breiten Anwendung in der Ziegelindustrie kommt, ist derzeit noch offen.

Ausblick Diese neuen Trocknungsmethoden sieht man teils noch sehr kritisch, wobei als Gründe angeführt werden: komplizierte Technik, zu hohe Energie- und Investitionskosten, mangelnde Gewährleistung für die Haltbarkeit der Geräte; bei Mikrowellen und Hochfrequenz Trocknung kommt hinzu, daß bei den Formlingsträgern von herkömmlichen Stahlauf-lagen auf andere Werkstoffe gewechselt werden muß. Grundsätzlich kann aber mittel- bis langfristig ein Durchbruch der einen oder anderen neuen Trocknungsmethode nicht ausgeschlossen werden.

10. Brand – im Feuer entsteht der Werkstoff Ziegel

„Das Brennen ist die Krone des Ziegeln“ heißt ein alter Zieglerspruch, denn unter dem Einfluß des Feuers, bei Temperaturen etwa zwischen 750 und 1250 °C je nach Rohstoff- und Produktart, wird die Substanz des Formlings unter Wahrung seiner Form und seiner Maßverhältnisse so umgewandelt, daß ein neuer Werkstoff, der Ziegel, entsteht.



Bild 10.1. Frauenstatuette aus gebranntem Ton, um 25 000 v. Chr., gefunden bei ab 1925 durchgeführten Ausgrabungen nahe dem Dorf Dolni Vestonice in Südmähren, in einem über längere Perioden benutzten Lager altsteinzeitlicher Jäger

In seinen Besitz gelangte er zunächst nur, wenn es irgendwie auf natürliche Weise entstanden war, bis er später Techniken entwickelte, es selbst zu entfachen. Mit dem Feuer begann auch das erste „technische“ Zeitalter der Menschheit, und es begann mit der Keramik, die sicher eine Zufallsentdeckung war. Sei es, daß man die Veränderung des tonigen Bodens unter der Feuerstelle bemerkte, sei es, daß spielerisch zwischen den Fingern geformter Ton ins Feuer fiel und härtete, sei es auf eine andere Art und Weise. Die ersten bekannten Figuren aus gebrann-

tem Ton stammen aus der Zeit um 23 000 v. Chr. (Bild 10.1.). Das gezielte Brennen von Gefäßkeramik, etwa ab 9000 v. Chr., war die erste technische Anwendung des Feuers, das bis dahin nur als Lichtquelle, Wärmespender, Schutz vor wilden Tieren und zum Braten der Jagdbeute benutzt worden war. Die Tongefäße ermöglichten nun auch eine neue Form der Nahrungszubereitung: Erhitzen in Wasser – das Kochen. Das Wissen um die Wirkung des Brandes, daß nämlich Ton im Feuer hart und wasserunlöslich wird, war also schon vorhanden, lange bevor der Mensch etwa ab 8000 v. Chr. ungebrannte Lehmziegel herstellte. So konnte es kein Zufall sein, daß er auf dieses Wissen zurückgriff, als bestimmte an das Baumaterial gestellte Anforderungen durch den ungebrannten Lehmziegel nicht mehr erfüllt werden konnten und ab etwa 4000 v. Chr., ganz genau weiß man es noch nicht, gebrannte Ziegel hergestellt wurden. Entwicklungsdaten zur Brenntechnik enthält Tabelle 23.

Die Frage nach den Anfängen des Ziegelbrandes wird oft so beantwortet, daß wahrscheinlich der Zufall ursächlich gewesen sei, daß z. B. durch Blitzeinschlag oder Brandschatzung irgendwann einmal die Lehmhütten in Flammen aufgingen und man gewahr wurde, daß die luftgetrockneten Lehmziegel eine bis dahin unbekannte Härtung und Färbung erfuhren. Dies kam sicher immer wieder vor. In Mesopotamien entstand dafür in der neolithischen Zeit (7000 – 5600 v. Chr.) sogar ein eigenes Wort: *alg/hur* „zufällig gebrannter Ziegel“.¹⁵ Trotzdem war der bewußt hergestellte Brandziegel keine Zufallsfindung. Denn das Feuer hatte der Mensch bereits um 500 000 v. Chr. zum Gebrauch entdeckt.

tem Ton stammen aus der Zeit um 23 000 v. Chr. (Bild 10.1.). Das gezielte Brennen von Gefäßkeramik, etwa ab 9000 v. Chr., war die erste technische Anwendung des Feuers, das bis dahin nur als Lichtquelle, Wärmespender, Schutz vor wilden Tieren und zum Braten der Jagdbeute benutzt worden war. Die Tongefäße ermöglichten nun auch eine neue Form der Nahrungszubereitung: Erhitzen in Wasser – das Kochen. Das Wissen um die Wirkung des Brandes, daß nämlich Ton im Feuer hart und wasserunlöslich wird, war also schon vorhanden, lange bevor der Mensch etwa ab 8000 v. Chr. ungebrannte Lehmziegel herstellte. So konnte es kein Zufall sein, daß er auf dieses Wissen zurückgriff, als bestimmte an das Baumaterial gestellte Anforderungen durch den ungebrannten Lehmziegel nicht mehr erfüllt werden konnten und ab etwa 4000 v. Chr., ganz genau weiß man es noch nicht, gebrannte Ziegel hergestellt wurden. Entwicklungsdaten zur Brenntechnik enthält Tabelle 23.

10.1. Physikalische und chemische Reaktionen beim Brand

Während des Brandes laufen verschiedene physikalische und chemische Reaktionen ab, welche die bisher noch in Wasser auflösbare Tonmasse in den unlösbaren Scherben überführen und gleichzeitig die bekannt guten bauphysikalischen Eigenschaften des Ziegels ausbilden.

Brennen besteht immer aus einem planmäßigen Schmauchen (entfällt bei modernen Anlagen), Anwärmen (Vorwärmen), Aufheizen (Vorfeuer, Vorglut, Halbfeuer), Garbrennen (Hochfeuer, Vollfeuer, Gutbrand, Scharfbrand) und Kühlen (beginnend mit Nachglut, Nachbrand), wobei es zu typischen chemischen und physikalischen Reaktionen kommt. Eine scharfe Abgrenzung dieser Bereiche ist aber nicht möglich, da es stets grenzüberschreitende Vorgänge gibt (Bild 10.2.). Die Brennzyklen verschiedener Ofenarten sind in Tabelle 24 zusammengefaßt.

Aufgrund der Verschiedenartigkeit der Tonminerale und Beimengungen, die in den unterschiedlichsten Mischungen vorkommen, ist der Ablauf dieser Reaktionen – über die der Ziegler früher nur sehr wenig wußte – äußerst vielschichtig und kompliziert, so daß hier nur die wichtigsten kurz dargestellt werden.

Allgemeine Auswirkungen dieser Reaktionen sind die Volumen- und Gewichtsänderung des Formlings. Während der Aufheizung bis zu 600 °C dehnt sich die Masse aus, bis etwa 900 °C bleibt sie konstant, darüber hinaus beginnt sie zu schwinden (Bild 10.3.).

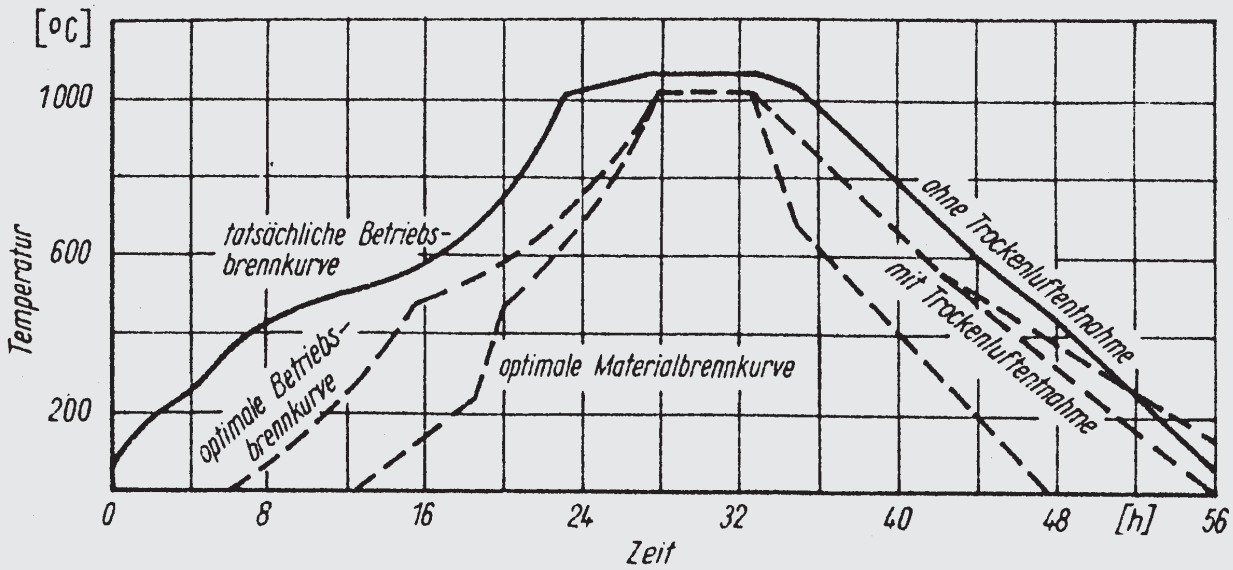
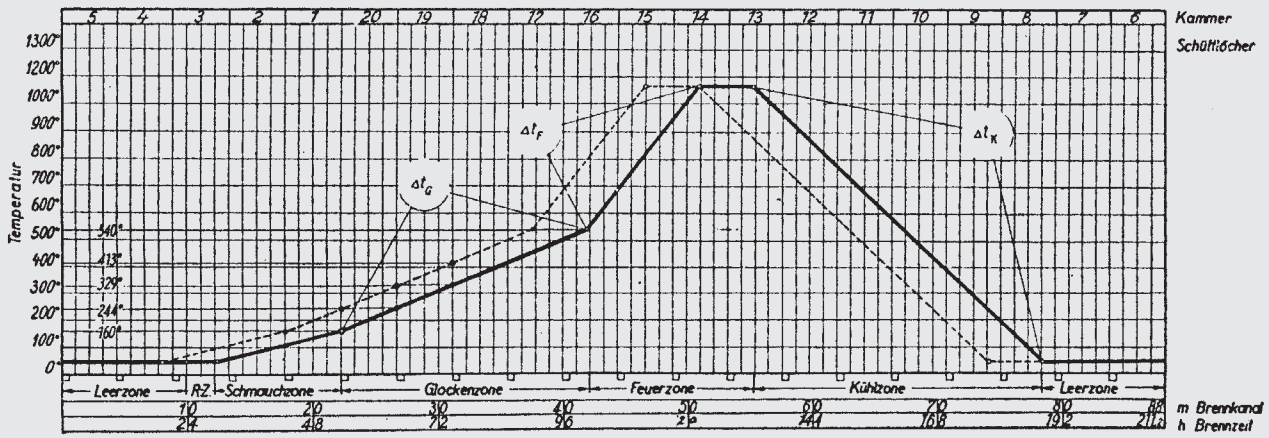


Bild 10.2. Brennkurven. Unten: Gegenüberstellung von optimaler und Betriebsbrennkurve. Die optimale Brennkurve ist der labormäßig ermittelte kürzeste Temperaturverlauf, mit der ein aus einer bestimmten Arbeitsmasse hergestellter baukeramischer Rohling qualitativ einwandfrei gebrannt werden kann. Sie dient als Grundlage für die Entwicklung des Ofenbetriebsdiagramms. Oben: Entwurfs- und Betriebsbrennkurve eines Ringofens

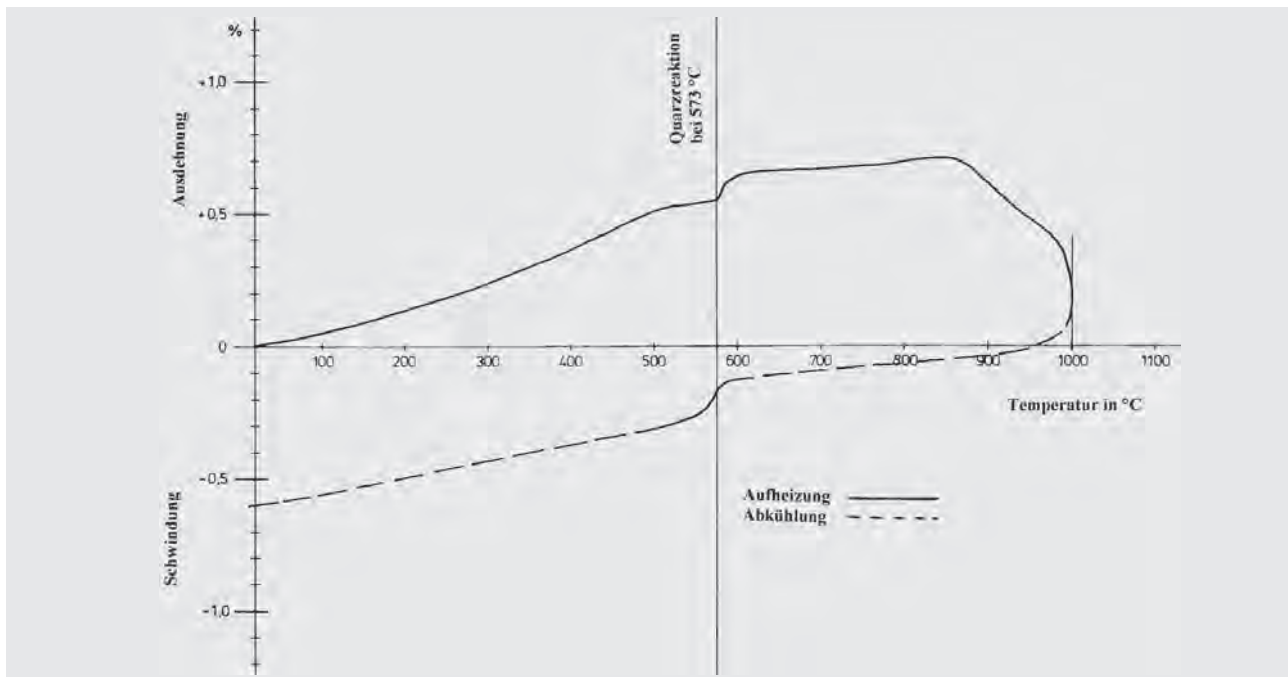


Bild 10.3. Dehnungs-/Schwindungskurve eines Lehms beim Aufheizen und Abkühlen

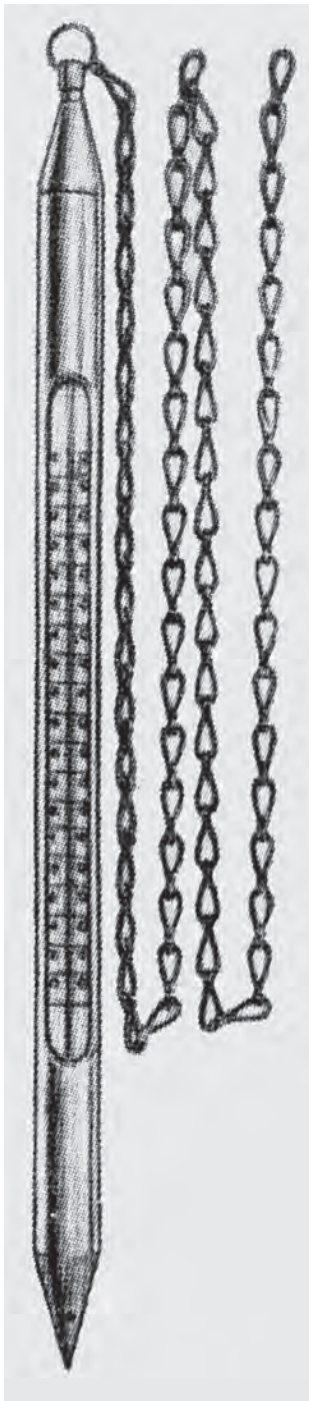


Bild 10.4. Schmauchthermometer mit Kette zum Herablassen in die Ofenkammer. Zur Ausrüstung gehörte noch ein Paar Asbesthandschuhe, um zum Herausziehen des Thermometers die heiße Kette anfassen zu können.

Durch die Abgabe des chemisch gebundenen Wassers, die Kalkzersetzung und den Ausbrand brennbarer Bestandteile ergibt sich ein Brenngewichtsverlust, der sog. Glühverlust. Die beiden grundsätzlichen Veränderungen, welche alle tonigen Rohstoffe beim Brand erfahren, sind die Abspaltung des in den Tonmineralen chemisch gebundenen Wassers, wodurch die Plastizität des Tons aufgehoben wird, und die Sinterung als Folge beginnender Schmelzprozesse, wodurch der grobkeramische Scherben gebildet wird.

10.1.1. Schmauchen

Mit dem Schmauchen, das im Ringofen unabhängig vom übrigen Brennbetrieb erfolgte, begann die eigentliche Wärmebehandlung (Bild 10.4.). Es hatte den Zweck, das in den Rohlingen noch enthaltene Porenwasser auszutreiben, um beim Anwärmen ein Zerplatzen durch Dampfspannungen zu vermeiden. Erforderlich war das Schmauchen nur bei Formlingen, die z.B. aus Freilufttrocknern kamen, in denen keine vollständige Trocknung möglich ist und die deshalb noch Feuchten von 3–10% aufweisen konnten. Bei einem nicht geschmauchten Einsatz mit zu hohem Anmach-

wassergehalt kann die Rauchgastemperatur beim ersten Kontakt mit dem frischen (nassen) Einsatz unter den Taupunkt (etwa zwischen 120 und 180 °C) sinken, und es kann zu Niederschlägen von Rauchgasbestandteilen, insbesondere Schwefelsäure, auf den kalten Rohlingen kommen. Enthalten diese Kalk, so bildet das Schwefelsäurekondensat mit den Kalkanteilen der Oberflächenschicht Calciumsulfat (Gips),

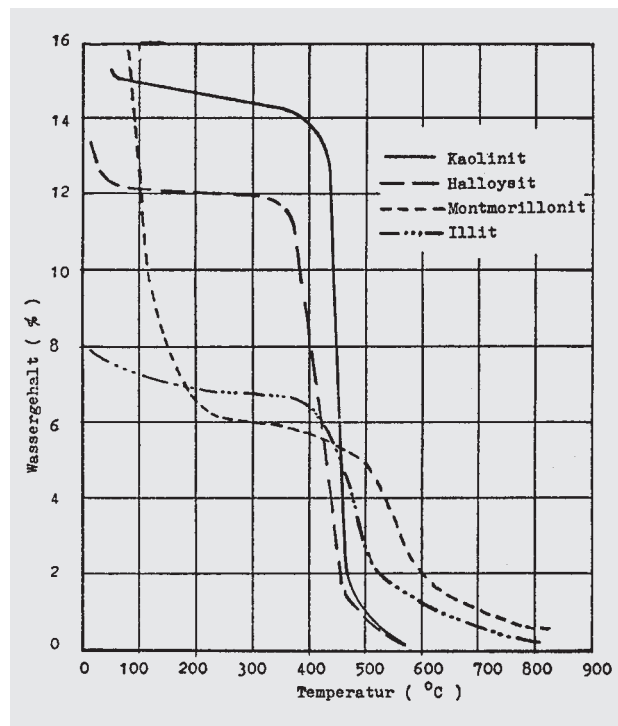


Bild 10.5. Abgabe des chemisch gebundenen Wassers verschiedener Tonminerale

dessen Rückstände bleibende weißliche Verfärbungen, sog. Verschmauchungen, der Ziegeloberfläche hervorrufen. Neben den Verschmauchungen können auch Oberflächenrisse (Kondensationsrisse) auftreten.

10.1.2. Anwärmen

Im Anwärmbereich, der bis etwa 400 °C reicht, wird zunächst zwischen 100 und 120 °C die noch im Formling enthaltene Restfeuchte ausgetrieben. Erfolgt diese Austreibung zu schnell, kann es wegen des im Innern des Scherbens entstehenden Dampfdrucks im Extremfall zu Abplatzungen kommen. Zwischen 150 bis etwa 230 °C wird bei montmorillonithaltigen Rohstoffen das chemisch gebundene Wasser abgespalten (Bild 10.5.). Zwischen 200 und 450 °C kommt es auch zu Abschwelungen der in den Tonen natürlich enthaltenen organischen Substanzen, z.B. Pflanzen- und Wurzelresten, vor allem aber bei Leichtziegeln durch die zugesetzten Porosierungsstoffe, z.B. Sägemehl und geschäumtes Polystyrol (Handelsname Styropor). Die dadurch entstehende Emission schwelgasbeladener Abgase kann geruchsbelästigend und gesundheitsschädlich sein, weshalb vom Gesetzgeber durch die TA Luft seit 1972 sehr niedrige Grenzwerte für ihr Vorkommen im Rauchgas festgelegt sind. Die Entwicklung von Verfahren zur Schwelgasbeseitigung beginnt bereits 1959. Seither wurden zahlreiche Verfahren zur thermischen Nachverbrennung der Schwelgase entwickelt (Bild 10.6.). Einen Überblick der geschichtlichen Entwicklung der Verfahren zur Schwelgasbeseitigung gibt K. Junge.²²⁵

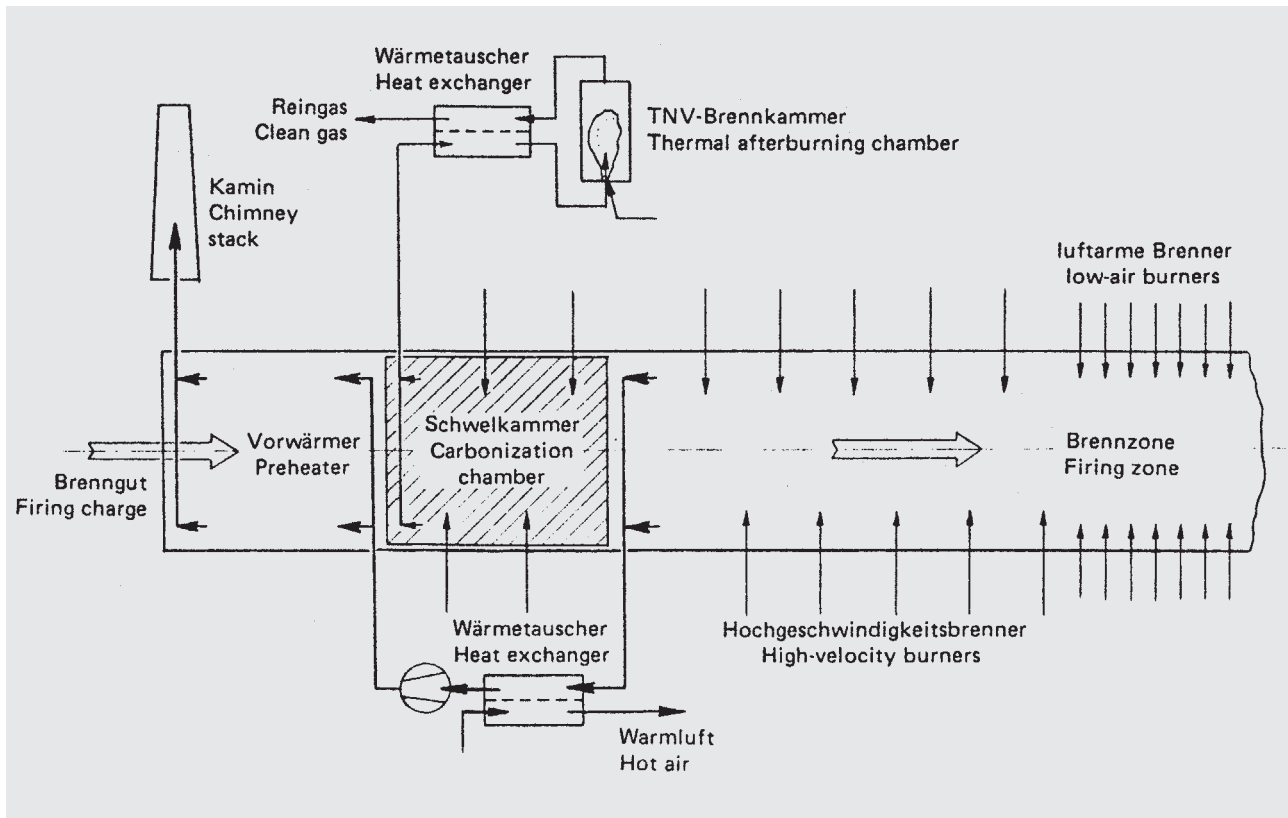
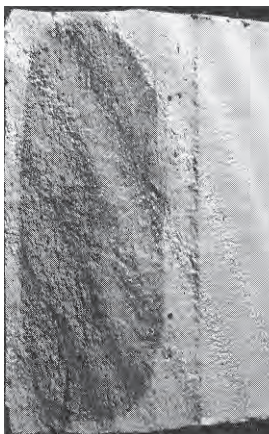


Bild 10.6. Thermische Nachverbrennung der aus einer ausgegrenzten Schwelkammer abgesaugten, mit Schwelgasen angereicherten Abgase in einer externen Brennkammer, 1987

10.1.3. Aufheizen

In der Aufheizzone, d.h. im Temperaturbereich von etwa 300 bis 850 °C, kann es zur Bildung von schwarzen Reduktionskernen kommen, wenn organische Substanzen enthalten sind, die nicht vollständig ausgebrannt werden (Bild 10.7.). Zwischen 450 bis 650 °C erfolgt die Abspaltung des chemisch gebundenen Wassers aus den kaolinitischen und illitischen Anteilen.



Eine dominierende Reaktion der meisten Rohstoffe ist der sog. Quarzsprung bei 575 °C. Quarz ist die häufigste und meist auch größte Beimengung der Ziegelrohstoffe. Das Mineral Quarz, das gewöhnlich in der β -Modifikation kristallisiert ist, geht bei 575 °C plötzlich in die α -Modifikation über und erfährt dabei eine beträchtliche Volumenvergrößerung.

Fast über den ganzen Bereich erfolgt die Zersetzung des Pyrits und Markasits, die meist mit einer Neubildung von Sulfaten verbunden ist (Bild 10.8.). Stückiger, körniger Pyrit, der nicht ausreichend oxidiert wird, führt zu Pyritabplatzungen am Ziegel, erkennbar an einem meist dunklen, rotbraunen Sprengkern, was besonders bei engobierten Dachziegeln unangenehm auffällt.

Kalkanteile gehören auch zu den häufigen Beimengungen des Rohstoffs. Die wichtigste Veränderung, welche die Kalkanteile erfahren, ist die Zersetzung des Kalks in Karbonat (CaO , fest) unter Abspaltung von Kohlensäure (CO_2 , gasförmig) zwischen 700 und 900 °C.

10.1.4. Garbrennen

Beim Garbrand, der je nach Rohstoffart und -zusammensetzung bei etwa 850 °C bis etwa 1250 °C stattfindet – beim gewöhnlichen Ziegel in der Regel nicht über 1000 °C –, erfolgen Sinterung, Farbbildung, Entstehung neuer Minerale und die keramische Ein-



Bild 10.7. Oben: Reduktionskern im Außensteg eines Hochlochziegels, unten: Dachziegel mit durchgehendem Reduktionskern

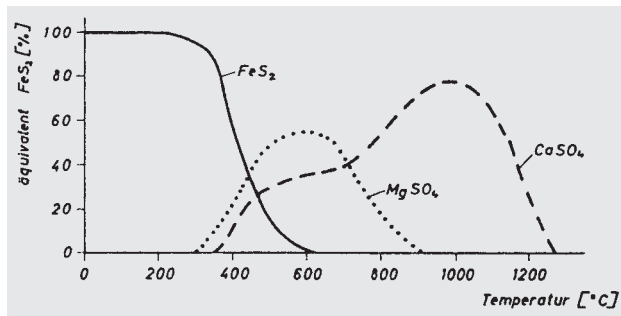


Bild 10.8. Zeitlicher Verlauf des Abbaus von Pyrit, der bei ca. 300 °C beginnt und bei genügender Sauerstoffzufuhr bei etwa 600 °C abgeschlossen sein kann. Je nach dem Anteil von Calcium- und Magnesiumverbindungen beginnt auch bereits die Bildung von Sulfaten. Wird der Pyrit im Brand nicht vollständig zersetzt, bilden sich leichtlösliche Salze mit hoher Ausblühneigung. Bei stückigem, körnigen Pyrit kann es zu Abplatzungen kommen, die meist einen dunkel rostbraunen Sprengkern aufweisen.

bindung von stückigen Kalkbestandteilen und ausblühfähigen Bestandteilen.

Die Sinterung beruht darauf, daß durch beginnende Teilschmelzen Glasanteile gebildet werden, die einen festen Verbund der Scherbenbestandteile herbeiführen. Bei den Ziegeltonen sind es jedoch nicht die Tonminerale selbst, deren Schmelzpunkt erreicht wird, sondern bestimmte Beimengungen, die sog. Flußmittel, die überwiegend die Glasphase des Scherbens bilden. Flußmittel sind leichter schmelzbare Stoffanteile, die aus den Oxyden des Natriums Na_2O , des Kaliums K_2O , des Kalziums CaO , des Magnesiums MgO , des Eisens FeO und Fe_2O_3 , des Mangans MnO u. a. bestehen.

Bei der Tonsubstanz und beim Quarz tritt ein Erweichen oder Schmelzen bei Ziegelbrenntemperaturen nur in sehr geringem Umfang auf. Sie bilden daher das feste Gerüst, das seine Form beim Brennen beibehalten soll. Nur bei sehr stark sinternden Erzeugnissen (Klinker) werden auch die Tonminerale selbst in geringen Anteilen in den Schmelzfluß einbezogen.

Die Teilschmelze ist in der Regel mit einer Schwindung verbunden, die sich in einer Verkleinerung des Porengefüges und einer Zunahme der Verdichtung bemerkbar macht. Die Porosität wird in der Keramik durch die Wasseraufnahme des Scherbens kontrolliert; die Änderung der Wasseraufnahme ist auch ein Maßstab für den Verlauf der Sinterung.

Die Farbe, typisches Qualitätsmerkmal des Ziegels, wird grundsätzlich zunächst von der Rohmaterialzusammensetzung bestimmt, aber der Brand wirkt sich ganz wesentlich auf die Farbtiefe und -reinheit aus.

Die auf Grund ihrer Eisenanteile rot brennenden Ziegel erfahren bei oxydierendem Brand ab etwa 1000 °C eine Farbvertiefung von einem helleren Rot in ein dunkleres Rot, da der rote Eisenanteil Fe_2O_3 in das schwarze Fe_3O_4 übergeht. In reduzierender

Brennatmosphäre entsteht eine graublau-scherbenfarbene. Auch bei hochkalkhaltigen, gelbbrennenden Ziegeln hat die Brenntemperatur Einfluß auf die Farbe, die bei steigender Temperatur zunehmend nach Gelb übergeht, d. h. heller wird.

10.1.5. Kühlen

Im Kühlbereich, der von Garbrandtemperatur bis unter 100 °C reicht, ist als wichtigste Reaktion der Quarzprung zu nennen. Die sprunghafte Volumenausdehnung des Quarzes beim Aufheizen hat beim Kühlen ein negatives Gegenstück, nämlich die bei ca. 575 °C mit einer Volumenverkleinerung verbundene Alpha-Beta-Quarzumwandlung. In diesem Bereich muß daher auch sehr langsam und vorsichtig gekühlt werden, um Kühlrisse zu vermeiden. Um die nach dem Brennen sehr hohe zulässige Kühlgeschwindigkeit bis zum Quarzprung auszunutzen und die Länge der Kühlzone zu verkürzen, entwickelte man für den Tunnelofen in den 1960er Jahren eine Schnellkühlung, die sog. Sturzkühlung, wobei man zwischen Luftsturzkühlung und Wassersturzkühlung unterscheidet. Bei der Luftsturzkühlung wird Luft eingeblasen, um das Brenngut bis dicht oberhalb des Quarzsprungs sehr schnell abzukühlen. Bei der Wassersturzkühlung wird eine kleine Wassermenge eingeblasen, wobei die große spezifische Wärme des entstehenden Wasserdampfes eine rasche Kühlung bewirkt.

Den ersten Tunnelofen mit Luftsturzkühlung baute Lingl 1963 in Frankreich, mit Wassersturzkühlung 1969 in den USA.

Die Summe der Reaktionen beim Brand bewirkt die Bildung des Scherbens. Der keramische Brand führt aber nie zu einem stabilen Endzustand, sondern er wird auf dem Weg zur Schmelze an einem

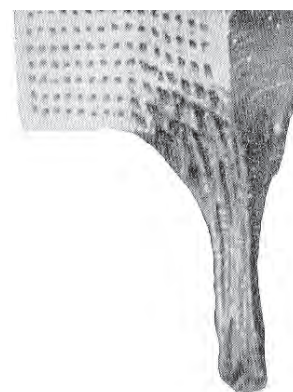


Bild 10.9. Schmolzbildung an einem Wabenziegel

bestimmten Punkt verzögert und abgebrochen. Wird der Brand zu früh beendet, entstehen Schwachbrandziegel, wird er zu spät abgebrochen, entstehen Schmolzziegel (Bild 10.9.).

Ein ironischer Ziegler-spruch lautet daher: „Schwachbrand und Schmolz* sind dem Brenner sein Stolz“.

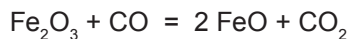
*In der Zieglersprache auch Brennerkot oder Brennerkötel

10.1.6. Besondere Brenntechniken

Im Laufe der Zeit entwickelten sich auch besondere Brenntechniken, von denen hier das Reduzieren, das Dämpfen, das Flammen und das Salzglasieren erwähnt werden sollen.

10.1.6.1. Reduzieren

Reduzierendes Brennen ist eine alte Brenntechnik zur Erzielung dunkler Brennfärbungen. Dabei wird die Verbrennungsluftzufuhr so gesteuert, daß in der Brennatmosphäre weniger Sauerstoff vorhanden ist, als zur vollständigen Verbrennung des Brennstoffs notwendig wäre. Dadurch erfolgt eine Umwandlung des Eisenoxids Fe_2O_3 , das an sich eine rote Brennfärbung besitzt, in eine sauerstoffärmere Verbindung des Eisens Fe durch eine Reduktion, d.h. den Entzug von Sauerstoff. Als Reduktionsmittel dient das Kohlendioxid CO . Aus einer ersten Umsetzung kann Eisenoxiduloxit mit einer braunen Brennfärbung entstehen, leichter und häufiger erfolgt die Umwandlung in schwarzes Eisenoxidul FeO nach der Gleichung:



Reduktionswirkungen lassen sich nur erzielen, wenn das Rohmaterial eine ausreichende Menge an Eisenoxid Fe_2O_3 enthält.

10.1.6.2. Dämpfen

Ein spezielles Reduktionsverfahren ist das Dämpfen, auch Blaudämpfen, Blauschmauchen, Silberdämpfen, Graudämpfen, Schwarzdämpfen und Schwarzbrand genannt, mit dem eine charakteristische blau- bis silbergraue Färbung der Scherbenoberfläche von Dachziegeln und Verblendern erreicht werden soll. Das Dämpfen erfolgt in der Weise, daß nach dem Erreichen der Garbrandtemperatur der Ofenraum abgedichtet wird und dann über einen Trichter direkt Öl, Teer oder Schmieröle, manchmal auch harziges Holz und frische Zweige in den Ofenraum aufgegeben werden.

Durch den Luftabschluß erfolgt wieder die Umwandlung des Eisenoxids in Eisenoxidul. Daneben lagert sich Graphit aus den sich zersetzenden Kohlenwasserstoffen in den Poren des Brennguts ab, so daß die gewünschten Glanzeffekte entstehen. Die glänzende Silberhaut beim sog. „Silberdämpfen“ wird erreicht durch die Wahl des Dämpfmittels – Dämpföl und harzige oder grüne Zweige (Erlenholz). Die Abkühlung muß rasch und ohne Luftzutritt erfolgen. Wenn vor dem völligen Abkühlen der Ziegel atmosphärische Luft in den Ofen dringt, so oxidiert das Eisenoxidul wieder zu Eisenoxid, der Ziegel verliert seine schwarze Farbe und wird schmutzgrau. Zum schnelleren Kühlen füllte man deshalb die als Wanne ausgebildete Ofendecke mit kaltem Wasser, das bei seiner Verdunstung dem Ofen Wärme entzieht.

10.1.6.3. Flammen

Geflammte Ziegel oder Flammziegel, englisch „flashed bricks“, sind ebenfalls reduzierte Ziegel, wobei die Reduktion jedoch örtlich begrenzt bleibt. Geflammte Ziegel mit dunkel gefärbten Stellen entstanden ursprünglich unbeabsichtigt in der Nähe der

Feuerungen der alten periodischen Öfen. Da sie wegen ihrer ästhetischen Wirkung bei den Architekten aber sehr gefragt waren, stellte man sie später durch eine gezielte Feuerführung im gesamten Ofenraum her.

Das sog. Flammen wird heute auch in gasbeheizten Tunnelöfen angewendet. Zur Erzielung der gewünschten Farbvariationen verwendet man die sog. „Flashing“-Methode, bei der eine genau festgelegte Übermenge Brennstoff an einer bestimmten Stelle im Ofen eingedüst wird, eventuell unter Herabsetzung des Ofenzugs. Diese Reduktionsatmosphäre ergibt beim Kontakt mit den Ziegeln Reduktionsflecken und somit Farbabstufungen.

10.1.6.4. Salzglasieren

Eine besondere Glasurart ist die Salzglasur, die bei entsprechend hoher Garbrandtemperatur in Kammeröfen hergestellt wurde, indem man nach Ende des Garbrandes Kochsalz in den Ofen warf. Dieses zersetzt sich bei Temperaturen oberhalb 1100°C in Natrium und Chlor. Das Natrium lagert sich an der Ziegeloberfläche ab und bildet mit dem dort vorhandenen Silizium Natrium-Silikate. Das Ergebnis sind sehr schöne, hochglänzende Glasuren, die außerdem schlag- und kratzfest sind. Salzglasieren kann man in oxidierender und reduzierender Atmosphäre. Durch mehr oder weniger starke Reduktion besteht die Möglichkeit, die Farbschattierung zwischen weiß und dunkelbraun willkürlich zu beeinflussen. Bekannt für salzglasierter Dachziegel ist Großalmerode in Hessen, wo von etwa 1660 bis 1920 zunächst Brett- oder Krempziegel, später auch Falzziegel hergestellt wurden. Die meisten der Großalmeroder Dachziegel erhielten eine Salzglasur, wobei dem Kochsalz noch Braunstein zugegeben wurde, so daß sich die für diese Dachziegel typische dunkle Färbung ergab.

10.2. Ofensystem und Ofenbetrieb

Zum Brennen von Ziegeln wurden im Laufe der Zeit unzählige Ofenbauarten entwickelt. Die meisten sind heute nur noch von historischem Interesse. Obwohl sich in der modernen Ziegelindustrie vor allem eine Ofenart – der Tunnelofen – durchgesetzt hat, ist jedoch weltweit gesehen die Zahl der sich noch im Einsatz befindlichen unterschiedlichen, auch älteren Ofensysteme immer noch relativ groß.

10.2.1. Klassifizierung der Ofensysteme

Die Ofenarten lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten klassifizieren. Nachstehend die drei wichtigsten:

Nach der Betriebsweise unterscheidet man periodisch, halbkontinuierlich und kontinuierlich betriebene Öfen. Bei den periodisch betriebenen Öfen bildet

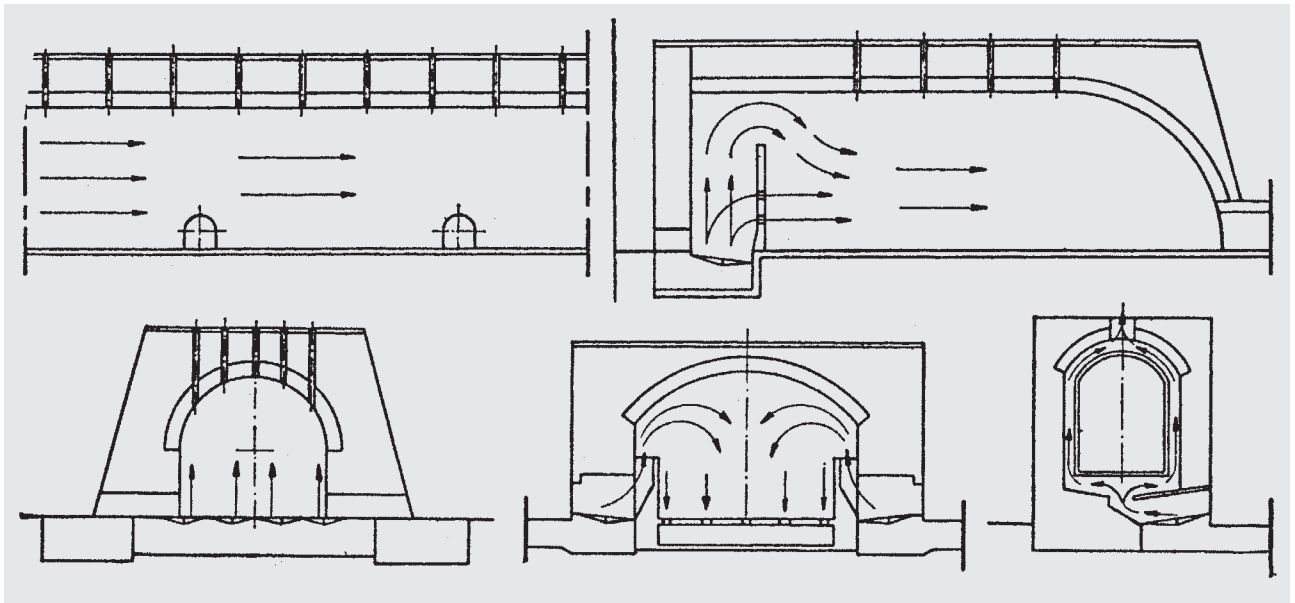


Bild 10.10. Flammenführung im Ofen. Oben: waagrecht, unten von links nach rechts: aufsteigend, überschlagend und absteigend, aufsteigend

jeder einzelne Brand, bestehend aus dem Einsetzen der Rohlinge, Verschließen der Ofenkammer, Aufheizen, Garbrand, Kühlen, Öffnen der Ofenkammer und Ausfahren der gebrannten Ware, eine vollständig abgeschlossene Arbeitsperiode, die sich beim nachfolgenden Brand in gleicher Weise wiederholt. Hierdurch ergibt sich ein sehr hoher Brennstoffbedarf. Zu dieser Ofenart gehören alle Kammeröfen wie Deutscher Ofen, Kasseler Ofen und der Kammerofen mit überschlagender Flamme.

Als halbkontinuierlich bezeichnete man die periodischen Einzelöfen, die durch Wärmeüberführung gekoppelt waren. Hierdurch wollte man die abziehenden Rauchgase eines Ofens zur Aufheizung des Brennguts des benachbarten Ofens nutzen und erreichte dadurch eine Brennstoffersparnis. Auch die Öfen, in denen das Feuer eine gewisse Wegstrecke zurücklegen kann, z.B. in den Partialringöfen, bezeichnet man als halbkontinuierliche Öfen.

Während bei den periodisch arbeitenden Öfen die einzelnen Arbeitsschritte des Brandes hintereinander am gleichen Ort ablaufen, erfolgen diese bei den kontinuierlich betriebenen Öfen gleichzeitig, aber an verschiedenen Orten. Kontinuierliche Öfen sind: Ringofen, Kammerringofen, Zick-Zack-Ofen, Kanal- und Tunnelofen sowie der Rollenofen als neueste Entwicklung.

Nach Einsatz und Feuerzone, d.h. nach der Veränderlichkeit oder Konstanz des Einsatzes und der Feuerzone unterscheidet man:

- Einsatz fest, Feuer ortsfest, Temperaturkurve veränderlich (Kammerofen),
- Einsatz fest, Feuer wandernd, Temperatur konstant (Ringofen und seine Abarten),
- Einsatz wandernd, Feuer fest, Temperaturkurve konstant (Tunnelofen, Rollenofen).

Nach der Art Flammenführung kann man die Öfen einteilen in solche mit:

- aufsteigender Flamme (Meiler, Deutscher Ofen),
- waagrecht geführter Flamme (Kasseler Ofen, Ringofen, Tunnelofen),
- überschlagender und absteigender Flamme (spezielle Kammeröfen und Kammerringöfen) (Bild 10.10.).

10.2.2. Brennstoffe

Nach der Art der Beheizung kann man zwischen holz-, torf-, kohle-, öl- und gasbeheizten Öfen unterscheiden. Bis etwa 1750 wurde fast ausschließlich Holz zum Brennen verwendet. Mit der sprunghaften Entwicklung der vorindustriellen Herstellung von veredelten Metallen, des Maschinenbaus sowie sonstiger Manufakturbetriebe im 17. und 18. Jahrhundert stieg der Bedarf an Brennholz ins Unermessliche und konnte nicht mehr gedeckt werden. Es begann das Genehmigungszeitalter für die Ziegler. Um 1700 wurden die Ziegelmeisterverträge von den Städten und Ämtern bereits mit Auflagen zu den abzuholenden Flächen und der Wiederaufforstung abgeschlossen. Man kann hier von der ersten mitteleuropäischen Energiekrise sprechen. Der Einsatz anderer Brennstoffe wurde eine absolute Notwendigkeit. Mit dem Beginn des Abbaus von Steinkohle im Saar- und Ruhrgebiet ab 1750 begann auch die Verwendung von Kohle in den Ziegeleien und damit die Weiterentwicklung der Brenntechnik. Ab 1780 wurde in vielen kleinen Gruben auch Braunkohle mit primitiven technischen Mitteln gefördert. In Form von Rohkohle oder von aus den staubfeinen Abfällen handgeformten „Torfziegeln“ wurde sie regional als Brennstoff in den Ziegeleien verwendet. 1791 wurde James Parker das Brennen der Ziegel mit Torf patentiert. Nachdem durch die sich ab etwa 1850 entwickel-

de Braunkohlenschwelerei auch wasserfreier Teer, sog. Urteer, gewonnen wurde, benutzte man auch diesen vereinzelt zur Beheizung von Ringöfen. Der kalte Teer mußte vor Gebrauch allerdings erwärmt werden, um ihn flüssig zu machen. Zum wichtigsten Brennstoff wurde aber fast 200 Jahre lang die Kohle. Ab 1960 wird die Kohle durch Heizöl – Schweröl und Leichtöl – verdrängt, das ab 1970 seinerseits durch Erdgas abgelöst wurde.

Nach der sog. Ölkrise von 1973 zwang die Entwicklung auf dem Energiesektor auch die Ziegelindustrie, sich wieder intensiv mit dem Brennstoff Kohle zu beschäftigen. Es begann die Neuentwicklung von Kohlebefeuerungssystemen, von denen um 1980 mehr als zehn verschiedene Ausführungen auf dem Markt waren. Zahlreiche Tunnelöfen wurden um diese Zeit von Öl oder Gas auf Kohle umgestellt. Auch Sägemehl- und Hobelspanfuerungen gab es. Doch war diese Entwicklung nur von kurzer Dauer. Erdgas wurde zu dem heute am häufigsten verwendeten Brennstoff. Auch Flüssiggas und Deponiegas findet vereinzelt Verwendung.

Die Umwandlung von elektrischem Strom in Wärme für das Brennen, technisch machbar und erstmals 1905 in Österreich in einem elektrisch beheizten Tunnelofen für Steingut realisiert, ist für den Ziegelbrand bis heute noch zu teuer. In tabellarischer Form findet sich die Entwicklung des Brennstoffeinsatzes nochmals in Tabelle 25.

10.2.3. Messung der Brenntemperatur

Schon früh erkannte man die Wichtigkeit der Temperaturmessung. Die im Laufe der Zeit entwickelten Methoden zur Messung der Brenntemperaturen bzw. des Brennfortschritts basieren u.a. auf den Eigenschaften: Strahlung erhitzter Körper, Schwindung, Erweichung und Thermoelektrizität.

Strahlung

Die Strahlung, d.h. die Beurteilung der Farbe des glühenden keramischen Scherbens nach Augenmaß, ist die einfachste Methode, denn das menschliche Auge vermag relativ große Differenzen in der Rotfärbung zu erkennen. Der Physiker Pouillet (1790 – 1868) hatte als einer der ersten mit Hilfe eines Luftthermometers eine Farbvergleichsskala aufgestellt, welche der Realität sehr nahe kam. Abgewandelt

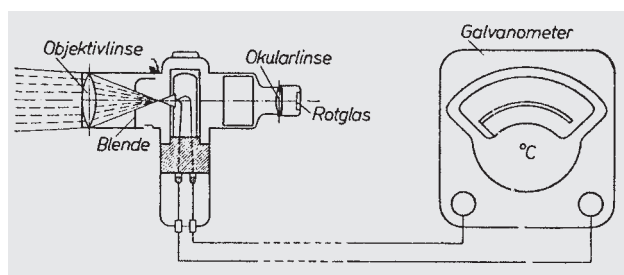


Bild 10.11. Schema des Teilstrahlungs-pyrometers

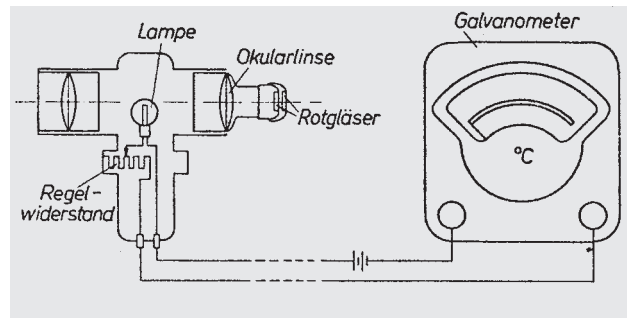


Bild 10.12. Schema des Gesamtstrahlungs-pyrometers

gilt für den Ziegelbrand etwa: im Dunkel rotglühend 500 °C, dunkelrot glühend 700 °C, dunkles Kirschrot 800 °C, Kirschrot 900 °C, helles Kirschrot 1000 °C, helles Glühen 1150 °C. Es war die Kunst des Brenners, die Temperatur möglichst genau mit dem Auge zu schätzen. Solange die Öfen im Freien standen, war

das Schätzen nach der Farbe der Glut noch ziemlich unsicher, da die äußere Beleuchtung bei der Glutfarbe eine große Rolle spielt. Bei hellem Wetter erscheint sie anders als bei trübem und bei Nacht anders als bei Tag. Auf dem unter Dach angeordneten Ringofen mit einigermaßen konstanten Lichtverhältnissen war das Auge eines geübten Brenners aber durchaus in der Lage, die Brenntemperatur auf 5-10 °C genau zu bestimmen.



Bild 10.13. Optischer Pyrometer zur Messung der Brenntemperatur durch die Schürflöcher

Zur betriebsüberwachenden Temperaturmessung werden in neuerer Zeit die sog. optischen Pyrometer verwendet, deren Vorläufer 1837 Pouillet zur Messung der Sonnenstrahlen konstruierte. Im Jahre 1890 wurde ein optisches Pyrometer beschrieben, bei dem durch einen Polarisationsapparat einzelne Wellenlängen des Lichts geschwächt wurden. Dieses Instrument war in der Königlich Preußischen Porzellanmanufaktur in Charlottenburg in Betrieb. Ab 1910 entwickeln sich die Teilstrahlungs-pyrometer

(Bild 10.11.), bei denen die Strahlung des Meßkörpers mit der bekannten Helligkeit eines Normalstrahlers verglichen wird, und die Gesamtstrahlungs-pyrometer, welche die gesamte von einem erhitzten Körper ausgehende Strahlung messen (Bilder 10.12.+10.13.).

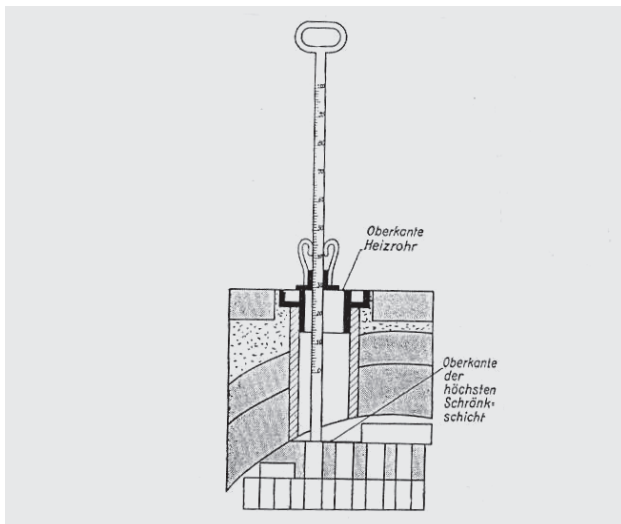


Bild 10.14. Meßstange mit Skala zur Messung der erreichten Brenntemperatur über das Maß der Brennschwindung

Schwindung

Von Anfang an bediente man sich auch der Messung der Schwindung, welche die Ziegel während des Brennens erfahren. Man benutzte dazu eine eiserne Meßstange, die oben mit einer Skaleneinteilung in Zentimetern versehen war und die man von Zeit zu Zeit durch das Schüttloch auf den Einsatz aufsetzte. Aus der Veränderung des Maßes von Oberkante Ofendecke bis zum Brenngut konnte man das Maß der Schwindung und damit den erreichten Brenngrad ablesen (Bild 10.14.).

Ein weiteres Mittel war die Ziehprobe mit in ausgesparten Gassen des Einsatzes aufgestellten Probeziegeln. Diese wurden gegen Ende des Brandes mit einem Haken herausgezogen und ihre Schwindung mit Hilfe von Blechlehren gemessen. Außerdem konnte man diese Ziehproben einer visuellen Beurteilung zur Feststellung der erreichten Brenngare unterziehen.

Erweichung

Die Erweichung der keramischen Masse zur Bestimmung des Brenngrads nutzte Hermann August Seger mit seinen Schmelzkegeln, später allgemein Segerkegel genannt, die er für den Temperaturbereich von 1150 bis 1700 °C ab 1878 als Vorsteher der „Chemisch-Technischen-Versuchsanstalt“ der Königlich Preußischen Porzellanmanufaktur Berlin entwickelte und im Jahre 1886 veröffentlichte. Für die Bedürfnisse der Ziegelindustrie entwickelten E. Cramer und Dr. Hecht 1892 auch Schmelzkegel für den Temperaturbereich von 960 bis 1130 °C.

Segerkegel sind kleine, aus Silikatmischungen hergestellte ca. 6 cm hohe Pyramiden, die eine ganz bestimmte Schmelztemperatur aufweisen, die man als Falltemperatur oder Kegelfallpunkt bezeichnet. Sie sind entsprechend nummeriert, beginnend mit 022a=600°C und endend mit 42= 2000°C. Allerdings wies Seger eindringlich darauf hin, daß die Kegel ei-

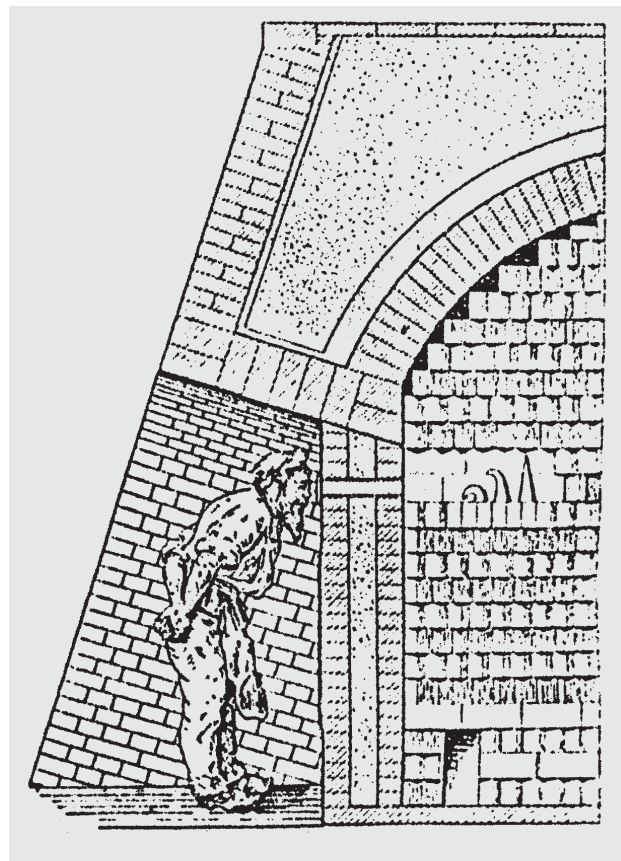


Bild 10.15. Beobachtung der Segerkegel durch die Ofentüre

nen Erweichungszustand angeben und die Angabe in Grad eher unzulässig sei. Für die Überwachung wurden immer drei Segerkegel mit etwas feuchtem Ton auf einer gebrannten Tonplatte befestigt. Die Beobachtung der Segerkegel erfolgte durch ein Schauglas in der Ofentüre, und an ihrem Schmelzverhalten konnte man den Temperaturanstieg im Ofen ersehen (Bild 10.15.). Zum Einsehen der Segerkegel benutzte man auch die Heintzschen Hängeschalen, die man während des Brandes zur Kontrolle durch die Schüttlöcher herausziehen konnte (Bild 10.16). Meist benutzte man drei Kegel. War die Garbrandtemperatur z.B. 960 °C, so setzte man die Segerkegel 08a = 940 °C, 07a = 960 °C und 06a = 980 °C ein. Der erste Kegel mußte dann vollkommen umgeschmolzen sein, der zweite Kegel mit der Kegelspitze fast den Boden berühren, während der dritte Kegel stehen bleiben mußte (Bild 10.17.).

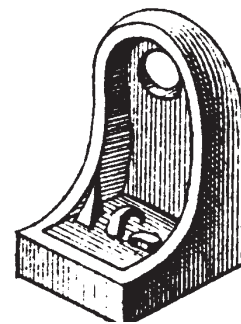


Bild 10.16. Heintzsche Hängeschale zum Herausziehen der Segerkegel

Thermoelektrik

Die Entdeckung, daß an der Lötstelle von zwei verschiedenen Metalldrähten ein elektrischer Strom entsteht, wenn sie erwärmt wird, geht auf das Jahr 1821 zurück. Aber erst als Le Chatelier 1887 mit dem Element Platin-Platinrhodium die geeigneten Partner für hohe Temperaturen fand, war

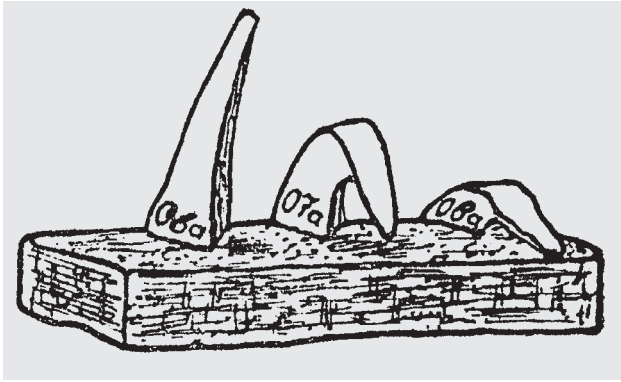


Bild 10.17. Drei Segerkegel zur Überwachung der Brenntemperatur

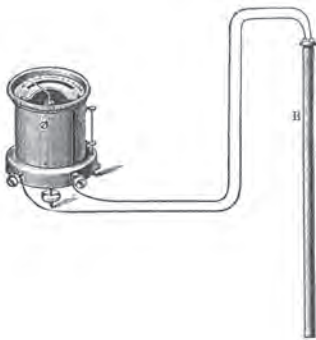


Bild 10.18. Le Chatelier'sches Thermoelement um 1905, mit Galvanometer geeicht zur Temperaturanzeige und Porzellanschutzhrohr zur Aufnahme des Thermoelements

der Weg frei für die praktische Anwendung zur Temperaturmessung. Der Strom wird mit einem Milliamperemeter gemessen und auf einer in Temperaturgraden geeichten Skala angezeigt. Mit der Einführung des Tunnelofens, der einen stationären Elementeinbau ermöglicht, fanden Thermoelemente eine große Verbreitung (Bilder 10.18.+10.19.).



Bild 10.20. Setzer im Ringofen, um 1955

Bilder 10.21. Setzen der Tunnelofenwagen



Bild 10.21a. Setzen von Hand um 1960

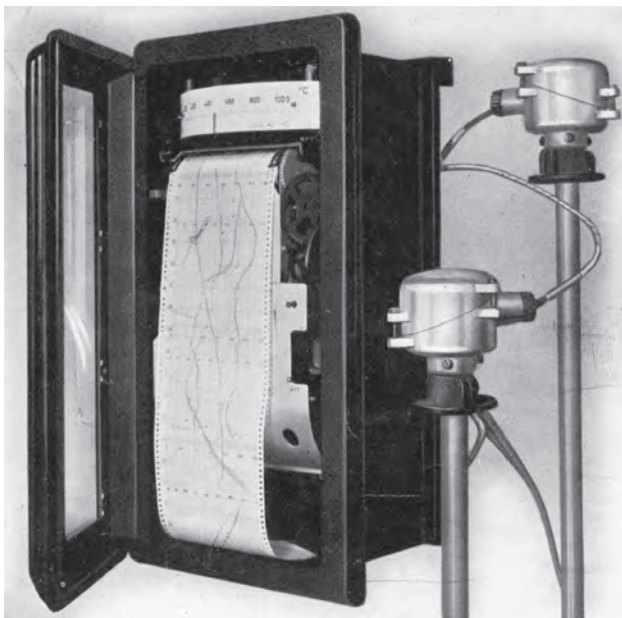


Bild 10.19. Zwei Thermoelemente mit Anzeiginstrument und Schreiber

10.3. Das Setzen der Ziegel

Unter Setzen versteht man die Art und Weise, wie die Rohlinge zum Brennen im Ofen aufgestapelt



Bild 10.21b. Setzen mit der Setzmaschine ab 1963

werden. „Gut gesetzt ist halb gebrannt“, das wußten schon die alten Ziegler. An dieser Tatsache hat sich nichts geändert, sie gilt für alle Öfen – für das Aufsetzen eines Meilers ebenso wie für den modernen Tunnelofenbrand, wo das Setzen der Rohlinge auf die Ofenwagen seit 1963 vollautomatisch mit programmgesteuerten Setzmaschinen erfolgt (Bilder 10.20.+10.21.).

Grundsätzlich müssen die Rohlinge so gesetzt werden, daß überall im Ofenraum gleiche Strömungsverhältnisse geschaffen werden und die Rohlinge gleichmäßig von der Verbrennungsluft umströmt werden können. Des weiteren muß die Eigenstabilität der einzelnen Blätter, wie die in einer Reihe gesetzten Ziegelstapel bezeichnet werden, so groß sein, daß eine leicht einseitige Neigung, etwa durch örtliche Überhitzung verursacht, nicht gleich zum Einsturz des ganzen Blattes führt. Dazu gab es verschiedene Setztechniken. Ein Maß für das Setzen ist die sog. Setzdichte, die angibt, wie viele Ziegel pro cbm Ofenraum eingesetzt werden. Die Setzdichte richtete sich nach der verfügbaren Zugkraft des Schornsteins oder Ofenventilators. War sie klein, mußte entsprechend lockerer gesetzt werden. Die Setzdichte durfte auch nicht in allen Teilen des Brennraums gleich groß sein. Bei den halbkreisförmigen Kopfkammern, den sog. „Krummkammern“ von Ringöfen z.B., wo man keilförmige Blätter, sog. „Krüppel“, setzen mußte, galt der Grundsatz „Innen dicht, außen locker“, um das Feuer, das sonst den kürzesten Weg – also in der Innenkurve des Ofenkanals – gehen würde, gleichmäßiger über die ganze Kanalbreite zu verteilen (Bild 10.22.).

Wo der Brennstoff direkt auf den Einsatz gegeben wurde, wie z.B. im Ringofen, mußten besondere

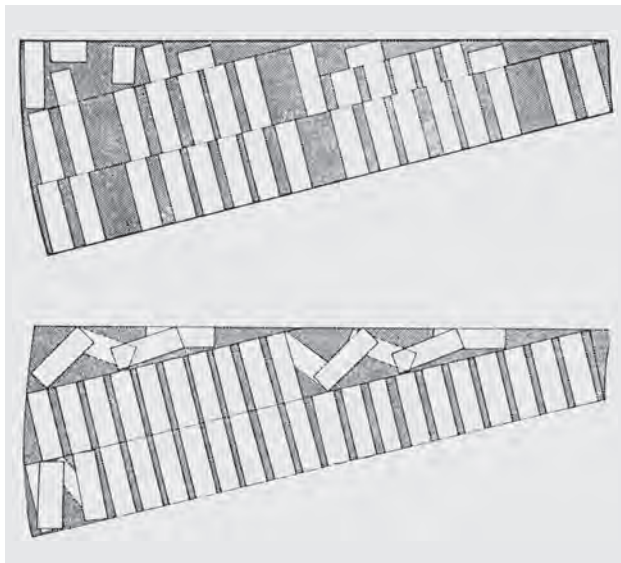


Bild 10.22. Keilförmige Setzblätter, sog. Krüppel, in der Krummkammer eines Ringofens. Der ursprüngliche Krüppel war 3:1, d.h. außen setzte man drei Steine, während man innen nur einen setzen konnte. Beim „Krüppeln“ galt der Grundsatz: „Innen dicht, außen locker“, so daß das Feuer außen ungehindert laufen konnte, während es innen, auf der kürzeren Strecke, gehemmt wurde.

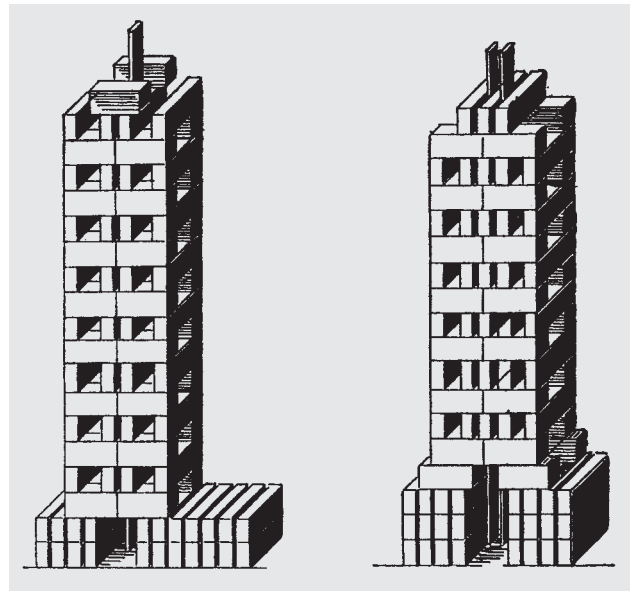


Bild 10.23. Heizschächte in einem Ringofen, ausgerichtet mit Hilfe von Setzlatten

Heizschächte gesetzt werden, welche die Form eines Treppenrostes besitzen, um die Kohle gleichmäßig zu verteilen (Bild 10.23.). Damit die Heizschächte genau unter die Schüttlöcher zu sitzen kamen, bedienen sich die Setzer der sog. „Setzlatte“, die von oben in das Schürloch gehängt wurde (Bild 10.24.).



Bild 10.24. Setzer im Ringofen beim Aufbau der Heizschächte mit der Setzlatte

Der Besatz begann mit dem Setzen des Sohlkanäle, die so dimensioniert werden mußten, daß durch den Ascheanfall während des Brandes der Luftdurchgang nicht behindert wurde (Bild 10.25.). Das ursprüngliche Einsetzen in Kammeröfen beruhte auf dem Hümpelsystem, d.h. man setzte immer drei auf drei Steine über Kreuz. Von oben gesehen ergab dies in jedem Hümpel vier kleine Schächte. Dies war beim Kammerofen, in dem der Auftrieb von unten nach oben verlief, sehr zweckmäßig.

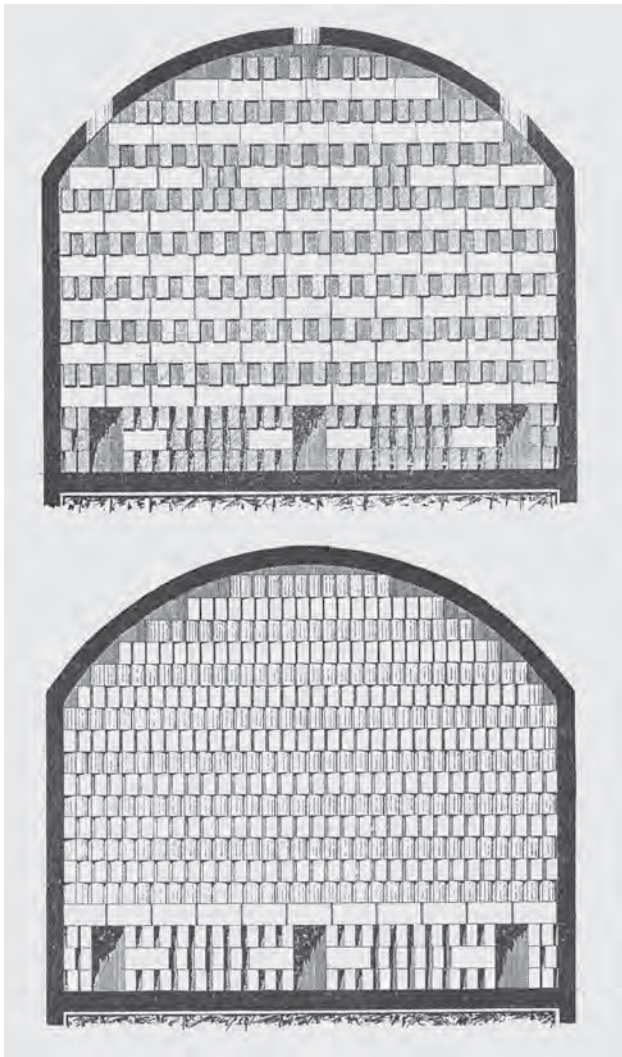


Bild 10.25. Ringofenbesatz mit Mauerziegeln. Oben das sog. Feuerblatt mit den Schürlöchern, unten das normale Ziegelblatt

Lange Zeit verwendete man auch Hagen, d.h. geschränkte Blätter, die – ohne Querverband – nur Längssteine in Schrägstellung enthielten. Diese erforderten aber sehr geübte und sorgfältig arbeitende Setzer, deshalb kam später das einfache Blatt mit Querverband und der Kästcheneinsatz auf. Verblender wurden so gesetzt, daß Sichtseite auf Sichtseite zu liegen kam, so blieben die Läufer tadellos glatt und farbrein. Heute gehört die Besatzoptimierung zu den Standardaufgaben jedes Ofenbauers bzw. -betreibers.

Da Dachziegel im Gegensatz zu Mauerziegeln für sich allein nicht standfest sind, war beim Dachziegeleinsatz stets eine bestimmte Anzahl von Mauerziegeln als zusätzlicher Einsatz notwendig. Diese Mauerziegel wurden zum Setzen der Sohlkanäle und der Heizschächte benötigt. Dachziegel aus besonders empfindlichem Material wurden „eingekästelt“, d.h. sie benötigten einen besonderen Stützeinsatz, der aus Mauerziegeln und dünnen Tonplatten gebildet wurde. Dieses Einkästeln, d.h. das regelrechte Bilden von Kästchen, in welche die Dachziegel eingesetzt wurden, wendete man auch an, um Schlackenbildung und Ascheanflug bei den direkt den Heizgasen

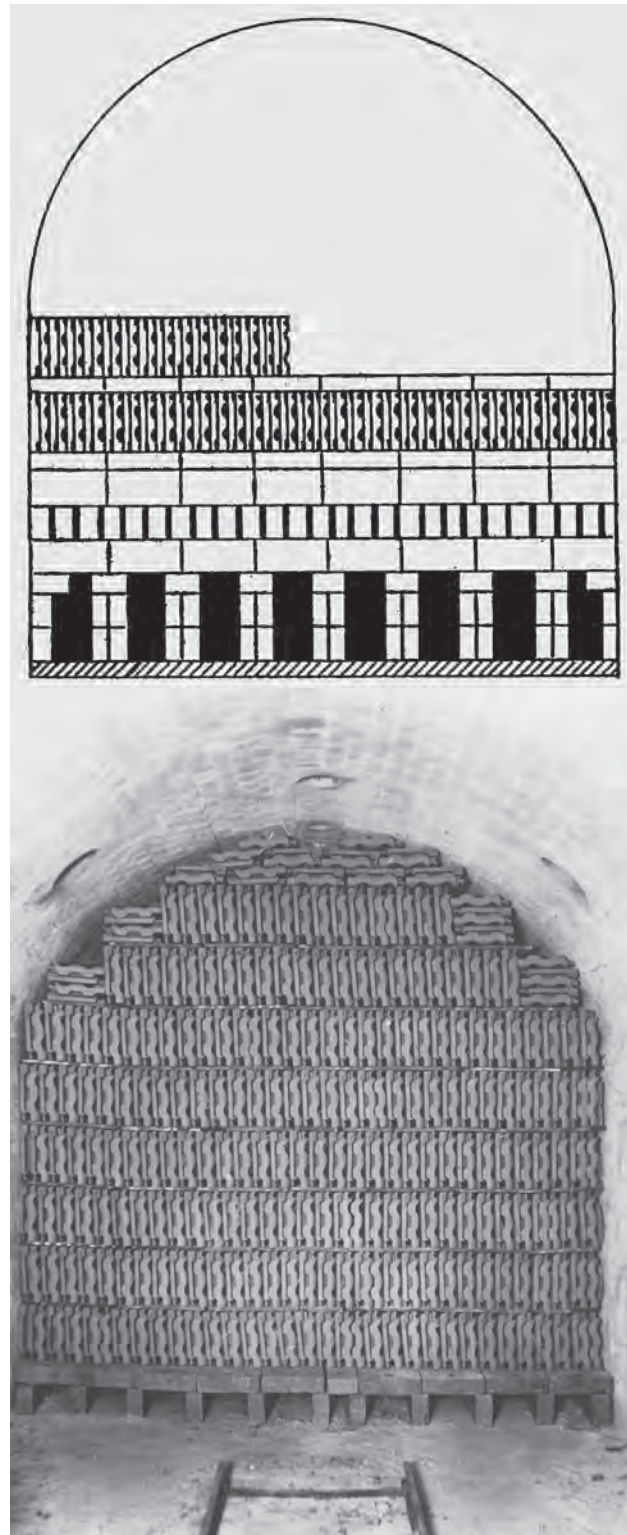


Bild 10.26. Ringofenbesatz mit Dachziegeln. Oben: Einsatz von Falzziegeln mit geringem Druckwiderstand, d.h. ungünstigem Deformationsverhalten bei Temperaturbeanspruchung, unten: Einsatz von Falzziegeln mit hoher Feuerstandsfestigkeit

ausgesetzten Dachziegeln zu vermeiden. Das Verhältnis des Einsatzgewichts von Dachziegel zu Mauerziegel war etwa 60:40. Beim Dachziegeleinsatz kommt es vor allem auf das richtige Zusammenlegen der Dachziegel an. Dies erfolgt meist paarweise Rücken an Rücken wegen der Aufhängenase, damit die Ziegel ein festes Paket bilden, das sicher auf

der Unterlage steht. Bei neuen Dachziegelmodellen muß schon bei der Konstruktion die Möglichkeit des Setzens berücksichtigt werden. Beim Übereinanderstapeln der Ziegelpakete muß auch darauf geachtet werden, daß keine punktförmige Belastung vorliegt, damit beim Brennen und bei dem Beginn der Erweichung keine Deformationen auftreten können (Bild 10.26.). Mit der Einführung des Tunnelofens und der Setzmaschine mußten auch besondere Setztechniken für das Setzen der Rohlinge auf die Ofenwagen entwickelt werden (Bild 10.27.).

Bilder 10.27. Tunnelofenwagenbesatz mit Mauerziegeln

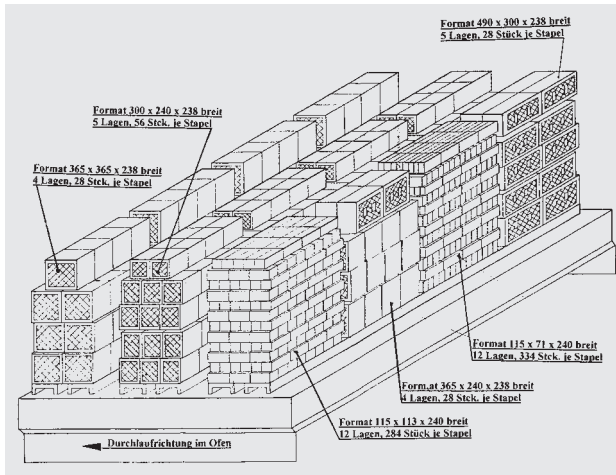


Bild 10.27a. Setzschemata für verschiedene Mauerziegel-Formate



Bild 10.27b. Ofenwagenbesatz mit Langlochziegeln



Bild 10.28. Tunnelofenwagenbesatz mit Dachziegeln. Oben mit U-Kassetten, unten mit H-Kassetten

Bilder 10.29. Tunnelofenbesatz mit Dachziegeln ohne Kassetten

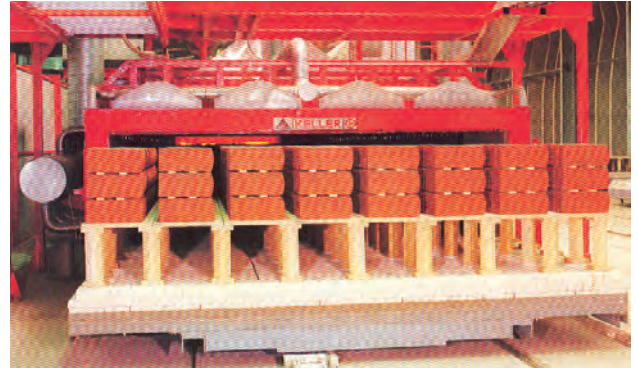


Bild 10.29a. Steifverpreßte Biber, die von der Presse direkt dreilagig auf die Tunnelofenwagen gesetzt werden, mit dazwischengelegten Schamotteleisten zur Stabilisierung

Nach dem ursprünglichen Besatz zwischen Rungen oder als A-Besatz (Bild 11.59) werden die Dachziegel beim modernen Kassettenbrand mit feuerfesten Brennhilfsmitteln weitgehend belastungsfrei gebrannt, entweder zwischen 10 und 20 Dachziegel stehend oder gerollt in sog. U-Kassetten (ab 1970) oder jeder einzelne Dachziegel flach auf einer Einzelkassette liegend, der sog. H-Kassette (ab 1980) (Bild 10.28.). Wegen des hohen Gewichts dieser Brennhilfsmittel, die beim Brand mit entsprechendem Energieaufwand mitaufgeheizt werden müssen, versucht man neuerdings, möglichst ohne Kassetten auszukommen (Bild 10.29.).



Bild 10.29b. Senkrecht stehend gesetzte Schalenziegel, die mit kurzen Schamottestäben gehalten werden

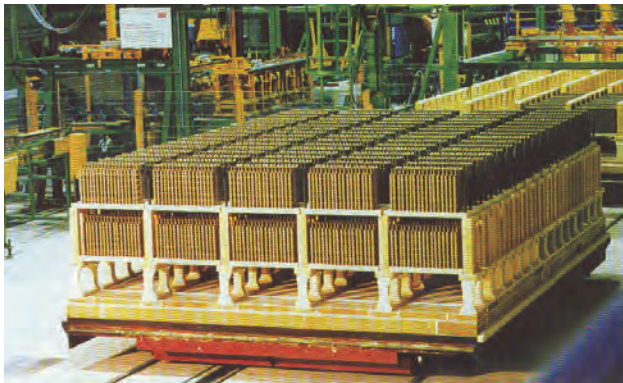


Bild 10.29c. Zwei Lagen aufrecht auf ihrer geschliffenen Kopfseite stehender Dachziegel auf einem leichten Unterbau zur Minimierung der Energieverluste. Ein Verfahren, besonders geeignet für glasierte Dachziegel, deren Sichtseiten sich nicht berühren dürfen, 1996

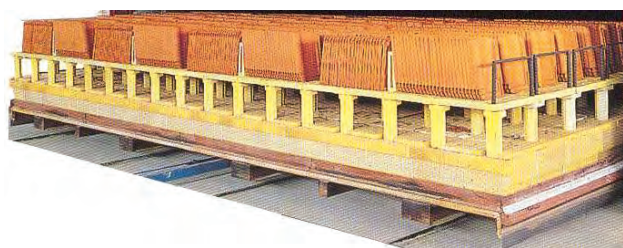


Bild 10.29d. Einlagig schräg gegen eine A-förmige Mittelstütze gelehnter Besatz, sog. A-Besatz

10.4. Ofenarten

Die Vielzahl der im Laufe der Zeit entstandenen Ofenarten ist beträchtlich, wobei es – wenn man es genau betrachtet – nicht die Ofenarten als solche sind, sondern der Variantenreichtum innerhalb der einzelnen Ofenarten, welcher diese Vielzahl ausmacht. Am deutlichsten wird die Entwicklung sichtbar, wenn man sich die Klassifikation der Ofenarten in der älteren Literatur vor Augen führt.

Die Klassifikation von P. Schaller⁹⁶ von 1841 war noch recht kurz, auch gab es nur periodisch betriebene Öfen.

Sie sah wie folgt aus:

- Meiler oder Feldofen
- Bogenofen (Bild 10.30.)
- Flurofen
- Torfofen (Holländischer Torfofen für Mauerziegel, dto. für Dachziegel, Gillys Torfofen)
- Steinkohlenofen

Bei Otto Bock⁷⁵ war diese Klassifikation 1894 schon etwas umfangreicher, zudem gab es nun auch kontinuierlich betriebene Öfen:

A. Öfen mit periodischem Betrieb

- Offener deutscher Ofen
- Überwölbter Ofen
- Kasseler Flammofen
- Ofen von Ransdohr
- Ofen von Neumann
- Ofen mit überschlagender Flamme

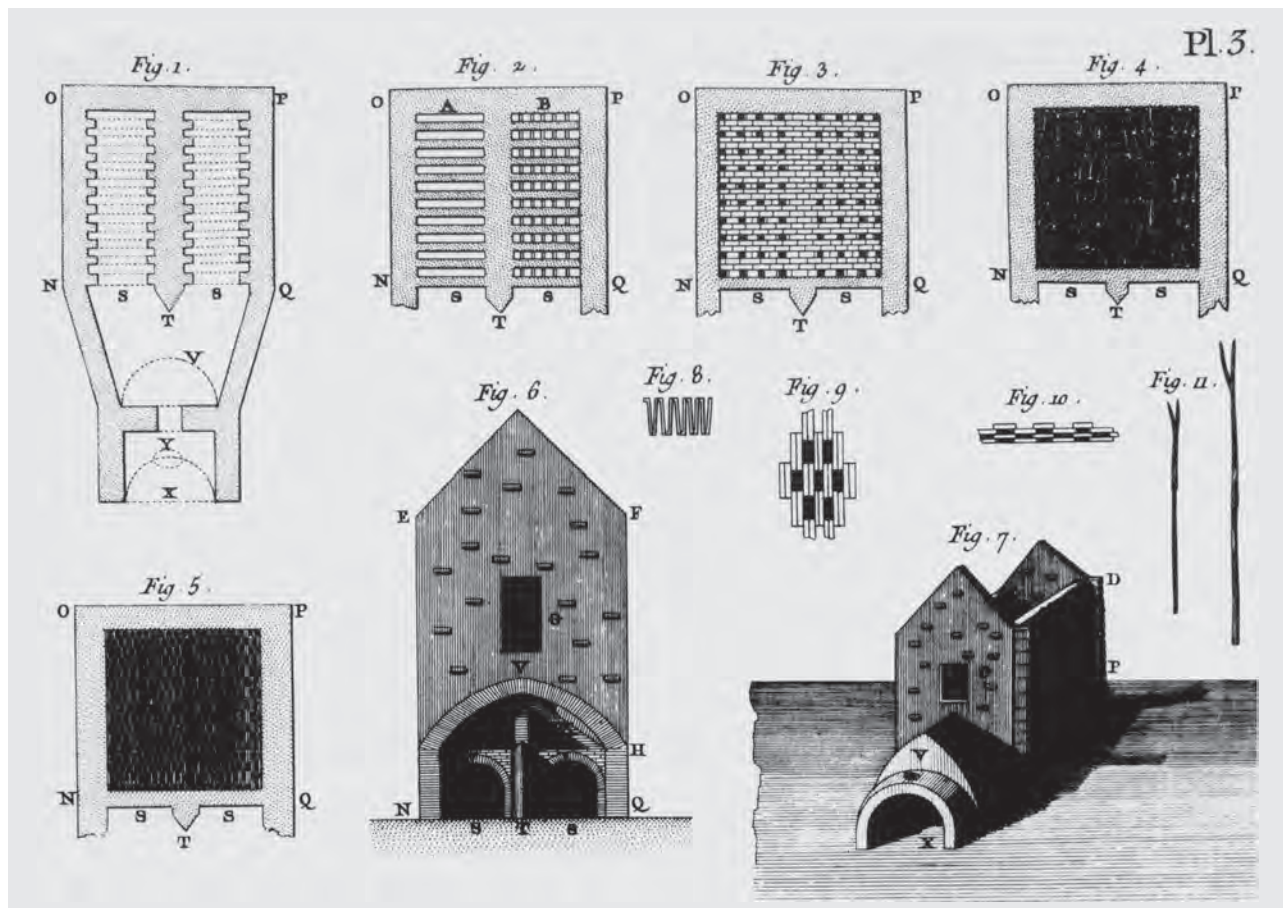


Bild 10.30. Bogenofen für Holzfeuerung, gebaut in verschiedenen Größen, Fassungsvermögen bis 100 000 Flachziegel, um 1800

B. Öfen mit kontinuierlichem Betrieb

1. Der Ringofen

- Doppelofen
- Ringofen mit oberem Rauchgasabzug
- Partial-Ringofen
- Ringofen mit Heizwänden
- Ringofen mit überschlagender Flamme
- Ringofen mit Unterfeuerung von Gilardoni

2. Der Gasofen

- Gaskammerofen von Mendheim
- Gasringofen von Escherich

3. Der Kammerofen

- Gekoppelte Einzelöfen von Burghard und Virollet
- Muffelofen und Mäanderofen von Augustin
- Gekoppelte Rundöfen

4. Der Blaudämpfungsöfen

Im Jahr 2000 ist der Tunnelofen in Deutschland die am weitesten verbreitete Ofenart, wobei die Zahl der Varianten und Ausführungsarten sehr groß ist. Vereinzelt findet man auch den Rollenofen. Zum Brennen von Sonderziegeln und Zubehör werden Herdwagenöfen und Haubenöfen eingesetzt (Bild 10.31.). In Betrieb waren noch sieben Ringöfen und in zwei Werken noch Kasseler Öfen. Weltweit finden sich aber fast noch alle bekannten Ofentypen.

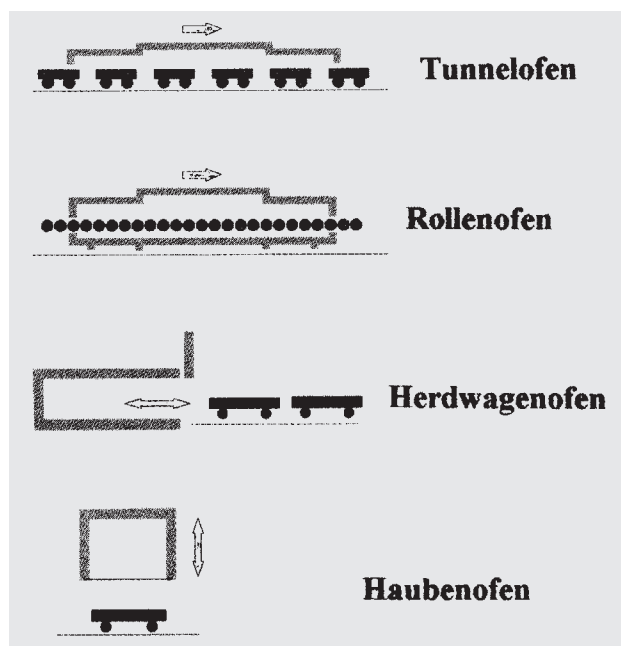


Bild 10.31. Schema moderner Ziegelbrennsysteme im Jahre 2000

10.4.1. Feldbrand

Unter Feldbrand ist ganz allgemein das Brennen von Ziegeln in einfachen Brennanlagen zu verstehen, die meist unter freiem Himmel errichtet werden. Im engeren Sinne versteht man darunter den Meilerbrand, d.h. das Brennen der Ziegel im Meiler (spätmhd. miler, wohl zu mlat. miliarium = Anzahl von tausend Stück nach der Vielzahl der aufgeschichteten Ziegel).

Der Meilerbrand ist das typische Brennverfahren der historischen Feldziegelei, auch „Fliegende Ziegelei“ genannt, weil sie auf freien Felde, nur zur vorübergehenden Produktion, ohne festen Standort und ohne ständigen Ofen unmittelbar bei Tonvorkommen errichtet wurde.

Der Meiler wurde früher auch „ordinärer“ (d.h. gewöhnlicher) oder „echter“ Meiler genannt. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird er oft als Meilerofen oder Feldofen bezeichnet, was nicht ganz korrekt ist, weil der Begriff „Ofen“ an das Vorhandensein einer fest installierten Feuerungseinrichtung gebunden ist. Der Meiler dagegen soll ja gerade eine Anlage zum Brennen von Ziegeln ohne Ofen sein.

Als Feldbrand bezeichnet man auch das Brennen im Feldofen, dessen eigentliche Ausführung der Meilerofen mit zwei oder drei festen Seitenwänden ist. Er wird aber auch im oben offenen Schachtofen und im Feldringofen praktiziert. Der Feldofen markiert auch den Übergang von der temporären „Fliegenden Ziegelei“ zu der auf Dauer angelegten „Stabilziegelei“. Eine Verdrängung oder Ablösung des Meilers durch die Feldöfen fand aber nicht statt, vielmehr wurden beide Brennsysteme vom 12. Jahrhundert bis Ende des 19. Jahrhunderts nebeneinander angewandt.

10.4.1.1. Ziegelmeiler und Meilerbrand

Der Meilerbrand, dessen Anfänge auf die Zeit um 5000 v. Chr. zurückgehen dürften, ist nicht nur das älteste, sondern auch das am längsten bestehende Brennverfahren des Zieglers, denn es wird in verschiedenen Entwicklungsländern in Afrika, Asien und Südamerika, ja selbst noch vereinzelt in Europa, bis zum heutigen Tag praktiziert. In Europa erfolgte das Brennen der Mauerziegel bis zum Ende des 18. Jh.'s vorwiegend im Ziegelmeiler, der auch während des ganzen 19. Jahrhunderts noch von großer Bedeutung war. In Deutschland kam der Meilerbrand während des 2. Weltkriegs vor allem im Osten wieder zur Anwendung, um in entlegenen Gegenden auf schnelle und einfache Art und Weise Bauziegel herstellen zu können. Auch in der Nachkriegszeit wurden vereinzelt Meilerbrände durchgeführt, letztmalig um 1948 in Oberhessen, wo man diese Steine „Russensteine“ nannte.

Das Vorbild für den Ziegelmeiler lieferten mit hoher Wahrscheinlichkeit die ebenerdigen Flachbrandanlagen und die vertieften Brennmulden der Töpfer, die ihre Ware schon einige tausend Jahre früher als die Ziegler brannten. Dabei wird das Brenngut im Freien aufgestapelt, mit trockenem Reisig, Holz und Dungplatten abgedeckt, und dieser Brennstoß dann an mehreren Stellen angezündet (Bild 10.32.).

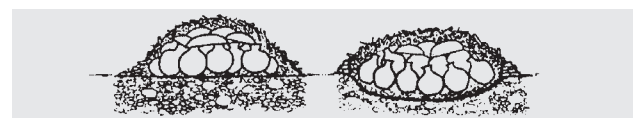


Bild 10.32. Flachbrandanlage und Brennmulde der Töpfer



Bild 10.33. Südafrikanischer Meiler um 1986

Die oft vertretene Ansicht, der Ziegelmeiler stamme aus dem Köhlerhandwerk und leite sich vom Holzkohlenmeiler ab, ist fraglich. Die Holzkohle tauchte nach dem gebrannten Ziegel auf und wurde in größerem Maß erst hergestellt, als die Hethiter in Kleinasien um 1500 v.Chr. entdeckten, daß sie aus bestimmten Erzen durch Erhitzen mit Holzkohle Eisen gewinnen konnten.

Der Ziegelmeiler wird auf dem freien Feld (hieraus abgeleitet der Begriff „Feldbrand“) aus den zu brennenden Steinen selbst aufgebaut. Für den Feldbrand eignet sich nur der normalformatige Vollstein. Der Meiler besteht aus einem großen, sich nach oben verjüngenden Ziegelstapel, in dem je nach Meilergröße zwischen 3000 und 3 Mio. Stück Ziegel bis max. 4 m hoch kunstgerecht zusammengesetzt werden. Die ganz großen Meiler kennt man aber mehr aus der jüngeren Zeit, z.B. in Südafrika.⁹⁷ Schaller klassifiziert 1841 die Meileröfen nach ihrem Fassungsvermögen in große (> 250 000 bis max. 500 000 Stück in französischen Ziegeleien), mittlere (100 000 – 250 000 Stück) und kleine (< 100 000 Stück) Meiler. Viel kleiner als 100 000 Stück sollte nach Schaller ein Meiler nicht sein, da sonst der Ausschuß zu hoch würde. (Auf dem Lande waren und sind für den privaten Bedarf aber Kleinmeiler mit 3000 – 12 000 Stück durchaus üblich und wurden mit gutem Erfolg abgebrannt). Bezüglich der Breite (80-120 Steine) und der Höhe (28 Lagen hochkant + 2 Lagen flach zur Abdeckung) sei die Größe zwar bestimmt, die Länge habe aber keine andere Grenze, als die, welche der Vorrat an getrockneten Steinen vorschreibe. Gleichwohl lehre die Erfahrung, daß der Mittelweg der sicherste sei, und bei einem Vorrat von 800 000 Steinen mache man lieber vier Meiler à 200 000 Stück als einen einzigen großen. Dies ist eine Erfahrung, welche die

großen südafrikanischen Meiler widerlegen, aber eine für frühere Zeiten verständliche Vorsichtsmaßnahme, da ein Fehlbrand die Arbeit eines ganzen Jahres vernichtet hätte (Bilder 10.33.+10.34.).



Bild 10.34. Befüllen der Schürkanäle mit Kohle eines südafrikanischen Meilers

Bis etwa 1800 wurden als Brennstoff für den Feldbrand, je nach regionaler Verfügbarkeit, Torf, Holz aller Art, Reisig, Stroh, Rohr, Schilf, trockenes Heide- und Farnkraut, Olivenkerne, getrockneter Dung (in Indien noch heute) etc. eingesetzt. Ab 1800 wur-

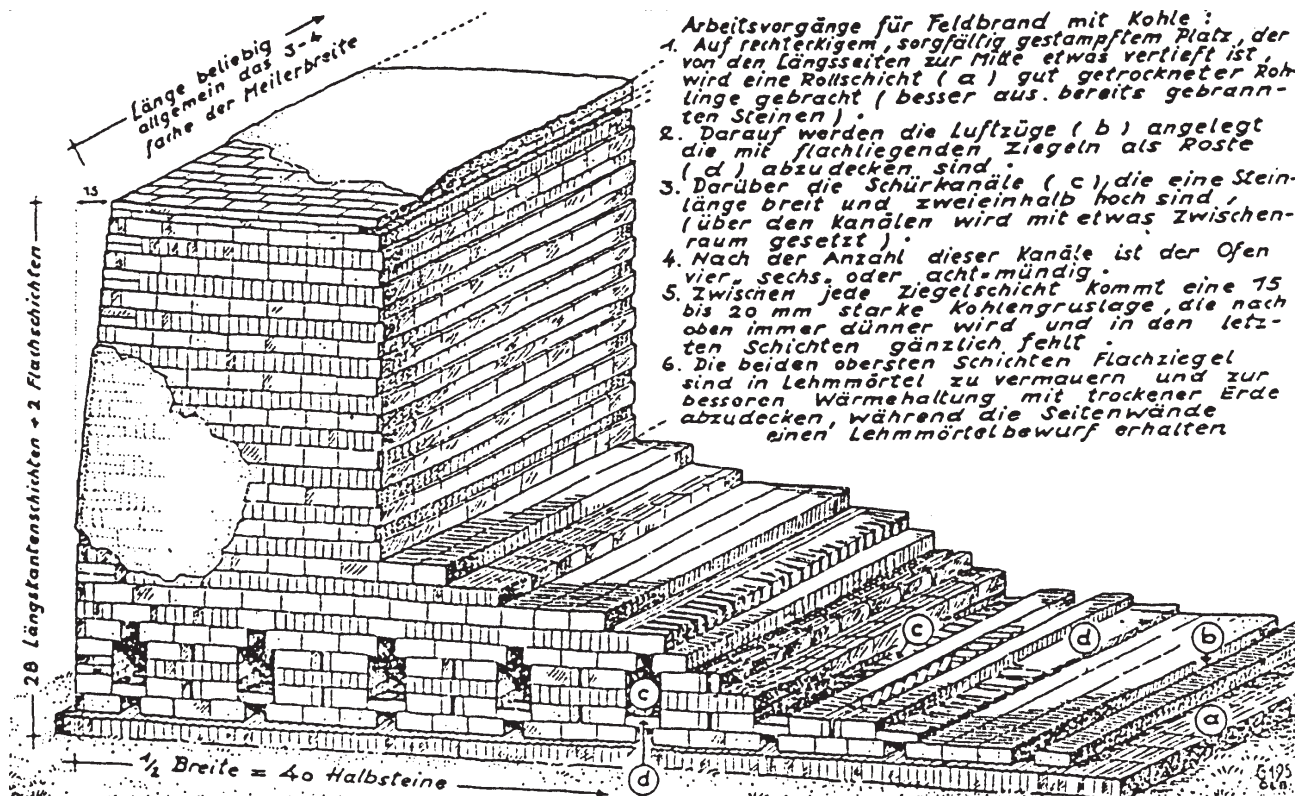


Bild 10.35. Kohlebrandmeiler (aus einem Merkblatt der Lehr- und Beratungsstelle Lehm- und Zieglerbau in Posen, 1942)

de vorzugsweise Steinkohle verwendet, wohl auch Braunkohle in einer Körnung von 0,3-1,0 cm. Die Art des Brennstoffs beeinflusst allerdings die Setzweise, was beim Aufbau des Meilers berücksichtigt werden muß, so daß man zwischen Holzbrandmeilern und Kohlebrandmeilern unterscheidet.

Immer wird der zum Feldbrand vorgesehene, möglichst trockene Platz zunächst geebnet, ggf. drainiert und von beiden Seiten nach der Mitte hin mit einem leichten Gefälle versehen. Dadurch neigt sich später auch der Ziegelstapel allseitig nach innen und ein Auseinanderfallen des Meilers wird vermieden. Die unterste Lage des Meilers wird aus einer Rollschicht bereits gebrannter Steine gebildet. Nur beim allerersten Brand werden hierfür auch gut getrocknete Rohlinge verwendet.

10.4.1.2. Kohlebrandmeiler

Auf der Rollschicht erfolgt der Aufbau des Meilers für Kohlebrand wie in Bild 10.35. dargestellt. Im Abstand von drei Steinlängen werden durchgehende Luftzüge angelegt und darüber die Schürkanäle, Mundlöcher genannt, angeordnet. Je nach der Zahl der Schürkanäle war ein Meiler vier-, sechs- oder acht-mündig etc. Die Schürkanäle wurden mit grobstückiger Steinkohle, darüber mit kleinerer Stückkohle, gänzlich gefüllt. Über den Schürkanälen wurden die einzelnen Steinschichten dicht an dicht gesetzt. An den Seiten wurde der Meiler möglichst steil hochgesetzt, um den vollen thermischen Auftrieb der breiteren Ofensohle zu nutzen. Zwischen jeder Stein-

schicht wurde eine Lage feingesiebter Kohlengrus eingestreut, in den unteren Schichten ca. 10-15 mm dick, zur Mitte hin 6-10 mm dick, während die oberen Steinschichten frei von Kohle blieben. Bei der Verwendung von Braunkohle mußten, entsprechend dem geringeren Heizwert, etwas dickere Lagen eingestreut werden. Das Brennergebn hing neben der fachgerechten Setzweise vor allem von der richtigen Bemessung der Brennstoffmenge ab. Wurde zu viel eingestreut, kam es zu Schmolz, zu wenig Brennstoff ergab Schwachbrand, sog. Bleichsteine. Regen ist der Feind des Ziegelmeilers. Das Setzen des Meilers mußte bei Regen unterbrochen werden, um ihn mit Strohmatte oder Planen abzudecken. Aufgeweichte, feuchte Formlinge wären beim Brand unweigerlich zusammengebacken. Erst wenn der Meiler voll im Feuer stand und ein entsprechender thermischer Auftrieb vorhanden war, konnte ein Regen kaum noch Schaden anrichten.

Die oberste Lage des Meilers wurde zum Schutz gegen Regen aus zwei flachen Lagen gebrannter Steine gebildet. Die Außenwände wurden mit einem dünnen Lehmörtel verstrichen, was man placken oder beklatschen nannte. In diesem Lehmewurf entstanden während des Brennvorgangs Risse, die dann ständig wieder zugeschmiert wurden. Der Meiler wurde gestartet durch das Entzünden der Kohle in den Schürkanälen mittels Reisigbündeln, Stroh oder Holzspänen. Durch Zustellen der Schürkanalöffnungen konnte die Luftzufuhr etwas reguliert werden. War eine Seite zu starkem Wind ausgesetzt, der das Feuer stärker als gewünscht angefacht hätte, schützte man sie durch das Aufstellen großer Mat-

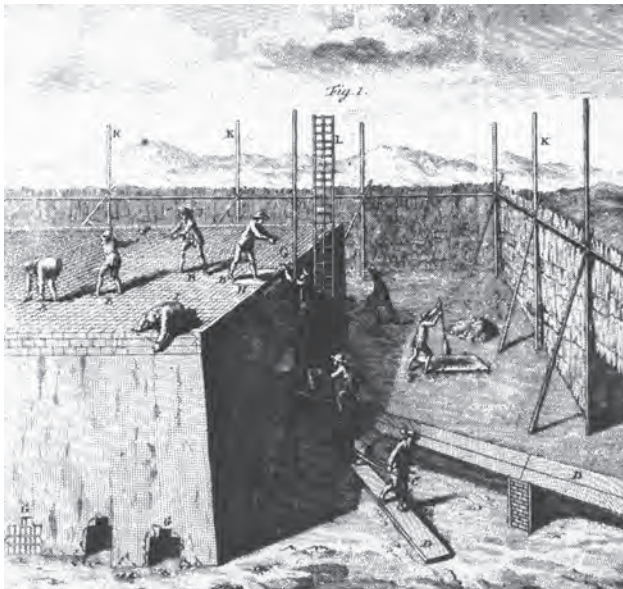


Bild 10.36. Mittelalterlicher Meiler mit Windschutz

ten (Bild 10.36.). Um die durch die Brennschwindung verursachte Bewegung des Meilers abzufangen, wurde er gelegentlich noch durch Bretter und Holzstreben abgestützt. Nach etwa 8-20 Tagen, je nach Meilergröße, hatte sich das Feuer durch den Meiler gefressen und die Decke erreicht, die dann zur besseren Wärmeisolierung noch mit einer Erdschicht abgedeckt wurde. Nach dem vollständigen Ausbrennen mußte der Meiler noch 3-14 Tage abkühlen, bis man die Steine herausnehmen konnte. Der Brennstoffbedarf lag je nach Meilergröße zwischen 250 und 320 kg Steinkohle pro 1000 Steine. Der Ausschuß an Bruch und nichtverkäuflicher Ware lag zwischen 10 und 20 %.

Bei einer regionalen Besonderheit des Meilerbrands, z.B. in Belgien, erfolgte das Anstecken des Meilers bereits nach dem Setzen der unteren Steinlagen, und das Setzen der weiteren Steinlagen und Einstreuen der Kohle bei bereits brennendem Meiler (Bild 10.37.).

10.4.1.3. Holz- und Torfbrandmeiler

Die Setzweise dieser Meiler unterschied sich wesentlich von der des Kohlenmeilers, da die Brennstoffe Holz etc. nicht wie die Kohle zwischen die einzelnen Steinschichten eingestreut werden konnten. Die durchgehenden Schürkanäle sind daher wesentlich größer, mindestens 50 cm breit und 90 cm hoch, um die Brennstoffe Holz, Reisig, Stroh, Torf etc. aufnehmen zu können. Diese Brennstoffe mußten während des Brennvorgangs ständig nachgelegt und mit eisernen Schürhaken nach hinten durchgeschoben werden. Zur Verteilung der in den Schürkanälen herrschenden Feuersglut und zur Lenkung der Flammen durch den Einsatz mußten zudem besondere Heizschächte gesetzt werden, die quer durch den Einsatz nach oben führten (Bild 10.38.).



Bild 10.37. Demonstration eines Meilerbrands „Belgische Art“ anlässlich der 8. Arbeitstagung Ziegeleigeschichte/Ziegeleimuseen 2001 im Ziegeleimuseum „De Panoven“ in Zevenaar/Niederlande Panoven

Nach dem Abkühlen des Meilers wurde die obere Deckschicht entfernt. Die Decksteine und die in der Regel schwach gebrannten Steine der Außenseiten des Meilers wurden separat gesetzt, um beim nächsten Brand an gleicher Stelle wieder verwendet zu werden. Das Verladen begann von oben, meist direkt in die Fuhrwerke (Bild 10.39.). Zusammengebackene Steine mußten mit dem Brecheisen auseinandergelöst werden. Schmolz, der immer wieder vorkam, mußte mit Brecheisen und Hammer abgetrennt werden. Die unregelmäßigen Schmolzbrocken wurden für Fundamentmauerwerk verwendet, während die schwach gebrannten Ziegel, die „bleichen Steine“

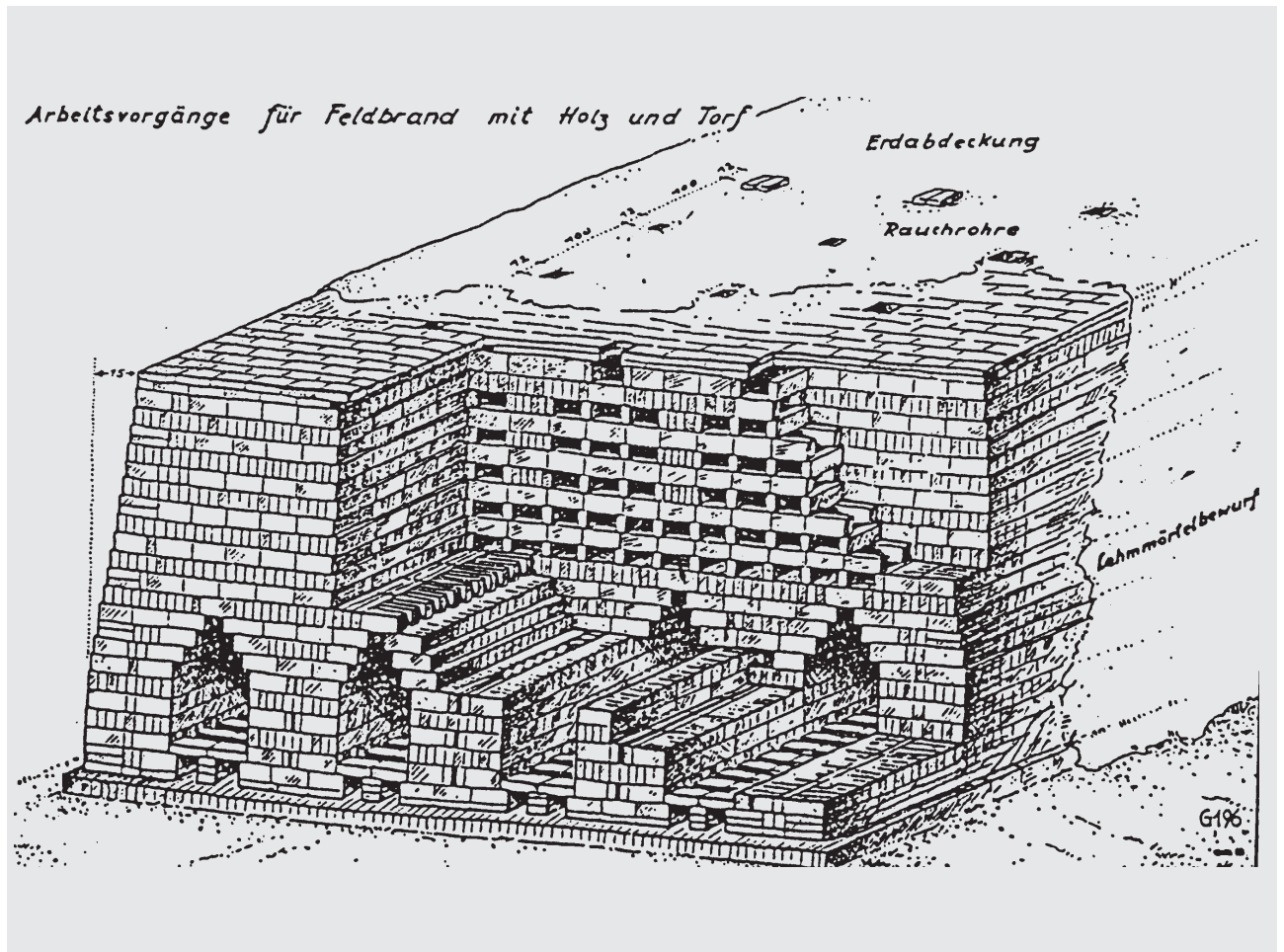


Bild 10.38. Holzbrandmeiler, erkennbar an den großen Schürflöchern und den zusätzlichen Querheizschächten

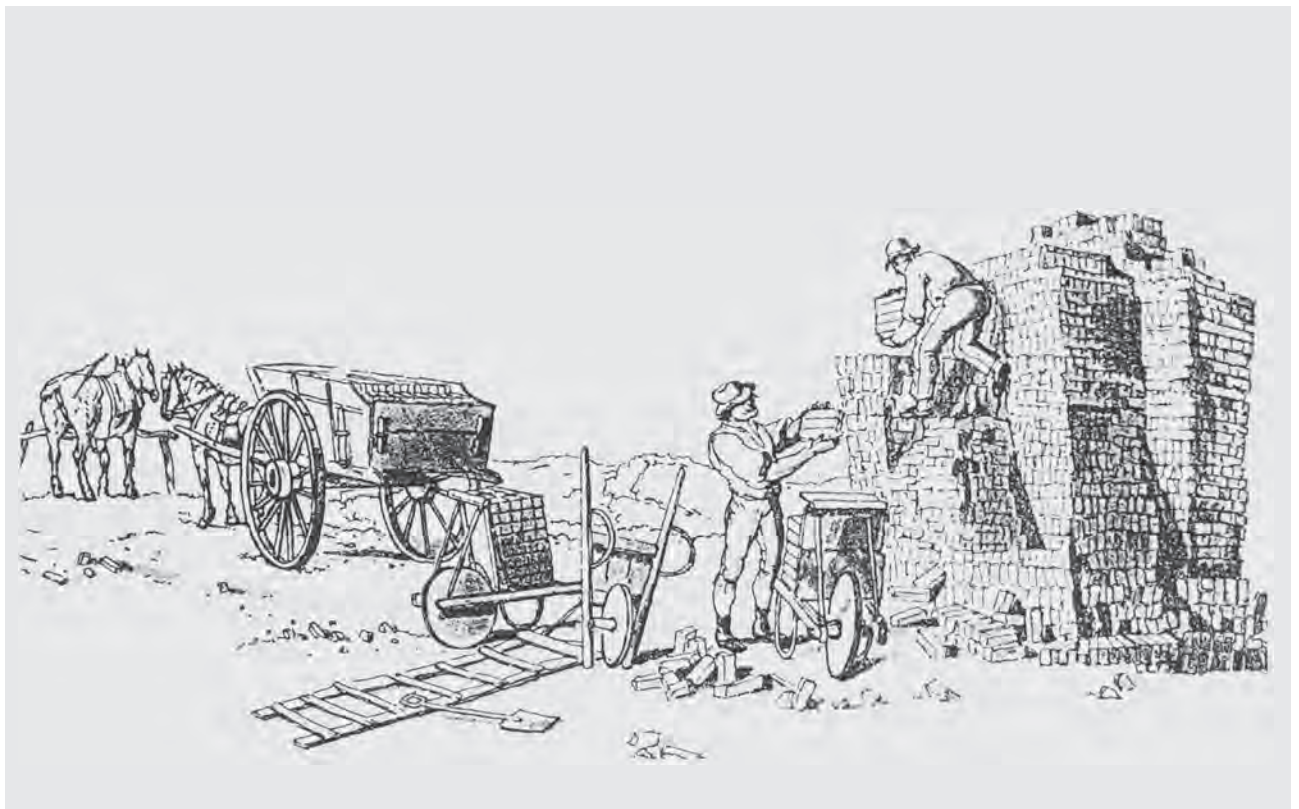


Bild 10.39. Direktes Verladen der Ziegel vom Meiler auf Pferdefuhrwerke

aus dem Außenbereich des Meilers, für Innenwände Gebrauch fanden. Was an den Meilerbrandziegeln von Architekten heute besonders geschätzt wird, ist die breite Farbpalette, die wohl kein anderes Ofensystem liefern kann.

10.4.2. Die Urformen der Ziegelbrennöfen

Die Ziegelbrennöfen der Babylonier und in ihrem Gefolge der Griechen, Etrusker und Römer entwickelten sich aus den Rundöfen der Töpfer. Deren Brenntechniken hatten mit der Brennmulde ihren Anfang genommen, waren aber zum Brennen größerer Gefäße wenig geeignet. Schon in der mittleren Steinzeit wurden große Vorratsgefäße aus Ton von etwa 100 Litern Inhalt bis hin zu den übermannsgroßen Pithoi, die in minoischer Zeit auch für Bestattungen verwendet wurden, freihändig aus kleinen Tonwürsten aufgeförm.

Die schweren ungebrannten Gefäße konnten nicht transportiert werden und blieben auf dem Formplatz stehen. Um das getrocknete Gefäß wurde dann der Ofen aus Ton aufgebaut, wobei in die Ofenwände ein Flechtwerk aus Zweigen zur Armierung eingeförm wurde. Mit gebrannten Tonstützen wurde der Abstand zwischen Gefäß und Ofenwand fixiert. Dieser Zwischenraum wurde vollständig mit Brennstoff in Form von Reisig gefüllt, da ein Nachlegen von Brennstoff während des Brandes nicht möglich war. Das Gefäß stand auf einem Sockel, wodurch am Boden des Ofens ein Raum zur Aufnahme der Asche gebildet wurde. Im Ofenmantel waren unten Öffnungen zum Eintritt der Verbrennungsluft und oben eine Öffnung zum Austritt der Verbrennungsgase eingebaut (Bild 10.40.).

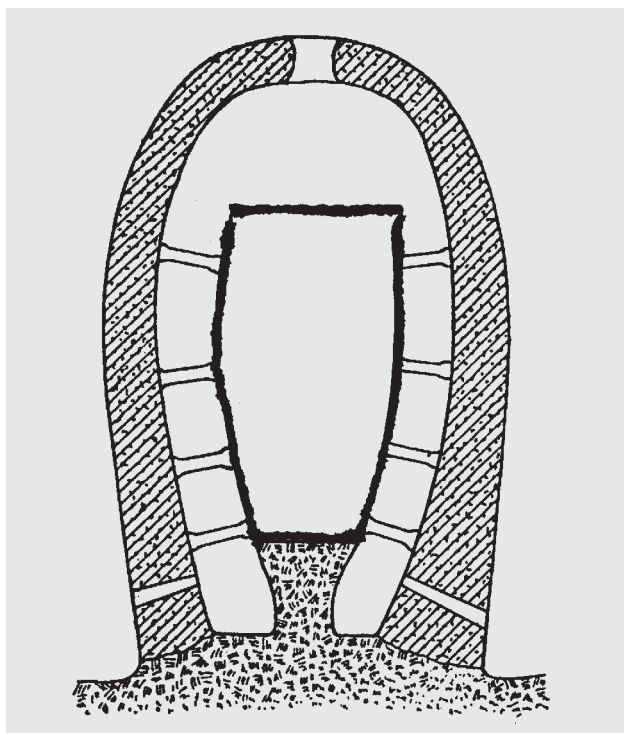


Bild 10.40. Eingefäßofen

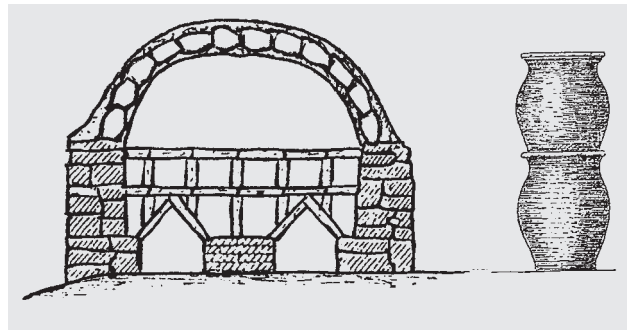


Bild 10.41. Töpferofen mit aus Wölbtopfen gebildeter Ofendecke

Aus dem temporären „Eingefäßofen“, bei dem Feuerungs- und Brennraum eins waren, entwickelte sich dann der ständige Ofen mit getrenntem, unter den Boden verlegtem Feuerungsraum. Durch Löcher und Schlitze im Boden konnten die Verbrennungsgase in den Brennraum eintreten und durch Abzugslöcher in der Ofendecke abziehen. Nach dem Stand der damaligen Technik war man in der Größe der Öfen beschränkt, d.h. ihr Durchmesser war relativ klein, denn die Decken bog sich durch, wenn der Ofendurchmesser ein gewisses Maß überschritt. Deshalb kam man auch darauf, die Decken nicht massiv, sondern als Hohldecke auszuführen, indem man eingemauerte oder ineinander gesteckte Töpfe zur Deckenkonstruktion benutzte. „Auch in Deutschland wurden römische Töpferöfen entdeckt, in deren Gewölbbedecke rings am Übergang zur Umfassungswand weitbauchige Töpfe mit der Öffnung nach innen eingemauert waren. Auch in die senkrechten Ofenwände waren bisweilen anstelle von Ziegeln kleine Töpfe eingefügt“²¹⁰ (Bild 10.41.).

10.4.3. Der römische Ziegelofen

Der von den Römern im besetzten Teil Germaniens bis etwa 450 n.Chr. benutzte römische Ziegelofen gilt als Vorläufer aller mittelalterlichen Brennöfen. Besonders in Süddeutschland gibt es zahlreiche Funde römischer Ziegelöfen. Sie deuten darauf hin, daß es zwischen den Töpferöfen und den Ziegelöfen keine wesentlichen Unterschiede gab. Bei Ausgrabungen in Rheinzabern in der Pfalz fiel allerdings auf, daß der Töpferofen rund (Bild 10.42.), der Ziegelofen dagegen viereckig angelegt war.⁹⁸ An eine Gesetzmäßigkeit bei dieser Anordnung glaubt man jedoch nicht, obwohl die rechteckige Form zum Brennen von Dachziegeln sicher die zweckmäßigere war, die runde Form dagegen für die Gefäßkeramik.

Beim römischen Ziegelofen handelt es sich um einen periodisch betriebenen Kammerofen mit einer Trennung von Feuerungsraum und Brennraum. Der unter Flur liegende Feuerungsraum bestand aus einem (bei größeren Öfen auch zwei) Heiz- oder Schürkanal, etwa 0,6-0,7 m breit, 0,7-1,0 m hoch, der nach oben mit auskragenden Lehmziegeln, als sog. falschem Gewölbe, abgeschlossen war. Vor dem

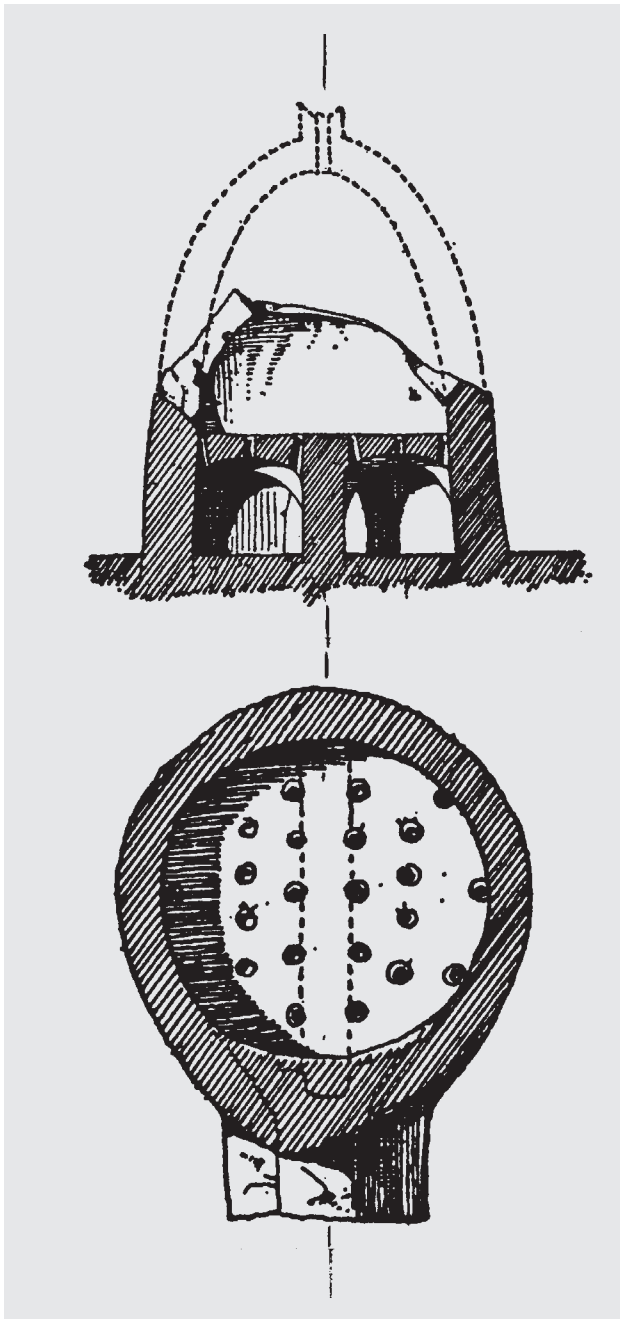


Bild 10.42. Römischer Töpferofen

Schürkanal befand sich eine Bedienungsgrube, von der aus der Brenner schürte und den Brennstoff, Holz oder Holzkohle, in den Schürkanal nachlegte. Rechtwinklig zum Heizkanal zweigten beidseitig je vier bis sechs Querzüge zur Verteilung der Heizgase ab. Die Ausführung dieser Querzüge war unterschiedlich, sie konnten auf gleicher Sohlenhöhe wie der Hauptheizkanal liegen oder erst 50-70 cm über dessen Sohle beginnen. Die Querzüge konnten durchgehend gerade oder z.B. unter 45° schräg ansteigend angelegt sein. Die etwa 30 cm dicke Decke des Feuerungsraums, auch Brennplatte oder Lochtenne genannt, bildete den Boden des Brennraums, in den das Brenngut eingesetzt wurde. In der Brennplatte waren zahlreiche Zuglöcher eingebracht, durch welche die Heizgase vom Heizkanal und den Querzügen aus in die Brennkammer gelangen konnten (Bild 10.43.).

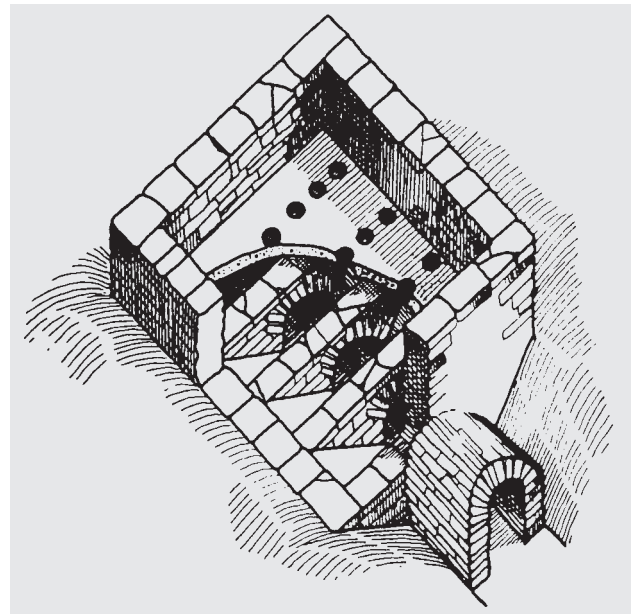


Bild 10.43. Römischer Ziegelbrennofen

Da sich die Oberbauten der Öfen nicht erhalten haben, versucht man, diese durch Rekonstruktionen nachzuempfinden, wobei man vielfach auch auf Hypothesen angewiesen ist.

Die Brennkammer konnte als einfacher Schacht gemauert gewesen sein, der dann mit flach gelegten Dachziegeln und einer Erdschicht abgedeckt wurde, oder als Tonnen- oder Kuppelgewölbe gestaltet. Über die Ausführung des Oberbaus gibt es verschiedene Ansichten, wobei eine Vermutung dahin geht, daß die Brennkuppel nach jedem Brennvorgang abgetragen wurde, d.h. jeder Einsatz wieder neu mit einer Kuppel umgeben werde mußte.

Der Rekonstruktionsversuch nach Bild 10.44. sieht dagegen einen festgefügtten Brennraum mit einer Türe zum Ein- und Ausbringen des Brennguts vor. Möglicherweise wurden beide Vorgehensweisen praktiziert.

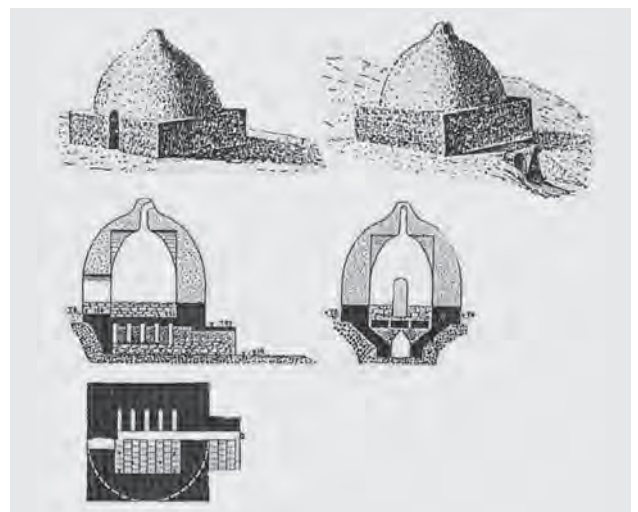


Bild 10.44. Rekonstruktionsversuch eines römischen Ziegelofens im Gemeindewald von Speicher (nach Ausgrabungsbe- fund des Landesmuseums in Trier)

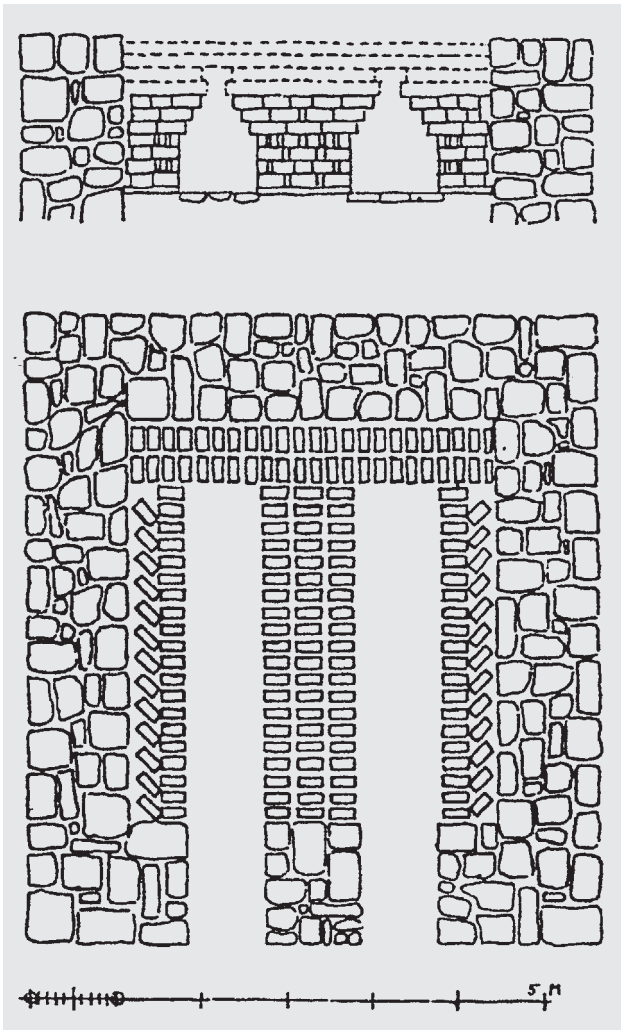


Bild 10.45. Reste eines Ziegelofens aus dem 13. Jahrhundert im ehemals preußischen Narzym

Bei der Ausgrabung eines Ziegelofens in Rheinzabern stellte man fest, daß der komplette Ofen aus ungebrannten Lehmziegeln aufgebaut worden war, die erst durch das erste Anfeuern des Ofens ihre Festigkeit erhielten. Dies zeigt sich daran, daß die Ziegel auf der Ofeninnenseite rot verziegelt sind, auf der Außenseite aber noch den lufttrockenen Zustand aufweisen. Die Lehmziegel selbst sind mit Stroh- und Schilfhäcksel vermischt, der ausbrannte und Hohlräume hinterließ, so daß ein poröser Stein entstand, der den Ofen hervorragend isoliert.

Die Öfen wiesen für heutige Begriffe relativ kleine Brennraumvolumina – zwischen etwa 30 und 50 cbm – auf und dürften daher vorwiegend zum Brennen von Dachziegeln und Spezialziegel, wie z.B. Wandheizungsziegel (*tubuli*) verwendet worden sein. Daneben wurde für gewöhnliche Mauerziegel auch noch der Meilerbrand genutzt, der aber für die Archäologen leider kaum Spuren hinterläßt.

10.4.4. Mittelalterliche Öfen

Über die mittelalterliche Brenntechnik und die verwendeten Öfen ist nur sehr wenig bekannt. Es gibt aber verschiedene archäologische Grabungsfunde,

die Feuerungsräume von Ziegelöfen zutage brachten. Der darüber liegende Brennraum konnte dagegen noch nie unbeschädigt ausgegraben werden, weshalb über dessen genaue Ausführung und Abmessung keine absolute Klarheit besteht. Immerhin kann als gesichert gelten, daß es auch in der Nachrömerzeit bis zum 16. Jahrhundert schon ortsfeste Ziegelbrennöfen mit Feuerraum und darüber liegendem geschlossenem Brennraum gab. Sie dürften vorzugsweise für den Brand von Dachziegeln verwendet worden sein, denn diese können im Meiler nicht gebrannt werden. Dachziegel wurden aber bereits zu Zeiten Karls des Großen (742 – 814) gebrannt. Ein aus dem Ende des 13. Jahrhunderts stammender Ofen wurde z.B. 1913 im ehemals preußischen Narzym, Kreis Neidenburg, im früheren Deutschordensland, ausgegraben (Bild 10.45.). Die Feuergassen wurden aus Ziegelsteinen gebildet, die Außenmauern aus starken Feldsteinen. Bei der Ausgrabung befanden sich noch sieben Ziegellagen des letzten Brandes mit insgesamt 2400 Stück, Format 80 x 160 x 330 mm, im Ofen. Das Gesamtfassungsvermögen des Ofens betrug ca. 5000 Steine. Dies stellte auch für den damaligen Bedarf eine relativ geringe Anzahl dar, so daß man davon ausgehen kann, daß eine Ziegelei mehrere solcher Öfen besaß.⁹⁹

10.4.5. Der Feldofen

Aus dem Ziegelmeiler entwickelte sich im 12./13. Jahrhundert der Meilerofen, der allgemein auch als Feldofen oder Feldbrandofen bezeichnet wird. Zu den Feldöfen zählen auch der Schachtofen und der Feldringofen.

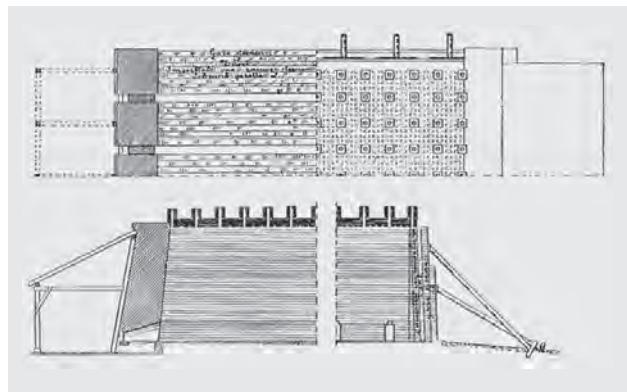


Bild 10.46. Feldofen mit einer festen Heizwand

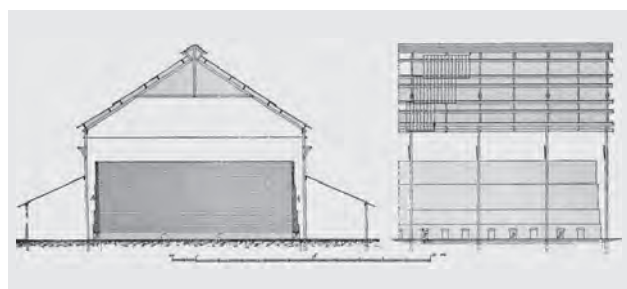


Bild 10.47. Feldofen mit zwei festen Heizwänden

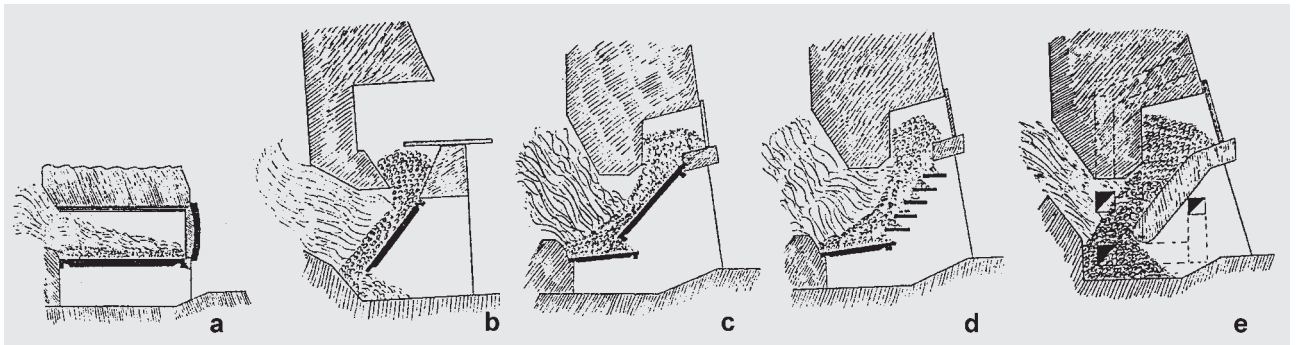


Bild 10.48. In periodischen Öfen verwendete Rostfeuerungen, von links nach rechts: a. Planrost, b. Schrägrost, c. kombinierter Plan-/Schrägrost, d. Treppenrost, e. Halbgasfeuerung

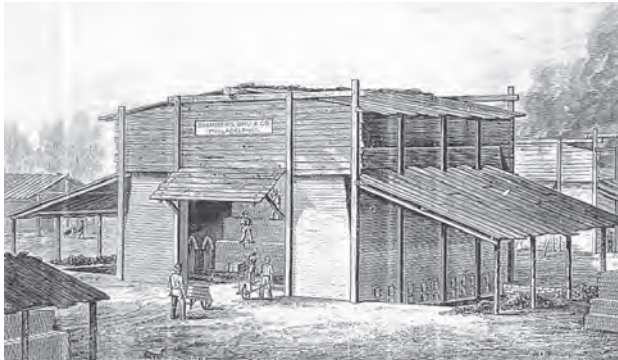


Bild 10.49. Amerikanischer Feldbrandofen, sog. Clamp-Kiln, um 1890, überdacht, mit den seitlichen, ebenfalls überdachten „Brennschauern“



Bild 10.50. Setzer bei der Arbeit in einem Clamp-Kiln, um 1895

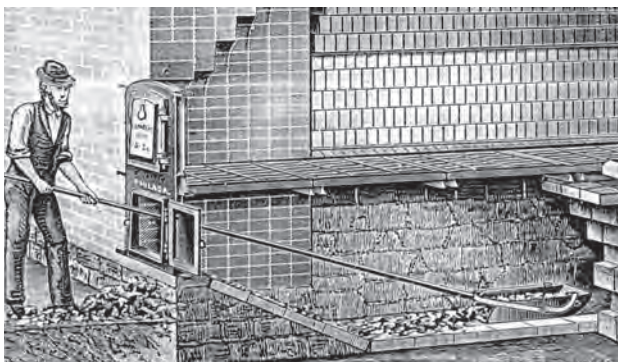


Bild 10.51. Feuerung des Clamp-Kiln

Der Meilerofen wurde dort errichtet, wo ein ergiebige Tonvorkommen den Rohstoffbedarf über mehrere Jahre decken konnte. Er bestand aus einer, meist jedoch aus zwei gegenüberliegenden festen Wänden, ca. 1,0-1,5 m stark, ca. 4,5 m hoch, die aus Stampflehm (Lehmpisèe) oder ungebrannten Lehmziegeln errichtet wurden (Bilder 10.46.+10.47). Durch das Brennen härteten diese Lehmwände allmählich aus und wurden so zu festen Ziegelsteinwänden. Da diese Wände isolierten, wurden auch die äußeren Schichten des Einsatzes besser durchgebrannt. Im unteren Teil einer oder beider Wände, entsprechend einer ein- oder zweiseitigen Feuerung, wurden im Abstand von ca. 60 cm Schürlöcher, ca. 30 cm breit und 45 cm hoch, zum Einbringen des Brennstoff angeordnet. Die zu brennenden Steine wurden so eingesetzt, daß zwischen den Schürlöchern Heizgassen frei blieben, in welche das Brennholz direkt eingeschürt wurde. Bei den späteren kohlebeheizten Feldöfen wurden die Heizkanäle nicht durch den Einsatz gebildet, sondern mit durchbrochener Überwölbung fest in der Ofensohle eingemauert. Beim Brennen mit Kohle wurden auch Plan- oder Schrägroste verwendet (Bild 10.48.). In einigen Gegenden Nordamerikas, wo der Feldofen, der „Clamp Kiln“, weit verbreitet war, erfolgte die Befuerung auch mit Erdgas oder Petroleum (Bilder10.49.-10.51.).



Bild 10.52. Im Hintergrund sichtbar: Holländischer Waalofen mit seitlicher Brennschauer, um 1900

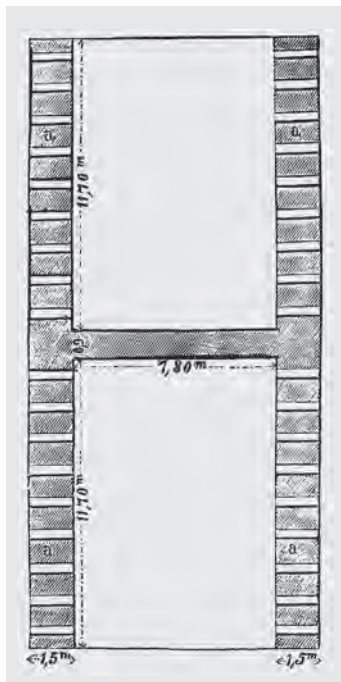


Bild 10.53. Doppelter Feldofen

Die Breite der einschürigen Feldöfen betrug max. 4,5 m, die der zweischürigen max. 9 m. Die Länge war beliebig und richtete sich nach der Ziegelmenge, die man jeweils in einem Durchgang brennen wollte. Es gab Feldöfen, bei denen auch eine Kopfseite geschlossen war. Ein solcher war z.B. der holländische „Waaloven“, der bis zu einer Million Steine faßte (Bild 10.52.). Beim Doppelofen wurde der Ofen durch eine mittlere Scheidewand in zwei gleich große Öfen geteilt, so daß

in dem einen gebrannt werden konnte, während der andere entleert und neu besetzt wurde (Bild 10.53.). Die offenen Kopfseiten des Ofens erleichterten das Einsetzen und Ausfahren der Steine. Sie wurden wie die Außenseite eines Meilers gesetzt und mit einem Lehmbewurf abgedichtet.

Zunächst war nur den Raum vor den Feuerungen an der Längsseite des Ofens zum Aufenthalt der Brenner mit einem leichten Bretterdach, einer „Brennschauer“, gegen Regen geschützt, später wurde gelegentlich auch der Ofen selbst überdacht, um zu verhindern, daß die frisch eingesetzten Ziegel durch Regen aufweichten.

10.4.6. Kammeröfen

Als Oberbegriff bezeichnet „Kammeröfen“ einen keramischen Brennofen mit rechteckigem Grundriß zum Brennen von Ziegeln im diskontinuierlichen Betrieb. Er besteht aus einem einzelnen, in sich geschlossenen Brennraum, der Kammer, an deren einer oder beiden Längsseiten Feuerungen angeordnet sind, die als Planrost-, Schrägrost-, Treppenrost, Halbgasfeuerung, etc. ausgebildet sein können (Bild 10.48.). In manchen Klassifikationen wird als Kammerofen nur der „Kammerofen mit überschlagender Flamme“ verstanden. Wie für alle periodischen Öfen, gelten auch für diesen Ofentyp die Nachteile des immer wiederkehrenden Anfeuerns, einer beschränkten Leistung und eines hohen Brennstoffverbrauchs.

10.4.6.1. Altdeutscher und Deutscher Ofen

Vom zwei- oder dreiseitig geschlossenen Feldofen war es nur ein kurzer Schritt zum vierseitig geschlossenen, oben offenen Altdeutschen Ofen, auch

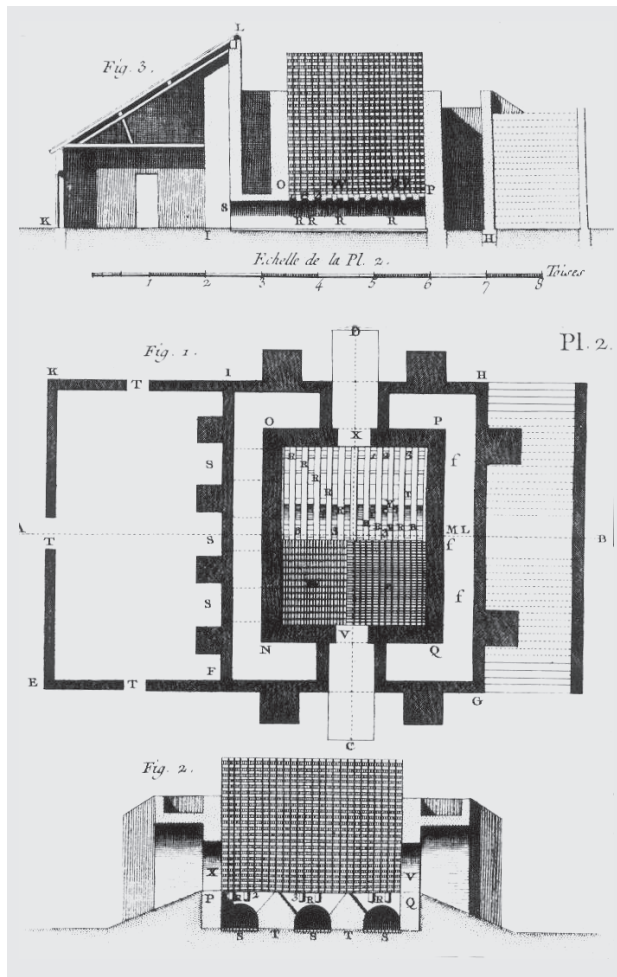


Bild 10.54. Stock- oder Schachtofen, um 1800

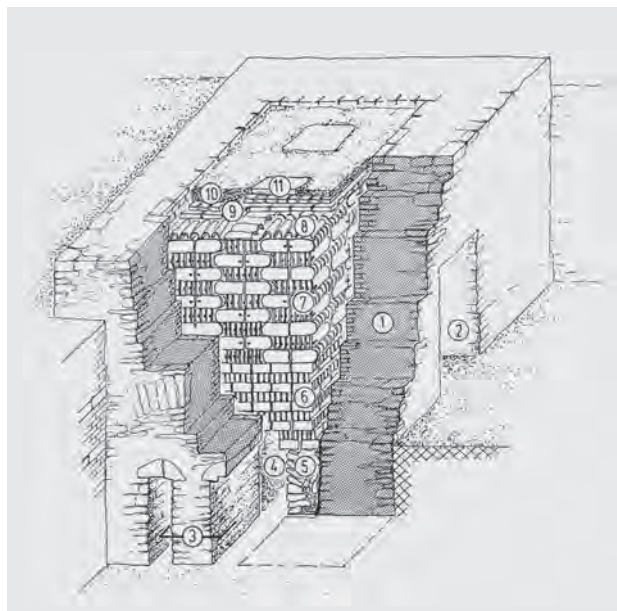


Bild 10.55. Deutscher Ofen mit Mischbesatz. Ofenaufbau: 1 Umfassungsmauern aus Bruchsteinen mit einer Ausmauerung aus Backstein, 2 Beschickungsöffnung, 3 Schürflöcher, 4 Schürgassen. Brenngut: 5 Kalksteine, 6 Backsteine, 7 Biber, 8 Holzziegel. Abdeckschicht: 9 zwei Flachsichten Backsteine, 10 Erdschüttung, 11 Steinplatten zur Zugregulierung

Stockofen und Schachtofen genannt (Bild 10.54.). Er dürfte etwa um 1350 entstanden sein, wurde aber erst ab dem 18. Jahrhundert häufiger verwendet und war dann bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts der am meisten verwendete Ziegelbrennofen. Einer der letzten Öfen dieser Art, der noch mit am längsten in Betrieb war, steht in der Ziegelhütte Meienberg, die zur Stiftung Ziegelei-Museum Meienberg Cham in der Schweiz gehört. Der letzte Brand, mit dem der unrentabel gewordene Betrieb dann eingestellt wurde, fand im Jahre 1933 statt.

Der Altdeutsche Ofen, der in England sein Pendant im Scotch Kiln oder Scove Kiln hat, besaß zunächst kein Gewölbe. In diesem Ofen wurden in den einfachen Handstrichziegelein oft Kalk, Mauer- und Dachziegel gleichzeitig gebrannt, wie Bild 10.55. zeigt. Er bestand lediglich aus vier Wänden, die einen quadratischen oder rechteckigen Brennraum umschlossen. Dessen Abmessungen richteten sich nach der Art des verwendeten Brennstoffs (Holz, Torf, Braun- oder Steinkohle) und danach, ob der Ofen ein- oder zweischürig war, d.h. ob die Schürlöcher mit den Feuertüren an einer oder zwei gegenüberliegenden Wänden angeordnet waren.

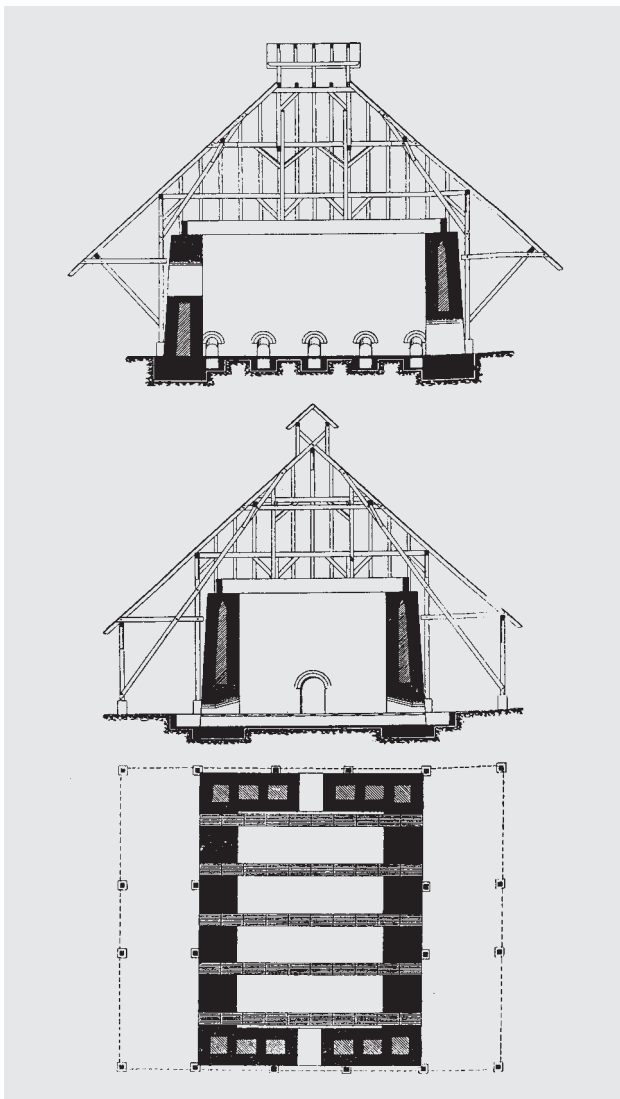


Bild 10.56. Zweischüriger Deutscher Ofen mit fünf Schürgassen

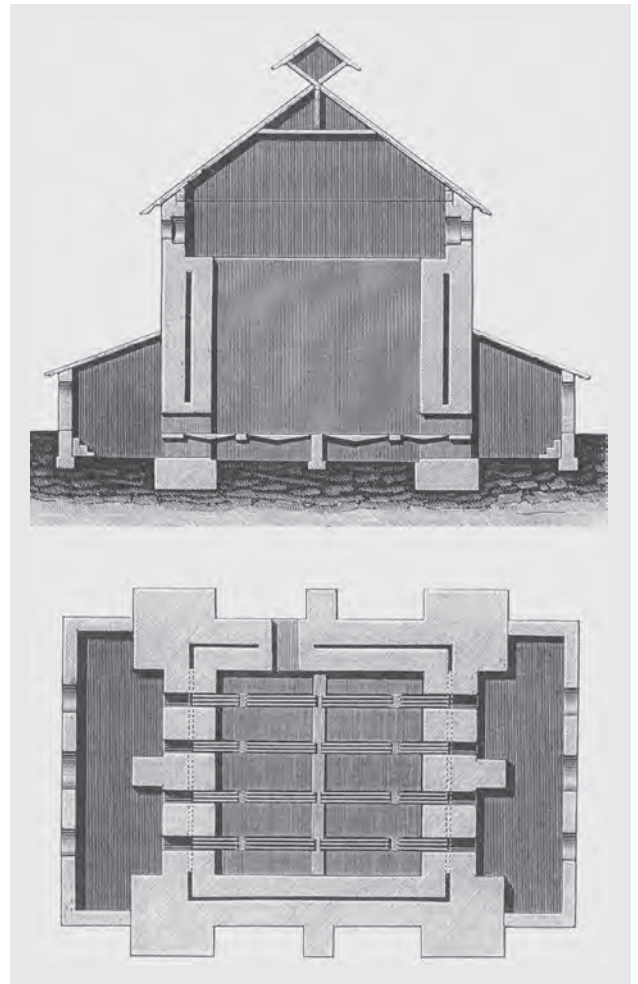


Bild 10.57. Zweischüriger Deutscher Ofen mit vier Schürgassen

Öfen mit Holzfeuerung wurden gewöhnlich einschürig gebaut, weil sich mit Holz ein gleichmäßigeres Feuer auf einer größeren Fläche erreichen ließ als mit Torf- oder Kohlefeuerung. Bei Holzfeuerung betrug die Höhe des Brennraums bis zu 4,0 m, die Breite beim einschürigen Ofen bis zu 4 m, beim zweischürigen bis 8 m. Bei Torf- und Kohlefeuerung konnte die Höhe des Brennraums 3-4 m betragen, die Breite beim einschürigen Ofen 2,5-3,5 m, beim zweischürigen 5-7 m. In der Länge des Ofens ging man bis zu sechs Schüren nebeneinander, wobei die Breite einer Schüre bzw. Schürgasse je nach Brennstoffart zwischen 0,25 und 0,4 m lag, und die Breite des Raums zwischen zwei Schüren, Bank genannt, zwischen 0,6 und 1,2 m.

Die Feuerungen werden bei Kohlefeuerung als Roste aus gegossenen Eisenstäben und bei Holz- und Torffeuerung aus Ziegeln an den Längsseiten in Höhe der Ofensohle ausgeführt. Vor den Feuerungen ist der Brennerstand vertieft angelegt. Über den Feuerrosten wird eine Schürgasse aus den zu brennenden trockenen Steinen aufgebaut, so daß der aufgegebenen Brennstoff bei freier Flammenentwicklung vollständig verbrennen kann. Damit die Rauchgase nach oben hin entweichen können, wird der Ofenbesatz über den Feuerräumen lockerer als im übrigen Ofenraum gesetzt (Bild 10.56.+10.57.).

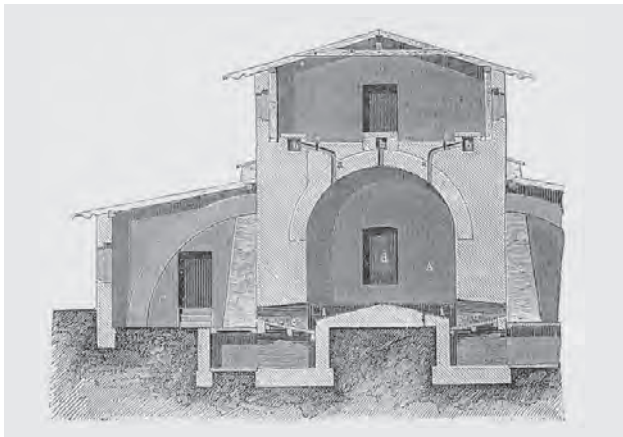


Bild 10.58. Geschlossener Kammerofen

Um 1540 wurde der erste geschlossene, überdachte Ziegelofen gebaut und damit erst der allseitig geschlossene Brennraum geschaffen, mit dem der wärmetechnische Wirkungsgrad des Ofens wesentlich verbessert wurde. Etwa ab 1800 wurde der Schachtofen allgemein mit einem Gewölbe versehen. Aus dem Altdeutschen Ofen entstand so der Deutsche Ofen (Bild 10.58.). In dem Gewölbe waren für den Abzug der Rauchgase Löcher vorgesehen, die wie kleine Schornsteine wirkten (Bild 10.59.).

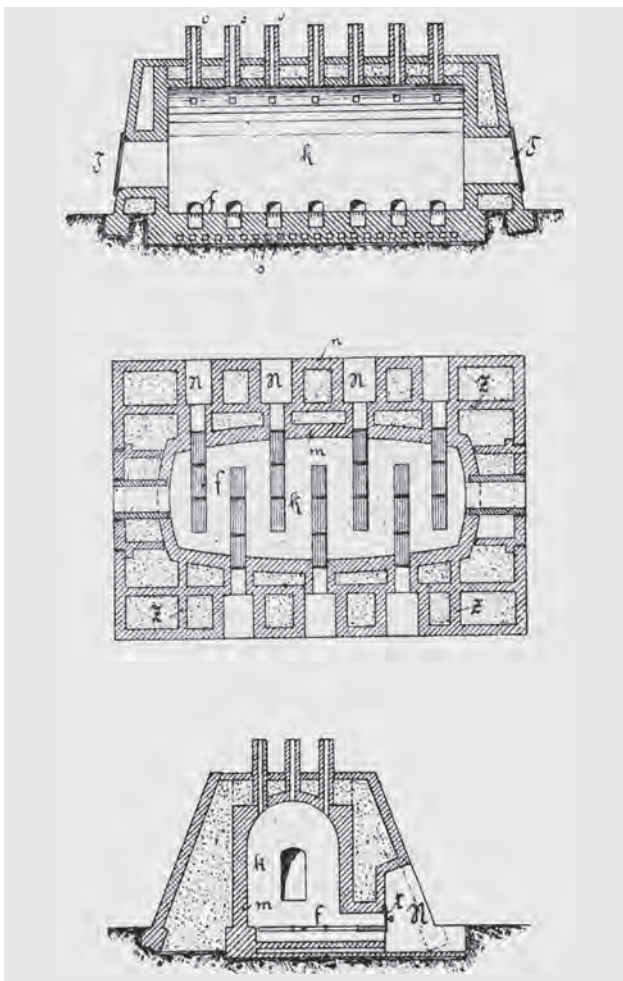


Bild 10.59. Geschlossener Kammerofen mit Rauchgas-Abzugsrohren

Beim Anheizen des Ofens mußten die Feuertüren an den beiden Längsseiten geöffnet bleiben, um ein schnelles Ansteigen der Temperatur im Brennraum zu verhindern. Mit zunehmender Temperatur stieg auch der Ofenzug. Wegen der Rauchbelästigung hat man später bei manchen Deutschen Öfen auf das Ofengewölbe einen Sammelkanal gelegt, in den die Gewölbelöcher mündeten, so daß alle Rauchgase gesammelt und in einen Schornstein geführt werden können.

Da die Heizgase den Brennraum von unten nach oben durchzogen und nach oben ins Freie entwichen, handelte es sich beim Deutschen Ofen um einen Ofen mit aufsteigender Flamme, engl. Updraft Kiln. Die Temperatur war auf der Ofensohle stärker als oben. Bei kalkhaltigem Material bildete sich an der Ofensohle häufig Schmolz, während oben in der Nähe des Gewölbes oft Schwachbrand vorlag. Je nach Größe des Ofens betrug eine Brennperiode 6-10 Tage, davon entfielen 1-3 Tage auf das Schmauchen, 2-3 Tage auf das Vollfeuer und 3-4 Tage auf das Kühlen. Das Fassungsvermögen eines Deutschen Ofens lag zwischen etwa 25 000 und 50 000 Steinen. Ein großer Deutscher Ofen mit einem Brennraumvolumen von 180 cbm faßte bei Mischbesatz (70% Mauerziegel, 30% Dachziegel) etwa 35 000 Mauerziegel und 29 000 Biberschwanzziegel oder 22 000 Pfannenziegel. Der Kohleverbrauch lag bei 400 - 600 kg/1000 Steinen, war also sehr hoch.

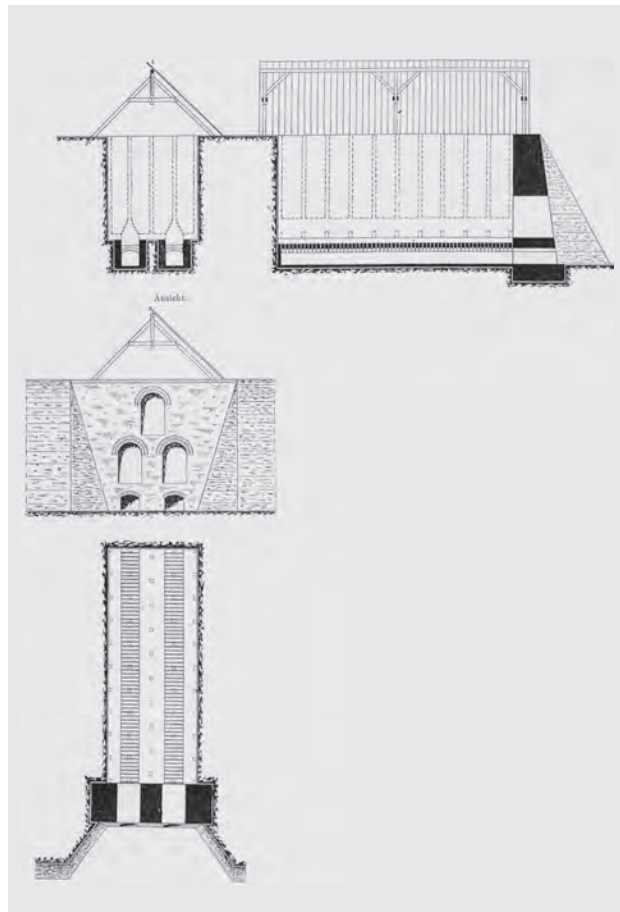


Bild 10.60. Erdofen von Bock, um 1890

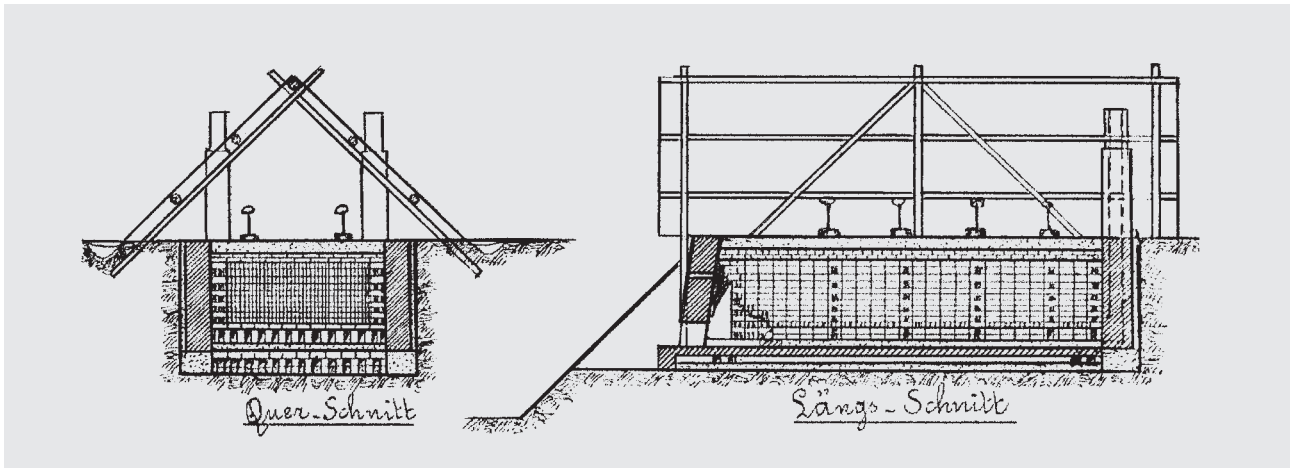


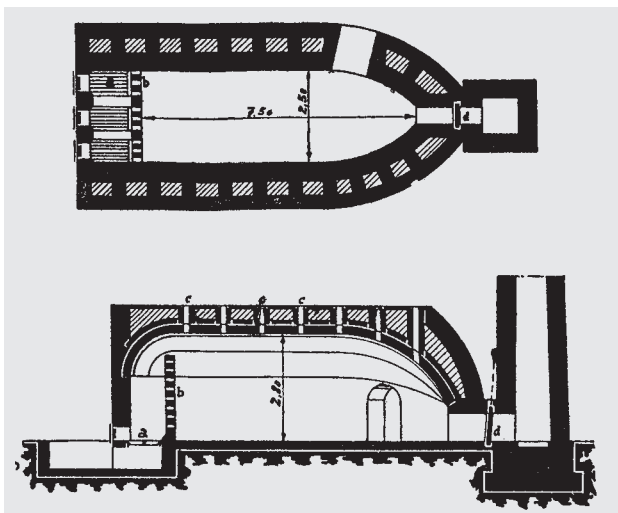
Bild 10.61. Kleiner Erdofen, wie er noch 1940 im Osten für einen temporären örtlichen Bedarf empfohlen wurde

10.4.6.2. Erdofen

Eine einfache Abart des Altdeutschen Ofens war der oben offene Erdofen, der einfach in den Tonberg hineingebaut wurde, so daß drei Seiten von natürlich gewachsenem Boden gebildet wurden. Er besaß eine gemauerte Stirnwand mit Schürlöchern und darüber Türen zum Einsetzen der Formlinge. Der Erdofen wurde noch im 19. Jahrhundert in Feldziegeleien oder zum Brennen der für den Bau einer Ziegelei erforderlichen Ziegel eingesetzt (Bilder 10.60.+10.61.).

10.4.6.3. Kasseler Ofen

Einen wesentlichen Fortschritt in bezug auf die Feuerführung, den Kohlenverbrauch und das Brennergebnis brachte der 1827 von dem kurhessischen Oberbergrat Carl Anton Henschel (1780 – 1861) in Kassel konzipierte „Ziegelflammofen“.¹⁰⁰ Der erste Ofen wurde in der Ziegelei seines Bruders gebaut, der Möncheberger Ziegelei bei Kassel. Schon bald fand dieser Ofen in der Gegend um Kassel eine sehr große Verbreitung (Bild 10.62.). Unter den Namen



10.62. Kasseler Ofen, ab 1827

Kasseler Flammofen oder kurz Kasseler Ofen wurde er in den folgenden 50 Jahren zu einem der am weitesten verbreiteten Ziegelöfen, wobei er sehr häufig zum Dachziegelbrand eingesetzt wurde. Es handelte sich um einen Einkammerofen mit einem überwölbten, langgestreckten Brennraum, an dessen erster Stirnseite hinter einer Gitterwand eine in 3-5 Einzelfeuerungen unterteilte Planrostfeuerung angeordnet war. An der gegenüberliegenden Seite stand die Brennkammer über einen Fuchs mit einem Schorn-

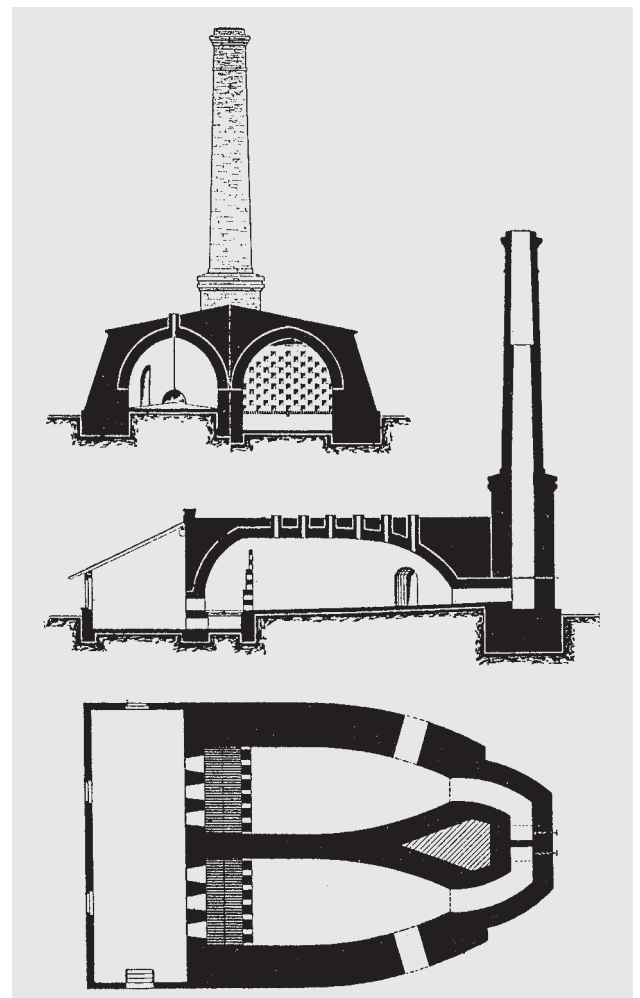


Bild 10.63. Kasseler Doppelofen

stein in Verbindung, der notwendig war, um für die horizontale Feuerführung den notwendigen Zug zu erzeugen. Zur Kontrolle der Temperaturen und des Brennguts besaß das Ofengewölbe Schürlöcher. Zum Füllen und Entleeren waren an der Längswand eine oder mehrere Türen angeordnet.

Die Länge des Brennraums betrug mit Rücksicht auf die begrenzte Wirkung der Rostfeuerung zwischen 4 und 8 m, die Breite 2 bis 4 m und die Höhe 1,5 bis 2,7 m. Mit den größten Abmessungen entstand ein Brennraumvolumen von ca. 67 cbm entsprechend einem Fassungsvermögen von ca. 19 000 Mauerziegeln oder 36 000 Biberschwanzziegeln oder 27 000 Pfannenziegeln.

Der Kasseler Ofen wurde meist als Doppelofen ausgeführt (Bild 10.63.). Gelegentlich wurden mehrere Einzelöfen auch im Verbund um einen gemeinsamen Schornstein gruppiert, um die Abgase zum Trocknen und Vorwärmen nutzen zu können. Durch einen solchen Verbund konnte der Kohleverbrauch, der bei etwa 300-400 kg Steinkohle/1000 Steinen lag, bis zu 30% gesenkt werden (Bild 10.64.).

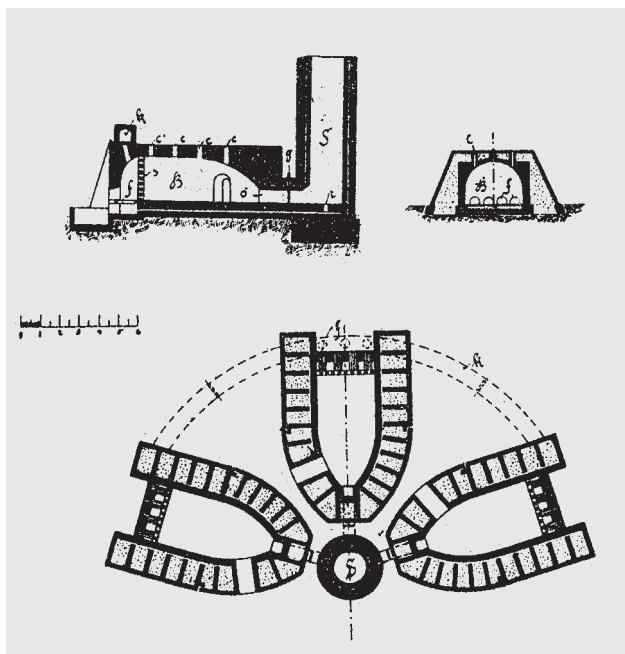


Bild 10.64. Drei im Verbund geschaltete Kasseler Öfen

10.4.6.4. Langofen

Der Langofen, oft auch Partialringofen genannt, ist im Prinzip ein verlängerter Kasseler Ofen mit einer Feuerung am Kopfende und einem Rauchgasabzug mit Schornstein an der Stirnseite eines langen geraden Brennkanals. Er wurde um 1875 von Rühne eingeführt und von ihm als mehrkammeriger periodischer Ofen mit Ringofenfeuerung klassifiziert. Die Befuerung erfolgte aber nicht mehr ausschließlich von der Rostfeuerung der Kopfseite aus, sondern, wenn das Feuer weit genug fortgeschritten war, auch

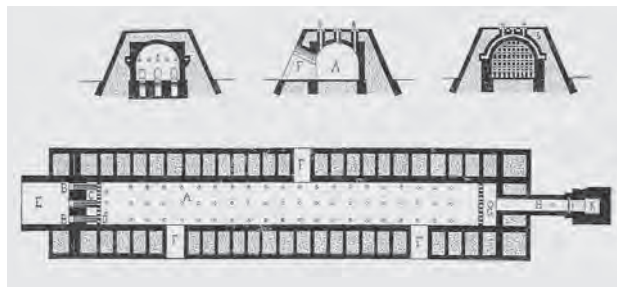


Bild 10.65. Langofen, gelegentlich auch als Partialringofen bezeichnet, um 1875

durch in der Ofendecke angeordnete Schürlöcher, wie beim eigentlichen Ringofenbetrieb. Das Feuer war nicht mehr ortsfest, sondern wanderte durch den Brennkanal und man sprach deshalb auch von einem halb-kontinuierlichen Ofen. Die Öfen wurden in Breiten von 2-5 m, Höhen von 2-2,8 m und Längen von 15-25 m ausgeführt. Sie eigneten sich vor allem für Ziegeleien von kleiner bis mittlerer Größe (Bild 10.65.).

10.4.6.5. Dämpföfen

Zum Dämpfen von Dachziegeln sind im allgemeinen periodische Öfen erforderlich. Gern benutzte man den Kasseler Ofen, da er sehr gut abgedichtet werden kann. Er wurde dann auch als Dämpföfen und Blaudämpföfen bezeichnet (Bild 10.66.). Der Inhalt eines solchen Dämpföfens betrug etwa 4000-6000 Dachziegel, für die etwa 80-100 kg Dämpföl verbraucht wurden. Das Einsetzen, Schmauchen, Brennen, Dämpfen und Abkühlen eines solchen Ofens dauerte ca. 14 Tage, so daß bei einem Fassungsvermögen von ca. 3000 Falzziegeln pro Kammer etwa 300 000 Dämpfziegel pro Jahr gebrannt werden konnten.

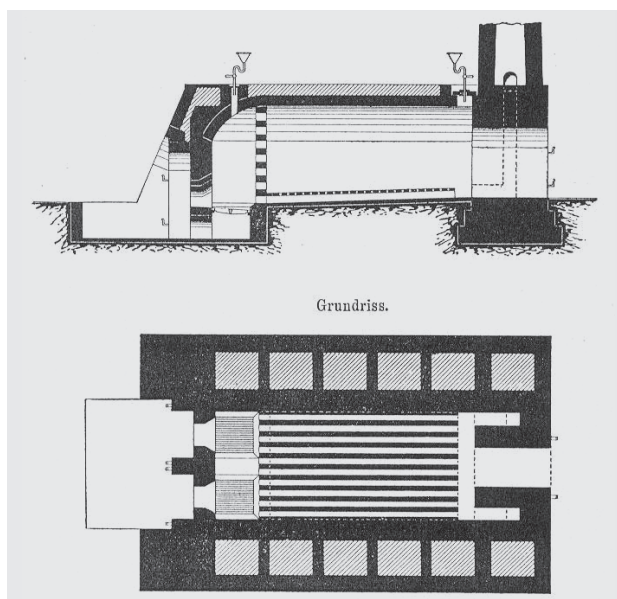


Bild 10.66. Dämpföfen

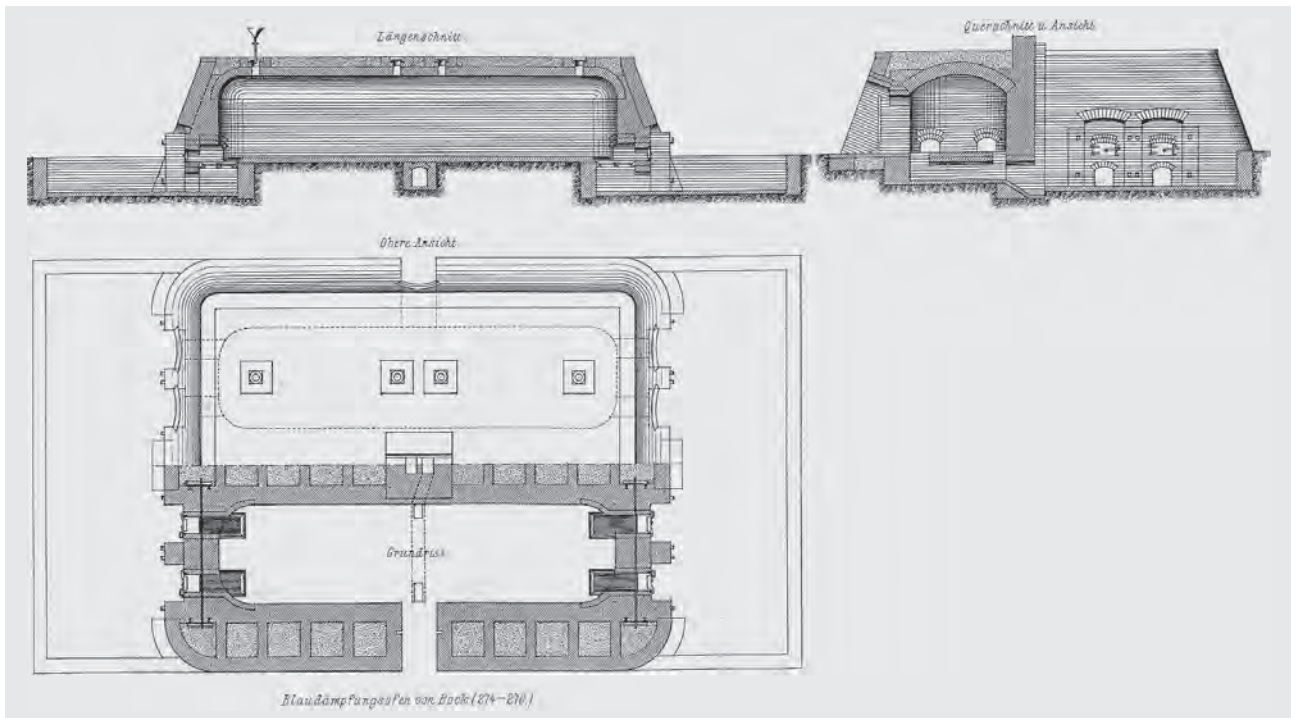


Bild 10.67. Doppelter Dämpfofen von Bock, um 1890, Fassungsvermögen ca. 3000 Falzziegel pro Kammer, Jahreskapazität ca. 300 000 Falzziegel

Der Dämpfprozess wurde 2-3 Stunden nach Erreichen der Garbrandtemperatur (um 1000 °C) durch die Beschickung der Rostfeuerung mit einer größeren Kohlenmenge und Nadelholz eingeleitet. Unmittelbar nach der Brennstoffaufgabe wurden alle Öffnungen des Ofens geschlossen und, soweit erforderlich, mit Lehmörtel verschmiert. Um den luftdicht abgeschlossenen Ofen schneller zu kühlen, goß man auf die Ofendecke kaltes Wasser, das infolge der Verdampfung immer wieder nachgefüllt werden mußte. Die Wasserkühlung durfte aber nur bei höherer Ofentemperatur erfolgen, weil bei Temperaturen unter ca. 600 °C das Kühlwasser zu tief in das Ofengewölbe eindringt und dadurch die Lebensdauer des Gewölbes herabgesetzt wird. Der Ofen durfte erst geöffnet werden, wenn die Feuersglut völlig erloschen war, da sonst bei Zutritt von Sauerstoff eine Rückoxidation im Ziegelscherben eingetreten wäre. Auch Otto Bock konstruierte um 1885 einen aus zwei Kammern bestehenden Blaudämpfungsöfen (Bild 10.67.).

Beabsichtigt ist beim Blaudämpfen, dem Dachziegel in etwa die Farbe von Schiefer zu geben. Echte Schieferplatten zur Dachdeckung waren ein sehr teures Material, das in alten Zeiten, besonders im Barock und Rokoko, häufig für repräsentative Bauten wie Schlösser, Kirchen, Rathäuser usw. verwendet wurde. Schiefer ist aber nicht überall verfügbar oder nur unter Aufwendung hoher Transportkosten zu beschaffen, weshalb man versuchte, dem Dachziegel die Farbe des Schiefers zu geben, was durch Dämpfen möglich ist. Heute ist der blaugedämpfte Dachziegel ein Produkt, das bei Liebhabern große Wertschätzung genießt und beim gehobenen Wohnhausbau oder für Restaurierungszwecke Verwendung findet (Bilder 10.68.+10.69.).



Bild 10.68. Historische Dämpföfen in Funktion bei Firma Alphons Mayer KG in Emmerich, 2001: Blick in eine abgebrannte und eine frisch gesetzte Ofenkammer



Bild 10.69. Herdwagenofen zum Blaudämpfen von Dachziegeln, um 1990, Fa. Instalat BV, NL-Lent

10.4.6.6. Kammeröfen mit überschlagender Flamme

In der Mitte des 19. Jahrhunderts begann, nicht zuletzt durch den Einfluß des Baumeisters Karl Friedrich Schinkel, eine Renaissance der reinen Backsteinarchitektur. Damit wuchsen auch die Qualitätsansprüche an die Produkte. Die bis dahin üblichen Ofenkonstruktionen waren zum einen verbesserungsbedürftig hinsichtlich der Gleichmäßigkeit der Temperaturverteilung im Brennraum, zum anderen waren diese Brennöfen mit aufsteigender und waagerechter Flammenführung zum Brennen von Erzeugnissen mit gesintertem Scherben wenig geeignet. Besonders die aufsteigende Flamme ließ die höchsten Temperaturen zuerst in der Nähe der Ofensohle entstehen. Hier setzte auch zuerst das Sintern und damit ein Erweichen des Scherbens ein, wobei die Belastungen durch das darüber gesetzte Brenngut zu bleibenden Deformationen führen konnte. Diese Verhältnisse erweckten den Wunsch, die höchsten Temperaturen und die am weitesten gehende Scherbenerweichung nicht an der Ofensohle, sondern unter dem Ofengewölbe auftreten zu lassen. Das führte zur Entwicklung des Ofens mit überschlagender Flamme, wobei bezüglich der Rostfeuerung mit Feuerständer vermutlich der Kasseler Ofen als Vorbild diente (Bild 10.70.).

Der Vorteil dieses Ofens besteht deshalb auch darin, daß die Brennstoffe mit dem Brenngut nicht in Berührung kommen, weil die Feuerherde durch gemauerte Ständer oder Feuerbrücken getrennt sind, Kohle und Asche also zurückgehalten werden, und nur die Flammen bzw. Brenngase in den Feuerraum gelangen. Die Verbrennungsgase steigen über die Feuerbrücke zunächst nach oben unter die Brennraumdecke, wo sich die höchste Temperatur einstellt. In

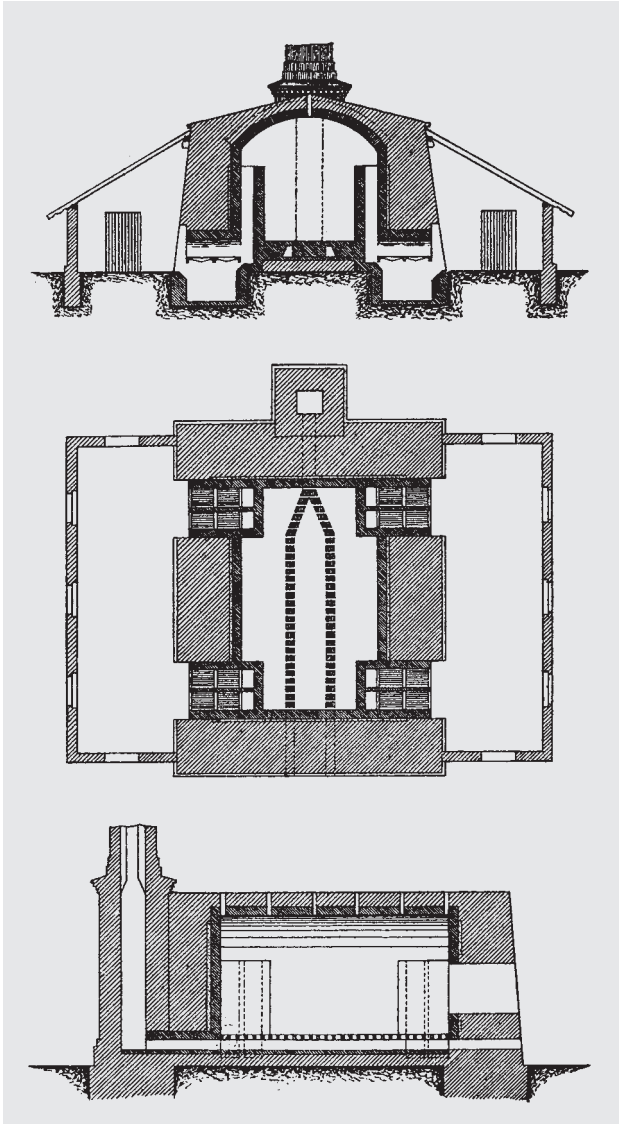


Bild 10.70. Ofen mit überschlagender Flamme

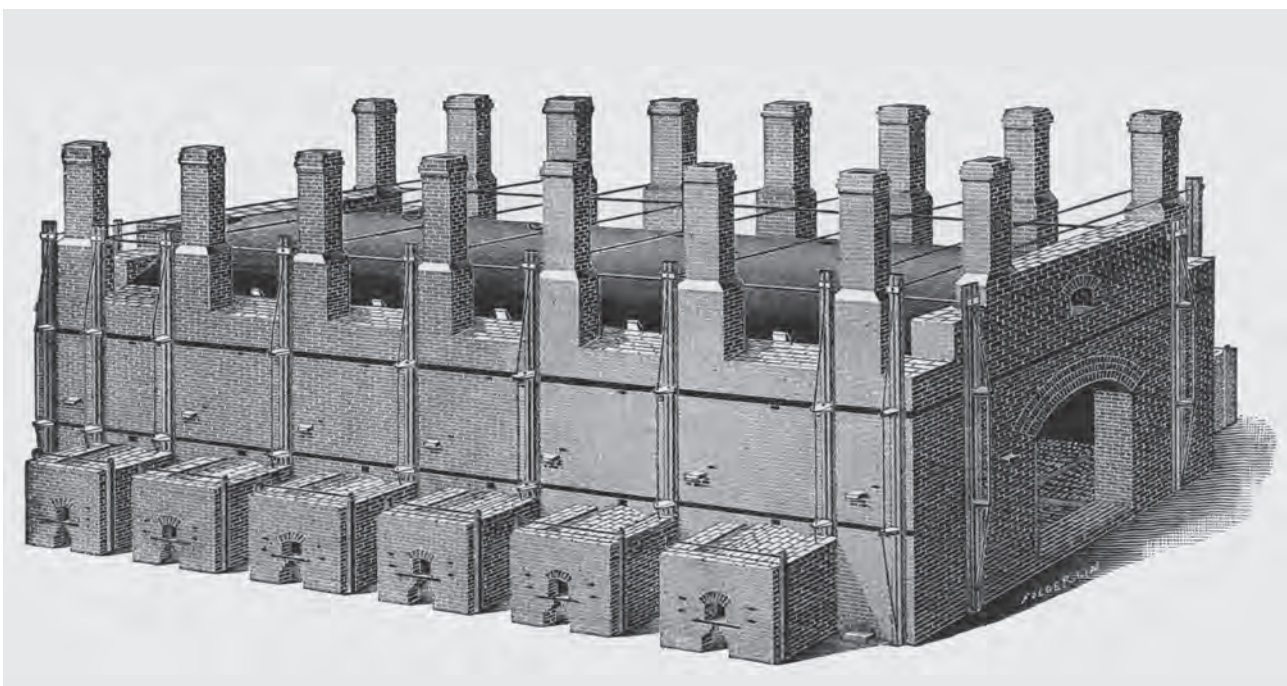


Bild 10.71. Amerikanischer rechteckiger Down draught Ofen, um 1895

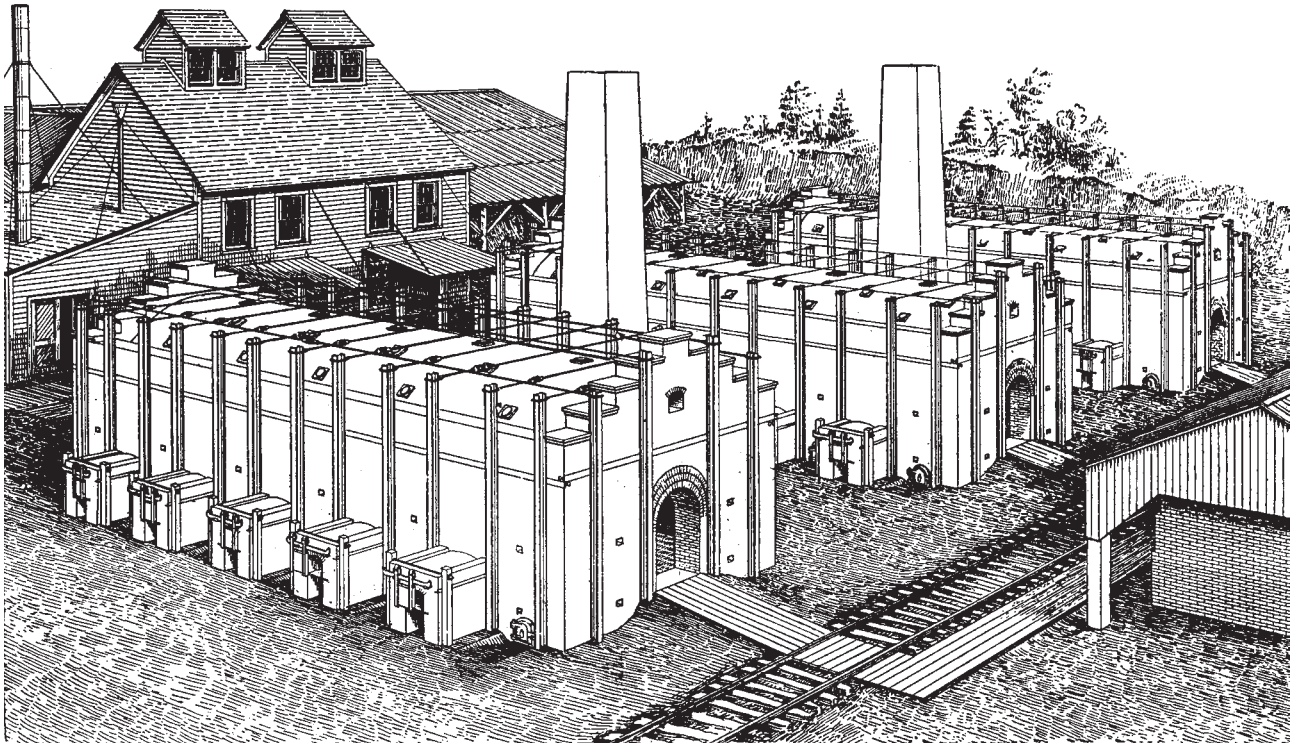


Bild 10.73. Amerikanische Ziegelei um 1890 mit drei Kammeröfen mit überschlagender Flamme (Down draught kiln)

diesem Bereich der höchsten Temperatur unter dem Gewölbe ist das Brenngut auch keinen zusätzlichen Belastungen durch darüber gestapelte Formlinge ausgesetzt. An der Ofendecke erfolgt eine Umkehrung der Strömungsrichtung, die Verbrennungsgase strömen durch das Brenngut nach unten und werden durch Öffnungen in der Ofensohle abgezogen.

Die Höhe des Brennraums war auf ca. 4,0 m begrenzt, um unzulässig hohe Temperaturunterschiede zwischen dem oberen und unteren Brennraumteil zu vermeiden. In der Regel führte man die Öfen mit zweiseitiger Rostbefuerung als Ofen mit zweiseitig überschlagender Flamme aus. Die Brennraumbreite ging dann bis max. 6,0 m, die Brennraumlänge bis etwa 16,0 m. Der Brennzyklus dieses periodisch betrie-

benen Ofens, einschließlich Setzen und Ausfahren der Ware, betrug etwa 8 bis 17 Tage. Bei gesinterter Ware, die in der Regel reduzierend gebrannt wurde, mußte die Kühlung langsamer erfolgen als bei poröser Ware und nahm 3 bis 6 Tage in Anspruch.

Die ersten Öfen mit überschlagender Flamme wurden um 1860 von A. Augustin in Lauban und von Mensing in Zwickau in den Ziegeleibetrieb eingeführt. Nach Bock sollen um 1870 auf der Thonwarenfabrik von F.C. Fikentscher in Zwickau sogar 59 von Mensing gebaute Öfen dieser Art in Gruppen verteilt zum Brennen der besseren Ware vorhanden gewesen sein. Der Ofen mit überschlagender Flamme wurde in den folgenden Jahren zum Brennen von glasierten Tonrohren, Steinzeug, Fußboden- und Wandbekleidungen, Bauterrakotta und Klinkern fast unentbehrlich. In der Ziegelindustrie wurde er, da der Ringofen zum Klinkerbrand nicht besonders geeignet ist, zum Klinkerofen par excellence und wurde bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts als solcher eingesetzt.

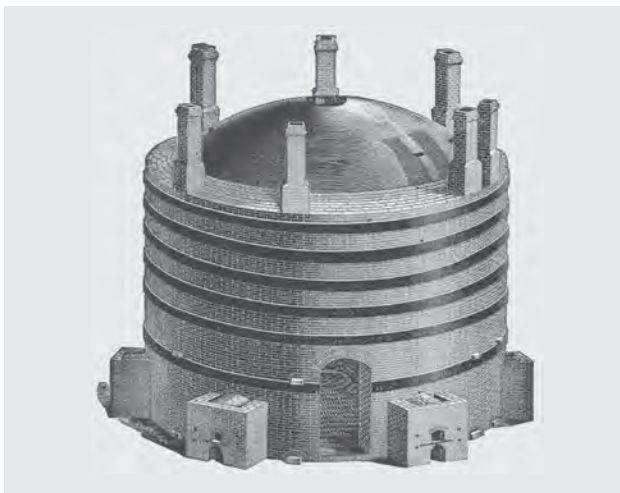


Bild 10.72. Amerikanischer runder Down draught Ofen, um 1895

In den USA war diese Ofenart als sog. Downdraft Kiln, als Rund- oder Rechteckofen, weit verbreitet und noch in den 1970er Jahren in größerer Zahl vorhanden. Die mehrfach nebeneinander angeordneten Kammeröfen waren typisch für die amerikanische Ziegelei (Bilder 10.71.-10.73.). Bemerkenswert ist, daß der Ringofen in den USA praktisch keine Rolle spielte und man dort diese Periode des kontinuierlichen Ofens bis zur allmählichen Einführung des Tunnelofens ab etwa 1915 übersprungen hat. Ein Grund für die lange Beibehaltung des energieaufwendigen periodischen Kammerofens dürften die niedrigen Brennstoffkosten in den USA gewesen sein.

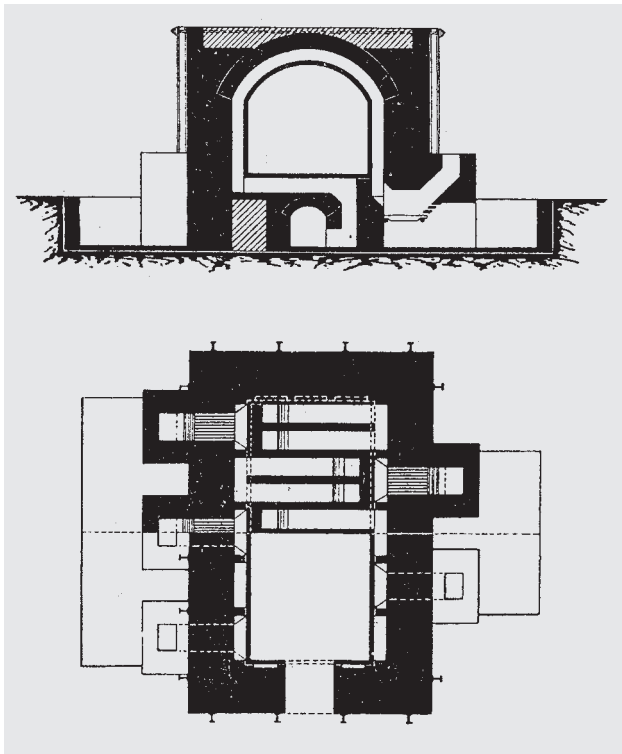


Bild 10.74. Muffelofen mit unterem Rauchgasabzug

10.4.6.7. Muffelofen

„Ofen zum Brennen von Thonwaren ohne Berührung mit der Flamme“ lautet eine frühe Charakterisierung des Muffelofens, der vor allem ein Ofen der Feinkeramik ist. In der Baukeramik wurde der Muffelofen verstärkt ab der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts eingesetzt zum Brennen der sog. feineren Tonwaren wie Bauterrakotten, Wandbekleidungsplatten, glasierten Verblendern und Dachziegeln, ab der Zeit also, in der diese Produkte vermehrt in Gebrauch kamen. Man bediente sich des Muffelofens für Waren, bei denen es auf die Erzielung größter Farbreinheit oder den Schutz der empfindlichen Glasuren vor der unmittelbaren Berührung mit den Verbrennungsgasen ankam (Bild 10.74.).

Unter Muffel versteht man einen allseitig geschlossenen Behälter mit dünnen feuerfesten Wänden, der so in den Ofen eingebaut wird, daß die Verbrennungsgase zwischen der Muffel und den Ofenwänden streichen und die Muffel von allen Seiten umspülen können. Das Einsetzen der zu brennenden Ware in die Muffel erfolgt von einer Stirnseite aus, die mit einer dünnen feuerfesten Wand fest verschlossen wird, sobald die Muffel gefüllt ist. Um die sich zu Beginn des Erhitzens in der Muffel bildenden Dämpfe entweichen zu lassen, wurden in der Muffeldecke Abzugsrohre angebracht, die durch entsprechende Öffnungen in der Ofendecke geführt und mit Stöpseln aus gebranntem Ton geschlossen wurden.

Es gab Einzel- und Doppelmuffelöfen (Bilder 10.75.+10.76.). Beim Doppelmuffelofen befindet sich

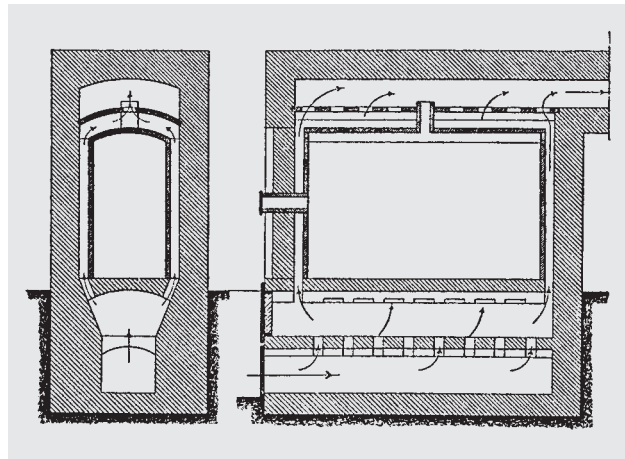


Bild 10.75. Einzel-Muffelofen

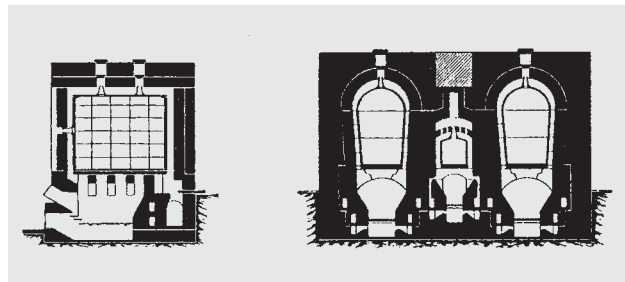


Bild 10.76. Doppel-Muffelofen

zwischen den beiden größeren Muffeln noch eine kleinere Muffel für Versuchszwecke. Da der Muffelbrand durch das zusätzliche Erhitzen der Muffel sehr viel Brennstoff benötigte, verwendete man bei entsprechend großen Leistungen auch Muffelöfen für ununterbrochenen Betrieb. Hierbei wurden mehrere Einzelkammeröfen um einen gemeinsamen Schornstein herum so angelegt, daß die von einer im Feuer stehenden Muffel abziehenden Verbrennungsgase nacheinander noch mehrere Muffeln bestrichen und vorwärmten.

Grundsätzlich konnte jede Feuerungsart verwendet werden. Es gab Muffelöfen mit aufsteigender, absteigender und waagerechter Flammenführung. Sog. Langmuffelöfen mit stirnseitiger Feuerung und waagerechter Feuerführung wurden bevorzugt zum Brennen glasierter Verblend- und Dachziegel und glasierter Ofenkacheln verwendet.

Einer der Pioniere der deutschen Verblendziegelfabrikation war der Kommissionsrat A. Augustin, der 1855 die Laubaner Tonwerke gründete, die glatte Verblender, Profilsteine und Bauterrakotten herstellten, später auch weiße Steine mit Porzellan glasur. Augustin war einer der ersten, der periodische Muffelöfen mit überschlagender Flamme in der Baukeramik verwendete. Um 1880 konstruierte er einen kontinuierlich brennenden Muffelofen mit auf- und niedergehender Flamme und ringofenähnlichem Betrieb, den sog. „Mäanderofen“. Dieser Ofen wurde mit Generatorgas befeuert und war noch in den 1920er Jahren in dem Laubaner Werk in Betrieb.

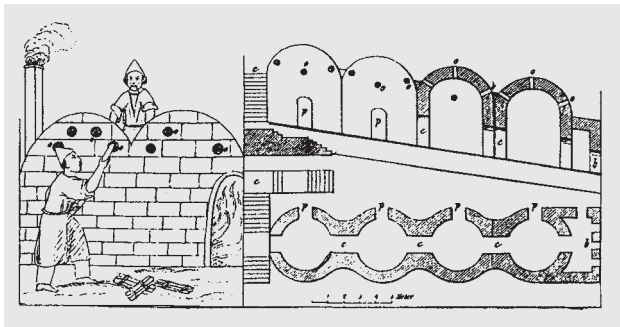


Bild 10.77. Bienenkorbförmige chinesische Brennöfen des 15. Jahrhunderts, die bereits die Idee der Ausnutzung der Brenngase zeigen

10.5. Die Vorläufer des Ringofens

Es war die unbefriedigende Brennweise der bekannten Öfen sowie der Wunsch, Brennstoff zu sparen, ihn besser auszunutzen und letztlich gewinnbringender oder billiger produzieren zu können, die immer wieder den Erfindergeist anregten und nach neuen Brenntechniken suchen ließen. Schon früh erkannte man, daß ein Weg dazu in einem kontinuierlichen Brennen und einer Vorwärmung der ungebrannten Ziegel durch Ausnutzung der Abgase liegen konnte (Bild 10.77.).

Die Reihe der diesbezüglichen Versuche und damit der Vorläufer des Ringofens ist lang und umfaßt die Zeitspanne von 1770 bis 1857. Von Zsutty¹⁰¹ wird diese Entwicklung ausführlich beschrieben, ein Thema, mit dem sich auch Böger¹⁰² und Schyia¹⁰³ befassen.

Eröffnet wurde die Reihe durch den Ziegeleibesitzer Pippow in Stolp (heute Stupsk) in Pommern, der um 1770 in einem halbkontinuierlich arbeitenden Fünfkammerofen brannte und damit eine Brennstoffersparnis von 30-40 % erzielte. Zehn Jahre lang soll dieser Ofen in Betrieb gewesen sein. Eine ähnliche Idee hatte der Ziegelbrenner Johann Georg Müller aus der Gegend von Leipzig, der 1776 seinen Plan,

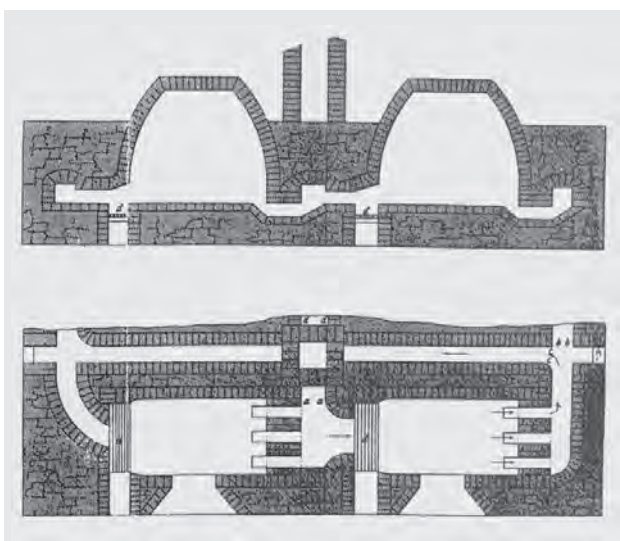


Bild 10.78. Ofen von Weberling, 1840

aus sechs Öfen einen Verbundofen zu bilden, beim Königlich Preußischen Oberbaudepartement in Berlin einreichte. Sein Vorschlag enthielt damals schon die Idee des kontinuierlichen Brennens und des Vorwärmens des ungebrannten Guts durch die Abgase. Obwohl man die zu erzielende bedeutende Holzersparnis in diesem Ofen nicht bezweifelte, wurde sein Plan abgelehnt, u.a. mit der Begründung, ein so leistungsfähiger Ofen würde den Absatz der in den königlich preußischen Landen bereits etablierten vielen Ziegeleien schmälern.

Um 1828 entwickelt Philipp von Girard in Hirtenberg bei Wien ein Brennofenkonzept, das zwar noch die Befuerung von außen vorsieht, aber ansonsten dem Prinzip des Hoffmann'schen Ringofens schon sehr nahe kommt. Für seine Erfindung, für die er eine Form „nach dem Umfang eines Kreises“ vorsah, erhielt v.Girard 1829 ein österreichisches Privileg – vermutlich wurde aber nie ein Ofen dieser Art gebaut. Zsutty hält es allerdings für wahrscheinlich, daß Hoffmann Kenntnis von dieser Erfindung hatte und sich möglicherweise von ihr inspirieren ließ.

Zu den unmittelbaren Vorläufern des Ringofens wird auch der 1835 von dem Königl. Würthembergischen Hüttenverwalter Weberling in Königsbronn entwickelte Verbundofen gezählt. Er bestand aus vier um einen Schornstein gruppierten Kammern, die durch mit Schiebern verschließbare Rauchabzugskanäle verbunden waren (Bild 10.78.). Ein Ofen dieses Typs soll um 1840 ausgeführt worden sein und eine beträchtliche Brennstoffersparnis erzielt haben.

Ein Verbundofen aus sieben Kammern, die ringförmig um einen Schornstein gruppiert waren, wurde von dem Maurermeister Arnold aus Fürstenwalde bei Berlin 1839 in Ketschendorf gebaut. Als Ziegelofen bewährte er sich nicht und wurde daher 1842 zu einem Töpferofen umgebaut. Er sollte allerdings noch eine entscheidende Rolle bei der Aufhebung des preußischen Patents von Friedrich Hoffmann spielen.

Die Bezeichnung Circular Kiln = Ringofen taucht erstmals 1841 bei dem Ofen des Zivilingenieurs John Gibbs aus Kennington/England auf. Er bestand aus einem in sich geschlossenen ringförmigen Brennkanaal, der durch durchbrochene Zwischenwände in 12 Abteilungen aufgeteilt war. Jede Abteilung war mit einem absperrbaren Rauchabzugskanal über einen ringförmigen Rauchsammelkanal mit dem zentralen Schornstein verbunden. Jede Kammer wies aber noch eine von außen zu bedienende Einzelfeuerung auf. Ansonsten war der in England patentierte Gibbs'sche Ringofen aber ein echter kontinuierlicher Ringofen, der sich allerdings in der Praxis nicht durchsetzen konnte (Bild 10.79.).

In einer Ziegelei in Biedermansdorf südlich von Wien war seit 1841 ein von Carl Ludwig Müller entworfener Brennofen in Betrieb. Müllers Ziegelbrennofen bestand aus zwei nebeneinander angeordneten Rundöfen mit einem Fassungsvermögen von je ca. 50 000 Stück Mauerziegel, die von außen über je 11 Rostfeuerungen beheizt wurden und über einen Kanal miteinander verbunden waren. Wurde in einem

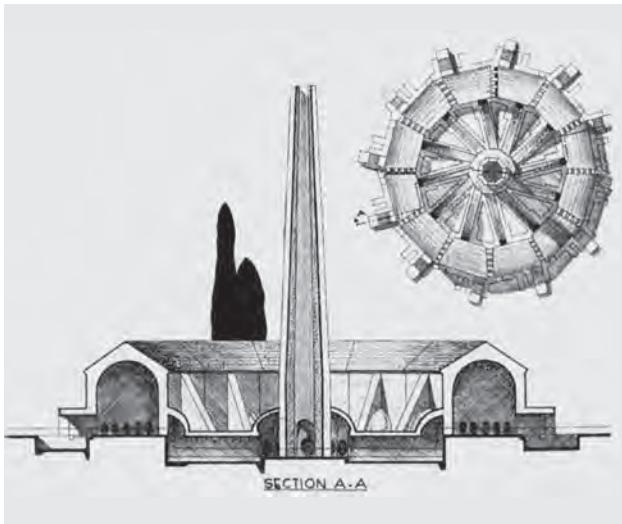


Bild 10.79. Ringofen von Gibbs, 1841

Ofen gebrannt, wurde mit seinen Abgasen der Einsatz des Nachbarofens vorgewärmt. Mit dieser Ausführung war zwar noch kein kontinuierlicher Brennbetrieb möglich, doch Müller plante einen solchen durch die Anordnung von drei oder vier solcher Öfen. Dieser Plan wurde allerdings nie realisiert (Bild 10.80.).

Ringförmige Ziegelbrennöfen sollen 1843 von Peclet und 1855 von Charles Jean Baptiste Barbier konstruiert worden sein, wobei nähere Einzelheiten nicht bekannt sind.

Als wichtigster Ringofenvorläufer gilt der 1857 beschriebene Ofen, der in Villeneuve le Roi an der Yonne von Maille nach seinem Patent von 1839 gebaut worden war (Bild 10.81.). Erstmals wurde der Ofen nicht mehr über Rostfeuerungen von außen beheizt, sondern das Brennmaterial wurde von oben durch Schürflöcher in den Brennkanaal aufgegeben.

Ein wenig bekannter Vorläufer des Ringofens ist auch der „Ziegelwaren-Ofen“ von G. Hullmann in Elzhorn, dem dafür 1854 in Oldenburg ein Patent erteilt wurde. Bock veröffentlichte 1894 einen Grundriß dieses Ofens (Bild 10.82.).

So haben sich also über einen Zeitraum von fast einhundert Jahren zahlreiche Ziegler und Erfinder mit der Idee des kontinuierlichen Brennens befaßt und so den Boden für einen neuen Ofentyp bereitet, der dann von Hoffmann und Licht 1859 realisiert wurde.

10.6. Der Ringofen

Der große Durchbruch in der Ziegelbrenntechnik gelang mit der Erfindung des Ringofens, für den dem deutschen Baurat Friedrich Hoffmann, Berlin, gemeinsam mit dem Stadtbaurat Licht, Danzig, am 17.4.1858 in Österreich und am 27.5.1858 in Preußen Patente erteilt wurden. Mit dem von Hoffmann konstruierten Ringofen war es erstmals möglich, in

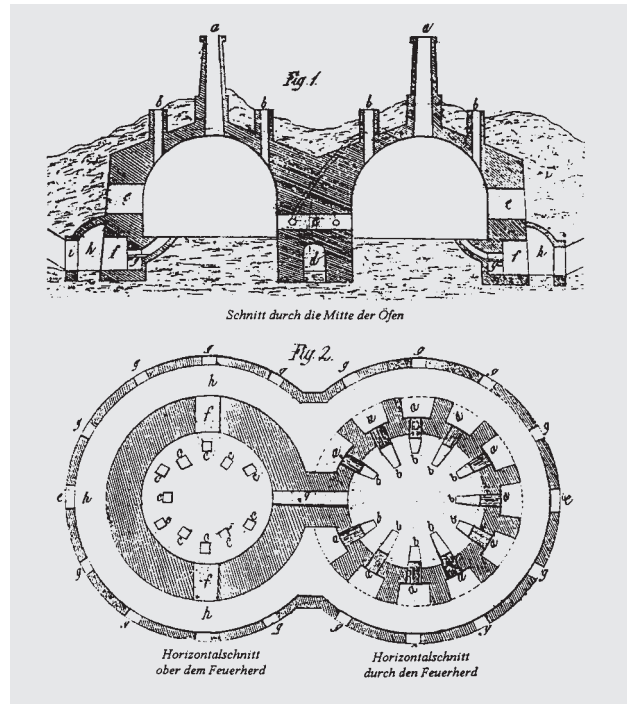


Bild 10.80. Ziegelbrennofen von Carl Ludwig Müller, 1841

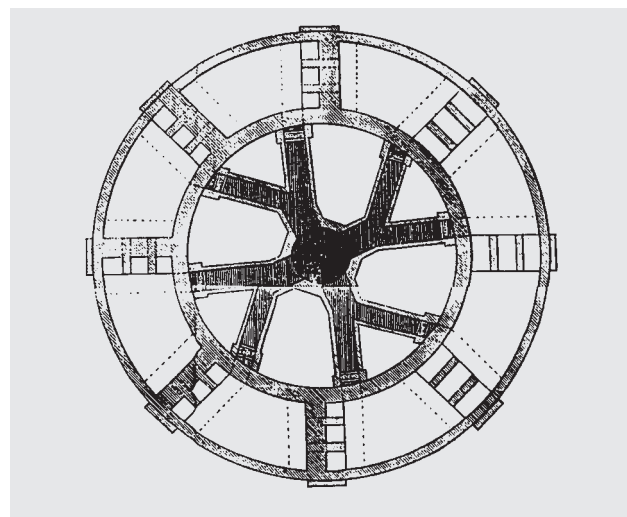


Bild 10.81. Ringförmiger Ofen mit 8 Kammern von Maille in Villeneuve le Roi, 1857

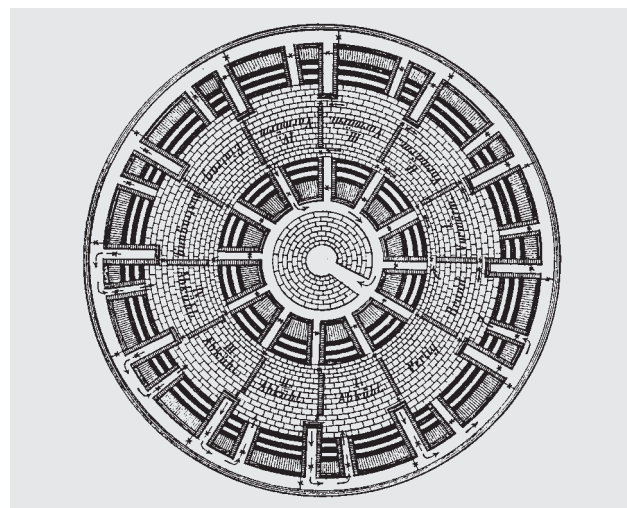


Bild 10.82. Kontinuierlicher Ziegelofen von Hullmann, 1854



Bild 10.83. Grabmal der Familie Friedrich Hoffmann auf dem Dorotheenstädtischen Friedhof in Berlin-Mitte, erbaut mit weißen Verblendziegeln und farbigen Terrakotten aus Hoffmanns Siegerdorfer Werken in Niederschlesien, jetzt Zegezycowa/Polen

kontinuierlichem Betrieb größere Massen von Ziegeln zu brennen. Hinzu kam eine enorme Brennstoffersparnis. Diese wird deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß der Deutsche Ofen zum Brennen von 1000 Mauerziegeln ca. 400-600 kg Steinkohle benötigte und der Kasseler Ofen ca. 350-450 kg, der Ringofen dagegen, bei Handschüttung, nur ca. 115-125 kg. Um 1870 wurden die Brennstoffkosten für 1000 Mauerziegel im Feldbrand mit 15 Mark, im gewölbten Kammerofen mit 14 Mark und im Ringofen mit 5 Mark angegeben. Der Ringofen, in Österreich zunächst Zirkulationsofen genannt, sonst allgemein auch als Hoffmannscher Ringofen oder Hoffmannofen (engl. Hoffmann kiln, frz. Four Hoffmann) bekannt, setzte sich daher, nach einer etwas zögerlichen Einführungsphase, schnell durch und wurde, zusammen mit seinen verschiedenen Abarten, für die nächsten 100 Jahre zum maßgebenden Ziegelbrennaggregat.

Weber⁵³ schreibt schon 1914: „Das Verdienst Hoffmanns nicht nur um die deutsche, sondern um die Ziegelindustrie der ganzen Welt ist ein so eminentes, daß dieser Mann als Schöpfer einer neuen Epoche bezeichnet werden kann. Durch seine Erfindung werden der Welt jährlich Millionen Tonnen von Kohlen erspart, denn der Ringofen ist und bleibt der billigste Brennapparat.... Die gesamte deutsche Ziegeleitechnik schuldet diesem großen Mann dermaßen viel, daß es Zeit wäre, daran zu denken, ihm ein Denkmal zu setzen“.

Es sollte noch bis zum Jahr 2000 dauern, dem Jahr des 100. Todestags Hoffmanns, bis dies verwirklicht wurde. Auf Initiative eines neugegründeten Friedrich-Hoffmann-Fördervereins wurde im April 2000 im Ziegeleipark Mildenberg, einem Technikmuseum bei Zehdenick, etwa 70 km nördlich von Berlin, auf einem Hoffmann-Ringofen eine ständige Friedrich Hoffmann Gedenkausstellung eröffnet (Bilder 10.83.+10.84).



Bild 10.84. Außenansicht des Ringofens im Ziegeleipark Mildenberg bei Zehdenick, auf dem die Friedrich Hoffmann Gedenkausstellung untergebracht ist

10.6.1. Die Hoffmann Ringofenstory

Auf die umfangreiche und komplexe Entwicklungsgeschichte des Ringofens soll hier nur kurz eingegangen und diesbezüglich auf die einschlägige Literatur verwiesen werden.¹⁰¹⁻¹⁰⁷ Die Gründe, die Friedrich Hoffmann (1818 – 1900) dazu führten, sich mit der Konstruktion eines Ziegelbrennofens zu befassen, sind im einzelnen nicht bekannt, lassen sich jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit aus seinem Werdegang ableiten. Hoffmann studierte von 1843 bis 1845 an der Königlichen Allgemeinen Bauschule Berlin, die auch sein Partner Julius Albert Gottlieb Licht (1821-1898) von 1845 bis 1848 besuchte. Vermutlich liegt hier der Anfang ihrer Bekanntschaft. Hoffmann war nach seinem Examen als Baumeister, von 1845 bis 1858 als Inspektor beim Eisenbahnbau in Norddeutschland tätig, während Licht sich als Ingenieur zunächst beim Straßenbau, dann beim Bau eines Bahnhofs betätigte, später beim Brückenbau in Wien.

Es war die Zeit der allgemein beginnenden Industrialisierung Deutschlands, des Entstehens gewaltiger Großstädte und nicht zuletzt des Ausbaus des Eisenbahnnetzes, die einen enormen Ziegelbedarf auslösten, der mit den damaligen Produktionsmitteln der Ziegeleien kurzfristig nicht zu decken war. So erforderte z.B. in den Jahren 1848/51 der Bau der Göltzschtalbrücke und der Elstertalbrücke im sächsischen Vogtland an der Eisenbahnlinie Leipzig-München alleine 26 bzw. 12 Mio. Stück hartgebrannt-



Bild 10.85. Mauerziegel mit den Zieglerzeichen von Alois Miesbach und Heinrich Drasche: ein kaiserlicher Doppeladler und rechts und links davon die Anfangsbuchstaben ihrer Namen

te Ziegel. Die durchschnittliche Jahreskapazität von 0,5-1,5 Mio. Ziegeln einer damaligen Ziegelei verdeutlicht die Dimensionen.

Im Rahmen ihrer Tätigkeit erkannten Hoffmann und Licht sehr deutlich die Problematik der Ziegeleien, kontinuierlich große Menge an Ziegeln mit konstanter Qualität zu liefern. Dies war sicher der entscheidende Anstoß für sie, sich die Aufgabe zu stellen, einen Ofen zu entwickeln, der imstande war, in kontinuierlichem Betrieb große Massen an Ziegeln zu brennen, zumal die Lösung dieser Aufgabe auch einen großen wirtschaftlichen Gewinn versprach.

Mit der Entwicklung des Ringofens dürften Hoffmann und Licht um 1855/56 begonnen haben. Licht arbeitete um diese Zeit in Wien, wo er Alois Miesbach und Heinrich Drasche kennenlernte und mit Hoffmann bekannt machte. Miesbach war der Besitzer und Drasche, sein Neffe und Alleinerbe, der mit 5000 Beschäftigten und einer Jahresproduktion von 117 Mio. Stück Mauerziegeln damals wohl größten Ziegelwerke in Europa, aus denen der heutige, global agierende Ziegelkonzern Wienerberger Baustoffindustrie AG, Wien, hervorging (Bild 10.85.). Bei diesen Männern fand Hoffmann großes Interesse für seine Idee eines kontinuierlichen Ofens, und sie ermöglichten ihm auch die Durchführung praktischer Versuche in ihrem Werk Inzersdorf am Wienerberg.

So ist es kein Zufall, daß Hoffmann und Licht ihren Ofen gleichzeitig in Wien und Berlin zum Patent anmeldeten und am 17.4.1858 zuerst das Österreichische Ringofen-Privileg und am 27.5.1858 das Preußische Ringofen-Patent erhielten.

Licht wurde dann von Wien aus als Stadtbaurat nach Danzig berufen und trat in der Folge im Zusammenhang mit dem Ringofen kaum noch in Erscheinung.

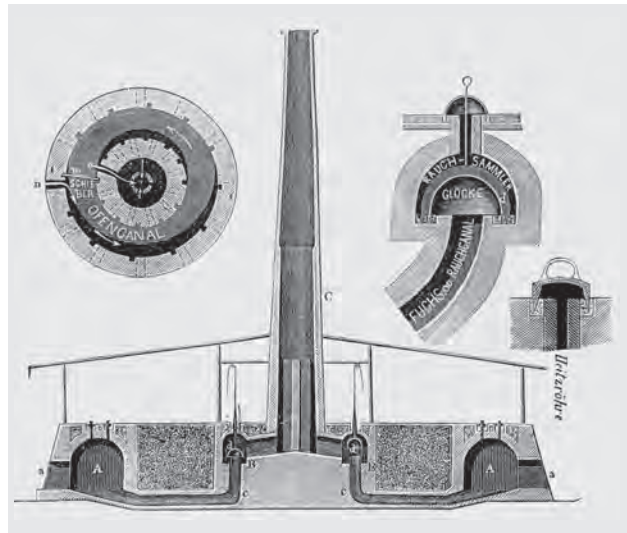


Bild 10.86. Schema des Hoffmann'schen Ringofens mit Details der Rauchgasglocke und des Schürlochdeckels

Wie groß der Anteil von Licht an der Erfindung des Ringofens ist, läßt sich nicht genau abschätzen. Während man zunächst allgemein noch vom Hoffmann-Lichtschen-Patentofen sprach, verblaßte der Name Licht immer mehr, so daß nach kurzer Zeit nur noch vom Hoffmann-Ofen die Rede war (Bild 10.86.).

Hoffmann gründete 1858 in Berlin ein Baugeschäft und das erste Ziegeleitechnische Büro und widmete sich fortan fast ausschließlich der Entwicklung des Ringofens. Der erste Ringofen wurde, unter finanzieller Beteiligung von Hoffmann, 1859 in Scholwin bei Stettin gebaut (Bild 10.87.). Er stand unter keinem besonders glücklichen Stern, denn die Frühjahrsüberschwemmungen der Oder von 1860 setzten ihn gleich unter Wasser. Der Scholwiner Ofen zeigte noch alle Kinderkrankheiten des Prototyps, mußte mehrmals umgebaut werden und wurde schließlich 1890 abgerissen. Trotzdem – eine Brennstoffersparnis von 60-70 % und die prinzipielle Eignung des Verfahrens hatten sich bestätigt. Es waren Vorteile, die für einen schnelle Einführung des Ringofens sprachen. Wegen seiner relativ hohen Baukosten führte er sich zunächst nur langsam ein. Im Jahre 1860 wurden noch zwei und 1861 noch drei Ringöfen gebaut. Ende 1863 waren 25 Öfen in Betrieb. Der erste Ringofen in den USA wurde 1866 in Carbon Cliff, Rock Island County, Ill. gebaut. Um 1870 waren in Preußen 331 und weltweit 639 Ringöfen vorhanden. Der allgemeine Siegeszug begann nach dem Krieg von 1870/71, und 1876 gab es weltweit schon über 2000 Ringöfen.

Friedrich Hoffmann stellte seinen Kunden alle erforderlichen Baupläne und Detailzeichnungen sowie sämtliche Informationen zum Bau und Betrieb des Ofens ohne besonderes Entgelt zur Verfügung (Bild 10.88.). Er beanspruchte aber eine Lizenzgebühr von 5 Preußischen Silber Groschen (1/12 Taler) pro 1000 Ziegel, die während der Patentdauer in dem Ringofen gebrannt wurden. Für den Kunden, der mit dem Ringofen 2 Taler pro 1000 Stück an Brennstoffkosten einsparte, war dies nicht viel, für Hoffmann bei

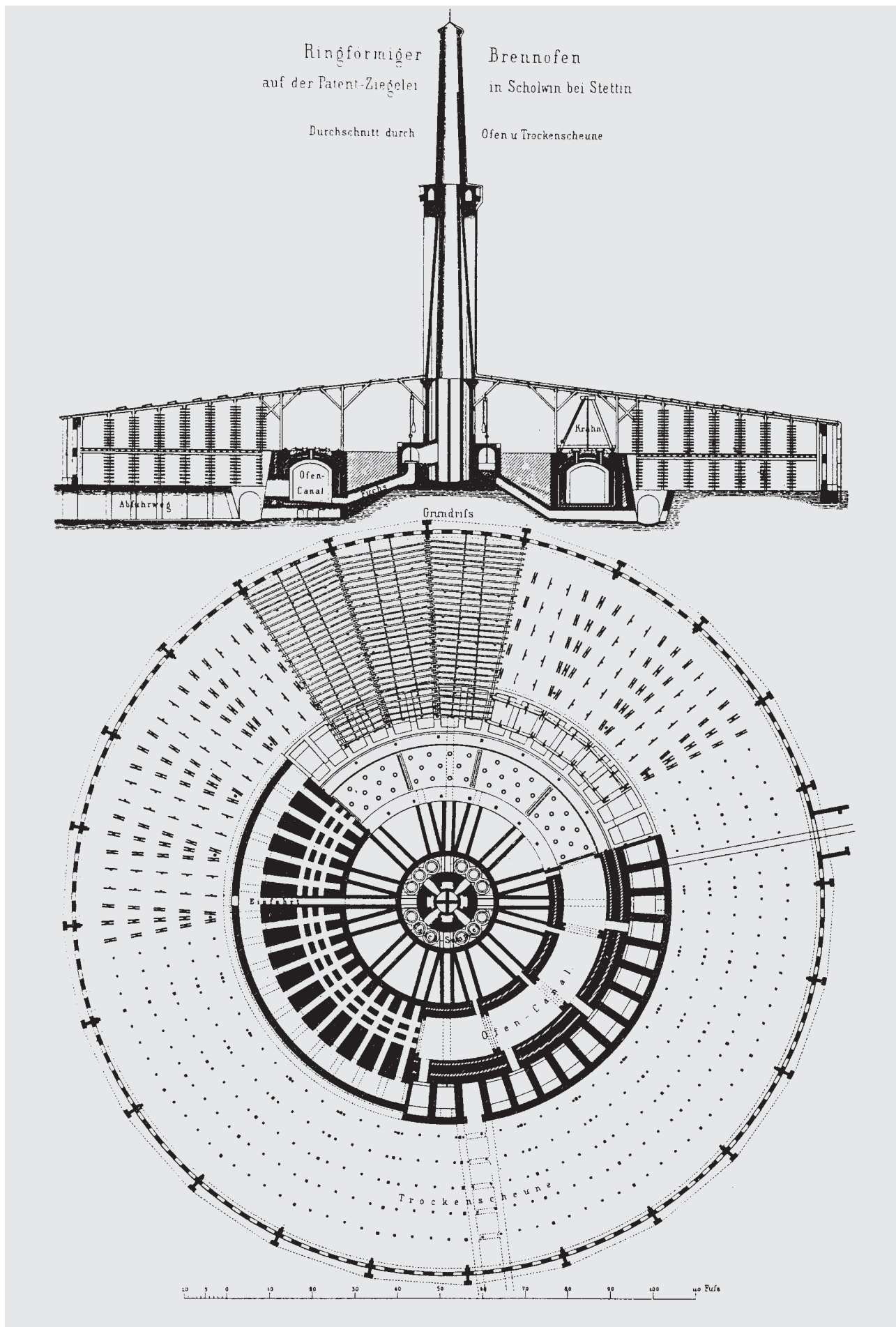


Bild 10.87. Grundriß und Schnitt des „Ringförmigen Brennofens mit Trockenscheune auf der Patent-Ziegelei in Scholwin bei Stettin“, 1859, nach dem preußischen Patent von Friedrich Hoffmann und A. Licht, 1858



Bild 10.88. Anzeige des Technischen Bureaus von Friedrich Hoffmann

der steigenden Zahl der Ringöfen aber ein lukratives Geschäft. Gleichzeitig mußte sich der Ofenbetreiber verpflichten, Hoffmann alle durchgeführten Verbesserungsmaßnahmen und besonderen Erfahrungen zur Kenntnis zu bringen. Um die weitere Einführung des Ringofens zu fördern und eine Zentralstelle aller mit der Technik des Ringofens zusammenhängenden Fragen zu schaffen, gründete Hoffmann am 10. Januar 1865 den Verein für Fabrikation von Ziegeln, Kalk und Zement.

Sein Erfolg und die Aussichten auf großen finanziellen Gewinn brachte viele Neider auf den Plan, die Hoffmanns Patent anfochten. Grundlage der Klage beim preußische Handelsministerium war die Behauptung, daß bereits 1839 ein kontinuierlicher Ofen nach dem Ringofenprinzip in Betrieben gewesen sei, Hoffmann folglich auch nicht als Erfinder gelten könne. Als besonders gefährlich sollte sich der junge Berliner Baumeister Paul Löff erweisen. Er fertigte einen stark idealisierten Plan des Arnold'schen Ofens in Ketschendorf an, der ausschlaggebend dafür war, daß es am 9. August 1872 zur Aufhebung

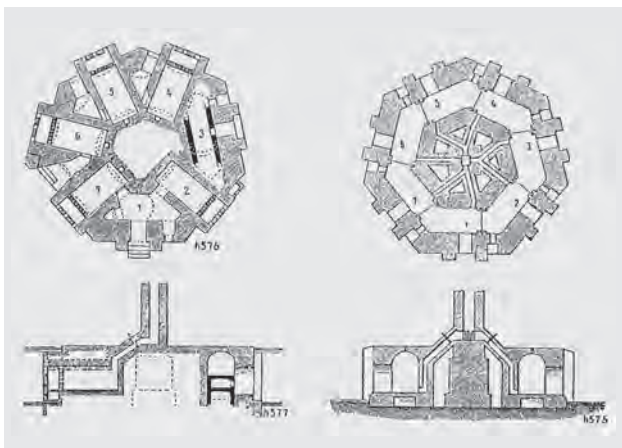


Bild 10.89. Zwei Aufnahmen des 1839 gebauten Arnold'schen Ofens. Rechts: idealisierter und geschöner Plan von Paul Loeff, 1870, links: vermutlicher Urzustand des Ofens nach der Aufnahme des Stadtbaumeisters Steinbart aus Lauban, 1872

des seit 12 Jahren bestehenden und bereits zweimal verlängerten Hoffmannschen Ringofenpatents kam. Eine spätere Aufnahme des Arnoldschen Ofens von Steinbart aus dem Jahre 1872 zeigt, daß die Aufnahme Löffs mit der tatsächlichen Ausführung des Ofens nicht übereingestimmt hatte (Bild 10.89.).

Paul Löff ließ sich später einen länglichen Ringofen mit eckigen Endkammern patentieren, wofür er aber die Bezeichnung Ringofen tunlichst vermied und immer nur von „Patentirten Brennöfen“ sprach (Bilder 10.90.+10.91.).

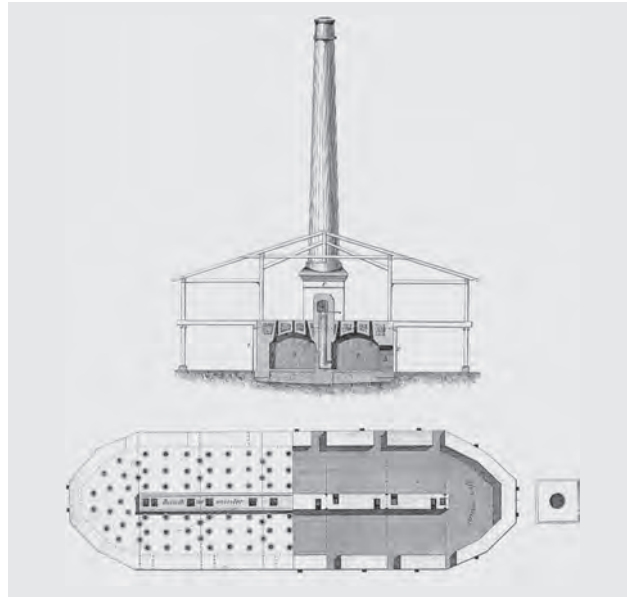


Bild 10.90. Löff'sche Ringofenkonstruktion, um 1872

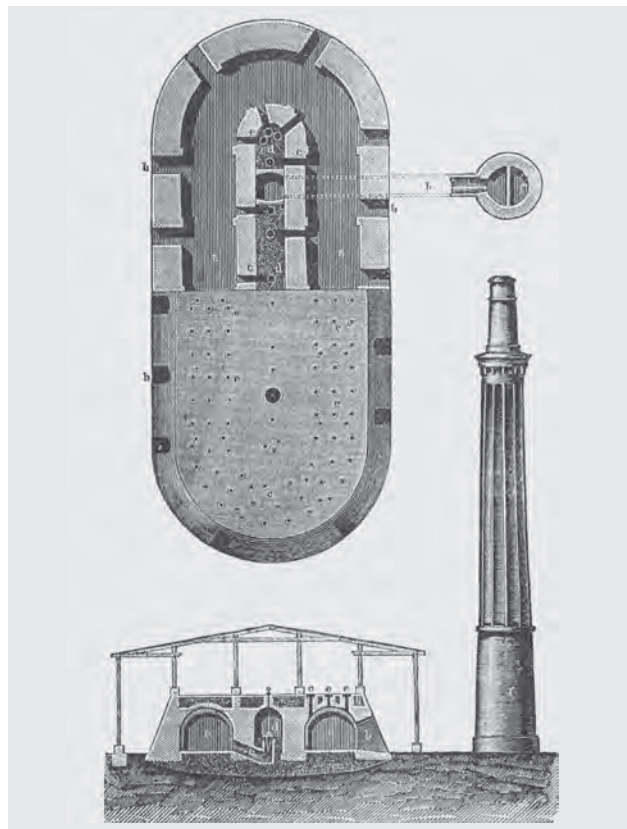


Bild 10.91. Die Hoffmann'sche oblonge Ringofenkonstruktion um 1865 verdeutlicht Loeff's Imitation



Bild 10.92. Firmenlogo von Ferdinand Feld, einem der letzten echten Ringofenbauer in Deutschland, 1960

Die Folge des Wegfalls des Monopols von Hoffmann war, daß nun fast jeder glaubte, auch Ringöfen bauen zu können, was zum Schaden der Ziegler zu vielen Fehlkonstruktionen führte. Weber schreibt 1914: „Mancher Maurerpolier, der einmal nach den Zeichnungen einer erstklassigen Ingenieurfirma die Maurerarbeiten für einen Ringofen ausgeführt hat, glaubt nun auf eigene Faust Ringöfen bauen zu können und viele Ringofen- und Schornsteinbaufirmen sind auf diese Weise entstanden“. Es entstanden aber auch eine ganze Reihe seriöser Ziegeleitechnischer Büros, die den Ringofenbau weiterentwickelten und ihm neue Impulse gaben. Zu nennen sind u.a. Jacob Bühner, August Dannenberg, Otto Bock, Georg Mendheim, Adolf Franke, Rudolf Witte, Karl Walter und Georg Zehner. Einer der letzten Ringofenbauer in Deutschland war der Bauingenieur Ferdinand Feld in Schöllkrippen, ein Schwiegersohn von Zehner. Er hatte sein Handwerk bei der Firma Zehner gelernt und machte sich 1932 selbständig. Noch 1964, im Alter von 70 Jahren, baute Feld Ring- und Zickzacköfen, vor allem im Ausland (Bild 10.92.).

10.6.2. Das Ringofenprinzip

Das Verfahrensprinzip des Ringofens ist gekennzeichnet durch folgende Merkmale: ununterbrochen fortschreitender Brennbetrieb in einem in sich geschlossenen Brennkanal, Befeuerung von oben durch die Ofendecke und Verlegung des Verbrennungsherd in den Ofen selbst (während vorher das Beheizen stets durch Schüren von außen erfolgte), große Brennstoffökonomie durch das Kühlen der gebrannten Ziegel mit der Frischluft, die dadurch für die Verbrennung vorgewärmt wird, und die Ausnutzung der Verbrennungsgase zum Vorwärmen der frisch eingesetzten Formlinge. Dieses Prinzip machte den Ringofen zum wirtschaftlichsten Brennaggregat überhaupt (Bild 10.93).

10.6.2.1. Ofenaufbau

Der Ringofen besteht aus einem in sich geschlossenen überwölbten Brennkanal, einem Rauchsammelkanal, meist mit darüber liegendem Schmauch- oder Warmluftkanal, und dem Zugerzeuger – einem

Schornstein oder einem Ventilator. In der Außenwand sind in regelmäßigen Abständen, im Mittel etwa 5 m, Türen angeordnet, die zum Ein- und Ausfahren der Ziegel dienen. Der Raum von einer Türe zur anderen wird als Kammer bezeichnet. Jeder Kammer ist ein Rauchabzug, der sog. Fuchs, zugeordnet. Diese münden in den Rauchsammelkanal. Sie können mit Hilfe von Absperrventilen, sog. Rauchventilen oder Rauchglocken, geschlossen und geöffnet werden. Der Rauchsammler ist mit dem Schornstein oder einem anderem Zugerzeuger verbunden. Im Gewölbe des Brennkanals befinden sich zahlreiche, in gleichmäßigen Reihen über die Brennkanalbreite verteilte Heizlöcher, die Schürlöcher oder Schüttlöcher, zur Aufgabe des Brennstoffs. Sie können mit Deckeln, den sog. Schürlochdeckeln, verschlossen werden.

10.6.2.2. Betriebsweise

Zur Veranschaulichung der Betriebsweise denkt man sich den Querschnitt des Brennkanals mit einem luftdichten Schieber abgeschlossen, und zwar an einer Stelle, die genau zwischen einer offenen Türe und einem geöffneten Rauchabzug liegt. Alle übrigen Ofentüren und Rauchabzüge seien geschlossen. Der durch den Schornstein des Ofens erzeugte Unterdruck oder Zug bewirkt nun eine Luftströmung, in dem er durch die offene Türe Luft ansaugt. Diese Luft durchströmt den Brennkanal in seiner ganzen Länge und verläßt ihn durch die geöffnete Rauchglocke zum Rauchsammler und Schornstein.

Im laufenden Betrieb ist der Brennkanal nun mit Ziegeln besetzt. Der Luftstrom durchzieht etwa im ersten Drittel des Brennkanals fertig gebrannte, bereits in der Abkühlung begriffene Ziegel, im zweiten Drittel im Feuer stehende Rohlinge und im letzten Drittel frisch eingesetzte, noch nicht gebrannte Formlinge. Die durch die Türe eintretende Luft kühlt also zunächst die fertig gebrannten Ziegel ab und wird dabei selbst erhitzt. Für das durch Einstreuen von Brennstoff durch die Schürlöcher unterhaltene Feuer wirkt sie als Sauerstoffträger für die Verbrennung. Auf dem weiteren Weg zum Rauchabzug durchstreift sie den frischen Einsatz und gibt an diesen wieder Wärme ab, durch die er vorgewärmt wird.

Die an der Türe stehenden Ziegel kühlen als erste ab und können ausgefahren werden. In den frei werdenden Raum können frische Formlinge eingesetzt werden (Bilder 10.94.+10.95). Ist eine Kammer mit Formlingen besetzt, so wird der Schieber angebracht und die Ofentüre zugemauert. Durch Öffnen der zugehörigen Glocke können die Rauchgase den frischen Einsatz durchstreichen und die Kammer wird in den Brennprozeß integriert. Mit dem Öffnen einer neuen Glocke wird die dem Feuer am nächsten liegende Rauchglocke geschlossen. In der Brennzone wird in der hintersten Schürlochreihe kein Brennstoff mehr aufgegeben, vorne aber eine neue Schüttlochreihe mit Kohle beschickt.

Durch die Wiederholung all dieser Vorgänge wird das Feuer ohne Unterbrechung durch den Brennka-

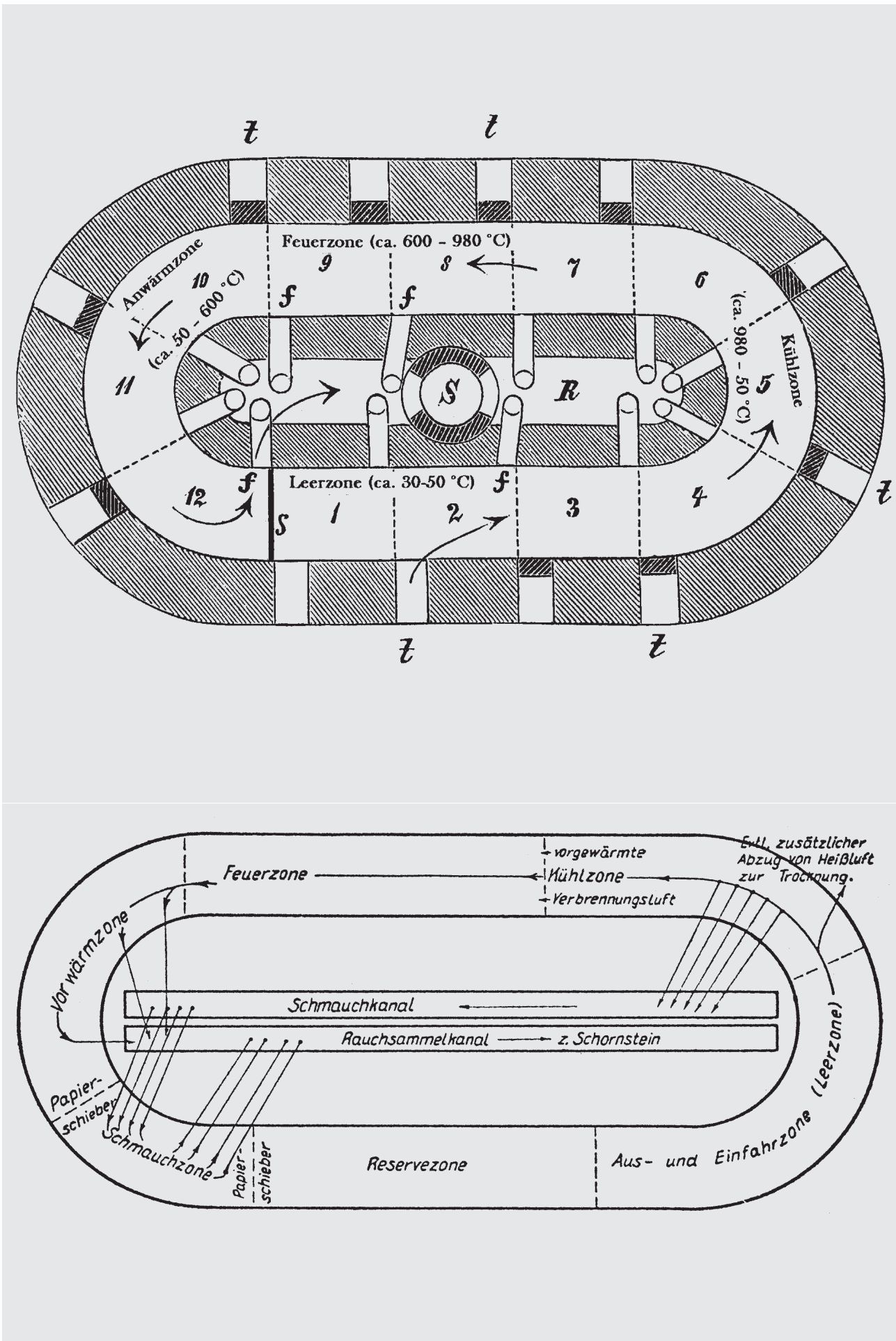


Bild 10.93. Ringofenschema mit Verfahrensablauf, oben ohne, unten mit Schmauchzone



Bild 10.94. Ofensetzer beim Einfahren der Rohlinge in eine Ringofenkammer



Bild 10.95. Setzer und Auskarrer auf dem Gang vor dem Ringofen, um 1958

nal gezogen, und auch das Einsetzen und Ausfahren geht laufend vor sich. Im praktischen Betrieb sind mindestens zwei Ofentüren offen, eine zum Ausfahren der gebrannten Ziegel, eine zum Einfahren getrockneter Rohlinge, je nach Ofengröße aber auch drei oder vier Türen. Bei laufendem Ofenbetrieb war darauf zu achten, daß sich stets etwa ebensoviel Kammern mit gebrannten Ziegeln hinter dem Feuer befanden, wie mit ungebrannten Rohlingen vor dem Feuer. Größere Ringöfen, d.h. solche mit min. 20 Kammern, wurden manchmal auch mit zwei Feuern betrieben und dann als Doppelringofen bezeichnet. Zum ersten Anfeuern eines Ringofens oder bei Saisonbetrieb zur Wiederinbetriebnahme nach der

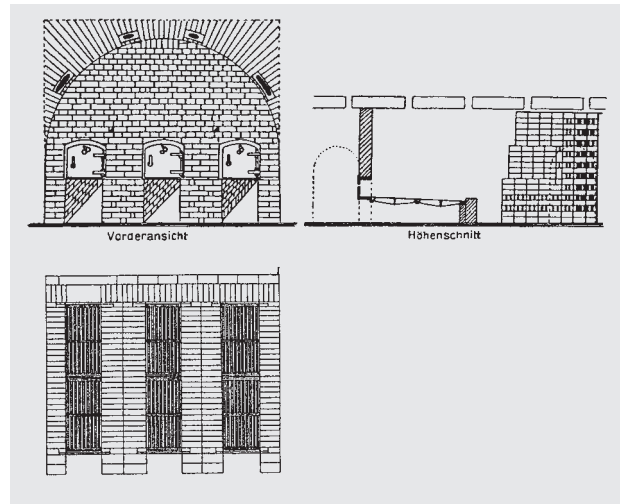


Bild 10.96. Beispiel des Einbaus einer Hilfsfeuerung zum Anstecken des Ringofens

Winterpause war der Einbau einer Hilfsfeuerung erforderlich (Bild 10.96.). War ein Ringofen einmal in Betrieb, so setzte man im allgemeinen alles daran, ihn nicht mehr ausgehen zu lassen. Es gibt Beispiele von Ringöfen, deren Feuer über 50 Jahre lang und mehr ununterbrochen in Betrieb war. Dies galt vor allem für Dachziegelwerke, die im Winter, wenn auf dem Bau nicht gearbeitet wurde, eher auf Lager arbeiten konnten als Mauerziegelwerke.

10.6.2.3. Schmauchbetrieb

Bei der Einführung des Ringofens und noch viele Jahre danach besaßen viele Ziegeleien nur Freilufttrockner. In diesen „natürlichen Trocknern“ war es aber nicht möglich, alles Wasser aus den Formlingen aufzutrocknen, die deshalb noch mit einem Wassergehalt von 5-7% in den Ofen eingesetzt wurden. Damit mußte der Ofen zum Teil auch noch die Aufgabe eines Trockners übernehmen. Dieses Austreiben der von der Trocknung zurückgebliebenen Restfeuchtigkeit durch das sog. Vorfeuer wurde als Schmauchen bezeichnet.

Bei den periodischen Öfen war das Schmauchen unproblematisch, da man durch ein langsames Anheizen bei genügender Luftzuführung die Ziegel vorsichtig vorwärmen und die entstehenden wasserdampfhaltigen Abgase leicht abführen konnte. Bei der Ringofenfeuerung waren die Verhältnisse aber ganz anders gelagert. Nach dem Entfernen des Schiebers traf der normale Abgasstrom auf die Ziegel der frisch angeschlossenen Kammer, gab Wärme ab und nahm den entstehenden Wasserdampf auf. Durch das Auftreffen auf die kalten Rohlinge kam es dann aber zu einem Abkühlen des Abgases unter den Taupunkt und zum Kondensieren von schwach schwefelhaltigem Wasser, das sich zusammen mit ausfallenden Flugascheteilchen auf der Oberfläche der Ziegel niederschlug. Dies führte zu Anflügen, den sogenannten Verschmauchungen, und einer blassen uneinheitlichen Brennfarbe.

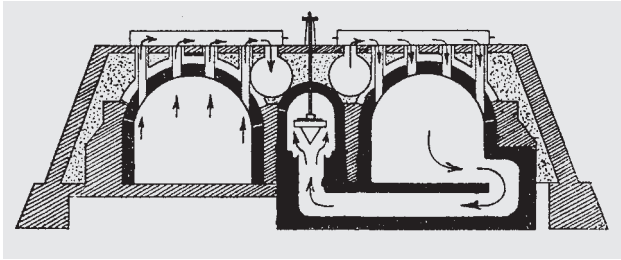


Bild 10.97. Schema einer Schmauchanlage mit obenliegendem ringförmigem Schmauchkanal. Links die zu kühlende Kammer, aus der die Heißluft durch die Schüttlöcher mit einer Blechhaube abgezogen und in den Schmauchkanal eingeleitet wird. Rechts die zu schmauchende Kammer, in welche die Heißluft aus dem Schmauchkanal über eine Blechhaube durch die Schüttlöcher eingeleitet und anschließend durch den Rauchsammler abgeführt wird. Dazu muß die zugehörige Glocke geöffnet sein.

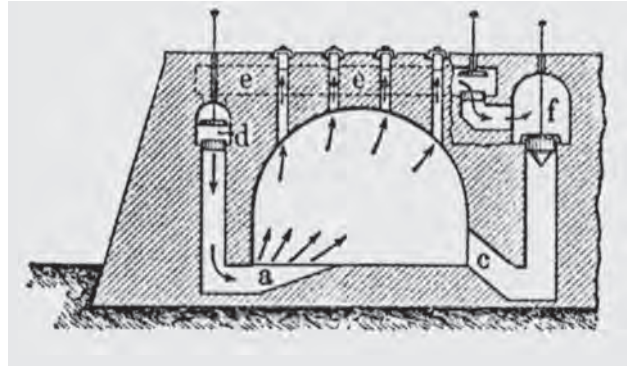


Bild 10.99. Schmauchanlage von Dannenberg (d Schmauchkanal, e Stichkanal zu den Schüttlöchern)

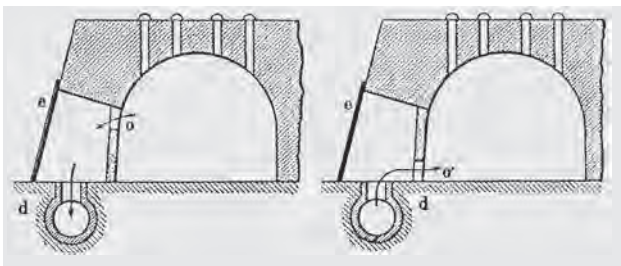


Bild 10.98. Prinzip des Schmauchens mit unterem Schmauchkanal. Links: Nach dem Schaffen einer Öffnung (o) in der Ofentüre der Kühlkammer durch Herausnehmen einiger Steine kann die Heißluft durch den geöffneten Verschlussdeckel in den Schmauchkanal (d) eintreten. Der Kammeringang wird durch die Blechtüre (e) abgedichtet. Rechts: In der Schmauchkammer kann die Heißluft aus dem Schmauchkanal bei geöffnetem Verschlussdeckel durch eine untere Öffnung in der Ofentüre in die Schmauchkammer eintreten

Dieses Problem drohte anfänglich sogar das ganze Ofensystem in Frage zu stellen und behinderte zunächst die Verbreitung des Ringofens.

Eine erste vorläufige Lösung fand der Ziegelmeister Hielscher bei dem 1860 in Oberglauha gebauten Ringofen, als er erkannte, daß die Ursache in der zu langsamen und ungenügenden Abführung des Wasserdampfes lag. Er öffnete in den Kammern zwischen Schieber und Feuerzone einige Schürlochdeckel und ermöglichte so ein Abziehen des Wasserdampfes. Hielscher war es auch, der wenig später die erste Schmauchvorrichtung baute. Er schmauchte jede Kammer für sich durch eine in die Ofentüre eingebaute Planrostfeuerung. Die zu schmauchende Kammer wurde durch zwei Schieber abgetrennt, die Glocke geöffnet und damit der entstehende Wasserdampf abgeführt. Jede Kammer wurde gewissermaßen als selbständiger Trockenofen betrachtet. Nachteilig war, daß die Rostfeuerung immer aufs neue eingebaut und wieder abgerissen werden mußte.

Hoffmann konstruierte dann 1870 zuerst den oberen Schmauchkanal, der über dem Rauchsammler angeordnet war, und später noch einen zweiten, unteren Schmauchkanal, der ringförmig unterhalb der äußeren Ofenwand verlief (Bilder 10.97.+10.98.).

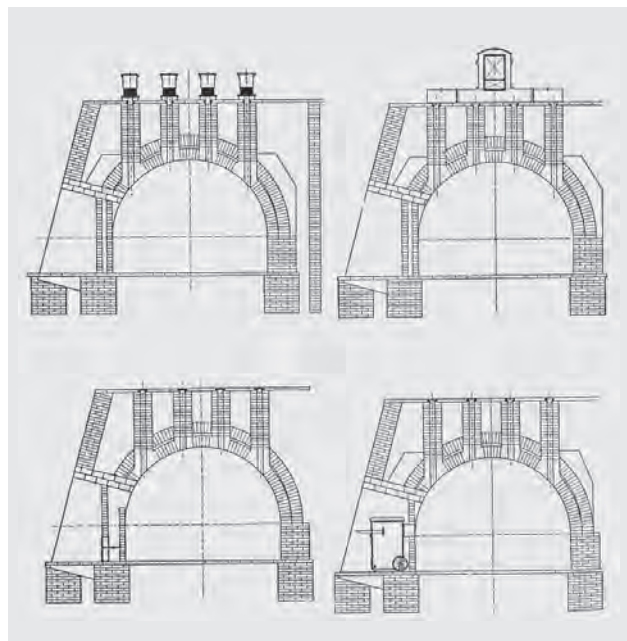


Bild 10.100. Verschiedene Schmauchvorrichtungen. Oben links: Schmauchkörbe auf den Schüttlöchern, oben rechts: Schmauchhaube mit Schmauchofen auf den Schüttlöchern, unten links: Schmauchfeuer auf Planrost in der Ofentüre, unten rechts: Mobiler Schmauchofen in der Ofentüre

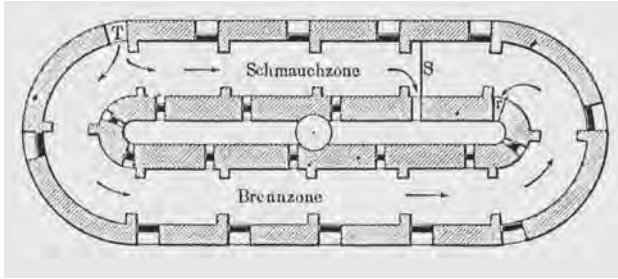


Bild 10.101. Schema des Rückwärtsschmauchens

d.h. sich kein Tauniederschlag bildete, war das Schmauchen erfolgreich. Das Schmauchthermometer, geeignet für Messungen bis 360 °C, war mit einer Metallhülse gegen Zerbrechen geschützt. Mit einer daran befestigten Kette konnte das Thermometer bis zur Ofensohle hinuntergelassen werden. Zur Ausrüstung gehörte auch ein Asbesthandschuh, damit der Brenner das heiße Thermometer anfassen konnte. Im Laufe der Zeit entstanden zahlreiche, oft komplizierte und wenig leistungsfähige Schmauchanlagen. Bock erfand das sog. „Rückwärtsschmauchen“, von ihm so genannt, weil es vom Papierschieber nach der Brennzone zu, entgegen der Brennrichtung, vor sich geht (Bild 10.101.). Zur Schmauchanlagen-Standardausführung wurde der mittig über dem Rauchsammelkanal angeordnete Schmauchkanal mit Warmluftabzug und -einleitung über Blechhauben. Ab den 1930er Jahren ging man jedoch dazu über, das Schmauchen überhaupt wegfällen zu lassen. Voraussetzung war allerdings eine gute Austrocknung der Ziegel in einer künstlichen Trocknerei. Aus dem Schmauchkanal wurde dann ein Warmluftkanal, über den die Kühlwärme aus dem Ofen der Trocknerei zugeleitet wurde.

10.6.3. Ringofendetails

Nachfolgend sollen die wichtigsten Bauteile und verfahrenstechnischen Einrichtungen des Ringofens und ihre geschichtliche Entwicklung etwas näher beleuchtet werden.

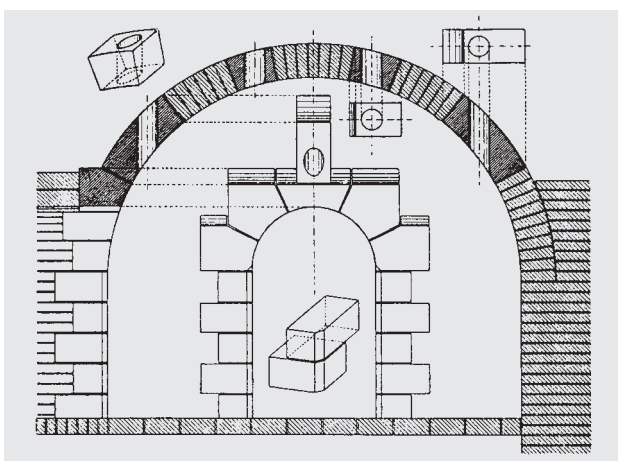


Bild 10.102. Formsteine für Ringofen-Gewölbe

10.6.3.1. Ofengewölbe und Brennkanal

Der Brennkanal der Ringöfen bildete meistens ein Halbkreisgewölbe, weil dieses in statischer Hinsicht die besten Verhältnisse aufweist. Die im Laufe der Zeit in großer Anzahl gebauten Ringöfen hatten die unterschiedlichsten Brennkanalabmessungen. Ein Normungsvorschlag von Gatzke, 1942 veröffentlicht, der z.B. ermöglicht hätte, die Zahl der Schamotteformsteine zu verringern und serienmäßig herzustellen, blieb unberücksichtigt, weil von Seiten der Ofenbauer eingewendet wurde, daß der Bau eines Brennofens in hohem Maße und feinfühlig auf die Eigenschaften des Brennguts abgestimmt sein müßte (Bild 10.102.).

Die kleinste Brennkanallänge betrug etwa 30 m, die größte etwa 110 m. Die Brennkanalbreiten bewegten sich etwa zwischen 1,8 und 5,5 m, die Brennkanalhöhen (Scheitelhöhe) zwischen 2,0 und 3,5 m, wobei in letzterem Fall die Höhe den Setzern die Arbeit schon etwas erschwerte.

10.6.3.2. Die Ringofenfeuerung

Die Befuerung des Ofens von oben durch Schürflöcher, wobei der Einsatz als Feuerrost dient, ist ein wesentliches Merkmal des Hoffmannschen Ringofens. Der Brennstoff (Kohlenklein, Braunkohlensstaub, Torfgrus) wurde bis 1897 ausschließlich von Hand und danach auch mit Schürapparaten aufgegeben, die zunächst von Hand, ab 1913 mechanisch betätigt wurden.

Bei der Handschüttung wurde vom Brenner in Zeitabständen von 15 bis 60 Minuten mit einem Haken in der einen Hand der Schüttlochdeckel angehoben und mit der sog. Brennerschaufel in der anderen Hand der Brennstoff eingeschüttet (Bilder 10.103.). Über die Brennkanalbreite waren im Ofengewölbe in der Regel drei oder vier Schüttlöcher vorhanden, die eine Schüttlochreihe bildeten. Je nach Ofengröße konnten etwa 9-18 Schüttlochreihen im Feuer stehen. Entsprechend der Temperaturkurve mußte in jeder Schüttlochreihe auch eine unterschiedliche

Bilder 10.103. Handschüttung



Bild 10.103a. Brennerschaufel zum Aufgeben der Kohle von Hand und Haken zum Hochheben der Schüttlochdeckel (Fotoarchiv Westfälisches Industriemuseum)



Bild 10.103b. Kohlenbefeuerung eines Ringofens durch Handschüttung

Brennstoffmenge aufgegeben werden. Maßstab hierfür war das Fassungsvermögen der Brennerschaukel. Professor Seger berechnete Anfang der 1870er Jahre erstmals das günstigste Schüttintervall und die aufzugebende Brennstoffmenge. Zur Anzeige und Einhaltung dieses Schüttintervalls wurden auf den Öfen Uhren mit Glocke aufgestellt (Bild 10.104.).

Nachteilig bei der Handschüttung war, daß unmittelbar nach einer Brennstoffaufgabe ein Luftmangel auftrat, während unmittelbar davor noch ein großer Luftüberschuß vorlag, und daß durch das Anheben der Schüttlochdeckel Kaltluft eintrat, wodurch Wärmeverluste entstanden.

Diese Unterschiede sind um so geringer, je kleiner die Zeitspanne zwischen zwei Brennstoffschüttungen ist, und je kleiner die Brennstoffmengen sind, die bei einer Schüttung aufgegeben werden. Solche optimalen Verhältnisse konnte der Brenner schon aus Zeitgründen rein manuell aber nie erreichen.

Bereits in seiner Patentschrift spricht Friedrich Hoffmann von einem handbetriebenen, unten offenen Gefäß, welches trichterförmig ausgebildet über den Schürlöchern steht und mit Brennstoff gefüllt ist. Auf dem Ringofen der Ziegelei Schulze in Parey/Elbe soll 1864 ein mit Handkurbel betriebener Schürapparat, so wie ihn Hoffmann beschrieben hat, erprobt worden sein. Über den tatsächlichen Einsatz dieses Schürapparats ist aber nichts bekannt geworden, vermutlich war er noch nicht betriebssicher.

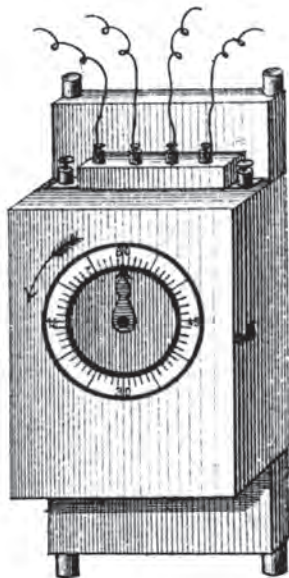


Bild 10.104. Brenner-Uhr mit Glocke

1897 entwickelte Kramer im Falzziegelwerk Konstanz einen handbetriebenen Schürapparat, der von der Firma Rieter & Koller in Konstanz gebaut wurde (Bild 10.105.).

Beschrieben wurde er wie folgt: „Der Apparat bezweckt eine sparsame und regelmäßige Einführung der Kohle in den Ofen. Im Fülltrichter befindet sich eine drehbare Achse, mit einer Kurbel und einer Schnecke versehen. Durch Drehung der Kurbel kann dem Ofen ein beliebig abgemessenes Quantum Kohle zugeführt werden. Unten befindet sich ein Schauloch, um die Einfüllung zu beobachten. Die Schür-Apparate machen sich durch Kohlenersparnis bald bezahlt und sollte jede Ziegelei dieselben anschaffen“. Doch dies sollte noch ein Weilchen dauern.

Die ersten rein mechanisch betriebenen Schürapparate sollen 1913 in Frankreich zum Einsatz gekommen sein. In Deutschland begann die allgemeine Einführung erst nach dem 1. Weltkrieg, Anfang der 1920er Jahre. Sie versprachen eine Brennstoffersparnis gegenüber der Handschüttung von 20-30%. Die meisten Schürapparate waren mit einem über E-Motor angetriebenen Gestänge verbunden, mit dem eine Klinke betätigt wurde.

Es entstanden Spezialfirmen, die sich vorwiegend mit dem Bau von Schürapparaten, auch Ofenschicker genannt, befaßten, die dann alle ihre firmenspezifischen Besonderheiten aufwiesen (Bilder 10.106.+10107.). Die bekanntesten waren Ruetz & Co. Waldshut, Adolf Auer & Co., Überlingen – Marke AUCO, Gebr. Gairing, Riedlingen – Marke SCHAG und Henry Klostermeyer, Osnabrück, der eine pneumatisch betätigte Schüranlage auf den Markt brachte.

In Ländern mit Erdölförderung verwendete man auch Ölfeuerungs-einrichtungen in Form der Tropföl- und Spritzölfeuerungen (Bild 10.108.). In Amerika benutzte man schon um 1875 Zerstäuberbrenner, bei denen das Rohöl in einem Preßluft- oder Dampfstrom unter Druck in den Ofen eingeblasen wurde.

Bei den im 19. Jahrhundert entwickelten gasbeheizten Öfen wurde das Gas in eigenen Gasgeneratoren erzeugt. Ein Bezug von Ferngas war ab den 1960er Jahren möglich. Die auf Erdgas umgestellten Ring-



Bild 10.105. Schürapparat mit Handkurbel. 1897

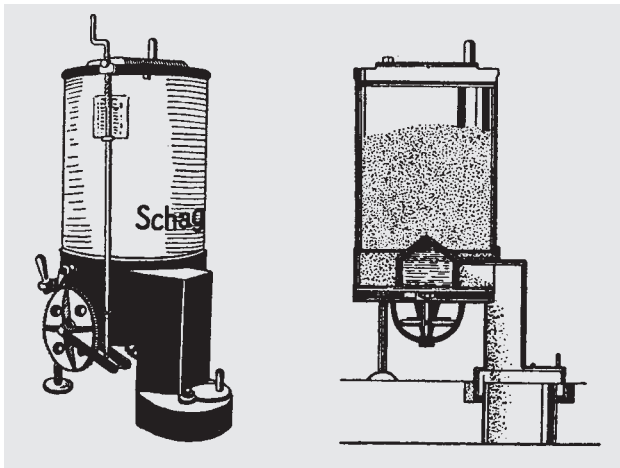


Bild 10.106. SCHAG-Schürapparat

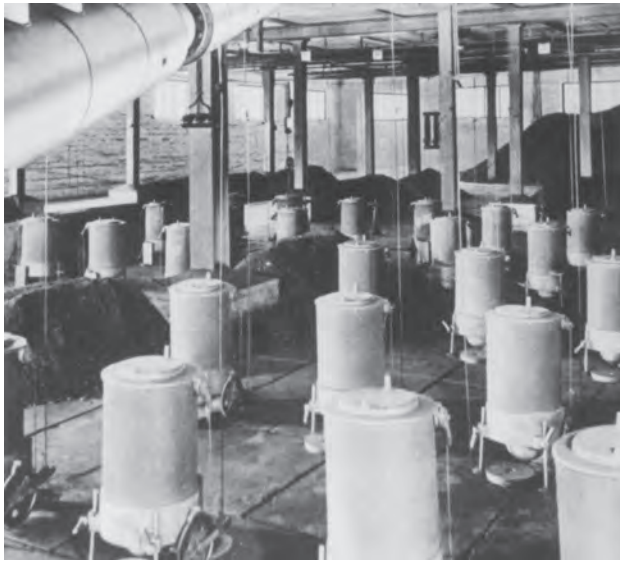


Bild 10.107. Brennstoffaufgabe mit Schürapparaten auf einem Ringofen

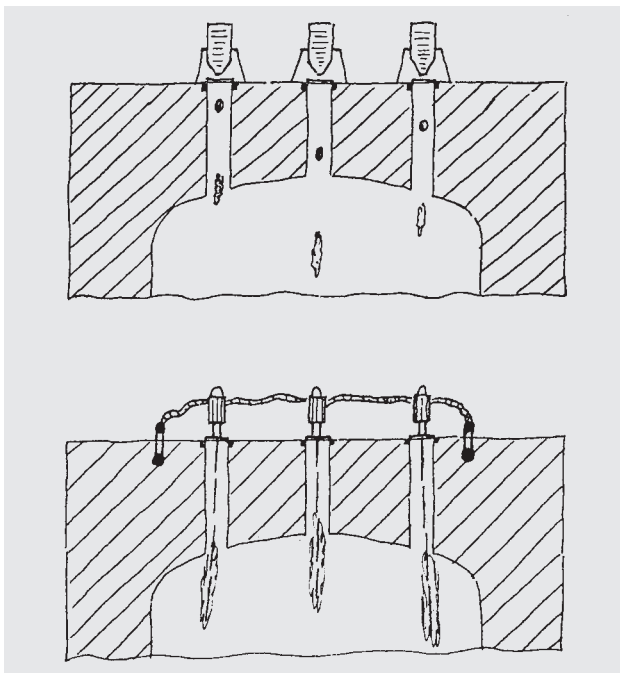


Bild 10.108. Ölfuerungsanlage. Oben: Öltropffuerung, unten: Ölspritzfuerung

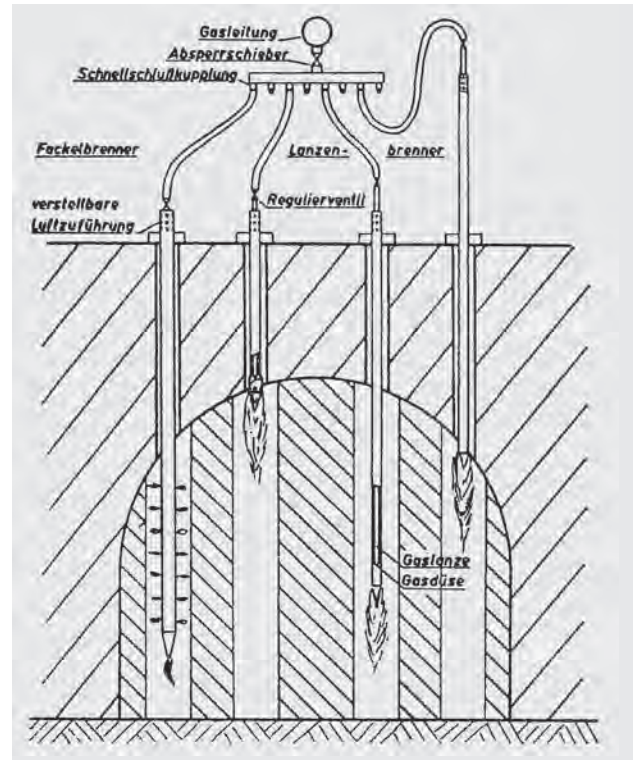


Bild 10.109. Gasfuerung mit Fackel- und Lanzensbrennern

öfen benutzten Fackelbrenner, meist aber sog. Lanzensbrenner (Bild 10.109.).

10.6.3.3. Schieber, Türen, Kammern

Die Absperrbarkeit des Brennkanals war ein wesentliches Merkmal des Ringofens. Der Brennkanal wurde in einzelne Abschnitte aufgeteilt, die Abteilungen, die später allgemein Kammern genannt wurden. Jeder Kammer wurden eine Tür und ein Rauchabzug, Fuchs genannt, mit Glocke oder Absperrventil zugeordnet.

Schieber

Die Abgrenzung einer Kammer erfolgte durch Schieber. Zweck dieser Schieber war die Verhinderung des Lufteintritts aus der dem Feuer entgegengesetzten Richtung. Ursprünglich wurden Schieber aus dünnem Eisenblech oder Holz verwendet. Diese hingen an Ketten in einem auf zwei ringförmigen Schienen fahrenden Gerüst und wurden damit von oben durch Schlitze im Ofengewölbe auf- und nieder bewegt, sowie von einem zum anderen Ofenschlitz verfahren. Die Schlitze, die gerade keinen Schieber enthielten, wurden entweder mit aufgelegten Ziegeln und einer Sandschüttung abgedichtet oder mit speziellen in Sand eintauchenden Deckeln. Durch die ständigen Wärmeausdehnungen und -kontraktionen des Ofenmauerwerks verzogen sich diese Schlitze aber im Laufe der Zeit, so daß man Probleme mit dem Ein- und Ausführen der Schieber bekam. Etwa ab 1865 vermied man daher bei Neubauten diese Schieberschlitze im Gewölbe und führte die Schieber seitlich durch die Ofentüre ein. Dazu wur-

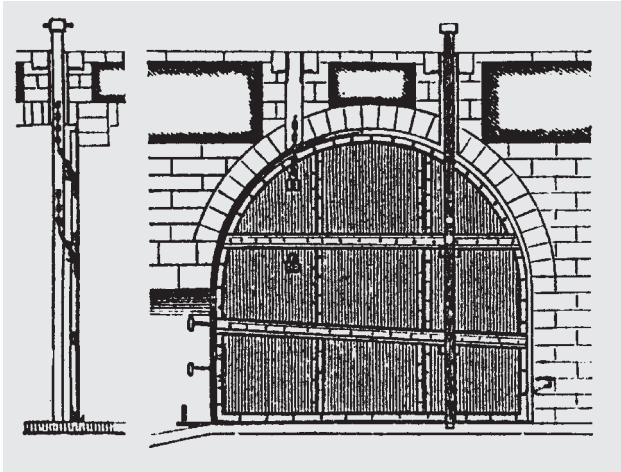


Bild 10.110. Eiserner Schieber zum Ein- und Ausbringen durch die Ofentüre

den im Brennkanal neben den Türen Gurtbögen vorgesehen als Anschlag für die Schieber. Um den Schieber ein- und ausfahren zu können, mußten sie zweiteilig sein. Zuerst wurde der obere Schieberteil hineingeschoben, an durch zwei Heizlöcher herabhängenden Ketten angehängt und etwas angehoben. Danach konnte der untere Schieberteil eingeschoben und der obere Teil in die mit Sand gefüllten Falze des unteren Teils abgelassen werden. Die Außenseiten des Schiebers wurden dann mit Lehm an den Ofenwänden abgedichtet. Entsprechend erfolgte das Herausnehmen des Schiebers. Insgesamt war auf diese Art und Weise das Ein- und Ausbringen der Schieber eine recht umständliche und arbeitsintensive Angelegenheit (Bild 10.110.).

1872 kam Jul. Matern auf die ebenso einfache wie geniale Idee, als Schiebermaterial Papier zu verwenden. Dieses Papier wurde an der entsprechenden Stelle an den Einsatz gelegt und an den Rändern mit Lehm (anfänglich mit Mehlkleister) an den Ofenwänden verschmiert. Beim Öffnen der Glocke des dahinter liegenden Fuchses wurde das Papier durch den Unterdruck angezogen und haftete so fest am Einsatz. Beim Fortschreiten des Feuers, d.h. Hinzunahme einer neuen Kammer in den Prozeß, wurde der Schieber von oben durch die Schürflöcher weggebrannt. Der Name „Schieber“ wurde beibehalten. Als Schieberpapier wurde zunächst „ordinäres Tapetenpapier“, später Papierbahnen von Rollen mit Breiten von 100, 125, 150 und 188 cm Breite verwendet, auf deren Lieferung sich alsbald einige Zulieferer spezialisierten.

Die Stellung von Fuchs, Schieber und Türe zueinander wurde durch die Brennrichtung bestimmt. Bei den meisten Ringöfen erfolgte das Brennen linksdrehend, also gegen den Uhrzeigersinn, was mit der vorwiegenden Rechtshändigkeit der Menschen erklärt wird. Das in Richtung der Feuerwanderung im Brennkanal strömende Gas sollte auch die letzte Kammer in ihrer ganzen Länge durchstreichen. Dies bedingt, daß sich der Papierschieber unmittelbar hinter dem Fuchs befinden muß. Dann wird die ganze

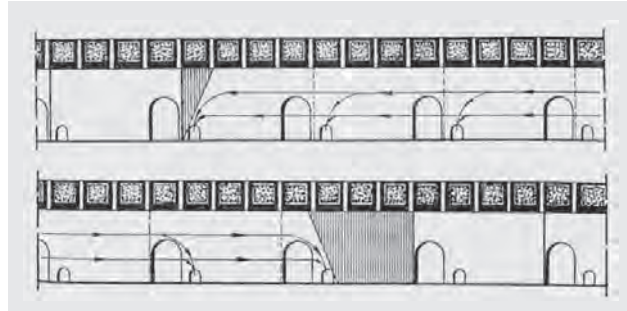


Bild 10.111. Richtige und falsche Stellung des Papierschiebers bei gegebener Brennrichtung und Lage des Fuchses. Bei der falschen Stellung (unten) entsteht ein großer Windschattenraum, in dem sich die Heizgase stauen

Kammer gasdurchströmt und Windschattenräume, in denen sich Flugascheteilchen auf den Formlingen absetzen und sog. Anflüge verursachen können, werden vermieden (Bild 10.111.).

Ofentüren

Die Ofentür wird, nachdem die zugehörige Kammer vollgesetzt ist, mit zwei im Abstand von ca. 20 cm angeordneten, einen halben Stein starken Ziegelwänden zugesetzt. Die Ziegel werden lose, dicht an dicht übereinander gesetzt. Die äußere Wand wird mit einem Lehmputz abgedichtet. Risse in diesem Putz mußten laufend wieder verstrichen werden, um einen Falschlufteintritt durch die Ofentüre zu vermeiden. Ursprünglich hatte man zwischen die beiden



Bild 10.112. Öffnen einer abgebrannten Ringofenkammer durch Einstoßen der Sandtüre

Wände als besondere Isolierung und Abdichtung noch eine Sandfüllung eingebracht. Von daher erhielt die Ofentüre auch die Bezeichnung Sandtüre, die in der Zieglersprache auf Dauer beibehalten wurde (Bild 10.112.).

Um Wärmeverluste zu vermeiden, wurden die Ofentüren möglichst klein gehalten. Ihre Größe wurde bestimmt durch das Transportgerät, das zum Ein- und Ausbringen der Ziegel benutzt wurde (Bild 10.113.). Solange dazu Schubkarren verwendet wurden, betrug die Höhe vielfach nur 1,2 m. Auch war die Breite der Türöffnungen außen manchmal größer als innen, weil dadurch das Einfahren erleichtert wurde. Mit der Einführung der Karussellwagen um 1910 mußte die Türhöhe ca. 1,6 m betragen. Die Türbreite betrug normalerweise 1 m. Damit kam man, auch mit den später eingeführten Elektrokarren noch durch. In den 1960er Jahren wurden im Zuge der Mechanisierung des Ringofenbetriebs auch Fertigtüren verwendet, die mittels Gabelstapler in die Ofentüre eingesetzt wurden. Von Italien ausgehend versuchte man mit dem Gabelstapler auch eine Mechanisierung des Einsetzens und Ausfahrens der Ware zu erreichen. Die außerhalb des Ofens gesetzten Ziegelpakete wurden in den Ofen gefahren und die fertig gebrannten Pakete direkt zum Lagerplatz wieder ausgefahren. Für den Gabelstaplerbetrieb mußten die Ofentüren entsprechend vergrößert werden (Bild 10.114.). Die durch die baulichen Eingriffe, z. T. ohne Berücksichtigung der statischen Gegebenheiten, und durch den Fahrbetrieb der schweren Stapler verursachten Schäden haben viele der so umgestellten Ringöfen nicht lange überlebt.

Ofenkammern

Meist wurde die Größe eines Ringofens durch die Anzahl der Abteilungen oder Kammern ausgedrückt, obwohl hierfür eigentlich Brennkanalquerschnitt und -länge maßgeblich sind. So schreibt Heusinger³³ 1867: „Die bereits vorhandenen Ringöfen haben 8, 10, 12, 16, 20 und 24 Abteilungen. Bei regelmäßigem Betrieb soll jeden Tag das Feuer um eine Abteilung vorwärts rücken, folglich wird jeden Tag eine Abteilung vollgesetzt und eine geleert; unter dieser Voraussetzung bleibt also bei ei-



Bild 10.113. Gang vor dem Ringofen mit manuellem Setz- und Ausfahrbetrieb, um 1925



Bild 10.114. Nachträglich vergrößerte Ofentüre eines Ringofens mit Gabelstaplerbetrieb, um 1960

nem Ofen von 8 Abteilungen der zu brennende Stein 8 Tage im Ofen, in einem Ofen von 12 Abteilungen 12 Tage ... Es ist selbstverständlich willkürlich, wie viele Abteilungen man dem Ofen geben will, ebenso auch, wie viel Durchmesser man ihm gibt, doch geht es nicht gut an, weniger Abteilungen von 8 zu nehmen, weil in einem 8-teiligen Ofen eine Abteilung jeden Tag geleert und gleich wieder vollgesetzt werden muß; 3 Abteilungen kühlen, 1 ist im Feuer und 3 sind im Vorwärmen, jeder Stein gebraucht also $\frac{1}{2}$ Tag zum Einsetzen, 3 Tage zum Vorwärmen, 1 Tag zum Brennen, 3 Tage zum Kühlen, $\frac{1}{2}$ Tag zum Aussetzen.“

Weber⁵³ schreibt 1914 zum gleichen Thema: „Eine wesentliche Frage beim Bau eines Ringofens ist die Bestimmung des Querschnitts und der Länge des Brennkanals. Die Bezeichnung „Kammer“ bei einem Ringofen anzuwenden, ist kein glücklicher Gedanke. Man kann einen Ringofen mit 12 Kammern mit ebenso langem Brennkanal ausführen als einen Ofen mit 16 Kammern. Nicht die Anzahl der Kammern, sondern die Länge des Brennkanals ist maßgebend, je länger derselbe gebaut ist, desto rationeller kann der Ofen arbeiten; natürlich ist es auch unrichtig, Öfen mit übertrieben langen Brennkanälen zu erbauen, da die Reibungsverluste, denen der Luftstrom und die Rauchgase ausgesetzt sind, zu groß werden, und durch hohe Schornsteine und höheren Kohleverbrauch wieder ausgeglichen werden müssen“.

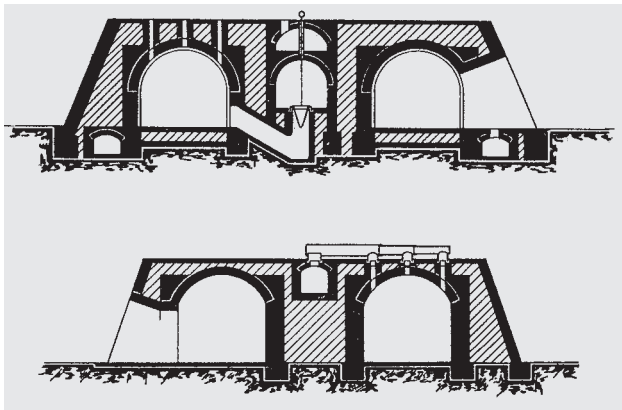


Bild 10.115. Rauchgasabzug. Oben über unteren, innenliegenden Fuchs in den mit Glocken verschließbaren Rauchsammelkanal, unten über die Schüttlöcher mit Blechhaube direkt in den Rauchsammler

Als Erfahrungswert bildete sich heraus, die Brennkanalstrecke, die als Kammerlänge dienen sollte, nicht über 5 m zu wählen, damit der Weg, den die Heizgase beim Durchströmen der neu in Betrieb genommenen Kammer zurücklegen, nicht zu lang und damit die Abkühlung nicht zu groß wird und nicht bis unter den Taupunkt um 100 °C fällt. Dementsprechend wird der für eine bestimmte Leistung ermittelte Brennkanal in „Kammern“ aufgeteilt und jeder Kammer eine Türe und ein Fuchs zugeordnet.

10.6.3.4. Füchse, Glocken und Rauchsammler

Im Ringofen werden die Verbrennungsgase aus dem Brennkanal durch Rauchabzüge, Füchse genannt, in den Rauchsammelkanal geleitet und gelangen von hier aus in den Schornstein. Ausführung und Anordnung dieser Bauteile sind von einer heute nahezu unüberschaubaren Vielfalt. Dies liegt zum einen an der großen Zahl der Ofenbauer, die sich im Laufe der Zeit mit dem Bau von Ringöfen beschäftigten, und von denen viele eigene Systeme entwickelten, zum anderen auch daran, daß der gleiche Ofenbauer oft jeden Ofen anders ausführte und individuell an die örtlichen Gegebenheiten und Eigenschaften des Brennguts anpaßte.

Fuchs

Der ursprünglich keisrunde Hoffmannsche Ringofen hatte Rauchabzüge oder Füchse nur an der Innenseite des Brennkannels, was bewirkte, daß das Feuer an der Innenseite leicht vorauseilte, und das Brennergebnis an den Außenseiten schlechter ausfiel. Beim oblongen Ringofen wurden die Füchse daher auch an der Außenseite des Brennkannels angeordnet. Während Hoffmann die Rauchgase durch untere, innen oder außen liegende Abzüge leitete, begann Danenberg 1867 damit, die Rauchgase durch Schlitze in der Ofensohle abzuführen. Bock verwendete ab 1888 bei seinen Ringöfen ausschließlich den oberen Abzug durch die Schürflöcher mit Blechhauben nach dem 1882 patentierten System Siehmon & Rost

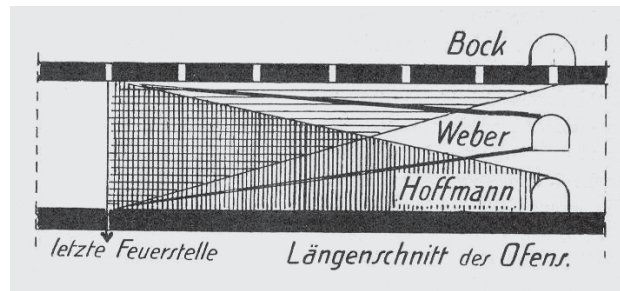


Bild 10.116. Untere, mittlere und obere Anordnung des Rauchgasabzugs verschiedener Ofenkonstrukteure

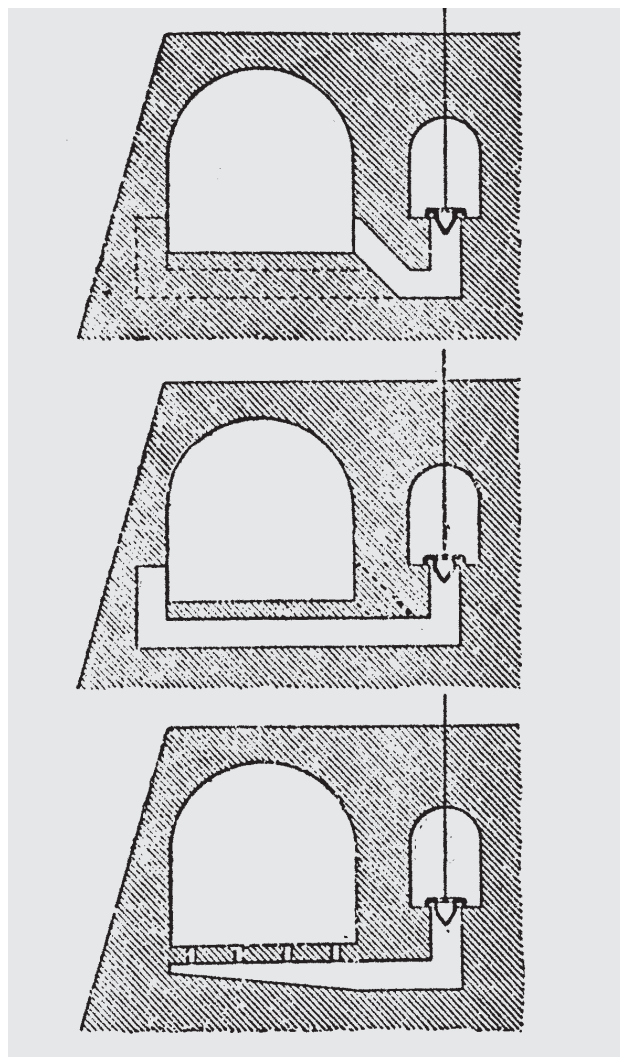


Bild 10.117. Mögliche Anordnungen der Rauchgasabzüge. Oben: unterer innerer Abzug, Mitte: unterer äußerer Abzug, unten: Abzug durch Schlitze in der Ofensohle

(Bild 10.115.). Bock hatte von den Erfindern das alleinige Ausführungsrecht für Deutschland erworben. Bei diesem System entfielen die sonst notwendigen Rauchgaskanäle und die Glocken. Um 1900 führte R. Weber noch den mittleren Rauchgasabzug ein. Über die Vor- und Nachteile der Lage der Abzüge wurde seinerzeit in der Fachwelt heiß und kontrovers diskutiert. Da die Abzüge aber relativ weit von der letzten Feuerstelle entfernt lagen, war es ziemlich gleichgültig, ob man unten, oben oder in der Mitte abzog (Bilder 10.116.+10.117.).

Glocken die nicht läuten – die Rauchgasventile

Die Rauchabzugskanäle oder Füchse konnten an ihrer Einmündung in den Rauchsammelkanal durch Glockenverschlüsse, kurz Glocke genannt, ganz oder zum Teil abgeschlossen werden, wodurch eine Regelung des Feuers und des Feuerfortschritts möglich wurde. Diese Glocken stellen daher ein ganz wesentliches Element für die Funktion des Ringofens dar. Hoffmann war der erste, der diese Glockenverschlüsse verwendete, die in geschlossenem Zustand in ein Sandbett, Sandtasse genannt, eintauchten, wodurch ein dichter Verschluss bewirkt wurde. Die Abdichtung mittels Sandtasse war eine Erfindung des Wiener Mechanikers Franz Poduschka, der sie um 1850 für einen Gasgenerator in einem Glashüttenbetrieb in Mähren entwickelt hatte und dafür 1856 ein Patent erhielt. Zsutty vermutet, daß Hoffmann während eines seiner Wiener Aufenthalte Kenntnis von dieser Verschlussart erhielt und es verstanden hat, diese Idee auf die vorteilhafteste Weise auf seinen Ringofen zu übertragen.¹⁰¹

Zunächst benutzte Hoffmann gußeiserner, glockenförmige Deckel, die dem Verschluss den Namen Glocke gaben, mit denen der Fuchs aber nur geöffnet oder geschlossen werden konnte, während eine Regelung nicht möglich war (Bild 10.86.). Um den Zug zu regulieren, mußte im Schornstein eine Drosselklappe angebracht werden.

Ab etwa 1862 verwendete Hoffmann daher Kegelverschlüsse, mit denen auf einfachste Weise eine Zugregulierung ermöglicht wurde, da beim Auf- oder Absenken des Kegels der freie Strömungsquerschnitt stufenlos vergrößert oder verkleinert wurde. Der Name Glocke wurde aber beibehalten.

Das Verstellen der nicht ganz leichten Glocke geschah anfangs rein von Hand, wobei man die Glockenstange mit einem durch die beiden Ständern eines hölzernen Bocks gesteckten Bolzen in verschiedenen Höhen fixieren konnte. Später benutzte man dazu Winden (Bilder 10.118.+10.119.). Die Feststellung erfolgte hier durch die Sperrklinke, womit man auch die Stellung der Glocke genau regulieren konnte. Nach 1900 wurden Schraubspindeln üblich, mit denen die Glockenstange über ein Handrad einfach auf- und abgedreht werden konnte. Die Zahl der Umdrehungen diente dem Brenner als Maß für die Höheneinstellung der Glocke.

Bei den ersten Öfen arbeitete Hoffmann noch mit einer Glocke, d.h. die gesamte Rauchgasmenge wurde über einen Rauchkanal abgeführt. Später waren in der Regel bei kleineren Öfen zwei, bei größeren Öfen drei Glocken in Betrieb, wobei man die nächst dem Feuer liegende als Feuerglocke, die am Schieber liegende als Schieberglocke, die dazwischen liegende dritte als Mittelglocke bezeichnete. Waren nun z.B. drei Glocken in Betrieb, so wurden sie so eingestellt, daß in etwa die Schieberglocke 3/6, die Mittelglocke 2/6 und die Feuerglocke 1/6 des gesamten abzuführenden Gasvolumens abführte.

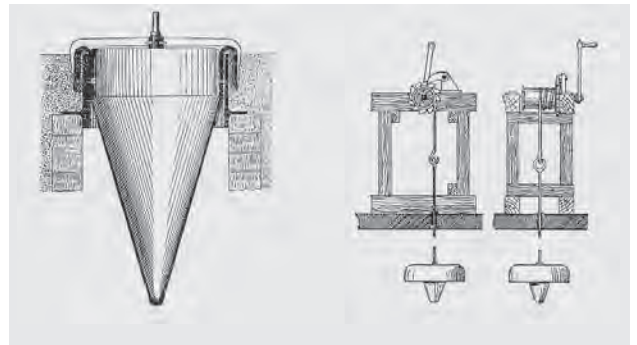


Bild 10.118. Glocke mit Kegelverschluss und Handwinde zu ihrer Verstellung



Bild 10.119. Hölzerner Bock zur Höhenfixierung der Glocke

Rauchsammelkanal

Beim runden Ofen lag der Rauchsammler in der Ofenmitte. Beim späteren Parallelringofen wurde der Rauchsammelkanal in der Regel in der Mitte zwischen den beiden gleichlaufenden Brennkämen angeordnet. Doch gab es Ofenausführungen, bei denen der Rauchsammler oben oder unten in der Außenmauer angeordnet war. Bild 10.120. gibt eine Vorstellung vom Variantenreichtum bei der Anordnung der Abzüge und Rauchsammler.

10.6.3.5. Der Schornstein – einst Wahrzeichen der Ziegelei

Mit dem Aufkommen der Ringöfen wurde der hohe, weithin sichtbare Schornstein zu einem Erkennungszeichen der Ziegelei. Beim zuerst ausgeführ-

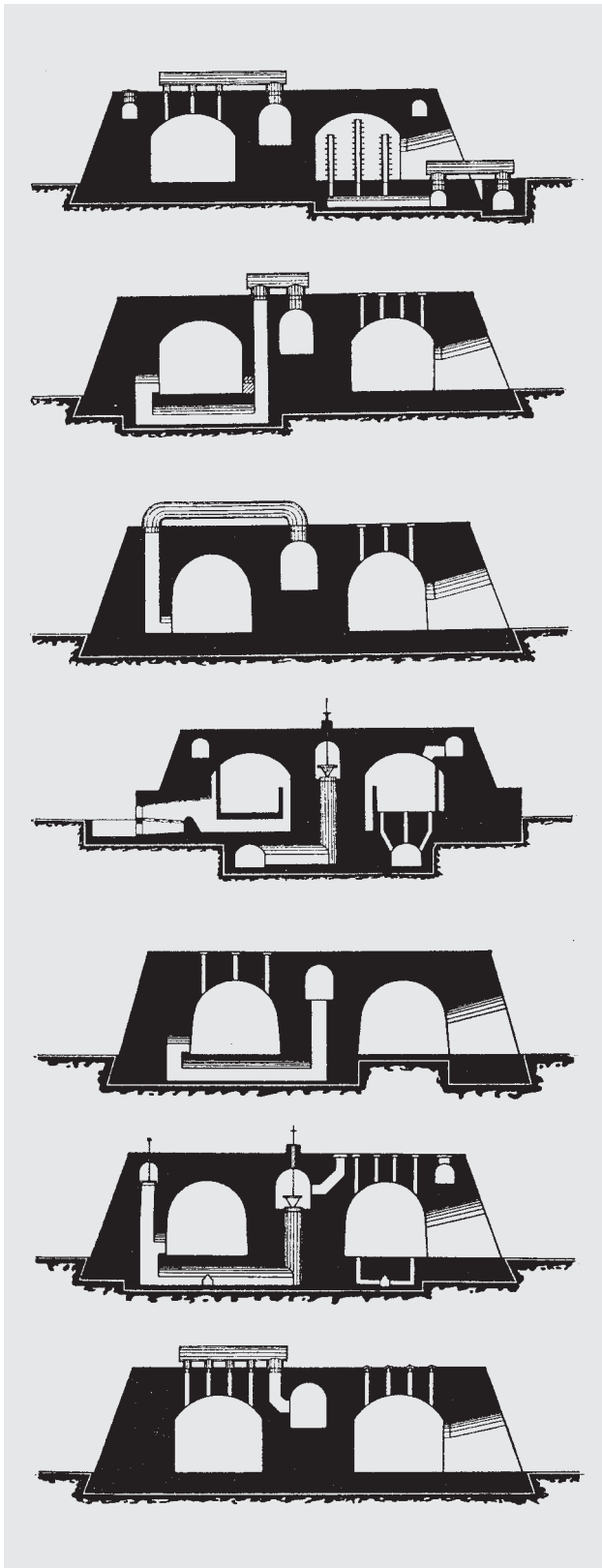


Bild 10.120. Konstruktionsvarianten des Ringofenbauers Rudolf Witte, Magdeburg um 1910.

Von oben nach unten:

- oberer Rauchabzug, Gasfeuerung und seitlicher Schmauchkanal
- untere Seitenabzüge und oberer Rauchabzug durch innere Überleitung
- untere Seitenabzüge und oberer Rauchabzug durch äußere Überleitung
- mit überschlagender Flamme und Sohlabzug
- mit unteren äußeren Abzügen
- mit äußerem Schmauchkanal
- mit direktem oberem Rauchabzug

ten runden Ofen stand der Schornstein in der Ofenmitte. Auch bei der länglichen Ausführung des Ringofens stellte man den Schornstein zunächst in Mitte der Längsachse des Ofens auf, wodurch er aber den Rauchsammelkanal in zwei Hälften teilte. Daher mußte man auch den Schornstein bis auf eine Höhe von ca. 8-10 m durch eine Scheidewand, die sog. Zunge, teilen, um die eintretenden Verbrennungsgase nicht einem Gegenzug von der anderen Seite auszusetzen (Bild 10.121.). Später erkannte man, daß der Standort des Schornsteins ohne Einfluß auf den Ofenbetrieb war und stellte ihn daher außerhalb des Ringofens, an einer Kopfseite oder in der Mitte einer der Längsseiten, auf. Manchmal schloß man auch zwei Öfen an einen Schornstein an oder benutzte ihn auch noch für das Kesselhaus der Dampfmaschine.

Da die Schornsteine ursprünglich ohne Formsteine mit einem Gerüst von außen gebaut wurden, waren Schornsteine über 30 m Höhe um 1860 sehr kostspielig. Um die Schornsteinhöhe möglichst gering zu halten, sah Hoffmann grundsätzlich Schornsteine mit Doppelwänden, sog. Mantelschornsteine, vor, da sich bei diesen die Auswirkungen wechselnder Außentemperaturen auf die Zugwirkung weitgehend aufhoben (Bild 10.122.). Durch die allgemeine Zunahme der industriellen Feuerungsanlagen entwickelte sich auch der Schornsteinbau weiter. Nachdem es üblich wurde, die Schornsteine ohne äußeres Gerüst von innen aufzumauern, und auch durch die Verwendung spezieller Formsteine, der keilförmigen Radialziegel, Kaminziegel oder Schornsteinringziegel genannt, wurde die Herstellung runder Schornsteine wesentlich vereinfacht und verbilligt (Bild 10.123.).

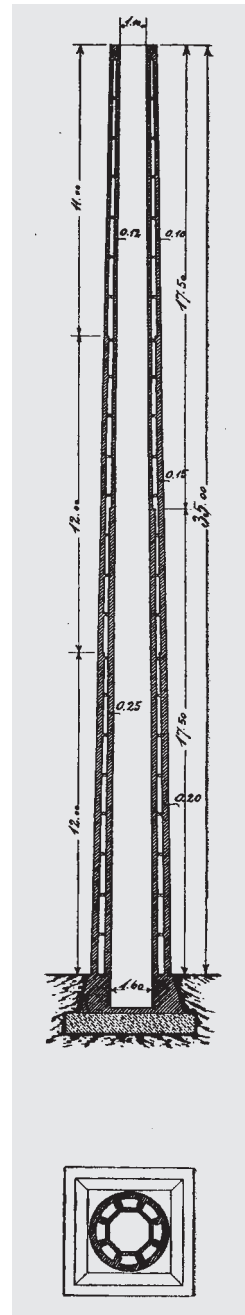


Bild 10.122. Schornstein mit Doppelwänden, sog. Mantelschornstein

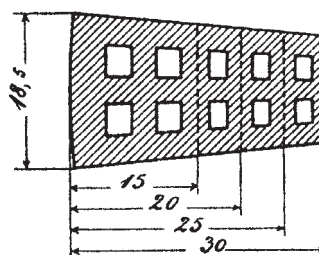


Bild 10.123. Schornsteinringziegel

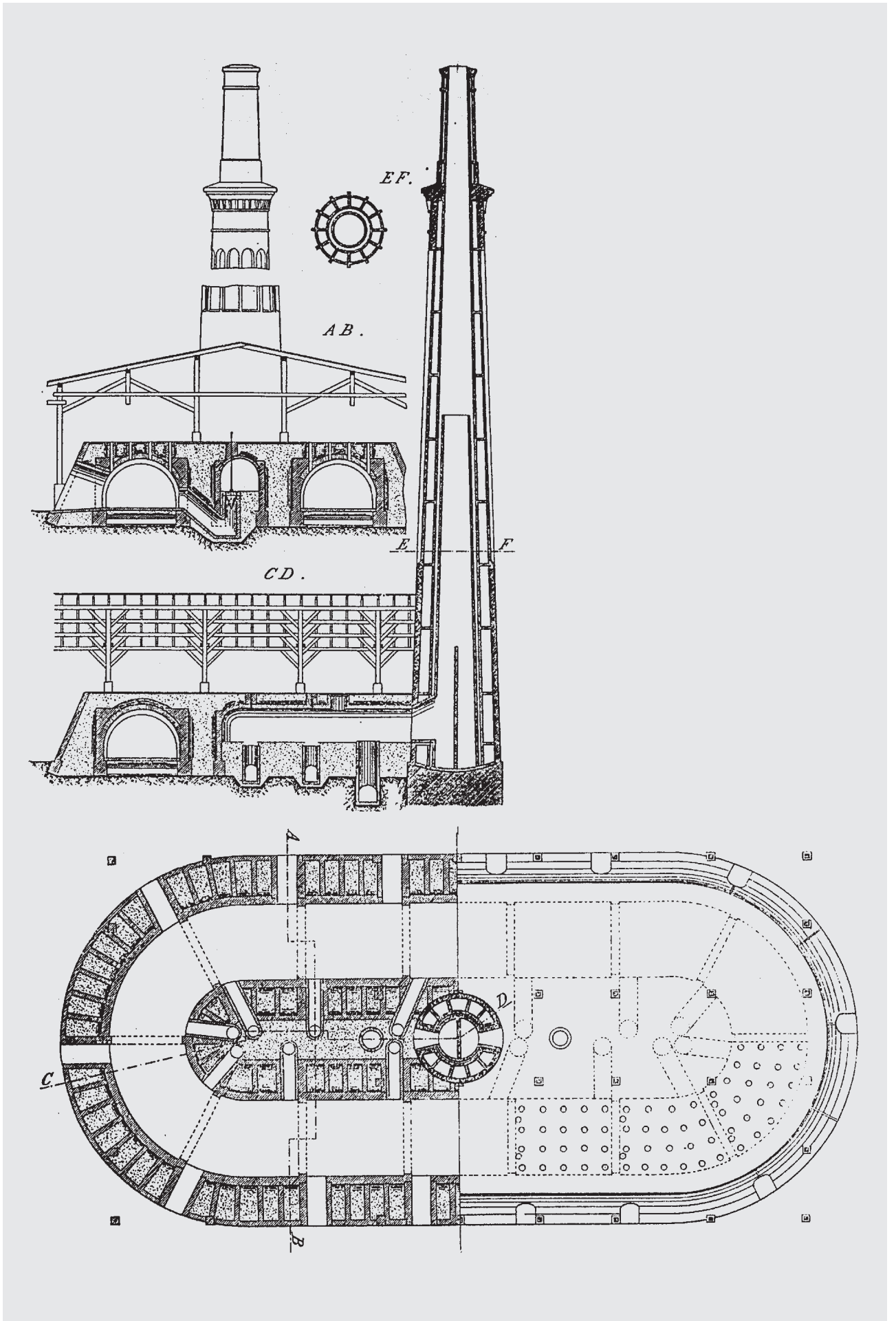


Bild 10.121. Mittig angeordneter Ringofenschornstein mit Zunge

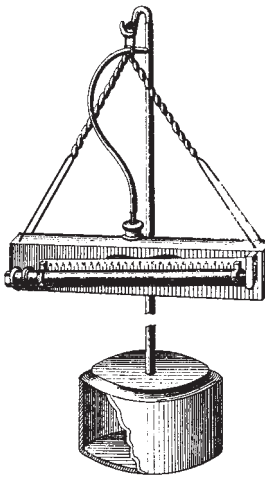


Bild 10.124. Einfacher Zugmesser mit einer mit Petroleum gefüllten Glasröhre, der auf das Schüttloch aufgesetzt wird

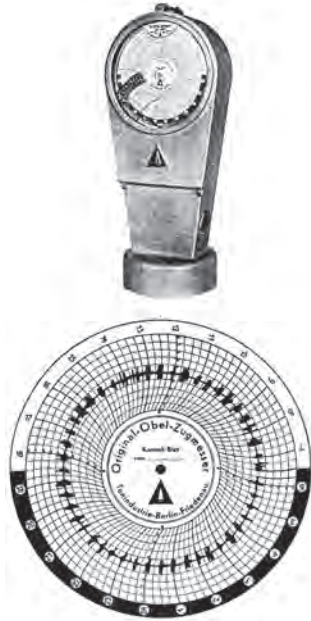


Bild 10.125. Obel-Zugmesser, der auf einer sich mittels Uhrwerk drehenden Papierscheibe alle Zugschwankungen aufzeichnet

So konnte um 1890 ein 50 m hoher Schornstein aus Formziegeln etwa zum gleichen Preis gebaut werden wie um 1860 ein von außen gebauter, 30 m hoher Schornstein. Schornsteinhöhen von 40-50 m, wie sie für Ringöfen mit Brennkannlängen um 80 m normal waren, entwickelten je nach der Abgastemperatur eine Zugkraft von 10-20 mm W.S. (Wassersäule). Zur Messung der Zugstärke im Brennkannal benutzte man zunächst einfache U-Rohr- und Schrägrohrzugmesser, nach 1920 vor allem den von Obel erdachten registrierenden Zugmesser (Bilder 10.124.+10.125.).

Während der Schornstein im 19. Jahrhundert vorwiegend Zugerzeuger war und der Zugbedarf die Schornsteinhöhe bestimmte, diente er Anfang des 20. Jahrhunderts vorwiegend zur Rauchgasableitung.¹⁰⁸ Da Saugzuggebläse eine „künstliche Zugarbeit“ ermöglichen, hatte die Schornsteinhöhe keine funktionale Bedeutung mehr. So schreibt Benfey, Direktor der Ziegler Schule Lauban, 1909 über eine Besichtigung der Zieglerwerke Gebr. Vetter AG, Mühlacker: „Die gewaltige Anlage machte schon von weitem einen befremdeten Eindruck, weil nur ein Schornstein sie überragt und auch dieser, weil außer Betrieb, keine Rauchfahne zeigt. Zwei breite Schlote, kaum höher als der Firste der Dächer, genügen, die Abgase wegzuführen, sonst bewirken zwei mächtige Ventilatoren den erforderlichen Luftzug für den Betrieb...“.

Von 1950 – 1980 dienen Schornsteine vor allem dem Umweltschutz, wobei hohe Schornsteine die Immissionen im Umkreis der Emissionsquelle verringern. Ab Mitte der 1980er Jahre ermöglichen ausgereifte Rauchgas-Reinigungsanlagen wieder geringere Schornsteinhöhen. Die beim Brennen möglicherweise relevanten Luftschadstoffe sind Fluorverbin-

dungen (HF), Schwefelverbindungen (SO_2 , SO_3) und „Schwelgase“ (organische Verbindungen, z.B. Kohlenwasserstoffe). Für die Emissionsminderung in der Ziegelindustrie war die Novellierung der TA Luft 1986 und deren Inkrafttreten zum 1.3.1986 ein bedeutsamer Markstein, da alle bis dahin geltenden Grenzwerte drastisch verschärft wurde. So wurden in der Ziegelindustrie zwischen 1986 und 1993 einige hundert Abgasreinigungsanlagen in Betrieb genommen, um den Erfordernissen der Luftreinhaltung zu genügen¹⁰⁹ (Bilder 10.126.+ 10.127.).



Bild 10.126. Rauchgasreinigungsanlage, um 1995

10.6.4. Konstruktive Entwicklungen des Ringofens

Unter Beibehaltung des grundsätzlichen Ringofenprinzips wurden im Laufe der Zeit am Aufbau des Ringofens und an seinen verschiedenen Einzelrichtungen von Hoffmann selbst und den vielen konkurrierenden Ofenbauern, die alsbald auftraten, zahlreiche konstruktive Änderungen vorgenommen. Auf einige der wichtigsten dieser Entwicklungen sei kurz eingegangen.

10.6.4.1. Die Entwicklung der Brennkannalform

Die erste Ausführung des Ringofens, 1859 erstmals gebaut, besaß eine kreisrunde Grundrißform, woraus sich der Name „Ringofen“ ableitete. Hoffmann hoffte, damit an allen Stellen gleiche Strömungsverhältnisse für die Feuerführung zu schaffen. Eine Hoffnung, die sich offensichtlich nicht erfüllt hat, denn die Feuerführung an der Außenwand war problematisch, da hier das Feuer tendenziell zum Zurückbleiben neig-

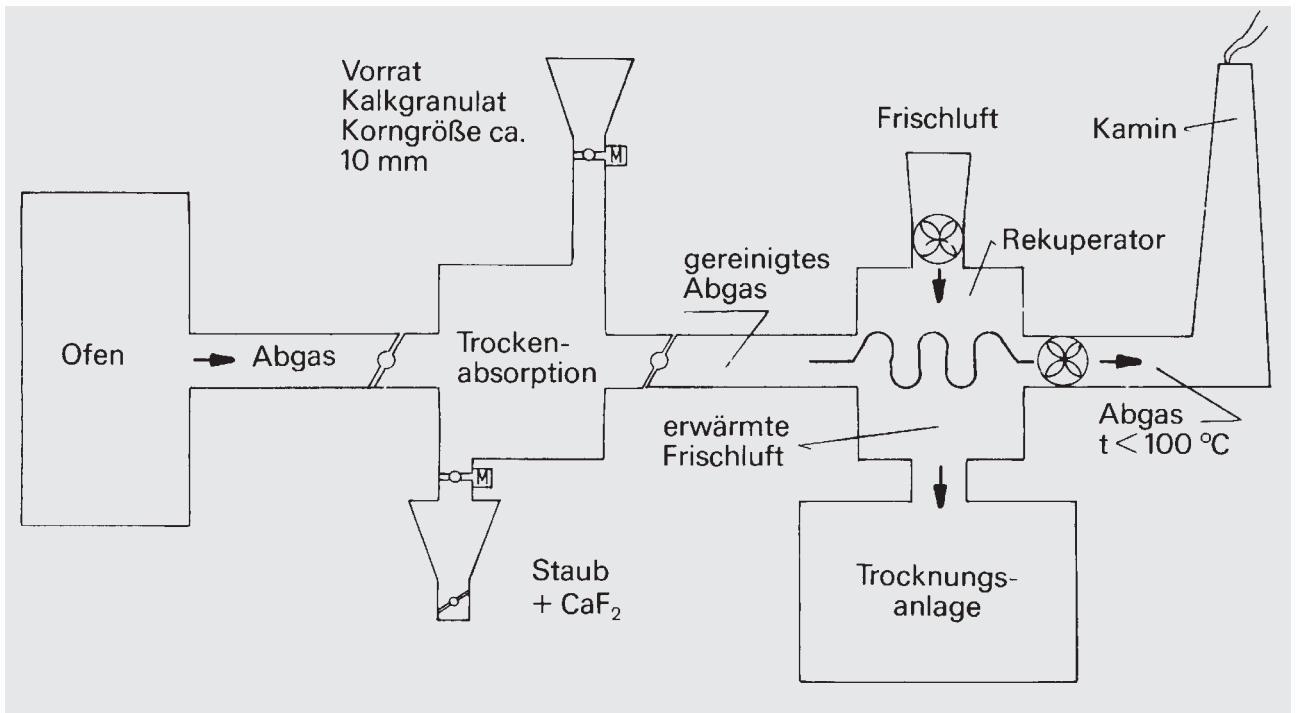


Bild 10.127. Schematische Darstellung einer Fluor-Abgasreinigung durch eine Trockabsorptionsanlage, 1983

te, während es an dem kleineren Innenwandkreis voreilte. Auch war es störend, daß an allen Stellen des Brennkannals Keilblätter gesetzt werden mußten. Diese waren schwieriger zu setzen und erforderten auch eine größere Zugkraft.



Bild 10.128. Ringofen-Grundrißformen, von links nach rechts: rund, oblong, mit geraden Kopfkammern, mit Verbindungskanal für die Heizgase

Ab 1864 wurde daher die runde Grundrißform durch die oblonge Form ersetzt, bei der zwei lange parallele Brennkannalteile an den Enden durch Halbkreisstücke, Kopfkammern oder Krummkammern genannt, verbunden sind. Zwar mußten auch in den Kopfkammern Keilblätter gesetzt werden, doch wurde diese Grundrißform für Öfen zum Brennen von Hintermauerziegeln weitgehend beibehalten. Beim Brennen von Dachziegeln wurden diese Keilblätter jedoch als besonders störend empfunden. Zur Vermeidung der Keilblätter wurden daher ab 1880 die Endstücke des Brennkannals als gerade Verbindungstücke ausgebildet. Diese Ofenform wurde auch als Parallelringofen bezeichnet. Anstelle der bogenförmigen wurde nun

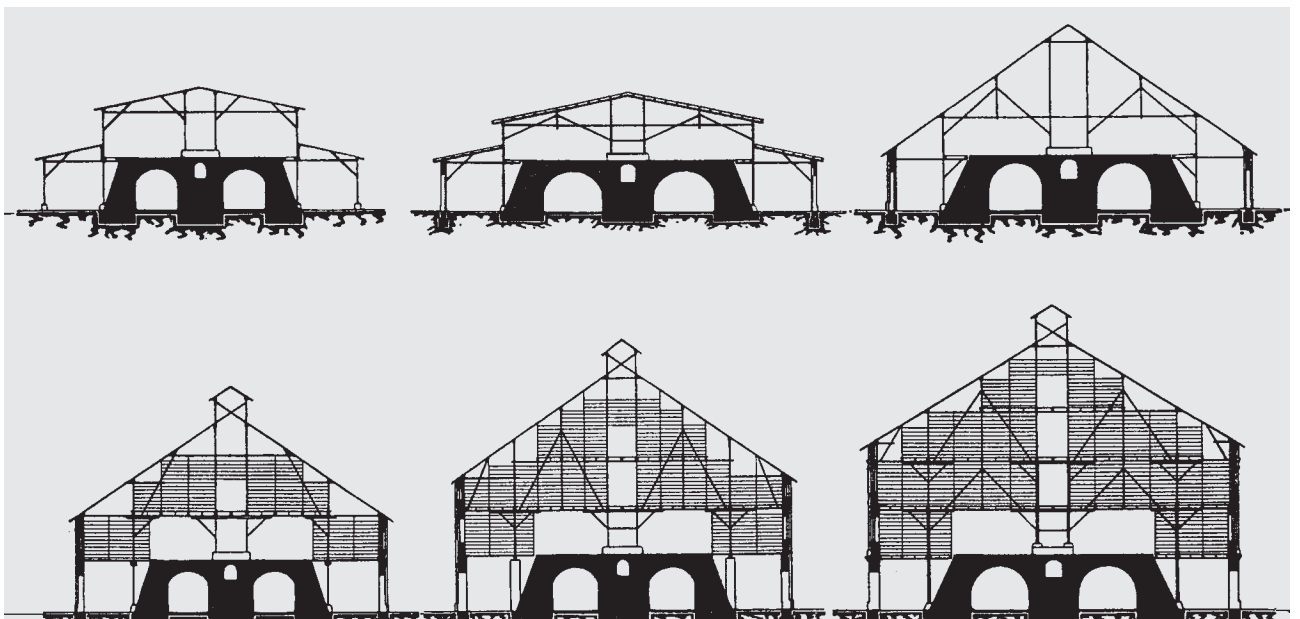


Bild 10.129. Über Ringöfen errichtete Gebäude, oben ohne und unten mit Trockner

eine zweimal rechtwinklige Ablenkung geschaffen, was die Strömungsverhältnisse nicht gerade günstig beeinflusste. Eine weitere Entwicklung führte daher zu den schmalen, etwa 0,4-0,6 m breiten leeren Verbindungskanälen, in die keine Ziegel eingesetzt wurden und welche nur die Heizgase von der einen auf die andere Ofenseite leiteten (Bilder 10.128.+10.129.).

10.6.4.2. Kombinierte und sonstige Formen

Von den verschiedenen sonstigen Grundrißformen, alle vor 1900 entstanden, seien noch erwähnt: der Rundofen mit zwei konzentrisch ineinander gelegten Brennkanälen, die auch etagenweise übereinander gelegt sein konnten, ein Rundofen, der aus zwei gekrümmten oblongen Parallelringöfen gebildet wurde, und ein Parallelringofen, bei dem die beiden Brennkanäle nicht neben- sondern übereinander lagen (Bilder 10.130.-10.133.).

10.6.4.3. Teilringofen

Beim Teilringofen handelt es sich um die erste Baustufe eines etappenweise errichteten Ringofens. Ab 1870 entstanden viele neue Ringofenziegeleien. Häufig kam es dabei vor, daß die zum Bau des Ringofens benötigte erhebliche Menge an Mauerziegeln nicht verfügbar bzw. nur mit großem Kostenaufwand über eine größere Entfernung hinweg zu beschaffen war. Manchmal rechnete man auch damit, die große Produktion eines Ringofens nicht sofort vollständig absetzen zu können. In solchen Fällen baute man den Ringofen gelegentlich nur zum Teil aus, als sog. Teilringofen, der periodisch als Kammerofen betrieben wurde und nach und nach zu einem kompletten Ringofen ausgebaut werden konnte.

Er bestand aus einem ein- oder zweiseitigen Kopfstück eines Ringofens mit 3-4 Ofenkammern. An einem Ende befand sich eine Heizwand mit Rostfeuerungs, am anderen eine Schlußwand mit dem Rauchgasabzug, der mit dem Schornstein in Verbindung stand. Nach dem Anheizen vom Rost aus wurde wie beim normalen Ringofenbetrieb von oben noch Kohle nachgeschüttet. Auf diese Weise konnte man die zur Fertigstellung des Ringofens erforderlichen Steine selbst brennen, wenn auch nicht so wirtschaftlich wie im Ringofen selbst, aber immer noch kostengünstiger als bei Fremdbezug oder der provisorischen Errichtung eines besonderen Kammerofens (Bild 10.134.).

10.6.4.4. Schenkelringofen

Ein Mittelding zwischen dem Parallelringofen und dem Zick-Zack-Ofen stellte der Eckardtsche Ringofen dar, auch Schenkelringofen oder Mehrschenkelofen genannt, den der Kölner Ofenbauer W. Eckardt um 1890 für die Massenproduktion von Ziegeln und

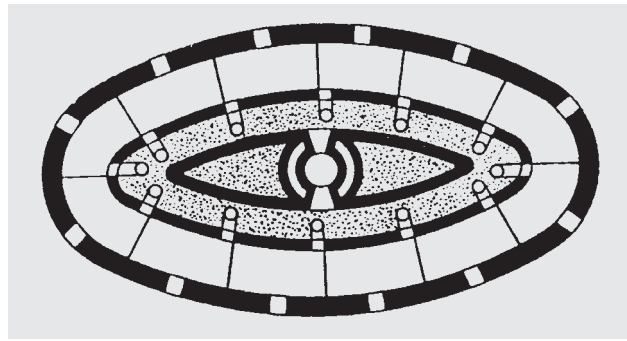


Bild 10.130. Ringofen mit ovalem Grundriß

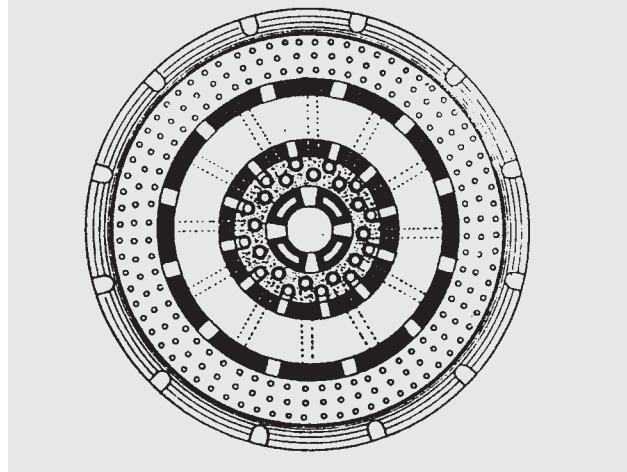
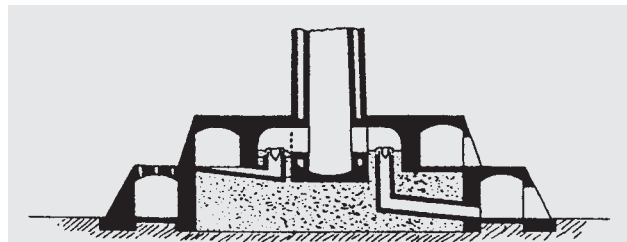


Bild 10.131. Zwei konzentrisch ineinander auf unterschiedlichem Niveau angeordnete Ringöfen

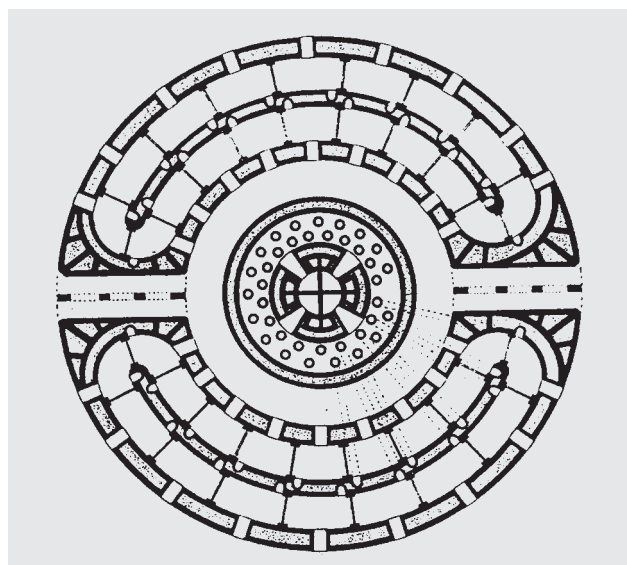


Bild 10.132. Zwei ringförmig gekrümmte Ringöfen

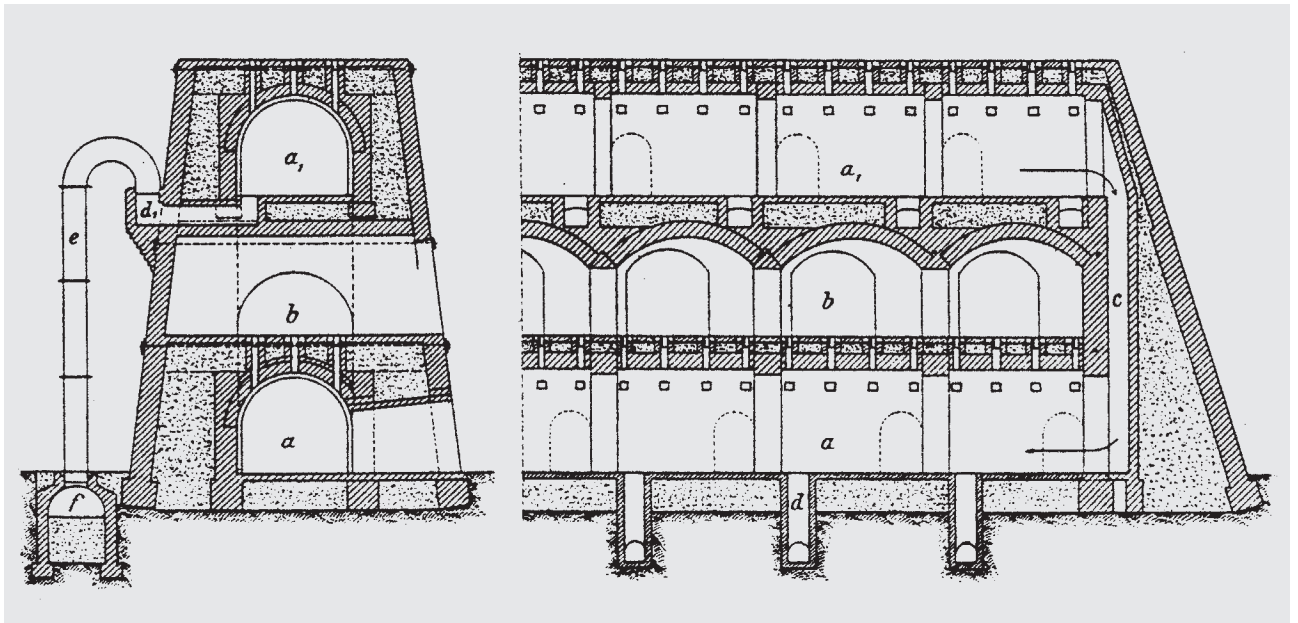


Bild 10.133. Ringofen mit zwei übereinander liegenden Brennkanälen, die an den Kopfseiten durch vertikale Schächte verbunden sind

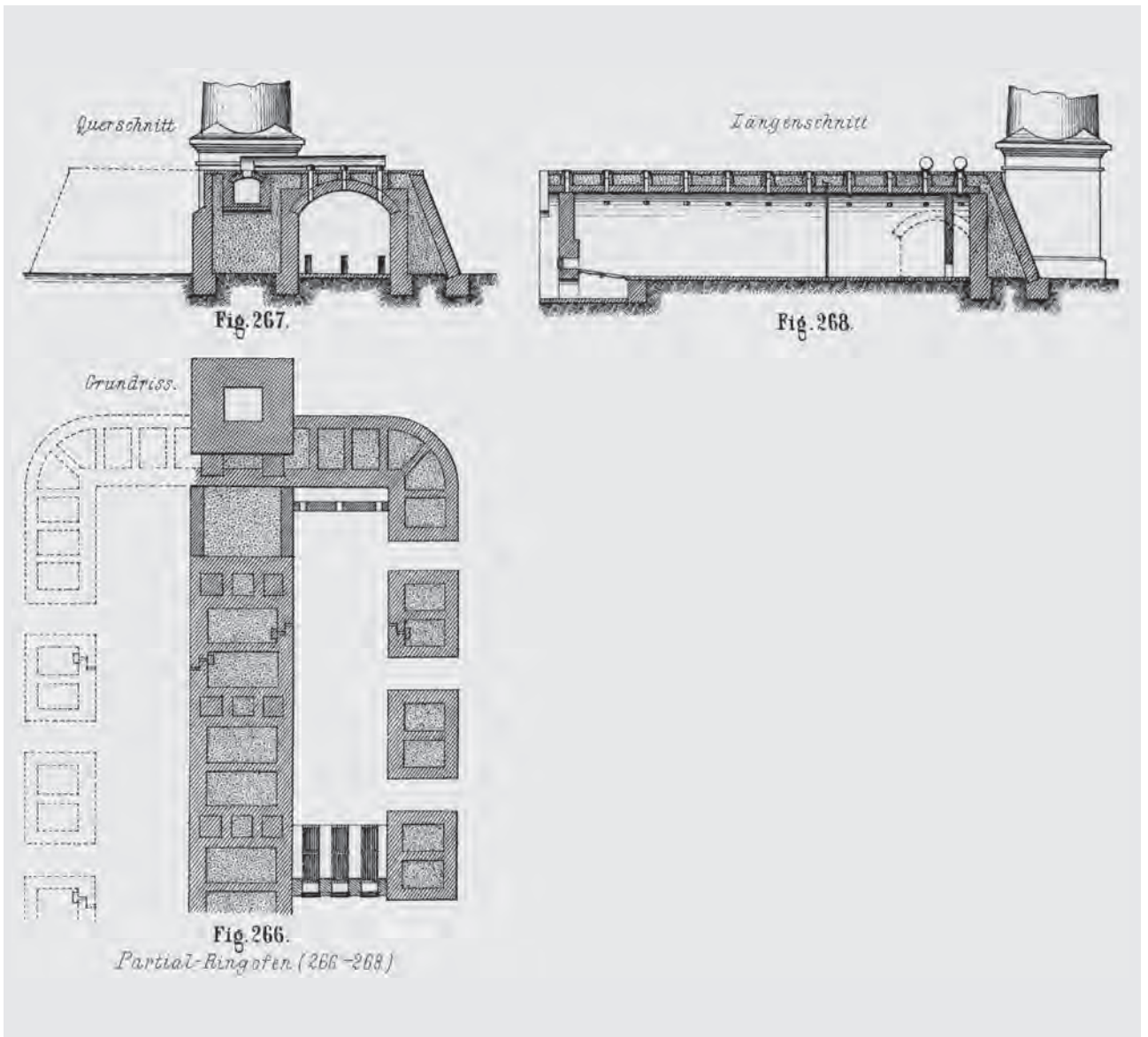


Bild 10.134. Einfacher Teilringofen oder Partialringofen, gestrichelt eingezeichnet die mögliche Erweiterung zum Doppelkammerofen und später zum kompletten Ringofen, um 1890

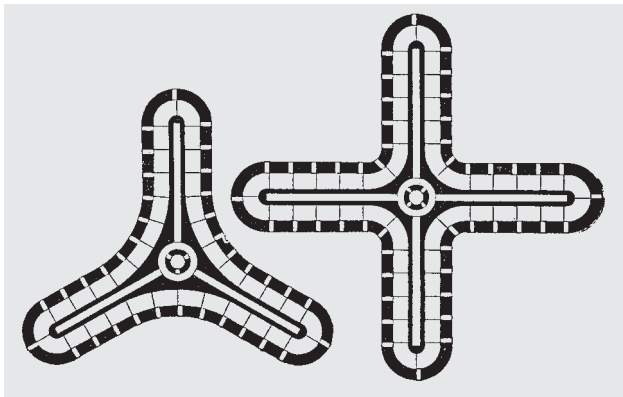


Bild 10.135. Zwei Schenkelringöfen, die jeweils mit bis zu drei Feuern betrieben werden konnten

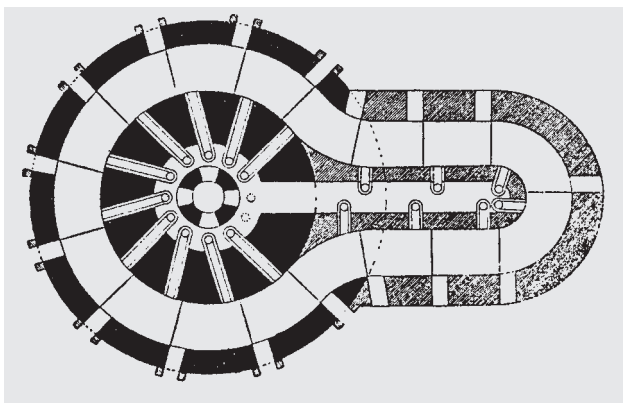


Bild 10.136. Zum Schenkelringofen umgebauter runder Ringofen

Kalk entwickelte. Es gab ihn als Drei- oder Vierschenkelöfen, der mit zwei oder mehr Feuern gleichzeitig betrieben werden konnte. In einem Vierschenkelöfen mit drei Feuern konnten z.B. 55 000 Mauerziegeln oder 200 Tonnen Kalk pro Tag gebrannt werden. Diese Ofenart konnte sich in der Ziegelindustrie nicht durchsetzen, wurde dagegen zum Brennen von Kalk mehrfach ausgeführt (Bilder 10.135.+10.136.).

10.6.4.5. Ringöfen mit Heizwänden

Um den direkten Kontakt des aufgegebenen Brennstoffs und Ascheanflug auf den Dachziegel zu vermeiden, baute man auch Ringöfen mit fest eingebauten Heizwänden. Bekannt wurden die Heizwände nach Haedrich und Diesener, beide um 1890 entwickelt.

Haedrich'sche Heizwände

Die von dem Ingenieur und Ziegeleibesitzer Haedrich, Eilenburg, entwickelten Heizwände bestanden aus $\frac{1}{2}$ Stein starken, jeweils paarweise unter einer Heizlochreihe angeordneten Wänden mit Öffnungen für die Heizgase. Zwischen diesen Wänden waren aus Schamottesteinen Treppenroste hergestellt, auf denen die Verbrennung der Kohle ohne Berührung mit dem Einsatz erfolgt. Die Verbrennungsluft trat durch eine türähnliche Öffnung in der einen Wand ein, durchstrich das auf dem Rost liegende Brennmaterial und trat durch die Austrittsöffnungen der

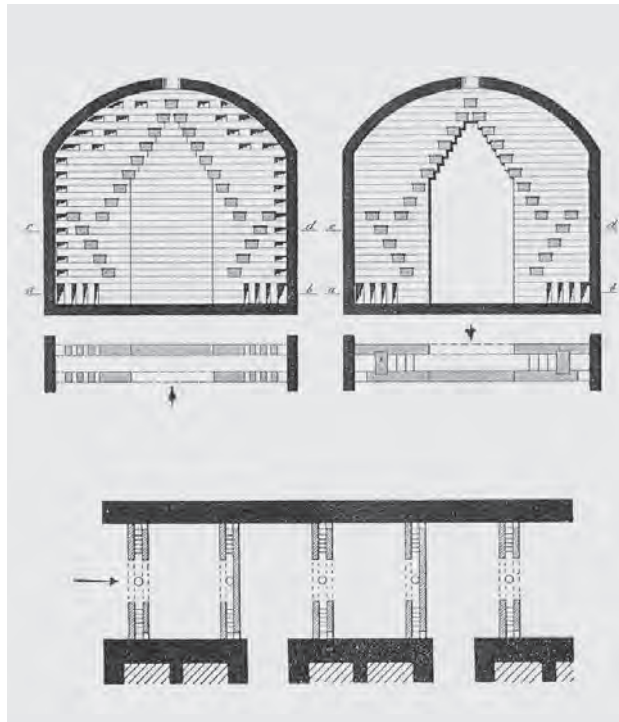


Bild 10.137. Haedrich'sche Heizwände, um 1890

2. Wand aus. Die Heizgase umströmten auf diese Weise den folgenden Teil des Einsatzes so lange, bis sie wieder durch die große Öffnung der nächsten Heizwand einströmten (Bild 10.137.).

Diesener Heizwände

Diesener ordnete seine Heizschächte längs unter den beiden äußeren Heizlochreihen an. In bestimmten Höhen wurde durch Einlegen eines Rostes aus feuerfesten Steinen eine besondere Feuerung gebildet (Bild 10.138.).

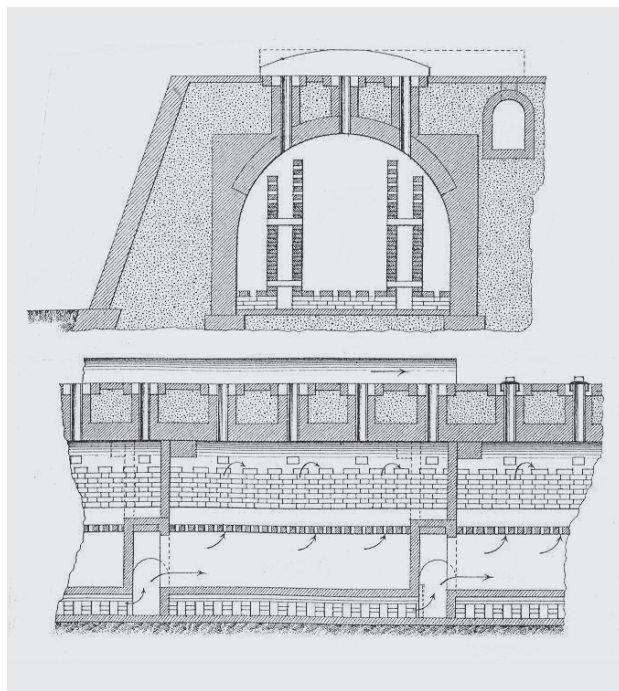


Bild 10.138. Diesener Heizwände, um 1890

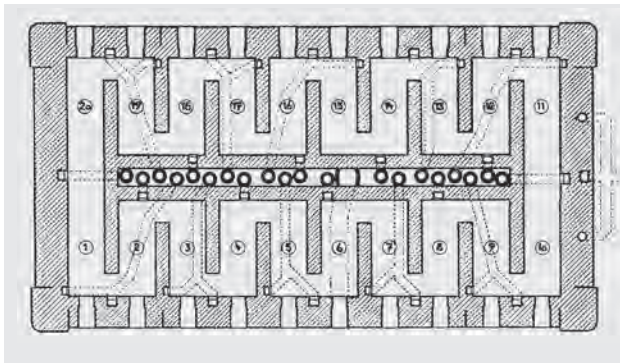


Bild 10.139. Grundriß eines Zick-Zackofens

10.6.5. Der Zick-Zack-Ofen

Die früheste Ofenform, die vom Ringofen abgewandelt wurde, ist der Zick-Zack-Ofen, denn schon zehn Jahre nach der Erfindung und Einführung des Ring-ofens hat man ihn gebaut. Erfunden wurde der Zick-Zack-Ofen von Jakob Bühler (1828 – 1914), der ihn als „Verkürzten Ringofen“ bezeichnete. Für seine Erfindung wurde ihm 1868 das englische Patent Nr. 562 erteilt – wahrscheinlich, weil sich Bühler um diese Zeit zu Studienzwecken in London aufhielt. Nach dem Erfinder wird dieser Ofen oft auch als „Bühler-Ofen“ bezeichnet (Bild 10.139.).

Seine Brennkanalbreite ist mit 1,80-2,40 m kleiner als beim Ringofen, was für den Dachziegeleinsatz mit seiner geringeren Belastbarkeit günstig ist. Da der endlose Brennkanal in Mäanderform ausgeführt ist, was auch zur Bezeichnung Mäanderofen führte, konnte ein sehr langer Brennkanal (bis 200 m) auf einem relativ kleinen Grundriß untergebracht werden. Die Kammerzahl muß immer durch vier teilbar sein und betrug mindestens acht. Durch die Aufteilung in einzelne Kammern konnten zwei oder mehr Setzergruppen gleichzeitig arbeiten. Auch konnte man im Zick-Zack-Ofen direkt vor das Blatt fahren, während man im Ringofen den Wagen nochmals drehen mußte, um vor das Blatt zu kommen. Dies waren die Gründe dafür, daß der Zick-Zack-Ofen zum bevorzugten Brennofen der früheren Dachziegelwerke wurde. Die Brandführung gleicht der des Ringofens. Da das Feuer bei jedem Übergang um 180° abgelenkt wird, erfordert der Zick-Zack-Ofen eine größere Zugkraft als ein Ringofen gleicher Brennleistung. Bühler führte daher auch den Ventilatorzug ein, damals Exhustorzug genannt, und mit dem dadurch erreichbaren größeren Feuerfortschritt entstand erstmals der Begriff „Schnellbrandverfahren“.

Das Firmenlogo Bühlers, eine Riesenhand, die eine Anzahl Schornsteine zerbricht, weist auf eine seiner Hauptschöpfungen hin, den Ventilatorzug, mit dem er den Schornstein als Zugerzeuger ersetzt hatte. Bereits um 1905 gab es Vorschläge für Zickzacköfen mit ausfahrbarer Ofensohle, die sich in der Praxis aber nicht durchsetzten. Auch Kombinationen von Ringofen und Zickzackofen wurden gebaut, z.B. wenn bei

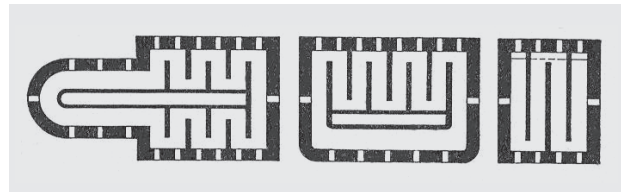


Bild 10.140. Kombinationen von Ring- und Zickzackofen, rechts ein Reformofen bei dem das Feuer von der letzten zur ersten Kammer durch einen Sohlkanal zurückgeführt wird

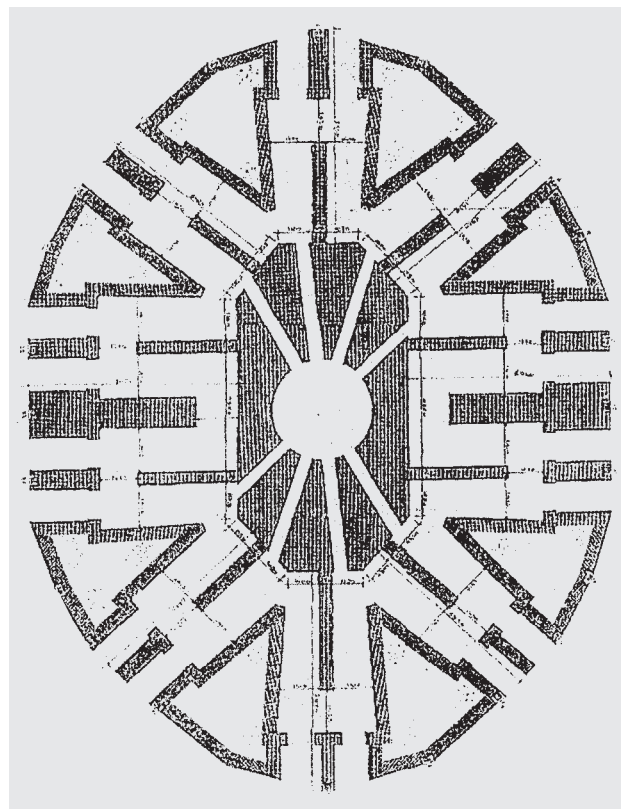


Bild 10.141. Zickzackringofen der ehemaligen Ziegelei „De Panoven“ in Zevenaar/Niederlande, heute Ziegeleimuseum, erbaut 1926

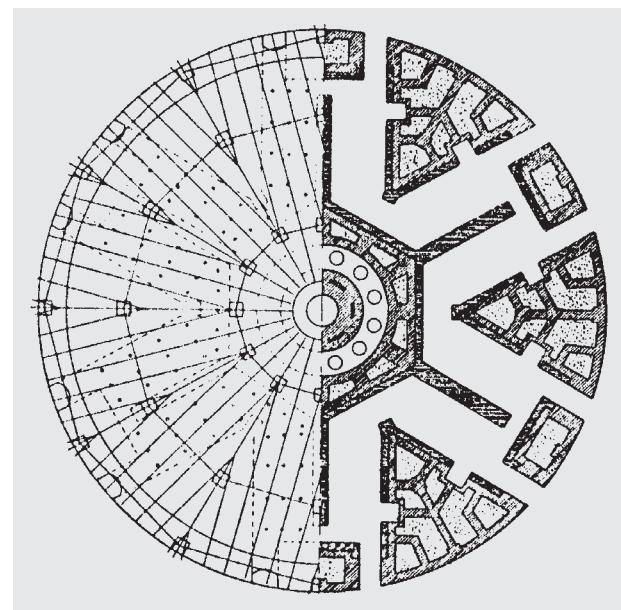


Bild 10.142. Zickzackringofen, 1926

begrenzten Platzverhältnissen der Brennkanal eines vorhandenen Ringofens verlängert werden mußte, was durch die Zuordnung eines Teilzickzackofens möglich wurde (Bild 10.140.).

Der Zickzackringofen

Eine eigentümliche Sonderform des Zickzackofens stellt der über einem runden Grundriß errichtete runde Zick-Zackofen oder Zickzackringofen dar, von dem verschiedene Varianten gebaut wurden. Entworfen wurde er von dem niederländischen Ofenbauer Joost Wentink in Utrecht, der auch den Flammofen entwickelt hatte. Einer dieser Öfen, 1926 erbaut, ist noch in der ehemaligen Ziegelei „De Panoven“ (1865 – 1983) in Zevenaar/Niederlande erhalten, die heute ein Ziegeleimuseum ist (Bilder 10.141.+10.142.).

10.6.6. Ringöfen mit überschlagender Flamme

Mit dieser Ofenart wollte man auch im Ringofen die gleichen Vorteile erreichen wie bei den Kammeröfen mit überschlagender Flamme, d.h. die höchsten Temperaturen unter dem Ofengewölbe entstehen lassen, wo das Brenngut am wenigsten belastet ist, sowie eine Berührung der Ware mit dem Brennstoff und dessen Rückständen vermeiden. Diese Ofenart wurde daher vorgesehen zum Brennen von Ziegeln, die hoch gebrannt werden sollten, vornehmlich Klinker und Dachziegel. Entwickelt und ausgeführt wurden diese Öfen von Bock als Kammerringofen und von Dannenberg als Treppenrost-Kammerofen. Der Brennkanal des Ofens wurde durch Querwände in einzelne Kammern geteilt. Jede Feuerstelle ist dabei durch einen gemauerten Heizständer von der Ware getrennt, so daß nur die Flammen in den Brennraum gelangen. Die Öfen wurden mit ein- oder zweiseitig überschlagender Flamme, d.h. mit einem oder zwei Heizständern je Kammern ausgeführt (Bilder 10.143.+10.144.). Unterhalb der Brennkanalsole standen die Kammern so miteinander in Verbindung, daß die abziehenden Heizgase einer im Feuer stehenden Kammer gezwungen sind, beim Eintritt in die nächstfolgende Kammer durch die an den Längsseiten aufgebauten Heizroste zu streichen, bevor sie in die Kammer selbst gelangen. Hierbei erhitzen sie nicht nur die Heizroste bis zur Rotglut, sondern auch den Einsatz der betreffenden Kammer, den sie von oben nach unten durchziehen, stark vor. Die anschließend auf den Rost aufgegebenen Kohlen entflammen sofort und bewirken einen raschen Fertigbrand.

Flammofen

Eine in Holland gebräuchliche Variante des Kammerringofens ist der Flammofen (Vlamoven). Entwickelt wurde er von dem Holländer Joost Wentink (1873-1933), der am Technikum Mittweida (Königreich Sachsen) ein Maschinenbaustudium absolviert hatte, in Zusammenarbeit mit dem Ziegeleibesitzer

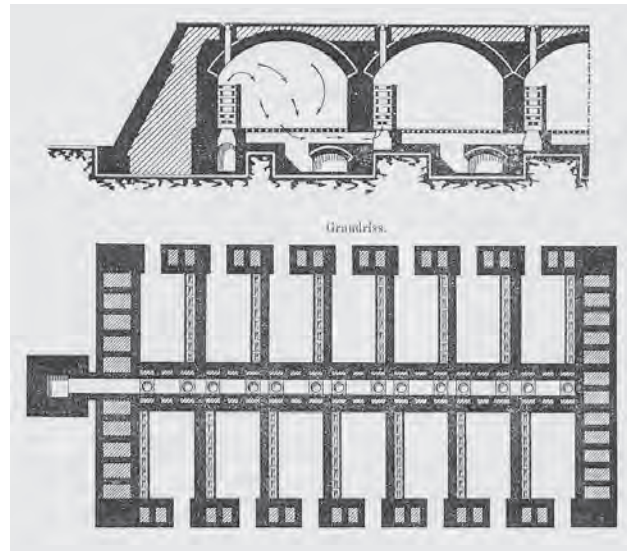


Bild 10.143. Ringofen mit einseitig überschlagender Flamme

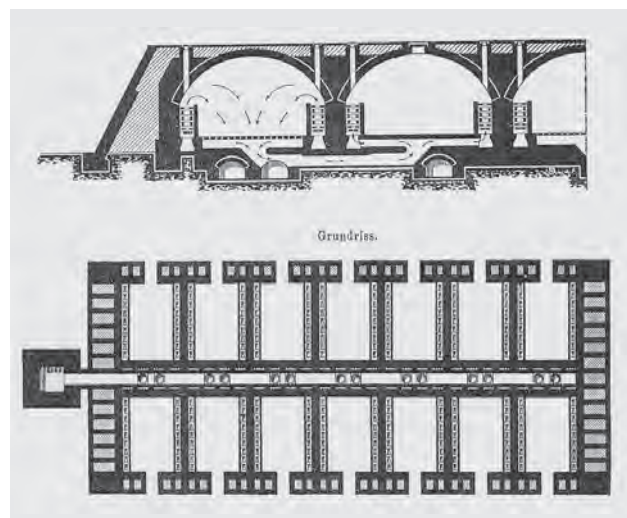


Bild 10.144. Ringofen mit zweiseitig überschlagender Flamme

A. van de Koppel. Ziel war ein Ofen, der sich besonders zum Brennen von Pflasterziegeln eignete, da man damit im Hoffmann'schen Ringofen keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt hatte. 1914 wurde der erste Flammofen mit überschlagender Flamme gebaut. Er wurde meist mit ganz normaler Ringofenfeuerung ausgeführt. Nach dem 2. Weltkrieg wurden die meisten Flammöfen auf Gabelstaplerbetrieb für das Setzen und Ausfahren der Ware umgestellt. Insgesamt wurden etwa 140 Flammöfen gebaut, von denen im Jahre 2000 noch drei in Betrieb waren (Bilder 10.145. + 10.146.).

10.6.7. Gaskammerringofen

Als „vornehmen Bruder des Ringofens“ hat man den Gaskammerringofen bezeichnet, weil er vornehmlich zum Brennen von „besserer Ware“ bis hin zu Porzellan verwendet wurde. Ab 1868 wurde er von Georg Mendheim aus der Überlegung heraus entwickelt, daß Gas das sauberste Brennen – ohne die Gefahr von Ascheanflug wie bei Kohle – ermöglicht

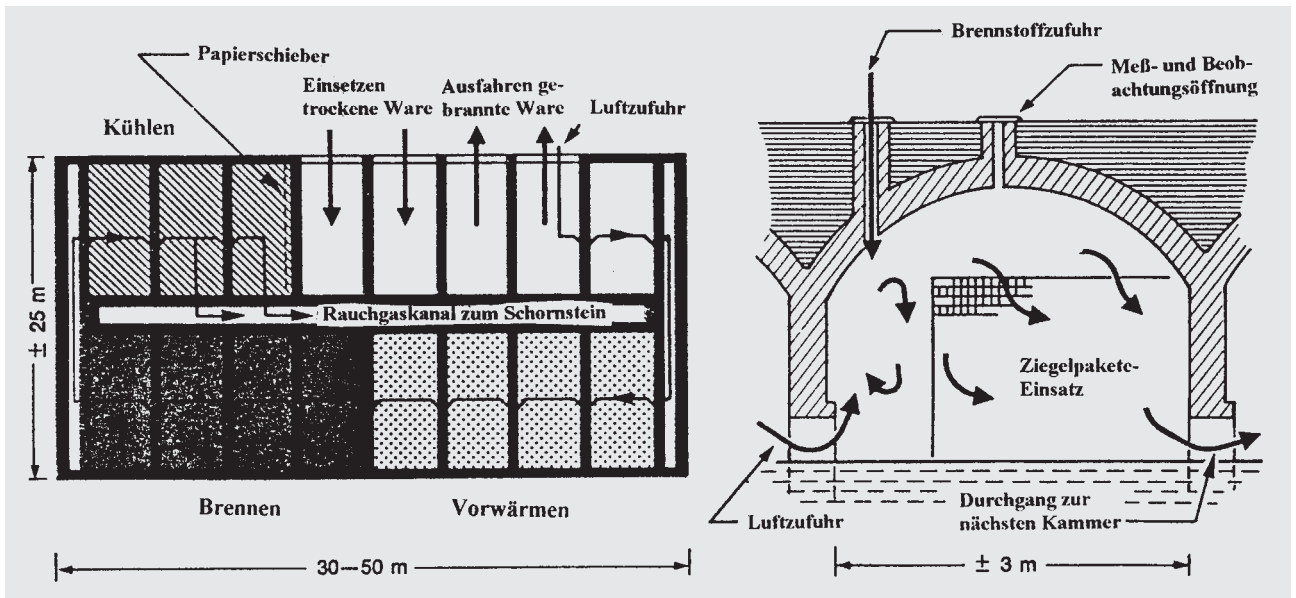


Bild 10.145. Schema und Arbeitsablauf des Flammofens

und somit der Ringofen auch zum Brennen feinkeramischer Erzeugnisse anwendbar gemacht werden könne. Nach zahlreichen Versuchen konnte er 1870 bei der Königlich Preußischen Porzellanmanufaktur (KPM) in Charlottenburg bei Berlin mit dem Bau eines Gaskammerringofens mit 22 Kammern für den kontinuierlichen Brand von Porzellan beginnen und diesen im Dezember 1871 in Betrieb nehmen.

Der Mendheimsche Gasofen (Bild 10.147.) bestand aus einzelnen Kammern, deren Zwischenwände mit Durchgangsöffnungen versehen waren. Beheizt wurde er durch in zwei Gasgeneratoren aus minderwertiger Kohle erzeugtem Gas, das zusammen mit der Verbrennungsluft durch Öffnungen in der Ofensohle in die Ofenkammer eintrat. Durch Ventile und Glocken konnten Gaszufuhr und Rauchgasabzug



Bild 10.146. Die Ziegelei Randwijk in Heteren/Niederlande betreibt noch einen kohlebefeueten Flammofen zur Herstellung von Handstrich-Verblendziegeln. Blick in die Ofenkammern, Hubstaplerbetrieb und Lagerplatz, 2001

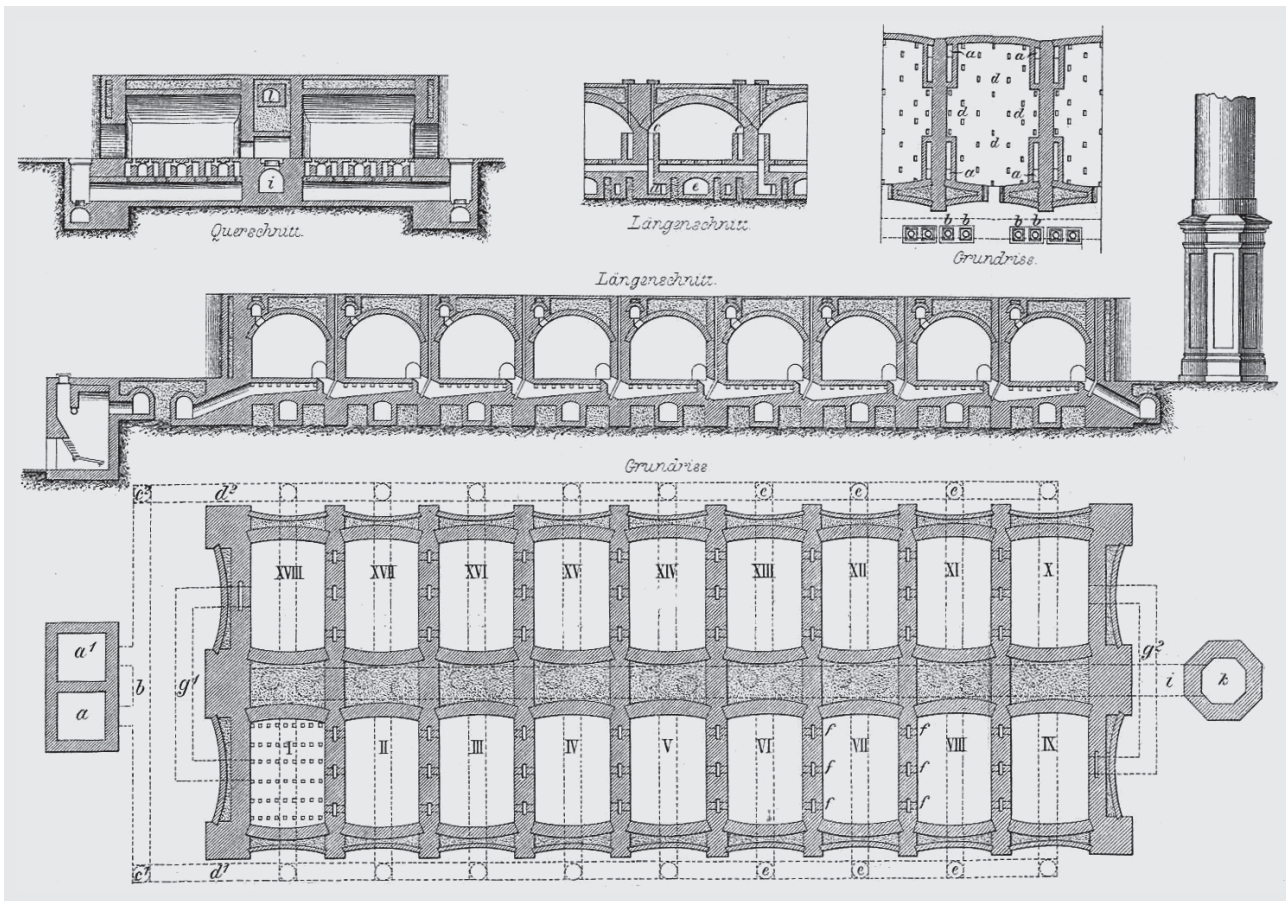


Bild 10.147. Gaskammerringofen von Mendheim, 1870

für jede Kammer individuell geregelt werden (Bild 10.148.). Dieser erste, 1870/71 auf dem Gelände der KPM in Berlin errichtete Mendheimsche Gaskammerringofen existiert heute noch und steht zusammen mit dem Gebäude unter Denkmalschutz.

10.6.8. Gasringofen

Unter Beibehaltung des Prinzips des Ringofens entwickelte Escherich den Gasringofen. Der erste Ofen dieses Systems wurde 1875 bei der Thonwarenindustrie Schwandorf (Bayern) in Betrieb genommen. Vom gewöhnlichen Ringofen mit Kohlestreufeuerung unterscheidet er sich nur dadurch, daß anstelle der aus Mauerziegeln gesetzten Heizschächte

durchlichtete Schamotterrohre, die sog. Gaspeifen, von oben durch die Schürflöcher gesteckt wurden. Ursprünglich wurde das Gas von unten zugeführt. Später verlegte man die Gaszuleitung nach oben. Das in Generatoren erzeugte Gas wurde den Gaspeifen über ein Kanalsystem zugeführt. Die aus den Gaspeifen seitlich austretenden Gasstrahlen entzündeten sich an der vorbeiziehenden Heißluft, so daß längliche Flammen entstanden, deren Länge und Stärke durch Gasventile geregelt wurde. Ein großer Vorteil der Gasfeuerung war die kontinuierliche Zuführung des Brennstoffs. Im Gegensatz zur periodischen Kohlebefeuerung, wurde hierbei ein gleichmäßigeres Feuer erzielt. Sein Gasofensystem veröffentlichte Escherich erstmals 1879, nach seinem Tode im Jahre 1881 übernahm Hoffmann den Vertrieb des Gasringofens (Bild 10.149.).

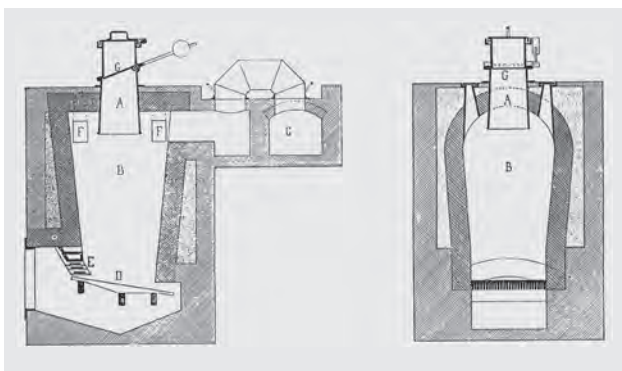


Bild 10.148. Gasgenerator

10.6.9. Erdringofen

Der Erdringofen wurde ab 1899 von Otto Bock als „Ringofen ohne Gewölbe“ eingeführt und ist sozusagen eine „Billigversion“ des normalen Ringofens. Erstmals wurde ein Ringofen ohne Gewölbe nach der großen Überschwemmung der ungarischen Stadt Szegedin im Jahre 1879 von Siehmon & Rost als provisorischer Ofen errichtet, um vor Ort möglichst schnell möglichst viele Ziegel herstellen zu können. Im Jahre 1882 erhielt Siehmon in Budapest ein Patent für seine Erfindung. Es war der erste Ofen mit

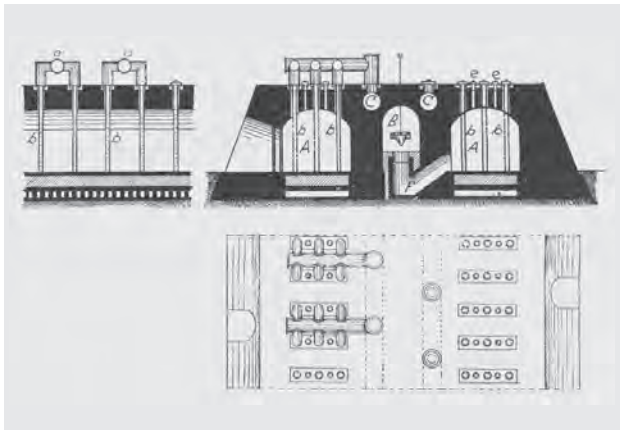


Bild 10.149. Gasringofen von Escherich, 1875

oberem Rauchgasabzug, der in Österreich-Ungarn patentiert wurde. Die Urkonstruktion des Erdringofens soll Anfang der 1880er Jahre auf den Siegersdorfer Werken in Schlesien existiert haben. Bekannt wurde der Erdringofen aber erst durch Bock, der bis 1909 weit über 100 dieser Öfen gebaut hat.

Beim Erdringofen ist der Brennkanal in die Erde gebaut, ohne Türen und ohne Gewölbe. Einsetzen und Entleeren erfolgen von oben. Die Abdeckung des Ziegeleinsatzes geschieht durch zwei Ziegelflächenschichten mit einer Aufschüttung von lockerer Erde oder Sand, welche dann die Ofendecke bildet. Da die Ofendecke warm wird, wurde sie in der Regel auch zum Nachtrocknen der im Freien oder in Schuppen vorgetrockneten Ziegel benutzt. Beheizt wird der Ofen wie jeder andere Ringofen durch verschließbare Öffnungen in der Decke.

Der Erdringofen war schnell und kostengünstig zu errichten und bot den Vorteil des kontinuierlichen Betriebs bei relativ geringem Kohlenverbrauch. Ein trockener Baugrund war Vorbedingung für seine Errichtung. Sofern das Erdreich aus Lehm bestand und nicht nachrutschte, konnte man sogar das Mauerwerk an den Außenseiten des Brennkanals ganz fortlassen und erst später mit einer ein Stein starken Ziegelmauer bekleiden. Das Entfernen der Abdeckung des Einsatzes mit Sand und Erde war zwar keine angenehme Beschäftigung, aber der Ofen bot vor allem in Gegenden mit heißem Klima Vorteile, da hier ein Arbeiten im gewölbten Ringofen nahezu unerträglich war, weil die Ofenwände und das Gewölbe kaum abkühlen (Bilder 10.150.-10.153.).

10.6.10. Bull's Ofen

Es kommt daher nicht von ungefähr, daß eine Variante des Erdringofens, von W. Bull bereits 1876 in Deutschland patentiert, der sog. Bull'sche Ofen, in Pakistan und Indien aus klimatischen Gründen bis heute zu den am meisten verwendeten Öfen gehört. Im Volksmund wird er als „Chimney Kiln“, also Schornsteinofen bezeichnet, denn der Ofen hat keinen



Bild 10.150. Querschnitt des Erdringofens

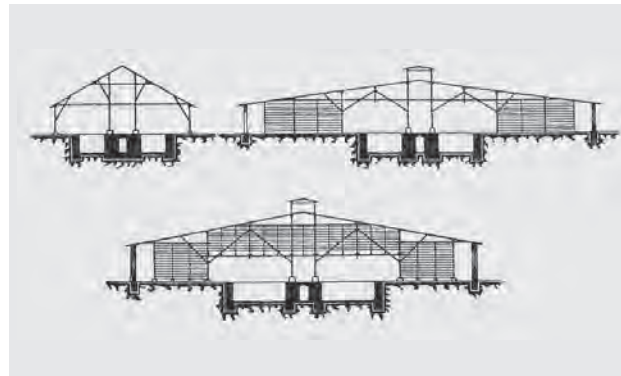


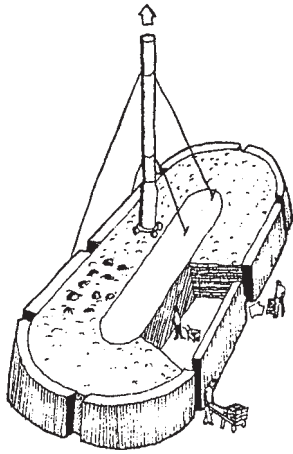
Bild 10.151. Gebäude über Erdringofen mit und ohne Trockner



Bild 10.152. Einfahrseite eines Erdringofens, um 1907



Bild 10.153. Ausfahrseite eines Erdringofens, um 1907



Rauchsammelkanal, sondern ist gekennzeichnet durch einen oder zwei ca. 8-10 m hohe Blechschornsteine, welche zur Ableitung der Rauchgase und Erzeugung des notwendigen Zugs direkt auf den Einsatz aufgesetzt und entsprechend dem Feuerfortschritt versetzt werden (Bild 10.154.).

Bild 10.154. Bulls Ofen, 1876

10.6.11. Der Schultheiß-Ofen oder Tiefofen

Dieser 1950 geplante und bei der Firma Schultheiß in Spardorf bei Erlangen gebaute Ofen kann als moderne Variante des Erdringofens gelten. Mit ihm sollte die Ofenarbeit mechanisiert werden. Er besaß eine abnehmbare Decke. Mit einem an einer Kranbrücke hängenden Ziegelgreifer wurden außerhalb des Ofens von Hand gesetzte transportgerechte Ziegelstapel aufgenommen, im Ofen abgesetzt, dort nach dem Brand wieder entnommen und möglichst direkt auf LKW verladen. Mit der Einführung des Tunnelofens schlug die Ofentechnik aber einen anderen, erfolgversprechenderen Weg ein (Bilder 10.155.+10.156.).

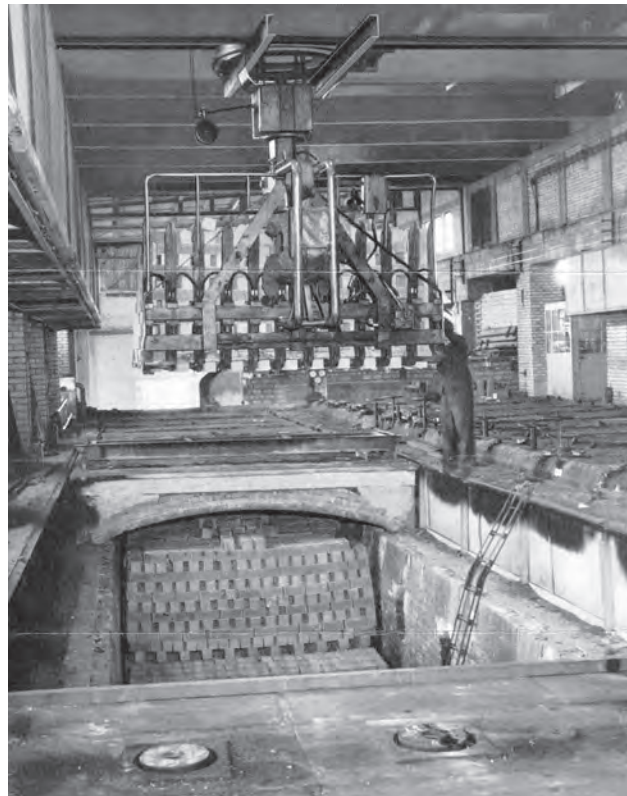


Bild 10.156. Schultheiß-Ofen, sog. Tiefofen, ein Ringofen mit abnehmbarer Decke und Kranbetrieb, 1952

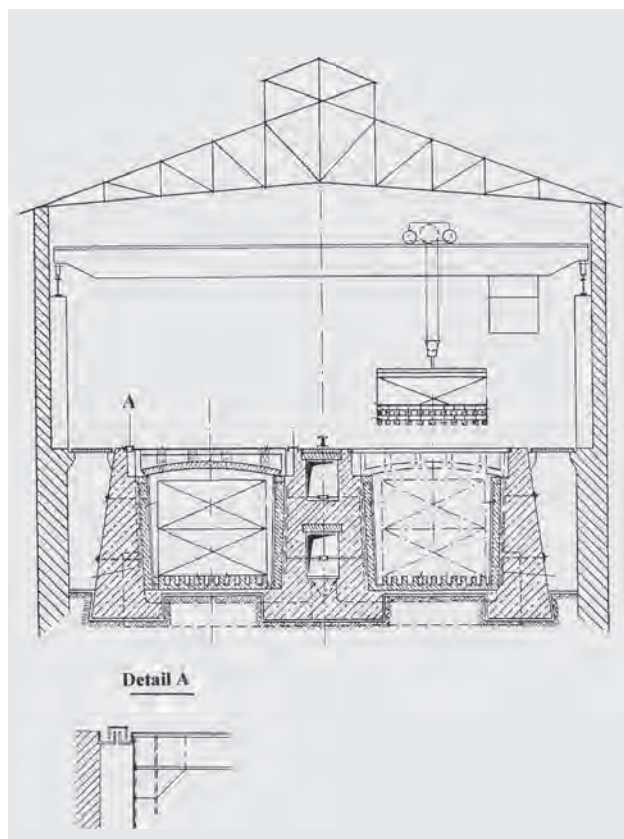


Bild 10.155. Schema eines Ringofens mit abnehmbarer Ofendecke und Kranbetrieb, um 1950

10.7. Der Tunnelofen

Ab 1947 löste der Tunnelofen allmählich die Ring- und Zick-Zack-Öfen ab. Der Tunnelofen ist ein kontinuierlich betriebener Brennofen, ursprünglich Röhrenofen, Ofen mit Eisenbahn oder Kanalofen genannt, der durch die feststehende Feuerzone bei wanderndem Brenngut gekennzeichnet ist. Interessanterweise war er vor dem Ringofen bekannt. Mit seinem ortsfesten Feuer hatte der Tunnelofen gegenüber dem Ringofen den Vorteil, gut regulierbar zu sein, was sowohl die Temperatur als auch die Atmosphäre anbelangt. Eine gleichmäßige Temperaturverteilung erleichterte aber die Herstellung eines hochwertigen Ziegels mit konstanten Qualitätsmerkmalen. Vor allem mit Blick auf die Arbeitsbedingungen bedeutete der Tunnelofen einen großen Fortschritt, denn die Arbeit in den heißen und staubigen Ofenkammern entfiel, und die Arbeiter waren nicht mehr den starken Temperaturschwankungen beim Ein- und Ausfahren der Ziegel ausgesetzt, die im Winter von -20°C auf dem Lagerplatz bis zu $+50^{\circ}\text{C}$ in der Ofenkammer reichen konnten. Für die zukünftige Entwicklung der Ziegelindustrie besonders gewichtig war auch, daß sich der Tunnelofen sehr gut in einen Fließbetrieb integrieren ließ.

10.7.1. „Ofen mit Eisenbahn“ – die geschichtlichen Anfänge

Die Geschichte des Tunnelofens ist lang und umfangreich, so daß hier nur die wichtigsten Entwicklungen

aufgeführt werden sollen. Möglicherweise wurden die Vorläufer des Tunnelofens in Korea gebaut, wo bereits im 3. Jh. n.Chr. die Ziegel in am Berghang errichteten Kanälen gebrannt wurden.

Die Idee, das Brenngut in einem Kanal an einem feststehenden Feuer vorbei zu bewegen, findet sich erstmals 1751 in einem Bericht des Chemikers Jean Hellot (1685-1766) an König Ludwig XV. Sein Vorschlag, einen solchen Ofen zu bauen, wurde aber nicht verwirklicht.

Zum Aufbrennen von Aufglasurfarben entwirft Gérin 1765 in Vincennes einen Durchlaufofen für ununterbrochenen Betrieb, wobei allerdings infolge ungenauer Berichte nicht ganz klar ist, ob dieser Ofen auch tatsächlich gebaut wurde.

Als eigentlicher Erfinder des Tunnelofens gilt der Ziegelbrenner Hans Jordt (auch Yordt geschrieben) aus Flensburg. 1840 erhält er zusammen mit dem Agenten Holler aus Carlshütte durch das dänische Kammerkollegium für 10 Jahre die Alleinberechtigung, den von ihnen angemeldeten Tunnelofen in Dänemark, Schleswig und Holstein zu bauen. Zur Ausführung seines Ofens erhält Hans Jordt 1843 eine mehrjährig dauernde dänische Staatsunterstützung. 1844 beantragt er allein auf seinen Namen die Erteilung eines Patents. In der Literatur wird verschiedentlich auch sein Bruder P. Aeg. Yordt als der Erfinder bezeichnet. Auf der Jordt'schen Ziegelei in Katharinenhof bei Flensburg wird der Ofen gebaut und 1846 in Betrieb genommen. Die technischen Probleme waren aber so groß, daß sie nicht gelöst werden konnten und der Ofen nach vielen vergeblichen Versuchen 1848 wieder abgerissen werden mußte.

Um 1848 wird von Pechinés Ofen berichtet, bei dem mit Ziegeln beladene Wagen in einem Kanal an einer Feuerung vorbeifahren und dann am Ende dieses Brennkanals über eine Drehscheibe in einen zweiten parallelen Kanal zur allmählichen Abkühlung gelangen.

Bei dem im Jahre 1853 von Deminuid und Gueval erfundenen Ofen mit feststehendem Feuer, als Röhrenofen bezeichnet, bewegten sich die mit Ziegeln beladenen Wagen in einem Tunnel, dessen Sohle 25 bis 50° geneigt war, von oben nach unten. Etwa in Kanalmitte war die Feuerung angeordnet, die aus zwei seitlich neben dem Tunnel liegenden Rostfeuerungen bestand, deren Verbrennungsgase in das Innere des Tunnels eintraten. Damit sollte nur die obere Hälfte des Kanals erhitzt werden, während die untere Hälfte zum Abkühlen der Ware diente. Am oberen Ende befand sich ein Schornstein, welcher den Luftzug beschleunigen und die Rauchgase abführen sollte. Hier wurden auch die beladenen Wagen durch eine Tür eingeschoben, die nach jedem Wagen wieder geschlossen wurde.

Gleichzeitig wurde am unteren Ende ein Wagen ausgefahren. Auch hier hatte man zunächst eine Tür vorgesehen. Diese bewirkte aber, daß die Ziegel nicht

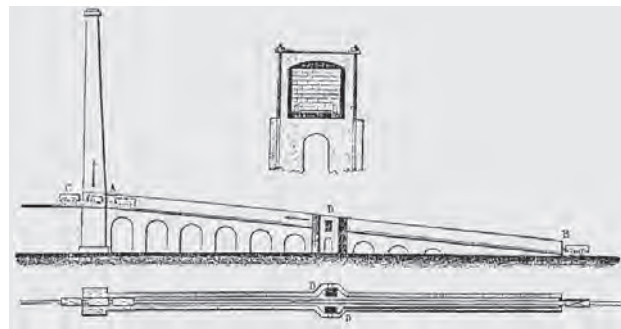


Bild 10.157. Röhrenofen von Paul Borrie & Co. in Commercy bei Paris, 1855

richtig abkühlten und die gespeicherte Wärme nicht genutzt wurde. Als die Erfinder dies erkannten, ließen sie das untere Tor entfallen. Von diesem Ofen wurde noch berichtet, daß die Ofenwagen in der Hitze sehr litten und schnell unbrauchbar wurden, was im Ofenbetrieb zu großen Unannehmlichkeiten geführt habe.

Im Jahre 1854 wurde dem Tonwarenfabrikanten A. Rasch in Rehme bei Oeynhausen ein Tunnelofenpatent für das damalige Königreich Hannover erteilt. Dieser Ofen wurde jedoch nie ausgeführt. Angeblich soll er aber dem um 1855 von der Fa. Paul Borrie & Co. in Commercy bei Paris entwickelten Röhrenofen als Vorbild gedient haben. Borrie soll über französische Mittelsmänner genaue Informationen über das Ofenprojekt von Rasch erhalten haben. Auch soll der ausgeführte Ofen von Borrie den Zeichnungen und Entwürfen von Rasch ziemlich genau entsprochen haben. Andererseits soll der Ofen von Borrie auch mit dem Ofen von Deminuid weitgehend übereingestimmt haben. Ob und welche Querverbindungen zwischen Deminuid, Borrie und Rasch tatsächlich bestanden, konnte nicht ermittelt werden. Als „Continuierlicher Brennofen mit Eisenbahn für Hohlziegel und Röhren“ hat Heusinger 1867 den Ofen von Borrie beschrieben, wie er in Bild 10.157. dargestellt ist. Der Ofen wurde zum Brennen von „hohlen Ziegeln, Röhren und dergleichen“ empfohlen, während er für Vollziegel nicht in gleichen Maße geeignet sei. Der Brennofen wurde als eine 1:10 geneigte, gemauerte Röhre von etwa 1 m im Quadrat und einer Länge von 50 m, angeordnet auf einer Kreuzbogenkonstruktion, beschrieben. Die Wände des Brennkanals waren nur ½ Ziegel stark und nur an der Feuerung verstärkt, was zeigt, daß damals überhaupt noch keine Erfahrungen bei der Bemessung der Wandstärken vorlagen. Der Zusammenhalt der dünnen Wände wurde durch senkrechte, durch Anker mit Schließen verbundene Eisenstützen bewerkstelligt. Der Ofen faßte 50 Ofenwagen, die aneinander gekuppelt wurden. Etwa jede halbe Stunde wurde unten ein Wagen abgezogen und oben ein neuer Wagen eingefahren. Jeder Wagen war mit 170-200 Ziegeln besetzt, so daß in 24 Stunden ca. 8000-10 000 Ziegel gebrannt werden konnten. Nach Heusinger lieferte der Röhrenofen von Borrie gute Resultate und erforderte etwa nur halb soviel Brennmaterial wie andere gewöhnliche Öfen.

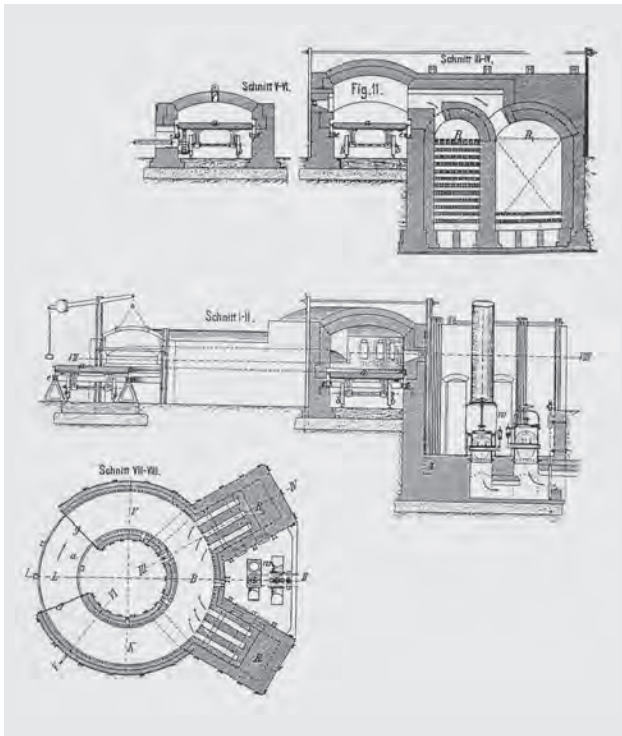


Bild 10.158. Ringförmiger Tunnelofen von C.W. Siemens, London 1877 („C.W. Siemens' ringförmiger Regenerativofen zum Brennen von Thonwaren“)

Um extrem lange Gebäude zur Unterbringung der Tunnelöfen zu vermeiden, befaßte man sich mit der Konstruktion ringförmiger Öfen. So erhält C. W. Siemens in London 1877 ein Patent für einen „ringförmigen Tunnelofen mit Regenerativgasbeheizung“ (Bild 10.158.).

Die ersten Tunnelöfen in den USA, „Railway kilns“ (Eisenbahnöfen) genannt, wurden 1867 im Ziegelwerk von Barnard & Harvey in Hestonville installiert, zusammen mit einer Schneckenpresse der Firma Chambers Brothers Company in Philadelphia, und 1892 bei der Firma The Andersen Pressed Brick Co. Chicago, Ill. Zum Durchschieben der Ofenwagen benutzte man Schraubenwinden oder Hydraulikpumpen. Beiden Öfen war kein dauerhafter Erfolg beschieden, die Ziegel seien „einheitlich blaß“ aus dem Ofen gekommen.

Hauptproblem dieser ersten Tunnelöfen war die noch unausgereifte Ausführung der Ofenwagen. Heusinger schreibt dazu: „Deren Einrichtung war aber so mangelhaft, daß das Feuer nicht auf den oberen Teil des Ofens mit dem Ziegeleinsatz beschränkt blieb, sondern sich auf den unteren Teil, wo die Wagen sich

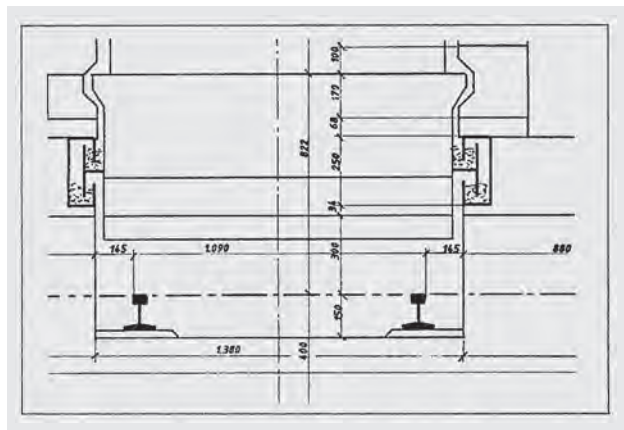


Bild 10.160. Doppelte Sandrinne zur seitliche Abdichtung, um einen Falschlufteintritt in den Ofen zu verhindern

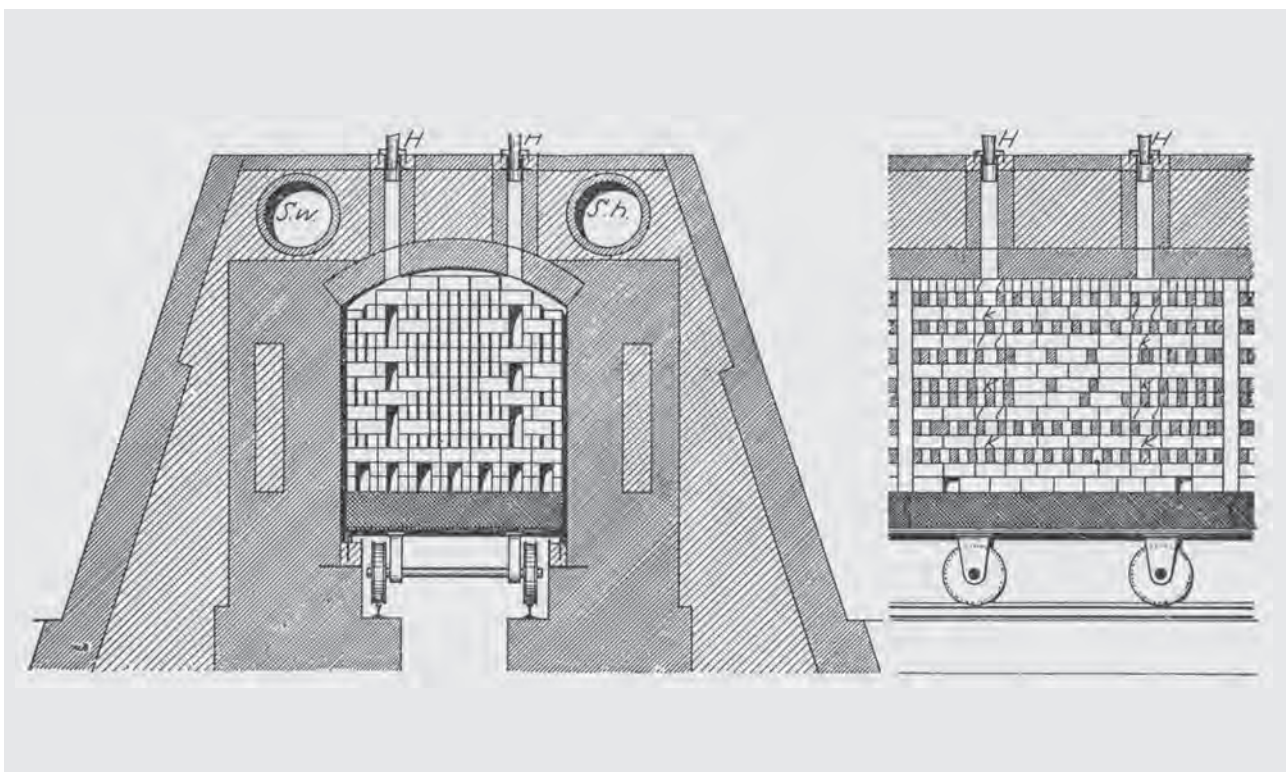


Bild 10.159. Bock'scher Tunnelofen mit Begehkanal und Streufeuerung durch die Ofendecke

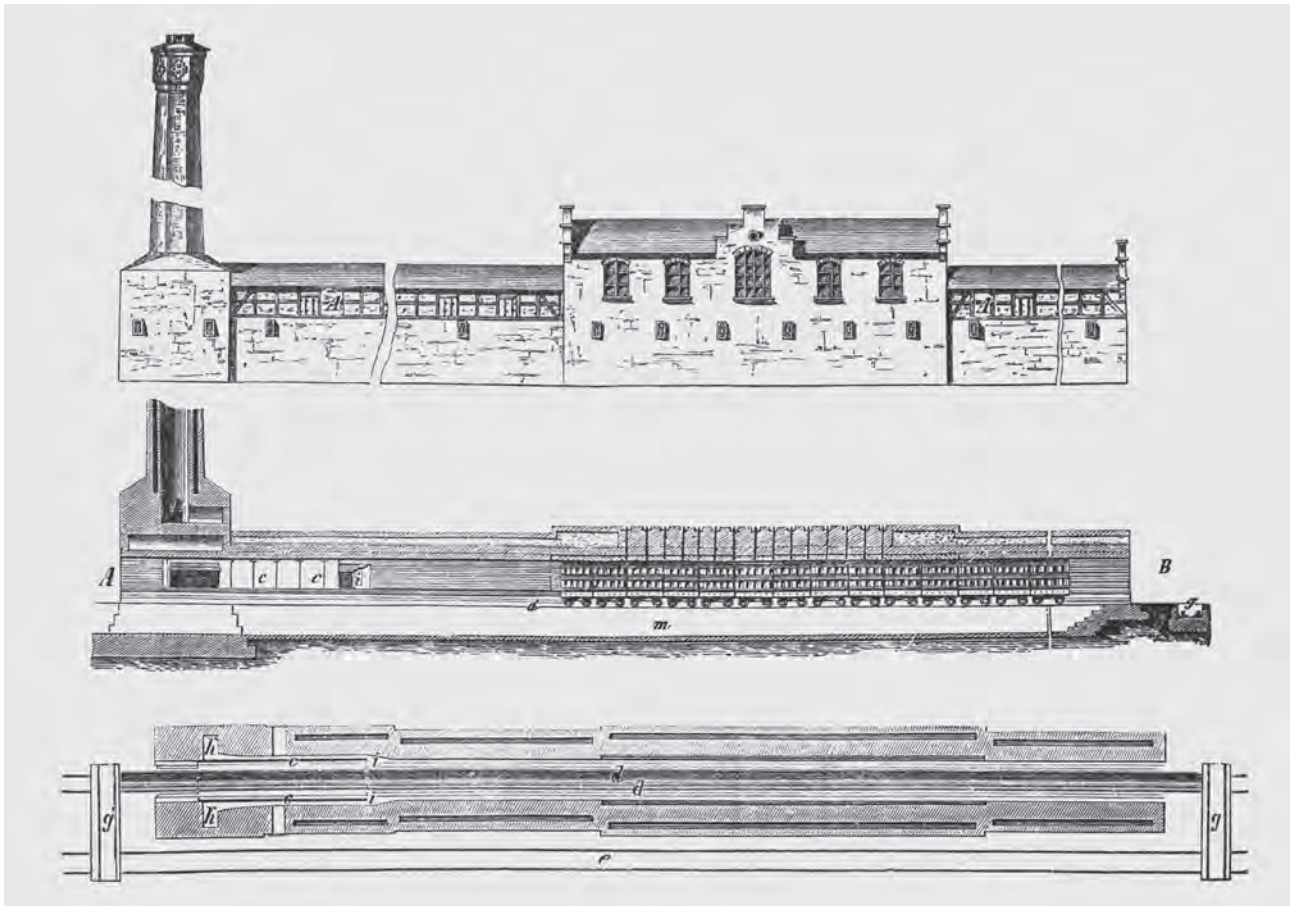


Bild 10.161. Tunnelofen von Bock, 1874, Außenansicht, Längsschnitt und Grundriß

befanden, erstreckte. Daß schon aus diesem Grunde die Wagen (vor allem die Wagenräder) sehr bald vernichtet werden mußten, liegt auf der Hand, und daraus erklärt es sich, daß diese Öfen über das Versuchsstadium nicht hinaus kamen“.

Um das Tunnelofenprinzip lebensfähig zu machen, war es also notwendig, die sich bewegende Ofensohle, den Herd, so zu gestalten, daß sie nach unten zum Unterwagenraum dicht abgeschlossen war. Praktisch mußte ein oberer Kanal für die zu brennenden Ziegel und die Feuergase sowie ein unterer Kanal für das Ofenwagenfahrwerk hergestellt werden. Einen wesentlichen Fortschritt brachte hier der Kanalofen von Otto Bock, dem 1873 ein preußisches Patent erteilt wurde. Das Neue an der Erfindung von Bock war, daß es ihm gelang, einen dichten Sohlenabschluß zu erreichen, indem er die Ofenwagen mit Nut- und Feder versah und – mit Lehm verstrichen – luftdicht zusammenfügte. Seitlich erhielten die Wagen eiserne Bordleisten, die in eine den ganzen Ofen durchziehende Sandrinne eintauchten. So wurde die Ausstrahlung der Wärme aus dem Brennraum nach unten vermieden, und das Fahrwerk der Wagen konnte durch einen unter den Wagen hindurchziehenden Luftstrom gekühlt werden. Erst dadurch war der Tunnelofen lebensfähig geworden. Die Sandrinnendichtung, die 1869 von William Gilbert in Detroit erfunden worden sein soll, hat Bock davon völlig unabhängig und eigenständig entwickelt.

Auch sah Bock unter den Ofenwagen einen Begleithkanal vor, der sich bei den immer wieder vor-

kommenden Einstürzen des Besatzes durch ungleiche Schwindung, Schmolz oder nicht exaktes Setzen der Rohlinge als sehr hilfreich erwies (Bilder 10.159.+10.160.).

Die Feuerung war analog dem Ringofen mit Schüttlöchern in der gewölbten Ofendecke gestaltet. Wie beim Ringofen sah Bock aber beim Ziegelbesatz auf den Ofenwagen noch ausschließlich Querheizschächte vor. Dies erwies sich als sehr unzulässig, da es beim Verschieben der Ofenwagen nicht immer möglich war, diese Querheizschächte genau unter die Schüttlöcher zu bringen, woraus sich dann Störungen bei der Befuerung ergaben.

Der erste Bocksche Tunnelofen wurde 1874 vom Vater Bocks in der Nähe von Kopenhagen gebaut. Bock selbst nahm sechs Wochen später den gleichen Tunnelofen in Braunschweig in Betrieb (Bild 10.161.). Beide Öfen waren ausgelegt für eine Leistung von 2 Mio. Ziegelsteinen/Jahr, und wiesen folgende Brennkanalabmessungen auf: Länge 36 m, Breite 1,0 m, Höhe 1,3 m. Allein im Jahr 1875 konnte Bock 27 Aufträge für die Lieferung von Kanalöfen verbuchen. Die meisten dieser Öfen wurden aber nach kurzer Zeit wieder stillgelegt.

Brauchbar wurde der Kanalofen erst dann, als Bock von der direkten Kohlebefeuerung mittels Streufefeuerung auf Gasfefeuerung überging. Der erste Kanalofen dieser Art wurde von Bock 1875 für die Ziegelei

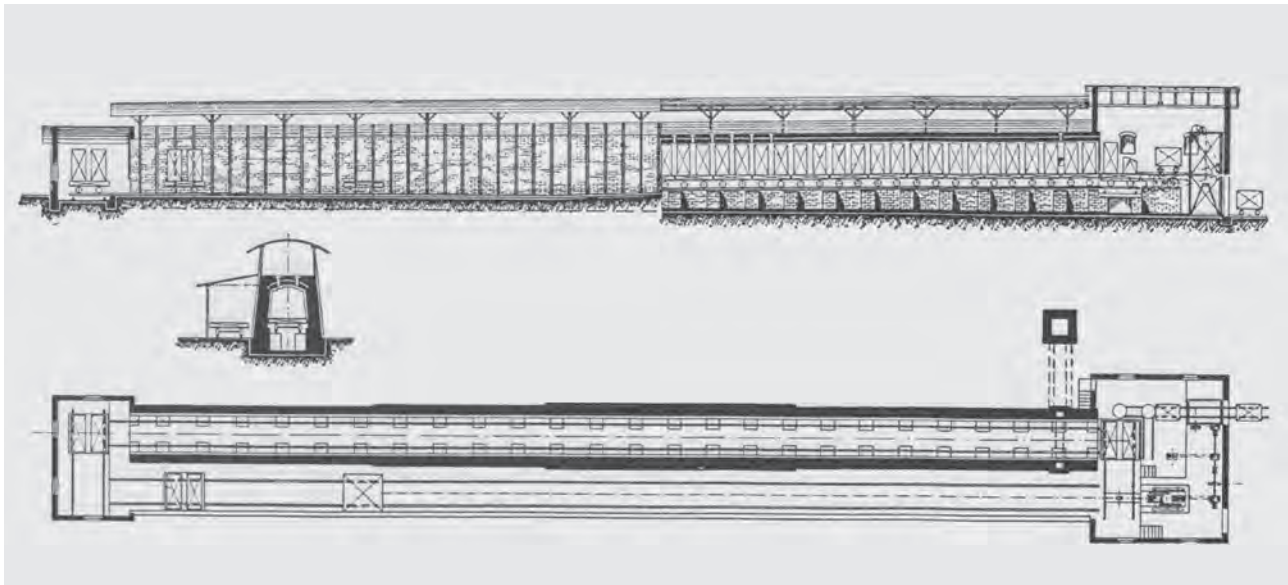


Bild 10.162. Tunnelofen von Möller & Pfeiffer, um 1898

Fr. Chr. Fickentscher GmbH in Zwickau gebaut und war dort bis 1925 in Betrieb. Das von einem Generator erzeugte Gas gelangt hier über zwei seitlich aufsteigende Kanäle in zwei Längskanäle, von wo es in einen zweiten Kanal strömt, in dem es mit der Verbrennungsluft zusammenkommt. Die Entzündung der Gase erfolgt teilweise schon in diesem Kanal, aus dem die Flamme dann durch ein gemauertes Gitterwerk in den Brennkanal eintritt. Die Erwärmung der Verbrennungsluft erfolgt im Mauerwerk des Ofens.

Von 1873 bis etwa 1880 baute Bock insgesamt rund 50 Tunnelöfen. Er hatte aber nicht viel Glück mit diesen Öfen, die sich in der Ziegelindustrie noch nicht durchsetzen konnten. Da die bau- und betriebstechnischen Probleme nicht befriedigend gelöst werden konnten, wandte sich Bock enttäuscht wieder dem Bau von Ringöfen zu. Zu Conrad Dressler soll er gesagt haben: „Laß die Finger vom Tunnelofen, er bringt nur Ärger“.

Nach mehrjähriger Ruhepause im Tunnelofenbau nahm die Firma Möller und Pfeiffer in Berlin die Idee dieses Ofentyps Ende der 1890er Jahre wieder auf und gab ihr neue Impulse. Die von Prof. Pfeiffer und Dr. Möller auf der Basis exakter bau- und wärmetechnischer Berechnungen konstruierten Öfen wurden im Wärmeverbund mit ihrer ebenfalls um diese Zeit entwickelten Kanaltrockenanlage gebaut. Zu einer größeren Verbreitung kam es aber auch hier nicht (Bild 10.162.).

Der Tunnelofen fand nun zunächst Eingang in der Feinkeramik und Feuerfest-Industrie, wo er allmählich zu einem vollwertigen, meist seitengefeuerten Brenngerät weiterentwickelt wurde. Doch über Umwege profitierte davon später auch die Grobkeramik.

In Amerika entwickelte Conrad Dressler 1910 einen Muffeltunnelofen für die Feinkeramik, um die Ware

vor direkter Einwirkung der Flamme zu schützen und aufwendige Brennkapseln zu vermeiden (Brit. Patent 18114 von 1910, DRP 249 760). Die 1913 gegründete Firma Heimsoth & Vollmer, Hannover, gründete 1920 als zweite Firma die Dressler-Ofenbau GmbH, die sich den neuen Erkenntnissen und Patenten, insbesondere dem Tunnelofenbau, widmete. Im Jahre 1944 vereinigten sich die beiden Firmen zur Karl August Heimsoth, Industrie- und Tunnelofenbau GmbH, Hildesheim, die in den folgenden Jahren Pionierarbeit auf dem Gebiet des Brennens fast aller keramischer Baustoffe im Tunnelofen leistete (Bild 10.163.).

In Frankreich hatte Faugeron 1899 einen Tunnelofen für den Steingutbrand konstruiert, der in Montereau gebaut wurde und sich als sehr brauchbar erwies (Bilder 10.164.+10.165). Dort besichtigte ihn Direktor Faist, Leiter der Porzellanfabrik Tielsch in Altwasser/Schlesien, der danach, mit verschiedenen Modifikationen, 1906 mit der von der Firma C. Kulmitz gegründeten Tunnelofen-Bau GmbH, Saarau/Schlesien, den ersten Porzellanofen baute. Sein Erfolg zieht in den Jahren von 1907 bis 1911 den Bau von 14 weiteren Tunnelöfen für Porzellan, Steingut und Feuerfestprodukten nach sich.

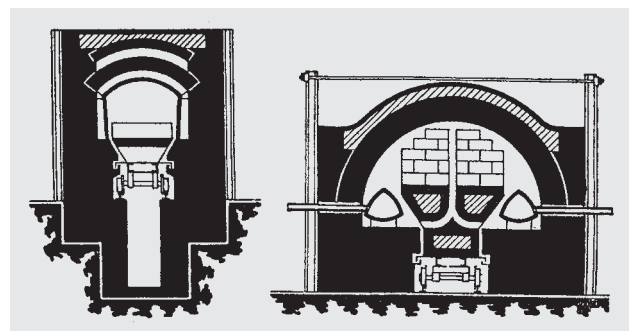


Bild 10.163. Tunnelofen von Dressler, 1910

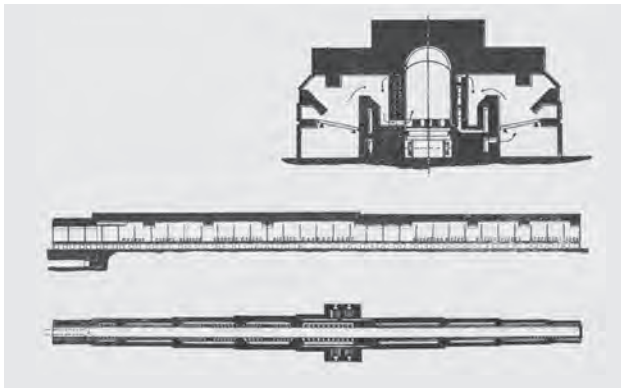


Bild 10.164. Tunnelofen von Faugeron mit seitlicher Rostfeuerung, 1899

Der Ingenieur Paul Gatzke sammelt ab 1920 bei der Tunnelofen GmbH in Saarau erste Erfahrungen im Tunnelofenbau, die sich ab 1923 bei der Keramischen Industrie-Bedarfs AG in Meissen in der Konstruktion eines funktionierenden Tunnelofens Bauart „Kerabedarf“ niederschlagen. 1929, nach der Übernahme durch die Deutschen Ton- und Steinzeugwerke, zieht die Firma nach Berlin-Charlottenburg um. Von diesem Zeitpunkt an begann der Aufstieg der Firma, in der sich Paul Gatzke vornehmlich mit der Weiterentwicklung des Tunnelofens befaßte. 1937 übernahm er das Unternehmen, das nun als „Keramische Industrie-Bedarfs KG, Paul Gatzke“ firmierte, weltweit aber unter dem Namen „Kerabedarf“ bekannt wurde.

In der Grobkeramik wurde einer der ersten gasbeheizten Gatzke-Tunnelöfen 1939 in dem damaligen Klinkerwerk Rudolf Schuber & Co., Gleithain (heute Klinkerwerk Narsdorf), für den Klinkerbrand eingesetzt und war dort bis ca. 1980 in Betrieb.

10.7.2. Tunnelofenentwicklung von 1945 – 2000

Die Vorteile des Tunnelofenprinzips waren so plausibel, daß die Grundidee immer lebendig blieb. Während es ab 1840 aber immer nur bei Einzelversuchen blieb, den Tunnelofen in der Ziegelindustrie heimisch zu machen, kam es dann ab 1947, erst allmählich, dann immer schneller, zur allgemeinen Einführung. Nach dem Kriege errichtete die Firma Kerabedarf, Paul Gatzke, für die Berliner Bärenziegelei mehrere seitenbefeuerte Tunnelöfen. Obwohl Kerabedarf zu den Entwicklungspionieren des Tunnelofens gehörte und zunächst wohl über das größte Erfahrungspotential verfügte, blieb ihre Rolle im weiteren Verlauf des Tunnelofenbaus in der Ziegelindustrie eher bescheiden, ganz im Gegensatz zur Fein- und Baukeramik, wo der Name Kerabedarf weltweit ein Begriff war.

In Holland baut die britische Ofenbaufirma Gibbons Brothers Ltd. 1947 die ersten Tunnelöfen für Mauer- und Dachziegel. Von 1945 bis 1965 lieferte Gibbons 500 Tunnelöfen, wovon allerdings nur 36 für die Grobkeramik bestimmt waren.

Um 1947 beginnt auch der belgische Ofenkonstrukteur MacAleavy in Belgien und Frankreich Tunnelöfen zu bauen. Sein System ist u. a. gekennzeichnet durch beidseitig parallel zum Brennkanaal angeordnete Brennkammern, an deren Kopfseiten vier Zerstäubungsbrenner paarweise gegeneinander gerichtet sind. 1956 erwirbt die Firma Zehner, Wiesbaden, die Lizenz für die MacAleavy-Patente und baut, mit einigen Modifikationen, bis 1964 rund 150 dieser seitenbefeuerten Tunnelöfen (Bild 10.166.).

Einen Wendepunkt bedeutet der 1953 im Ziegelwerk Schmidt, Marktoberdorf, gebaute deckenbefeuerte Tunnelofen. Hier war es gelungen, die vom Ringofen

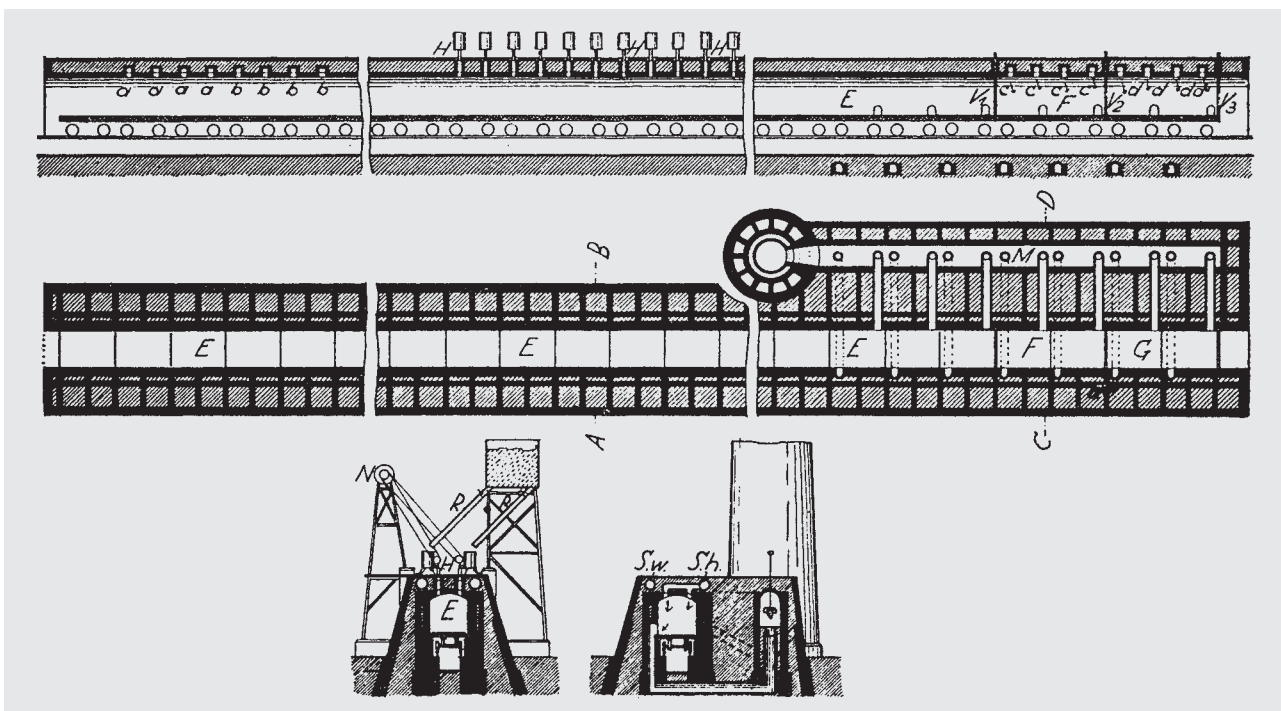


Bild 10.165. Tunnelofen mit Kohle-Streufeuerung durch Schüttlöcher in der Ofendecke

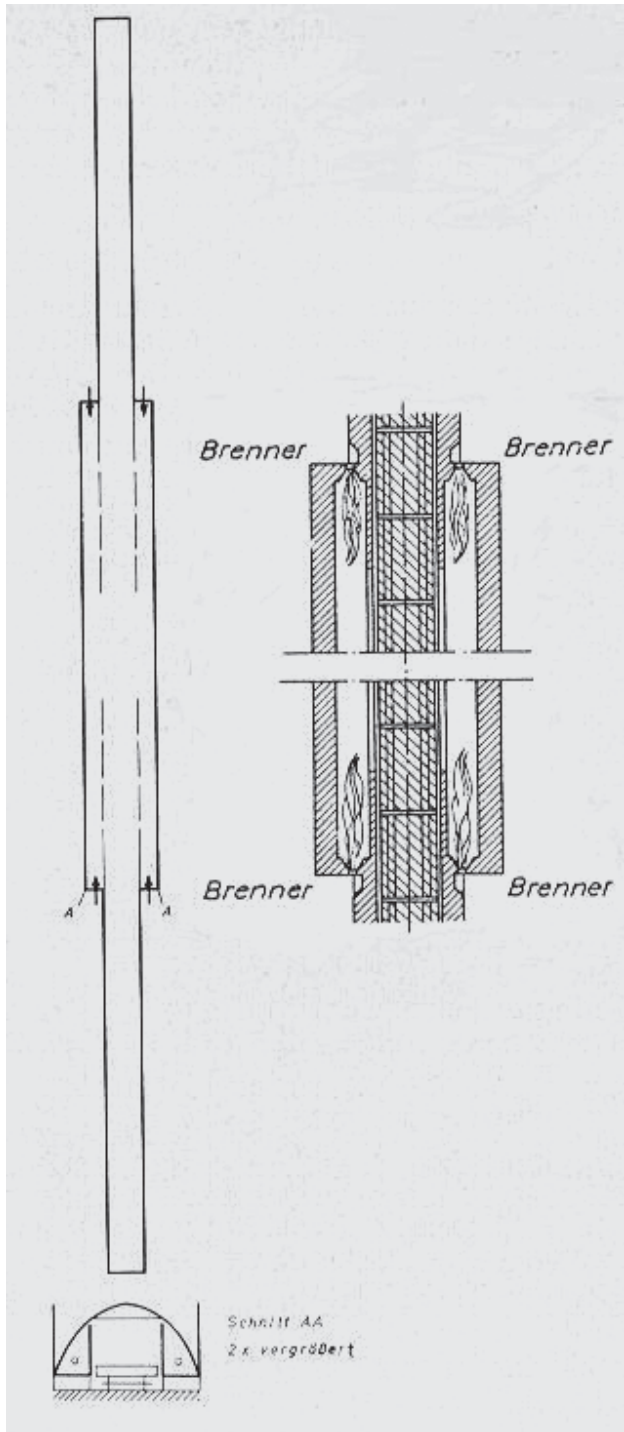


Bild 10.166. Mac-Aleavy-Tunnelofen, 1950. Diese Öfen wurden zum Teil mit wassergefüllten „Sandrinnen“ betrieben, da Wasser sehr gut abdichtet

her bekannte einfache Von-Oben-Befuerung durch Schürapparate auf den Ringofen zu übertragen. Dies war eine Voraussetzung dafür, dem Ofen eine größere Breite zu geben und durch eine ausreichende Leistung eine größere Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Mit der bis dahin üblichen Seitenbefuerung war man nämlich in der Breite begrenzt gewesen, da man bei einem breiteren Ofen keinen ausreichenden Temperatenausgleich zwischen außen und innen erreichen konnte.

Die 1885 gegründete Ofenbaufirma Karl Walter & Co., Hannover, baute 1956 ihren ersten Tunnelofen. Bereits 1957 errichtete Walter den ersten Ofen

Bilder 10.167. Tunnelofen-Hängedecken

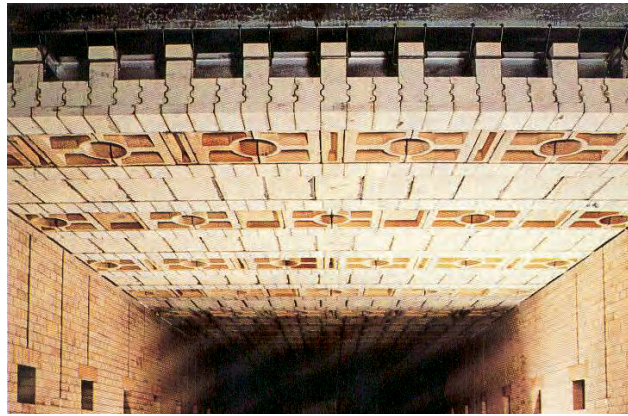


Bild 10.167a. Tunnelofen mit Flachhängedecke

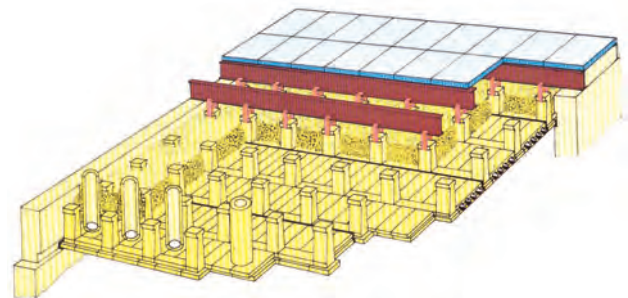


Bild 10.167b. Schema einer BURTON-Hängedecke aus trocken-gepreßten Elementen

mit einer Hängedecke und schuf damit die entscheidende Grundlage für Tunnelöfen mit breiteren Brennkämen und entsprechend großen Durchsatzleistungen (Bilder 10.167.).

Die Firma Lingl, Neu-Ulm, begann 1958 mit dem Tunnelofenbau, und bereits der erste Lingl-Ofen war mit einer Hängedecke ausgerüstet. Kurz darauf, 1959, folgte die Firma Keller Ofenbau, Laggenbeck, mit einem Tunnelofen für Dachziegel bei der Firma Meyer, Holsen. Die besonderen Merkmale des kohlebefeierten Meyer-Holsen-Ofens waren u.a. die auf den Tunnelofenwagen angeordneten Regale, in welche die Dachziegel eingesetzt wurden, die hohe Brenngeschwindigkeit mit hohem Luftüberschuß und Unterdruck bis 100 mm WS sowie der Rauchgasabzug über querlaufende Bodenkanäle.

Die Keller Ofenbau führte auch einen ursprünglich für den Steinzeugbrand entwickelten Tunnelofen, System Dr. Cremer, für den Brand von Ziegeln aus. Besonderes Merkmal dieses Ofens waren u.a. die in der Decke eingesetzten, durch Schieber regulierbaren, wasserdurchflossenen Röhrenpakete in der Kühlzone (Bild 10.168.).

Die Firmen Lingl, Walter und Keller sollten sich in der Folgezeit zu den Großen im Tunnelofenbau für die Ziegelindustrie entwickeln. Um 1964 gab es in Westdeutschland bereits über 200 Tunnelöfen und etwa 25 Firmen, die sich mit dem Tunnelofenbau befaßten.

Bis 1992 hatten fünf der größten deutschen Ofenbauer im In- und Ausland rd. 1250 Tunnelöfen gebaut (Lingl 500, Karl Walter 326, Keller 200, Riedel 120,

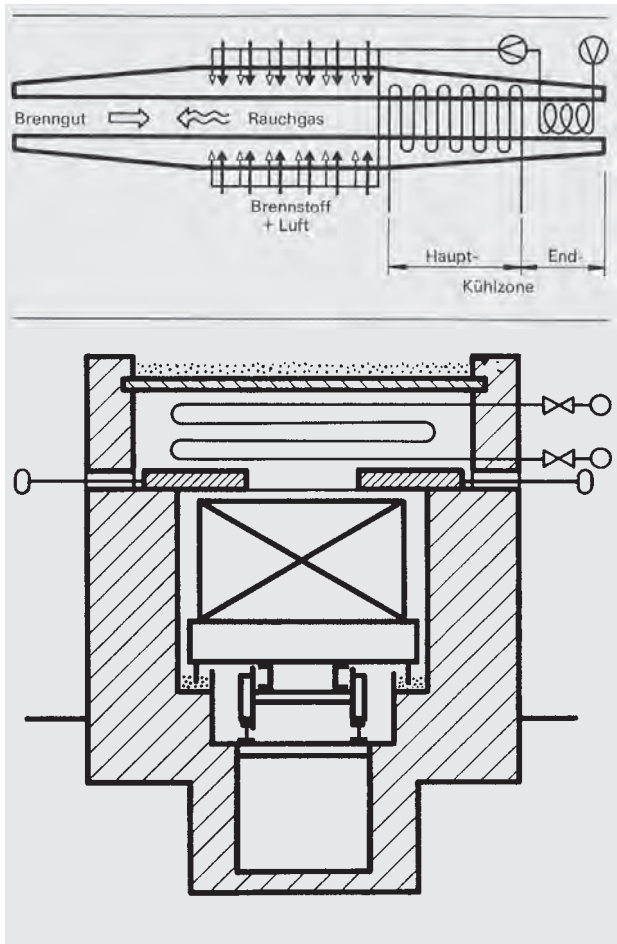


Bild 10.168. Tunnelofen, System Dr. Cremer. Oben schematische Darstellung, unten Schnitt durch die Hauptkühlzone

Hässler 102). Die technischen Daten dieser Öfen sind individuell sehr verschieden. Die Abmessungen der Brennkanaäle lagen zwischen 32-200 m Länge, 1,5-10 m Breite und 0,6-2,0 m Höhe, die Durchsatzleistungen zwischen 20 und 1000 t gebrannter Ware

pro 24 Stunden und die Durchlaufzeiten zwischen 6 und 120 Stunden.¹¹⁰

Die schnelle Einführung und Entwicklung des Tunnelofens nach 1950 wurde durch verschiedene Umstände begünstigt: Viele um 1900 errichtete Ring- und Zickzacköfen mußten ersetzt werden, teils wegen des natürlichen Ablaufs ihrer Lebensdauer, teils aber auch, weil sie den Brand konstant qualitativ hochwertiger Ziegel nicht mehr gewährleisten konnten. Dies war aber unbedingt erforderlich, da nach dem Krieg dem Ziegel durch neue, kalt gebundene Baustoffe ernste Konkurrenten entstanden waren. Auch wurde es immer schwieriger, für die schwere Arbeit in den heißen und staubigen Ringöfen genügend Arbeiter zu finden. So wurde der mit dem Tunnelofen erreichbare soziale Fortschritt zum wichtigen Argument, denn bei ihm entfallen die Arbeiten in den heißen Ofenräumen, die Behinderung durch den Staub sowie die starken Temperaturschwankungen beim Ein- und Ausfahren der Ware. Seit der Einführung des Tunnelofens entwickelten die einzelnen Ofenbauer eine Fülle verschiedener Systeme, wobei so manche Details immer noch verbesserungsfähig sind.¹¹¹ Eine Marktübersicht von 1992 nennt 12 Tunnelofenbauer. Sie bauen Tunnelöfen z.T. mit Gewölbedecken, meist aber mit flachen Hängedecken, einer Außenhaut aus Ziegelmauerwerk, meist aber mit gasdicht geschweißtem Stahlmantel. Sie werden mit Decken- und/oder Seitenbefeuung ausgeführt und sind in der Regel für oxidierenden und reduzierenden Brand geeignet (Bilder 10.169.+10.170.).

Auf vier Tunnelofen-Entwicklungen aus jüngerer Zeit soll näher eingegangen werden.

10.7.3. Der Kurztunnelofen KTO

Eine interessante Variante des Tunnelofens stellt der in der DDR entwickelte Kurztunnelofen (KTO)

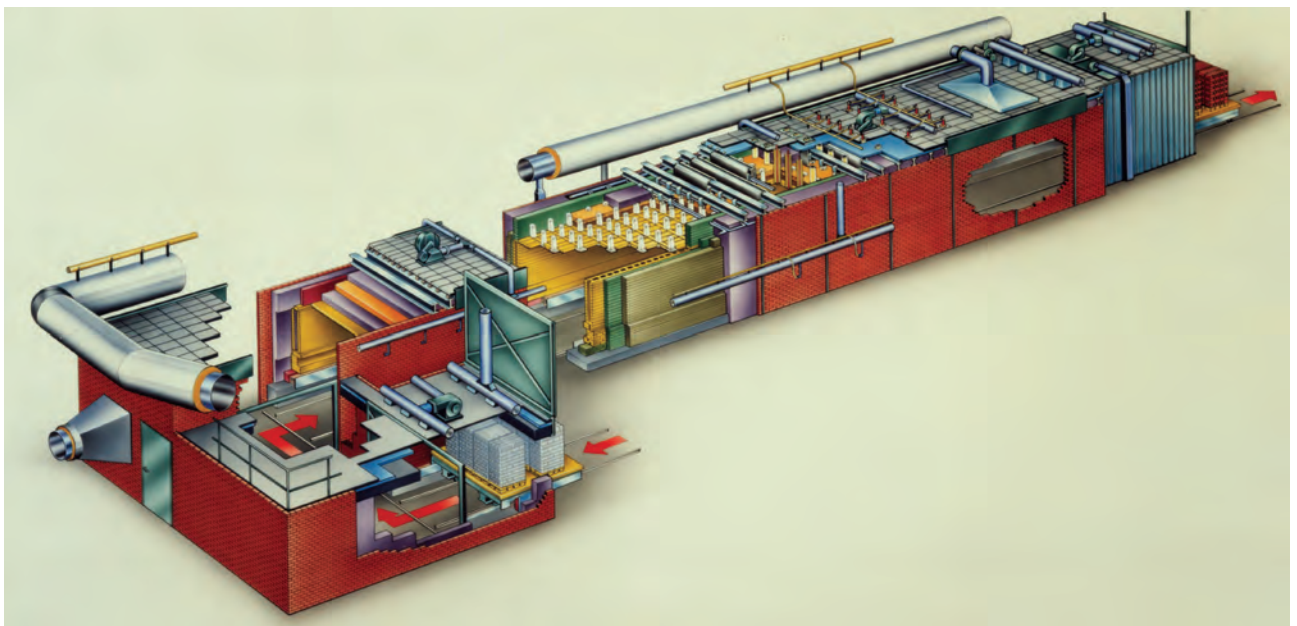


Bild 10.169. Tunnelofen mit Vorwärmer und geschlossener Umfahrt, Ofenkörper zum Teil in konventioneller Mauerwerksausführung



10.170. Tunnelofen mit Stahlmantel, 1985, Ceric S.A., Paris

dar.¹¹² Der KTO weist, wie der Name schon sagt, gegenüber dem konventionellen Tunnelofen einen wesentlich kürzeren Brennkanal auf. Ermöglicht wird dies durch Schieber, die von der Ofendecke aus in den Brennkanal geschoben werden und eine Trennung der einzelnen Brennzonen und damit auch eine Verkürzung der Zonenzeiten bewirken (Bilder 10.171+10.172.).

Geboren wurde diese Idee 1965 von Friedrich Helmhold, als er im Werk Harzgerode der Firma Wilhelm Helmhold KG, Ziegeleibetrieb Gröna, als Ersatz für einen alten Zick-Zack-Ofen in Eigenregie und mit eigenen Mauern einen 27 m langen Tunnelofen zum Brennen von Klinkerplatten baute. Durch die Kürze des Ofens, der mit einer Brenntemperatur von ca. 1080 °C betrieben wurde, und den dadurch bedingten beschränkten Möglichkeiten, die Temperaturdifferenzen zwischen Vorwärm- und Kühlzone exakt zu steuern, gab es zunächst erhebliche Leistungs- und Qualitätsprobleme. Diese wurden schlagartig beseitigt, als Helmhold den Brennkanal mehrfach abschiebte. Die Schieber waren aus hitzebeständigem Stahl und einem selbst entwickelten feuerfesten Beton hergestellt und konnten, an Seilen aufgehängt, durch Schlitze im Ofengewölbe auf- und abgelassen werden.

Helmhold meldete seine Idee zum Patent an, und 1966 entstand der Plan, einen größeren Ofen mit Schiebern zu bauen. Zusammen mit H. H. Böger arbeitete F. Helmhold ein Konzept für eine großtechnische Versuchsanlage aus, nach dem 1970 der erste Kurztunnelofen in Bernburg gebaut wurde. Die guten Ergebnisse mit diesem Prototyp führten 1972 zu einem Beschluß des Ministeriums für Bauwesen, ein KTO-Programm aufzulegen, dessen Ziel es war, Ringöfen in modernisierungswürdigen Ziegelwerken durch den Kurztunnelofen zu ersetzen und damit Überleben und Wirtschaftlichkeit dieser Werke zu ermöglichen. Bei der Ausarbeitung des ofenbautechnischen Projekts wirkte auch das traditionsreiche Ingenieurbüro A. Dannenberg, Görlitz, Inh. H. Preußig, mit. Ergebnis war ein Standard-Montage-Kurztunnelofen für eine Jahreskapazität bis ca. 12 Mio. NF mit folgenden Brennkanalabmessungen: Länge 49,0 m, Breite 2,5 m, Höhe 1,6 m.

Der erste Ofen dieser Art wurde 1974 in Stregla bei Eisenach in Betrieb genommen. Bis 1989 wurden 26 gleichartige Kurztunnelöfen gebaut. Nach der Wende 1990 hatten diese Öfen keine Zukunft mehr, da ihre Durchsatzleistung zu gering war und sie damit nicht mehr in das Konzept der nun folgenden Entwicklung im Ziegeleianlagenbau paßten.

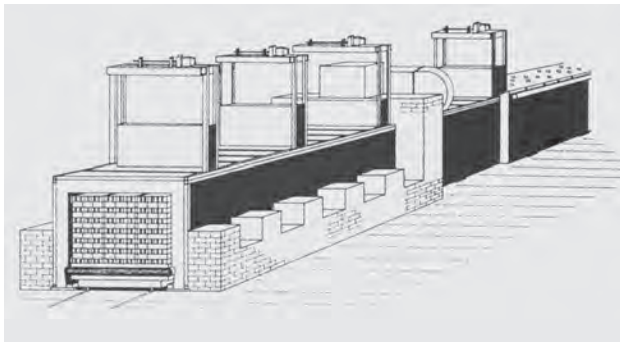


Bild 10.171. Kurztunnelofen KTO, 1965

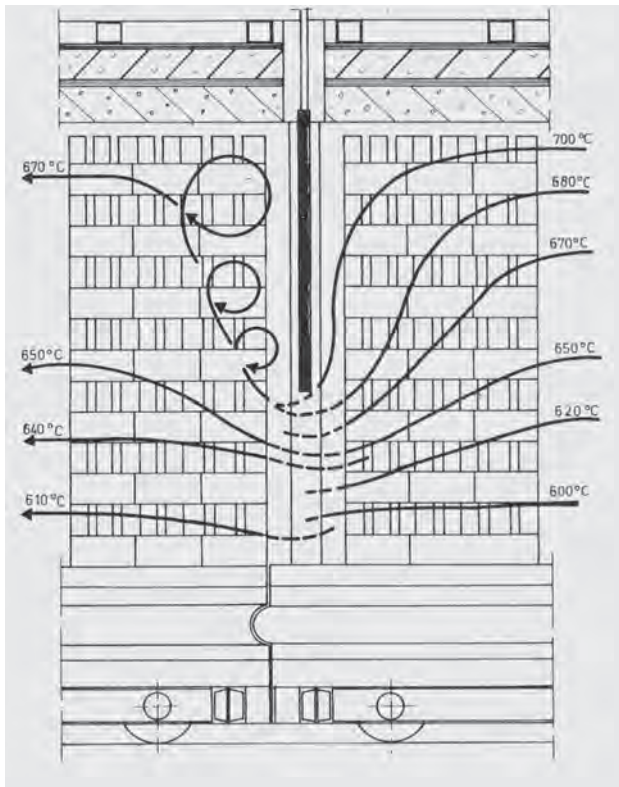


Bild 10.172. Brennkanalschieber und Strömungsprofil im KTO

10.7.4. Der Gegenlaufofen

Erste Ideen zum Gegenlaufofen gehen zurück auf das Jahr 1880, aber erst die Ölkrise von 1974 veranlaßte die Ofenbaufirma Riedel, die sich seit 1952 mit dem Bau von Tunnelöfen befaßte, ernsthaft mit der Entwicklung des Gegenlaufofens zu beginnen. Grund dafür war, daß dieser unkonventionelle Ofentyp einen niedrigeren Energieverbrauch, netto unter 100 kcal/kg gebrannter Ware, und eine extrem niedrige Schadstoffemission versprach.¹¹³

Der Riedel-Gegenlaufofen besteht aus zwei parallelen Brennkanälen, die gegenläufig durchfahren werden. Zwischen beiden Kanälen steht eine oben und unten mit Durchlaßöffnungen versehene Mittelwand. Beide Kanäle haben ihre Brennzone in der Ofenmitte, aber neben der Aufheizzone von Gleis 1 befindet sich die Kühlzone von Gleis 2 und neben der Kühlzone von Gleis 1 die Aufheizzone von Gleis 2 (Bilder 10.173.).

Bilder 10.173. Gegenlaufofen

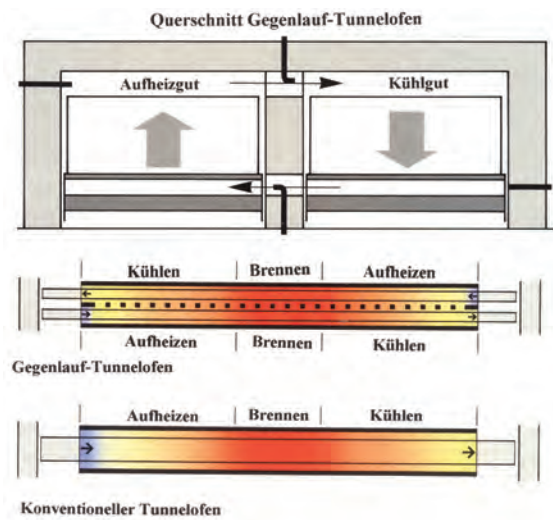


Bild 10.173a. Querschnitt des Gegenlaufofens und zum Vergleich die Grundrisse von Gegenlaufofen und normalem Tunnelofen

Zwischen dem heißen Kühlgut, das aus der Feuerzone kommt, und dem kälteren Aufheizgut des Nebengleises entsteht ein Temperaturgefälle. Durch natürliche Konvektion wird Wärme vom Kühlgut ohne Einsatz von Ventilatoren zum Aufheizgut transportiert. Dadurch entfällt wie beim konventionellen Einkanal-Tunnelofen der Zwang, größere Luft- und Gasmengen in Längsrichtung durch den Ofen zu transportieren. Es wird im wesentlichen nur die reine Verbrennungsluft zugeführt, die Luft für den Wärmetransport entfällt. Damit vermindern sich die Abgasmengen und somit auch die Abgasverluste erheblich. Dies ist der Grund für den geringeren Energiebedarf des Gegenlaufofens gegenüber dem konventionellen Tunnelofen.

Die im Vergleich zum herkömmlichen Tunnelofen ungewöhnliche Ofentechnik wurde erstmals 1979 in der Ziegelei Jöns in Schleswig-Pulverholz realisiert. Hier wurde mit Unterstützung des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) im Dezember 1979 der erste Gegenlaufofen in Betrieb genommen und im Rahmen eines Forschungsvorhabens bis Dezember 1980 betrieben. Die umfangreichen Meßdaten und praktischen Erfahrungen wurden im Laufe des Jahres 1981 ausgewertet. Nach Umbauten, mit denen die bei neuen Technologien immer auftretenden Kinderkrankheiten beseitigt und einige Verbesserungen vorgenommen wurden, wurde der Ofen 1984 wieder angeheizt und gilt seit 1985 als marktreif. Bis 1992 wurden 5 Gegenlauföfen gebaut, in denen Leichtziegel, Verblendziegel, Klinker, Dachziegel, Wand- und Fußbodenplatten gebrannt werden. Bei einem 1995 in der Ziegelei Grechwitz B. Schroth GmbH, Grechwitz, errichteten Gegenlaufofen, System Riedel, in dem porosierte Hintermauerziegel verschiedener Formate und Porosierungsgrade gebrannt werden, führte das Institut für Ziegelforschung Essen e.V. umfangreiche Messungen und Analysen durch. Diese Untersuchung kommt zu dem Schluß, daß der zu diesem Zeitpunkt in der Grobkeramik

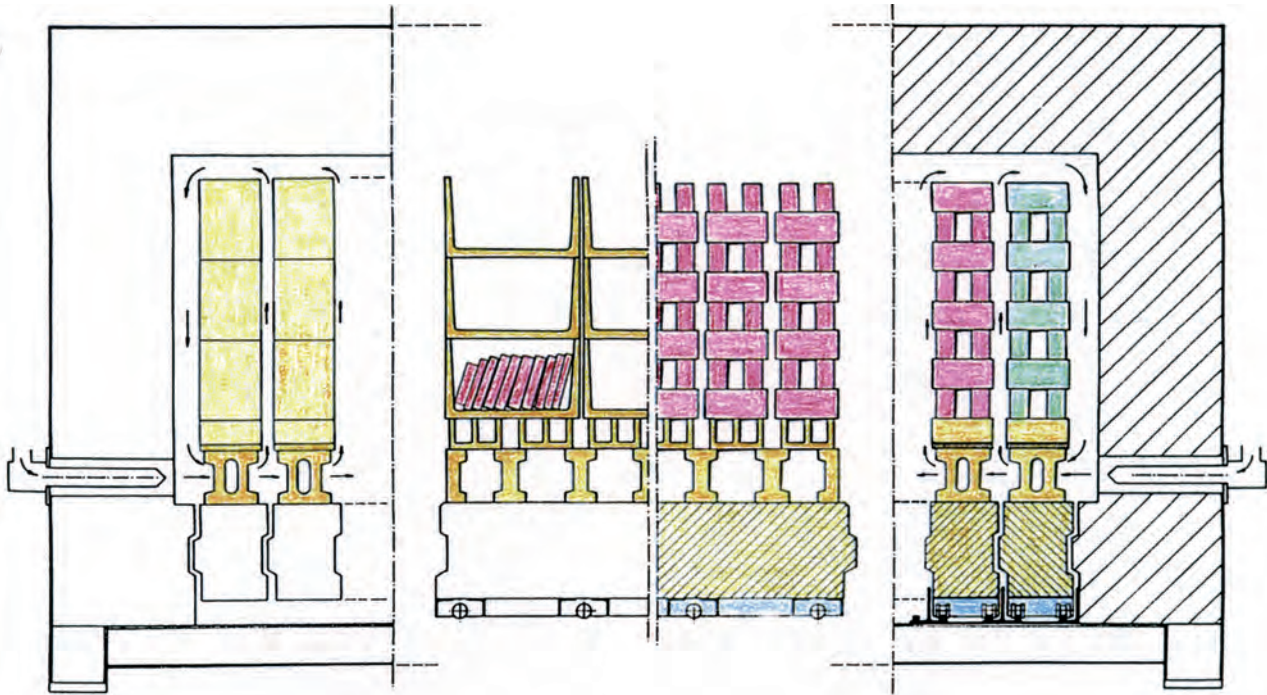


Bild 10.173b.0 Quer- und Längsschnitt des Besatzscheiben-Gegenlaufofens mit unterschiedlicher Besatzbestückung. Rechts mit 1 Stein breiten Besatzscheiben-Brennwagen, links mit Brennwagen in der Breite einer U-Kassette für Dachziegelbesatz. Für den Breitenaufbau der Brennwagen wird lediglich ein einzelner Leichtschamotte-Formstein eingesetzt, (2003)

weitgehend unübliche Brennprozeß mit dem Gegenlaufofen eine zu beachtende Alternative für den konventionellen Tunnelofenprozeß darstellt.¹¹⁴

Besatzscheiben-Gegenlaufofen

Eine Systemoptimierung des Tunnelofens aus energetischer und umweltverträglicher Sicht, unter Nutzung des Gegenlauf-Prinzips strebt auch der im Rahmen einer Forschungsarbeit entwickelte und Ende 2003 von W. Rieger (vormals: Rieger Anlagentechnik GmbH, A-4810 Gmunden) vorgestellte Besatzscheiben-Gegenlaufofen an.³⁴⁹

Es handelt sich hierbei um einen Einkanal-Ofen, in dem sich mehrere nur ein Stein breite Brennkanalwagen (z.B. in einem projektierten Ofen 12 Stück nebeneinander), abwechselnd mit bereits gebrannten und noch zu brennenden Formlingen besetzt, jeweils gegeneinander bewegen (Bild 10.173a).

Durch die Aufspaltung in schmale Besatzscheiben wird eine große Oberfläche für einen ungehinderten Wärmeaustausch geschaffen und die Wärmeaustauschkapazität ganz wesentlich optimiert, so daß man mit Einsparquoten bis zu 50 % rechnet.

Die Hochtemperaturzone befindet sich am Ende des Ofenkanals. Hier werden die Brennwagen innerhalb des Brennkanals durch eine Unterflur-Brennwagen-Verset- und Umkehrinrichtung von den Vorlaufgleisen in die Rücklaufgleise umgesetzt.

Das Gesamtkonzept sieht den untrennbaren Verbund eines Düsentrockners mit dem Besatzscheiben-Gegenlauf-tunnelofen zu einer vollkommen geschlossenen Produktionseinheit vor, die mit verlustlosem Wärmeverbund und ohne Wärmeverluste bei den gebrannten Ziegeln, den Brennwagen und den ge-

trockneten Formlingen arbeitet. Mit der Inbetriebnahme der ersten Anlage wird in den Jahren 2004/2005 gerechnet.

10.7.5. Hydrocasing- und Dry-Seal-Ofen – die Tunnelöfen mit Flüssig- und Trocken-dichtung

Das Tunnelofenprinzip beschäftigt Erfinder und Konstrukteure schon recht lange. So gab es um 1875 z.B. ein Patent, bei dem die Ziegel in Booten auf einem Wasserkanal durch den Ofen fahren sollten. Eine etwas merkwürdige Idee, wie es schien, bis 1987 die Fa. Céric in Paris erfolgreich ihren „Hydrocasing-Ofen“, einen Tunnelofen mit Flüssigdichtung, einführte und damit deutlich machte, daß die Idee mit den Booten gar nicht so abwegig gewesen war.

Worum geht es? Es geht um die Vermeidung von Falschluff als Stör- und Verlustquelle. Eine Störquelle ist Falschluff dadurch, daß sie es schwierig macht, eine bestimmte Ofenatmosphäre genau einzustellen, eine unbeeinflusste Vergleichmäßigung über den Tunnelquerschnitt zu erreichen und das Luft-/Ziegel-Verhältnis gezielt zu variieren. Eine Verlustquelle ist Falschluff, weil sie als Kaltluft in den Aufheizbereich des Ofens gelangt, dort auch aufgeheizt werden muß, und die Wärme dazu zusätzlich aufgewendet werden muß bzw. verlorengeht.

Im Tunnelofen sind nun die Ofenwagen eine Haupt-Falschluffquelle. Der Unterwagenbereich des Tunnelofens stellt im Normalfall einen Kanal dar, der mit Luft durchspült wird. Durch das unterschiedliche Druckgefälle zum Brennkanal dringt die Falschluff durch die keinesfalls absolut dichten Sandrinnen und

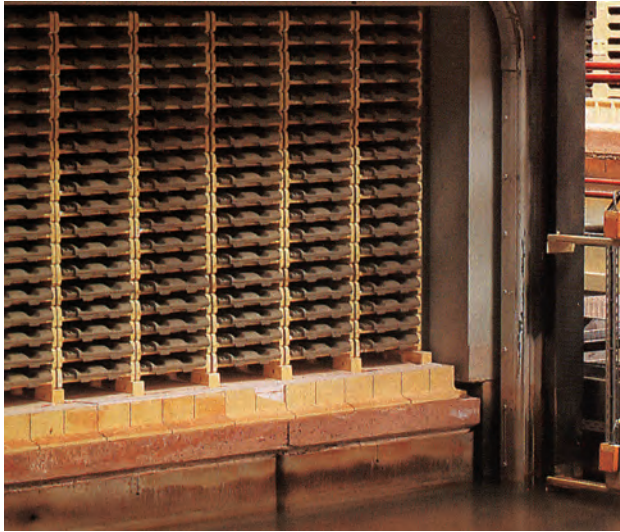


Bild 10.174. Hydrocasing-Ofen: Wasserbad im Bereich der Ofenausfahrt

Wagenstöße sowie die porösen Wagenplattformen in den Brennkanal ein. Außerdem wirkt der Unterwagenbereich wie ein Kühlkanal.

Die Lösung dieses Problems fand Céric mit einem bereits 1981 patentierten Verfahren, wonach die Ofenwagen durch ein Wasserbad geführt werden, so daß ein offener Unterwagenbereich überhaupt nicht mehr vorhanden ist. Der aus rostfreiem Stahl bestehende metallische Boden der Tunnelofenwagen, die als wasserdichte Senkkästen gebaut sind, taucht dabei in ein 250 mm tiefes Wasserbassin ein, das den Boden des Brennkanals bildet¹¹⁵ (Bild 1.174.).

Lingl, Neu-Ulm, löste das Problem der Falschluff im Unterwagenbereich auf „trockenem Wege“ mit dem ebenfalls um 1987 auf den Markt gebrachten patentierten „Dry-Seal-Ofen“, einem Tunnelofen mit Querschieberdichtung. Das Wagendichtungssystem besteht hier aus Blenden oder Querschiebern, durch welche der Unterwagenbereich in Längsrichtung abgesperrt wird, um einen Gasfluß in der Ofenlängsrichtung zu verhindern. Ohne Luftzufuhr von außen erfolgt die Unterwagenkühlung durch freie Konvektion. In der Mitte des Unterwagenkanals sind Kühlrohre angeordnet, die an einen Wärmetauscher angeschlossen sind, so daß die abgeführte Wärme rekuperierbar ist¹¹⁶ (Bild 10.175.).

Im Normalfall werden die Dry-Seal-Öfen ohne Sandrinne gebaut, weil ein Druckausgleich zwischen Brennkanal und Unterwagenbereich gewünscht wird. In bestimmten Fällen, z.B. bei reduzierendem Brennen, wird aber auch eine Sandrinne vorgesehen, die in diesen Fällen als Filter wirkt und z.B. verhindert, daß Ruß und andere aggressive Substanzen unter die Ofenwagen gelangen.

10.7.6. Brennersysteme – das heiße Herz des Tunnelofens

Die moderne Ziegelbrenntechnik im Tunnelofen wäre ohne die Entwicklung effizienter High-Tech-Brenner

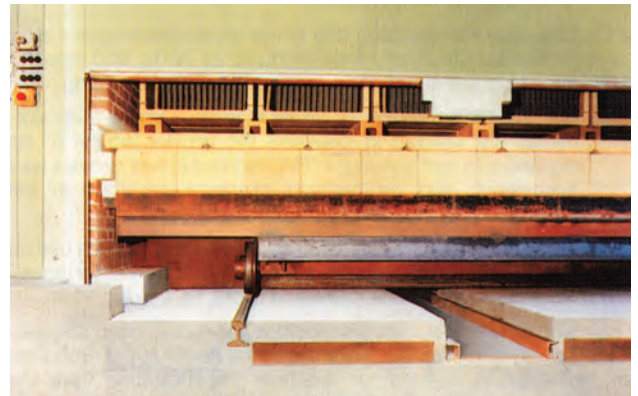
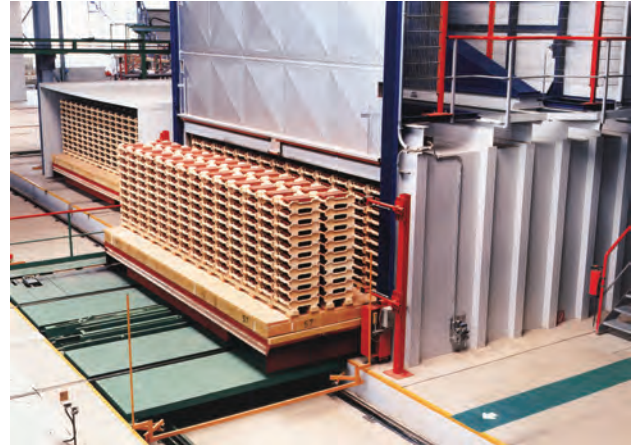


Bild 10.175. Dry-Seal-Ofen, 1987. Oben als Stahlmantelofen für Dachziegel, unten: das Dichtsystem ohne Sandrinne

nicht denkbar. Vorgegeben wurde diese Entwicklung immer durch die zur Verfügung stehenden Brennstoffe. Die ersten Tunnelöfen der 1950er Jahre wurden überwiegend mit Kohle beheizt, als reine Einstreufeuerung von oben ohne zusätzliche Luft einblasung, wie vom Ringofen her bekannt. In den 1960er Jahren erfolgte die Umstellung von Kohle auf Schweröl. Hierfür wurde vielfach das 1956 von Manfred Leisenberg entwickelte Impuls-Schwerölfeuerungssystem mit dem legendären Schwerölbrenner ZEK eingesetzt, das auf einer elektromagnetischen Dosierpumpe beruhte (Bild 10.176.). Auch bei den Schwerölbrennern wurde der Brennstoff ohne Luft eingespritzt und der im Ofen vorhandene Luftstrom zur Verbrennung genutzt. Das änderte sich mit der Umstellung auf Leichtöl und Erdgas in den 1970er Jahren. Diese Brennstoffe hätten wegen ihrer leichten Entzündlichkeit ihre Hauptwärme gleich unter der Ofendecke erzeugt. Deshalb wurden Hochgeschwindigkeitsbrenner entwickelt, bei denen mittels Luft einblasung der Brennstoff mit hoher Geschwindigkeit zum gewünschten Verbrennungsort transportiert wird (Bild 10.177.). Die selbstzündenden Hochgeschwindigkeitsbrenner mit einem zusätzlichen Zündbrenner konnten auch im Temperaturbereich unter 700 °C eingesetzt werden.

Waren die ersten Tunnelöfen der Grobkeramik meist deckenbefeuert, so ermöglichten die Hochgeschwindigkeitsbrenner mit ihren hohen Gasaustrittsge-

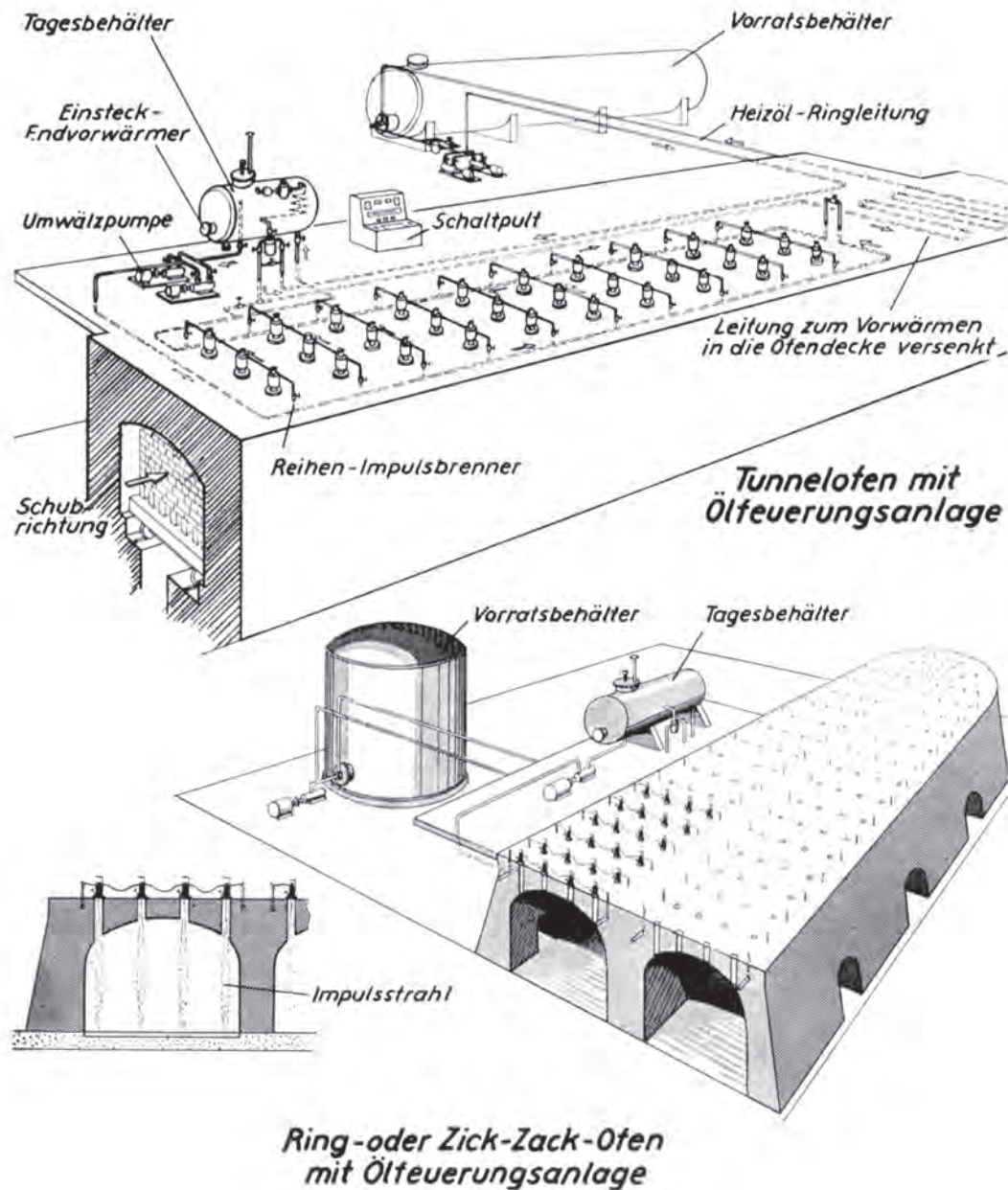


Bild 10.176. Schema der Impuls-Schwerölfeuerung, installiert auf einem Tunnelofen und einem Ringofen, um 1960

schwindigkeiten > 100 m/s nun auch bei breiteren Öfen eine Seitenbefuerung (Bilder 10.178+10.179.).

Insbesondere ab den 1980er Jahren wurden zahlreiche neue Brennersysteme entwickelt. Mit dem Einsatz von Prozeßrechnern und speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) wurden die Brennersysteme in den 1990er Jahren weiter optimiert, was sich u.a. in Brennstoffeinsparungen auswirkt. Auch die Steuer- und Regelgeräte wurden verfeinert. Die Entwicklung der Brennersysteme wird auch zukünftig weitergehen, nicht zuletzt auch im Hinblick auf die Forderungen nach weltweiter Reduzierung des CO₂-Ausstoßes.

10.7.7. Entwicklung der Tunnelofenauslegung

Bei der Einführung der ersten Tunnelöfen in den 1950er Jahren standen speziell für diesen Ofentyp

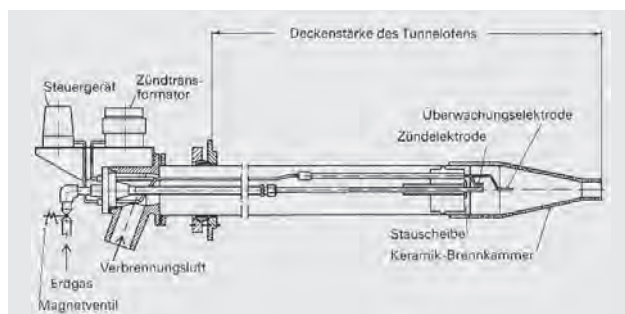


Bild 10.177. Schnitt durch einen Hochgeschwindigkeits-Brenner

noch keine exakten Berechnungsgrundlagen zur Verfügung. Kennzeichnend für die Ausgangssituation ist beispielsweise das 1948 erschienene „Lehrbuch der Ziegeltechnik“ von Karl Spingler¹¹⁷, in dem der Tunnelofen auf genau einer (!) Seite abgehandelt wird. Ebenfalls 1948 erschien das Standardwerk von W. Avenhaus¹¹⁸ „Rechnungsgrundlagen für den Entwurf und den Betrieb keramischer Brennöfen“. Praktisch am Ende seiner Ära wurde damit für den Ringofen erstmals eine grundsätzliche Zusammenfassung der

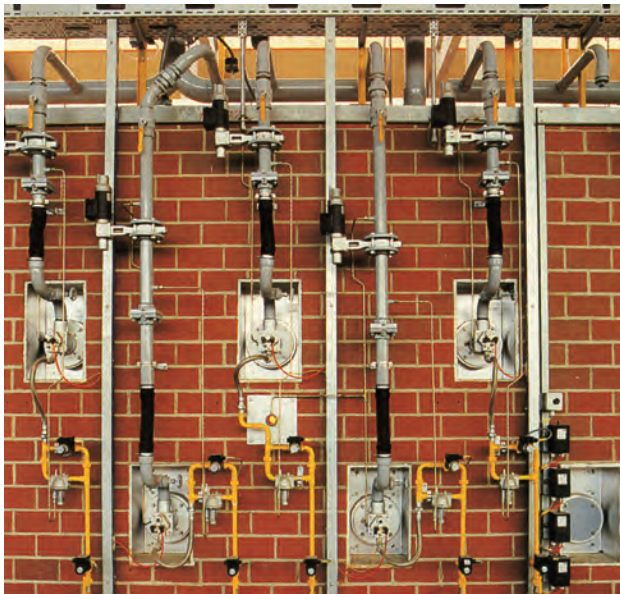


Bild 10.178. Anordnung der Seitenbrennergruppe eines Tunnelofens

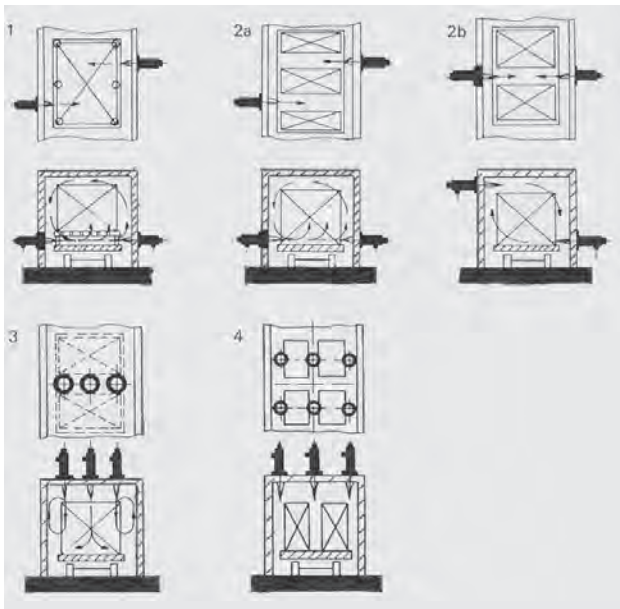


Bild 10.179. Grundriß- und Schnittdarstellungen von Möglichkeiten der Brenneranordnung im Tunnelofen:

1 Direkte Seitenbefeuerung unter dem Besatz bei kontinuierlichem Schiebe- und Brennerbetrieb, 2a/2b Direkte Seitenbefeuerung in Quergassen bei periodischem Schiebetrieb, 3 Deckenbefeuerung in Quergassen bei periodischem Schiebetrieb, 4 Deckenbefeuerung in Längsgassen bei kontinuierlichem Betrieb

rechnerischen Behandlung des Ringofenbetriebs vorgelegt. Der Tunnelofen wird darin allerdings nur ganz am Rand gestreift.

Bei der Auslegung der ersten Tunnelöfen mußte man daher teils auf Berechnungsgrundlagen für den Ringofen zurückgreifen, teils ging man beim Betrieb der Tunnelöfen zunächst noch empirisch vor und konnte so erst über längere Zeit insbesondere die Qualität der Ofenleistung verbessern.

An der Entwicklung zuverlässiger Berechnungsgrundlagen für den Entwurf neuer Tunnelöfen war

u.a. auch das Institut für Ziegelforschung Essen e.V. beteiligt. Basis war die Analyse des brenntechnischen Verhaltens der Rohstoffe, insbesondere ihrer maximal zulässigen Aufheiz- und Kühlgeschwindigkeit, der sog. optimalen Brennkurve. So befaßt sich 1961 eine Veröffentlichung von G. Piltz¹¹⁹ mit der „materialgerechten Dimensionierung des Brennkanals“. Bemessungsgrundlagen für die Ofen- und Ofenzonenabmessungen wurden 1961 von R. Jeschar und C.O. Pels Leusden auf der Grundlage der durch eine Wärmeübertragungsberechnung bestimmten Verläufe der Betriebsbrennkurve erarbeitet.¹²⁰ Die im Laufe der Zeit erfolgte Einführung weiterer Einflußgrößen in das Berechnungsverfahren und die Erweiterung der Methodik bei der rechnerischen Durchführung wurden 1966 von P. Assenmacher publiziert.¹²¹

Als eine für den Brennkurvenverlauf entscheidende Größe wurde u.a. das „Luft-Ziegel-Verhältnis L/Z“ ermittelt, d.h. das Verhältnis des Luftdurchsatzes in kg/h zum Ziegeldurchsatz in kg/h, und über dieses Verhältnis wurden dann u.a. auch viele Öfen geregelt. Thermodynamisch wird der Tunnelofen als zwei hintereinander geschaltete Gegenstromwärmetauscher betrachtet: Im ersten wird das Brenngut aufgeheizt und im zweiten gekühlt, wobei es seine Wärme wieder abgibt. Das erforderliche Gegenstromvolumen wird durch die notwendige Wärmetransportkapazität festgelegt und beträgt im Idealfall 1 kg Luft je kg Ziegel, also $L/Z = 1$. Ring- und Zickzacköfen wiesen ein Verhältnis von ca. 1,5-2 kg Luft pro kg Ziegel auf. Bei den älteren Tunnelöfen lagen diese Luft-Ziegel-Verhältnisse zwischen 2 und 4, d.h. 2-4 kg Luft je kg Ziegel, bedingt durch den Zufluß von Falschluff und zusätzlich notwendiger Wärme zum Aufheizen und Abkühlen der Ofenwagenplattformen.

H. Lingl¹²² untersucht 1981 zwei Berechnungsmethoden für den inneren Wärmeverbund und damit zusammenhängend für den Tunnelofenwärmeverbrauch im Hinblick auf deren Optimierung. Er weist dabei auf eine vom holländischen Ziegelforschungsinstitut entwickelte Formel für das Querschnitts-Längenverhältnis hin, die sich in der Praxis in der Regel als sehr zuverlässig erwiesen habe. Sie lautet:

Maximale Ofenlänge = $70 \times (\text{lichte Tunnelhöhe} + 10\% \text{ lichte Tunnelbreite})$, während für die Ermittlung der Tunnelmindestlänge statt der 70 die Zahl 40 einzusetzen ist. Danach sollte z.B. für einen Ofen mit einer Tunnelhöhe von 1,67 m und einer Tunnelbreite von 6,7 m die minimale Ofenlänge 93,6 m sein, die maximale 164 m.

Am Institut für Ziegelforschung Essen e.V. entstand 1983 die Dissertation von K. Junge an der TU Clausthal: „Mathematisches Modell zur Projektierung und Optimierung von Tunnelofenprozessen der Ziegelindustrie“. Diese Arbeit stellte eine Erweiterung eines von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AIF) geförderten Forschungsvorhabens „Berechnung des Brennprozesses von keramischen Produkten in Tunnelöfen“ dar.

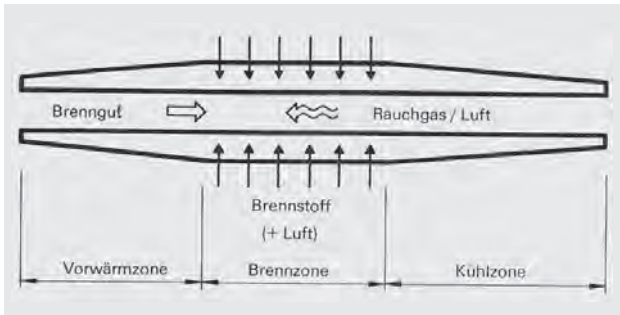


Bild 10.180. Schematische Darstellung des Tunnelofens als Kopplung zweier Gegenstromwärmetauscher, in deren Schnittstelle Brennstoff (Wärme) eingebracht wird

Innerhalb dieser Dissertation wurde auch ein Rechenprogramm zur Simulation von Tunnelofenprozessen entwickelt.¹²³

Die etwa ab 1985 gebauten besonders dichten Tunnelöfen mit Stahlmantel und speziellen Unterwagendichtungen erreichen nun schon die wesentlich niederen Luft-Ziegelverhältnisse von 1,2 bis 1,5.

Seither wurden die Berechnungsverfahren für die Tunnelofenauslegung laufend weiter verbessert und neue Konzepte entwickelt. Eines davon ist, daß man die modernen Tunnelöfen verfahrenstechnisch in einen brennstoffbeheizten Wärmeofen und einen ein- oder mehrstufigen Gegenstromkühler unterteilt. Die ursprüngliche Betrachtungsweise des Tunnelofens als Kopplung zweier Gegenstromwärmetauscher, in deren Schnittstelle Wärme eingebracht wird, gilt hier nicht mehr. Vielmehr handelt es sich nun um die Kopplung zweier nacheinander ablaufender Teilprozesse, wobei im gesamten Wärmeofen eine Brennstoffbeheizung erfolgt und im Gegenstromkühler die erhitzte Kühlluft abgesaugt und an anderer Stelle

zum Trocknen verwendet wird. Diese modernen Tunnelöfen sind auf die bisherigen hohen Abgasmengeströme nicht mehr angewiesen. Damit sind auch die bisherigen Kapazitätsstromverhältnisse (Luft-Ziegel-Verhältnisse) bei der Aufheizung des Brennguts überholt¹²⁴ (Bilder 10.180.-10.184.).

Ausblick

Der Tunnelofen wurde bis zum Jahr 2000 zur fast perfekten Brenmmaschine entwickelt. Doch nur fast – denn immer wieder überraschen neue Konzepte und es gibt technische Details, die noch optimiert werden könnten, z.B. in den Bereichen Ofenwagenräder und -plattformen, Sanddichtung, Seitenwände und ihre Verankerung, Ofendecke, Rauchabzug, Vorschubmaschine, Schiebebühne, Schiebeluft etc... Wer weiß, ob eine vollständige Optimierung je erreicht wird, denn es sind durchaus Entwicklungen neuer Ofensysteme denkbar, die eine Umstellung der Ziegelbrenntechnik bewirken könnten, vergleichbar mit dem Übergang vom Ringofen zum Tunnelofen. Waren es beim Ringofen fast 100 Jahre, in denen er die Ziegelbrenntechnik bestimmt hat, so sind es beim Tunnelofen im Jahre 2000 erst knapp 50 Jahre. Die Entwicklung der Brenntechnik wird jedenfalls weitergehen und vielleicht zu Ergebnissen führen, die wir uns heute noch gar nicht vorstellen können.

10.8. Herdwagenofen

Die schnelle Verbreitung des Tunnelofens förderte ab Ende der 1960er Jahre auch die Einführung einer besonderen Art von Kammeröfen, den Herdwagenofen oder Shuttle-Ofen (engl. shuttle-kiln). Der Begriff Shuttle-Kiln kommt aus den USA. Shuttle heißt

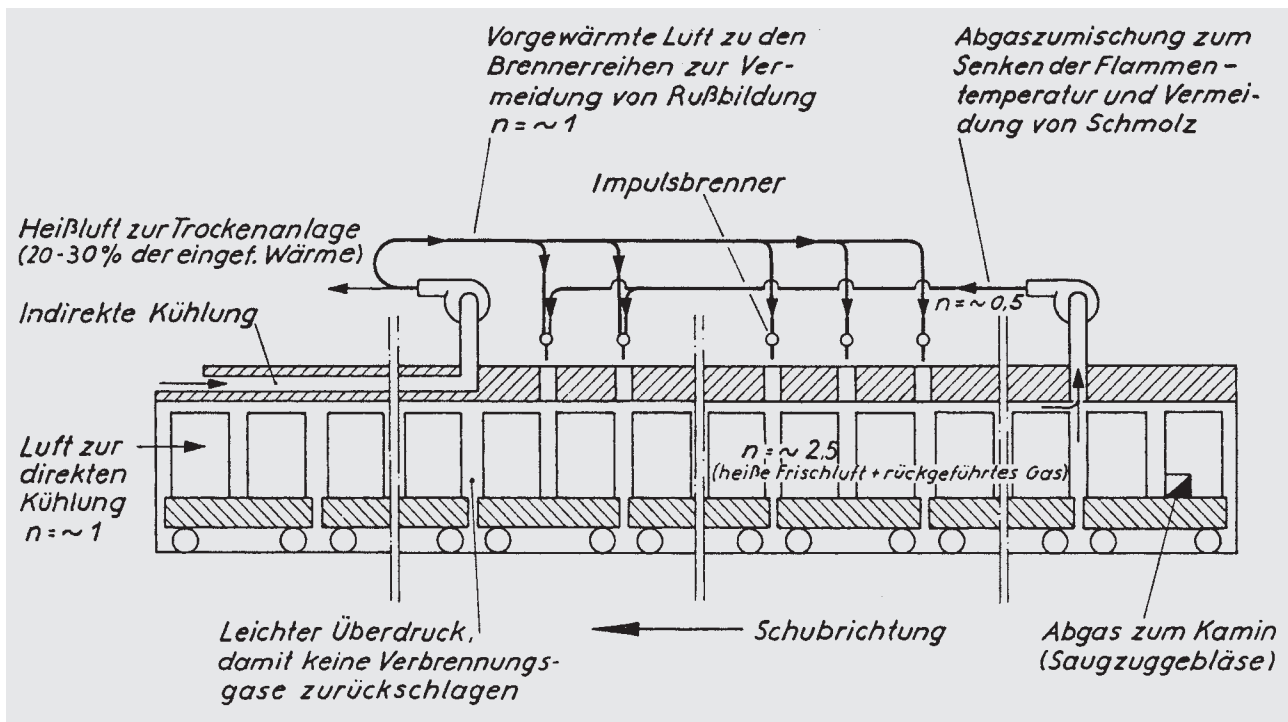


Bild 10.181. Schematische Darstellung der Strömungsverhältnisse in einem Tunnelofen, um 1960

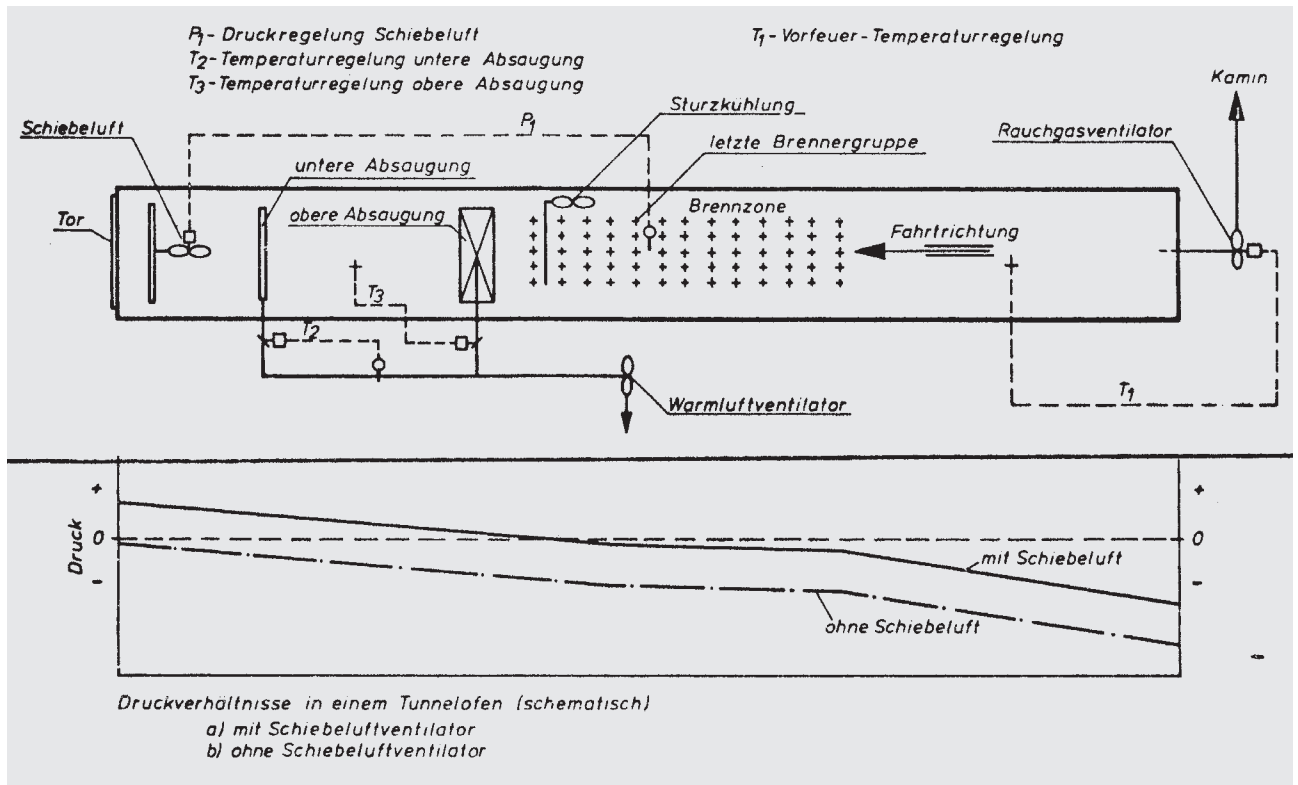


Bild 10.182. Regelungskonzept für einen Tunnelofen mit Schiebeluft- und Sturzkühlvorrichtung, um 1980

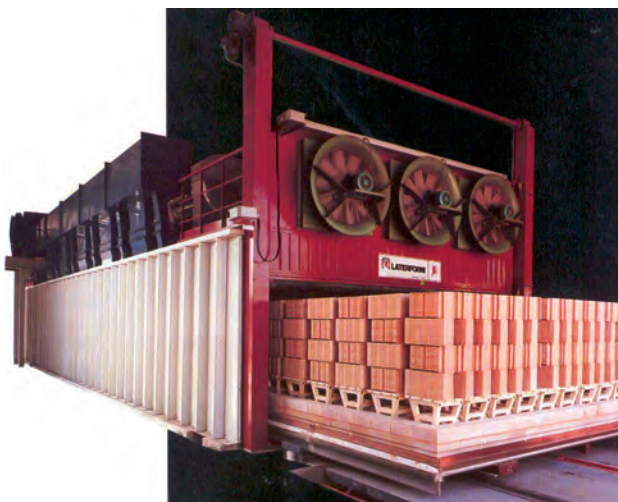


Bild 10.183. Tunnelofentüre mit eingebauten Schiebeluftventilatoren

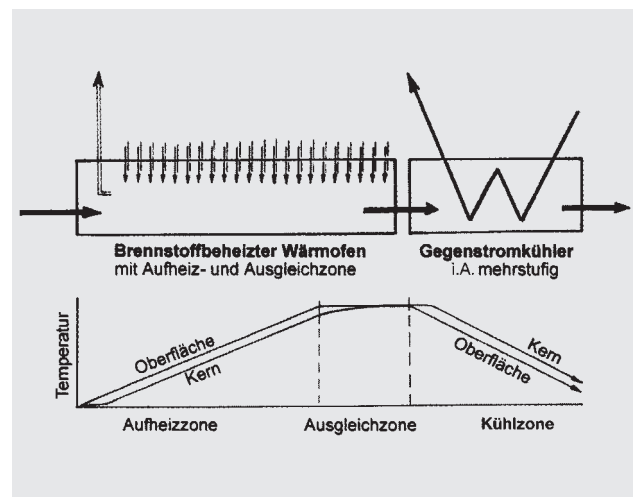


Bild 10.184. Moderner Tunnelofen als Wärmeofen mit nachgeschaltetem Gegenstromkühler, um 1999

in der ursprünglichen Übersetzung „Weberschiffchen“ und symbolisiert die Hin- und Herbewegung des Herdwagens.

In den auf großen Durchsatz ausgelegten Tunnelöfen war das Brennen von Spezialziegeln, Sonderformaten, Dachziegelzubehör, glasierten Ziegeln, blaugedämpften Dachziegeln und in kleinen Stückzahlen benötigten Produkten problematisch. Für solche Fälle bot sich der Einsatz eines periodischen Ofens an, bei dem das Brenngut außerhalb des Ofens auf einem Herdwagen aufgestapelt und dann in den mit einer Tür verschließbaren Ofenraum gefahren wird. Pionier der Entwicklung von Herdwagenöfen war die 1958 gegründete Firma Bickley, Industrie-Ofenbau GmbH, Unna, die Anfang der 1960er Jahre den sog.

Shuttle-Herdwagenofen einführte und die ISO-JET-Brennereinrichtung entwickelte, die einen besseren Temperaturengleich als die normalen Hochgeschwindigkeitsbrenner ermöglichte. Die Auskleidung der Herdwagen-Öfen erfolgt mit hochtemperaturbeständiger Keramikfaser. Aufgrund der geringen Wärmespeicherkapazität dieser keramischen Faserisolation können die Herdwagenöfen innerhalb kurzer Zeit abgeschaltet und wieder in Betrieb genommen werden. Das Brennraumvolumen des Herdwagenofens reicht von 1-500 cbm (Bilder 10.185.). Neben dem Herdwagenofen mit ortsfestem Ofenkörper und mobilem Herd gibt es noch den Haubenofen mit vertikal oder horizontal verfahrbarem Ofenkörper und mobilem oder festem Herd (Bild 10.186.).

Bilder 10.185. Herdwagenofen

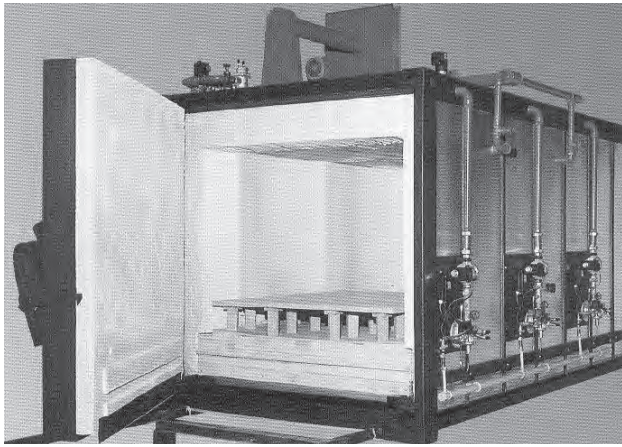


Bild 10.185a. Kleiner Herdwagenofen für ein Nutzraumvolumen von ca. 10 m³, 1989, Keratek



Bild 10.185b. Lingl-Herdwagenofen oder Shuttle-Ofen in Modul-Bauweise für einen Anwendungstemperaturbereich von 900 °C bis 1600 °C zum Brennen von Zubehördachziegeln, Vormauerziegel-Spezialitäten und feuerfesten Steinen

Vorwiegend zum Brennen von Dachziegeln und dickwandigen Sonderformaten entwickelte Keller den Herdwagen-Haubenofen Typ Krokodil.¹²⁵ Die Ofenhaube ist dabei über einem Drehpunkt einseitig fest gelagert und wird zum Ein- und Ausfahren der Herdwagen wie der Oberkiefer eines Krokodils hochgeklappt. Mit den äußeren Abmessungen von 9,7 m Länge, 5,3 m Breite und 2,6 m Haubenhöhe hat der „Krokodil-Ofen“ ein Nutzvolumen von ca. 51 cbm. Die ersten beiden Öfen dieses Typs wurden 1987 in Tegelen (NL) in Betrieb genommen (Bild 10.187).

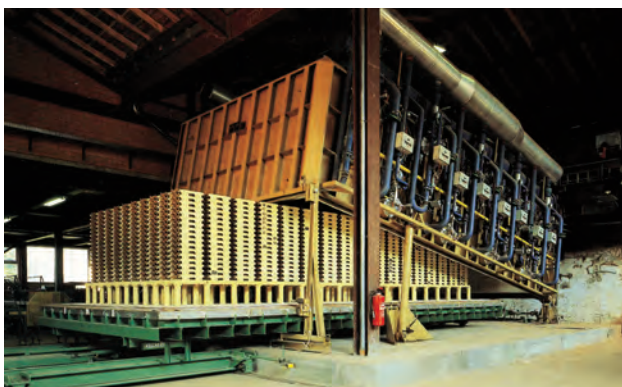


Bild 10.187. Herdwagen-Haubenofen „Krokodil“ von Keller, 1987



Bild 10.186. Haubenofen, Céric S.A.

10.9. Rollenofen

Der Rollenofen ist ein Schnellbrandofen, in dem manche schon den Nachfolger des Tunnelofens sahen (Bild 10.188.). In Deutschland wurde 1989 erstmals ein Doppelstagen-Rollenofen, 96 m lang, Gesamtbreite 3,4 m, von dem italienischen Ofenbauer Mori zum Brennen von Hintermauerziegeln gebaut und 1990 bei der Firma Gumbmann, Niederndorf, in Betrieb genommen. Die Ofendurchlaufzeit (von kalt zu kalt) beträgt, in Abhängigkeit vom Ziegelformat, 3,5-4 Stunden (Bilder 10.189.+10.190.). In Frankreich läuft seit 1991 ein Rollenofen zum Brennen von Hohlziegeln und Dachziegeln.

Im Unterschied zum Tunnelofen, bei dem das Brenngut auf Wagen durch den Brennkanal geschoben wird, gleitet es beim Rollenofen, direkt oder auf einer Unterlage, auf einer Rollenbahn durch den Ofenkanal. Diese Rollen (ca. 27-31 mm Ø) sind das einzige Transportmittel, das es erlaubt, ein Brenngut durch einen Ofen zu befördern, ohne daß das Transportmittel dabei selbst seinen Ort verändert. Auf diese Weise wird kein Wärmetransport verursacht, d.h. Ausfahrverluste durch das Trägermedium entfallen. Bis etwa 1150 °C sind Stahlrollen anwendbar, wenn die Brenntemperatur nahe 1200 °C oder darüber liegt, müssen keramische Rollen eingesetzt werden. Die Rollen werden außerhalb des Ofens angetrieben (Bild 10.191.). Die Brenner des Ofens sind auf beiden Seiten jeweils ober- und unterhalb der Rollenebene angeordnet; rechts und links sind die Brenner zueinander versetzt.

Die Dachziegel laufen auf angetriebenen Rollen flachliegend auf Feuerfestunterlagen durch den Brennkanal. Um Dachziegel auch ohne Brennhilfsmittel im Rollenofen brennen zu können, entwickelten der deutsche Formenhersteller Teichgräber und der italienische Ofenbauer Poppi 1993 ein Konzept,

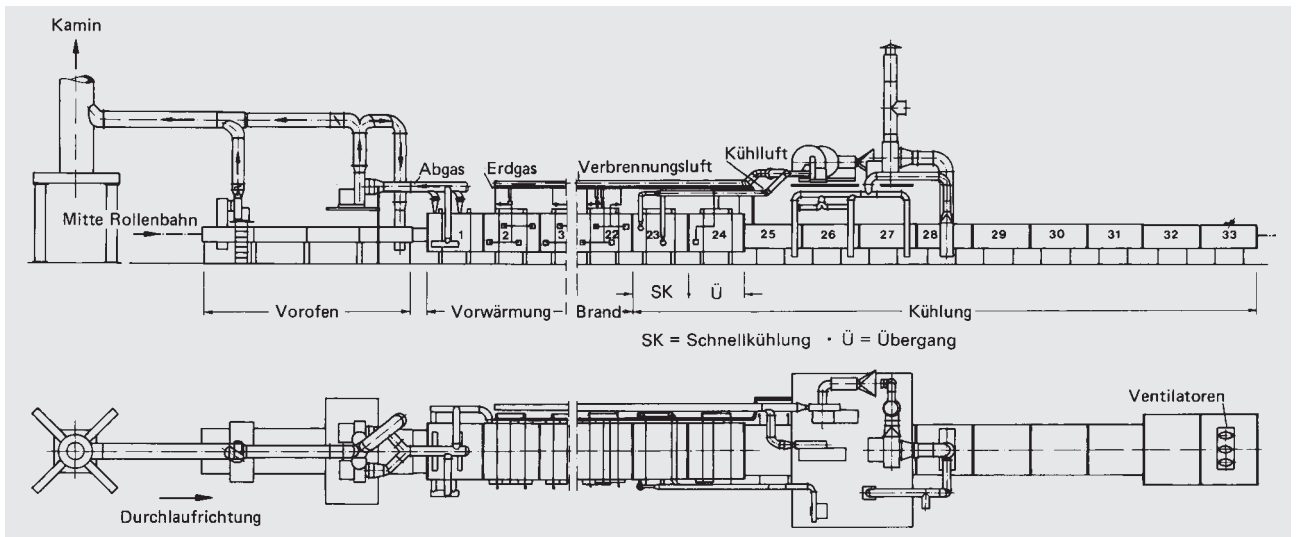


Bild 10.188. Anlagen-Schema eines Rollenofens zum Brennen von Wand- und Bodenfliesen, Durchlaufzeit 60 min.

das von speziell konstruierten Rollenofen-Dachziegeln ausgeht, die auf der Unterseite mit Laufrippen versehen sind, damit sie möglichst geradlinig über die Rollenbahn laufen können.

10.9.1. Monkerofen

Da die meisten Dachziegelmodelle nicht frei auf Rollen gleiten können und der Transport über die Rollen auf den üblichen Brennhilfsmitteln immer kleine Erschütterungen verursacht, entwickelte die italienische Firma Mori s.p.a./Modena den sog. Monkerofen, der 1994 auf der Ceramitec in München präsentiert wurde. Der Monkerofen ist dadurch gekennzeichnet, daß er keine durchgehenden Rollen aufweist, sondern auf beiden Seiten nur ganz kurze motorisierte Rollenstummel, auf denen große Stützrahmen aus einer feuerfesten Legierung durch den Ofenkanal bewegt werden. Auf diesen Stützrahmen sind die Dachziegel auf Monokassetten einlagig angeordnet.

Während die Länge der durchgehenden Rollen beim gewöhnlichen Rollenofen die Nutzbreite des Brennkannals zu Lasten der Leistung auf ca. 2 m begrenzte, ermöglicht das Monkersystem eine Erhöhung der Nutzbreite bis ca. 3,6 m (Bild 10.192.). Bis Mitte 2001 gab es 7 Rollenöfen vom Typ Monker, die zwischen 4 und 8 Jahre lang in Betrieb waren.

Weitere Entwicklung

Ob die Rollenofentechnologie für den Ziegelbrand einmal eine ebenso große Rolle spielen wird wie von 1860-1960 der Ringofen und ab 1960 bis 2000 der Tunnelofen, ist derzeit noch offen, insbesondere wegen der in den 1990er Jahren erzielten Fortschritte bei der Weiterentwicklung der Tunnelofentechnik.

10.10. Schnellbrand

Bei der Weiterentwicklung der Ziegel-Brenntechnik steht seit etwa 1990 der moderne Schnellbrand



Bild 10.189. Doppelstagen-Rollenofen von Mori im Ziegelwerk Gumbmann/Niederndorf für eine Leistung von 200 t gebrannter Porotziegel/Tag, 1989

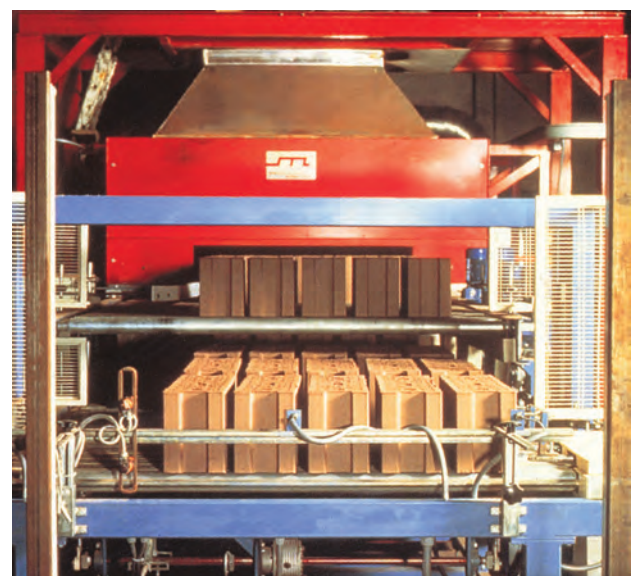


Bild 10.190. Brenngut-Einlauf in den Niederndorfer Rollenofen

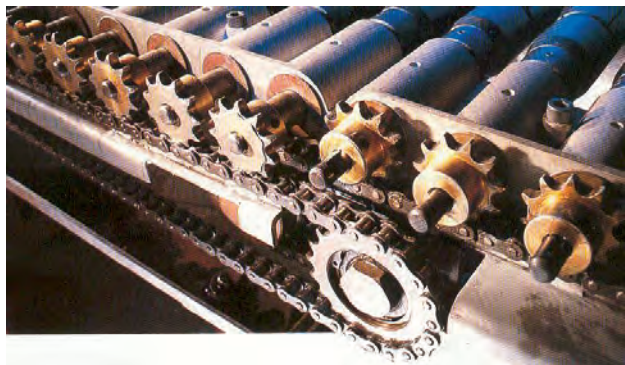


Bild 10.191. Antrieb der Rollen

im Vordergrund.¹²⁶ Es handelt sich hierbei um ein gegenüber dem konventionellen Brand zeitlich wesentlich verkürztes Brennen. Rechnet man beim Ring- und Zick-Zack-Ofen mit Brennzyklen von 5-24 Tagen, beim konventionellen Tunnelofen mit 24-120 Stunden, so erreicht man beim Schnellbrand Brennzeiten von kalt zum kalt, je nach Ofenart, von 2,5 bis 16 Stunden.

Mit der Einführung des Ventilatorzugs beim Zickzackofen im Jahre 1868 hatte man erstmals vom Schnellbrand gesprochen. Bei diesen alten Schnellbrennverfahren erfolgte die Temperaturänderung aber nicht schneller, sondern die einzelnen Ofenzonen wurden verlängert. Dadurch wurde der Feuerfortschritt, der normal bei etwa 15 m/24 h lag, bis auf 45 m/24 h wesentlich vergrößert, die zulässigen Temperaturänderungen pro Zeiteinheit aber eingehalten.

Nach 1945 wurde die von einem sowjetischen Aktivist eingeführte „Schnellbrennmethode nach Duwanow“ bekannt, die vor allem durch eine aufgelockerte Setzweise gekennzeichnet war. Durch die Erhöhung des Zugs und die Verkürzung der Schüttintervallzeiten unter 10 Minuten erreichte er eine beachtliche Leistungsoptimierung.

Als zeitlich zulässige Temperaturänderungen im Ring- und Zickzackofen galten in der Feuerzone etwa +15 bis +50 °C/h und in der Kühlzone etwa -10 bis -40 °C/h. Damit werden die Unterschiede zum modernen Schnellbrand, der mit Aufheizgeschwindigkeiten bis 1000 °C/h und Kühlgeschwindigkeiten bis

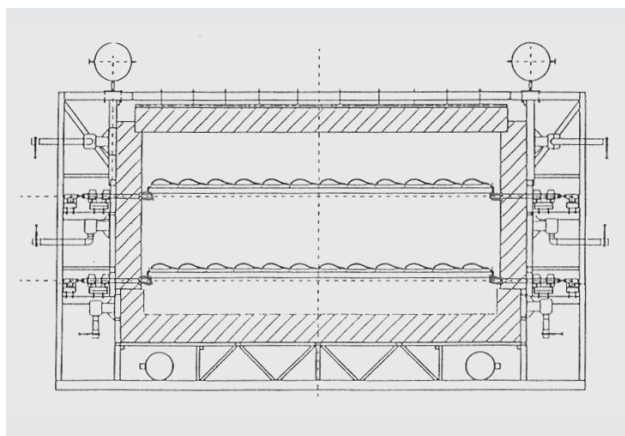


Bild 10.192. Querschnitt eines doppelreihigen Monkerofens für Dachziegelbrand von Mori, 1994

400 °C/h arbeitet, ganz besonders augenfällig. Ein weiterer wesentlicher Unterschied ist der folgende: Die alten Schnellbrennverfahren waren auf den Ofen beschränkt, also reine Brennverfahren, der moderne Schnellbrand ist dagegen als Gesamtprozeß zu verstehen, der alle vorgeschalteten Fertigungsstufen umfaßt und deren Optimierung zwingend notwendig macht, einschließlich der Anpassung der Arbeitsmasse an die Formgestalt des Endprodukts. Das heißt, der Gesamtprozeß muß „schnellbrandtauglich“ gemacht werden. Nach Lingl hat die spezifische Oberfläche der Produkte einen großen Einfluß. So beträgt z.B. die spezifische Oberfläche bei einem Vollziegel etwa 0,03 m²/kg, bei einem Gitterziegel mit 50 % Lochanteil etwa 5,6 m²/kg und bei einem Dachziegel noch etwa 2,53 m²/kg. Dies erkläre auch, weshalb Gitterziegel und Dachziegel sehr, Vollziegel aber wenig schnellbrandtauglich seien.

Unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit setzt sich Riedel¹²⁷ noch 1999 sehr kritisch mit dem Schnellbrand auseinander. Er stellt zunächst fest, daß Schnellbrand von vornherein nicht in Frage kommt bei sehr kalkhaltigen Tonen und Tonvorkommen, die viele brennbare bituminöse Bestandteile enthalten. Die Austreibung des CO₂ aus dem Kalk (CaCO₃) bzw. der Ausbrand der bituminösen Bestandteile benötigt so viel Zeit, daß ein Schnellbrand, wenn man ihn mit einer Durchlaufzeit <16 h definiert, nicht erzielbar ist. Nicht geeignet für den Schnellbrand sind auch Ziegel mit hohem Raumgewicht und großer Scherbendicke, z.B. Schallschutzziegel.

Das gleiche gilt, wenn z.B. Hintermauerziegel verschiedenster Formate und Ziegelrohrichten, also von DF bis 20 DF und Rohrichten von 0,8 bis 2,0 kg/dm³, hergestellt werden sollen, weil eine so breite Produktpalette die Brennbedingungen zu stark verändert. Riedel kommt zu dem Schluß, daß, um einen wirtschaftlichen Schnellbrand zu erreichen, die gesamte Ziegelproduktion mit dem Ofen synchron laufen sollte, also 7 x 24 h/Woche. Auch könne durchaus der Fall eintreten, daß eine Hintermauerziegelproduktion durch eine Umstellung auf Schnellbrand erheblich verteuert werde.

Zum Schnellbrand wurden verschiedene Ofensysteme entwickelt, wie der Schnellbrand-Tunnelofen mit ein- oder mehrlagigem Kassettenbesatz und der Rollenofen. Nach den bisherigen Erfahrungen scheint der Rollenofen aber zum Brennen von Hintermauerziegeln weniger gut geeignet zu sein. Weitere Schnellbrand-Ofensysteme sind u.a. Schlittenöfen, Tragbalken- und Staböfen, Bandöfen, Kugelöfen u.a., von denen die meisten, zumindest im Bereich der Ziegelindustrie, noch nicht zum Einsatz kamen. Die derzeitige Entwicklung unter Anwendung von Computer-Simulationsmodellen läßt erwarten, daß sich der Schnellbrand für den Ziegelbrand einmal allgemein durchsetzen wird und der Schnellbrand-Tunnelofen dabei eine führende Rolle spielen wird. Ob ihm einmal ein anderes Ofensystem diese Rolle streitig machen kann, muß die Zukunft zeigen – gearbeitet wird daran.¹²⁸

11. Ziegelmachen ist Transportarbeit

– Inner- und außerbetrieblicher Transport

Ein großer Teil der Ziegelherstellung entfällt auf Transportarbeiten verschiedenster Art. Dazu zählen im wesentlichen der Rohstofftransport von der Grube bis zu den Formgebungsmaschinen, der Formlings- und Rohlingstransport von den Pressen zu Trockner und Ofen bis zum Lagerplatz sowie schließlich der Transport der Fertigprodukte zur Baustelle. Mit der Einführung des Ringofens und der Kohlen als Brennstoff war auch der innerbetriebliche Kohlentransport zu lösen, und nach der Einführung des Tunnelofens bekam der Ofenwagentransport eine besondere Bedeutung.

Die Vielfalt der in den letzten 150 Jahren entwickelten einschlägigen Transportgeräte ist so groß, daß

an dieser Stelle nur einige wichtige Beispiele genannt werden können. Eine Zusammenfassung der Entwicklungen im Bereich des innerbetrieblichen Transports findet sich in Tabelle 26.

11.1. Vom Schubkarren zum lasergesteuerten Transportsystem – der innerbetriebliche Transport

Noch während des ganzen 19. Jahrhunderts wurde der innerbetriebliche Transport überwiegend durch menschliche Arbeitskraft ausgeführt. Die älteste Art der Beförderung – das Tragen – war noch von großer Bedeutung. Vom gewachsenen Boden bis zur fertigen Arbeitsmasse mußte das Rohmaterial bis zu 8mal bewegt werden. Auch der Transport der grünen Ware von der Presse zum Trockner und von dort zum Ofen war überwiegend menschliche Transporttätigkeit. Vom Formling bis zum verladenen Fertigprodukt mußte der Mauerziegel bis zu 8mal und der Dachziegel bis zu 14mal in die Hand genommen werden. In Einzelfällen galt dies sogar bis in die 1950er Jahre. Wichtigstes innerbetriebliches Transportmittel war der Schubkarren. Mit ihm wurde vom Rohmaterial über den Formling bis zum fertigen Ziegel praktisch alles transportiert. Je nach Einsatzzweck wurden Schubkarren in den verschiedensten Ausführungen verwendet (Bild 11.1.).

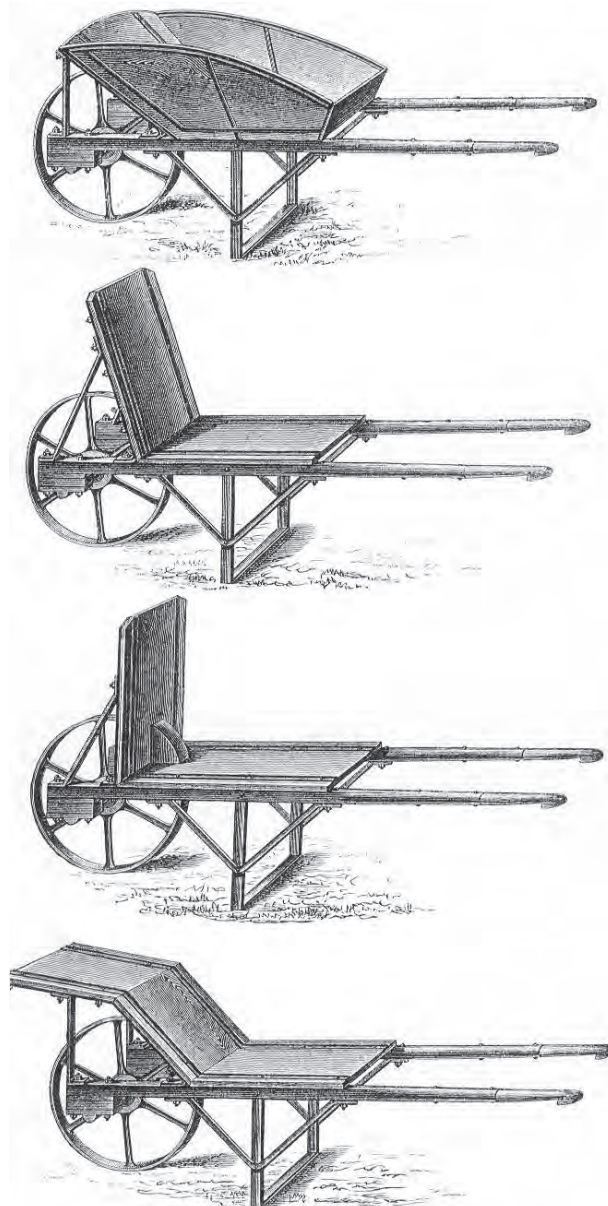


Bild 11.1. „Combinirbarer Schubkarren“: Auf dem immer gleichen Fahrgestell können verschiedene Aufsätze montiert werden, um 1890

11.1.1. Rohstofftransport

Mechanische Fördermittel wurden ab der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts für den Rohstofftransport aus der Grube benutzt, wie es bereits im Kapitel 6.3. beschrieben ist.

In kleinen Handstrichziegeleien wurde der aufbereitete Ton in einem trogartigen Behälter, dem sog. „Vogel“ oder „Spatz“, auf der Schulter von der Sumpfgube zum Streichplatz getragen. Zum Aufnehmen wurde er auf einem Gestell abgesetzt (Bild 11.2.).

Den Schubkarren benutzte man vor allem zum Transport des fertig aufbereiteten Streichtons zum Streichtisch. Mit dem Aufkommen des Zentraltonschneiders in den Handstrichziegeleien rationalisierte man den Tontransport dadurch, daß man die Streichtische auf Schienen fahrbar gestaltete und damit zum Beladen direkt unter den Auslauf des Tonschneiders fuhr (Bilder 11.3.+11.4.).

Bei den in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts entstandenen Dampf- oder Maschinenziegeleien wurde der Ton über eine schiefe Ebene mit dem sog.

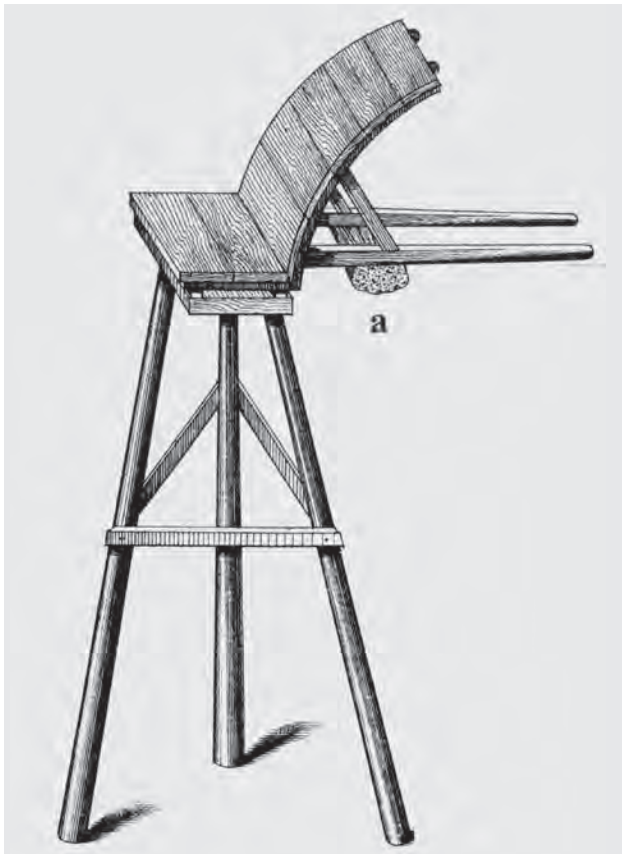


Bild 11.2. Vogel mit Absetz- und Aufnahmegestell. a= Strohkissen als Rückenschutz

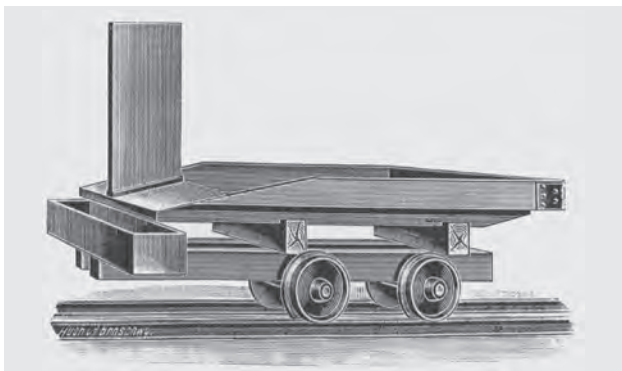


Bild 11.3. Fahrbarer Streichtisch

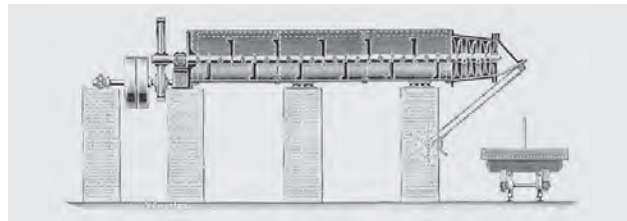


Bild 11.4. Beladen des fahrbaren Streichtischs direkt unter dem Zentraltonscheider

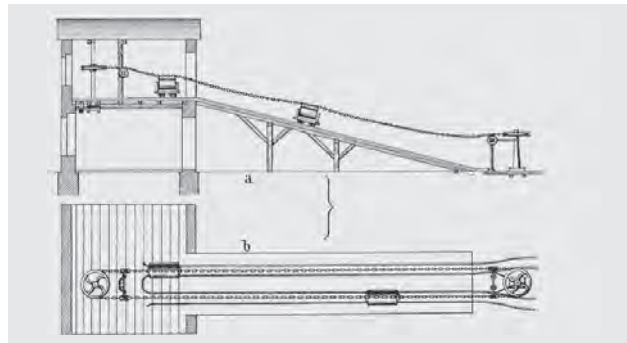


Bild 11.5. Grundriß- und Schnittdarstellung einer zweigleisigen Kettenbahn



Bild 11.6. Kettenbahn mit Kipploren

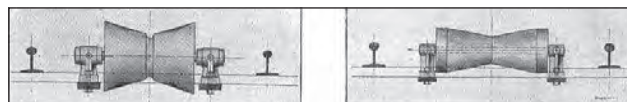


Bild 11.7. Tragrollen als Auflage und zur Führung der Ketten und Seile für Tonaufzüge

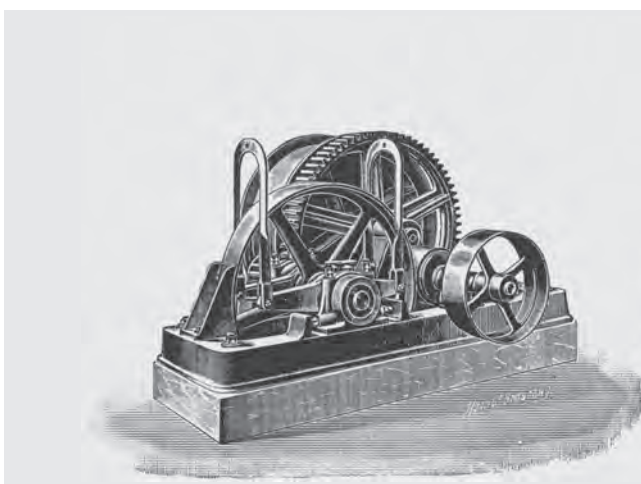
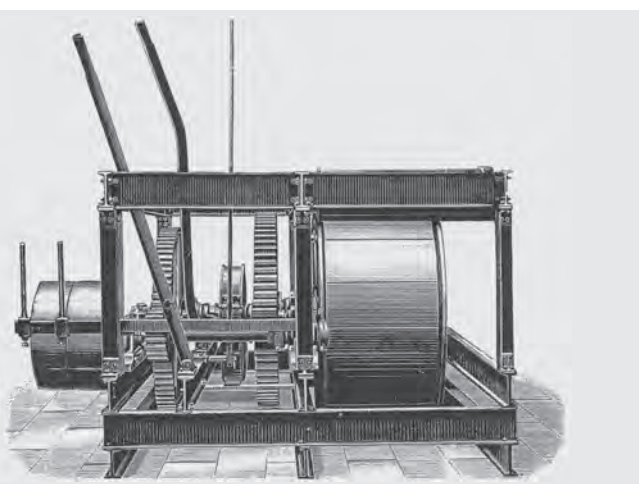


Bild 11.8. Winden für Tonaufzüge



„Thonauzug“ mit Ketten oder Seilzug, meist zweigleisig, auf den sog. Beschickerboden der Aufbereitungsanlage gebracht (Bilder 11.5.-11.8.). Sämtliche Aufbereitungsmaschinen waren übereinander angeordnet, so daß der von Hand in die oberste Maschine aufgegebenen Ton, ohne daß weitere Transportmittel erforderlich waren, direkt von einer Maschine in die andere fiel (Bilder 11.9.+11.10.).



Bild 11.9. Entleeren der Loren in die Kastenbeschicker auf dem Schüttboden

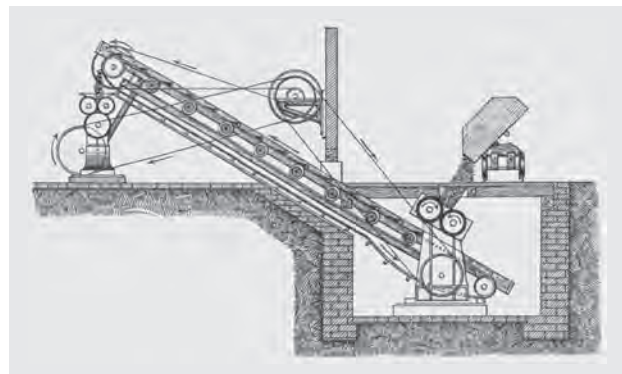


Bild 11.12. Anlage mit Hanfgurttörderer, um 1890

Die ersten Förderbänder, auch Gurtelevatoren oder Tonelevatoren genannt, tauchen nach 1880 im Ziegelwerk auf (Bilder 11.11.+11.12.).

Als Transportelement benutzte man Hanf-, Kokos-, Baumwoll-, Segeltuch- und Jutegurte. Diese Gurte waren aber sehr empfindlich gegen Nässe, verschmutzten leicht und ließen sich schlecht reinigen,

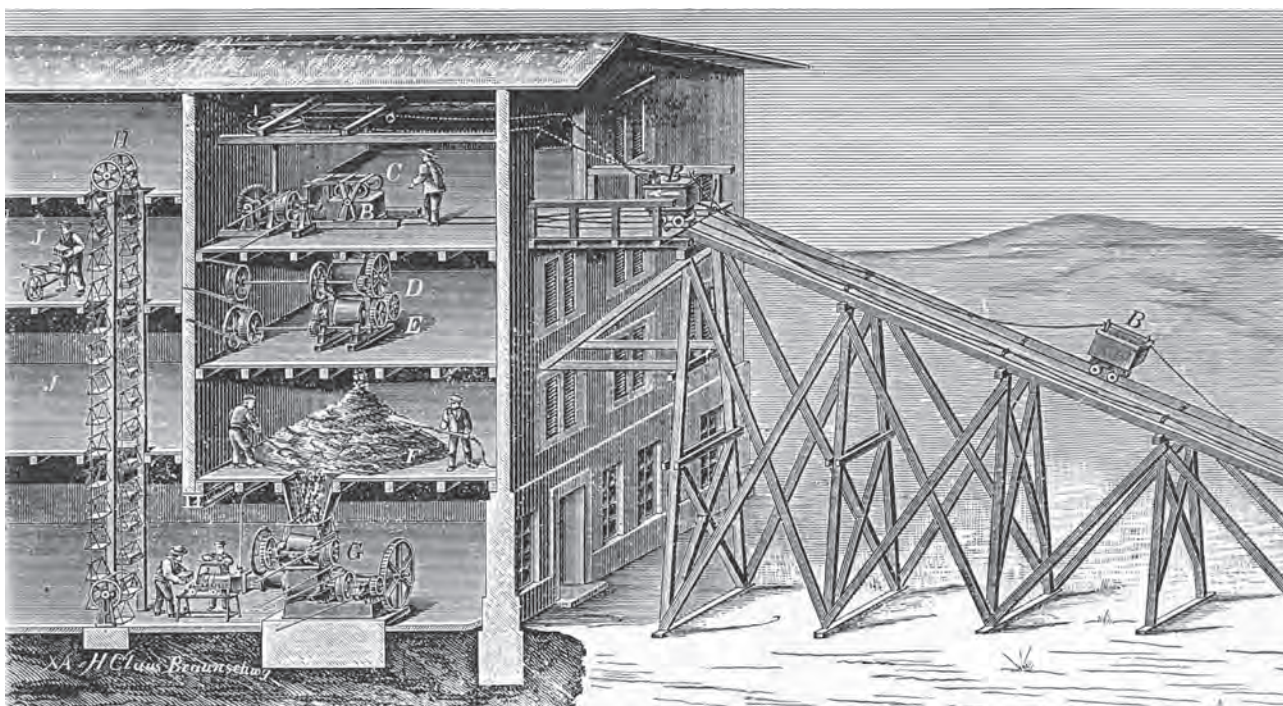


Bild 11.10. Ziegeleianlage um 1890, mit Kettenbahn zum Tontransport (rechts) und Schaukelelevator für den Formlingtransport (links)

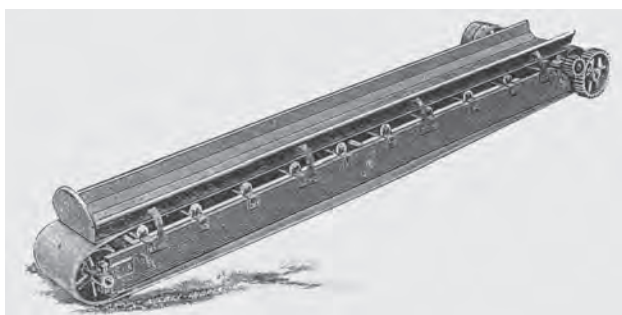


Bild 11.11. Förderband mit Hanfgurt

außerdem längten sie sich beim Betrieb sehr und mußten ständig nachgespannt werden. Auch Balata und Gummi verwendete man um 1900 als Gurtmaterial. Die heute allgemein üblichen Gummigurte waren damals aber technisch noch nicht ausgereift. Deshalb setzte sich zunächst allgemein der Blechschuppentransporteur mit angenieteten Gliederketten durch (Bild 11.13.).

Allmählich begann man, die einzelnen Aufbereitungsmaschinen nicht mehr übereinander, sondern ebenerdig hintereinander anzuordnen, jeweils mit da-

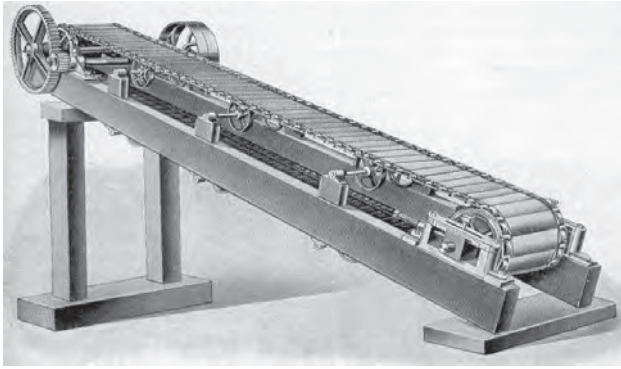


Bild 11.13. Blechschuppentransporteur, um 1910

zwischengeschaltetem Transportband. Die zulässige Steigung von Schuppentransportern liegt bei etwa 30° . Um trotz großer zu überwindender Höhenunterschiede die Distanz zwischen den einzelnen Maschinen auf ein Minimum zu verringern, entwickelte Händle, Mühlacker, 1953 einen Steilförderer für eine Steigung bis 60° . Über dem normalen Schuppenband war hier ein zweites Band mit Mitnehmerblechen angeordnet, die das Material am Abgleiten hinderten (Bild 11.14.).

Seit etwa 1910 wurden auch kalt gewalzte Stahlbänder (0,8-1,5 mm dick) als Bandförderer benutzt. Sie sind nach der schwedischen Herstellerfirma auch als Sandvik-Bänder bekannt. Das Stahlband wurde ab etwa 1925 bevorzugt in Sumpfhäusern als Verteiler- und Abwurftransporteur eingesetzt, da auf



Bild 11.15. Stahlband mit beidseitigem Materialabwurf mittels Pflugabstreifer

dem glatten Stahlband klebriger Ton an jeder Stelle abgestreift werden kann. Auch als Tonbatzen-Zuführungstransporteur für Falzriegelpressen wurde das Stahlband gern eingesetzt (Bild 11.15.).

In den 1960er Jahren kam für Steigungen bis 40° das kurvengängige Faltenband auf, bei dem der Förderweg vertikale und horizontale Kurven mit einem Mindestradius von 3 m durchlaufen kann und sich besonders bei schwierigen und komplizierten Einbauverhältnissen anbietet (Bilder 11.16.-11.18.).

Nachdem das 1959 eingeführte zunächst 5 m hohe Tonsilo für immer größere Höhen konzipiert wurde, ab 1976 in Ausführungen bis zu 16 m Höhe, wurden zur seiner Beschickung die platzsparenden Deckband- oder Doppelgurtförderer interessant, da sie als Senkrechtförderer die Überwindung großer Höhenunterschiede bei geringstem Platzbedarf ermöglichen. Der Deckbandförderer besteht aus zwei aufeinanderlaufenden Gummigurten, zwischen denen das Fördergut eingeschlossen wird (Bilder 11.19.+11.20).

Ab den 1970er Jahren wurden die Schuppentransportere und die Stahlbandtransportere allgemein von den inzwischen technisch ausgereiften und kostengünstigeren Gummibandtransporteren oder Gurtförderern abgelöst. Dabei gibt es auch Gurtförderer, die Kombinationen aus horizontaler, schräger und vertikaler Linienführung erlauben und bei denen sich durch Knickstationen mit Umlenkewinkeln zwischen 90° und 180° die Förderrichtung sogar umkehren lässt (Bild 11.21.).



Bild 11.14. Schuppenband-Steilförderer für Steigungen bis 60° von Händle, 1953

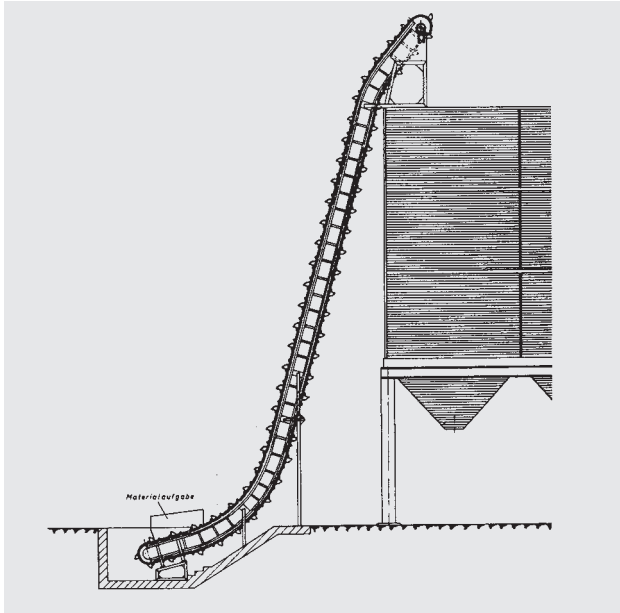


Bild 11.16. Faltenbandförderer zur Beschickung eines Silos

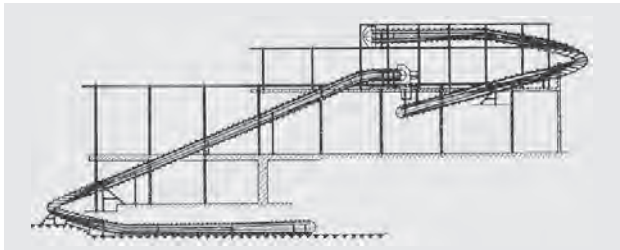


Bild 11.17. Transportanlage mit zwei kurvengängigen Faltenbandtransporteuren

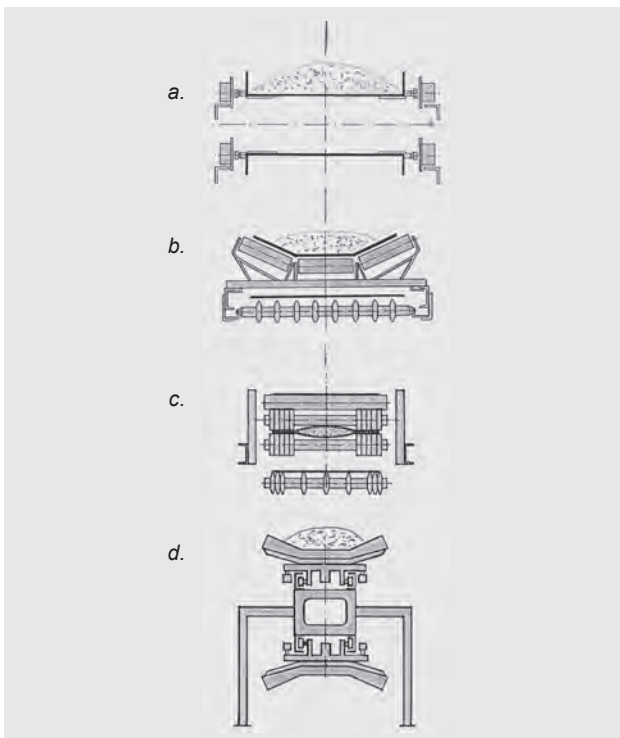


Bild 11.18. Querschnitte verschiedener Förderbandsysteme, von oben nach unten:
 a. Schuppenbandtransporteur
 b. Gummigurtförderer
 c. Deckbandförderer
 d. Faltenbandförderer



Bild 11.19. Deckband- oder Doppelgurtförderer zur Beschickung eines Tonsilos

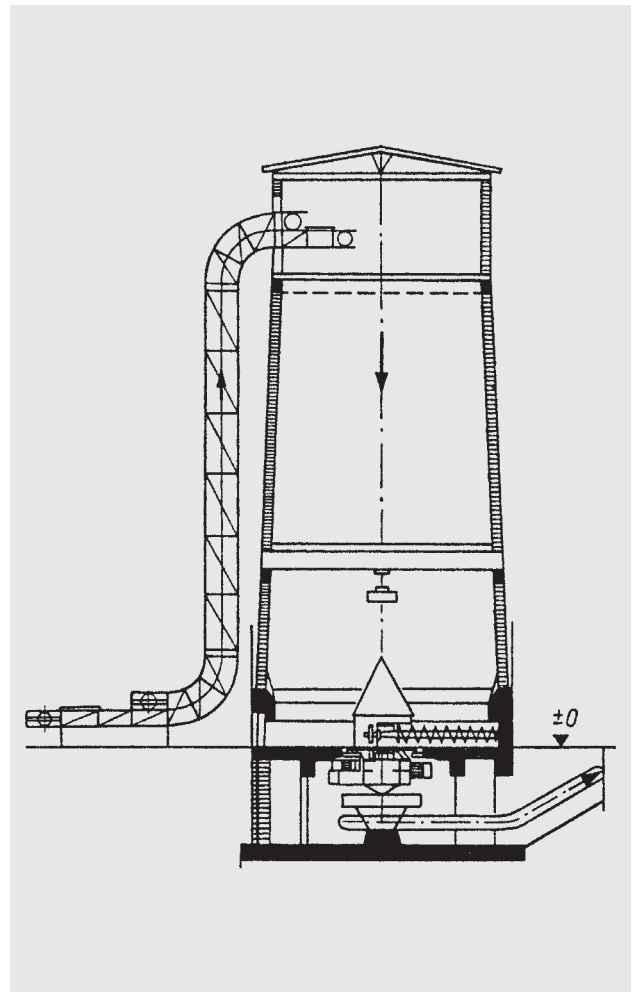


Bild 11.20. Beschickung eines 13 m hohen Tonsilos mit einem Deckbandförderer

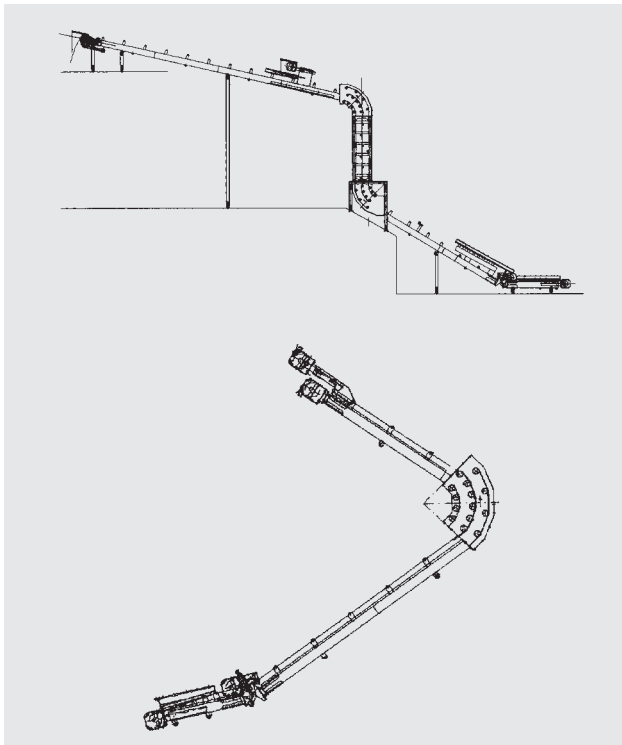


Bild 11.21. Oben: Gurtförderer, der eine horizontale, schräge und senkrechte Linienführung kombiniert, mit zusätzlichen Materialaufgaben. Unten: Kombination aus Deckgurtförderer und Doppelgurtförderer für „Rückwärtsförderung“, VHV Anlagenbau GmbH, D-Hörstel.

11.1.2. Formlingstransport

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurden zahlreiche Fördergeräte entwickelt, die später zu einer Vollmechanisierung des innerbetrieblichen Transports führten. Sie wurden auch schon in einzelnen Werken eingeführt, waren aber insgesamt für die Ziegelindustrie des 19. Jahrhunderts nicht typisch. Zu nennen sind u.a.:

- Etagenwagen auf Rädern und auf Schienen zur Beförderung von Formlingen (Bilder 11.22.)
- Elevatoren oder „Ziegelhebevorrichtungen“ für Handbetrieb (Bild 11.23.)
- Der senkrechte Wagenaufzug in der Ausführung als Elevator oder Niederlaß zum Hinauf- und Herabbringen der Ziegelwagen zu den über dem Ofen angeordneten Trockenanlagen (Bilder 11.24.+11.25.)
- Der Schaukelevator mit freitragenden Schalen (Bilder 11.26.+11.27.)
- Verschiedene Hängebahnsysteme (Bild 11.28.+11.92.)
- Der Kreistransporteur, der durch alle Stockwerke der Ziegelei lief und sowohl frische Formlinge von der Presse zu jedem Punkt der Trockenanlage beförderte, als auch getrocknete Ware zum Ofen. Das Einlegen und Herausnehmen der Formlinge und Rohlinge erfolgte von Hand. Dieser Transporteur wurde in Deutschland von dem Ingenieur Hotop eingeführt und daher lange Zeit auch als Hotopscher Kreistransporteur bezeichnet (Bilder 11.29.-11.31.)

Bilder 11.22. Etagenwagen

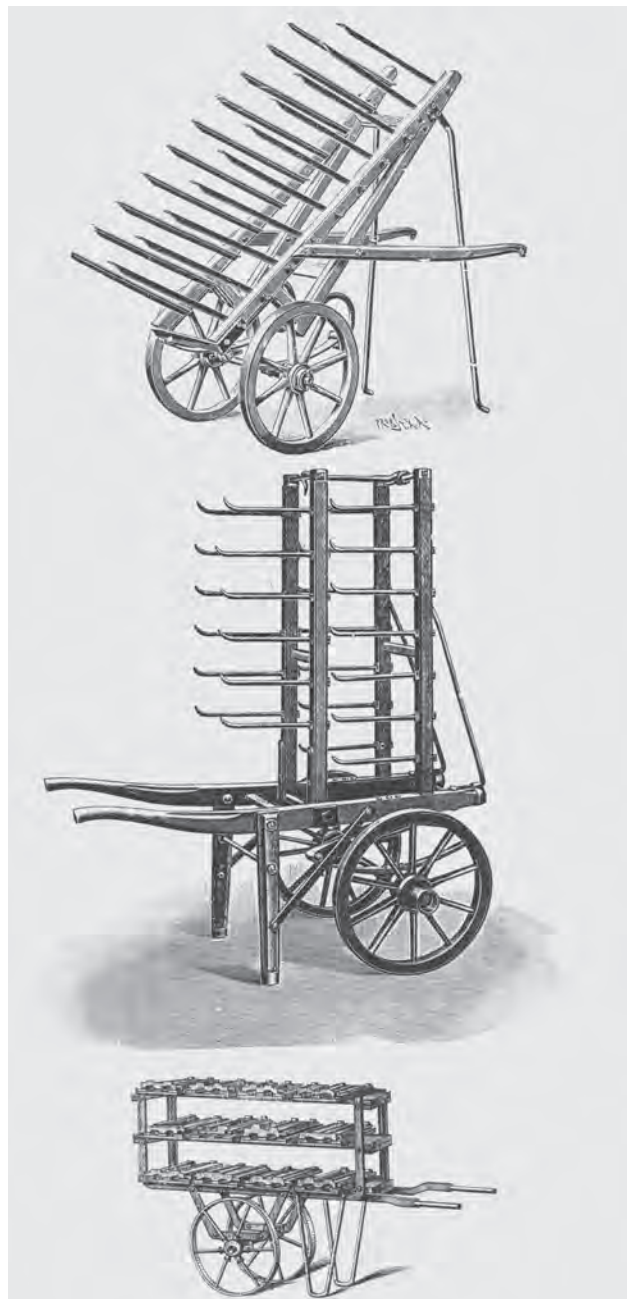


Bild 11.22a. Etagenwagen für Formlingstransport, zum Teil mit gummibereiften Rädern

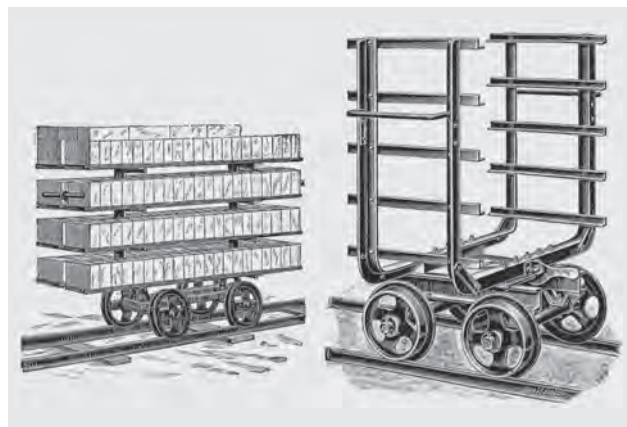


Bild 11.22b. Auf Schienen laufende Etagenwagen für den Formlingstransport

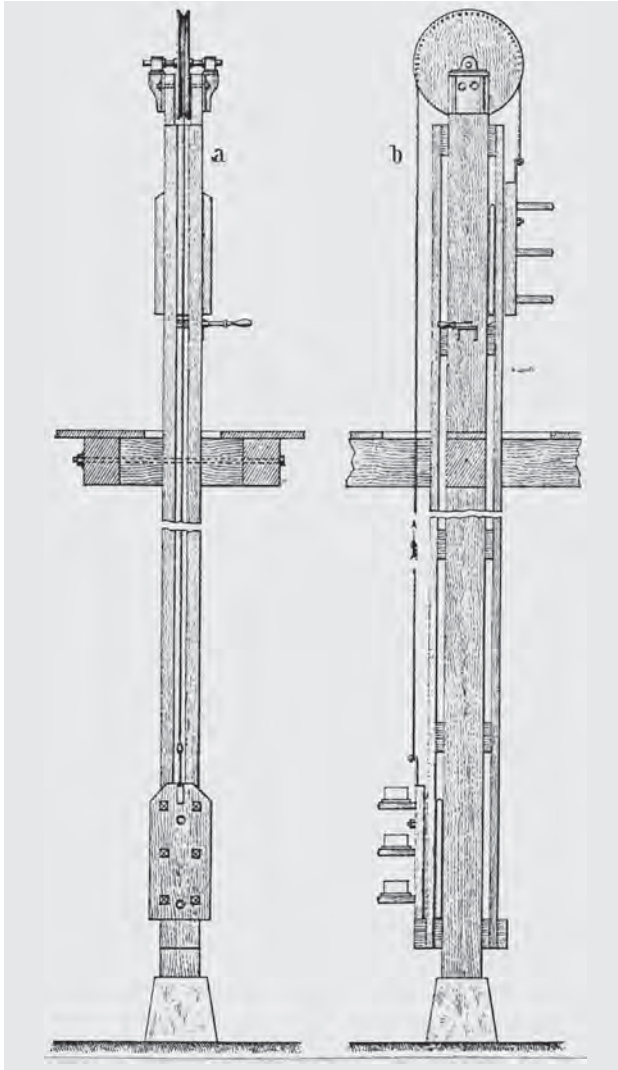


Bild 11.23. „Ziegelhebevorrichtung“ für Handbetrieb

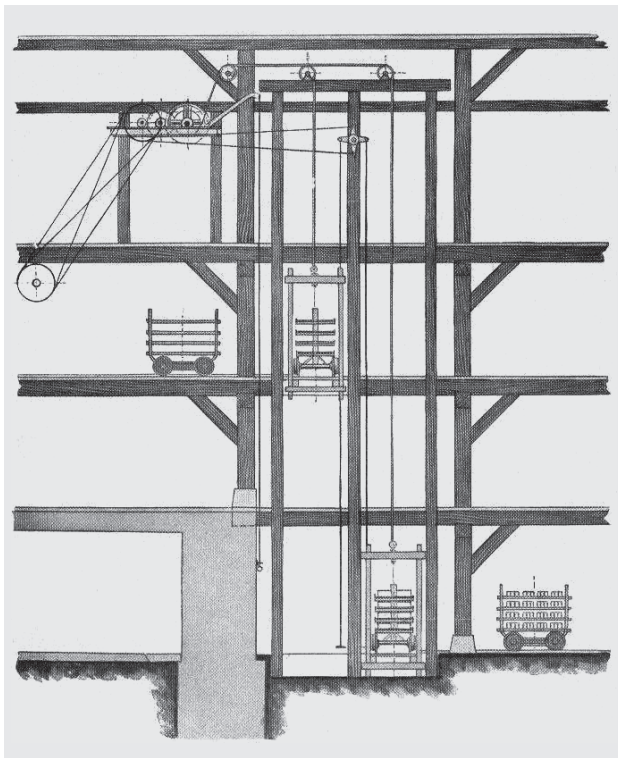


Bild 11.24. Elevator für Ziegelkarren

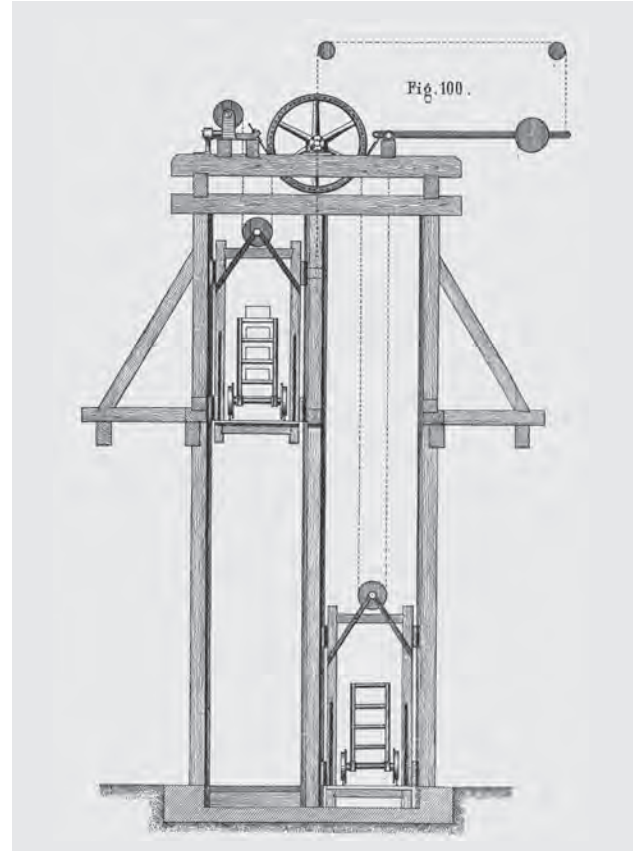


Bild 11.25. Niederlaß für Ziegelkarren

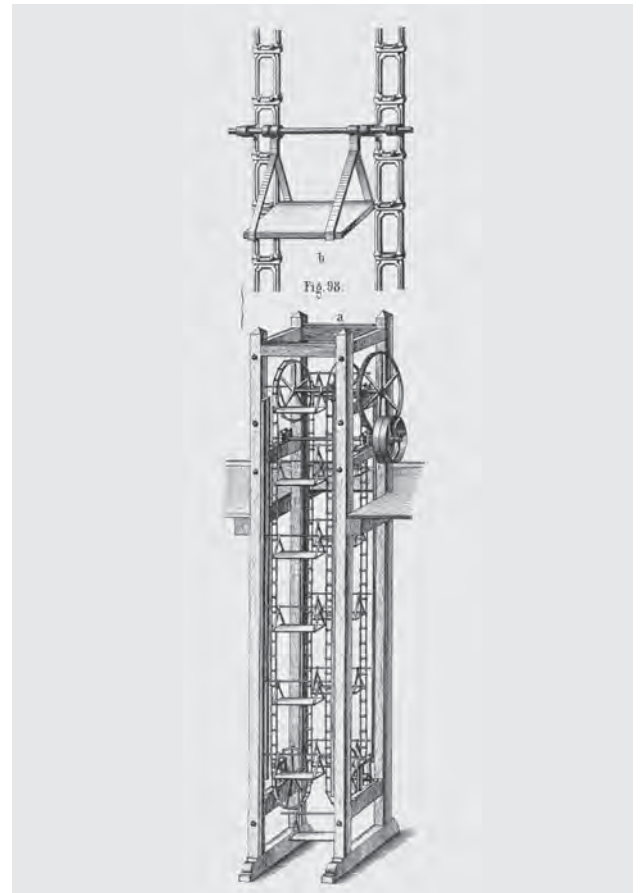


Bild 11.26. Ziegelevator (Schaukelevator). Senkrechter Aufzug zur Beförderung der Formlinge in die Stockwerke mit den Trockengerüsten. Das Ein- und Ausrüsten erfolgt von Hand.

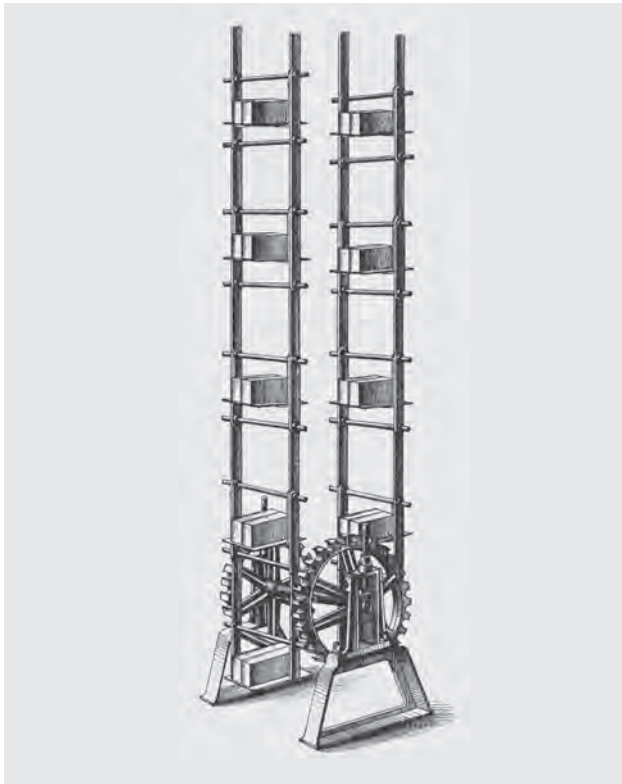


Bild 11.27. Steinelevator (Schaukelevator) zur gleichzeitigen Förderung von frischen Formlingen nach oben und getrockneten Rohlingen nach unten

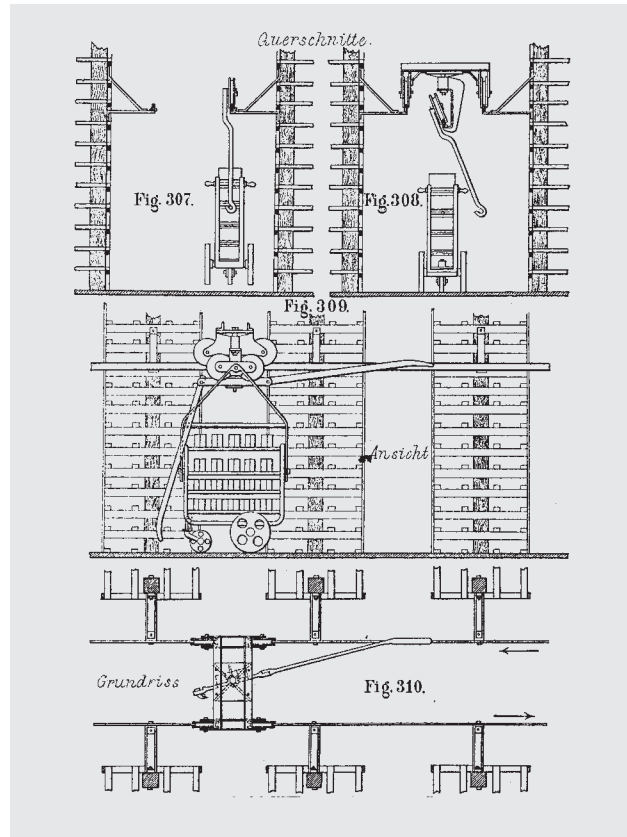


Bild 11.28. Hängebahnsystem von Bock



Bild 11.29. Kreistransporteur. Einlegen der Steine in die Schaukeln direkt an der Presse und Ausrüsten in der Trocknerei

Allen diesen Fördergeräten war gemein, daß sie noch von Hand beschickt und entleert werden mußten. In den USA arbeitete man seit 1880 bereits mit Palettenwagen zum Transport von Formlingen von der Presse zum Trockner und zum Ofen, wobei die Weichpreßziegel auf Transportgestellen und die Trockenpreßziegel auf Paletten abgesetzt wurden (Bild 11.32.). Erst mit dem Absetzwagen, 1894 von Carl Keller zur Marktreife gebracht, war die Grundlage für die spätere Vollmechanisierung des Formlingstransports geschaffen. Die Anfänge des Absetzwagensystems, das aus Absetzwagen und Elevator bestand, wurden bereits in Kapitel 9 dargestellt. Dieser Absetzwagen bedeutete für die Ziegeleitechnik

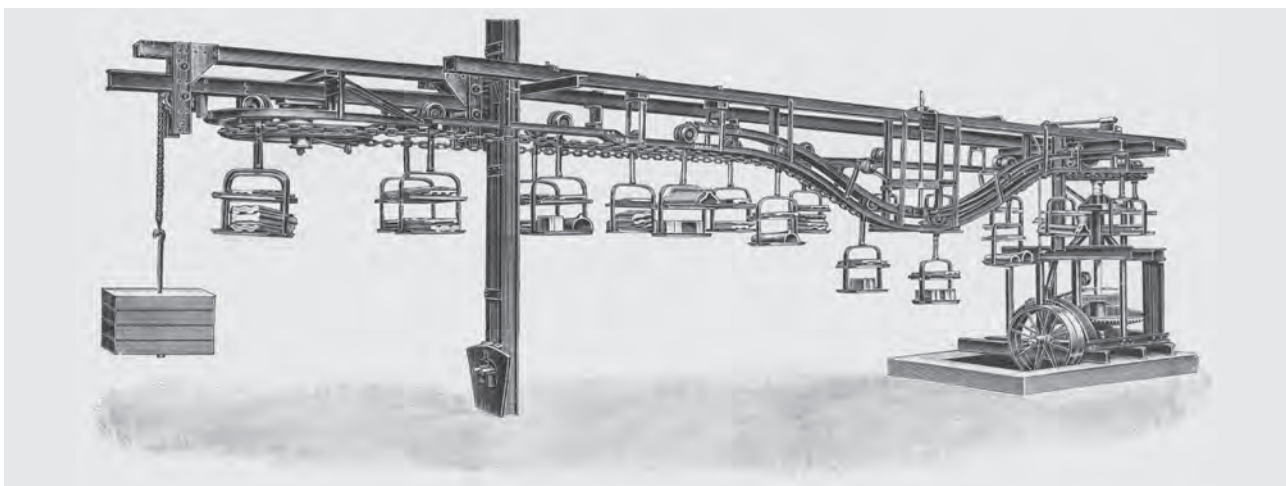


Bild 11.30. Kreistransporteur. Links die Spannstation, recht die Antriebsstation

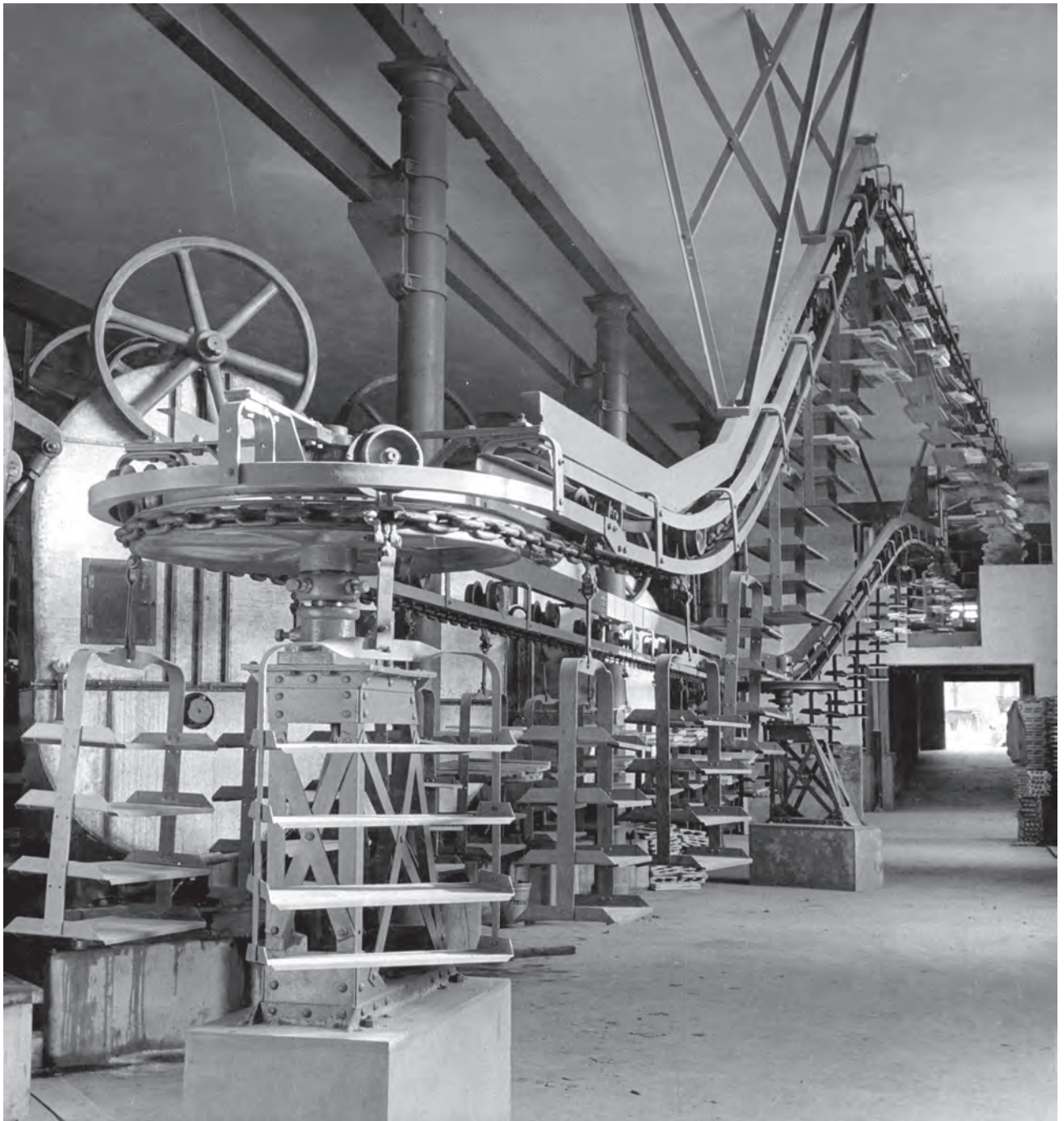


Bild 11.31. Kreistransporteur in einer Großraumtrocknerei

eine ebenso umwälzende Erfindung wie die Schneckepresse und der Ringofen (Bilder 11.33.-11.36.). Mit der Entwicklung des mechanischen Formlings- transports, insbesondere der Einführung der Absetzwagentechnik, beginnt auch der Einsatz der Formlingsträger, Paletten und Traglatten für die Mauerziegel und zusätzlicher Rähmchen für die Dachziegel (Bilder 11.37.-11.39.).

1908 kommt der Karussellwagen zur Entnahme der getrockneten Formlinge aus dem Niederlaß hinzu, der so genannt wird, weil er drehbar ist, um die Ladung eines Absetzwagens in zwei Etagenreihen mit jeweils halber Höhe aufnehmen zu können. Damit konnte man, trotz der geringen Höhe und Breite der Ringofentüren, mit dem um 90° gedrehten Karus-

sellwagen die Rohlinge ohne Umladen direkt in den Brennkanal bis zum Setzer fahren. Bei ebenerdigen Trocknereien, die keinen Niederlaß benötigen, mußte ein sog. Umlader installiert werden, in den die trockenen Formlinge mit dem Absetzwagen eingefahren und dann mit dem Karussellwagen entnommen wurden. Auf der Bauausstellung von 1910 in Berlin präsentierte Carl Keller den ersten Vollautomaten für Mauerziegel, Typ Hörstel, der die Mauerziegel automatisch schneidet, selbsttätig auf Holzrahmen setzt und in einen Elevator einhebt, aus dem sie dann mit einem Absetzwagen entnommen werden. Mit diesem Vollautomaten war erstmalig die schwierige Arbeit des Abschneidens und Absetzens der Formlinge mechanisiert worden, so daß diese auf ihrem Weg vom Mundstück der Presse, über den Trockner bis



Bild 11.32. Amerikanischer Palettenwagen zum Transport der Steine von der Presse zur Trockenhürde

Bilder 11.34. Kolonnenelevator

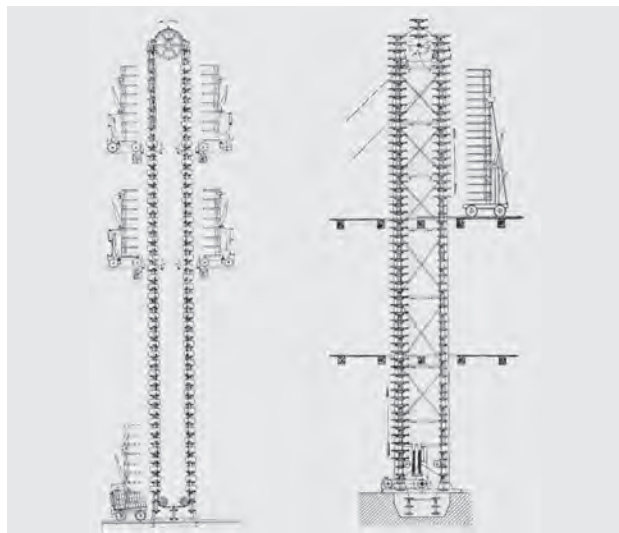


Bild 11.34a. Schema eines Kolonnenelevators, der Elevator und Niederlaß zugleich ist

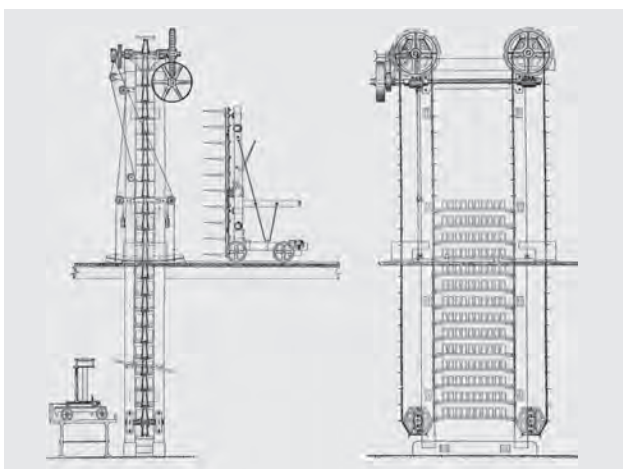


Bild 11.33. Schwedischer Elevator mit 10-etagigem Absetzwagen

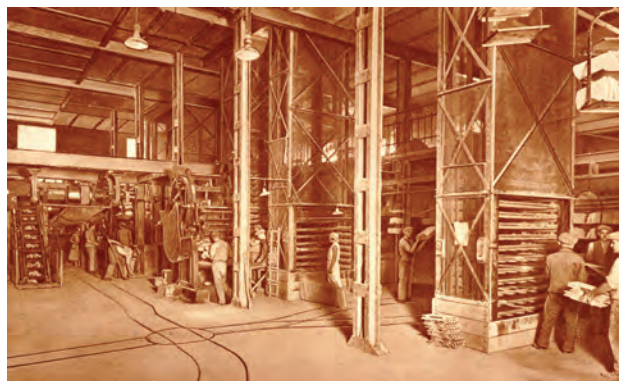


Bild 11.34b. Kolonnenelevator in einem Dachziegelwerk, um 1925

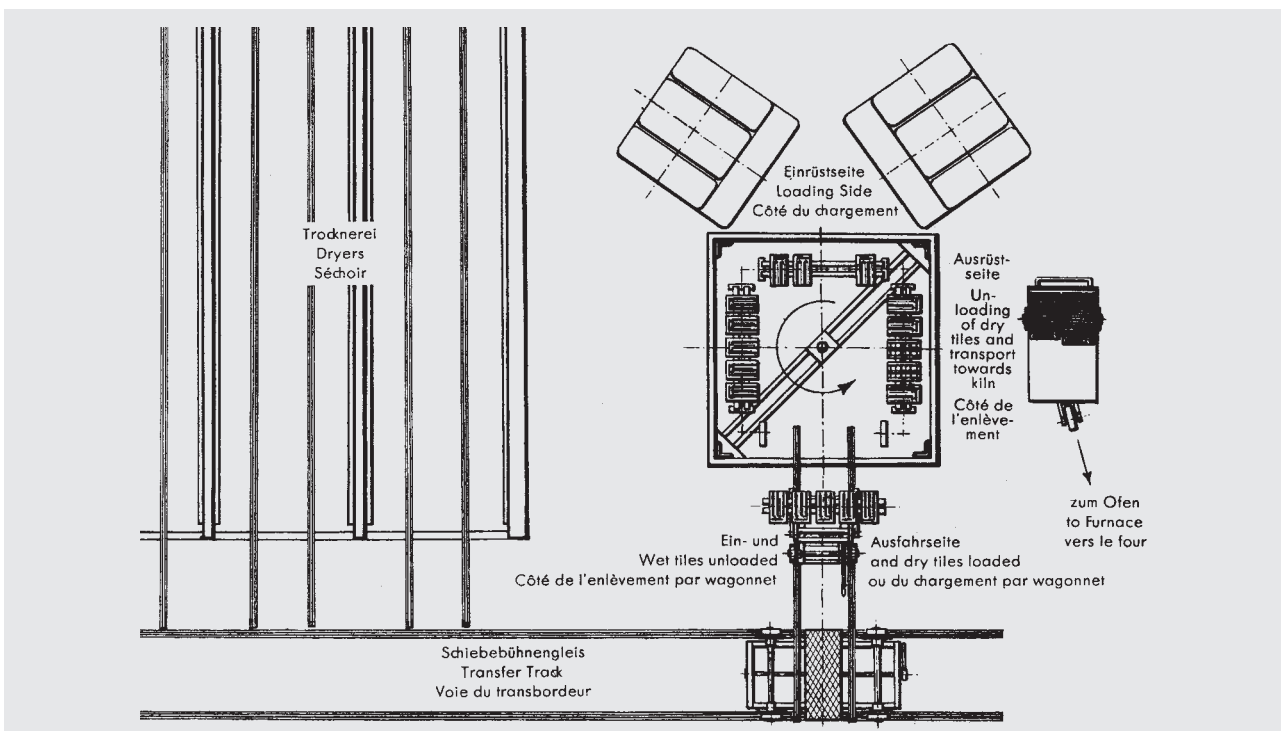


Bild 11.35. 4-seitiges Hub- und Senkgerüst, drehbar und auf- und abgehend, zum gleichzeitigen Belegen mit Formlingen und Entnehmen der getrockneten Rohlinge

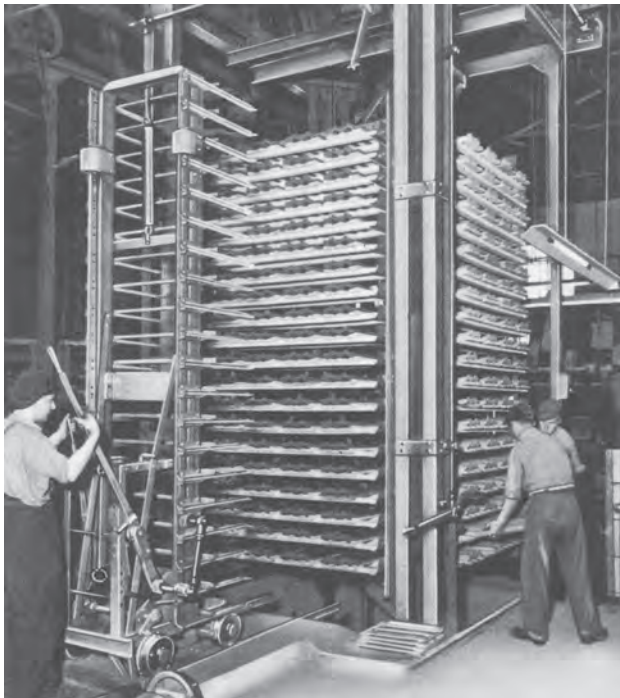


Bild 11.36. 4-seitiges Hub- und Senkgerüst in einem Dachziegelwerk, um 1960

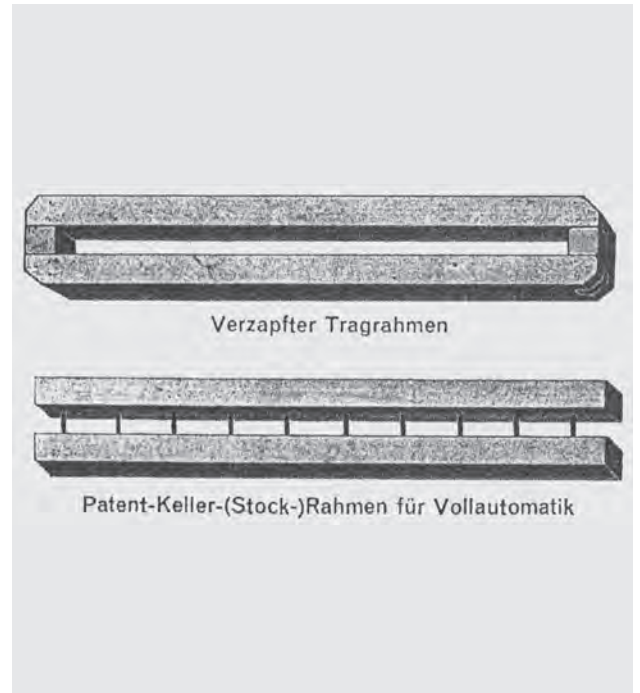


Bild 11.37. Traglatten für die Keller-Automatik

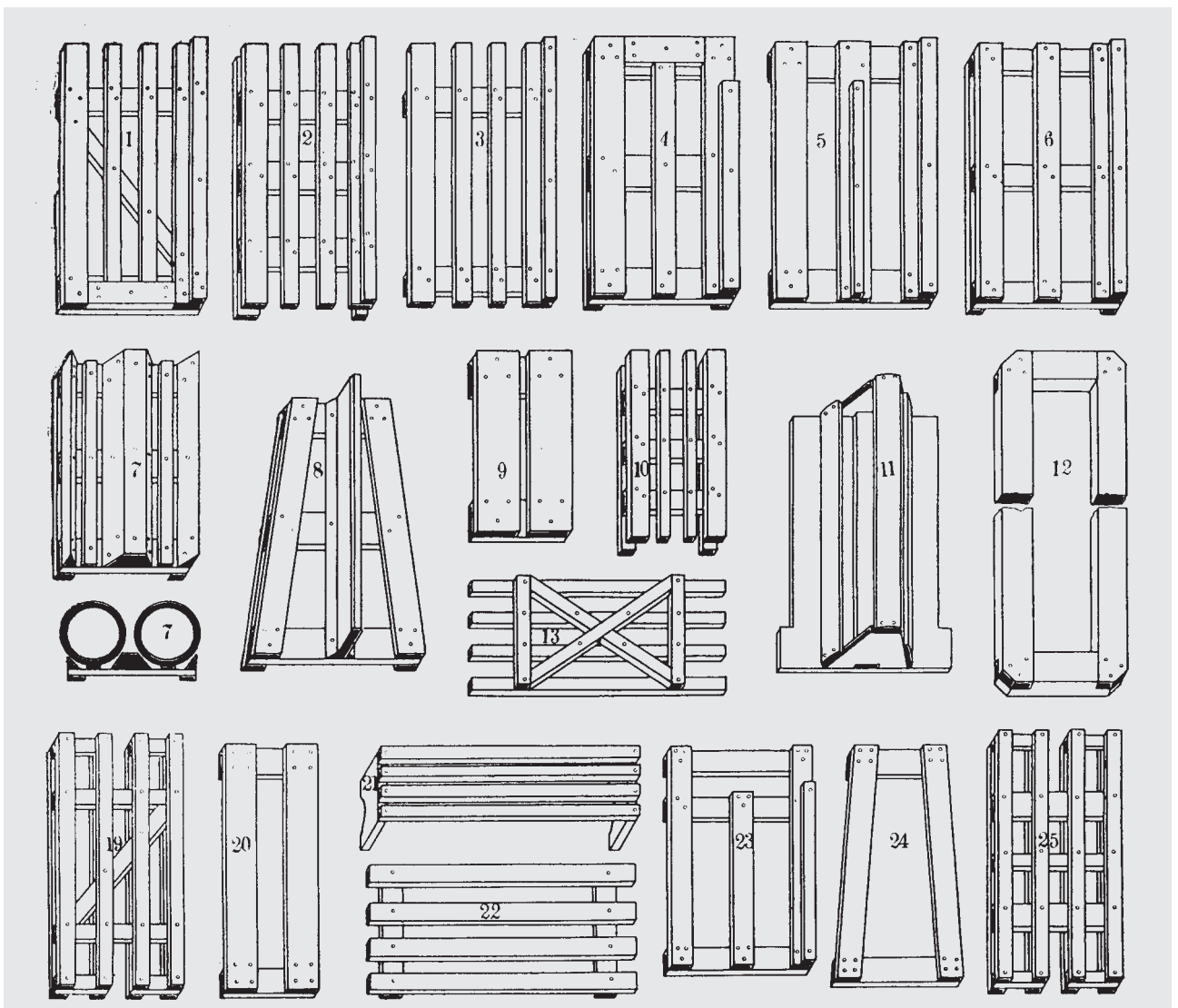


Bild 11.38. Trockenrähmchen für Dachziegelformlinge

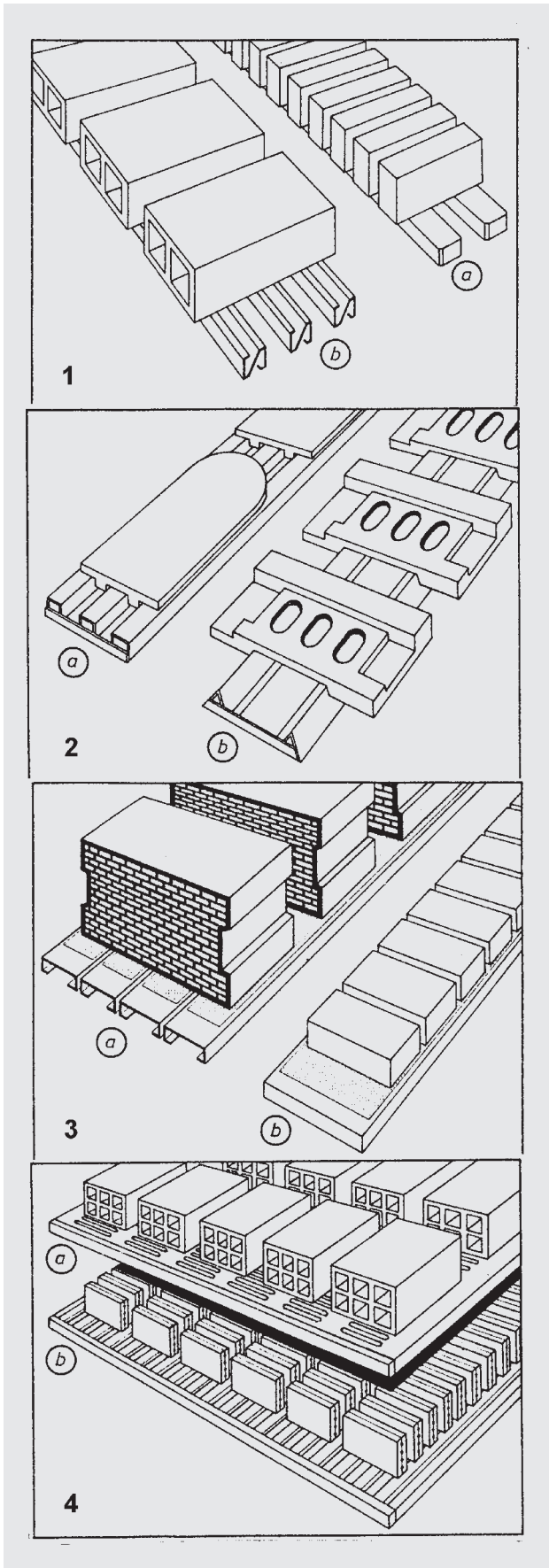


Bild 11.39. Formlingsträgersysteme um 1980, von oben nach unten: 1. a. Holzlatten mit Vollziegel-Belegung, b. Stahllatten mit Langlochziegelbelegung, 2. a. Tragrahmen mit direkter Biberbelegung, b. Tragrahmen mit Rähmchen für Falzziegel, 3. Schmalpaletten, a. Palettengruppe mit großformatigen Hochziegeln, b. Einzelpalette, belegt mit Maschinenstrichziegeln, 4. Großpaletten, a. mit Schlitzlochung, b. mit Tragstäben

vor das Blatt im Ofen nicht mehr von Hand berührt werden mußten. In Verbindung mit der Strangpresse trat dieses Transportsystem in der Folge einen Siegeszug durch die Ziegelindustrien der ganzen Welt an. Auch die Entwicklung der Trockentechnik für Kammer- und Tunneltrockner richtete sich nach dieser Absetzwagentechnik aus (Bilder 11.40.-11.45.).

Das Jahr 1928 brachte mit dem Typ Westfalia eine Weiterentwicklung des Vollautomaten, der nun auch die Verwendung loser Latten als Formlings-träger ermöglichte, was den Betrieb sehr verbilligte (Bilder 11.46.+11.47.).

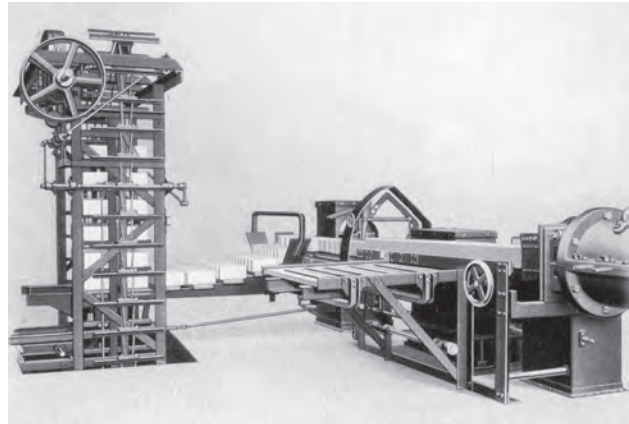


Bild 11.40. Keller-Transportsystem I, Vollautomat Hörstel, 1910

Bilder 11.43. Handschiebebühnen

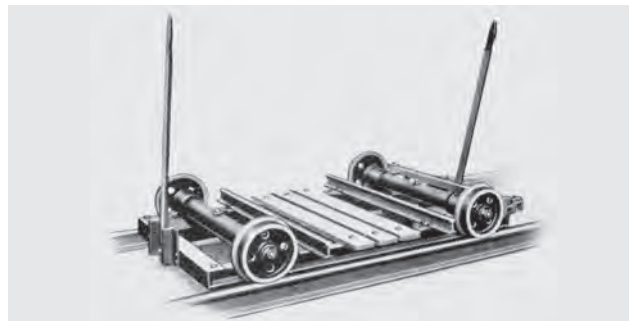


Bild 11.43a. Handschiebebühne für Absetzwagen, für eingleisigen Betrieb

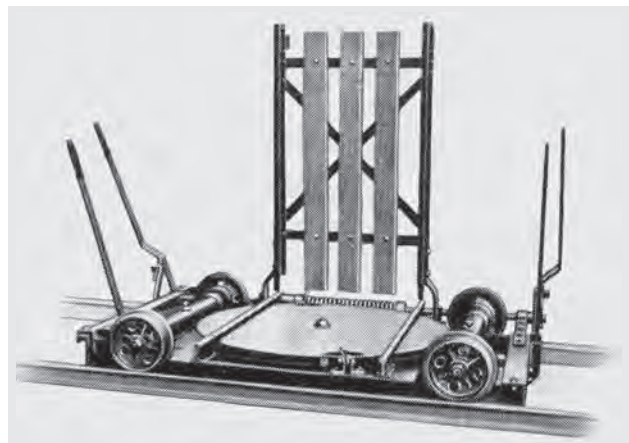


Bild 11.43b. Handschiebebühne für Absetzwagen mit Brücke für zweigleisigen Betrieb

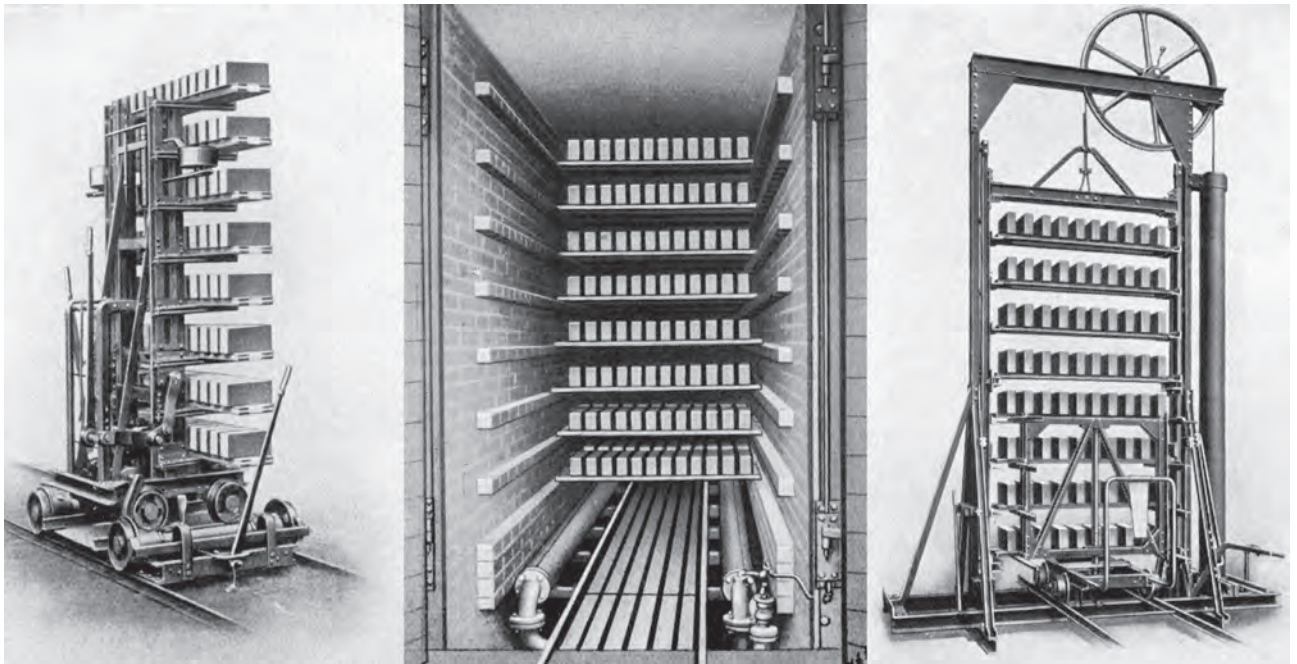


Bild 11.41. Keller-Transportsystem II, ab 1910 fortlaufend ausgebaut. Links: Der Absetzwagen hebt 100-200 Formlinge gleichzeitig aus dem Elevator und wird mit der Handschiebebühne zur Trockenerei gefahren. Mitte: In der Trockenkammer wird die Ladung auf den Kragarmen an den Seitenwänden abgesetzt und nach der Trocknung wieder aufgenommen. Rechts: Die getrockneten Formlinge werden in einem Umlader abgesetzt.

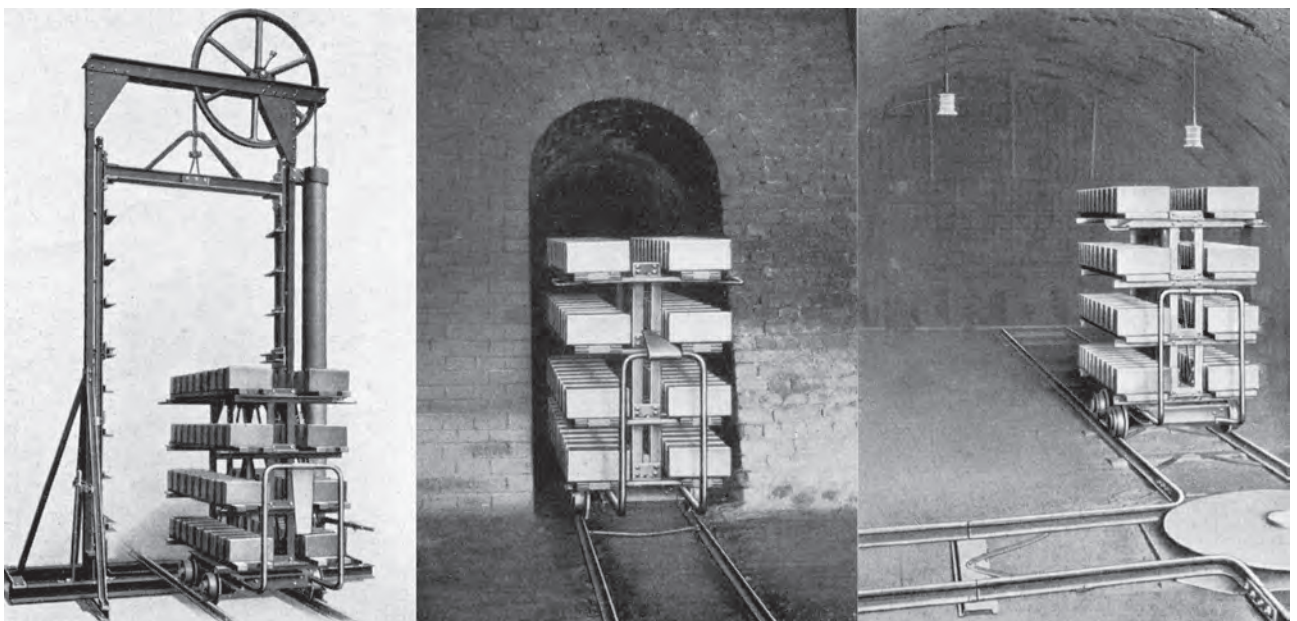


Bild 11.42. Keller-Transportsystem II. Links: Mit dem Umlader wird die für die Ofentüre zu hohe Ladung des Absetzwagen geteilt und auf einen Karussellwagen übertragen. Mitte: Der Karussellwagen ist so schmal und niedrig, daß er die Ofentüre bequem durchfahren kann. Rechts: In der Ofenkammer wird der Karussellwagen bis vor das Setzblatt gefahren und kann dort durch sein Drehgestell sehr bequem entladen werden. Die schienengebundenen Karussellwagen wurden später durch gummibereifte Wagen ersetzt.



Bild 11.44. Zweigleisiger Trocknergang mit Handschiebebühnen

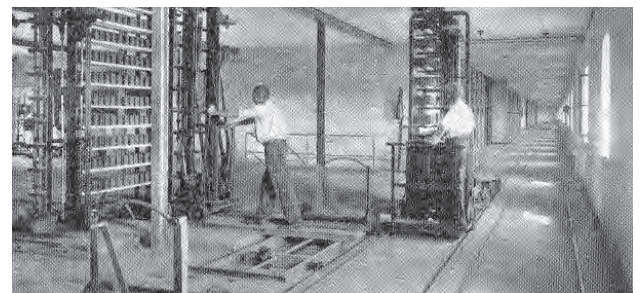


Bild 11.45. Trocknergang mit handbetätigten Absetzwagen und Elektrofahrbühne

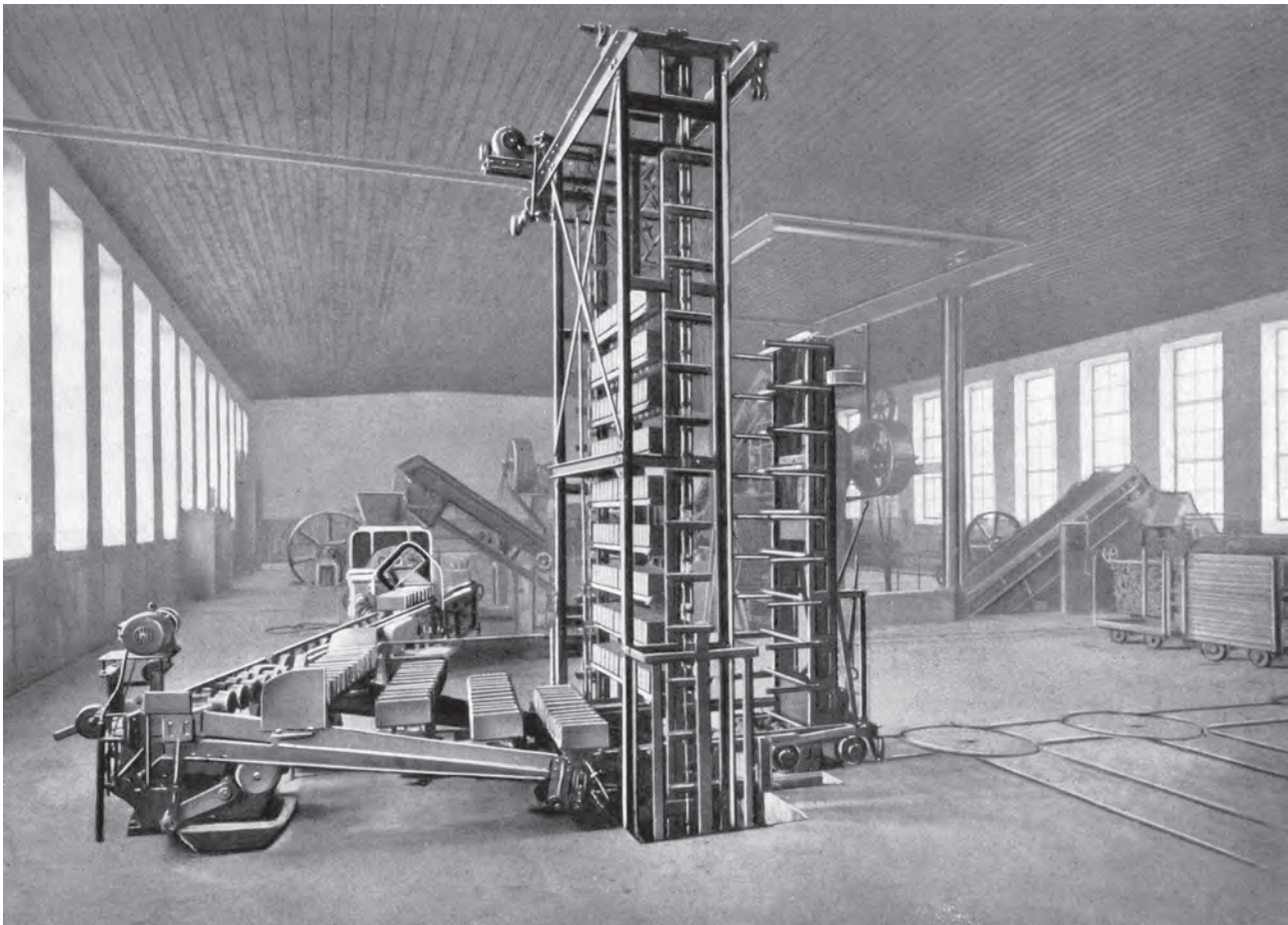


Bild 11.46. Keller-Vollautomatik Westfalia, 1928

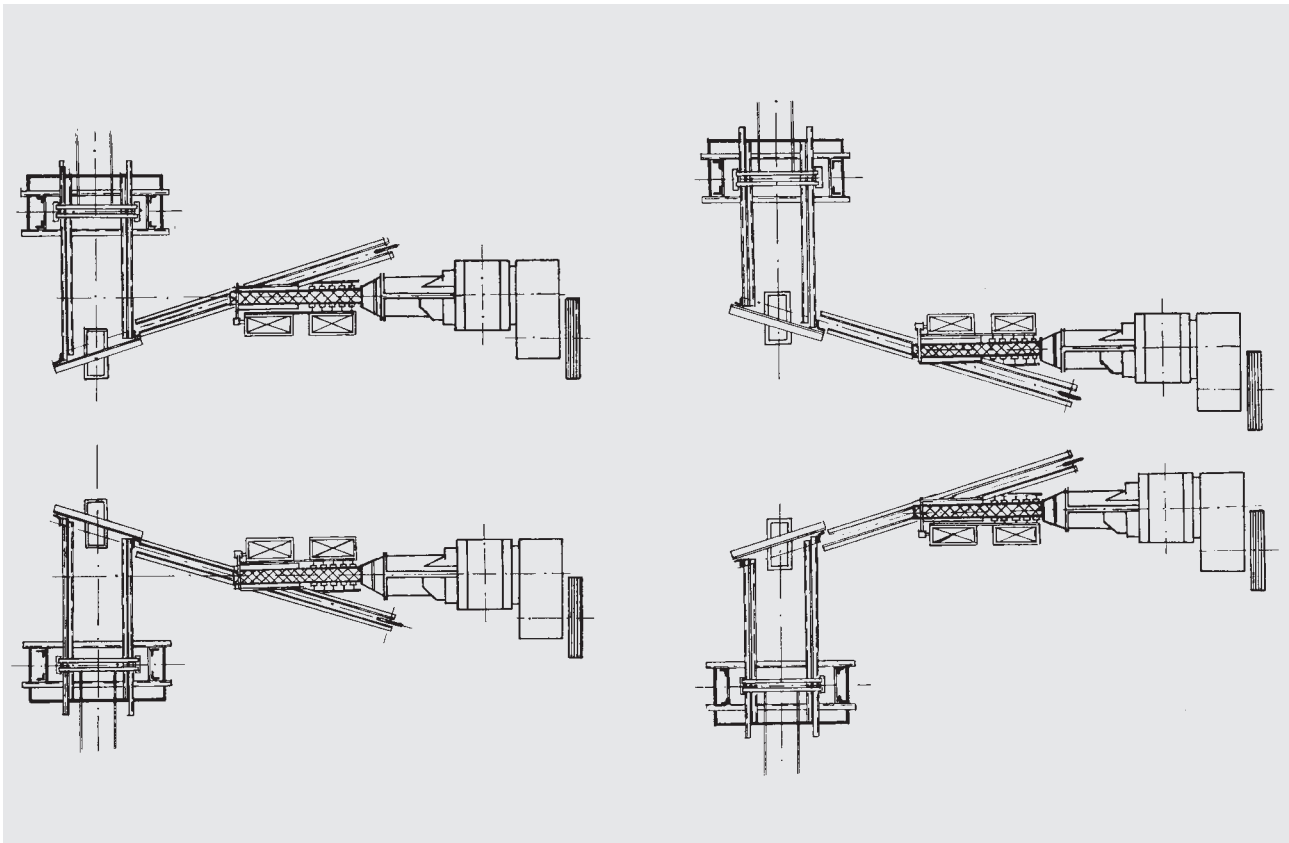


Bild 11.47. Strangpresse mit Vollautomat Westfalia, Lattenlader und Elevator in vier verschiedenen Anordnungen zur Anpassung an die jeweils vorhandenen Betriebsverhältnisse

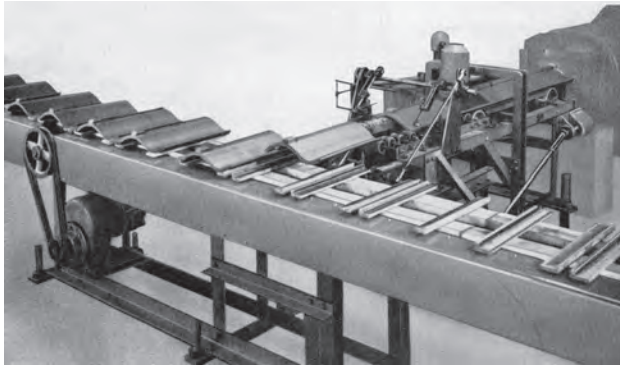


Bild 11.48. Keller-Vollautomatik für Strangdachziegel mit geschlossenem Kreislauf. Anlage in Betrieb in einem Dachziegelwerk um 1965. Siehe auch Bild 8.128. mit der Grundrißdarstellung der Anlage, bestehend aus Rundbeschicker, Strangpresse, Abscheider, Rollenbahn, Elevator und Niederlaß, jeweils mit Querförderer

Für Strangdachziegel wurde 1948 von Lingl eine automatische Absetzvorrichtung entwickelt, während Keller 1953 seinen ersten Strangdachziegel-Vollautomaten zur Herstellung von Bibern und Strangpfannen auf den Markt brachte (Bild 11.48.).

Der Kammertrockner, der wegen seiner verfahrenstechnischen Vorteile bis heute seine Bedeutung beibehält, wurde ab 1957 automatisiert. Den Anfang bildete der Absetzwagen mit elektrischem Antrieb, den Keller auf den Markt brachte. Die automatische Beschickung der Kammertrocknerei wurde dann 1975 von Lingl mit einer vollautomatischen Fahrbühnen-/Absetzwagen-Kombination realisiert (Bilder 11.49.+11.50). Zunächst waren die Trocken-

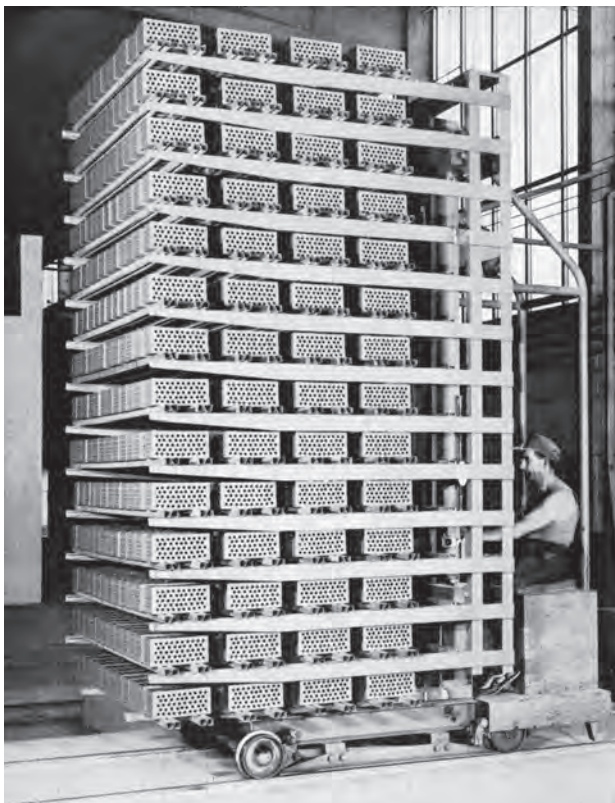


Bild 11.49. Absetzwagen mit Elektroantrieb

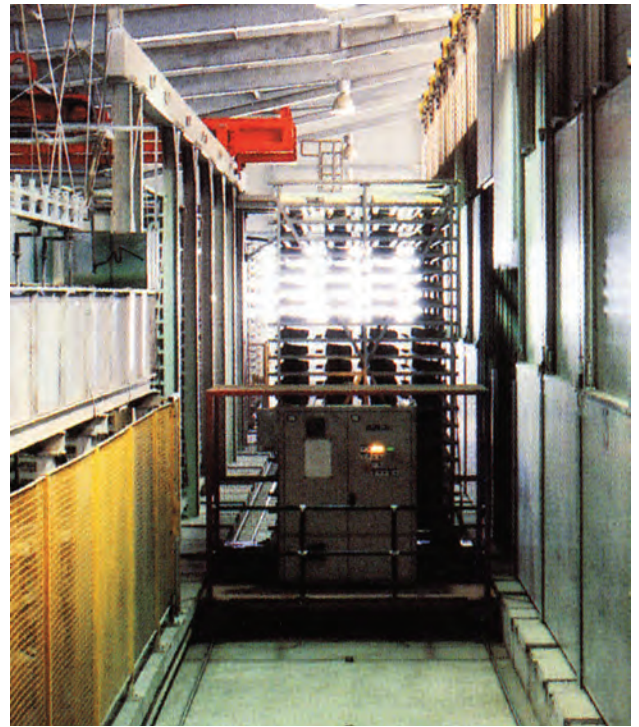


Bild 11.50. Vollautomatischer Absetzwagen vor Kammertrockner

und Naßseite, d.h. die Entladung der getrockneten Formlinge mit anschließender Neubelegung der Traglatten und Rähmchen (bei Dachziegeln) mit frischen Formlingen, als Kreislauf synchron geschaltet. Eine Störung auf der Naßseite legte gleichzeitig auch die Trockenseite still und umgekehrt. Um dies zu vermeiden, wurden ab den 1970er Jahren die Lattenspeicher als Puffer dazwischengeschaltet (Bild 11.51.).

1954 läutete Lingl die Renaissance des Durchlauf-trockners ein, für den er 1957 ein automatisches Be- und Entladesystem, den als Doppelrechenwagen konzipierten Durchlauf-trocknerwagen, entwickelte. 1957 baute Lingl das erste Ziegelwerk mit komplettem Fließbetrieb in der Kombination Durchlauf-trockner und Tunnel-trockner und legte damit den Grundstein für eine Anlagentechnik, die sich weltweit durchsetzte. Neue Trocknerwagen kamen in den 1970er Jahren mit den sog. Kastenwagen auf, die der Aufnahme von Großpaletten dienen (Bilder 11.52.-11.56.).

Mit dem Aufkommen des Tunnelofens mußte sich auch die Transporttechnik entsprechend anpassen und eine Setztechnik für die Ofenwagen entwickelt werden. Zunächst erfolgte das Setzen der Formlinge auf die Tunnelofenwagen noch von Hand. Eine erste automatische Trenn- und Zuführungseinrichtung für Mauerziegel und Latten mit Transportplattenkette zur Ofenwagensetzstelle führte Keller 1962 ein (Bilder 11.57.-11.59.). In Boom/Belgien hatte der belgische Erfinder MacAleavy bereits 1951 eine automatische Anlage gebaut, bestehend aus einem Etagen-Durchlauf-trockner mit automatischer Beschickung und Leerung, einem Tunnelofen und der ersten Setzmaschine für die Ofenwagenbeladung.

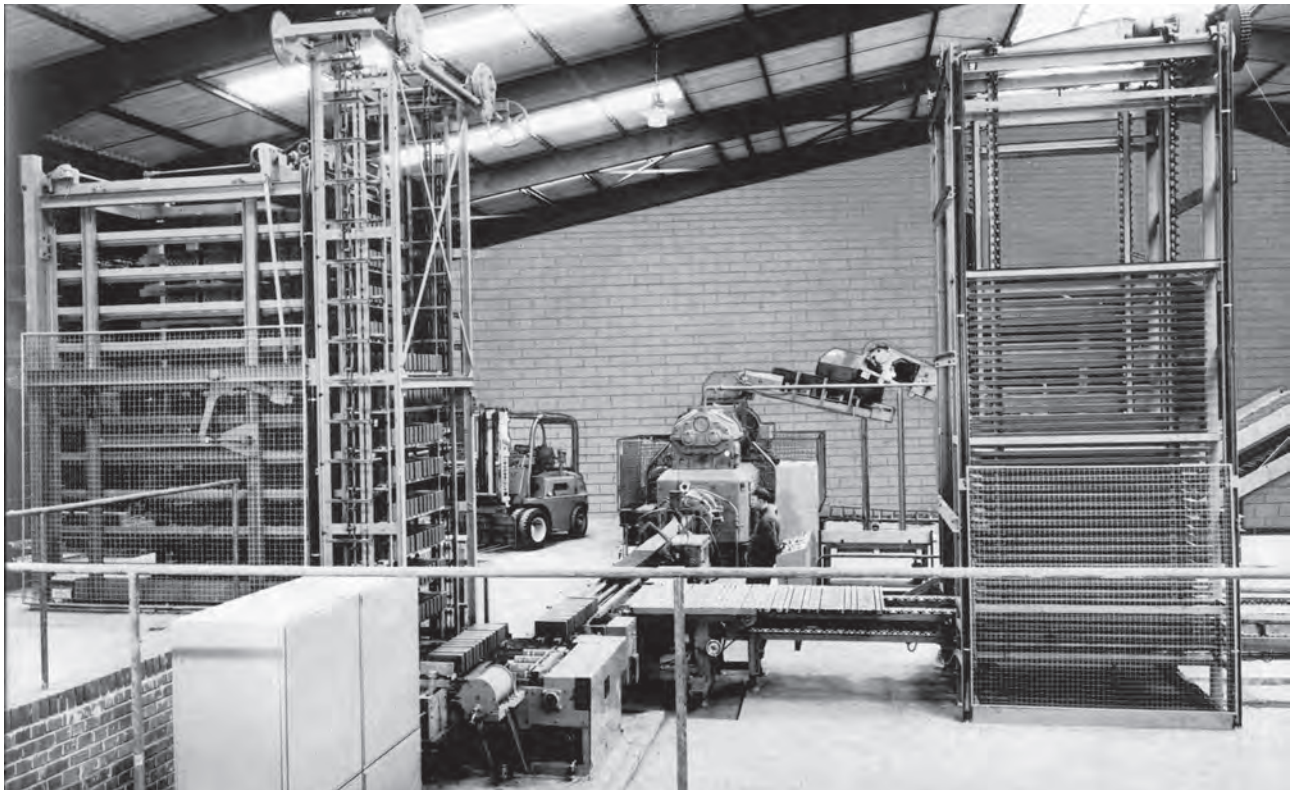


Bild 11.51. Lattensammler (rechts im Bild) als Puffer zwischen Naß- und Trockenseite

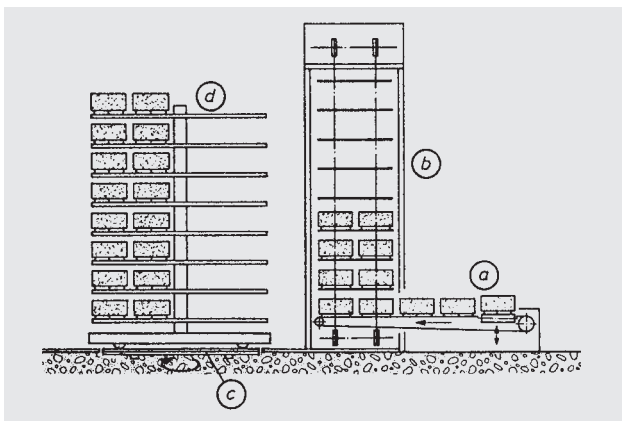


Bild 11.52. Schema des vollautomatischen Doppelrechen- oder Tragarmwagens: Über den Querförderer (a) gelangen die Formlinge in den Elevator (b). Der Tragarmwagen (d) fährt in den Elevator ein und übernimmt dessen Ladung, fährt zurück, wird von der Drehscheibe (c) um 180° gedreht und fährt zur Beladung der anderen Wagenhälfte in den zwischenzeitlich wieder gefüllten Elevator ein

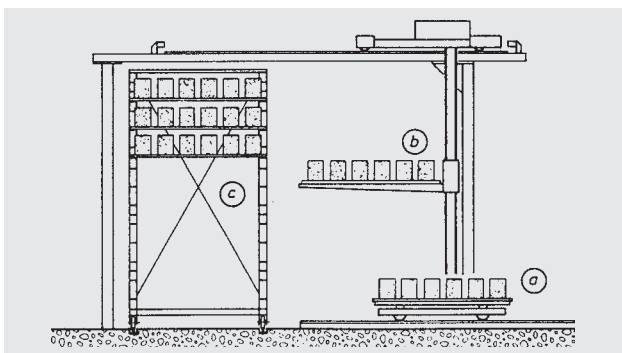


Bild 11.53. Schema eines Kastenwagens (c) mit etagenweiser Beladung durch eine Beladeeinrichtung (a, b)

Für alle diesem Werk zugrundeliegenden Patente erwarb Zehner in Wiesbaden eine Generallizenz und vergab für die Setzmaschine eine Unterlizenz an die Firma Recknagel/Mellrichstadt. Die erstmals 1964 in Betrieb genommene Recknagel-Setzmaschine zeichnete sich besonders durch ihre einfache Konstruktion aus.



Bild 11.54. Beladen eines Kastenwagens mit Großpaletten



Bild 11.55. Beladener Kastenwagen vor der Trockenkammer



Bild 11.57. Handsetzstelle mit Rohlingszuführung über eine Transportplattenkette, um 1960

Lingl nahm 1963 bei der Firma Swenden in Rumst/ Belgien seinen ersten schützengesteuerten Setzautomaten für Mauerziegel in Betrieb, Keller folgte 1964. Aus den relativ einfachen Setzmaschinen wurden im Laufe der Zeit komplexe, computergesteuerte Setzsysteme, die für jedes denkbare Format und Setzsystem programmiert werden können (Bilder 11.60.-11.62.).



Bild 11.56. Einschleiben eines Kastenwagens in die Trockenkammer durch eine automatische Fahrbühne

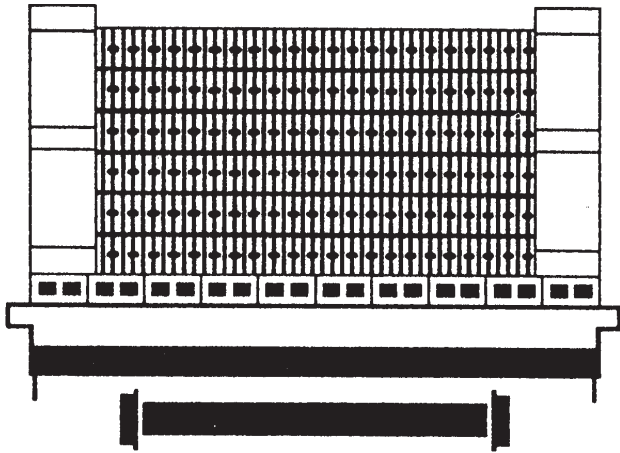


Bild 11.58. Tunnelofenwagen mit Dachziegelbesatz zwischen Rungen oder Mauerziegelpaketen

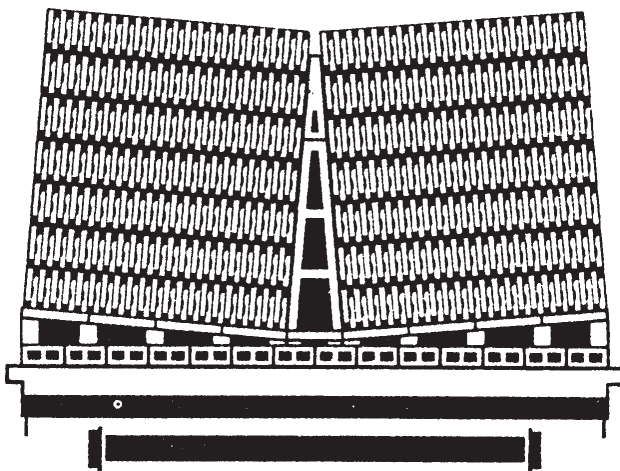


Bild 11.59. Tunnelofenwagen mit Dachziegelbesatz als sog. A-Besatz, schräg gegen eine Mittelstütze geneigt

Ab den 1970er Jahren kamen die entsprechenden Entlademaschinen hinzu (Bilder 11.63.+11.64.).

Der Dachziegel entzog sich am längsten einer Vollautomatisierung. Diese wurde erst möglich mit der Einführung der U-Kassette im Jahre 1975. Zunächst wurden die Kassetten noch handbeschickt und dann vollautomatisch mittels Setz- und Entlademaschinen gesetzt und entstapelt. In einem 1978 vom Ingenieurbüro Herbert Thater konstruierten Flachdachziegelwerk wurden die Flachdachziegel erstmals automatisch in Kassetten gesetzt, gebrannt, danach automatisch entnommen, zu transportfähigen Einheiten gestapelt, unreift und dann auf Paletten mit Schrumpffolie verpackt (Bilder 11.65.-11.67.).

Ab 1985 begann der Einsatz von Setzrobotern und Robotern für Handlings- und Palletieraufgaben. 1993 realisierte Lingl erstmals ein durchgehend automatisiertes Handling von Dachziegelzubehör mit Robotern (Bilder 11.68.+11.69.).

Bei dem 1998 in Görlitz gebauten Formdachziegelwerk II der F.v.Müller Dachziegelwerke wurde erstmals ein lasergesteuertes, fahrerloses Transport-

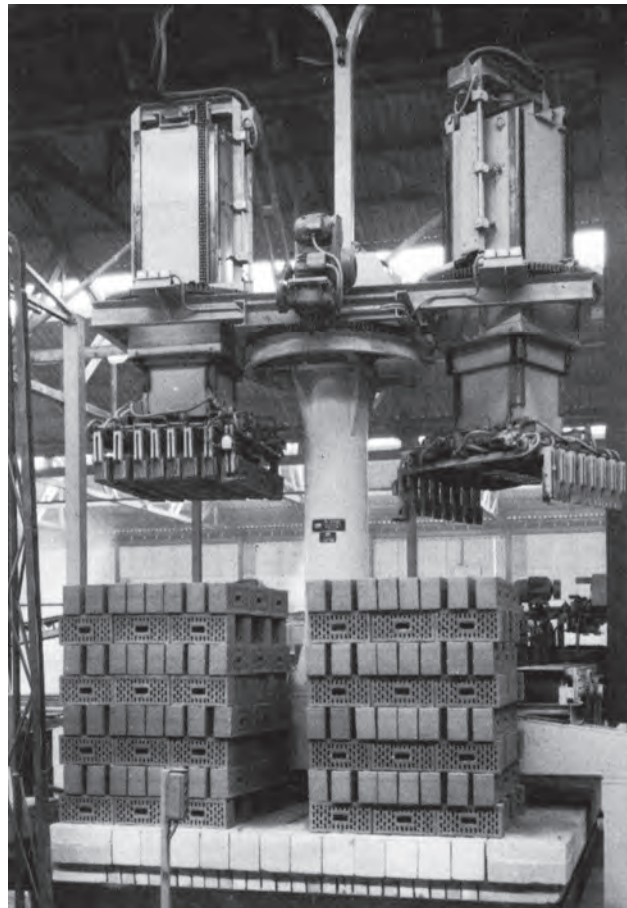


Bild 11.60. Erster Setzautomat von Lingl, 1963

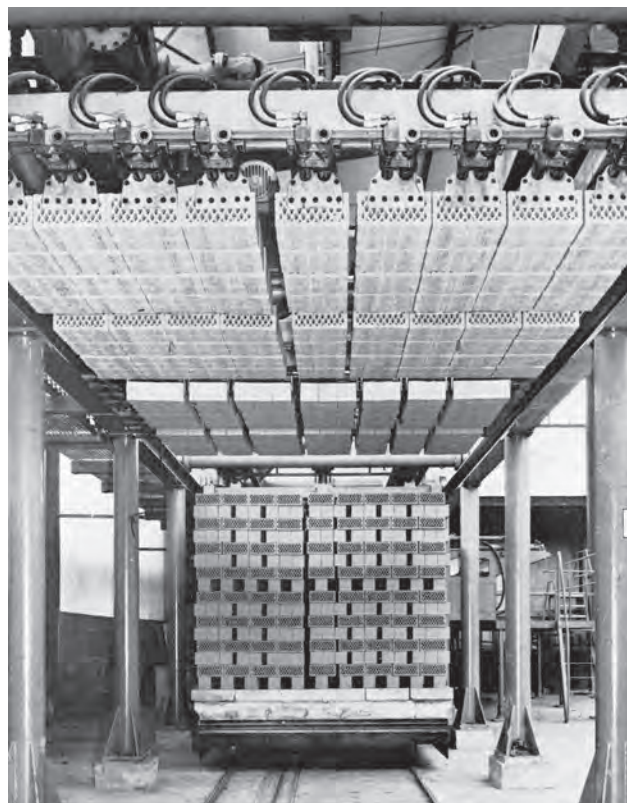


Bild 11.61. Automatisches Setzen durch Greiferplatten über das gesamte Tunnelofenwagen-Plateau, 1969

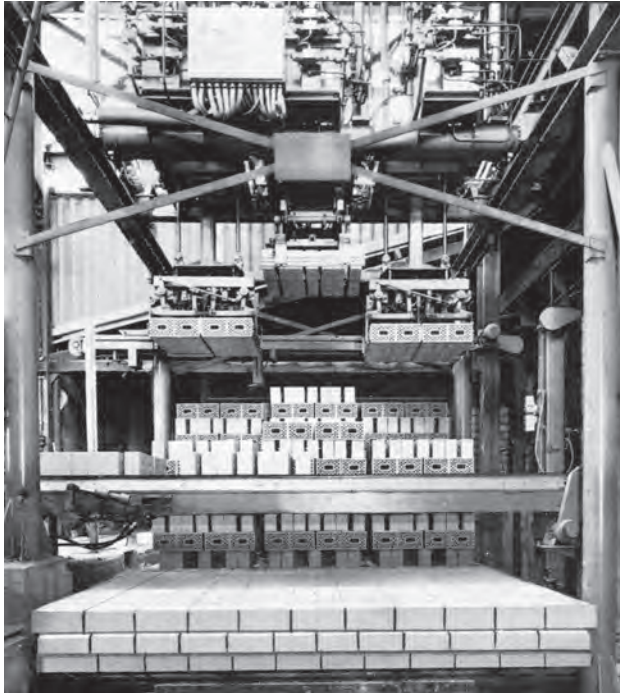


Bild 11.62. Automatischen Setzen durch drehbare Greifer in sechs Einzelpaketen pro Ofenwagenplateau, 1969



Bild 11.64. Entlademaschine, die mit Spezialgreifern in einem Hub sechs Formlingstürmchen vom Ofenwagen abnimmt und wechselweise auf zwei Gurtförderer absetzt



Bild 11.65. Manuelles Beladen von Kassetten mit Biberschwanzziegeln



Bild 11.63. Entlademaschine in einem Weichsteinziegelwerk



Bild 11.66. Automatisches Setzen der Dachziegel in die Kassetten

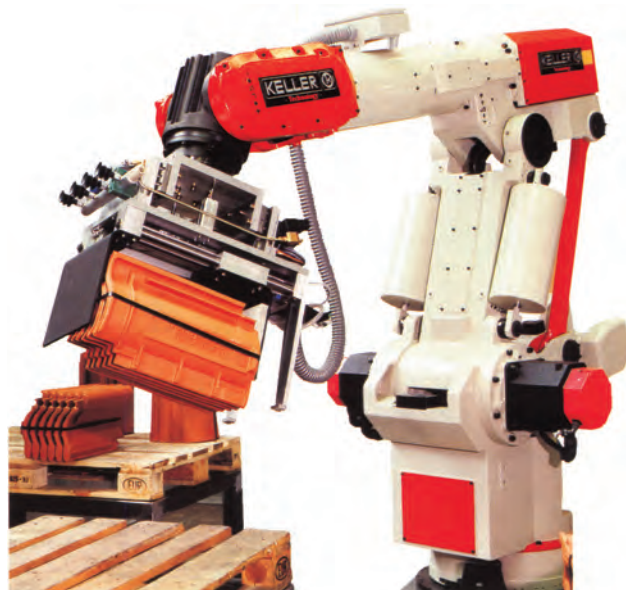


Bild 11.69. Stapeln von Versandpaletten mit Roboter



Bild 11.67. Automatische Kassettenentladung

system (FTS) eingesetzt, das im Gegensatz zu fest installierten Anlagen eine problemlose Änderung und Erweiterung von Funktionen und Fahrwegen ermöglicht. Es dient zum vollautomatischen Transport von Formlingen, Rohlingen und gebrannten Ziegeln auf Großpaletten, die in Speicherboxen gestapelt sind, von und zu den einzelnen Anlagensystemen wie Setzmaschine, Trockner, Ofenzu- und -abführung sowie Entlademaschine. Das Transportsystem FTS orientiert sich lasernavigiert über an den Wänden montierte Reflektoren. Transportaufträge werden in einen übergeordneten Leitreechner eingegeben, der über Datenfunk mit dem Transportsystem kommuniziert (Bild 11.70.).



Bild 11.68. Setz- und Entladeroboter



Bild 11.70. Lasergesteuertes fahrerloses Transportsystem für Speicherboxen, 1998

11.1.3. Ofenwagentransport

Bei den ersten Tunnelöfen löste man das Problem des Transports der Ofenwagen durch einen geneigten Brennkanaal, auf dem sich die Ofenwagen allein durch die Schwerkraft in Bewegung setzten, wenn am unteren Ende ein Wagen abgezogen wurde. Schon bald benutzte man ortsfest eingebaute Einstoßwinden und Einschubmaschinen mit Hydraulikzylindern, zunächst für periodischen, später auch für kontinuierlichen Betrieb (Bilder 11.71.+11.72). Bei den ersten Ziegeltunnelöfen nach 1945 wurden zum Teil auch von Hand bediente sog. Ofenwagenbugsierer mit Verbrennungsmotor zum Ein- und Ausschleiben der Ofenwagen benutzt (Bild 11.73).

1956 wurde der erste Vollert-Seilzug mit Schubwagen für den Tunnelofenwagentransport eingesetzt. 1966 führte Häßler ein Ofenwagenrangiersystem mit Schiebebühne und darauf mitfahrender Rangierlaufkatze ein. Die Schiebebühne nimmt einen Ofenwagen vom Bereitstellgleis auf, fährt ihn vor den Brennkanaaleingang und schiebt ihn anschließend in den Brennkanaal ein. Die Schiebebühne am Ofenausgang nimmt den ausgeschobenen Ofenwagen auf und fährt ihn zum Entlade- oder Reservegleis.

Der Transport der Tunnelofenwagen wurde ab den 1970er Jahren automatisiert und später mit speicherprogrammierbaren Steuerungen vollautomatisiert. Die Schiebebühnen-Schubwagen sind jetzt allgemeiner Stand der Technik. Für die unabhängig von den Schiebebühnen durchzuführenden örtlichen Bewegungen der Ofenwagen auf den Bereitstell-, Abstell- und Reservegleisen werden Seilzuganlagen mit Schubwagen eingesetzt, wobei für die Abschaltvorgänge berührunglose Endschalter eingesetzt werden (Bilder 11.74.+11.75.).

In den 1990er Jahren kommen die Wagenverfolgungssysteme auf, mit denen die gesamte Wagentransportanlage mit Ofen oder Trockner, Be- und Entladeanlage sowie den Fahrbühnen überwacht und in grafischer Form visualisiert wird. Die Wagen werden dabei mit ihrer Nummer, dem Beladezustand und der aktuellen Position innerhalb der Anlage angezeigt. Dabei können sogar Detailinformationen wie

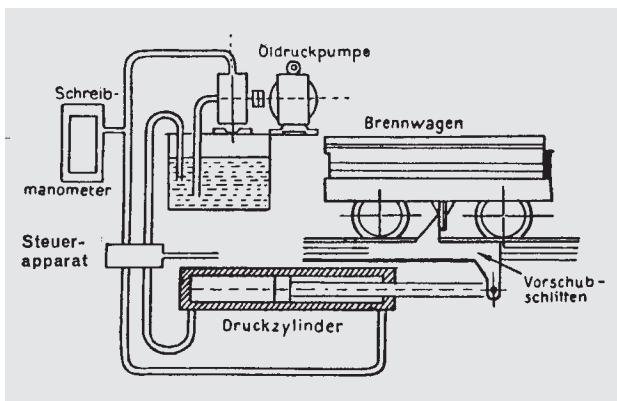


Bild 11.71. Hydraulische Einstoß- und Schubmaschine für Tunnelofenwagen

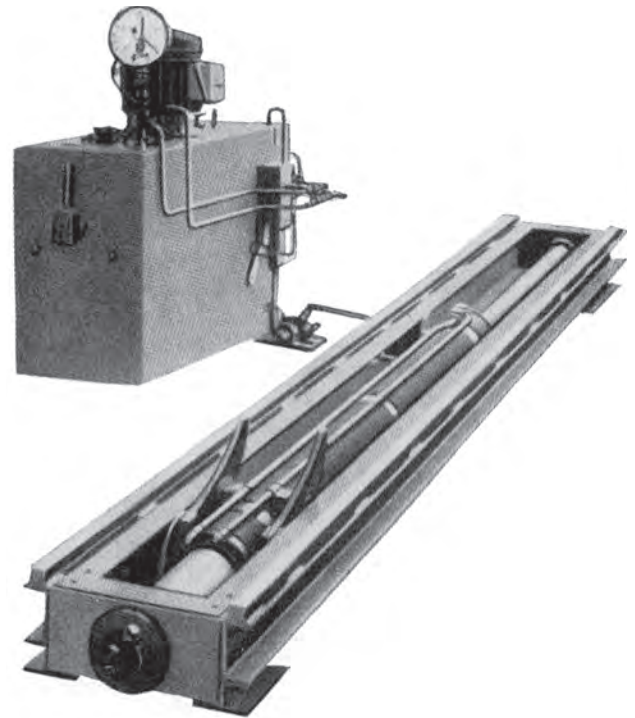


Bild 11.72. Ölhydraulische Einstoßmaschine zum Einschleiben von Tunnelofenwagen im kontinuierlichen und periodischen Betrieb, Druckkraft 1 – 30 t, 1966



Bild 11.73. Ofenwagenbugsierer zum Verschieben der Tunnelofenwagen, um 1955

Format, Modell, Gewicht, Stückzahl, Status der Ware (getrocknet, gebrannt) usw. abgerufen werden.

11.1.4. Kohletransport

Mit dem Aufkommen der Ringöfen gewann auch die Organisation des Kohletransports zum Ofen an Bedeutung. Zwar verbrauchte der kontinuierliche Ringofen wesentlich weniger als die bisherigen periodisch betriebenen Einzelöfen, dafür erhöhte sich aber die Ofenkapazität beträchtlich.

Bei einer Ofenkapazität von 3-5 Mio. Ziegelsteinen/Jahr und einem Verbrauch von ca. 150 kg Kohle/1000 Stück waren immerhin pro Jahr 450-750 Tonnen Ofenkohle zu bewegen.

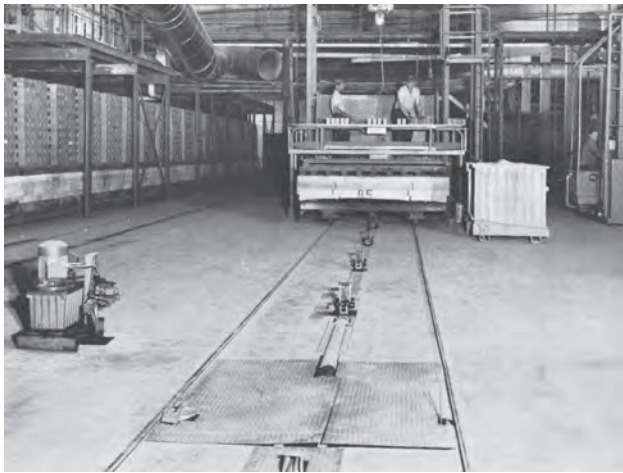


Bild 11.74. Zwischen den Gleisen installierte Seilzuganlage mit Mitnehmer zum Verschieben der Ofenwagen

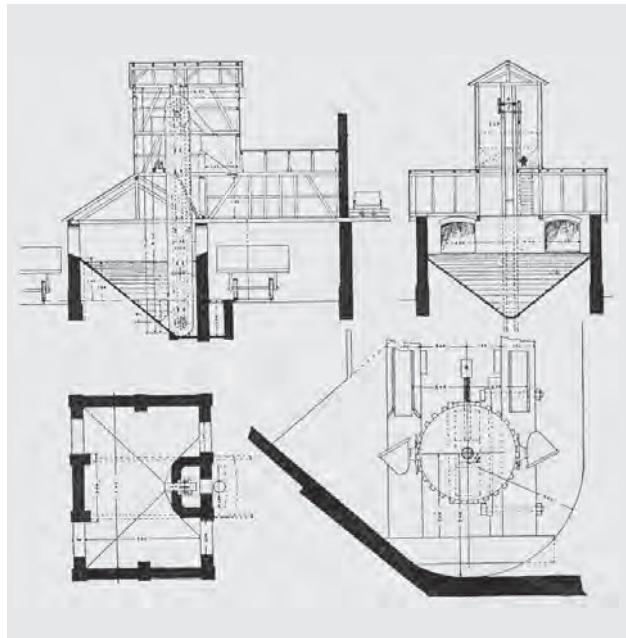


Bild 11.77. Kohlelager mit ebenerdigem Silo mit Einwurföffnungen zur direkten Handentladung der Kohlewaggons, mit Becherwerk und oberem Lagersilo, aus dem die Kohle über Schieber in Kipp- oder Hängewagen entleert wird.



Bild 11.75. Ofenwagen-Fahrbühne mit Schubvorrichtung

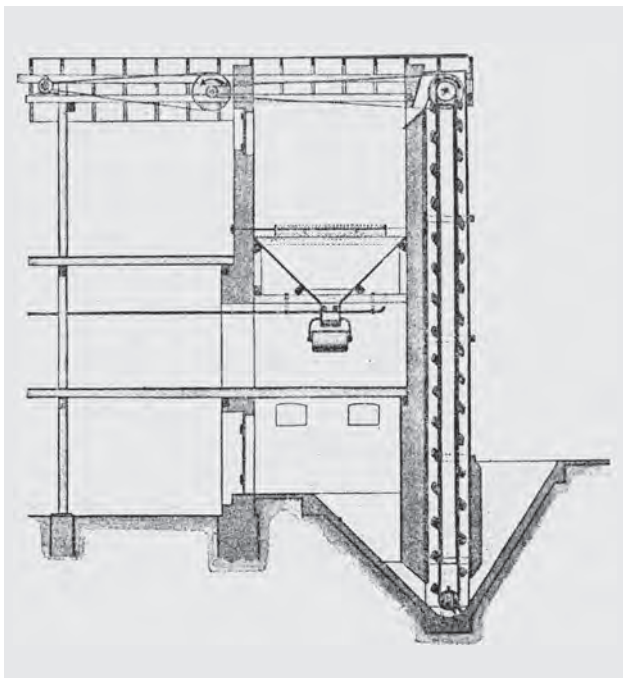


Bild 11.76. Kohlelager mit Becherwerk zur Silobefüllung und Hängewagen für den Kohletransport aus dem Silo zum Ofen, um 1900

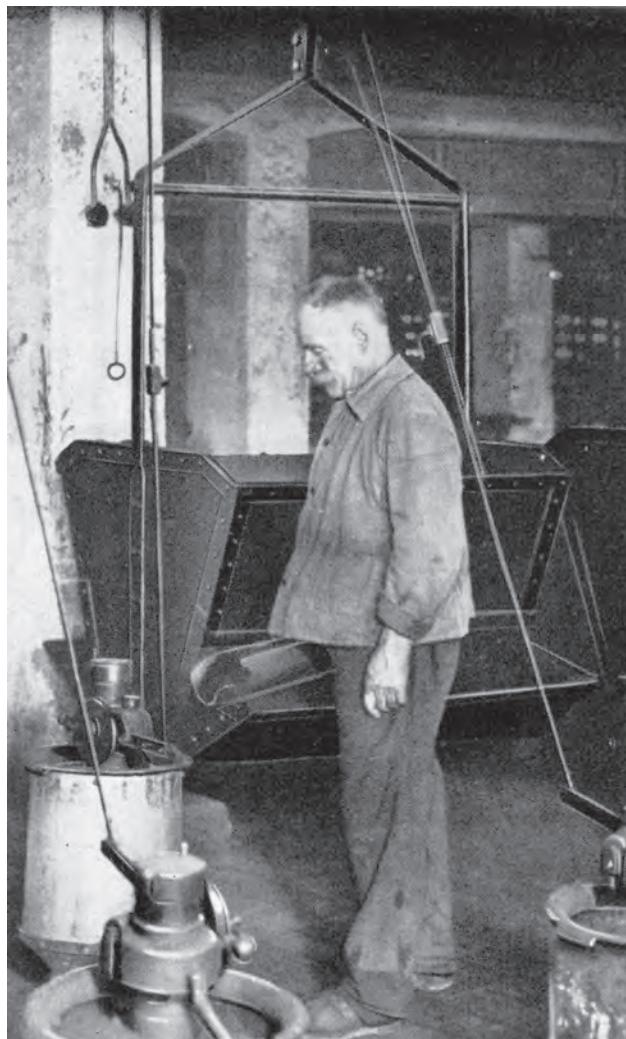


Bild 11.78. Brenner beim Befüllen der Schürapparate mit Kohle, die mit Hängewagen angeliefert wird

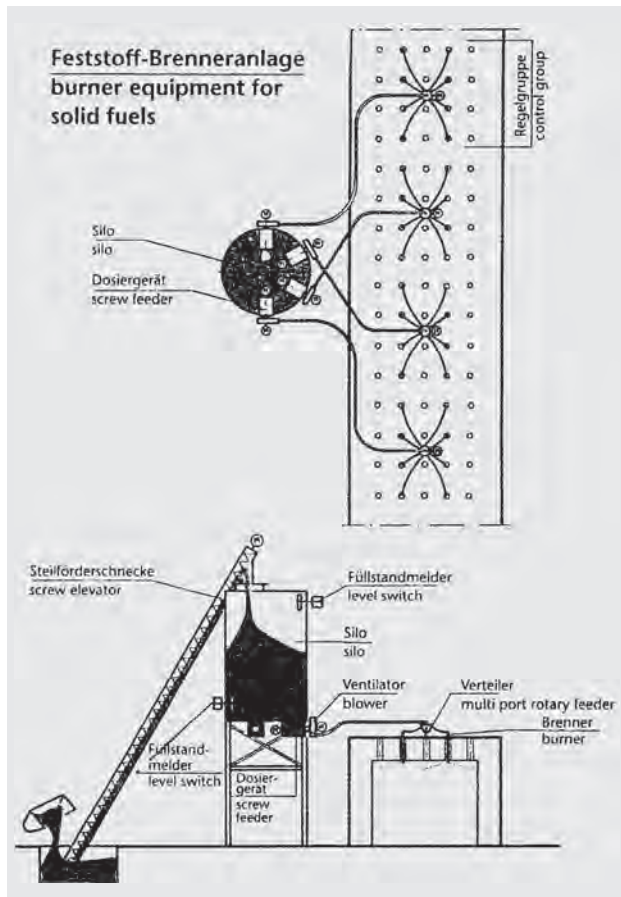


Bild 11.79. Kohlenbefeuerungsanlage eines Tunnelofens, mit Steilförderschnecke zur Befüllung des Kohlesilos und pneumatischer Förderung vom Silo zu den Brennern

Die Kohlezufuhr erfolgte meist direkt per Bahn oder mittels Fuhrwerken von der nächsten Bahnstation aus, bei den an Wasserstraßen gelegenen Ziegeleien auch per Schiff.

Das Ausladen der Kohle erfolgte von Hand. Im einfachsten Fall wurde die Kohle einfach auf Halde geworfen, von dort mit dem Schubkarren über eine Rampe direkt auf den Ofen gefahren und dort neben die Schürlöcher geschüttet.

Eine vielfach eingesetzte „Kohlen-Beschickungsanlage für Ringöfen“ bestand aus einem Becherwerk, den Kohlesilos und einer Hängebahn. Die von Hand dem Becherwerk aufgegebenen Kohle wurde in gemauerte Silos transportiert, die mit durch Schieber verschlossenen Ausläufern versehen waren. Die Kohlenhängewagen wurden vom Brenner zum Befüllen direkt unter die Silos geschoben und dann zum Ringofen gefahren (Bilder 11.76.-11.78.).

Als nach der Energiekrise 1973 der Kohlebrand eine kurze Renaissance erlebte, wurden verschiedene Kohlenfeuerungs-systeme entwickelt. Bei einem dieser Systeme gelangte die zerkleinerte und abgesiebte Kohle über Schneckenförderer in Verteilerbehälter. Mittels einer angetriebenen Dosierwalze je Brennergruppe wurde dann das genau dosierte Kohlengranulat über Rohrleitungen pneumatisch den einzelnen Brennern zugeführt. Im Jahre 2002 gab es in Deutschland noch einen Tunnelofen, der mit einem Kohlebefeuerungssystem betrieben wurde.

11.2. Vom Ofen zur Baustelle – der außerbetriebliche Ziegeltransport

Lange Zeit erfolgte der Ziegeltransport zur Baustelle mit dem Pferde- oder Ochsenfuhrwerk. Die Beladung erfolgte meist direkt ab Ofen. Die Belieferung mit dem Fuhrwerk war begrenzt durch seine Lade-fähigkeit, die bei etwa 800 Ziegeln lag, und seine Transportreichweite, die ca. 12 km für die einfache Strecke betrug. Dies war auch der Grund dafür, daß es früher in fast jedem größeren Dorf eine Ziegelei gab (Bilder 11.80.+11.81.).

Etwa ab 1870 kamen der Eisenbahntransport und ab 1925 der LKW-Transport hinzu (Bilder 11.82.+11.83.). Ziegeleien, die an Wasserstraßen lagen, benutzten



Bild 11.80. Direktes Laden der gebrannten Steine auf Pferdefuhrwerke in einem amerikanischen Feldbrandofen, um 1890

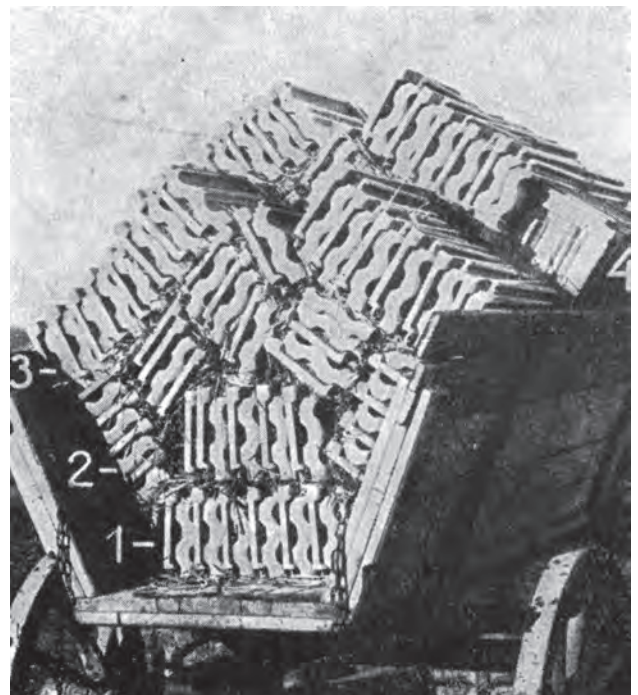


Bild 11.81. Mit Dachziegeln beladenes Pferdefuhrwerk



Bild 11.82. Beladen eines Eisenbahnwaggons mittels Schubkarren



Bild 11.83a. Ziegeltransport um 1930: Manuelles Be- und Entladen des LKW



Bild 11.83b-e. Ziegeltransport um 2000: Beladung der LKW mit dem Gabelstapler, Selbstentladung mittels Autokran,



auch Frachtkähne. Bekannt ist der Spruch „Berlin ist aus dem Kahn gebaut“, weil die um Berlin liegenden Ziegeleien meist über einen Werkschiffen verfügen und fast ihre gesamte Ziegelproduktion per Schiff versandten (Bild 11.84.). Dabei wurden die Zie-



Bild 11.84. Beladen eines Frachtkahns mit Ziegelsteinen, um 1925

gel fast ausschließlich lose gestapelt transportiert (Bild 11.85.). Nach dem 2. Weltkrieg setzte sich allmählich die zuerst von der amerikanischen Militärtechnik benutzte Palettierung durch. 1953 begann der offizielle Betrieb der von den Schweizerischen Bundesbahnen ins Leben gerufenen Standard-Palettierung mit Flachpaletten und Box-Paletten. Die Paketierung und der Versand der Ziegel auf Paletten bedeutete eine enorme Rationalisierung. In den 1950er Jahren hielt auch der Gabelstapler seinen Einzug in das Ziegelwerk, mit dem die Ziegelpakete verladen wurden (Bild 11.86.). Die um 1956 angewandten und bekannten Transportmethoden vom Ofen bis zur Baustelle sind in Bild 11.87. dargestellt.¹²⁹ Die Umreifung der Ziegelstapel mit Stahlbändern, später Kunststoffbändern, als Transportsicherung begann um 1957. Dachziegel wurden damit später auch zu Kleinpaketen umreift. Etwa ab 1967 begann



Bild 11.85. Manuelles Verladen von Biberschwanzziegeln auf einen LKW, um 1955



Bild 11.86. Gabelstapler auf dem Lagerplatz

Aufladen im Ofen	Transport im Betrieb	Lagerplatz	Aufladen zum Ferntransport	Ferntransport	Abladen und Aufstellen	Transport auf der Baustelle
					</	

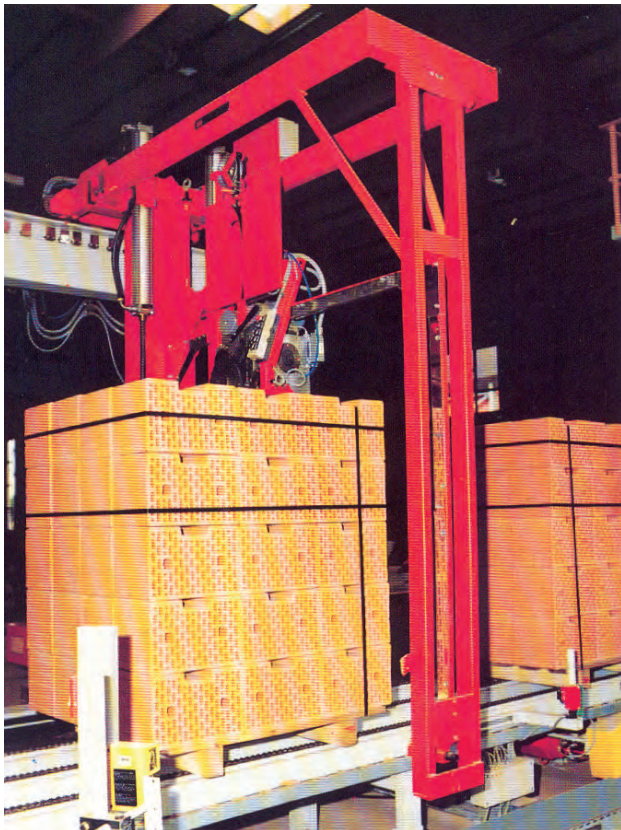


Bild 11.88. Umreifungsanlage für horizontale und vertikale Umreifung der Ziegelpakete



Bild 11.90. Schrumpffolien-Verpackungsanlage



Bild 11.89. Umreiftes Dachziegel-Kleinpaket



Bild 11.91. Lagerplatz mit schrumpffolienverpackten Ziegelstapeln

die Einführung des Folien-Schrumpfverfahrens. Die über das Ziegelpaket gezogene Kunststoff-Folie wird erhitzt, zieht sich beim Abkühlen zusammen und gibt so den Ziegelpaketen festen Halt. Hinzu kommt die Regendichtigkeit. Seit den 1990er Jahren arbeitet man auch mit einer extrem dehnfähigen Stretchfolie,

die hohe Spannkraft ausüben kann. Die Ziegelpakete werden dadurch stärker fixiert bei einem um etwa 30% geringeren Folienbedarf (Bilder 11.88.-11.91.).

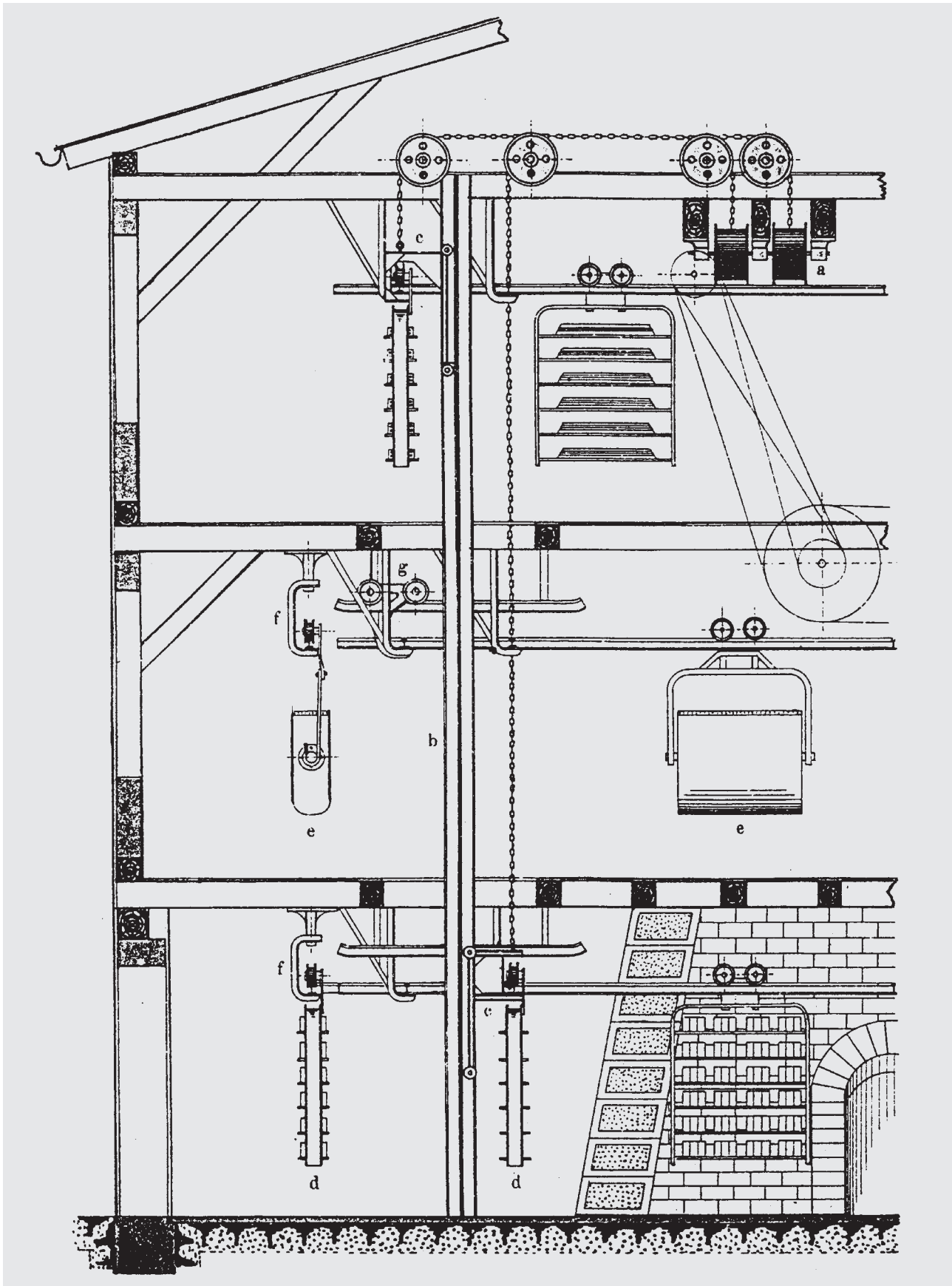


Bild 11.92. Hängebahnanlage zum Transport von Formlingen, Rohlingen und Ofenkohle, um 1904

- a. Antriebswinde
- b. Führungs- und Unterstützungsträger
- c. Halterung der Transportschaukeln und Hängekipploren
- d. Transportschaukel für Dachziegel und Mauerziegel
- e. Hängekipplore für Ofenkohle
- f. Drehscheibe
- g. Transportschlitten

12. Kraftanlagen – von der Muskelkraft zur Kraft-Wärme-Kopplung

Bis einschließlich des ganzen 19. Jahrhunderts blieb bei der Ziegelherstellung die Muskelkraft von Mensch und Tier von großer Bedeutung. Zum Antrieb der ersten Maschinen, wie Radbahnen, Tonschneider, Streichmaschinen und Walzwerke, wurde die Zugkraft von Tieren über Göpel ausgenutzt (Bild 12.1.). So wurden z.B. die ersten Walzwerke zum Teil manuell über ein Handrad (Bild 12.2.), über Pferdegöpel (Bild 12.3.) oder sogar mittels eines hölzernen Tretrads (4m Ø x 0,8m Breite), das durch einen kräftigen Esel bewegt wurde, betrieben.

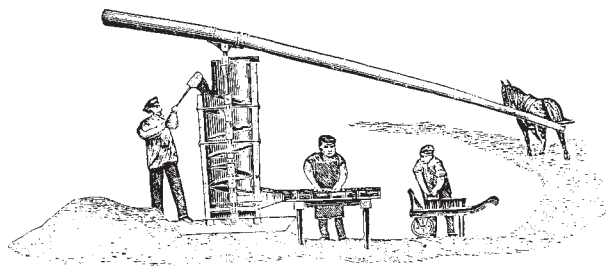


Bild 12.1. Stehender Tonschneider mit Tierbetrieb über Zugbaum

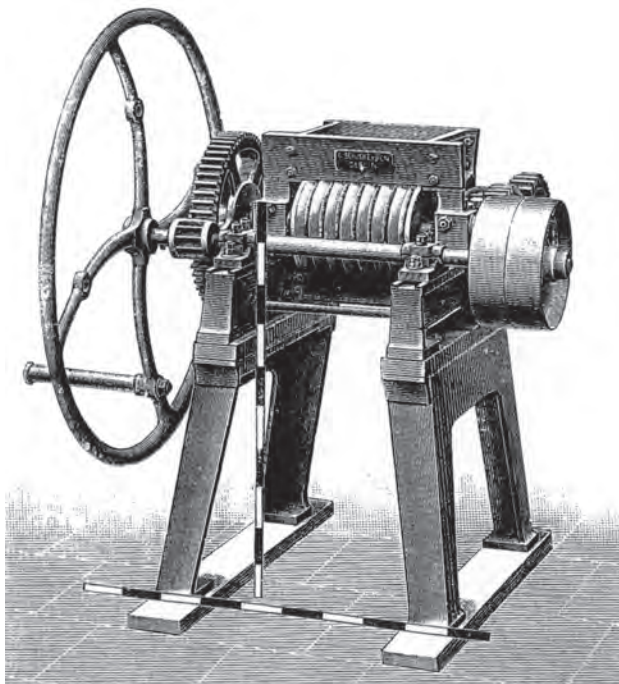


Bild 12.2. Von Hand betriebenes Walzwerk



Bild 12.3. Über Pferdegöpel betriebenes Walzwerk

Schon früh wurden auch Wasserräder eingesetzt (Bilder 12.4.+12.5.). Mit Windmotoren wurden vor allem Pumpen zur Wasserversorgung und insbesondere zur Entwässerung der Tongruben angetrieben (Bild 12.6.).

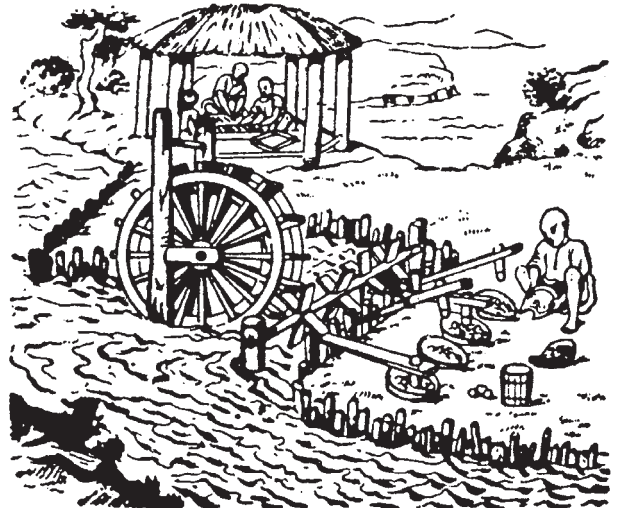


Bild 12.4. Wasserrad zum Antrieb eines Pochwerks zur Zerkleinerung von Kaolin, China, um 1700

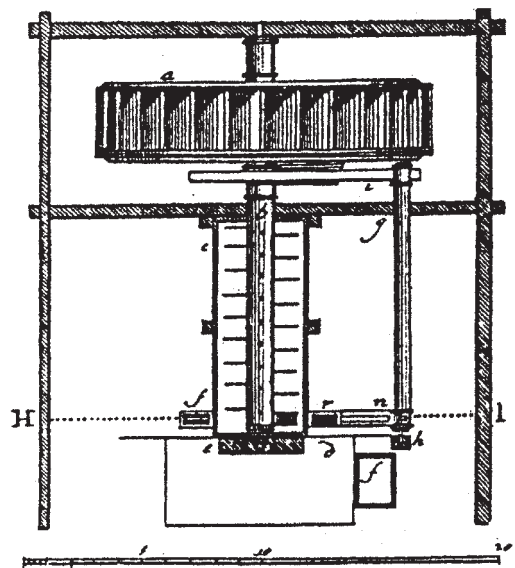
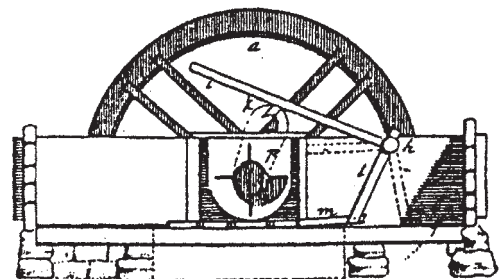


Bild 12.5. Wasserrad zum Antrieb eines direkt angekuppelten Tonnischers

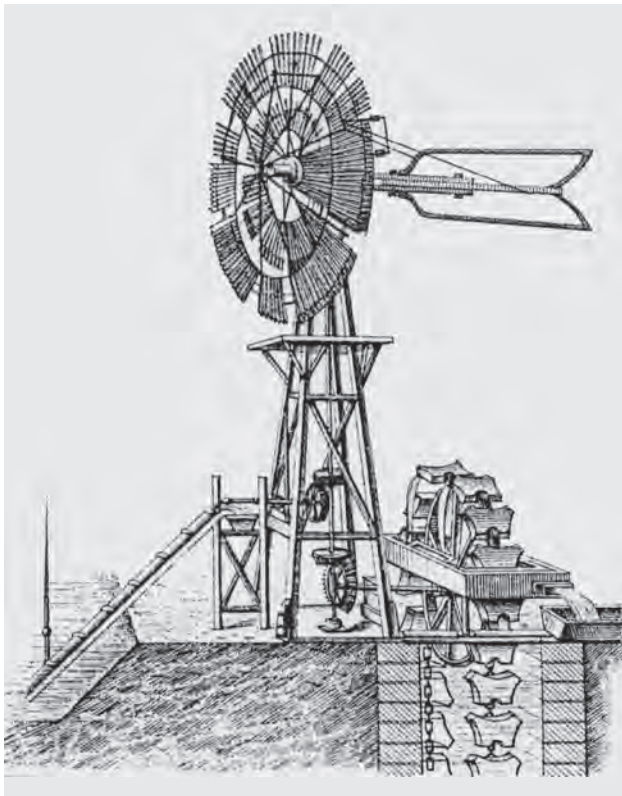


Bild 12.6. Windmotor mit Schnecke und Becherwerk

Die technische Nutzbarmachung der Dampfmaschine war eines der entscheidenden Ereignisse, die den Übergang von der handwerklichen zur industriellen Ziegelfertigung ermöglichten (Bild 12.7.). Als eine der ersten Ziegeleien benutzte die Ziegelei Lindenu bei Leipzig 1843 eine 8-PS-Dampfmaschine für die Lehmaufbereitung. Die erste mit Dampfkraft betriebene Schneckenpresse wurde von C. Schlickens in Berlin gefertigt und 1858 an das Dachziegelwerk C. Schneider in Roßlau a. d. Elbe geliefert (Bild 12.8.).

Zwar gab es zunächst noch viele Handstrichziegeleien, aber ab 1885 dürfte die „Maschinenziegelei“ oder „Dampfziegelei“ mit einer Dampfmaschine als Krafterzeuger überwogen haben. Die Dampfmaschine wurde in der Folge zum Hauptkrafterzeuger in der Ziegelindustrie und blieb dies bis zur ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts (Bild 12.9.-12.11.).

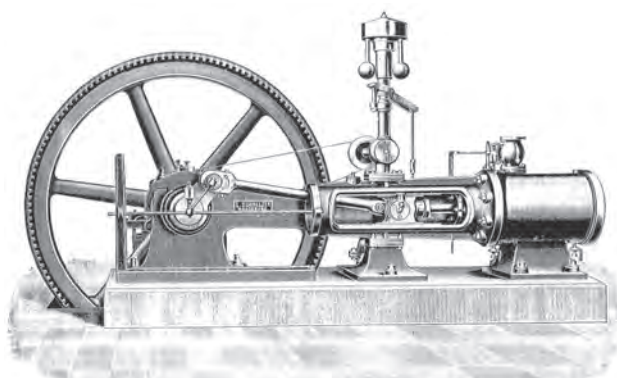


Bild 12.7. Liegende Dampfmaschine



Bild 12.8. Dieses Bild der ersten stehenden Schneckenpresse mit Dampftrieb erschien am 20.11.1858 in der „Leipziger Illustrierten Zeitung“

Verwendet wurden liegende Dampfmaschinen mit separatem Kessel (Bild 12.12.) und ortsfeste Lokomobile, bei denen die Dampfmaschine auf dem Dampfkessel aufgebaut war (Bilder 12.13.). Auch fahrbare Lokomobile wurden eingesetzt, vor allem in Ziegeleien auf dem Lande und in den Kolonien (Bilder 12.14.-12.16.).

Der zentrale Antrieb durch die Dampfmaschine erfolgte über ein System von Transmissionen, an welche die Arbeitsmaschinen mit Riementrieben angeschlossen waren. Über Voll- und Leerscheiben konnten die einzelnen Maschinen mit Handausrückern ein- und ausgeschaltet werden (Bild 12.17.). Die Firma Raupach/Görlitz baute um 1890 auch eine Kombination von Ziegelpresse und Dampfmaschine für Direktantrieb, bei der die Zwischentransmission entfiel (Bild 12.18.).

Ab den 1860er Jahren gewann der mit Generatorgas oder Erdgas betriebene Gasmotor an Bedeutung, vor allem in den USA. Seine industrielle Fertigung verbilligte diesen Motor, so daß er allmählich die Göpel und Wasserräder verdrängte (Bild 12.19.).

In den 1880er Jahren begann der Durchbruch der Elektrotechnik, wobei der seit 1890 in hohen Stückzahlen gefertigte Elektromotor für die Industrialisierung eine große Rolle spielte. Der Elektromotor ermöglichte den Übergang vom zentralen Antrieb durch eine Dampfmaschine zu mehreren Einzel- und Gruppenantrieben. Seine Einführung in der Ziegelindustrie verlief aber sehr zögerlich, und um 1900 nutzten nur rund 10 % der Ziegelwerke diese neue Antriebsart. Dies war, neben den relativ hohen Strompreisen, vor allem auf den zunächst noch geringen Ausbau des Stromverteilungsnetzes zurückzuführen.

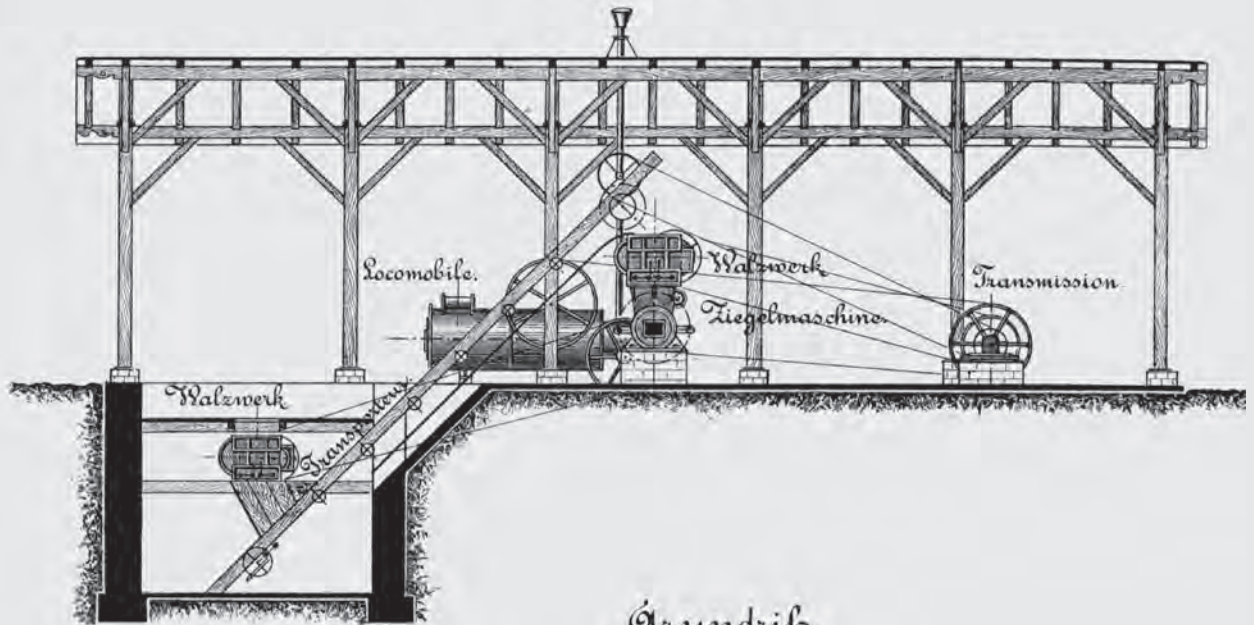
Als Einzelantrieb wurde der Elektromotor zunächst vor allem für Schneckenpressen (Bild 12.20.) sowie für die Ventilatoren der Trockneröfen und Öfen eingesetzt. In Saisonziegeleien mit Freilufttrocknern,

Dampfziegelei

mit Locomobile, Ziegelmaschine, zwei Walzwerken, Thontransporteur.

Jh. Grohe, Merseburg.

Schnitt A.B.



Grundriss

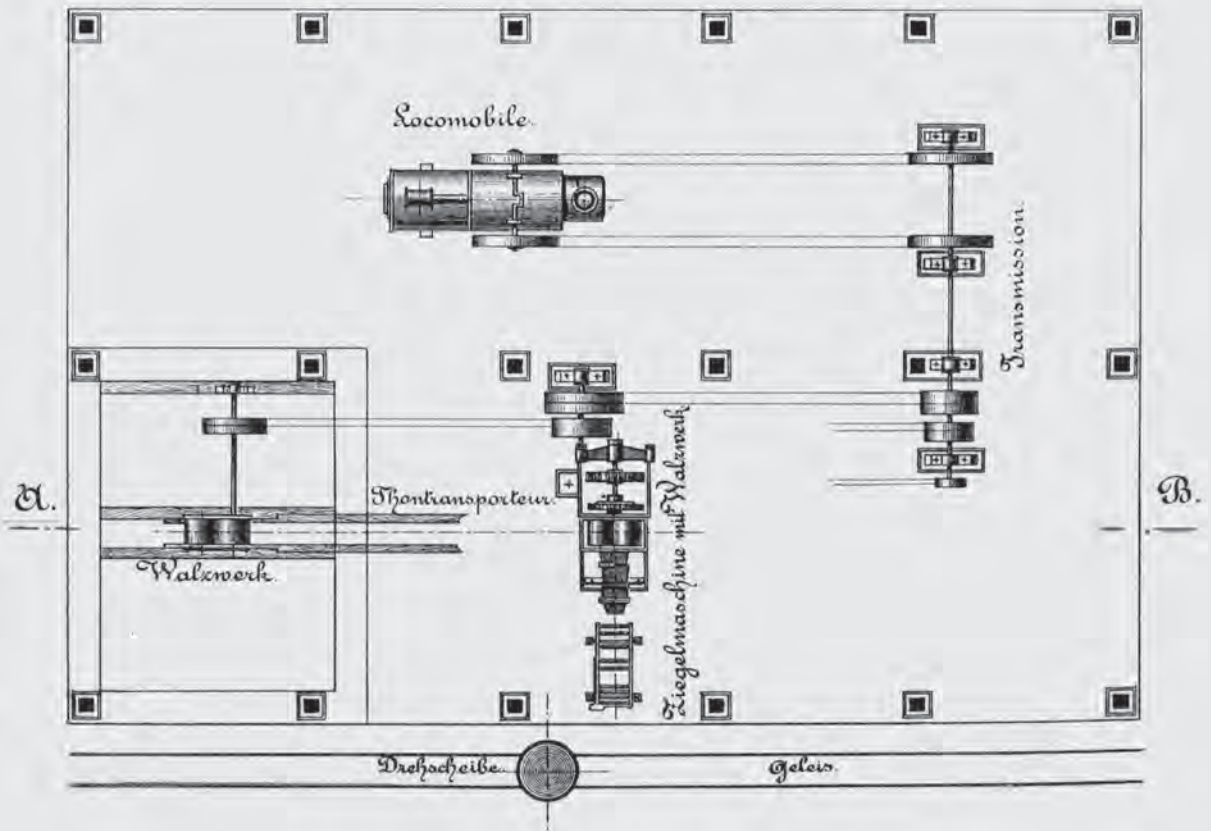
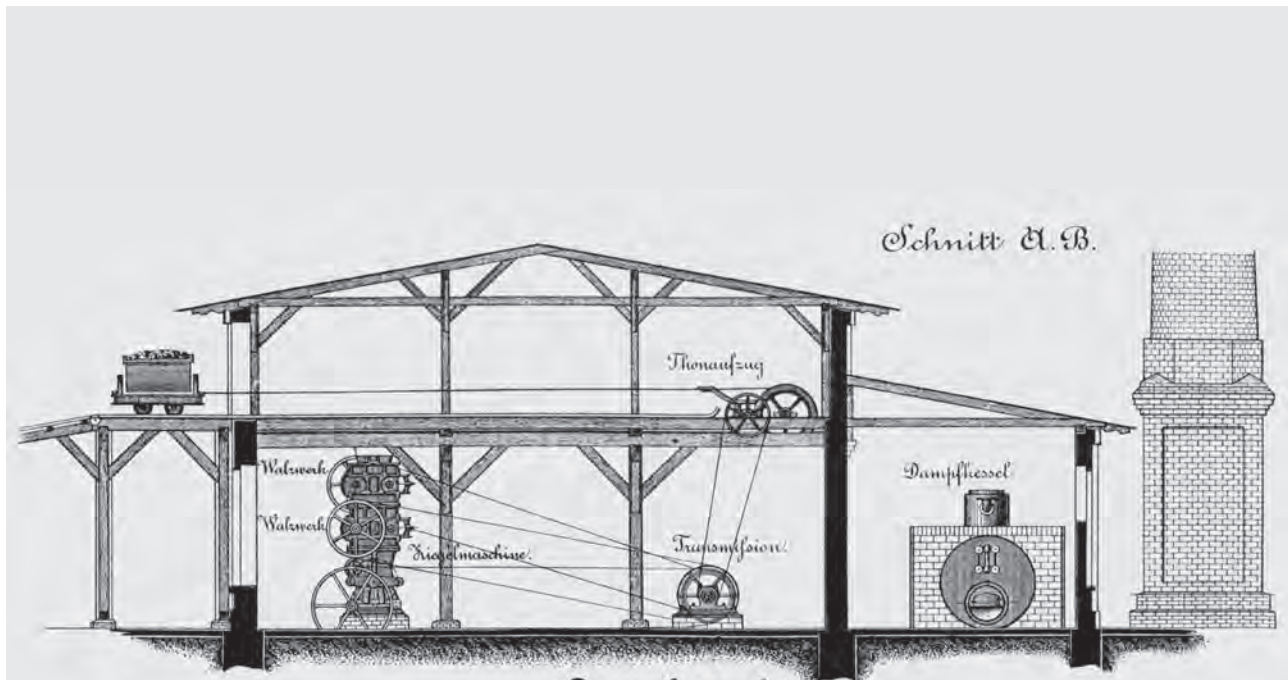


Bild 12.9. Dampfziegelei mit Lokomobile

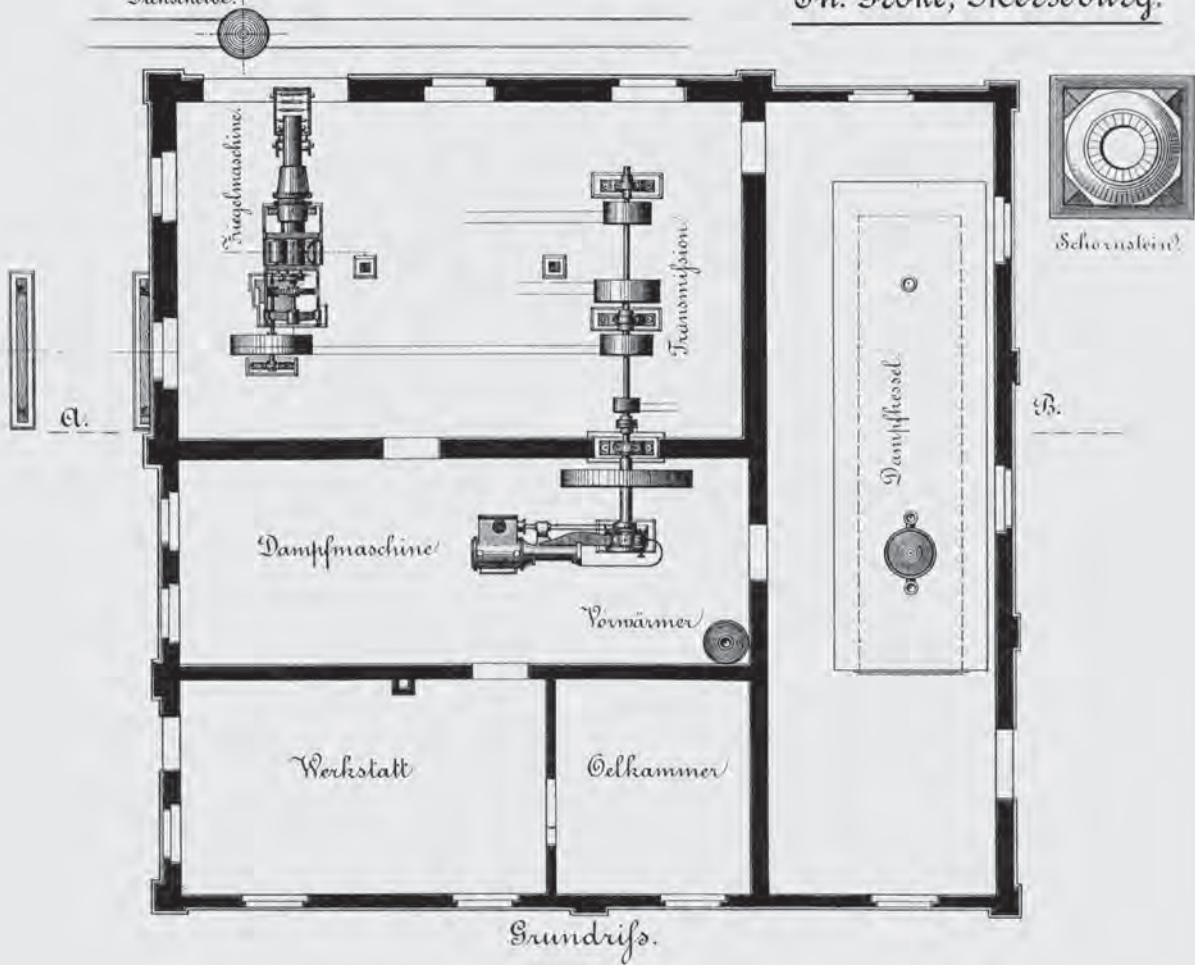


Dampfsiegelei

mit stationärer Direct mit der Transmission gekuppelter Dampfmaschine
 Siegelmaschine mit zwei Walswecken, Thonauzug.

Drehscheibe!

Jh. Grohe, Merseburg.



Grundriss.

Bild 12.10. Dampfsiegelei mit Dampfmaschine

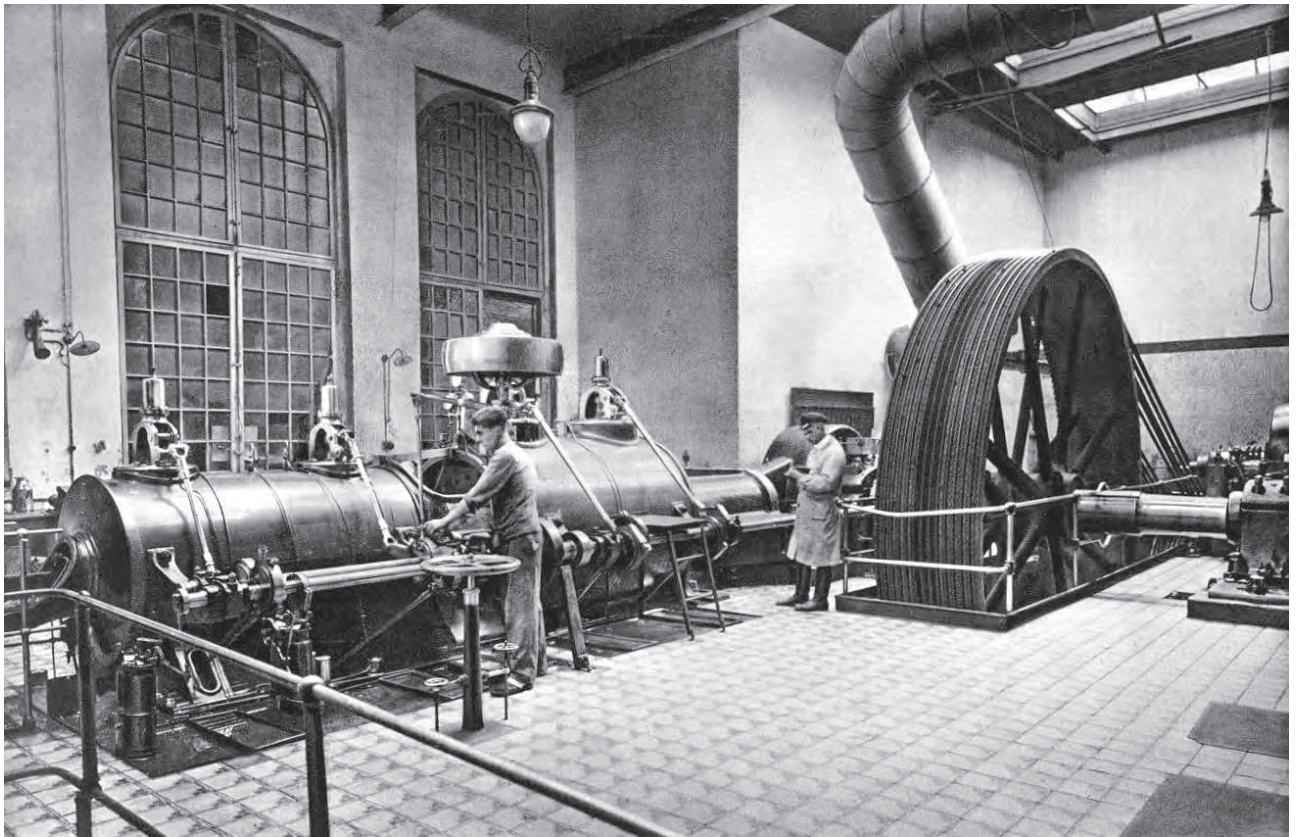


Bild 12.11. Dampfmaschinenraum in einem Dachziegelwerk um 1925

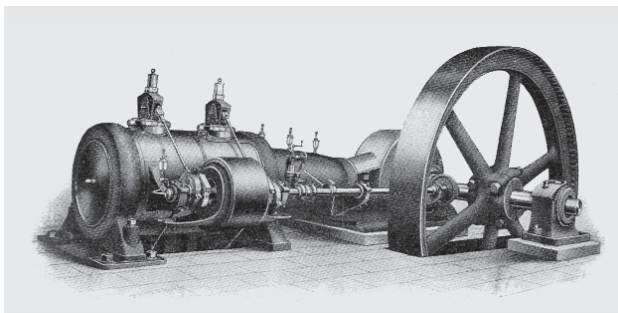


Bild 12.12. Ventil-Dampfmaschine von Raupach, 1910

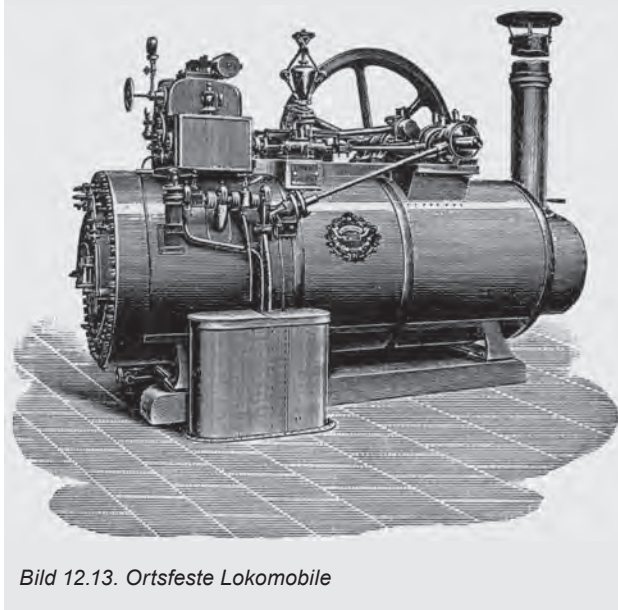


Bild 12.13. Ortsfeste Lokomobile

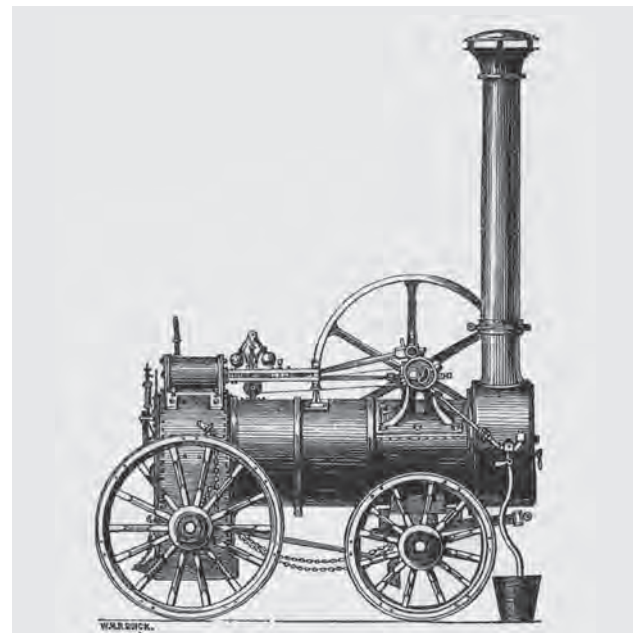


Bild 12.14. Fahrbare Lokomobile

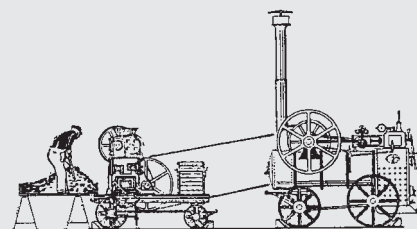


Bild 12.15. Von Hand beschickte fahrbare Ziegelpresse, angetrieben durch eine fahrbare Lokomobile



Bild 12.16. Lokomotive zum Antrieb einer Walzenpresse von Sachsenberg (Archiv des Westfälischen Industriemuseums)

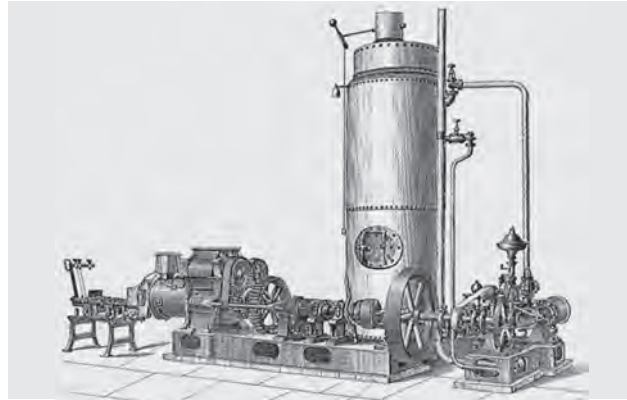


Bild 12.18. Dampfmaschine von Raupach zum Einzelantrieb einer Ziegelpresse, um 1895

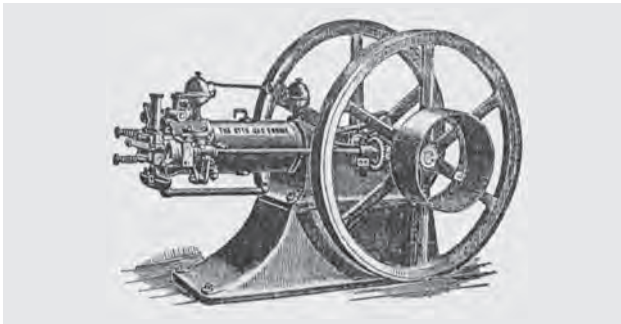


Bild 12.19. Gasmotor um 1895

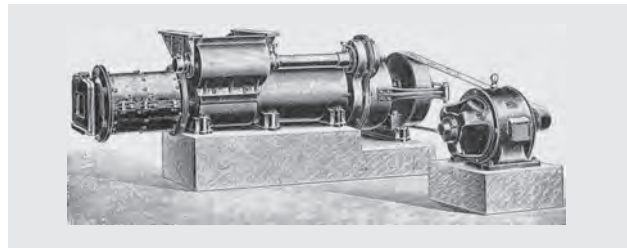


Bild 12.20. Schneckenpresse mit Riementrieb und Elektromotor um 1925

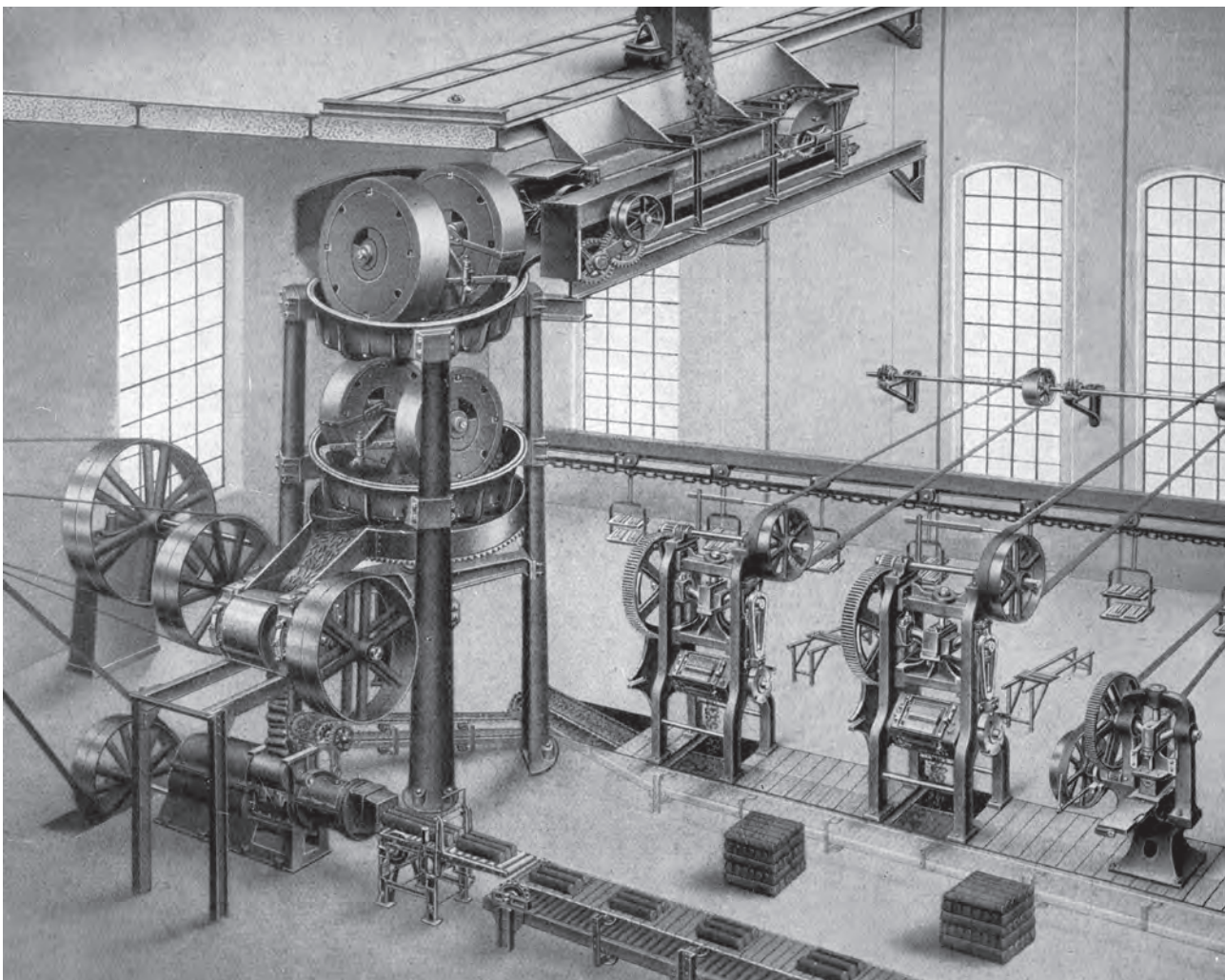


Bild 12.17. Aufbereitungs- und Formgebungsanlage zur Herstellung von Dachziegeln, alle Maschinen angetrieben über Riementrieb von einer Transmission aus

Bild 1. Material- und Wärmeflußschema

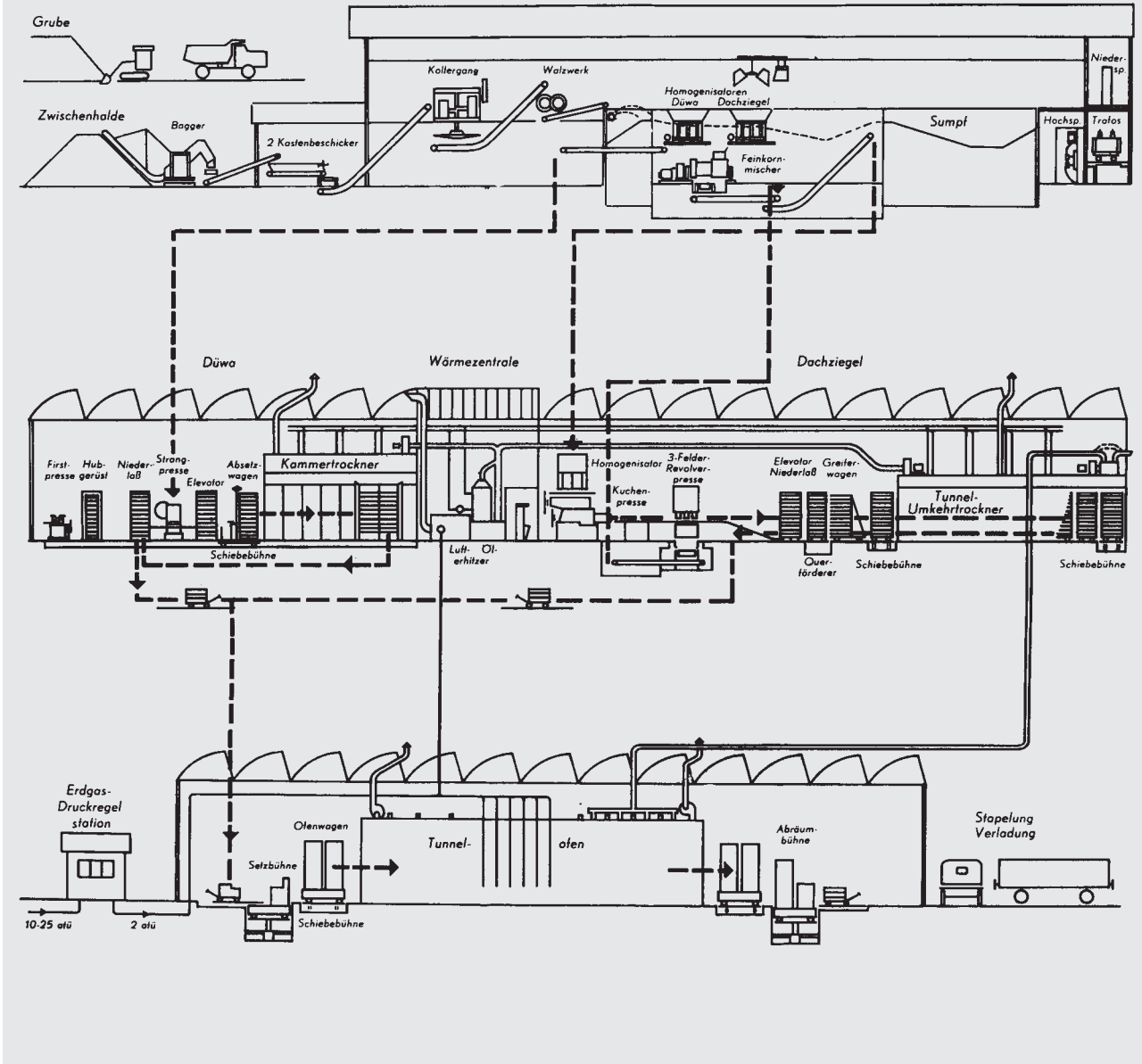


Bild 12.23. Wärmeverbundsystem eines österreichischen Ziegelwerks, um 1960

sten bis zu 15 % des Umsatzes ausmachen konnten, kam es darauf an, diese möglichst niedrig zu halten. Möglichkeiten hierzu waren die Vermeidung von Belastungsspitzen, die Verkleinerung des Blindstroms und der Bezug von Nachtstrom, indem man z.B. die energieintensive Aufbereitung in die Nachtstunden verlegte.

Entsprechend dem Vordringen des Einzelantriebs durch E-Motoren verloren die Dampfkraftanlagen an Bedeutung. Die dadurch ausfallenden Wärmelieferungen für den Trocknerbetrieb wurden anderweitig ausgeglichen. In den meisten Ziegelwerken werden die Öfen und Trockner im Energieverbund betrieben (Bild 12.23.). Dabei werden je nach Auslegung der

Anlagen und Abstimmung zwischen Trockner und Ofen 30 bis 100 % der zum Trocknen benötigten Wärmeenergie vom Ofen geliefert. Bei einer großzügigen Auslegung des Trockner-/Ofen-Wärmeverbunds kann der Ofen teilweise sogar mehr Heißluft liefern, als der Trockner benötigt, so daß ein Teil ins Freie abgeblasen werden muß. Grundsätzlich sollte der Ofen aber nicht als Wärmeerzeuger für den Trockner betrieben werden. Es wird deshalb auch die Meinung vertreten, daß z.B. ein Tunnelofen nur etwa 30 % der für den Trockner benötigten Energie liefern sollte, da andere, problemlos zu- und abschaltbare Wärmequellen dem wöchentlich unterschiedlichen Energiebedarfsrhythmus des Trockners besser folgen können. Solche Zusatzheizungen sind Öl- und

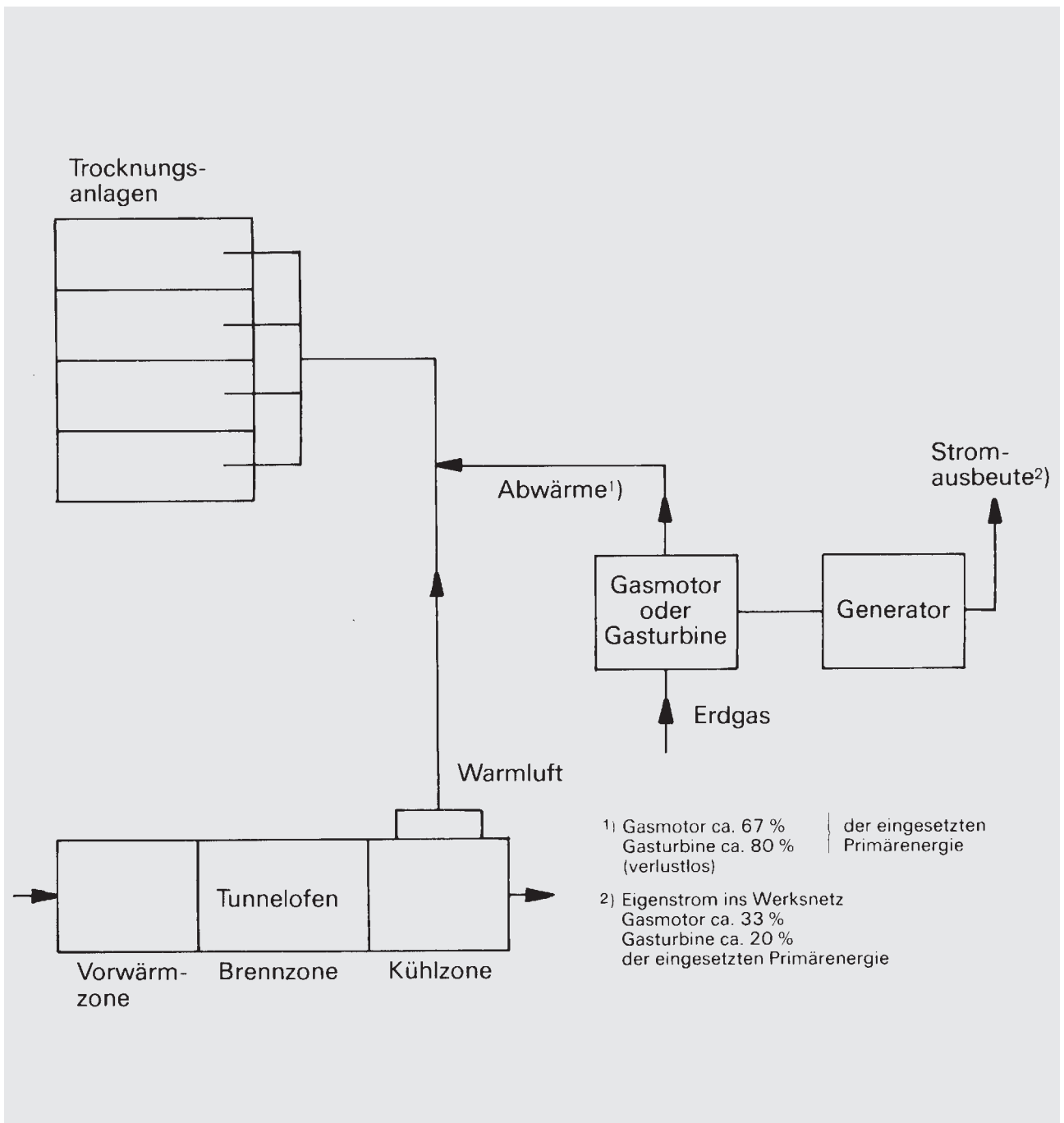


Bild 12.24. Schematische Darstellung eines Energieverbundes in einem Ziegelwerk mit Kraft-Wärmekopplung (Eigenstromerzeugung) in Verbindung mit einem Gasmotor oder einer Gasturbine, um 1983

Gasbrenner, Elektroheizregister und Wärmetauscher verschiedenster Bauart.

In verschiedenen Werken wurde etwa ab den 1970er Jahren auch ein erweiterter Energieverbund mit Kraft-/Wärmekopplung und Eigenstromerzeugung durch Gasturbinen oder -motoren mit gleichzeitiger Abwärmeausnutzung angewendet (Bild 12.24.). Ab den 1980er Jahren gewannen auch Blockheizkraftwerke (BHKW) an Bedeutung, da hier auch kleinere Anlagen einen guten Wirkungsgrad aufweisen und schnell verfügbar sind. So können z.B. Stromspitzen durch das automatische Zuschalten von BHKW-Modulen abgedeckt werden.

Seit dem Jahr 2000 gibt es eine Entwicklung hin zu Produktionsplanungs- und Energiemanagementsy-

stem (PPS/EMS). Da in einem modernen Ziegelwerk bis zu 100 verschiedene Formate hergestellt werden, die unterschiedliche Trocken- und Brennzeiten und Produktionsleistungen bedingen, schwankt der Energiebedarf einer Trockenkammer um den Faktor 1:1 bis 1:10, und auch beim Ofen schwankt die Wärmeabgabe entsprechend der unterschiedlichen Produktmasse in der Kühlzone. Dies führt zu Energieengpässen oder Energieüberschüssen im Wärmeverbund Trockner/Ofen. Durch eine vorausschauende Produktionsplanung mit Hilfe des PPS/EMS werden Produktionsleistung und die von Trockner und Ofen zu fahrenden Trocken- und Brennkurven aufeinander abgestimmt und so der geringstmögliche Energieverbrauch realisiert.

Ausblick

Wenn es im Untertitel dieses Buches heißt: „...VON DEN ANFÄNGEN BIS HEUTE“, dann ist dieses „HEUTE“ für den Leser schon wieder Geschichte, denn – wie der Historiker sagt – „Geschichte ist alles von gestern an zurück“.

Nicht wenige sind der Ansicht, daß man solch ein ausgereiftes und bewährtes Produkt wie den Ziegel nicht ständig weiterentwickeln solle. Beim Anblick der Ziegel-Mauerverbände an Bauten der Backsteingotik ist so manchem der Satz „Fast zu schade, daß wir so etwas weiterentwickelt haben“ aus dem Herzen geschrieben, und auch die Aussage „Wenn es Formen gibt, die man nicht verbessern kann, so ist es die Form der Hohlwanne“ trifft das Empfinden vieler.¹³⁰

Doch in unserer modernen Zeit gilt Beständigkeit als Stillstand und Rückschritt. Der technische Fortschritt allgemein, neue Vorschriften und Anforderungen, z.B. an den baulichen Wärmeschutz, den Feuchteschutz, die früher unbekannte Umweltverschmutzung in Form von Lärm und Elektrosmog sowie neue Formen des Bauens, wie der Ziegelfertigbau, stellen auch den Ziegel vor neue Aufgaben. Modeerscheinungen und eine sich wandelnde Lebensweise und Architektur wirken sich ebenfalls aus. Bei den Ziegeleimaschinenherstellern und Anlagenbauern ist es nicht zuletzt auch der globale Wettbewerb, der zur Weiterentwicklung zwingt.

Die Zukunft des Ziegels – auf Erden...

Die Entwicklung des Ziegels und der Ziegeleitechnik zu seiner Herstellung muß und wird daher weitergehen, und noch in hundert und mehr Jahren werden die Menschen die hervorragenden Eigenschaften des Ziegels nutzen und sich in einem Ziegelhaus rundum wohlfühlen können.

... und im Himmel

Daß der Ziegel auch die Chance einer außerirdischen Zukunft hat, belegen Untersuchungen der NASA aus dem Jahre 1988 über die Möglichkeiten der Herstellung von Lunarziegeln aus Mondstaub für den Schutzraumbau künftiger Mondbewohner. Einem Bericht im Spiegel Nr. 15/2001 zufolge haben die NASA-Forscher inzwischen auch einen Ziegel aus Marsstaub entwickelt, der auf dem Mars bei 110 °C gebacken werden soll, um als Baustoff die kommenden Mars-Kolonisatoren vor kosmischen Strahlen zu schützen. Die erste bemannte Marslandung ist für das Jahr 2020 geplant. Anfang 2002 hat die US-Raumsonde „Mars Odyssey“ Hinweise auf Wasser auf dem Roten Planeten gefunden, eine wesentliche Voraussetzung für eine mögliche Besiedlung.

Es bestehen also gute Aussichten, daß der Ziegel unseren Nachfahren auf ihrem Weg zu den Sternen folgen wird, um ihnen auch dort ein Grundbedürfnis des Menschen, das Wohnen, zu erfüllen, und daß sich zukünftige Zieglergenerationen einmal mit der Herstellung von Mond- und Marsziegeln befassen werden, getreu dem Slogan:

**„Ziegel – Baustoff der Vergangenheit,
Gegenwart und Zukunft“.**

Rechtes Bild: Motiv aus einem Prospekt der Fa. Adolf Zeller GmbH & Co. Poroton-Ziegelwerke KG, D-Alzenau, – neu getextet.
(Der Originaltext lautet: Immer in Ihrer Nähe – Zeller Poroton)



**Aufbruch
zu den
Sternen**

**Ziegel - Baustoff der
Vergangenheit, Gegenwart
und Zukunft**

13. Auf einen Blick – Zeittafeln zur Entwicklung der Ziegeleitechnik

Tabelle 1: Ziegel-Produktentwicklungen

Zeit v. Chr.	Entwicklung
Um 23 000	Älteste Objekte aus gebranntem Ton, die bisher gefunden wurden: Figuren aus feuergehärtetem Ton aus Dolni Vestonice im südmährischen Lößland am Nordfuß der Pollauer Berge, einem 1924 bis 1952 ausgegrabenen Lager von Mammutjägern
Ab 12 700	Jomon Periode, früheste mittels Radiokarbondatierung festgestellte Periode der Keramikherstellung an der japanischen Küste: ohne Scheibe in Aufbauarbeit gebildete Gefäße, Fundort: Fukon Höhle, Kyushu
Um 7500	Älteste bekannte Ziegel aus an der Sonne getrocknetem Lehm in Cayönu, einer Fundstätte bei Diyarbakir im südöstlichen Anatolien, im Gebiet des oberen Tigris
Um 7000	Lehmziegel in Jericho
Um 6395	Lehmziegel in Catal Hüyük im anatolischen Hochland
Um 4000	Herstellung gebrannter Ziegel in Mesopotamien
Um 4000	Errichtung eines der ältesten Königsgräber der ersten Dynastie des unteren Reiches in Ägypten aus luftgetrockneten Nilschlammziegeln: Grab des Menes
Um 3200 Um 3000	Kanalisationsrohre aus gebranntem Ton in Habuba Kabira (Syrien) Bau des Tempels der Muttergöttin in Uruk/Mesopotamien mit Tonstiftwänden: einem Stiftmosaik, bestehend aus schwarzen, roten und weißen Tonstiften, die in Textilmustern in den dicken Verputz der Lehmziegelmauern gesteckt wurden
Ca. 3000	Herstellung verschieden gefärbter Ziegel in Mesopotamien
2750 – 2500	Bauweise mit plankonvexen Ziegeln in Mesopotamien
um 2500	Städte aus gebrannten Ziegel im Indus, z.B. Mohendscho-Daro (unteres Indus) und Harappa (Pandschab)
2300	Erstes Auftreten von Dachziegeln auf dem „Haus des Zieglers“ in Miloy bei Argos/Griechenland
um 2250	Hochbau aus gebrannten Ziegeln im Zikkurat von Ur/Mesopotamien
2250	Ältester überlieferter Ziegelstempel des Sumerers Scharkalischarris am Bel-Tempel zu Nippur: Bei staatlichen Bauten wurde den Ziegeln der Name des Erbauers eingestempelt
um 2140	Tortenstückförmige Mauerziegel, mit denen sich Säulenschäfte aufmauern ließen, häufig beschriftet, in Lagas/Mesopotamien
1430	Ishtar-Tempel in Uruk mit Außenmauern aus gebrannten Ziegeln, in deren Nischen aus Reliefziegeln hergestellte Götterfiguren stehen
800	Dachziegel aus gebranntem Ton in Griechenland
750	Gebrannte Dachziegel auf etruskischen Bauten
650	Wiederherstellung des Turms von Babel durch Assurbanipal (668-626). Zu seinem Bau wurden über 85 Mio. Mauerziegel verwendet. Der Turm muß schon um 2400 bestanden haben, wurde mehrmals zerstört und immer wieder aufgebaut. Dieser Stufenturm, die Ziqqurat Etemenaki („Grundstein von Himmel und Erde“), wurde 479 v. Chr. durch den Perserkönig Xerxes I. endgültig zerstört
600 bis 550	Errichtung des ziegelsteinernen Ishtar-Tors und der Prozessionsstraße in Babylon unter Nebukadnezar II. aus glasierten Ziegeln mit Tierdarstellungen (Löwe, Drache, Stier) aus braun, gelb, weiß und grün glasierten Reliefziegeln
ab 600	Verbreitung der Lehmbauweise mit Lehmziegeln von Yemen/Arabien aus nach Afrika
400	Wandverkleidungen aus glasierten Ziegeln im Palast von Susa/Persien
203	Bildziegel in Tschenghu in China
24	Vitruvius beschreibt im zweiten seiner „Zehn Bücher über die Architektur“ die Erden, aus denen Ziegel bestehen sollen

Zeit n. Chr.	Entwicklung
Um 80	Gründung der großen Zentralziegeleien (Militärziegeleien) der römischen Legionen im besetzten Germanien an Rhein und Donau, z.B. in Mainz, Rheinzabern, Straßburg, Nied bei Höchst
522	Verwendung von Leichtbausteinen aus Infusorienerde für Kuppelbauten in Konstantinopel
622	Nachweis des Gebrauchs von Ziegeln anhand ihrer Erwähnung im Lex Bajuvariorum X.14. aus der Regierungszeit Dagobert I., dem Sohn des merovingischen Frankenkönigs Clothar II., der das unter Theoderich dem Großen um 511 niedergeschriebene Gesetz der „Franken, Alemannen und Bayern“ erneuern ließ
763	Bau des Klosters Altenmünster bei Lorsch, bei dem die Verwendung von Dachziegeln historisch nachgewiesen ist
794	Karl der Große erläßt auf der Frankfurter Synode Kapitularien (Königliche Gesetze) und schreibt im Kapitel 26 Ziegel als allgemeine Dachbedeckung für seine Wirtschaftshöfe vor
830	Der heilige Rabanus (Hrabanus) Maurus beschreibt in seiner Schrift „De Universo“ die Herstellungsweise von Ziegeln in Holzformen, die er als „deutsch“ bezeichnet
um 1010 1020	Bischof Bernward von Hildesheim erfindet der Legende nach den Krempziegel Erste deutsche Bodenfliesen in St.Emmeran, Regensburg
ab ca. 1050	Verwendung von Haken und Preisen, später Mönch-Nonne-Ziegel genannt
um 1080	Entstehung des Flachziegels, des heutigen Biberschwanzziegels
1125	Beginn des Ziegelbaus in Oldenburg und Holstein
1200	Beginn der Verbreitung der Ziegelherstellung durch Zisterziensermönche und Hanse in Norddeutschland Herausbildung der Backsteingotik
1230	Beginn der Herstellung der St. Urbanziegel, modelverzierter Formziegel als Architekturstücke, in der Klosterziegelei der ehemaligen Zisterzienserabtei St. Urban im Kanton Luzern/Schweiz
1295	Erster Nachweis der Bezeichnung „Mönch“ und „Nonne“ für Hohlziegel in Lübeck
um 1460	Entwicklung der Hohlpfanne
1479	Erste Dachziegel in Ostfriesland
1568	Ziegelordnung von Herzog Christoph von Württemberg
1601	Normung der Ziegelmaße in Schweden
1715	Ziegel-Patent von Kaiser Karl VI., welches die Abmessungen $2 \frac{2}{3} \times 5 \frac{1}{4} \times 11$ Zoll = 70 x 137 x 288 mm und die Stempelung mit dem Kaiseradler vorschreibt. Dieser altösterreichische Mauerziegel im sog. Kaiserformat wurde später als Kaiserziegel bezeichnet.
1800	Aufstellung einer Theorie der bewehrten Ziegelwandkonstruktion durch den Engländer Brunel
1813	Der Engländer Beacon erfindet den Lochziegel
1819	Erstmalige Verwendung von Quaderhohlziegeln beim Hafenanbau von Toulon
1822	Herstellung von Dinassteinen in England, feuerfesten Silikatsteinen, die auch als Quarzziegel bezeichnet wurden
1838	Erste Klinkerpflasterstraße zwischen Varel und Jever in Ostfriesland, Pflasterung von Poststraßen mit Klinkern in Oldenburg
1841	Die Gebr. Gilardoni in Altkirch/Elsaß erfinden den Herz- oder Rautenziegel mit einfachem Seitenfalz
1845	Erfindung des Dränrohrs in England
1845 –1851	Bau der Göltzschtalbrücke im Vogtland, der größten Ziegelbrücke der Welt, in der rd. 26 Mio. Ziegel vermauert wurden
1850	Entwicklung der „Geschlammten Ziegel“ als Vormauerziegel für Sichtmauerwerk durch Alois Miesbach in Österreich
1860	Einsatz von gelochten Verblendziegeln für Verblendfassaden
1872	Einführung des Formats 25 x 12 x 6,5 cm als Pflichtnorm für Mauerziegel durch den Preußischen Minister für Handel, Gewerbe und Öffentliche Arbeiten. Ab etwa 1881 war für dieses Format die Bezeichnung „Reichsformat“ geläufig.
1879	Einführung von standardisierten Normalprofilziegeln sowie Normalverblendziegeln in Deutschland

1880	Beginn der gezielten serienmäßigen Herstellung von Leichtziegeln als sog. „Poröse Ziegel“ unter Zugabe von Ausbrennstoffen wie Braunkohlenstaub oder Sägemehl zum Rohstoff
1881	Muldenfalzziegel Z1 mit Stufenfalz von Wilhelm Ludowici unter der Nr. 16757 patentiert
1881	„Überzugspatent“ von Heber zur Herstellung „beblatteter Ziegel“, sog. Zweischichtverblendziegel
1883	Einführung von Normalformaten für Verkleidungsformziegel in Österreich
1883	Erfindung des Strangfalzziegels durch den Schweizer Stadler
1885	Erfindung des Drahtziegelgewebes durch die Gebrüder Stauss in Cottbus
1892	Maurermeister Johann Franz Kleine aus Essen erhält ein Patent auf eine bewehrte Massivdecke aus Hohlziegeln, die zum Vorbild für eine Vielzahl von Stahlsteindecken wird
ab 1895	Allgemeine Entwicklung von Deckenziegeln verschiedenster Ausführung
um 1900	Entwicklung der Spaltplatte, u.a. in den Siegersdorfer Werken in Bunzlau
1906	Fabrikmäßige Herstellung von „Schofer's Verbund-, Rauch- und Lüftungs-Kamin“, d.s. nach dem Erfinder Friedrich Schofer in Waiblingen benannte Kaminformsteine aus Ziegelsplittbeton
ab 1919	Entwicklung von Lochziegeln in Sonderformaten
1926	Erfindung des Wabenziegels
1930	Allseits geschlossene Hohlsteine wie Ageho-Ziegel und Allzu-Ziegel
1930	Markteinführung der Flachdachpfanne Z15a mit Rundumverfaltung von Ludowici
1932	Entwicklung der Sprill- oder Flecktonengobe für Dachziegel durch Ludwig Franz Ludowici und Eduard Stadlinger, Langenzenn
1949	Bienenwabenziegel, eine Weiterentwicklung des Wabenziegels, entwickelt und patentiert von Spingler/Winnenden
1950	Entwicklung des Gitterziegels durch den Freiburger Architekten Gerold Pfister, daher anfänglich auch „Pfisterziegel“ genannt
1952	Ablösung des alten Reichsformats RF (25 x 12 x 6,5 cm) durch das in der DIN 105 festgelegte Dünnformat DF (24 x 11,5 x 5,2 cm), das mit einer Fuge von etwa 10 mm ein Seitenverhältnis von 250 x 125 x 62,5 mm = 4 : 2 : 1 ergibt
1954	Flachkremper K21 mit Spiralverfaltung von Ludowici
ab 1955	Entwicklung von Systemen zur Herstellung von Ziegelfertigelementen
1960	Poroton-Leichtziegel nach dem Verfahren des schwedischen Ingenieurs Fernhoff
ab 1965	Entwicklung großformatiger hochwärmedämmender Hochlochziegel und Optimierung der Lochbilder
1980	Erstmalige Vorstellung von zwei Energiedachsystemen mit Solardachziegeln auf der Basis von Luft-Sole-Wärmetauschern auf der „Bau 1980“ in München
1981	Herstellungsverfahren für Hochlochziegel mit plangeschliffenen Lagerflächen (Planziegel) von Oltmanns zum Patent angemeldet
ab ca. 1982	Entwicklung des Flachstrangverfahrens zur Herstellung der Flachstanzplatten, welche die stehend extrudierte Spaltplatte ablösen
1983	Inbetriebnahme der Pilotanlage zur Herstellung von Plankenziegeln in Essen
1986	Einführung der mörtelfreien Stoßfugenverzahnung mit dem Blockziegel T von Poroton
1988	Untersuchungen und Versuche zur Herstellung von Mondziegeln
1989	Patenterte Schallschutzziegel, ab 1999 auch plangeschliffen, von Poroton
1988	Verschiebemauerziegel von F. Rimmele, Ehingen
1993	Versuche zur Herstellung einer neuen Generation von Bienenwabenziegeln mit extrem dünnen Wandstegen (außen 3 mm, innen 1,6 mm) und hohem Lochanteil (ca. 70%)
1997	Solar-Dachziegel auf Photo-Voltaik-Basis von Laumans
1998	Herstellung von Leichtziegeln mit extrem niedrigen Wärmeleitfähigkeitswerten, Lambda = 0,11 W/mK
1999	Niedrigenergieziegel der SX-Reihe von Poroton
2002	Großflächen-Dachziegel DS5 mit 5,5 Stück/m ²

Tabelle 2: Mauerziegelformate um 1900 (aus Lit. 231, Jg. 1907)

Land	Abmessungen Länge x Breite x Höhe (mm)	Land (aus Lit. 231, JG. 1907)	Abmessungen Länge x Breite x Höhe (mm)
Deutschland: Normalformat Verblendsteine Bayern, klein Bayern, groß Sachsen Hamburg: Geeststeine, groß Geeststeine, klein Elbsteine Holstein Kiel Oldenburg Preußisches Klostermaß	250 x 120 x 65 252 x 122 x 60 290 x 140 x 65 360 x 180 x 65 250 x 120 x 70 230 x 110 x 55 180 x 86 x 46 230 x 110 x 52 230 x 110 x 55 230 x 110 x 52 230 x 110 x 52 285 x 135 x 85	Frankreich: Bourgogne Marseille Marseille Paris (Vaugirard) Paris Paris, groß Paris, klein Vorschlag der Union C�eramique Vorschlag der Architekten im Norden	220 x 110 x 55 220 x 110 x 50 220 x 110 x 70 220 x 110 x 60 220 x 110 x 65 230 x 110 x 70 220 x 100 x 50 220 x 105 x 55 220 x 105 x 60
Elsaß: Klein Mittel Groß	230 x 110 x 60 240 x 120 x 60 360 x 180 x 65	Italien: Oberitalien Oberitalien Cremona Toskana, Rom Neapel Neapel Neapel Verschiedene Formate, meist	250 x 122 x 50 260 x 127 x 60 280 x 137 x 68 300 x 147 x 50 300 x 147 x 40 300 x 147 x 30 300 x 147 x 25 240 x 120 x 60
Österreich-Ungarn	290 x 140 x 65 300 x 145 x 70	Amerika: USA USA sog. römisches Format	205 x 100 x 60 300 x 100 x 40
England: Norden Süden Staffordshire	236 x 115 x 76 254 x 124 x 76 229 x 109 x 65	Mexiko: Mexiko Mexiko	260 x 130 x 65 280 x 140 x 50
Holland: Waalziegel Waalziegel Großes Maß Kleines Maß Friesland Friesland Utrecht Utrecht Ryinsteene Venlosche Klinker Roermond Yselsteene	220 x 105 x 55 215 x 107 x 56 260 x 120 x 54 180 x 86 x 50 180 x 90 x 45 230 x 112 x 45 200 x 100 x 40 235 x 115 x 45 180 x 95 x 40 180 x 87 x 50 240 x 118 x 60 160 x 80 x 40	Spanien: Spanien Spanien Russland: Rußland, klein Rußland, groß	280 x 140 x 50 250 x 120 x 65 250 x 120 x 60 290 x 140 x 80
Schweden: Westen Süden Norden	235 x 112 x 60 250 x 120 x 60 300 x 145 x 75	Vergleichsweise mögen Ziegelformate ältester und alter Zeiten folgen:	
Norwegen	300 x 145 x 75	Babylonische Ziegelsteine	350 x 350 x 90
Belgien: Fl�mischer Teil Fl�mischer Teil Wallonischer Teil	180 x 85 x 50 190 x 90 x 55 240 x 120 x 60	Altgriechische Ziegel, ungebrannt	296 x 296 x 148 592 x 592 x 592 740 x 740 x 740
Dänemark	220 x 105 x 52	Altr�mische Ziegel, gebrannt, quadratisch und dreieckig	600 x 600 x 60 450 x 450 x 50 200 x 200 x 40
Finnland	270 x 130 x 75	Altdeutsche Klosterziegel	330 x 250 x 60 300 x 145 x 75 290 x 140 x 80 284 x 138 x 74
		Languedoc (13. bis 15. Jh.) Bourbonnais (15. Jh.)	330 x 250 x 60 240 x 120 x 34

Tabelle 3: Mauerziegelformate nach DIN 105, Ausgabe August 1989

Format-Kurzzeichen	Abmessungen (mm) Länge x Breite x Höhe
1 DF	240 x 115 x 52
NF	240 x 115 x 71
2 DF	240 x 115 x 113
3 DF	240 x 175 x 113
4 DF	240 x 240 x 113
5 DF	240 x 300 x 113
6 DF	240 x 365 x 113
8 DF	240 x 240 x 238
10 DF	240 x 300 x 238
12 DF	240 x 365 x 238
15 DF	365 x 300 x 238
18 DF	365 x 365 x 238
16 DF	490 x 240 x 238
20 DF	490 x 300 x 238

DF= Dünnformat, NF= Normalformat

Tabelle 4: Vormauerziegel- und Klinkerformate, die 1995 in Deutschland produziert wurden (aus einer Analyse des Produktionsprogramms von 20 Vormauerziegel- und Klinkerwerken)

Formatbezeichnung	Kurzzeichen	Abmessungen (mm) Länge x Breite x Höhe
Waalformat	WF	210 x 100 x 52
Dünnformat	DF	240 x 115 x 52
Normalformat	NF	240 x 115 x 71
Reichsformat*	RF	240 x 115 x 61
2-fach Dünnformat	2 DF	240 x 115 x 61
Oldenburger Format	OF	210 x 105 x 52
Sonderformat	SF	285 x 115 x 62
Römisches Format	-	240 x 115 x 41
Englisches Format	-	210 x 100 x 65
Euroformat	EF	188 x 90 x 88
Klosterformat	KF	270 x 130 x 80
Hamburger Format	HF	220 x 105 x 63
Altbairisches Format	-	290 x 135 x 52
6 Formate bis	-	340 x 163 x 71

*modifiziert

Land	Abmessungen (mm) Länge x Breite x Höhe
Rußland, Jugoslawien, Österreich, Schweden	250 x 120 x 65
Finnland	270 x 130 x 75
Dänemark	230 x 110 x 55
Norwegen	230 x 110 x 65
Niederlande	210 x 100 x 50
Belgien	190 x 90 x 50
Frankreich	220 x 110 x 50
Schweiz	250 x 120 x 60
Großbritannien	215 x 102,5 x 65
Italien	250 x 120 x 55
Spanien	250 x 120 x 50
Türkei	190 x 90 x 50 190 x 90 x 85
Irak	240 x 115 x 75
Iran	220 x 105 x 55
Indien	190 x 89 x 89 190 x 89 x 38
Indonesien	240 x 115 x 52
Singapur	230 x 115 x 75
Malaysia	225 x 100 x 70
Pakistan	228,6 x 114,3 x 76,2
Korea	190 x 90 x 57
China	240 x 115 x 53
Südafrika	222 x 106 x 73
Australien	230 x 110 x 76 290 x 90 x 90
USA	203,2 x 102 x 57,5
Kanada	203 x 95 x 57
Mexiko	240 x 120 x 60
Chile	240 x 115 x 71 250 x 125 x 70
Argentinien	200 x 150 x 80
Venezuela	250 x 120 x 60

Tabelle 5: Mauerziegel-Standardformate aus aller Welt (Stand um 1980)

Tätigkeit	Dimension/Menge
1.Beim Tonladen -aufgeworfenes Gut in Kipploren -aufgeworfenes Gut in Lastwagen -leicht zu gewinnendes Gut mit Schaufel oder Spaten -dto. unter teilweiser Zuhilfenahme einer Hacke -schwerer Ton mit wechselnden Geräten -gesumpftes Material	m³/h 2,8 – 3,0 2,2 – 2,5 1,9 – 2,0 1,6 – 1,7 0,8 – 2,0 1,8 – 2,0
2.Bei der Formgebung -ein Streicher beim Wasserstrich auf dem Plan -ein Streicher beim Wasserstrich auf Brettchen -ein Streicher bei Sandstrich auf Brettchen -ein Abnehmer bei Handabschneidern und 3 Steinen -dto. mit 2 Steinen pro Abnahmevorgang -dto. mit 3 Steinen und halbständlicher Ablösung -ein Abnehmer an der Falzriegelpresse -dto. bei günstigen Verhältnissen und öfterem Ablösen -ein Firstriegelpresser auf der Schlittenpresse -ein Abnehmer an der Biberschwanzpresse	Stück/h 450 – 550 Mauerziegel 250 – 300 „ 150 – 200 „ 2800 – 3000 „ 2000 – 2500 „ 4000 – 4500 „ 500 – 600 Falzriegel 700 – 900 „ 35 – 40 Firstriegel 1000 – 1200 Biber
3.Beim Rüsten -ein Einrüster vom Etagenwagen in Trockengerüste -ein Ausrüster vom Gerüst auf die Karre	Stück Mauerziegel/h 300 – 600 600 – 700
4.Beim Setzen und Ausfahren -ein Setzer mit Karussellwagen -ein Setzer im Schubkarrenbetrieb -ein Setzer mit Plateauwagen -ein Auskarrer -dto. einschl. Stapeln der Steine bis 50 m Entfernung	Stück Mauerziegel/h 1200 – 1500 1100 – 1300 1000 – 1200 1800 – 2000 600 – 750
5.Beim Sortieren -Biberschwänze -Falzriegel -Klinker	Stück/h 900 – 1000 600 – 650 450 – 500
6.Beim Steinaufladen -auf Pferdewagen -auf Lastwagen	Stück/h 1400 – 1500 1000 – 1500
7.Beim Kohleausladen (Nuß)	5 – 6 t/h

Tabelle 6: Was schaffte um 1900/1950 ein vollwertiger Ziegeleiarbeiter? (Aus Lit. 348, Jg. 1952)

Tabelle 7: Berufsbezeichnungen und Tätigkeiten im Ziegelwerk

Feldziegelei und Stehende Ziegelei vor 1800	Handstrichziegelei um 1850	Dachziegelwerk um 1950
<p>Allgemein Ziegelmacher, „Ziegelbäcker“, Ziegler, Ziegelmeister</p> <p>Mauerziegler Steinemacher</p> <p>Dachziegler Haggenmacher, Preißmacher</p> <p>Tonabbau Lehmgräber, Laimstecher</p> <p>Sumpf Gruben- oder Kastenknecht, Peckenknecht</p> <p>Aufbereitung Erdmacher, Lehmmacher, Lehmtreter, Treter</p> <p>Tontransport Lehm- oder Vogelträger, Tonbringer, Kärner, Schieber, Schürzer, Lehmscheiber</p> <p>Formgebung Former, Streicher, Ziegelschläger</p> <p>Formlingstransport, Trocknung Abträger, Aufhager, Hagensetzer</p> <p>Rohlingstransport zum Ofen Zuführer, Scherger, Schiebknicht, Einscheiber, Ziegelscheiber</p> <p>Ofen Einsetzer, Feldbrandsetzer, Brenner, Brennknecht, Holzscheiber, Ausscheiber</p>	<p>Allgemein Ziegler, Ziegelmeister, Pflugmeister</p> <p>Tonabbau und -transport Erdarbeiter, Tonstecher, Umgänger, Karrenmann, Aufkarrer</p> <p>Sumpf, Aufbereitung Sümpfer, Mühlenanmacher, Einspetter</p> <p>Dachziegelaufbereitung Tondrescher, Tonhauer, Tonschneider</p> <p>Formgebung Mauerziegel Streicher, Großer Junge, Aufstecher (bereitet dem Streicher die Tonbatzen), Sandler (österr. besandet die Formen beim Sandstrich)</p> <p>Formgebung Dachziegel Streicher, Walkenmacher, Walker (streicht den Tonstock und schneidet davon die Tonblätter, „Walken“, für den Former)</p> <p>Formlingstransport, Trocknung Abträger, Kleiner Junge, Abtragejunge, Planleger, Aufkanter, Aufhager, Hagenmeister</p> <p>Rohlingsnachbearbeitung Klöpfer</p> <p>Rohlingstransport zum Ofen Karrenmann</p> <p>Ofen Einsetzer, Ofensetzer, Brenner, Kohlenjunge</p>	<p>Allgemein Ziegeleiarbeiter</p> <p>Tonabbau- und -transport Tongrubenarbeiter, Baggerfahrer, Klappenschläger (am Bagger), Diesellokfahrer</p> <p>Sumpf, Aufbereitung Tonhacker im Sumpf, Lorenschieber, Kettenbahnbediener, Lorenskipper (a. Beschicker), Kollerführer</p> <p>Formgebung Kuchenaufleger Revolverpresse, Abnehmer Revolverpresse, Putzerin Revolverpresse und Firstziegel- presse, Firstziegelmacher, Abnehmer an Biber- und Backsteinpresse, Rähmchenzugeber, Gipsformen- maker, Handformer</p> <p>Formlingstransport Ein- und Ausrüster an Elevator und Niederlaß, Absetzwagen- und Schiebebühnenfahrer, Rähmchen- und Latteneinsammler</p> <p>Ofen, Lagerplatz Ofensetzer, Setzer, Ofentürensetzer, Brenner, Ausfahrer oder Auskarrer, Sortierer, Verloader</p> <p>Sonstige Engobemacher, Engobierer, Kugelmüller, Heizer, Maschinist, Schmierer, Betriebshandwerker</p>

Tabelle 8: Arten und Bezeichnungen von Ziegelwerken

Merkmal	Bezeichnung
Allgemein	Ziegelschür, Ziegelofen, Ziegelherd, Ziegelstadel, Ziegelmühle, Ziegelscheune, Ziegelhütte, Ziegelbrennerei, „Ziegelbäckerei“, Ziegelei, Ziegelfabrik, Ziegelwerk
Standort-situation	<u>Fliegende Ziegelei</u> Feldziegelei, Feldbrennerei <u>Stehende Ziegelei</u> Ständige Ziegelei, Standortziegelei, Stabilziegelei <u>Allgemein</u> Stadtziegelei, Dorfziegelei, Landziegelei, Auenziegelei, Marschenziegelei
Jahresarbeitszeit	<u>Saisonbetrieb</u> Saisonziegelei, Kampagneziegelei, Sommerziegelei, Notbetrieb <u>Ganzjahresbetrieb</u>
Unternehmensart	<u>Nebenbetrieb</u> Gutsziegelei, Landwirtschaftliche Ziegelei, Bauernziegelei Zechenziegelei, Bergwerksziegelei <u>Hauptbetrieb</u> Aktienziegelei
Betreiber	Militärziegelei, Legionsziegelei, Heeresziegelei, Privatziegelei, Klosterziegelei, Ratsziegelei, Kommunalziegelei, Amtsziegelei, Domänenziegelei, Gefängnisziegelei
Mechanisierungsgrad	<u>Handziegelei</u> Handstrichziegelei, Handstreicherei, Handschlagziegelei <u>Maschinenziegelei</u> Mechanische Ziegelei, Dampfziegelei, Automatikbetrieb
Werkskapazität	Kleinziegelei Mittlere Ziegelei Großziegelei
Entwicklungs-Tendenzen	Patentziegelei Reformziegelei
Formgebungs-Verfahren	Weichsteinziegelei Strangpreßziegelei Trockenpreßziegelei
Ofenart	Meilerbrandziegelei, Feldbrandziegelei Kammerofenziegelei, Ringofenziegelei, Zickzackofenziegelei, Kanalofenziegelei Tunnelofenwerk
Produktart	Backsteinfabrik, Mauerziegelwerk Hintermauerziegelwerk, Vormauerziegelwerk Porösbetrieb, Leichtziegelwerk Drainrohrwerk Dachziegelei, Flachziegelei Hohlziegelei, Falzziegelfabrik Dachziegelwerk Tonwarenfabrik, Kunstziegelei Verblendsteinfabrik Bauterrakottenfabrik Hourdisfabrik Klinkerwerk, Pflasterklinkerwerk Spaltplattenwerk, Flachstanzwerk

Tabelle 9: Entwicklung der Dachziegelwerke

Entwicklungsstufe/Zeit	Merkmale
Handwerkliche, rein manuelle Fertigung bis etwa 1850 - bis 400 n. Chr.: Legionsziegeleien, wenige Privatziegler - bis 14. Jh.: vorwiegend Klosterziegeleien und herrschaftliche Ziegeleien - bis 18. Jh.: meist Rats- und Kommunalziegeleien, Stadtziegeleien - ab 18. Jh.: viele dörfliche Ziegeleien, landwirtschaftliche Nebenbetriebe, Gutsziegeleien	Handstrich, Trockenschuppen und -scheunen, Kammeröfen, gemeinsamer Brand von Dachziegeln und Mauerziegeln, Saisonbetriebe Produktionskapazitäten: 0,01-0,45 Mio. Stück/Jahr Brennstoff: bis 1750 überwiegend Holz, ab 1750 Beginn der vereinzelt Verwendung von Steinkohle in den Ziegeleien
Vorindustrielle Fertigung, teilmechanisiert ca. 1850 – 1880	Formgebung mit Spindelpressen, Schlittenpressen Großraumtrockner, Kammerofen Kasseler Ofen, erste Ringöfen Produktion: 0,5-1,5 Mio. Stück/Jahr Brennstoff: allmählich überwiegend Kohle
Industrielle Fertigung, Dachziegelwerke der 1. Generation vollmechanisiert ca. 1880 – 1958	Revolverpresse – Batzenauflegen und Formlingsabnahme von Hand Kammertrockner Ring- und Zickzackofen Produktion: 1-10 Mio. Stück/Jahr Brennstoff: Fast ausschließlich Kohle Fabrikgebäude: mehrgeschossig
Dachziegelwerke der 2. Generation, teilautomatisiert ca. 1958 – 1970	Vollautomatische Revolverpresse Kammertrockner Durchlaufrockner Tunnelofen mit Mischbesatz Schamotte-Hilfsbesatz oder A-Besatz Produktion: 5-15 Mio. Stück/Jahr Brennstoff: Heizöl verdrängt die Kohle Fabrikgebäude: ebenerdig, eingeschossig
Dachziegelwerke der 3. Generation, vollautomatisiert ab 1970 bis heute	Vollautomatische Revolverpresse, automatisch beschickte Kammertrockner, Durchlaufrockner automatisches Setzen in U-Kassetten (ab 1970) oder H-Kassetten (ab 1980) Tunnelofen – Kassettenbrand Produktion: 10 – 25 Mio. Stück/Jahr Brennstoff: Erdgas löst Heizöl ab Fabrikgebäude: ebenerdig, eingeschossig
Dachziegelwerk der 4. Generation, computerisiert, roboterisiert, in Ansätzen ab 1990	Materialspezifische Aufbereitung konfektionierte Arbeitsmassen steifere Verpressung Schnelltrocknung Schnellbrand, teils in Rollenöfen Brennen ohne Brennhilfsmittel Einsatz von Robotern und Produktionsplanungssystemen Fabrikgebäude: teils Rückkehr zu mehrgeschossiger Bauweise, um Grundfläche zu sparen

Tabelle 10: Ziegeleimaschinenfabriken im 19. und 20. Jahrhundert (Auswahl, einige der Firmen sind heute nicht mehr existent)

Gründungsjahr	Aufnahme der Ziegeleimaschinenproduktion/ Umfirmierung	Firma
1848	1852 1872 1929	Hertel und Comp., Nienburg a.d. Saale Nienburger Maschinenfabrik AG „Nimag“ Sächsische Maschinenfabrik AG, Chemnitz, Abtl. Nienburger Maschinenfabrik
1850	1854 1907	C. Schlickeysen, Berlin Rixdorfer Maschinen-Fabrik GmbH, vorm. C. Schlickeysen, Rixdorf bei Berlin
1844	1865	Gebr. Sachsenburg, Roßlau a.d. Elb
1844	1872	Eisenwerk Weserhütte AG, Bad Oeynhausen
1857	1873	Hofmann & Zinkeisen, Zwickau i.S.
1874	1877 1898 1907 1939 1988 2000	Konstanzer Giesserei & Maschinenfabrik Rieter & Koller, Konstanz Akt.-Ges. Arthur Rieter, Konstanz Rieterwerke, Dipl. Ing. Walter Händle KG, Konstanz Rieter-Werke Händle GmbH & Co KG, Konstanz Rieter-Werke GmbH: Übernahme durch Fa. Ceric SA, Paris (gegr. 1960)
1879	1879 1936	H. Bolze & Co., Braunschweig Übernahme des Ziegeleimaschinenprogramms durch Händle/Mühlacker
1878	1880 1949 1991	Richard Raupach, Maschinenfabrik GmbH, Görlitz VEB-Keramikmaschinen KEMA, Görlitz KEMA Keramikmaschinenbau GmbH
1854	1880	Gebr. Tigges, Eisengiesserei u. Maschinenfabrik, Sünninghausen-Oelde i.W.
1882	1882 1945	Th. Groke AG, Ziegeleimaschinen, Merseburg Firma hört auf zu existieren
1888	1888 1945	Maschinenfabrik Roscher GmbH, „Maro“, Görlitz Firma geht in der VEB-KEMA, Görlitz auf
1870	1890 1985 1997 2000	Karl Händle & Söhne, Mühlacker Händle GmbH & Co KG, Maschinen und Anlagenbau Händle GmbH, Maschinen und Anlagenbau Fa. J.C.Steele & Sons, Inc., Statesville, NC USA (gegr. 1889) wird Mehrheitseigner
1890	1890 1987 1992 1994 2003	H. Breitenbach, Weidenau (Sieg) Konkurs, Übernahme durch Fr. Petersen Maskin-Fabrik (gegr. 1918) in Broager/Dänemark Beteiligung von Händle/Mühlacker an Fr. Petersen Weitgehende Selbständigkeit als Firma Petersen Service Petersen Service wird 100 %ige Tochter der Fa. Rehart GmbH, Ehingen (gegr. 1983, Extruderbau seit 1999)
1860	1899 1957	Gebr. Bühler, Uzwil/Schweiz Aufgabe des Ziegeleimaschinenprogramms
1899	1899	Nikl. Mennicken, Spezial-Maschinenfabrik für die Dachziegelindustrie, Aachen
1903	1903 1930 1969 1985	Griesemann & Co., Magdeburg Karl Leimer erwirbt Griesemann, 1948 Umzug nach Hannover Klaus Griesse, Ingenieurbüro, übernimmt die Karl Leimer KG Umwandlung in Griesse GmbH, Beteiligung v. Händle/Mühlacker
1855	1922	Freymatic AG, Fabrikation Georg Willy AG, CH-Felsberg (Hersteller automatischer Abschneider, benannt nach dem Konstrukteur Ernst Frey)
1926	1926	Braun GmbH, Ziegelmundstückbau, D-Friedrichshafen

Tabelle 11: Ziegeleitechnische Büros, Trockner-, Ofen- und Anlagenbauer

(Auswahl, einige der Firmen sind heute nicht mehr existent)

Gründungs-Jahr	Firma	Wichtige Entwicklungen (Auszugsweise)
1858	Friedrich Hoffmann (Ringofen-Hoffmann), Konstruktionsbureau, Berlin-Friedenau	Ringofen
1860	Jacob Bühler, Ziegeleitechnisches Büro, Konstanz, Büro besteht bis ca. 1965	Zickzackofen, Ventilatorzug Schnellbrennverfahren
1867	August Dannenberg, Baugeschäft und Technisches Büro für die Ziegel- und Kalkindustrie GmbH., Görlitz	Verbesserung des Schmauch-Verfahrens im Ringofen
1870 1879 2001	Georg Mendheim, Zivil-Ingenieur, Technisches Bureau, Berlin Übersiedlung nach München Übernahme durch die Fa. Riedhammer GmbH, Industrieofen-Anlagen, Nürnberg	Gaskammerringofen Umstellung vorhandener Öfen auf Generatorgasheizung Vorzugsweise Bau von Öfen für die Steinzeug- und Feuerfestindustrie
1873 1913	Otto Bock, Ziegelei-Ingenieur, Technisches Bureau, Berlin Adolf Nawrath, langjähriger Mitarbeiter von Otto Bock, übernimmt nach dessen Tod das Ingenieurbüro	Kanalofen, Erdringofen, Kammer-Ringofen mit überschlagender Flamme
1882 1991 1997	Karl Walter & Co., Zwinge a. Harz, später Hannover Firma hört auf zu existieren, Nachfolger: Walter-Craven Projects GmbH (Gesellschafter: Craven-Fawcett, GB-Wakefield 51% und Instalat BV/Nieder- lande 49 % Walter Ceramic Project GmbH/Laatzten- Hannover, alleiniger Gesellschafter Instalat Holding V, NL-Lent	Flachdecke für Tunnelöfen (1957) Ende 1970er/Anfang 1980er Jahre: Technische Federführung bei der schlüsselfertigen Errichtung „auf der grünen Wiese“ von über 15 Ziegelwerken mit Leistungen zwischen 30 und 120 Mio. Stück NF/Jahr
1894 2000	Keller & Co. Laggenbeck Übernahme durch Ceric SA/Paris: Keller HCW GmbH (HCW = "Heavy Clay Works")	Absetzwagen (1895), Karussellwagen, Hubgerüst (1908), Vollautomat, Typ Hörstel (1910), Lattenautomat (1958), Klimatrockner (1958), Intervalltrockner (1968), Düsenwandtrockner (1985)
1895	Rudolf Witte, VDZI, Osnabrück, später Berlin-Zehlendorf	Batterietrockner (Schrägtrockner)
1904 1973	Georg Zehner, Technisches Bureau und Baugeschäft für Ziegelei- und Feuerungs- anlagen, Langhecke, ab 1913 Wiesbaden Zusammenschluß mit der Firma Keramische Industrie-Bedarfs-KG, Paul Gatzke, Berlin	Reformofen (kontinuierlicher Kleinofen) Wechselstromtrocknerei mit horizontaler Luftbewegung (1925) Hallenofen (Querbrandofen) 1964 Bau einer eigenen Zehner-Technik Musterziegelei in Dernbach
1938	Hans Lingl, Anlagenbau und Verfahrens- technik GmbH & Co. KG, Neu-Ulm	Umlaufabschneider (1952), Durchlauftrockner (1954), Fließbetrieb im Ziegelwerk (1957), Dry-Seal-Tunnelofen (1986), Kassettentrockner (1995)
1953 1956	Herbert Thater Ing. Buero, Limassol/Zypern Tbi Thater KG, Schwarzenbeck	Pionierleistungen bei der Einführung der Zwangs- umwältrocknung und der Klimatrocknung, Armiertes Ziegelmauerwerk für Tonsilos, erstes vollautomatisches Flachziegelwerk mit U-Kassetten (1978)
1960	Ceric SA, Paris	Tunnelofen mit Flüssigdichtung (1985)
1962	Novokeram Max Wagner GmbH, Krum- bach (1962 Gründung durch Max Wagner als Einzelunternehmer, 1970 Übernahme der Schweizer Firma Novokeram)	Verbesserungen im Bereich der Trocknung (1974), Schnelltrockner „Laminaris“ (1995)
1963	KWS-Keramische und Wärmetechnische Anlagen Strohmenger GmbH, Neunkirchen am Brand	Rauchgasumwälzung, Längszielenbesatz, Tunnelofen mit fahrbarer Ofendecke (1986)
1965	Häßler Anlagenbau GmbH, Erbach	Schubumkehrverfahren für Tunnelöfen (1965), ofeninterne Schweltasgasverbrennung (1975), Jumbo-Kastenbeschicker mit hydr. Vorschub (1994)

Tabelle 12: Pioniere der Ziegeleitechnik (Auswahl)

Erfinder	Maßgebliche Entwicklung
Carl A. Henschel 1780 – 1861	Kasseler Ofen (1827) Henschel'scher Schlußziegel (ein Vorläufer des Falzziegels) und Kniehebelpresse (1832)
Carl Schlickeyesen 1824 – 1909	Vertikale und horizontale Schneckenpresse (1854 und 1865)
Friedrich Hoffmann 1818 – 1900	Kontinuierlicher Brennofen – Hoffmann'scher Ringofen (1858)
Jakob Bühner 1828 – 1914	Zickzackofen, Ventilatorzug und Schnellbrennverfahren (1868)
Hermann Seger 1839 – 1893	Untersuchungen über physikalische Eigenschaften der Tone, Gründer der „Thonindustrie-Zeitung“ und des „Chemischen Laboratoriums für Thonindustrie“ (1877) Entwicklung der Segerkegel (1886) und der Segerformel
Otto Bock 1850 – 1913	Kanalofen mit Sandrinne (1874) Erdringofen (1899)
Wilhelm Ludowici 1855 – 1929	Revolverpresse mit Malteserkreuz Falzziegel Z1 (1881)
Carl Keller 1847 – 1932	Absetzwagen (1894) Vollmechanisierung des Transports vom Mundstück bis zum Ofen (1910)
Georg Zehner 1871 – 1951	Reformofen (1910) Hallenofen (Querbrandofen) und Wechselstromtrocknerei (1925)
Hans Lingl sen. 1910 – 1983	Umlaufabschneider (1952) Div. Erfindungen zur Automatisierung der Ziegelherstellung (ab 1948)
Manfred Leisenberg 1911 – 1996	Elektrische Entformung von Stahlformen (1940) Plastizitätsregelanlage HOI-Meter (1957) Impuls Schwerölföuerung (1958), erstmals mit Elektronik
Carl Otto Pels Leusden 1932 – 1999	Basisuntersuchungen über den gesamten Prozeß der Ziegelherstellung Grundlagenforschung über den Wirkungsmechanismus der Schneckenpresse

Tabelle 13: Die Messen der Ziegeleimaschinenhersteller

Zeit	Messe
ab 1855	Landwirtschaftliche Ausstellungen
ab 1855	Weltausstellungen, u.a. Paris 1855, 1867, 1889, London 1862, Wien 1873
1910	Ton-, Zement- und Kalkindustriemesse Berlin
1938	Keramikmaschinenausstellung München
1953	Technische Messe Hannover
1972 1974 1978	ZAT – Ziegelausrüstung + Transport, Essen
ab 1979	Ceramitec München im 3-Jahresturnus, 1997 letztmalig Alte Messe bei der Bavaria, 2000 erstmalig Neue Messe am Flughafen

Zeit um	Werkskapazität Mio. NF/Jahr	Technologiestufe
1800	0,2 – 0,5	Rein manuell
1860	0,5 – 1,5	Teilmechanisiert
1910	2 – 3	Vollmechanisiert
1930	3 – 5	
1950	5 – 10	
1960	15 – 30	Halbautomatisiert
1970	30 – 60	
1990	80 – 150	Vollautomatisiert

Tabelle 14: Standardgröße und Technologie des Mauerziegelwerks

Tabelle 15: Verfahrensabläufe bei der Mauerziegelherstellung (Beispiele)

Handstrichziegelei um 1800 manuell Freilufttrockner + Meiler	Dampfziegelei um 1900 mechanisiert Großraumtrockner+Ringofen	Mauerziegelwerk um 2000 automatisiert Durchlauftrockner+Tunnelofen
<p>Stechen des Tons von Hand mit Hacke und Spaten, meist im Herbst.</p>	<p>Tongewinnung mit Dampfbagger (Abraumbeseitigung von Hand).</p>	<p>Rohstoffabbau periodisch durch Lohnunternehmer.</p>
<p>Transport des Tons mit Körben oder Schubkarren auf einen ebenen Platz zum Auswintern (Wintern oder Sommern).</p>	<p>Tonförderung mit kontinuierlichem Kettenaufzug und Muldenkipper auf Doppelgleis zum Sturzboden.</p>	<p>Rohstoffanfuhr per LKW und Aufschüttung in Freihalden, nach Sorten getrennt.</p>
<p>Zu Beginn der Saison: Herrichten des Trockenplatzes, d.h. die „Hagenfüße“, die ca. 15 cm hohen, 50m langen Erdsoclel, auf denen die Formlinge zu Hagen zum Trocknen aufgesetzt werden, von Unkraut befreien, ebnen und ausrichten. Die zwischen zwei Hagenfüßen liegenden ca. 6 m breiten Bahnen, den „Plan“, mit dem sog. Bahnhobel ebnen und reinigen. Vorbereiten des Ofenplatzes.</p>	<p>Entleeren der Kipploren auf dem Sturzboden. – Beschicken des Kollergangs von Hand. Rein fallende Bearbeitung über Kollergang mit Sammelteller, Walzwerk.</p>	<p>Aufnahme mit Schaufellader und Aufgabe in Kastenbeschicker, nach Sorten getrennt. Zusammenstellung des Masseversatzes durch volumetrische oder gravimetrische Dosierung und Beschickung der Aufbereitungsanlage bestehend aus Kollergang, Vorwalzwerk, Nachwalzwerk, Doppelwellenmischer mit Bedampfung sowie Tonsilo zum Puffern und Erzielen eines Maukeffekts.</p>
<p>Schichtweise Einlagerung des gewinterten oder gesommerten Tons in Sumpfruben, Zugabe von Sand bei fetten Tönen. Zerschlagen grober Schollen mit der Hacke, bewässern. Sumpfszeit über Nacht bis mehrere Tage.</p>	<p>Extrusion mit der Schneckenpresse sowie Abschneiden des Tonstrangs mit handbetätigtem Abscheider.</p>	<p>Extrusion mit Vakuumaggregat mit Bedampfung, Feuchteregelung, Evakuierung, Stranggeschwindigkeitsregelung sowie Hub- und Senkvorrichtung zur Anpassung der Austrittshöhe an unterschiedliche Formate.</p>
<p>Gesumpfter Ton wird auf dem Tretplatz, der mit Holzbohlen belegten Lehmtrate, mit den bloßen Füßen getreten bis zur notwendigen Plastizität. Erfüllte Einschüsse und Steine von Hand aussondern.</p>	<p>Abnehmen der geschnittenen Steine von Hand und Einsetzen in die Schaukeln eines vertikalen Steinelevators.</p>	<p>Schneiden der Formlinge mit dem Universalabscheider und digitaler Schnittlängenverstellung entspr. Format. Horizontales Drehen von jeweils zwei Formlingen um 90° und Gruppierung.</p>
<p>Mit einer Trage, dem „Vogel“, wird der fertige Ton vom Vogelträger zum Formtisch getragen und dort abgekippt.</p>	<p>Auf dem Trockenboden Herausnehmen der Formlinge aus den Schaukeln des Elevators und Beladen eines Handkarrens.</p>	<p>Zuführung der Formlingsträger direkt über Rückführgleis oder aus Palettenpeicher.</p>
<p>Der Streicher bricht vom Tonhaufen mit beiden Händen einen Batzen ab und wirft ihn mit Schwung in die bewässerte oder besandete Form, drückt die Ecken aus und streicht den überschüssigen Ton mit dem Streichholz ab.</p>	<p>Transport zu dem in Höhe der Ofendecke seitlich angeordneten Großraumtrockner.</p>	<p>Übergabe der Formlinge auf die Trockenguträger durch Abschieben der Formlingsreihe. Sammeln der Trockenguträger zu einem Teppich und etagenweises Einsetzen in die Trocknerwagen durch Kombilift.</p>
<p>Der Abträger trägt die Form mit den fertig gestrichenen Steinen zum Trockenplatz und kippt sie dort auf den Plan.</p>	<p>Einrücken in die Trocknergestelle.</p>	<p>Beförderung der beladenen Wagen über Kettentransporteur zur automatischen Fahrbühne, über die sie programmgesteuert in die Durchlauftrockner eingefahren werden.</p>
<p>Die angesteiften Steine werden seitlich aufgekantet.</p>	<p>Ausrücken der trockenen Steine und Beladen des Handkarrens.</p>	<p>Übernahme der mit getrockneten Formlingen belegten Trocknerwagen durch eine automatische Fahrbühne und Abschieben auf das Rücklaufgleis.</p>
<p>Die lederharten Steine werden zum vollständigen Trocknen zu Hagen gesetzt, mit 2 oder 3 Blättern, 14, 15 oder 16 Steine hoch, so daß oben eine Schräge entsteht, die mit Strohmatte als Regenschutz abgedeckt wird.</p>	<p>Transport zum Steinniederlaß und Einlegen in die abwärts gehenden Schaukeln.</p>	<p>Automatische Transporteinrichtung befördert Trocknerwagen zum Trocknerausgang. Etagenweises Entladen der Trocknerwagen durch Kombilift und Absetzen der Trockenguträger auf eine Zuführbahn. Gleichzeitige Abnahme der Formlinge von 4 Trockenguträgern und drehen um 90° durch Umsetzgreifer sowie wechselweises Absetzen auf zwei Gruppierbahnen.</p>
<p>Transport der trockenen Steine zum Ofenplatz, einer planierten Fläche mit einem leichten Gefälle zum Mittelpunkt, um die Standsicherheit der gesetzten Rohlinge zu gewährleisten.</p>	<p>Herausnehmen der trockenen Steine aus dem Schaukelevator und verladen auf Schubkarren.</p>	<p>Tunnelofenwagen werden unterhalb der Gruppierbahnen herangeführt und positioniert. - Automatischer Setzgreifer belädt Ofenwagen entsprechend dem Besatzschema mit Paketen oder Scheiben.</p>
<p>Setzen der untersten Lage aus gebrannten Steinen als Schutz gegen die Erdfeuchte.</p>	<p>Transport der trockenen Steine mit dem Schubkarren zum Ringofen.</p>	<p>Weitertransport der beladenen Ofenwagen über Flurseilanlage und Übernahme durch eine programmgesteuerte automatische Schiebepühne, welche die Wagen nach Bedarf in den Tunnelofen oder auf die Speichergleise schiebt.</p>

Fortsetzung Tabelle 15: Verfahrensabläufe bei der Mauerziegelherstellung (Beispiele)

<p>Aufsichten des Meilers, übliche Breite 80 Steine, 30 Lagen hoch. Zwischen den Schichten Einlagerung der Kohle. Luftzüge, Schürflöcher und Feuerkanäle werden beim Setzen eingebaut.</p>	<p>Einsetzen der Rohlinge nach besonderem Setzschemata mit Sohlkanälen und Heizschächten unter den Schürflöchern mit Hilfe der Setzlatte. Anbringen des Papierschiebers und Verkleben mit Ton an den Ofenwänden.</p>	<p>Eine Schleuse im Eingangsbereich schließt den Ofen jeweils beim Einschub eines neuen Wagens nach außen ab.</p>
<p>Abdecken des Meilers mit Strohmatte bei aufkommendem Regen.</p>	<p>Zusetzen der Ofentüre und verschmieren mit Lehmörtel.</p>	<p>Tunnelofenbrand mit verfahrenstechnischen Aggregaten, die in Verbindung mit einem Prozeßrechner den Brennbetrieb automatisch führen, wie z.B. Luftzündung im Vorfeuerbereich, Höchstgeschwindigkeitsbrenner in der Aufheizzone, Brennergruppen zur Nachführung der Brennkurve bis zur Garbrandtemperatur, Schnellkühlungsgruppen, obere und untere Direktabsaugung zur Ausregelung der Kühlkurve ober- und unterhalb des Quarzumwandlungspunkts, Zuluftspeisungsanlage für die Sekundärluftmenge.</p>
<p>Außenseite des Meilers mit Lehmörtel abdichten, „placken“ oder „beklatschen“ genannt.</p>	<p>Ringofenbrand, Arbeiten des Brenners: Schüttlochdeckel abheben, Feuer beurteilen und mit der Kohlschaufel Kohle aufgeben. Papierschieber abbrennen, Glocken einstellen, Schmauchhauben versetzen, Brennstoff mit der Schubkarre auf den Ofen fahren und verteilen.</p>	<p>An der Ofenausfahrt Übernahme der mit gebrannten Ziegeln besetzten Ofenwagen durch programmgesteuerte, automatische Fahrbühne, die sie je nach Bedarf zum Entladegleis oder auf die Speichergleise schiebt.</p>
<p>Meilerbrand: Anzünden mit Stroh- und Holzfeuer, Zugregulierung durch Öffnen und Schließen von Zugkanälen in Decke und Außenhaut. Aufstellen von Windschirmen, falls Wind aus der falschen Richtung bläst.</p>	<p>Ofentüre öffnen.</p>	<p>Auf dem Entladegleis Weiterleitung der Ofenwagen durch hydraulische Schubeinrichtung zur Entladestelle. Ein Entladegreifer nimmt komplette Brennpakete auf und setzt sie auf einen Zwischentisch mit Verdichterstation. Ausrichten und Verdichten vollständiger Versandpakete und Absetzen auf die von einem weiteren Greifer bereitgestellten Paletten.</p>
<p>Aufbringen einer Erdaufschüttung, wenn die Glut nach ca. 8 – 10 Tagen bis zur Decke gestiegen ist. Abkühlzeit ca. 10 – 14 Tage.</p>	<p>Ausfahren der Steine und der Aschenrückstände mit dem Schubkarren. Stapeln der Steine auf dem Hof.</p>	<p>Weitertransport der beladenen Paletten zur Umreifungsstation und Anbringung von horizontalen und vertikalen Bändern als Transportsicherung.</p>
<p>Nach dem Abkühlen: Abtragen von Decken und Seitenwänden.</p>	<p>Verkauf der Steine alternativ unsortiert oder sortiert als 1. und 2. Wahl.</p>	<p>Aufnehmen der Pakete von der Transportbahn durch einen Gabelgreifer und Absetzen auf einer Paketstaubahn. Die auf der Staubahn gespeicherten, fertigen Pakete werden von einem Hubstapler zum Lagerplatz transportiert.</p>
<p>Direkte Verladung der Steine vom Meiler auf Pferdefuhrwerke, mit Sortierung.</p>	<p>Verladen der Steine von Hand auf Pferdefuhrwerke – je nach örtlicher Situation mittels Schubkarren, auch Schiffs- oder Eisenbahnwaggonverladung.</p>	<p>Verladen der Versandpakete mit Hubstapler auf LKW.</p>

Tabelle 16: Spezifischer Arbeitszeitaufwand und Arbeitskräftebedarf bei der Mauerziegelherstellung

Zeit ab ca.	Technisierungs-Grad	Produktions-Arbeiterstunden h/1000 NF	Produktions-Arbeiter für 1 Mio.NF/Jahr
Um 1800	Manuell	52	20
1860	Teilmechanisiert	36	14
1912	Vollmechanisiert	14	6
1970	Halbmechanisiert	2	1
1980	Vollautomatisiert	0,5	0,25

Jahr	Anzahl der Werke		Anzahl der Beschäftigten		Jahresproduktion Mio. Stück*			
A. Reichsgebiet								
1886	17 800		95 000		545			
1905	14 200		171 000		1 280			
1925	5 500		106 000		890			
1935	4 300		189 000		895			
1939	4 200		96 000		1 085			
B. Alte Bundesrepublik (BRD) und DDR					Mauerziegel Mio. Stück		Dachziegel Mio. Stück	
	BRD	DDR	BRD	DDR	BRD	DDR	BRD	DDR
1950	1 832	**	72 000	**	4 375	1 360	895	270
1960	1 600	384	52 000	25 900	6 150	2 270	811	370
1970	946	246	29 700	16 000	4 800	1 280	355	180
1980	425	173	18 000	13 000	4 400	1 225	372	40
1989	290	136	11 600	11 000	3 770	1 105	470	13,5
C. Wiedervereinigte Bundesrepublik								
1990	325		14 273		4 570		500	
1995	216		14 988		5 793		822	
1999	201		13 206		5 104		950	
*Bis 1939 Mauerziegel und Dachziegel zusammen ** Angaben nicht verfügbar								

Tabelle 17: Ziegelwerke, Beschäftigte und Produktion in Deutschland von 1886 – 1999 (auszugsweise)

Tabelle 18: Erdgeschichtliche Formationen und darin entstandene keramische Rohstoffe: siehe Seite 85

Tabelle 19: Entwicklung von Rohstofflagertechnik sowie Sumpf- und Maukanlagenbau

Zeit	Entwicklung
Bis 1890	Haldenwirtschaft – Lagern des von Hand abgebauten Tons auf Freihalden zum Wintern
Ab 1890	Dachziegel- und Verblendsteinwerke ersetzen das Wintern durch das Lagern des Tons in Maukkellern oder Sumpfhäusern
1910	Erste mechanische Sumpfanlage (Kettensumpf, Greifersumpf)
Um 1920	Entstehung des sog. Sumpfhauses mit Längsbaggerung durch Einsatz des Eimerkettenbaggers
Um 1925	Sumpfbecken mit Befüllung durch Elektroschnellförderanlage und Entleerung durch Greiferkräne
Um 1928	Sumpfhaus mit Querbaggerung bei Ludowici in Jockgrim
1950	Kleinsumpf, System Migeon, für 360 – 600 cbm, mit Bodenrost und Bodenschichtentleerung
1953	Maukturm von Rieter mit feststehenden Ausräumschnecken und drehendem Boden für 120 cbm
1955	Sumpfhausquerbagger niedriger Bauart, dadurch erhebliche Einsparungen am Dachstuhl
1955	Rundsumpf für kleinere Betriebe bis ca. 500 cbm. Inhalt von Sporkenbach u.a.
1955	Kleinsumpf mit Fräsketten-Ausräumgerät für Bodenschichtentleerung von Händle
1960	Tonsilo mit drehendem Ausräumgerät und festem Boden mit 120 cbm Inhalt von Lingl/Händle
Ab 1965	Tonlagerhallen mit automatischer Befüllung und Schaufelladerentleerung
1966	Erster freischneidender Querbagger von Rieter
1969	Längs- und Querbagger mit Hydraulikhubwerk
1972	Längssilo von Händle
1978	Sumpfanlagen aus Betonfertigteilen
1980	Quersumpfanlagen mit 2-Stufenbetrieb: nach Vorzerkleinerung erste Einlagerung, danach Entnahme und Feinzerkleinerung mit billigem Nachtstrom und Wiedereinlagerung
1985	Erste vollautomatische Rundsumpfanlage mit 10 000 cbm Inhalt von Rieter
1990	SPS-gesteuerte Einspeichersysteme für Sumpfanlagen zum gezielten Mischbettauflbau

Tabelle 20: Entwicklung der Aufbereitungstechnik

Zeit	Entwicklung
Bis ca. 1800	Tretplatz (Trade) zum Treten des gesumpften Tons durch Mensch oder Tier.
Ab 1780	Tiergetriebene Rad- oder Fahrbahnen und Karrenmaschinen, allgemein als Traden bezeichnet.
ab 1830	Stehende Tonschneider, auch Tonmühle oder Kleimühle genannt, mit um diese herum angeordneten Sumpfbecke, zunächst für Zugtierbetrieb über Göpel, später auch mit Dampfkraftbetrieb.
Ab 1850	Einsatz von Walzwerken in Form von handbetätigten „Thonmühlen“ und größeren Walzwerken, die zunächst über Laufrad oder Göpel mit Zugtieren, später über Transmission betrieben wurden.
Ab 1850	Verwendung von Schlämmanlagen, mit Schlämmaschine und Absetzbecken.
Ab 1860	Entwicklung von Brechwalzwerken.
Ab 1870	Einsatz von Trockenkollergängen in England, in Deutschland in den Zecheziegeleien.
Ab 1870	Der Zentraltonschneider, ein großer liegender Tonschneider, oft mit vorgeschaltetem Walzwerk, wird Standardaufbereitungsanlage für Handstrichziegeleien.
Um 1870	Die Firma Leinhaas in Freiberg baut erstmals Naßkollergänge heutiger Bauart zur Zerkleinerung der harten Tone des sächsischen Erzgebirges.
Ab 1880	Entwicklung der heute als „klassisch“ geltenden Aufbereitung, bestehend aus Kollergang und Walzwerken, evtl. noch mit Mischer.
1880	Maschinelles Tonreiniger, bestehend aus einem liegenden Tonschneider mit zwei mechanisch verschiebbaren Sieben von Th. Groke, Vorläufer des heutigen Doppelwellensiebmischers mit hydraulischer Siebverschiebung.
Um 1885	Steinaussonderungswalzwerk mit zwei bis vier Arbeitswalzen von A. Kuhnert & Co., Meißen.
1889	Erster Kollergang mit zwei Mahlbahnen, von Rieter 1901 patentiert.
1904	Erste Rundbeschicker von O. Erfurth, Teuchern.
1905	M. Bohn, Nagyikinda, Ungarn, erhält Patent auf Tonreiniger, eine liegende Schneckenpresse mit gelochtem Preßzylinder und einem durch Schieber verschlossenen Preßkopf. Eine Nachfolgemaschine ist der 1960 patentierte Kneiter-Filter von Bedeschi.
1905	Sammelteller mit Transportschnecke von C. Schmelzer, Magdeburg, um 1930 von Weserhütte, Bad Oeynhausen in verbesserter Form als Maukmischer auf den Markt gebracht
1906	Händle, Mühlacker, entwickelt den Kastenbeschicker, in der Patentschrift von 1907 „Beschickungsvorrichtung für leicht anbackende Massen, insbesondere Ton und dergl.“ genannt.
1908	Der Schweizer Paul Baur, Brugg, erfindet das Mischkollergang, 1970 als Rotorfilter in modifizierter Form erneut auf den Markt gebracht.
Um 1910	Einführung der Differential-Feinwalzwerke, bei denen die beiden Walzen mit verschiedenen Drehzahlen laufen, um ein zusätzliches Zerreiben des Tons zu erreichen.
Um 1925	Erste Versuche zur Heißaufbereitung mit Warmwasser und Dampf.
1928	Fa. Roscher (Maro) in Görlitz entwickelt und patentiert den Tonraspler. Da auch der Name geschützt war, wurde die Maschine als Siebrundbeschicker nachgebaut und weiterentwickelt.
1953	Ton-Misch-Schleuder von Fa. Tigges zur intensiven Mischung durch schnelllaufende Schleudermesser (500 – 2000UpM), modifiziert ab 1965 von Händle als Prallfräse gebaut.
1957	Wälzmischer „Pero-Kontinu“, auch als Heißaufbereitungsaggregat, von Kerama, Osnabrück.
1959	Tonaufschlußmühle (Eirich-Mühle) von Eirich, eine Planscheibenmühle zur Feinzerkleinerung.
Um 1960	Einführung von Gleichlauf-Schnellläuferwalzwerken für die Feinzerkleinerung.
Um 1960	Bau von Vorschäumern für Polystyrol zur Porotonherstellung von Händle.
1965	Tonstar von Rieter, eine Art liegender Tonschneider mit Siebzylinder und Siebkopf, Brecherhaspeln und Messern zur Zerkleinerung grubenfeuchter Schollentone.
1973	Hydrokollergang von Händle mit in den Läufern integrierten hydraulischen Radnabenmotoren.
1974	Doppelwellenknetraspler von Händle – eine Alternative zum Kollergang bei trockenen Tonen.
1978	Siebbrechmischer von Rieter – ein modifizierter Siebrundbeschicker für Grubentone.
1980	Erstes Feinwalzwerk mit hydraulisch vorgespannter Einzelschwinge von Rieter.
1982	Hydraulikwalzenbrecher mit an das Brechgut anpaßbarem Drehmoment von Händle.
1983	Steinaussonderungsbrecher von Händle.
1987	Kollergang mit mittlerer Materialaufgabe von Rieter.
Ab 1990	Die MPS-Walzenschüsselmühle, von Pfeiffer um 1960 als Zementmahlanlage entwickelt, bekommt als Mahltrocknungsanlage in Verbindung mit dem Triplex-Dreizugtrockner Bedeutung für die Feinzerkleinerung ziegeleikeramischer Rohstoffe.
1995	Kollergang mit vier Läufern für hohen Durchsatz oder intensive Zerkleinerung von Bedeschi und Händle auf den Markt gebracht. (Bereits 1906 hatte M. Neumann in Rummelsburg bei Berlin ein Patent auf einen „Naßkollergang mit zwei Läuferbetten“ mit vier Läufern erhalten.)

Tabelle 21: Entwicklung der Formgebungstechnik

Zeit	Entwicklung
Bis 1945	Handstrich mit hölzernen oder eisernen Formen, ausgebildet als Einlings-, Doppel- oder Mehrfachformen, beim Sandstrich mit, beim Wasserstrich ohne Boden.
1610	Versuche der Ziegelherstellung mit handbetriebener Kolbenpresse von John Etherington/England.
1799	Streichmaschine von Kinsley, 1813 verbessert, mit stehendem Tonschneider, der den Ton in eine darunterliegende Form preßt, aus der die Formlinge mit einem eisernen Stempel ausgestoßen werden.
1807	Erste Strangpressen in Form von Kolben- und Schneckenpressen, von Heusinger von Waldegg 1867 als „Maschinen welche ein fortwährendes Band von Thon erzeugen und dasselbe nachher in einzelne Stücke zerschneiden“ kategorisiert, so z.B. 1807 die Maschine von Hostenberg, Petersburg 1828 die von George, Lyon, 1845 die von Richard Weller bei Cappel, 1856 von Frederic Ransome und 1859 von Randal und Saunder, eine Doppelschneckenpresse
1852	Der Ingenieur A. Houget in Hannover konstruiert eine Friktionspresse zum Nachpressen von Mauerziegeln, womit die bisherigen einfachen Tritt- und Handhebelpressen abgelöst wurden.
1854	Carl Schlickeysen konstruiert die „Schraube für plastische Körper“, die er in einen mit einem Mundstück versehenen stehenden Tonschneider einbaut. Der Antrieb erfolgt durch Pferde über Göpel. Leistung 3000 Steine pro Tag. Damit beginnt der Siegeszug der Strangpresse.
1858	Die erste mit Dampfkraft betriebene Schlickeysen-Presse wird an die Firma C. Schneider in Roßlau a.d. Elbe geliefert. Leistung 8000 – 16 000 Steine pro Tag.
1861	Erste Walzenpresse von Sachsenberg in Rosslau.
1865	Schlickeysen führt die Liegende (horizontale) Schneckenpresse ein.
1866	Erste Revolverpresse von Jean Schmerber, Tagolsheim/Elsaß, konstruiert nach den Angaben der Gebr. Gilardoni, Altkirch, die 1841 den Herzfalzziegel erfunden hatten.
1867	Auf der Weltausstellung in Paris wird die Schmerber'sche Revolverpresse zur Herstellung von Falzziegeln, über Gipsformen gepreßt, erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt.
1873	Erste Trockenpresse wird auf der Weltausstellung in Wien gezeigt.
1874	Die Schneckenpressen werden mit Speisewalzen ausgerüstet, zunächst mit einer, später mit zwei. Die Speisehaspel kam um 1930 auf.
1881	Ludowici erhält das Patent Nr. 17449 für seine Erfindung des Pressensterns, des sog. Malteserkreuzes, mit dem die Revolverpresse wesentlich verbessert wird.
1881	Schlickeysen erfindet die abnehmbaren Schneckenbeläge.
1885	Czerny gelingt mit einer hydraulischen Trockenpresse und einfachem Formkasten eine Tagesproduktion von 5000 Steinen. Die hydraulische Presse selbst wurde 1795 von Joseph Bramah in London erfunden.
1890	Die Trockenpresse in Form von Exzenter- und Kniehebelpressen findet Eingang in die Ziegelindustrie, kann sich aber nicht durchsetzen.
1900	Erste systematische Arbeiten auf dem Gebiet der Vakuumverpressung in Amerika.
1902	Der Keramikingenieur Stanley erhält in Chicago das Erstpatent auf eine Entlüftungsmaschine für verformte keramische Massen
1906	Automatische Entgrater für Dachziegelrevolverpressen kommen auf den Markt.
1920	Erste brauchbare Vakuumpressen in den USA, gebaut nach den Patenten von Stanley von den Firmen Chambers Brothers in Philadelphia und Bonnot in Canton (Ohio).
1932	Das Verfahren der Vakuumverpressung wird erstmals in Deutschland publiziert. Karl Leimer, Magdeburg entwickelt und patentiert mit Dr. Dürst eine neue Bauart der Vakuumpresse.
1933	Erste Vakuumpresse von Händle und Raupach nach Patenten von Dr. Dürst auf dem Markt.
1937	Vakuomaggregat als Kombination von Doppelwellenmischer, Vakuumkammer mit Schnitzelvorrichtung und Schneckenpresse von Händle.
Ab 1950	Arbeitsformen mit Gummifolie für Pressdachziegel.
1952	Mechanische Firstziegel-Drehtischpresse für Dachziegelzubehör von Händle.
1958	Erste vollautomatische Dachziegelrevolverpresse von Rieter bei Firma Emil Bott, Rauenberg.
1958	Einführung der Heißverformung durch Dampfzugabe im Mischer.
1959	Erste patentiert Mehrfelderrevolverpresse von Rieter, eine Zweifelderpresse. Es folgen 1960 die 3-, 1966 die 4- und 1975 die 5-Felderpresse.
1967	Einführung eines Preßformensystems zum Lösen der Preßdachziegel mittels Elektroschock.
1967	Einführung der Steifverpressung in Deutschland durch Händle mit speziell entwickeltem Steifextruder für Preßdrücke bis 100 bar.
1974	Europresse, eine Rotorstrangpresse von Rieter.
1977	Erste vollautomatische Drehtischpresse für Dachziegelzubehör von Rieter.
1991	Hydraulische Mehrfelder-Dachziegelpresse mit Dreifachpressung von Rieter.
1993	Doppelwellenextruder von Händle für breite Flachstränge oder mehrsträngigen Austritt.

Tabelle 22: Entwicklung der Trockentechnik

Zeit	Entwicklung
Bis 1950	Freiland- oder Planntrocknung unter freiem Himmel; Aufsetzen der angesteiften Formlinge in Hagen und Abdecken mit Strohmatten
Ca. 1750 – 1850	Trockenscheuer, Ziegelscheune oder Ziegelstadel mit Trockengerüsten
Ca. 1800 – 1920	Freilufttrockner, Trockenschuppen für Handbeschickung, Trockenzeit 5 – 20 Tage
1910 – 1970	Großraumtrockner, oberhalb und seitlich großflächiger Öfen (Kammer-, Ring- und Zickzacköfen) zur Ausnutzung der Ofenabwärme, später zusätzlich mit Rippenrohrheizung
1910 – 1989	Freilufttrockner mit Trockengerüsten für Absetzungenbetrieb
1867	Erster deutscher Kammertrockner von Mensing, mit von Ofenabgasen durchströmten 5 m langen Kammern
Ab 1870	Einführung der künstlichen Trocknung durch Kanaltrockner in Nordamerika
1875	Albin Schaaf aus Halle-Planena entwickelt und baut einen Schrägtrockner für Dachziegel, von Witte um 1905 als Batterietrockner und von Rauls um 1925 als Rutsch-Trockner modifiziert
1897	Kanaltrockenanlage nach dem Gleichstromprinzip mit seitlicher Umwälzung durch Schraubenlüfter von Möller und Pfeiffer
1898	Kammertrockner von Carl Keller, von ihm „Gangtrockner“ genannt, reiner Auftriebstockner mit Dampfheizung, Decken mit Strohmatten abgedeckt
1903	Einführung der sog. Gebläseheizung in Großraumtrocknereien über dem Ofen bei den Brüggener Tonwerken; englischen Ursprungs, bestehend aus Exhauster, der die Kühlluft aus dem Ofen absaugt und über Rohr- und Ausblasleitung in die Trocknerei führt
1925	Wechselstromtrocknerei mit horizontaler Luftführung mit periodischer Änderung der Stromrichtung von Zehner
Ca. 1930 - 1960	Kombination Freilufttrockner zur Vortrocknung und Kammertrockner zur Endtrocknung
1944	Schaukeltrockner für Dachziegel in der Schweiz, 1952 erstmals in einem süddeutschen Dachziegelwerk; Trockenzeit: Biber 12 – 18 h, Falzziegel 16 – 22 h
1949	Klima-Kammertrockner von Keller und Zehner, mit gleichzeitiger Regelung von Trockentemperatur und Luftfeuchte, Trockenzeit bei Falzziegeln 2 ½ Tage
1950	Umwälztrockner mit Innenheizung, patentiert von Spingler, Trockenzeit von 2 ½ Tagen
1953	Rhythmische Trocknung durch Rotomixair-Apparate, System Fagioli-Marelli, ab 1967 Typ Niesper, ab 1970 durch Novokeram in Deutschland vertrieben, in bestimmtem Rhythmus drehende Anblasung der Formlinge bei waagrechttem Luftaustritt
1954	Durchlaufrockner von Lingl
Ab 1958	Schnelltrockner, vornehmlich in Frankreich (Typ Grimal, Univelo) und in Italien (Type Moccia, Siena) mit Hängewagen oder Rollenbahnen
1968	Intervall-Trockner von Keller, bei dem große Luftmengen mit hohen Turbulenzen in Intervallen mit wechselnder Luftführung den Formling umspülen
1971	Düsentrockner, „Minutentrockner“, Einlage-Durchlauf-Bandtrockner bei Fa. Löhlein, Künzelsau, entwickelt in Zusammenarbeit mit dem Institut für Ziegelforschung e.V., Essen, gebaut von Thater; Trockenzeit 30 – 40 Minuten
1985	Düsenwandrockner von Keller, mit horizontaler Querumwälzung von zwangsgeführter Luft mit intermittierender Luftführung durch mobile Schlitzdüsenwand, als Kammer- oder Tunnelrocknerausführung
1995	Zwangsdurchströmte, einlagige Schnelltrockner: Kassetten-Schnelltrockner von Lingl, „Laminaris“-Schnelltrockner von Novokeram; Trockenzeit 45 – 78 min bei Hochlochziegeln

Tabelle 23: Entwicklung der Brenntechnik

Zeit	Entwicklung
9000 v. Chr.	Erste technische Anwendung des Feuers zum Brennen von Gefäßkeramik.
6500 v.Chr.	Anfänge des Meilerbrandes.
4000 v.Chr.	Ziegelöfen in Mesopotamien.
300 v.Chr.	Entwicklung der römischen Ziegelbrennöfen.
ab 80 n.Chr.	Römische Ziegelöfen und Meilerbrand im besetzten Germanien.
um 1200	Entstehung der Feldöfen mit festen Seitenwänden.
1380	Erster in Deutschland urkundlich erwähnter fest gemauerter Ziegelofen in Bitterfeld.
Bis 1800	Allgemeine Verwendung von Meilern zum Ziegelbrennen.
Um 1400	Aus den Meilern entstehen oben offen Feldöfen mit zwei und der Altdeutsche Ofen mit vier feststehenden Umfassungsmauern und gemauerten Feuerungen
1776	Entwurf eines Ziegelofens, der den Grundgedanken des späteren kontinuierlichen Ziegelofens enthält, durch den Ziegelbrenner Joh. Georg Müller in Berlin: sechs Einzelöfen, die der Reihe nach derart angeheizt werden konnten, daß die abziehenden Gase zum Vorwärmen der noch nicht angeheizten Kammern dienten.
1820	Erster überwölbter Deutscher Ofen, auch Stock- oder Schachtofen genannt, von Walmann in Ossenheim, Hessen, gebaut.
1827	Oberbergrat Carl Anton Henschel konstruiert für seine Ziegelei in Möncheberg bei Kassel einen „Ziegelflammofer“, als „Kasseler Ofen“ 50 Jahre lang einer der meistverwendeten Ziegelöfen.
Ab 1835	Partialöfen, Teilringöfen, sog. Halbkontinuierlicher Ofen, ein verlängerter Kasseler Ofen mit Rostfeuerung im vorderen Teil und anschließender Schüttfeuerung über Heizlöcher in der Ofendecke
1839	Polygonöfen von Maurermeister Arnold in Fürstenwalde, ein Verbundofen aus sieben Kammern, die ringförmig um den Schornstein gruppiert waren. Ähnliche Öfen werden von Maille in Villeneuve le Roi in Frankreich und Pippow in Stolp gebaut. Der Arnold'sche Ofen diente später zur Anfechtung des Ringofenpatents von Hoffmann.
1840	Jordt und Holler erhalten in Flensburg ein dänisches Patent auf einen Tunnelofen.
1853	In Frankreich erfindet Demimiud einen Tunnelofen mit feststehendem Feuer, dessen Sohle 25 – 50° geneigt war, und in dem die mit der zu brennenden Ware beladenen Wagen von oben nach unten gelangten. Ähnliche Öfen wurden vorgeschlagen von Rasch, der 1854 im damaligen Königreich Hannover ein Tunnelofenpatent erhielt, und Paul Borrie, Commercy bei Paris, dessen Ofen als „Continuierlicher Brennofen mit Eisenbahn“ und „Röhrenofen“ bezeichnet wurde.
1858	Baurat Friedrich Hoffmann, Berlin, und Stadtbaurat A. Licht, Danzig, erhalten am 27.Mai das preußische Patent für einen „ringförmigen Ofen zum ununterbrochenen Betrieb beim Brennen aller Arten Ziegeln, Tonwaren etc.“, der als Hoffmann-Ofen oder kurz Ringofen die Brenntechnik der folgenden 100 Jahre bestimmte.
1859	Der erste kreisrunde Hoffmannsche Ringofen geht am 22.November in Scholwin bei Stettin in Betrieb. 1866 gab es 300, 1870 – 600 und 1876 bereits über 2000 Ringöfen weltweit.
1864	Aus der kreisrunden Bauart des Ringofens wird die längliche Grundform mit der Bezeichnung „Oblongen-Ringofen“ oder „Parallel-Ringofen“. Die beiden parallelen Brennkanäle waren zunächst durch Halbkreisstücke miteinander verbunden, den sog. „Krummkammern“, später durch gerade Verbindungskanäle, um das Setzen von Keilblättern zu vermeiden.
1865	Escherich beheizt als erster den Ringofen mit Gas.
1866	Mendheim entwickelt den Gaskammerringofen.
1867	In Varelerhafen/Oldenburger wird der erste torfbeheizte Ringofen in Betrieb genommen
1868	Jacob Bühler erfindet den Zickzackofen, auch als „Verkürzter Ringofen“ und „Bühler-Ofen“ bezeichnet. Bühler verwendet den Ventilatorzug und gilt damit als Schöpfer des Schnellbrennverfahrens.
Um 1870	Kammeröfen mit überschlagender Flamme zum Brennen von Erzeugnissen mit gesinterten Scherben wie z.B. Klinkern.
1873	Otto Bock meldet in Preußen den ersten brauchbaren Tunnelofen als „Kanalofen“ zum Patent an. Seine grundlegenden Verbesserungen sind die Sandrinne und die Verbindung der Ofenwagen durch Nut und Feder zur Abdichtung des Ofens nach unten und zum unteren Begehkanal. Insgesamt baute Bock ca. 80 Tunnelöfen, einen 1875 bei Fikentscher in Zwickau, der noch 1925 in Betrieb war.
1878	C.W. Siemens in London wird ein ringförmiger rund um einen Schornstein verlaufender Tunnelofen patentiert. Später wird eine ähnliche Konstruktion von Ladd in Amerika oft gebaut.
1889	Erster Tunnelofen zum Brennen von Ziegeln als Zweibahnofen mit Ölfeuerung von Anderson in Amerika erstellt.
1904	Erdringofen von Bock, von ihm als „Ringofen ohne Gewölbe“ bezeichnet.
1908	Reformofen von Zehner, ein vereinfachter Zickzackofen ohne Sohlkanäle, Rauchsammler als isolierter Blechkanal usw. für kleinere Ziegeleien, d.h. Wochenleistungen von 20 – 50 000 Ziegeln.

Fortsetzung Tabelle 23: Entwicklung der Brenntechnik

1916	Selbsttätige Schürapparate „Ofenbeschicker“ für Ring- und Zickzacköfen lösen allmählich die bis dahin praktizierte Handschüttung mit der Kohleschaufel ab.
1925	Hallenofen von Zehner, auch Querbrandofen genannt, eine Abart des Reformofens für Tagesleistungen bis 100 000 Ziegeln, bei dem die Trennwände der Kammern nicht fest gemauert sind, sondern immer neu mit Formlingen gesetzt werden.
1947	Die englische Firma Gibbons baut in Holland Tunnelöfen für Mauer- und Dachziegel. Der belgische Ofenkonstrukteur MacAleavy baut in Belgien und Frankreich für die Grobkeramik Tunnelöfen mit 4 Seitenbrennern. 1956 erwirbt Zehner die Lizenz für die MacAleavy-Patente und baut nach entsprechender Modifikation bis 1964 rd. 150 dieser seitengefeuerten Tunnelöfen.
1951	„Schultheiß-Ofen“, ein Parallelringofen mit abnehmbarer Ofendecke sowie Beschickung und Entleerung von oben mit einem Laufkran, eine Entwicklung der Firma Gebr. Schultheiß in Spardorf bei Erlangen und der Ofenbaufirma R. Jacob, Schwarzenbach/Saale wird gebaut und patentiert.
1953	Auf der Ziegelei Riedel in Döbeln/Sachsen wird ein kohlebefeuerter Tunnelofen gezündet, Kanallänge x Breite 50,0 x 1,5 m, Leistung 3 – 4 Mio. NF/Jahr, konstruiert von Ing. Helmut Miersch, 1949 Absolvent der Zieglerschule Zwickau und später Direktor des Instituts für Grobkeramik Großräschen. Es war der erste in der DDR noch privat gebaute Tunnelofen.
Um 1957	Beginn des Umbaus von Ring- und Zickzacköfen auf Hubstaplerbetrieb mit entsprechend breiten Ofentüren.
1958	Einführung der doppelten Sanddichtung beim Tunnelofen durch Riedel.
1958/59	Erster Tunnelofen mit neuartiger Hängedecke von Lingl/erster Tunnelofen von Keller, Typ M1, in Zusammenarbeit mit Fa. Meyer/Holsen. Die übrigen Ofenbauer, u.a. Riedel, Bornkessel, Hässler, Jacob und Walter, folgen, wobei alle deckengefeuerten Öfen einsetzen.
1960	Seitliche Abdichtung der Tunnelofenwagen durch Sandrinne mit Wasserfüllung von MacAleavy und Zehner.
1960	Ausfahrtore mit eingebauten Schiebeluftventilatoren zur Verminderung des Druckgefälles zwischen Brennkanal und Umgebung von Riedel, später auch von anderen Firmen.
1961	Kammertunnelofen, System Friedrichshafen, eine Entwicklung der Zeppelin-Metallwerke, Friedrichshafen, daher auch Zeppelinofen genannt, mit Vorwärm-, Brenn- und Kühlkammer, mit Überdruck arbeitend, Brennzeit 15 h.
1963	Einführung der Luftsturzkuhlung für Tunnelöfen von Lingl zur Ausnutzung der hohen zulässigen Kühlgeschwindigkeit bis zum Quarzsprung.
Ab 1964	Trend zum Flachbrand-Einlagertunnelofen, ab etwa 1970 zum breiten Tunnelofen bis 10 m Breite.
1965	Stirnseitiger Rauchgasabzug im Tunnelofen durch Riedel, später Keller.
1967	Tunnelofen mit Längsschlitz für kontinuierlichen Wagnervorschub von Lingl.
1968	Schnellabkühlung von Ceric/Paris, 1972 Luftsturzkuhlung von Thermo.
1969	Erster Lingl-Tunnelofen mit Wasserschnellkuhlung in den USA, 1973 Wassersturzkuhlung von Leisenberg.
1971	Stahlmantelofen in Modulbauweise mit Fertigteilen von Ceric, sog. „Casing-Tunnelofen“. Erster Stahlmantelofen von Lingl 1886, Keller 1988.
1972	In der DDR Entwicklung eines Kurztunnelofens aus Fertigelementen als Montageofen zur Modernisierung von Ringofen-Ziegeleien. 50 m lang für Leistungen von 6 – 10 Mio. NF/Jahr.
Ab 1975	Trend zum periodischen Ofen – Herdwagenofen, Shuttle-Ofen – zum Brennen von Zubehör.
1979	Gegenlaufofen von Riedel.
1982	Beginn der Computerzeit im Ofenbau durch Einsatz von Prozeßrechner-Regelanlagen.
1986	Hängeofen für Dachziegel von Strohmenger, bei dem die Dachziegel mittels einer später abzuschlagenden Nase einzeln und berührungslos in eine Spezialaufhängung der Tunnelofenwagen gehängt werden, die gleichzeitig als fahrbare Decke ausgebildet ist.
1987	Ceric führt den bereits 1981 patentierten Hydrocasing-Ofen ein: ein Tunnelofen mit Flüssigdichtung (Wasserbad) unter den Ofenwagen zur Vermeidung von Falschluf aus dem Unterwagen-Kanalbereich. Lingl löst dieses Problem mit dem patentierten „Dry-Seal-Ofen“ auf „trockenem Weg“ mit Querschieber-Dichtungen, einem Wagendichtungssystem ohne Sandrinne.
1987	Herdwagen-Haubenofen, Typ Krokodil, von Keller zum Brennen von Dachziegeln und dickwandigen Sonderformaten, auch für reduzierenden Brand.
1990	Doppeletagen-Rollenofen zum Brennen von Hintermauerziegeln von Mori.
Ab 1990	Umsetzung der Schnellbrandtechnik (Brennzyklen <10h) in die Praxis.
1996	Patentiertes Verfahren von Lingl, nach dem Dachziegel mit angeschliffenen Standflächen in Querreihen berührungslos, frei auf dem Ofenwagenplateau stehend, gebrannt werden.

Tabelle 24: Brennzyklen verschiedener Ofenarten

Ofenart	Brennzyklus
Ziegelmeiler	4 – 10 Wochen*
Deutscher Ofen	6 – 15 Tage*
Kasseler Ofen	5 – 14 Tage*
Kammerofen mit überschlagender Flamme	8 – 17 Tage*
Ringofen/Zickzackofen	5 – 24 Tage**
Konventioneller Tunnelofen	20 – 120 h°
Schnellbrand-Tunnelofen	4 – 16 h°
Herdwagen-Ofen Shuttle-Ofen	22 – 72 h°
Rollenofen	2,5 – 9 h°

- * Brennzyklus einschl. Setzen und Ausbringen
- ** Ofenumbrennzeit einschl. Setzen und Ausfahren
- ° Von kalt zu kalt, unterschiedlich je nach Produktart: Hintermauerziegel, Klinker, Dachziegel

Zeit	Entwicklung/Brennstoffart
Bis 1750	Überwiegend Verwendung von Holz.
1638	Erste bekannte Verwendung von Steinkohle in einer Ziegelei in England.
Ab 1750	Beginn des Abbaus von Steinkohle im Saar- und Ruhrgebiet (in Oberschlesien gegen Ende des 18. Jh.'s), Inbetriebnahme der ersten Braunkohlengruben in der Nähe von Halle und damit auch Beginn der Verwendung von Kohle in den Ziegeleien.
1791	James Parker wird das Brennen der Ziegel mit Torf patentiert.
Ab 1850	Ausbau der großen Steinkohlenreviere und Beginn des Eisenbahnverkehrs. Damit wird Kohle allmählich zum fast ausschließlichen Brennstoff der Ziegeleien.
1959	Umstellung des ersten Ziegelofens auf Erdgas.
Ab 1960	Kohle wird durch Heizöl verdrängt, u.a. auch wegen der Umstellung vom Ring- und Zickzackofen auf den Tunnelofen.
1969	Erstmalige Verwendung von Flüssiggas zum Ziegelbrand.
Um 1970	Heizöl wird durch Erdgas abgelöst, das 1988 einen Anteil von 72 % erreicht.
1980 – 1984	Kurzzeitige Renaissance des Kohlebrands als Folge der Ölkrise 1973/74 und der Energiekrise.
1983	Erstmals Verwendung von Biogas aus einer Mülldeponie in einem Ziegelwerk in Nordrhein-Westfalen, bleibt aber auf Einzelfälle beschränkt.

Tabelle 25: Entwicklung des Brennstoffeinsatzes zum Ziegelbrand

Tabelle 26: Entwicklung des innerbetrieblichen Transports

Zeit	Entwicklung
Bis 1800	Innerbetrieblicher Transport wird überwiegend durch menschliche Arbeitskraft ausgeführt. Die älteste Art der Beförderung – das Tragen – hat noch große Bedeutung.
Um 1890	<p>Menschliche Arbeitskraft immer noch sehr bedeutend.</p> <p><u>Transportmittel für Grubenton:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gleisbetrieb mit 500 oder 600 mm Spurweite, Loren oder Muldenkipper 0,3 – 0,7 cbm Inhalt, - Ketten- und Seilauzüge auf schräger Ebene für Muldenkipper, ein- oder zweigleisig für Entfernungen von 30 – 100 m, - Bremsberge, zweigleisig, zum Herablassen beladener Loren aus einer Grube, die höher liegt als die Ziegelei, - Seilbahnen mit auf Schienen laufenden Loren. <p><u>Transportmittel innerhalb der Ziegelei:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Etagenwagen auf Schienen zur Beförderung von Formlingen, - senkrechte Elevatoren und Niederlässe zum Hinauf- und Hinabbringen von Etagenwagen zu und von höhergelegenen Trocknern, - Schaukelevatoren mit freitragenden Schaukeln, - endloser Kreistransporteur, der durch alle Stockwerke der Ziegelei läuft.
1894	Absetzwagen von Carl Keller, der in Verbindung mit dem „Schwedischen Elevator“, den Keller wesentlich verbessert, die Basis für das Kellersche Absetzwagensystem bildet.
1908	Einkarrwagen, sog. Karussellwagen, und Umlader von Keller.
1910	Erster Vollautomat für Mauerziegel, Typ Hörstel, von Keller, der die Formlinge automatisch schneidet, selbsttätig auf Holzrahmen setzt und in den Elevator einhebt.
1925	Vollautomat Typ Westfalia von Keller, ermöglicht die Verwendung loser Latten als Formlingsträger.
1928	Kolonnen-Schaukel-Elevator von Keller.
1931	Vierseitiges Hubgerüst für gleichzeitiges Einrüsten von Formlingen und Ausrüsten getrockneter Formlinge.
1948	Vollautomatische Abnahme- und Absetzvorrichtung für Strangdachziegel von Lingl.
1951	Erste Setzmaschine für Tunnelofenwagen-Beladung von MacAleavy in Boom/Belgien.
1952	Umlaufabschneider von Lingl.
1954	Erstes Speichergerüst von Recknagel, angeordnet vor den Elevatoren und Niederlässen der Naß- und Trockenseite, die damit unabhängig voneinander arbeiten können.
1956	Seilzug und Schubwagen für den Tunnelofenwagentransport von Vollert.
1957	Automatisches Be- und Entladesystem für Durchlauftrocknerwagen von Lingl, ermöglicht den Fließbetrieb in der Kombination Durchlauftrockner und Tunnelofen.
1957	Erster Absetzwagen mit elektrischem Antrieb von Keller.
1960	Entwicklung des HULO-Transportsystems in Holland, bei dem das nach dem Trockner für Hubstaplertransport zusammengestellte Formlingspaket in seiner ursprünglichen Form bis zum Maurer auf der Baustelle beibehalten wird.
1960	Einführung des A-Besatzes für Dachziegel auf Tunnelofenwagen.
1962	Transportplattenkette zur Ofenwagensetzstelle mit automatischer Zuführungs- und Trenneinrichtung für Mauerziegel von Keller.
1963	Selbstfahrender Rohstoff-Großraumtransporter „Olfry“ mit Hydromotoren und hydr. Kippvorrichtung.
1963	Erste schützengesteuerte Mauerziegelsetzmaschine von Lingl, Keller und Recknagel folgen 1964.
1964	Latten- und Palettenspeicher von Lingl.
1965	Entladeautomat für Mauerziegel von Lingl.
1966	Ofenwagenrangiersystem mit Schiebebühne mit mitfahrender Rangierlaufkatze von Häßler.
1967	Einführung der breiten Palette und des Palettenspeichers anstelle schmaler Latten für den Formlingstransport, von Lingl.
1969	Harfenabschneider von Lingl, 1972 Mehrdrahtabschneider der 20 und mehr Steine auf einmal schneiden kann.
1975	Einführung der U-Kassette für Dachziegel.
1975	Vollautomatische Fahrbühnen-/Absetzwagen-Kombination für Kammertrockner von Lingl.
1980	Erste vollautomatische Dachziegelentlade-, Paketier- und Verpackungsanlage von Keller.
1982	ITO-System von Fuchs verwendet zum Trocknen und Brennen erstmals die gleichen Wagen.
1985	Einführung von H-Kassetten (Monokassetten) für den vollautomatischen Dachziegelbrand.
1993	Robotereinsatz für das erstmals durchgehend automatische Handling von Dachziegelzubehör bei Lingl.

14. Register

für die Kapitel 1 - 12

Kursiv gesetzte Seitenzahlen beziehen sich auf Bildunterschriften

14.1. Namensregister

(Personen, Firmen, Länder, Orte, Bauwerke)

- A**
Aabjörn Andersen 251
Aaron 52
Aberson, Johannes 191, 192
Aciéries d'Imphy 90
Adam 17
Adolf Auer & Co. 312
Ägypten 51, 52, 27
Ägypter 25, 51, 125, 178
Albert KG 172
Allgäu 248
Alphons Mayer KG. 297
Altkirch 39
Altösterreich 54
Amenophis II. 51
Amman, Jost 52
Andersen Pressed Brick Co. 332
Andreasen 94, 94
Anu 18
Apolda 59
Argos 32
Arnold 301
Aron, Julius 86, 96
Asburnham, Earl of 178
Assenmacher, P. 343
Assyrer 25
Ataxerxes 104
Atterberg, A.
Augustin, Albert, 59, 283, 299, 300, 29
Australien 140, 191
Avenhaus, Wilhelm 59, 60, 342
- B**
Babel 52, 52
Babylon 42, 52, 28
Babylonier 21, 25, 288
Baden 156
Bad Herrenalb 43
Bad Oeynhausen 153
Baghdad 18
Barbier, Charles Jean 302
Barnard & Harvey 332
Bauhaus Dessau 42
Baur & Cie. 158
Baur, Paul 158, 158
Becher, Joachim 95
Bedeschi 142, 146, 157
Bedford 160
Belgien 74, 87, 235
Benediktiner 53
Benfey, Gustav 59, 320
Berdel, Eduard 96
Berlin 28, 29, 178, 237, 328, 334
Bernburg 338
- Bernt, Edmund 44
Berufsgenossenschaft 113
Bernward 36
Berz, Max 160
Berzelius, Johann J. 95
Bickley Industrie-Ofenbau GmbH. 345
Biedermann 86
Biedermannsdorf 301
Bigot, M.A. 90
Bingham, E.C., 88, 87
Birmingham 210
Bischof, Carl 93
Bismarck, Otto 56
Blake 86, 87
Blindenmarkt 263
Bock, Otto 96, 133, 241, 245, 247, 251, 282, 307, 326, 328, 333, 74
Böger, H.-H. 301, 338
Bohn & Co. 157, 157
Bollenbach 94, 96
Bollenrath 97
Bönnigheim 112
Bonnot Company 204, 204
Boom 365
Borie & Co., Paul 331, 331
Bosnier 53
Bott-Eder GmbH 249
Boury E. 234, 234
Boyd 211
Bradley 87
Bradley & Craven LTD. 140, 204, 210
Bragg, W.L. 99
Braun, Friedrichshafen 209, 201, 203
Braunschweig 333
Bray 87
Breitenbach 133
Brindley 87
Brongniart, Alexandre 87
Brugg 158
Brüggen 43
Brumath 44
Budapest 329
Bührer, Jacob 251, 307, 325, 74
Bulgarien 262
Bull, W. 329, 330
Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) 339
Burg Giebichenstein 46
Burghard 283
Burton 336
- C**
C. Aug. Muß & Jansen 46
Canton/Ohio 204
Carbon Cliff 304
Carlshütte 331
Centre Technique des Tuiles et Briques 208
Ceram Research 265
Ceric 77, 340, 338
Chambers Brothers Company 204, 332, 246
Charlottenburg 276, 327
Chevenard 97
Chicago 246, 332
China 17, 381
Chinesen 19, 88, 125
Chlodwig I. 68
Chorin 184, 26, 184
Chrisholm, Boy & White 140
Clayton 194, 194
Cleveland 230
Cohrs 243, 243
Colmar 57
Columbia 211
Commercy 331
Concordia, Eisen- und Hartgußwerk 144
Correns, C.W. 99
Cramer 171
Cramer, E. 277
Cremer 336, 337
Cundy 189
- Dachziegelwerk Albert 255
Dachziegelwerk C. Schneider 382
Dachziegelwerke Bott 215
Dachziegelwerke F.v.Müller 266, 368
Dachziegelwerke Martini 112
Dachziegelwerke Meerholz 77
Dachziegelwerke Pfeleiderer 46
Dachziegelwerke Westerfrölke 255
Dänemark 191, 251
Dannenber, August 307, 310, 310, 316, 338
Danzig 302
Dawihl, W. 96
Dayton 199
Deacon 29
De Boer BV 191, 192
Debye-Scherer 86, 99
- Delfzijl 240
Deminuid 331
Dessau 59
Detroit 333
Deutsches Museum 196
Deutschland 22, 54, 59, 74, 80, 88, 99, 123, 127, 159, 191, 234
Deutzer Gasmotorenfabrik 386
Diedel 266
Diepholzer Maschinenfabrik DIEMA 119
Diesener 156, 226, 324, 157, 226
Dieste, Eladio 31
Dolni Vestonice 269
Domitian, Titus Flavius 68
Donau 52, 68
Doolittle 189
Dornburg-Langendernbach 120
Dornbusch, A. 193, 193
Dorstener 212
Dr. Dürst 204
Dragonistica 262
Drasche, Heinrich 304, 47, 304
Dressler Ofenbau GmbH. 34, 334
Dressler, Conrad 334
Duisburg 60
Dümmler, K. 89, 89
Dutz, H. 91
Duwanow 348
Dynavac GmbH 266
- E**
Ea 18
Eckard, W. 322
Ed. Laeis & Co.
Eduard IV. 124
Eferding 79
Eilenburg 324
Eisenach 338
Eisenberg 111, 266
Elamiten 28
Elsaß 129
Elstertalbrücke 303
Elzhorn 302
Emmerich 297
Endters, Martin 57
Engelbrecht, Martin 64
England 74, 123, 127, 128, 140, 188, 189, 245
Enki 18
Enlil 18
Ensheim 217

- Enslin, H.91
 Enzensberger, Hans Magnus 19
 Erfurth, O. 147, 144
 Erlangen 100, 330
 Erlus 263
 Ernst 100
 Ernst Bihl & Co. 48
 Escherich 283, 328, 329
 Essen 59, 60, 201
 Etherington, John 188
 Etrusker 288, 33
 Euphrat 18, 27
 Ewe, Prof. Dr. Klaus 47
- Fagioli** 256
Faist 334
Falzziegelwerk
 Konstanz 312
Falzziegelwerke Carl Ludowici 58
Farquharson 189, 192
Faugeron 334, 335
Fawcett Ltd./Leeds 141
Feld, Ferdinand 307, 307
Flacht 44
Flensburg 331
Fontane, Theodor 53
Forchhammer, G. 86, 96
Ford, R.W. 265
Forkel 100
Fort Benton 87
Franke, Adolf 307
Frankfurt a.d.O. 59
Frankfurt a.M. 64, 68
Frankreich 74, 186, 261, 266
Frechen 80
Freiburg 57
Friaul 54
Friedrichshafen 209
Frielingen 17
Frydag, Freiher von 119
Fuchs & Co. 262
Fürstenwalde 301
- Gairing** 257
Gasser 261
Gatzke, Paul 311, 334
Gavedal-Geanny 189
Gebr. Gairing 257, 312
Gebr. Gilardoni 213, 217, 39, 214
Gebr. Laumans 43
Gebr. Pfeiffer AG 158, 160, 160
Gebr. Propfe 148
Gebr. Sachsenberg 194, 206
Gebr. Vetter AG 320
Gehlen, von 100
George 196
Georgs-Marien-Bergwerks- und Hüttenverein 251
Gèrin 331
Germanen 20
Germanien 20, 52, 288, 33
Gibbon Brothers Ltd. 335
- Gibbs, John** 301, 302
Gilardoni 283
Gilbert, William 333
Gilly 128, 282
Girard, Philipp von 301
Girru 18
Gleithain 335
Glindow 53
Göltzschtalbrücke 26, 26, 303
Görlitz 150, 204
Gotthardt 96
Gottlob 29
Gouda 128
Gräfe 226
Graz 262
Griechen 33, 288
Griechenland 32, 33, 153
Griesemann & Co. 199, 204
Grim 87
Grimal, M. 206
Groke, Th 151, 156
Großalmerode 274
Groß-Ammensleben 109, 222
Großbottwar 68
Großbritannien 191
Grube Abendtal 111
Gueval 331
Gumbmann 346, 347
Guntershausen 251
Günzburg 213
- Haacke** 96
Haase, Th. 91
Haedrich 324
Halle-Planena 243
Hallmann 209
Hammerschmiede 248
Händle 91, 139, 144, 145, 146, 147, 150, 159, 170, 172, 203, 204, 209, 221, 222
Hannover 182, 334
Harkort, F. 96
Harpener Bergbau Aktien-Gesellschaft 75
Hartford 190
Harzgerode 338
Häßler 149, 337, 371
Hattenberg 194
Hausding 228
Heat Win Ltd. 265
Hecht, Hermann 277
Heimsoth & Vollmer 334
Heimsoth, Karl August 334
Heiser & Co. 230
Hellot, Jean 331
Helmhard von Hohberg, Wolf 57
Helmhold, Friedrich 338
Henschel, Carl Anton 295
Herbring 153
Hermsdorf 59
Hertel & Co. 196
Herzfeld 86
Hessen 234, 274
Hestonville 332
Heteren 327
- Hethiter** 284
Heusinger v. Waldegg, E. 68, 83, 100, 188, 189, 315
Hijkema BV 240
Hielscher 310
Hildesheim 137, 334
Hirsch, H. 96
Hirtenberg 301
Hitler 54
Hochschule für Kunst & Design/Halle 46
Hofen 251
Hoffmann, Friedrich 59, 70, 74, 247, 248, 301, 302, 303, 303, 312, 317, 318
Hofmann 96
Höhr-Grenzhausen 60, 96
Holland 53, 191, 235
Holler 331
Hönningen 103
Hörstel 356
Hostenberg 189
Hotop 356
Houget, A. 182.
Huguenin & Ducommon 213, 214
Hull 99
Hullmann, G. 302, 302
Hunt 196
- Ibbenbüren-Laggenbeck** 266
Illinois 87
Inder 19
Indiana 230
Indianapolis 230
Indien 63, 170, 234, 329
Indus 27, 27
Ingenieurbüro A. Danenberg, Inh. H. Preußig 338
Innin-Tempel 28
Instalat BV 297
Institut für Bau- und Grobkeramik 265
Institut für Ziegelforschung Essen e.V. 100, 258, 259, 260, 261, 262, 339, 343.
International Clay Machinery 199
Irak 22, 63
Ischtar Tor 28
Israel 55
Israeliten 51, 52
Italien 33, 54, 191, 261
Italiener 53
- Jacobi-Werke AG, Meißen** 143
Janssen 55
Jenisch 43
Jericho 26
Jeschar, R. 343
J. Jordan Sohn 130
Jockgrim 39, 58, 166
Johnson 87
- Jonston** 86
Jordan 63
Jordantal 26
Jordt, Hans 331
Juden 51
Junge, Karsten 79, 343
Jungk, Stefan 79
Juwö/Wöllstein 145, 263
- Kaiserslautern** 158
Kallauner 96
Karl Händle & Söhne 72, 73, 144, 158, 204
Karl I. der Große 68, 290
Karl VI. 47
Karl Walter & Co. 336
Kassel 251, 295
Kassiten 28
Katharinenhof 331
Keller/Laggenbeck 207, 225, 255, 258, 259, 336, 346, 362, 363, 365, 367
Keller, Carl 251, 252, 358, 359, 365
Kennington 301
Keppeler 96, 98
Kerabedarf 335
Keramikmaschinen GmbH. 134
Keramische Industrie Bedarfs KG Paul Gatzke 335
Keratek/Brakemeier 346
Ketschendorf 301, 306
Kientz, J.J. 44
Kinsley, A. 189, 190, 190
Klinkerwerk Narsdorf 335
Klinkerwerk Rudolf Schuber & Co. 335
Klostermeyer, Henry 312
Knop 86
Koldewey, Robert 28
Königlich Preußische Porzellanmanufaktur 276, 277, 312
Königsbronn 301
Konstanz 91, 115, 219
Kopecky 94
Kopenhagen 333
Koppel, A. van de 326
Korea 331
Korinther 32
Körner 96
Köthen 59
Krause, E. 240
Kreth, C. 136, 137
Krumbach 257
Kühn, Herbert 18, 19
Kuhnert & Co., A. 133, 133, 158, 159, 199
Kulla 18
Kulmitz, C. 334
Künzelsau-Garnberg 282
- Laeis-Bucher** 213
Laenger, Fritz 209
Lage 59
Laggenbeck 252
Landshut 59, 60

- Langenzenn 45
Langobarden 178
Lauban 59, 299
Laubaner Tonwerke 300
Laue, Max von 99
Lavoisier, Antoine 95
Le Chatelier 97, 277
Lehmann, H. 91
Leinhaas/Freiberg 141, 141
Leipzig 301
Leisenberg 92
Leisenberg, Manfred 48, 341
Leitl, Karl 79
Leitz, E. 97, 98, 99
Lemgo 59
Lerna 27, 32
Liapor 80
Libanus, Andreas 95
Licht, Julius Albert
Gottlob 302, 303, 305
Liestal 204
Limes 52
Limmassol 256
Lingl/Neu-Ulm 77, 78, 79, 172, 246, 248, 249, 258, 260, 261, 263, 264, 273, 336, 341, 365, 367, 368, 368
Lingl, Hans 343, 348
Linseis, M. 91
Lipinski 100
Lippe 53, 59
Lipper 53, 54
Locatelli 212, 213
Löff, Paul 306
Löhlein 262
London 55, 235
London Brick 160, 160
Lübecker Maschinenfabrik Gesellschaft 115
Lüdicke, J. 73, 151, 154, 155
Ludowici 42, 58, 166, 218
Ludowici, Carl 217
Ludowici, Ludwig Franz 42, 224
Ludowici, Wilhelm 39, 218
Ludwig I. 183
Ludwig XV. 331
Ludwigshafen 218
Lufttechnische Gesellschaft m.b.H. 256
Lüneburg 64
Lüttich 53
Luykens, Caspar
Luzern 139
Lyon 196
- Maack, P. 91**
MacAleavy 335, 336, 365
Magdeburg 109
Mahlstedt 310
Mähren 317
Maille 302, 302
Main 68
Mainz 57
Malsch 249
Maltern 137
Manach 57
- Marburg 95
Marelli 256
Marion/Ohio 114
Marion Steam Shovel Co. 114
Mark Brandenburg 53
Märkert 266
Marktobersdorf 335
Mars 390
Marseille 77
Martin, Henry 190, 190
Marx, Karl 55
Maschinenfabrik Dr. Schmidt 255
Matejka 96
Matern, Jul. 314
Mecklenburg 59
Meißen 133, 158
Mellrichstadt 366
Melville, Herman 55
Mendheim, Georg 74, 283, 307, 326, 328
Menkens, Günter 119
Mensing, R. 250
Mergard, H. 251
Merian, Matthäus 52
Merseburg 156
Mesopotamien 18, 18, 21, 26, 27, 27, 46, 51, 269
Meyer, Josef 139
Meyer-Holsen 336
Michendorf 237
Micromeritics 94
Miesbach, Alois 47, 57, 304, 304
Migeon 170, 170
Milde, C. 160
Mildenberg 178
Minden 255
Minton, Herbert 210
Missouri 212
Mitteldeutschland 53
Mittellandkanal 109
Mittelmeerraum 19
Mittlerer Osten 55
Modena 347
Möller & Pfeiffer 248, 248, 334, 334
Möncheberger Ziegelei 295
Montana 87
Montmorillon 87
Mori 346, 347, 348
Mose 17, 52
Mühlacker 204
Mühlhausen 58, 213
Müller, Carl Ludwig 301, 302
Müller, Johann Georg 301
München 54
Mussolini 54
Myloi 32
- Nagykikinda 157**
Narzym 290, 290
NASA 290
Nasmyth, James 210
Nawraht 254, 254
Nebukadnezar II. 28, 46, 52
Neidenburg 290
- Netphen 157
Netzsch Gerätebau GmbH 98
Neumann 282
Neunkirchen 254
Neu-Ulm 263, 341
New Jersey 248
Neuseeland 191
Nibra 43, 222, 223
Nidda 68
Nied 68
Niederndorf 346
Niederschlesien 303
Nienburg 196
Nienburger Eisen-gießerei und Maschinenfabrik 144, 144
Niesper 256
Nijmegen 191
Nil 27
Nippur 21
Nordamerika 190, 245, 291
Norddeutscher Bund 56
Norddeutschland 21, 53
Nordrhein-Westfalen 53, 258
Nordseeküstengebiet 235
Novokeram 257, 261, 263, 263
Nürnberg 60
Nusku 18
Nutting 98
- Obel 320, 320**
Oberglaucha 310
Oberhessen 283
Oberitalien 178
Oberlausitz 186
Oder 304
Oeynhausen 115, 153, 331
Ohio 114, 230
Ohle 242, 243
Oldenburg 54
Olst 191
Omalius d'Halloy 87
Orenstein & Koppel 115
Orenstein, Max 237, 238
Osnabrück 243, 251, 312
Österreich 53, 79, 178, 276
Ostfriesland 53
Ostgalizien 53
- Paape, G. 154**
Pakistan 63, 178, 234, 329
Palissy, Bernard 110
Parey 312
Paris 90, 217, 260
Pechinè 331
Peclet 302
Peloponnes 32
PelsLeusden, C.O. 209, 258, 259
Perser 19
Persson 92
Petersen/Broager 117, 193, 193
Petersen Service 157, 157
Pfalz 288
Pfefferkorn, K. 90
- Pfister, Gerold 30
Pharao 51, 52
PH Engineering 210
Philadelphia 204
Philipp Holzmann & Co. 242, 243
Philipps, S.G. 248, 248
Physiologus 184
Pilatus/Maltern 137
Piltz, G. 343
Pindar 32
Pinki 237
Pippow 301
Poduschka, Franz 317
Polen 53
Pommern 301
Poppi 346
Porzellanfabrik Tielsch 334
Posser 210
Potts & Co. 230
Pouillet 276
Prämonstratenser 53, 68
Preußen 56, 304
Preußig, H. 338
Priestley, Joseph 95
Progreß Brick & Machine Co. 212
- Rabanus 178**
Radzewski 98
Rahaway 248
Randal 196
Randal & Saunder 196, 196
Ransdohr 282
Ransome, Ernest L. 148
Ransome, Frederik 196
Rapis Ziegel Schmid 78
Rappertswil 261
Rasch, A. 331
Rätien 68
Rauenberg 215
Rauls, Franz 171, 243, 243
Raupach, Richard 163, 164, 204, 282
Rechmirè 51, 51
Recknagel/Mellrichstadt 240, 366
Reetz 240
Rehart/Ehingen 210
Retsch/Haan 93
Rhein 52, 68
Rheinland 52, 112
Rheinland-Pfalz 111, 266
Rheinzaubern 62, 212
Riedel 212, 212, 336, 339, 348
Riedlingen 257
Rieger, Walter 340
Rieke, Reinhold 90
Rieter & Koller 115, 312
Rieter/Konstanz 91, 115, 169, 169, 172, 172, 194, 207, 209, 216, 219, 221, 221, 224
Rieterwerke 115, 312
Robert Thomas (Rotho) 254, 260
Roberts-Austen 97

- Robinson 87
Rock Island County 304
Romè de Lisle 86
Römer 19, 20, 25, 28, 33, 45, 47, 51, 52, 53, 64, 68, 112, 288
Roscher MARO 150, 150
Rosenow, M. 89
Roßlau a.d. Elbe 194, 196
Ruetz & Co. 312
Rühne 245, 296
Ruhrgebiet 74, 212, 275
Rumst 367
Rußland 194, 208
Ruthenen 53
- Saarau** 334
Saargebiet 275
Saarland 217
Sachs, Hans 51
Sachsen-Anhalt 109
Sächsische Maschinenfabrik AG 133
Saddam Hussein 46
Salemer Münster 26
Samarra 27
Saunder 196
Schaaf, Albin 242, 243, 243
Schaffhausen 251
Schaller, P. 65, 66, 282, 284
Schauer, Siegfried 160
Schinkel 298
Schlesien 30, 76
Schleswig-Pulverholz 339
Schlickeysen, Carl 70, 70, 72, 151, 196, 197, 198, 198, 202, 224, 226
Schmelzer, L. 173
Schmerber, Jean 217, 217
Schmidheiny, Jacob 40, 226
Schmidt, H. Aug. Wurzen 115
Schmidt, O. 91
Schmidt, Dr. 255
Schneider, C. 196
Schoch 265
Schöllkrippen 307
Scholwin 304, 305
Scholz 254
Schönauer, Johann, Nepomuk 100, 110
Schöne 93, 93
Schottland 102
Schultheiß 330
Schulze 93, 94
Schumacher, Fritz 19
Schütze, W. 93
Schwabmünchen 78
Schwarzach 263
Schwarzenbek 256
Schwarzwald 57
Schweiz 22, 184
Schyia, Dr. Lothar 301
Seger, Hermann August 83, 87, 93, 94, 96, 100, 103, 223, 277, 312
Selb 60
Siegerland 254
Siegersdorf 310
- Siegersdorfer Werke 30, 329
Siehmon & Rost 316, 328
Siemens, C.W. 332, 332
Sinear 18
Solvay Barium Strontium GmbH 103.
Sömmerda 112
Spanien 191
Spardorf 330
Speckstruyff, J.J. 196
Speicher 289
Spingler, Karl 255, 255, 342
Sporkenbach 169
Stadler, Georg 226
Stadler, Johann 40
Stahl, Ernst 95
Stanley, R.H. 89, 204, 204
Stedum 109
Steele & Sons, Statesville NC 141, 141
Steenfabriek Hijlkema BV 240
Steger, Walter 233
Steinbart 306
Steinheim a.d.Murr 68
Stephan Schmidt KG 120
Stephansdom 104
Sternberg 59
Stettin 304, 305
Stiftung Ziegeleimuseum Meienberg Cham 293
Stokes, George Gabriel 94
Stoke-upon-Trent 210
Stolp 301
Stregla 338
Stubbing, T.J. 265
Stupsk 301
St. Urban 185
Stuttgart-Zuffenhausen 256
Südafrika 140, 284
Süddeutschland 21, 53, 288
Südmähren 269
Sumer 18
Sumerer 18, 22, 25, 26, 46, 51
Sünninghausen i.W.
Susa 104
Svedala 252
Swenden 367
Sydney 234
Szegedin 328
- Tabernae Rhenanae 68
Tagolsheim 217
Tal der Könige 51
TBI Thater KG 255, 262
Tegelen 346
Teichgräber 346
Tell Harmal 18
Tell-es-Sawwan 27
Tell-es-Sultan 26
Teuchern 147
Tewendale 196
Thater, Herbert 249, 255, 256, 368
Theben-West 51
Thonwarenfabrik F.C. Fikentscher 299
- Thonwarenindustrie Schwandorf 328
Thüringen 59
Thutmosis III. 51
Tigris 18, 27
Tonindustrie Heisterholz 79
Tonwarenindustrie Wiesloch AG 156
Tonwerk Venus 263
Toulon 29
Toulouse 189
Triewald 127
Trost 249
TU Clausthal 343
Tunnelofen Bau GmbH 334
Turm zu Babel 52
Türschmiedt, A. 93
- Udine** 54
Uniceram 77
Unna 345
Ur 18
Uruguay 31
Uruk 28
USA 37, 80, 87, 88, 98, 99, 114, 123, 140, 210, 246, 299, 304,
- VHV Anlagenbau 356
Villeneuve-le-Roi 302
Virebent 189
Virollet 283
Vogesen 57
Vogtland 26
Voit, Johann Peter 58
Vollert 371
Vorderasiatisches Museum 28
- Wachtsmuth** 25
Wagner, Max 257
Waiblingen 48
Wakefield 140
Wallach, R. 97
Wallerius, Johann Gottschalk 100
Wallonische Ziegler 53
Walther, Karl 307
Walther Dachziegel 45
Washington D.C. 189, 210
Weber 148, 303, 307, 315
Weber, H.B. 258
Weber, R. 316
Weberling 301, 301
Weigel, Christoff 58
Weimar 265
Wellie 172
Wentink Joost 326
Werder a.d. Havel 151, 154
Wesenberg 310
Weserhütte/Bad Oynhausen 115, 153
Westerwald 109, 112
Westfalen 212
Westgalizien 53
Wetteraugebiet 68
Wetzlar 97
Wien 77, 210, 301
- Wienerberger Baustoffindustrie AG 249, 304
Wiesloch 156
Wilhelm Helmhold KG 338
Winkler, E. 95, 95
Withering 102
Witte, Rudolf 243, 307, 318
Wolf Dryer Co. 246, 247, 247
Wöllstein 145
Wurzen 115
- Yordt, P. Aeg.** 331
- Zacharias, Adolf** 75
Zeche Gneisenau 75
Zeche Hibernia 75
Zeche Neu-Essen 74
Zegerzycowa 303
Zehdenik 178, 234, 240
Zehner, Georg 307
Zehner, Wiesbaden 335, 366
Zevenaar 326
Ziegelböhmen 53
Ziegelei De Panoven 286, 326
Ziegelei Fr. Chr. Fikentscher GmbH. 334
Ziegelei Grechwitz B. Schroth GmbH 339
Ziegelei Jöns 339
Ziegeleiberufsgenossenschaft 113
Ziegelei Lindenau 382
Ziegelei Löhlein 262
Ziegelei Obernstrohl 54
Ziegelei Randwijk 327
Ziegeleipark Mildenberg 179, 303
Ziegelgott 51
Ziegelhütte Meienberg 293
Ziegelwallonen 53
Ziegelwerk Eichhorn 263
Ziegelwerk Fleschhut 248
Ziegelwerk Gebr. Vetter AG 320
Ziegelwerk Schmid 112
Ziegelwerk Schmidt 335
Zieglerschule Landshut 60
Zieglerschule Lauban 320
Zietz, Luise 55
Zisterzienser 53, 68
Zonca Vittorio 139, 139
Zschokke, H. 89
Zschopau 234
Zsutty, Dr. Gerhard 301, 317
Zürich 256
Zweibrücken 255
Zweistromland 27
Zwickau 59, 250, 299, 334
Zwiesel 60
Zypern 256

14.2. Sachwortregister

- Abbaugenehmigung** 111
Abdampf 387
Aberson-Press 191, 192
A-Besatz 281
Abraumbeseitigung 116
Abschneiden 206
Abschneider 207, 207
Absetztrockner 237
Absetzwagen 237, 251
Absetzwagenbetrieb 237
Abstrich 186, 186
Abträger 66, 67, 180
Agurru 20
Ägyptische Ziegel 21
Altdeutscher Ofen 292
Altkircher Falzziegel 39
Analysensiebmaschine 93
Anisotrope Schwindung 103
Anlagenbauer 74
Anmachwasser 103
Anmachwasserbedarf 89
Anmachwassergehalt 271
Antefix 34
Anwärmen 271
Arbeitsform 217, 223
Arbeitsmasse 83
Arbeitszeit 55, 77
Aufbereitung 65
Aufbereitungsanlagen 173
Aufhängenase 186
Aufheizen 272
Aufkanter 66
Aufschnittdeckung 38
Aufstecher 66
Aushebarnagel 159
Auskarrer 67
Ausräumgerät 170, 173
Ausscheiber 67
Austauschziegel 221
- Backen** 19
Backenbrecher 140
Backstein 20, 21
Baggerfahrbühne 168
Baggerlader 116
Bahn 66, 235
Bahnobel 235, 235
Bandfüllbühne 168
Barellatograph 90
Bariumkarbonat 102, 103
Barnstein 21
Batterietrockner 243
Batzen 216
Bauernziegelei 69
Bauzunft 57
Beblattete Ziegel 208
Bedampfungsmischer 206
Bentonit 87
Beölungsring 204
Bergwerksziegel 212
Bergwerksziegelei 212
Besanden 180
Besatzscheiben Gegenlaufofen 340, 340
- Beschicker** 147
Bibel 17, 19, 51
Biberschwanzziegel 44, 36
Bigot-Kurve 91, 91
Bildsame Formgebung 177
Bildsamkeit 87, 91
Bingham-Modell 87, 88
Blähtonwerke 50
Blättermacher 188
Blaudämpfen 274, 297
Blaudämpfungsöfen 283
Blauschmauchen 274
Bleichsteine 285
Bleiglasur 105
Bodenschichtbagger 170, 171
Bodentrockner 245
Bogenofen 282
Bohnscher Tonreiniger 157, 157
Bohrmethoden 111
Brand 269
Brandstein 21
Brechplatte 131, 132, 133
Brechwalzwerk 138, 138
Brenner 67
Brennersysteme 341
Brennfarbe 104, 274
Brennknecht 67
Brennkurven 270
Brennschauer 291, 292
Brennschwindung 103
Brennstoffe 275
Brenntemperatur 103, 276
Brettziegel 178, 180
Bull's Ofen 329, 330
- Canadische Ziegelpresse** 191, 191
Changierwalzwerk 133, 133
Chargenmischer 153, 153
Clamp Kiln 291, 291
Clayton'sche Ziegelpresse 194, 194
- Dachschmuck** 46
Dachstein 21
Dachterrakotta 33
Dachziegel 19, 20, 26
Dachziegelabschneider 227
Dämpfen 274
Dampfheizung 245
Dampfmaschine 69, 382
Dämpfmittel 274
Dämpfofen 296
Dämpföl 274
Dämpfprozeß 297
Dampfschaukel 114
Dampftrockenapparat 245
Dampftrocknung 264, 265, 265
- Dampfziegelei** 69, 72, 382
Datenträger 25
Deckbandförderer 354, 355
Deutscher Ofen 292
Dieselmotor 387, 387
Diesener Heizwände 324, 324
Diesener Tonreiniger 156, 157
Differentialdilatometer 97
Differential-Naßkollergang 144
Differentialwalzwerk 134
Differenz-Thermo-Analyse 97
Dilatometer 96
DIN-Formatziegel 30, 31
DIN-Ziegel 31
DNA Molekül 17
Doppeldach 38
Doppelgurtförderer 354, 355
Doppelstrangbiber 226
Doppelwellenknetraspler 142
Doppelwellenmischer 152
Doppelwellensiebmischer 56, 157
Dornbusch Wasserstrichpresse 193, 193
Dorstener Steinpresse 76
Down-draft kiln 299, 299
Drachenzähne 200, 200, 202
Drahtseilbahn 118, 118
Drehmaschine 137, 138
Drehschraper 114, 114
Drehtischpressen 189, 192, 215
Dreiläuferwalzwerk 132
Dreischichtmineral 86
Dreistoffdiagramm 94
Drei-Stufen-Trocknung 258
Dry-Seal-Ofen 340, 341
DTA-Kurven 97
Durchlaufbetrieb 79
Durchlaufmischer 153
Durchlaufrockner 248
Durchströmungstrocknung 259
Düsenwandrocknung 259, 260
- Eimerkettenbagger** 115, 165, 168
Einfachdach 38
Einfachziegelei 63
Eingefäßöfen 288, 288
Einhandziegel 22, 22
Einkästeln 280
Einrüster 67
Einschwingenwalzwerk 135
- Einslingsform** 180
Einspetter 65
Einstoßmaschine 371
Einwellenmischer 151
Eisenbahnofen 332
Eisengießerei 72
Eisenverbindungen 102
Elektromagnet 158
Elektromotor 382, 387
Elektroschock 223
Elevator 356, 357
Elevatorscraper 116, 120,
Elsässer Falzziegel 39
Engobe 104
Engobieren 104, 105
Entlingerat 91, 91
Entgrater 216, 221
Entstapelungsmaschine 76
Erbbeständer 57
Erbpacht 69
Erdbewegungsmaschinen 116
Erdharz 18
Erdofen 295, 295
Erdringofen 328, 245, 329
Erhitzungsmikroskop 99
Erweichung 277
Etagenkollergang 144
Etagenwagen 356
Europresse 194, 194
Evakuierung 88, 204
Exhausterzug 325
Exodus 52
Extruderforschung 209, 210
Extruder-Simulationsmodell 209
Extrudieren 193
Exzenterpressen 219
Exzenterwalzwerk 135
- Faconsteine** 183
Fahrbahnen 127
Fahrerloses Transportsystem 368, 370
Fahrlüfter 257
Fahrmaschinen 127, 127
Faltenband 355
Falzpfannen 41
Feierabendziegel 17, 17, 43, 43, 44, 44, 45
Feinwalzwerk 130
Feldbrand 283
Feldbrandofen 290
Feldofen 290
Feldziegelei 64, 69
Festwalze 131
Feuchteregelanlage 92
Feuerfestindustrie 80
Feuerglocke 317
Finite-Elemente Methode 210
Fireclay 87
First in- first out 171

- Firstziegel 34, 42, 188
 Flachbagger 116
 Flachdachpfanne 42
 Flachkremper 42
 Flachziegel 36
 Flachziegelherstellung 67
 Flammen 274
 Flammofen 326
 Flammziegel 274
 Flashing Methode 274
 Fliegende Ziegelei 69, 179, 283
 Fließdruckmesser 91
 Fließkunde 88
 Fließmeßgerät 92
 Fluor-Abgasreinigung 321
 Flurnamen 109
 Fluorofen 282
 Flußmittel 103, 273
 Flußtal-Zivilisationen 27
 Folien-Schrumpfverfahren 377
 Formklotz 185
 Formling 83
 Formlingsträger 254
 Formlingsträgersysteme 362
 Formmündung 194
 Formsteine 29, 183
 Formtisch 179
 Fournirte Ziegel 208
 Freilandtrocknung 234
 Freiluft-Absetzwagentrockner 240
 Freilufttrocknung 237
 Friktionspresse 182, 215
 Frostmelder 238, 238
 Fuchs 307, 313, 316
 Fußbodentrockner 245, 245
 Futtermauerziegel 178

G
 Gallustag 69
 Gamben 66, 236
 Ganzjahresbetrieb 69, 74
 Garbrand 269, 272
 Garbrandtemperatur 103
 Gasbrennen 269, 272
 Gasgenerator 327, 328
 Gaskammerringofen 326
 Gasofen 283
 Gasringofen 328
 Gastarbeiter 54
 Gebläseheizung 245
 Gegenlaufofen 339, 339
 Gegenstrom 249
 Geophysikalische Meßverfahren 111
 Gerüstrockner 239
 Gesamtstrahlungs-pyrometer 276, 276
 Geschiebemergel 100
 Gewerbeordnung 56
 Giebelverzierung 40
 Gießen 177
 Gipsformenpresse 223
 Gitterziegel 30
 Glasieren 104, 105

 Glasur 104
 Glasurziegelrelief 28
 Gleichstromprinzip 248
 Glocke 313, 316, 317
 Glockenschacht 112, 112
 Glühverlust 271
 Göpel 196, 381
 Gratziegel 34
 Graudämpfen 274
 Greifersumpf 168
 Großer Junge 66, 181
 Großer Pflug 68
 Großflächenlüfter 258, 258
 Großflächenziegel 43, 222
 Großraumkastenbeschicker 149
 Großraumtrockner 241
 Grubenknecht 65
 Grubenschiefer-Ziegelei 75
 Grünling 83
 Gummibandtransporteur 354
 Gurtelevator 353
 Gurtförderer 354, 356

H
 Haedrich'sche Heizwände 324, 324
 Hagen 66, 67, 235, 236
 Hagenbankette 235
 Hagenfüße 235, 236
 Hagensetzer 66
 Haken 186
 Halbsteifverpressung 204
 Halloysit 86, 87
 Hammermühle 160, 160
 Handformer 58, 58
 Handformpressen 192
 Handgewinnung 112
 Handkurbelpresse 214
 Handschlagziegel 181
 Handschüttung 312
 Handstrichverfahren 178
 Handstrichziegel 178
 Handstrichziegeleien 69
 Handwerkszeichen 57
 Handziegelstempel 47
 Hängebühne 168
 Hängende Presse 198, 198
 Haubenofen 283
 Hauebank 65
 Haueisen 65, 126
 Hauen 126
 Hauetisch 65, 126
 Heeresziegelei 52, 68
 Heißaufbereitung 160, 161
 Heißverformung 206
 Heizgassen 291
 Heizschächte 280
 Heizwände 324
 Herdwagen-Haubenofen 346
 Herdwagenofen 283, 344
 Herstellermarken 46
 Herstellerzeichen 47
 Herzfalzziegel 39, 48

 Hilfsfeuerung 309
 H-Kassette 281
 Hochbagger 115, 164
 Hochfrequenz-trocknung 264, 265
 Hochgeschwindigkeitsbrenner 341, 342
 Höckerziegel 45
 Hohlpfanne 38, 44
 Hohlstrangfalzziegel 227
 Hohlziegel 29
 Hohlziegeldach 35
 Hohlziegelherstellung 67
 Holzbrandmeiler 286
 Holzmodel 184
 Hüllwasser 233
 Hümpelsystem 279
 Hunte 117
 Hydraulikbagger 116, 116
 Hydraulik-Trockenpresse 212
 Hydraulikwalzenbrecher 139, 139
 Hydrocasing-Ofen 340, 341
 Hydrokollergang 145, 145

I
 Illit 86, 87,
 Imbrex 20, 21
 Impuls-Schwerölfeuerungssystem 341, 342
 Incla-Trockenkoller 141, 141
 Industrialisierung 54
 Industriekeramiker 58
 Infrarottrocknung 264, 265
 Ingenieur für Grobkeramik 60
 Innere Aufheizung 258
 Intermittierende Luftführung 255
 Intervalltrocknung 258
 ITO-Einlagentrockner 262

J
 Jahresziegel 45
 Josefstag 69

K
 Kaiserziegel 47
 Kalkzersetzung 271
 Kammerofen 283
 Kammerofen mit überschlagender Flamme 298
 Kammerringofen 326
 Kammetrockner 245, 250
 Kampagne 69
 Kampagneziegel 46
 Kanaltrockenofen 246, 247
 Kanaltrockner 245, 246
 Kaolinit 86, 87
 Karrenmann 65
 Karrenmaschine 127
 Kärner 65
 Karussellwagen 359
 Kasseler Ofen 295, 295
 Kassettenbrand 281
 Kassettenrockner 263

K
 Kastenbeschicker 148, 148
 Kastenpresse 193, 194
 Kehlleistenziegel 33
 Keilblätter 321
 Keilschrift 25
 Keilschriftziegel 18, 18, 19, 25
 Keller-Transportsystem 363
 Keramikfassade 20
 Kettenaufzug 118
 Kinderarbeit 55
 Kipplore 117
 Klappform 187, 187
 Kleimühle 128
 Kleiner Junge 66, 180
 Kleiner Pflug 68
 Kleinsumpfanlage 170
 Klimatrockner 255
 Klinker 22
 Klinkerfähigkeit 100
 Klinkerungspunkt 104
 Klinkerverblendfassade 20
 Klopffsteine 182
 Kloster 68
 Klosterbau 53, 68
 Klosterpfannen 41
 Klosterziegel 53
 Klosterziegeleien 53
 Kneterfilter 157
 Kohlebrandmeiler 285
 Kohlenmeiler 67
 Kohlensäurer Kalk 102
 Kohlentransport 371
 Kolbenpresse 189, 193
 Kollergang 139
 Kollergang mit mittlerer Materialaufgabe 145
 Kollerwalzwerk 158, 158
 Kolonnen-elevator 360
 Königsstockwelle 142, 147
 Kontakttrocknung 234
 Konvektionstrocknung 234, 259
 Kopfkammer 321
 Kopfstrich 186, 186
 Korinthisches Dach 33
 Korngrößenverteilung 92
 Kraft-Wärmekopplung 387, 389, 389
 Kreistransporteur 356, 358
 Krempziegel 36, 44
 Krokodil 346, 346
 Krummkammer 279, 321
 Kühlen 273
 Künstliches Trocknen 234
 Kunstziegelei 70
 Kurzschnittpfanne 38
 Kurztunnelofen 337

L
 Laderaube 116
 Lakonisches Dach 32
 Laminaris 263
 Langofen 296
 Langschnittpfanne 38
 Längssilo 170, 171
 Längssumpf 165

- Later 20
 Later coctus 20
 Later crudus 20
 Laterarius 64
 Läufer 140, 143
 Lebensarbeitszeit 56
 lederhart 181, 182
 Legionsziegelei 56, 68
 Lehm 101
 Lehmbringer 179
 Lehmkonditor 67
 Lehmtreter 65
 Lehmzeiger 109, 109
 Lehmziegel 20
 Leistenziegel 19, 21, 21
 Leistenziegeldach 32, 33
 Libittu 20
 Lichtziegel 34
 Liegende Presse 198
 Limes 20
 Locatelli-Pressen 213, 213
 Lochverblendziegel 29
 Löffelbagger 115
 Lokomobile 382, 383, 385
 Löß 101
 Loswalze 130, 131
 Lüfter 258
 Luftschuppen 237
 Luftsturzkühlung 273
 Luftumwälzgeräte 257
 Lüftungsziegel 34
 Luftziegel 21
 Luft-Ziegel-Verhältnis 343
 Lunarziegel 390
- M**
 Mäanderofen 300, 325
 Mahlbahn 140
 Mahlholländer 139
 Malteserkreuz 218, 218
 Mantelschornstein 318
 Markasit 272
 Mars-Kolonisatoren 390
 Marsziegel 390
 Martin-Pressen 190, 190
 Maschinenstreichziegel 190
 Maschinenziegel 188, 189
 Maschinenziegelei 74
 Masseschlagmaschine 88, 88
 Maßwerk 183, 185
 Maßwerksziegel 185
 Mauerziegel 20
 Maukanlagen 161
 Maukeffekt 153, 173
 Mauken 88, 125
 Maukkeller 125, 162
 Maukmischer 147, 152
 Maukprozeß 125
 Maukturm 171, 172, 172
 Mehrfelderpresse 221
 Mehrlingsform 180
 Meilerbrand 283, 286
 Meilerofen 290
 Mergelton 101
 Messerkasten 221
 Mikrowellentrocknung 264, 266
 Militärziegelei 68
- Minutentrockner 262, 262
 Mischkollerwalzwerk 158
 Mischmaschinen 151
 Mittelalterliche Öfen 290
 Mittelalterliches Dach 35
 Mittelglocke 317
 Modelldruck 184
 Mönch-Nonnendeckung 32
 Mönch-Nonne-Ziegel 44
 Mönchsorden 53
 Mondbewohner 390
 Mondziegel 390
 Monkerofen 347
 Montmorillonit 86, 87
 MPS-Mühle 160, 160
 Muffel 300
 Muffelofen 283, 300, 300
 Muldenfalzziegel 39, 48
 Mundloch 70
 Mundstein 70
 Mundstück 200, 201
 Murus 20
 Mutterform 223
- N**
 Nachbrand 269
 Nachpressen 182, 182
 Nase 186
 Naßkollergang 141
 Naßmahlen 104
 Natürliches Trocknen 234
 Nebenerwerbsziegler 53
 Niederlaß 356, 357
 Nilschlammziegel 21, 51
 Nippur-Elle 21
 Nippur-Stab 22
 Normalprofilziegel 30
 Normalverblendsteine 29
- O**
 Obel-Zugmesser 320
 Oberflächenbehandlung 208
 Oberform 213, 217
 Ochsentrade 65
 Oelsteine 181
 Ofenarten 282
 Ofenbauer 72, 74
 Ofendeckentrocknung 245
 Ofenkammer 315
 Ofentüre 314
 Ofenwagentransport 371
- P**
 Paketdachziegel 226
 Paketierung 375
 Papyrusrollen 25
 Paradies 19
 Parallelringofen 321
 Pariser Falzziegel 39
 Partialringofen 296
 Partienziegel 46
 Pendelmühle 160
 Pendelwalzwerk 135
 Pfannenbäcker 67
 Pfannenmacher 67
 Pfefferkorngerät 90
 Pfefferkorn-Quotient 90
 Pfefferkorn-Resthöhe 90
 Pflug 68
 Pflugmeister 68
- Pfostenrinne 178, 178
 Pfostenrinnenziegel 178
 Pfothenziegel 235
 Pipettenmethode 94
 Plan 66, 234
 Planierraupe 116
 Plantrocknung 234, 235, 237
 Planziegel 178
 Plastimeter 92, 92
 Plastizität 87
 Plastizitätsmessung 89
 Plastizitätsregelung 91
 Plastizitätszahl 90
 Plastometer 91
 Porenwasser 233
 Pralltrocknung 260
 Preßdachziegel 213
 Preßfalzziegel 48
 Preßfehler 200
 Preßfeuchte 204
 Preßkopf 200, 201
 Preßkopf-Mundstücks-kombination 204
 Preßkopfschwenk-einrichtung 201, 201
 Preßkopfverschiebe-einrichtung 201, 202
 Preßkurve 219
 Preßling 83
 Preßluftspaten 116, 116
 Preßsteife 91
 Preßsteine 182
 Preßzylinder 198, 201
 Preßzylinderdurchmesser 198
 Privatziegelei 53, 68
 Profil-Formstücke 183
 Profilglieder 183
 Profilstein 29, 183, 184
 Profilziegelform 184
 Prospektion 109
 Prozeßdatenerfassung 77
 Prozeßrechneranlagen 77
 Putzapparat 221
 Pyrit 272
 Pyritabplatzung 272
- Q**
 Quadro 146
 Quarzsprung 273
 Quellwasser 233
 Quersumpf 165
 Quertreppenabbau 113, 113
- R**
 Radbahn 126
 Raddozer 117
 Radlader 116, 117
 Randstrich 186, 186
 Rationelle Analyse 95
 Rauchgas-Reinigungs-anlage 320, 320
 Rauchgasventil 317
 Rauchglocke 307
 Rauchsammelkanal 307, 317
 Rauchsammler 316
 Rautenfalzziegel 39
 Reduktionskern 272, 272
- Reduktionsmittel 274
 Reduktionsverfahren 274
 Reduzieren 274
 Regulierpreßkopf 201
 Reichsformat 31
 Reichsformatziegel 29
 Rekultivierung 120
 Reliefziegel 28
 Reparaturziegel 22
 Residualtone 86
 Revolverpresse 216, 217
 Rheologie 87
 Rhythmische Trocknung 256
 Ringofen 283, 302
 Ringofen mit überschla-gender Flamme 326, 326
 Ringofenfeuerung 311
 Ringofenprinzip 307
 Rohling 83
 Röhrenofen 331, 331
 Rohstoffabbau 111
 Rohstofferkundung 109
 Rohstoffgewinnung 65
 Rohstofflagerung 161
 Rohstofftransport 117, 351
 Rohziegel 181
 Rollenofen 346
 Rollsiegel 46, 47
 Rollstempel 48
 Römischer Ziegelofen 288
 Römischer Ziegelstempel 53
 Röntgendiffraktometer 99
 Röntgenographische Untersuchungen 99
 Rostfeuerungen 291
 Rostplatten 143
 Rostwalzwerk 158
 Rotomixair-Apparat 245
 Rotomixair-System 256
 Rotorfilter 158
 Rückentragegerät 66
 Rückwärtsschmauchen 311, 311
 Rundbeschicker 147, 148
 Rundsumpf 169
 Rutschenabbau 113, 113
 Rutschrockner 243, 243
- S**
 Saisonarbeiter 54
 Saisonbetrieb 69, 74
 Salzglasieren 274
 Sammelförderer 147
 Sammelteiler 147, 147
 Sand 101
 Sandlerin 66, 181
 Sandrinne 333, 332
 Sandrinnendichtung 333
 Sandstrich 178
 Sandstrichziegel 180
 Sandtüre 314, 315
 Sandvik-Bänder 354
 Schachtofen 292
 Schälen 208
 Schalenziegel 32
 Schaufellader 116
 Schaukelevator 356, 358

- Schaukeltrocknerei 261
Scheibenpflug 114, 114
Schenkelgeformte
 Firstziegel 188
Schenkelringofen 322, 324
Scherben 22, 83, 273
Scherbenrohndichte 22, 83
Scherger 67
Schichtsystem 77
Schiebelagerwalzwerk
 135
Schieber 313, 314
Schieberglocke 317
Schieberpapier 314
Schiebknecht 67
Schieferton 111
Schlagleistenwalzwerk
 142
Schlammanalyse 93, 93
Schlammanlagen 154, 154
Schlammapparat 93
Schlammbecken 154
Schlämmen 153
Schlammtrübe 154
Schleifapparat 137
Schleppkurbeln 142
Schlickerherstellung 88
Schlierendesign 180
Schlittenpresse 213
Schlittenwalzwerk 135
Schmauchanlage 310
Schmauchbetrieb 309
Schmauchen 271
Schmauchkammer 310
Schmauchkörbe 310
Schmauchöfen 310
Schmauchstange 310
Schmauchthermometer
 271, 311
Schmauchwasser 236
Schmelzkegel
Schmelzpunkt 104
Schmelztemperatur 103
Schmolzziegel 273
Schmuckfirstziegel 45
Schmuckziegel 43
Schneckenpressen 189,
 196
Schneidebank 183, 183
Schneiden 126
Schneidesteine 182
Schnellläuferwalzwerk
 134, 135
Schnellbrand 347
Schnelltrockner 260
Schnelltrocknung 260
Schnittform 37
Schnittziegel 177
Schollenbrecher 137
Schöpfungsgeschichte 19
Schornstein 317
Schrägtransport 244
Schrägtrockner 243
Schrämen 113
Schrift 18
Schriftgutträger 25
Schrotbank 65
Schubscraper 116, 117
Schultheiß-Ofen 330, 330
Schuppenbewässerungs-
 form 202
Schuppentransporteur
 354, 355
Schürapparat 312, 312
Schürfgrube 110, 110
Schürfkübelraupe 117
Schürloch 279
Schüttintervall 312
Schwachbrand 285
Schwachbrandziegel
Schwarzbrand 274
Schwarzdämpfen 274
Schwalgase 271
Schwenktischpresse 216,
 216
Schwerölbrenner 341
Schwindung 277
Schwindungswasser 234
Schwingenwalzwerk 133,
 133
Scotch Kiln 293
Sedigraph 94
Sedimentationsanalyse 94
Seegerkegel 277, 277
Seilaufzug 118
Seilbagger 117
Selbstfahrkippwagen Olfrý
 119, 119
Setzautomat 367
Setzdichte 279
Setzen 278
Setzlatte 279, 279
Setzmaschine 78, 279,
 365
Setzroboter 368, 370
Setzschema 281
Setztechniken 281
Shuttle-Herdwagenofen
 345
Sichtziegel 181
Siebanalyse 92
Siebbrechmischer 142
Siebrundbeschicker 150
Signierrolle 48, 48
Silberdämpfen 274
Sinterengobe 105
Sinterpunkt 104
Sintertemperatur 103
Sinterung 273
Sintflut 18
Sizilisches Dach 33
Sohlikanäle 280
Solardachziegel 43
Sommerkampagne 53
Sommern 124
Sonderformatziegel 30
Spaltbiber 226
Spätrömisches Dach 35
Spatz 179
Spezifischer Energie-
 bedarf 79
Spindelpresse 216
Spießdach 38
Spritzölf Feuerung 312
Stabilziegelei 283
Stahlbandtransporteur
 354
Standortziegelei 69
Stehende Presse 196
Stehende Ziegelei 69, 179
Steifverpressung 204
Steinaussonderungs-
 brecher 158
Steinaussonderungswalz-
 werk 158
Steinzeugindustrie 80
Stirnziegel 34
Stock 187
Stockofen 292
Strahlung 276
Strangdachziegel 213
Strangfalzziegel 40, 226
Strangpresse 224
Strangpressen 193
Strangpreßmassen 103
Strangpreßziegel 193
Strangregulierung 48
Strangvorschub 200
Streichform 47
Streichholz 180
Streichmaschine 189
Streichmassen 103
Streichpressen 192
Streichtisch 179, 180
Stretchfolie 377
Strohmatte 236, 252
Strömungssimulation 210
Strossenabbau 112, 113
Strukturen 200, 200
Stückwerkziegel 46
Stufenpresse 199
Stufentempel 18
St.Urban-Backstein 185
Sturzkühlung 273
Stützeinsatz 280
Sumpfbecken 168
Sumpfen 88, 125
Sumpfhaus 161
Sumpfprozeß 125
Sumpfzeit 125
Tagwerksziegel 46
Tauchanlage 102
Tauchen 102
Teeziegel 22
Tegula 19, 21
Tegularius 64
Teilringofen 322
Teilstrahlungs-pyrometer
 276, 276
Teleservice 77, 80
Telleraufgabeapparat 149,
 150
Tellerfederpakete 131, 132
Temperaturmessung 276
Texturen 200
Thermoanalyse 96
Thermoelektrik 277
Thermogravimetrische
 Analyse 97
Thermogravimetrische
 Kurven 98
Thermokamera 210
Thermowaage 98, 98
Thon-Walzmühle
Tiefbagger 115, 168
Tieföfen 330, 330
Tikpu 19
Ton 17, 83
Tonabbau 109
Tonaufbereitung 123
Tonaufschluß 123, 153
Tonbergbau 109
Tonblatt 187
Tonbrechwerk 137
Tondachziegel 32
Tondrescher 65, 126
Tone, Klassifizierung 100
Tonelevator 353
Tonentlüftung 204
Tonlagerstätte 86
Tonminerale 86
Tonmühle 65
Tonraspler 150
Tonreinigung 153
Tonschneider
Tonsilo 171, 172
Tonstar 142
Tonstecher 65
Tonstein 101
Tonstock 187
Tonsubstanz 86, 87
Tontafel 18, 25, 26
Tontafelbibliothek 26
Tontreten 126
Ton-Wasser-System 233
Tonzeiger 109, 109
Torfbrandmeiler 286
Torfofen 282
Torsionsplastograph 91
Trade 127
Traden 126
Tragplatten 252, 361
Transmissionen 382, 386
Traufziegel 34
Treppenabbau 112, 113
Treppenrost-Kammerofen
Tretplatz 126
Tretstad 381
Triewald'sche
Thonknetmaschine 127,
 127
Trockenabsorptions-
 anlage 321
Trockenaufbereitung 159
Trockenbagger 115
Trockenbrötchen 180, 181
Trockenkollergang 140,
 140, 141
Trockenmahlung 159
Trockenpressen 177, 189,
 212
Trockenpreßmasse 103
Trockenpreßverfahren 210
Trockenrähmchen 361
Trockenschwindung 103
Trockenziegel 21
Trocknerbauer 72
Trocknung 233
Trocknungsdiagramm 234,
 234
Tropfölf Feuerung 312
Trucksystem 55
Truppenziegelei 68
Tunnelofen 283
Tunnelrockner 248

- Turmziegel 41
TWIN-System 137
- Übergangs- und Mischrohstoffe** 101
Überlastsicherung 133
U-Kassette 281, 281
Umlaufengobiermaschine 105
Umlufttrocknung 251
Umreifung 375
Umwälzluft 255
Umwälztrockner 255
Umwälzventilator 258
Unehrlisches Gewerbe 57
Unfallverhütung 136
Unterform 213, 217
Urlaub 56
Urmeer 17
Ur-Ton 17
Urziegel 26
- Vakuumaggregat** 205
Vakuumdoppelwellenmischer 206
Vakuulkammer 204
Vakuumpresse 205
Vakuumpumpe 205
Vakuumverpressung 204
Verreibewalzwerk 133
Verschiebeziegel 43
Verschmauchungen 271
Vexillatio cohortis 53
Vexillationes 52
Vierläufer-Naßkollergang 143, 143
Vierläuferwalzwerk 132
Villae Rusticae 68
Villenziegel 41
Vogel 66, 179, 352
Vogelträger 65, 179
Vollautomat 359
Vollkeramisches Dach 42
- Vorfeuer 269
Vormbackziegel 192
Vorschnittdeckung 38
Vorwalzwerk 130
- Waaloven** 67, 292
Wabenziegel 30
Wagenverfolgungssystem 371
Walkenmacher 67, 187
Walker 67, 187
Walmziegel 188
Walzenbecher 137
Walzenpressen 189, 194, 195
Walzenschleifapparat 136, 137
Walzenschüsselmühle 160, 160
Walzenspalt 136
Walzwerke 129
Wanderlüfter 245, 257
Wanderziegler 53
Wärmeverbund 79
Warmwasserheizung
Wasseraufnahmevermögen 104
Wasserlösliche Salze 102
Wasserräder 381
Wasserregelanlage 92
Wasserstrich 381
Wasserstrichpressen 189, 192
Wasserstrichziegel 179
Wassersturzkühlung 273
Wechselwalzwerk 133
Weichsteinpressen 190
Weichverpressung 204
Weichziegel 190
Windmotor 381
Winkler-Diagramm 95
Winklersches Dreieck 95
Wintern 124
- Wochenarbeitszeit 56
Wölbtopf 288
Wolf Dryer 247, 247
- Zählziegel** 46
Zechenziegel 212
Zechenziegeleien 74, 212
Zellenziegel 30
Zentraltonschneider 151, 152
Zerstäuberbrenner 312
Zick-Zack-Ofen 325
Zickzackringofen 325, 326
Ziegel, Entwicklungspotential
Ziegel, Längenmaß 22
Ziegel, Namensbedeutung 19
Ziegel, Zehnkämpfer 25
Ziegelbäcker 21, 67
Ziegelborner 64
Ziegelbrenner 58, 58
Ziegeleianlagen 63
Ziegelei-Berufsgenossenschaft 113
Ziegeleiingenieur 59, 60
Ziegeleimaschine 188
Ziegeleimaschinenfabrik
Ziegeleimaschinenhersteller 72
Ziegeleisen 47,67, 185, 186
Ziegeleitechnik 63, 76
Ziegelfassade 20
Ziegelflammofen 295
Ziegelformate 29
Ziegelformmaschine 188
Ziegelgängerei 53
Ziegelherr 53
Ziegelherstellung 63, 64
Ziegelhütte 57
Ziegelknechte 51, 53
Ziegelkulturen 27, 27
- Ziegellappen 186, 186
Ziegelmacher 51
Ziegelmaschine 188
Ziegelmeister 55, 58, 68, 283
Ziegelpatscher 54, 67
Ziegelproletariat 55
Ziegelsaison 69
Ziegelschalenbau 31
Ziegelscherben 22
Ziegelscheune 242
Ziegelschläger 181
Ziegelstadel 241, 242
Ziegelstempel 46, 47, 53
Ziegelstone 101
Ziegeltransport 373, 374, 376
Ziegeltonke 102
Ziegelzeichen 46
Zieglerarbeit 55
Zieglerelend 55
Zieglergraphik 43,45
Zieglerplastik 43, 45
Zieglerproletariat 55
Zieglerlehre 59
Zieglerzeichen 46, 47, 57
Ziehprobe 277
Zikkurat 18, 18
Zugmesser 320, 320
Zugstärke 320
Zunftordnung 57
Zunftwesen 57
Zunftzeichen 57
Zwangsumwälztrocknung 255
Zweifelderpresse 222
Zweischichtminerale 86
Zweischichtverblendziegel 208, 209
Zweischwingenwalzwerk 135
Zwillingsform 180
Zwillingspreßkopf 201, 201

15. Literaturhinweise

A. Im Text aufgeführte Literatur (in der Reihenfolge der Nennung)

1. Kühn, Herbert: „Der Ziegel in den frühen Kulturen“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 2/1958, S. 49-56
2. Schumacher, Fritz: „Das Wesen des neuzeitlichen Backsteinbaus“. Reprint der Originalausgabe von 1926. Callwey Verlag, München 1985, ISBN 3 7667 0775 2
3. Kühn, Herbert: „Der Ziegel in seiner historischen Bedeutung“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 17-18/1969, S. 366-371
4. Freyburg, Sabine: „Backsteine und Ziegel – Was man aus Kennwerten ableiten kann“ in: Ziegelindustrie International, Nr.12/1996, S. 873-874
5. Freyburg, Sabine: „Qualitätsmerkmale historischer Ziegel“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 7/1997, S.411-426
6. Wachsmuth, Friedrich: „Der Ziegel in seiner geschichtlichen Wirkung“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 20/1951, S. 649-652
7. Hoffmann-Axthelm, Dieter: „Der Mauerziegel: Eine Faszination und ihr Objekt“. Sonderdruck aus 84 Arch+ März 1986, S.58-61
8. Noack, Walter: „Ziegel-Lexikon“. Ausgaben 1997+1999, Ziegelforum e.V. München
9. Anonym: „Haltbarkeit von Datenträgern“ in: Der Tagespiegel vom 22.10.2000
10. Bender, Willi: „Lexikon der Ziegel“. Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 2. Auflage 1995, ISBN 3-7625-3156-0
11. Hillenbrand, Karl: „Volkskunst der Ziegelbrenner – Stempel, Symbole, Heilszeichen in Ton“, Callwey Verlag, München, 1981, ISBN 3-7667-0584-9
12. Herbst, H., Jenisch, S.: „Gestaltete Ziegel. Sprüche und Motive auf Dachziegeln“. Katalog 2 der Städtischen Museen, Waiblingen, 1988
13. Bernt, Edmund, Kipfer, Heribert: „Von Ziegeln, Dächern und Zieglern“. Begleitheft zur Feierabendziegelausstellung in der Leonberger Bausparkasse, Dezember 1998
14. Osterloh-Gessat, Elke: „Dieser Ziegel ist mir lieb und und wer ihn stiehlt der ist ein dieb – Feierabendziegel – Schmuck und Abwehr“ in: „Gestaltete Ziegel“, Begleitpublikation zur gleichnamigen Ausstellung des Badischen Landesmuseums Karlsruhe im Schloß Bruchsal vom 16.12.1990 – 14.4.1991. Info-Verlag GmbH, Karlsruhe, ISBN 3-88 190-127-2
15. Salonen, Armas: „Die Ziegeleien im alten Mesopotamien“. Academia Scientiarum Fennica, Helsinki, 1972, ISBN 951-41-0001-8
16. Finley, Moses: „Die antike Wirtschaft“. DTV-München, 3. Auflage 1993
17. Bartelt, Fritz; Schinkel, Eckhard: „Gut Brand! Leben und Arbeit der Lipper Ziegler um 1900“. V.d. Linnepe Verlagsgesellschaft, Hagen, 1986, ISBN 3-921297-61-3
18. Braukmüller, Heide: „... lasset uns Ziegel brennen! Über Ziegler und Ziegeleien an der Ems (16.-20. Jahrhundert)“. Verlag H. Risius, Weener, 2000, ISBN 3-88761-071-7
19. Ebert, B., Vogtmeier, M.: „Die lippischen Wanderziegler“. Lippischer Heimatbund (Hrsg.), Detmold, 1980
20. Gilhaus, Ulrike: „In der Fremde. Vom Leben lippischer Wanderziegler in der Kampagne“. Landschaftsverband Westfalen-Lippe, 1997, ISBN 3-921980-63-1
21. Hock, Gabriele: „Zur Wahrung und Förderung des Zieglergewerbes – Zieglervereine in Lippe“. Klartext Verlag, 1999 ISBN 3-88474-828-9
22. Immenkamp, Andreas (Hrsg.): „Museumsführer Ziegelei Lage“. Westfälisches Industriemuseum Bd. 25, Dortmund, 1. Auflage 2001
23. Lourens, P., Lucassen, J.: „Arbeitswanderung und berufliche Spezialisierung. Die lippischen Ziegler im 18. und 19. Jahrhundert“. Universitätsverlag Rasch, Osnabrück, 1999, ISBN 3-930595-58-3
24. Grasmann, Lambert: „Ziegelpatscher und Ziegelbrenner im Vilsbiburger Land“. Heimatverein Vilsbiburg (Hrsg.), 1997
25. Lutz, Fritz: „Die friaulischen Ziegeleiarbeiter im Münchner Osten – Il Fornaciai Friulani in Baviera, nella est di Monaco“. Chiandetti Editore, Luigi Chiandetti, Reana del Rogoletta, 1994
26. Zietz, Luise: „Zieglerelend“ in: Die neue Zeit, Wochenzeitschrift der Sozialdemokratie, Jg. 24, Bd. 2, S. 596- 604, Stuttgart 1906
27. Janssen, G.B.: „Entstehung und Entwicklung der Ziegelindustrie in Holland“ in: Tagungsband der 8. Arbeitstagung Ziegeleigeschichte/Ziegeleimuseen am 2./3.7.2001 in „De Panoven“ Zevenar. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie, Bonn (Hrsg.)
28. De Niel, Paul: „Kinderarbeit in den Ziegeleien der Rupelgegend“ in: Tagungsband der 8. Arbeitstagung Ziegeleigeschichte/Ziegeleimuseen, 2001
29. Reutter Rolf: „Zur Geschichte der Ziegelproduktion im Rhein-Main-Neckar Gebiet“ in: „Kultur und Geschichte des Odenwalds“, S. 137-154, Breuberg-Bund (Hrsg.), Breuberg-Neustadt, 2. Auflage 1982
30. Erich, O., Beitzl, Richard: „Wörterbuch der deutschen Volkskunde“. Alfred Kröner Verlag, Stuttgart, 3. Auflage 1974, ISBN 3-520-12703-2
31. Schwoerer, Gert: „Die staatliche Ziegler-Ingenieurschule Landshut – Streifzüge durch die Geschichte der Studienstadt, der Studienstätte und der Studienverbindung“. Selbstverlag Gert Schwoerer, Pfeffenhausen, 1. Auflage 2000
32. Schaller, P.: „Der wohlunterrichtete Ziegler“. Verlag von B.F. Voigt, Weimar, 2. Auflage, 1841
33. Heusinger von Waldegg, Edmund: „Die Ziegel- und Röhrenfabrikation einschließlich der neuesten Maschinen und Ofenconstructions“. Theodor Thomas, Leipzig, 2. Auflage 1867
34. Weber, Heinrich: „Ziegeleibetrieb“ in: „Die Entwicklung des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlen-Bergbaus in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts“. Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin, 1905
35. Jungk, Stefan: „5- oder 7-Tage-Woche – Eine Untersuchung in Theorie und Praxis. Die Bedeutung der Betriebsnutzungszeit für die Wahl von Investitionsalternativen eines Hintermauerziegelwerks“. Ziegeleitechnisches-Jahrbuch 1997, Seite 15-30. Bauverlag GmbH, Wiesbaden.
36. Junge, Karsten: „Auswirkungen des Sonntagsarbeitsverbots auf den Energiebedarf von Ziegeleien“. Ziegelindustrie International Nr. 6/1998, S. 327-335.

37. Junge, K., Telljohann, U.: „Entkoppelung von Ofen und Trockner durch Verbrennungsluftvorwärmung und Zwischenspeicherung der Verbundwärme“ in: Ziegelindustrie International Nr. 8/2002, S. 12-22
38. Bender, Willi: „Vom gewachsenen Ton zum gebrannten Scherben – Masse-, Volumen- und Namensänderungen in den verschiedenen Zustandsformen“ in: Ziegelindustrie International Nr. 4/2000, S. 21-28
39. Winkler, G.F.: „Die Bedeutung der Kornzusammensetzung für die Verarbeitung und die Qualität der Ziegeleierzeugnisse“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 8/1955, S. 307-311
40. Lehnhäuser, W.: „Die gravimetrische Thermoanalyse im keramischen Bereich“. Verlag Schmid GmbH, Freiburg, 1987
41. Schönauer, J.N.: „Praktische Darstellung der Ziegelhüttenkunde“. Salzburg, 1815
42. Lipinski, F.: „Das keramische Laboratorium“. Band 1+2, Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale), 1949+1950
43. Ernst, Th. et al.: „Vollständiges Nomenklatorsystem der Tone“. Ber. DKG 36 (1959), H.1
44. Piltz, G.: „Arten der Ziegelrohstoffe“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 13/1964, S. 493-498
45. Fischer, Peter: „Anmerkungen zur Brennfarbe von Tonen“ in: Ziegelindustrie International Nr.9/1984, S. 475-483
46. Patzelt, A. et al.: „Erkundung und Nachweis von Tonvorkommen mit der Methode der Geoelektrik“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 3/1995, S. 166-173
47. Mayen, Klaus-Dieter: „Tongräber im Westerwald“. Verlag Veronika Mayen, Montabaur, 1. Auflage 1985
48. Piltz, G.: „Automatisierung der Rohstoffgewinnung“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1965, S. 229-284
49. Nueske, H.: „Erdbaumaschinen in der Ziegelindustrie“ in: Ziegelindustrie International Nr. 2/1977, S. 77-83
50. Frick, F.: „Grundlagen und Inhalt von Genehmigungsanträgen für den Abbau von Ziegel-Rohstoffen“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 9/1978, S.493-498
51. Wohlrab, B. et al.: „Oberflächennahe Rohstoffe – Abbau. Rekultivierung. Folgenutzung.“ Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, 1995
52. Davis, Charles, Thomas: „A Practucal Treatise on the manufacture of Brick, Tuiles and Terra-Cotta“. Henry Carey Baird & Co., Philadelphia, 1895
53. Weber, R.: „Handbuch der Ziegeleitechnik“. Verlag von Hermann Meusser, Berlin 1914
54. Bender, Willi: „Aussonderung von Fremdkörpern – Eine Herausforderung für die Aufbereitungstechnik“ in: Ziegelindustrie International Nr. 10/1998, S. 641-655
55. Schirnböck, A., Koller, K.: „Chronologische Formate-Tabelle des österreichischen Mauerziegels 980-1980“. Wiener Ziegel-Museum, Heft 3/4 , 1980
56. Gupta, T.N. et al.: « Measures for technology Upgradation in Brick Industry » in: Bricks & Tiles News, Jahresbericht 1995 der All India Brick & Tile Manufacturers Federation, Neu-Delhi
57. Krause, M., Nisch, G.: „Backstein, das Baumaterial des Klosters Chorin“. Choriner Hefte 1/1991
58. Erdmann, W. et al.: „Zisterzienser-Abtei Chorin“. Karl Robert Langewiesche Nachfolger, Hans Koster Verlagsbuchhandlung K.G., Königstein im Taunus, 1994
59. Schnyder, Robert: „Die Baukeramik und der mittelalterliche Backsteinbau des Zisterzienserklosters St. Urban“. Benteli-Verlag Bern, 1958
60. Hofs, Ben: „Geschichte der Entwicklung der Aberson-Maschine“ in: Tagungsband der 8. Arbeitstagung Ziegeleigeschichte/Ziegeleimuseen 2001. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (Hrsg.)
61. Schaller, P.: „Der wohlunterrichtete Ziegler“, bearbeitet von Bauinspektor Hertel in Naumburg, Verlag von Bernh. Friedr. Voigt, Weimar, 4. Auflage 1855
62. Zacharias, Adolf: „Die Ziegeleitechnik in modernen Fabrikbetrieben“. Otto Oechelhäuser Verlag, Kempten(Allgäu), Ausgaben von 1926 u. 1941
63. Hallmann, E.: „Die Berechnung der Schneckenpressen für Stoffe aus festen Partikeln“ in: Die Ziegelindustrie 1960, S. 427-430
64. Pels Leusden, C.O.: „Über die Betriebsweise einer Schneckenpresse bei der Förderung einiger plastischer grobkeramischer Rohstoffe“. Dissertation der TH München, 1965
65. Pels Leusden, C.O.: „Wodurch beeinflusst das Mundstück die Strömung des Tons?“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1966, S. 323-339
66. Bender, Willi: „Von der Empirie zur Rechenlösung – Über die Arbeiten von Prof. Dr. Carl Otto Pels Leusden zur Extrusion“ in: Ziegelindustrie International Nr. 7/2000, S. 27-33
67. Laenger, Fritz: „Extruderauslegung unter Berücksichtigung der Merkmale keramischer Arbeitsmassen“ in: cfi/Ber. DKG 68/1991
68. Hoffmann, W., Berger, H.: „Strömungssimulation in der Keramikindustrie“ in: Ziegelindustrie International Nr. 4/2000, S. 13-16
69. Händle, Philipp: „Numerisch optimierte Extrusionswerkzeuge – Einsatz der Strömungssimulation zur Optimierung und Auslegung von Extrusionswerkzeugen“ in: Ziegelindustrie International Nr. 1-2/2001, S. 31-36 und Nr. 3/2002, S. 21-25
70. Zsutty, Gerhard: „Johann Stadler, der Erfinder der Strangfalzziegel“ in: 18. Bericht der Stiftung Ziegelei-Museum Cham, 2001
71. Steger, W.: „Wärmewirtschaft in der Keramischen Industrie“ in: Tonindustrie-Zeitung, Bd. 50/1927, S. 28
72. Mager, Richard: „Handziegelei und Feldbrand“ in: Die Ziegelindustrie, Heft1/1952, S. 10-17
73. Pinkl, V.: „Das Trocknen von Ziegelformlingen“. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle(Saale), 1928
74. Krause, Eberhard et al.: „Technologie der Keramik“. Band 1 – 4, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1988
75. Bock, Otto: „Die Ziegelfabrikation – Handbuch bei Anlage und Betrieb von Ziegeleien“. Bernhard Friedrich Voigt, Weimar, 8. Auflage (von Peter Schallers „Der wohlunterrichtete Ziegler“) 1894. 75/1.: 9. Auflage, Leipzig, 1901
76. Rauls, Franz: „Die Ziegelfabrikation“. Verlag von Bernh. Friedr. Voigt, Leipzig, 1926
77. Spingler, Karl: „Die verschiedenen Trockensysteme in ihrer wirtschaftlichen und technischen Bedeutung“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 9/10, 1952, S. 327-333
78. Thater, H.: „Intermittierende Luftführung eines Trockners“ in: Ziegelindustrie International Nr. 1/1981, S. 18-20
79. Thater, H.: „Anforderungen an eine moderne Trockentechnik in der Ziegelindustrie“ in: Ziegelindustrie International Nr. 11/1994, S. 802-807
80. Thater, H.: „Kurzbeitrag über den Einsatz von Ventilatoren in Trocknern“ in: Ziegelindustrie International Nr. 5/1981, S. 267-270

81. Junge, K.: „Umwälzlüfter zur Senkung des Energieverbrauchs und zur Vergleichmäßigung der Trocknung“ in: Ziegelindustrie International Heft 1/1985, S. 10-23 und Heft 4/1985, S. 227-235
82. Pels Leusden, C.O., Weber, H.B.: „Über die Ermittlung der optimalen Trocknungsbedingungen“. Forschungsbericht des Landes NRW, Nr. 2190, Westdeutscher Verlag Köln und Opladen, 1971
83. Pels Leusden, C.O., Weber, H.B.: „Voraussetzungen für die verkrümmungsfreie Trocknung von Großblock- und Plankenziegeln“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 7/1975, S.254-264
84. Leu, Erik: „Schnelltrocknung von Dachziegeln durch Prallanströmung“ in: Ziegelindustrie International Nr. 9/2002, S. 28-34
85. Bender, Willi: „Schnelltrocknung auf dem Prüfstand“ in: Ziegelindustrie International Nr. 8/1998, S. 489-495
86. Spieß, H.G.: „Die Schaukeltrocknerei“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 6/1952, S. 191-194
87. Cordeveanu Gelven: „Ziegelschnelltrockner Univelox“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 7/1971
88. Löhlein, Erich: „Erfahrungen nach 1 1/2-jähriger Betriebszeit mit dem Minutentrockner“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 7/1973, S. 253-256
89. Anonym: „Neue Wege bei der automatischen Ziegelerzeugung – Fuchs ITO-InLine System“ in: Ziegelindustrie International Nr. 9/1982, S. 531-533
90. König, Ralf: „Der Schnelltrockner Laminaris im Tonwerk Venus in Schwarzach“ in: Ziegelindustrie International Nr. 8/1998, S. 502-508.
91. Anonym: „Innovative Technik im neuen Ziegelwerk Eichhorn“ in: Ziegelindustrie International Nr. 10/1995, S. 804-812
92. Spingler, Karl: „Trockentechnik – Rückblick, heutiger Stand und Entwicklungsmöglichkeiten“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 11-12/1950, S. 201-207
93. Schoch, Wilhelm: „Betrachtungen und Erfahrungen zur Frage der Ton-Rohstoffwärme und Erreichung kürzerer Trockenzeiten und geringerer Bruchzahlen in künstlichen Trockenanlagen“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 9/1950, S. 151 ff.
94. Denissen, J., Velhuis, J.: „Energiewirksamen Trocknen, Teil 2: Dampftrocknung“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 9/1998, S. 587-597
95. Märkert, J., Diedel, R.: „Mikrowellentrocknung in der Dachziegelindustrie“ in: Ziegelindustrie International Nr. 8/1991, S. 407-412
96. Schaller, P.: „Der wohlunterrichtete Ziegler oder ausführliche Anleitung zur Verfertigung aller Arten von Mauer- und Dachziegeln“. Verlag, Druck und Lithographie von B.F.Voigt, Weimar, 2. Auflage 1841
97. Huiras, Alfred: „Feldbrand von Ziegeln in Südafrika“ in: Ziegelindustrie International Nr. 12/1988, S. 676 -681
98. Roller, Otto: „Die römischen Ziegeleien in Rheinzabern“ in: Gebrannte Erde
99. Krüger, Franz: „Der Ziegelstein“ in: Die Sachgüter der deutschen Volkskunde, S. 143-160, Verlagsbuchhandlung Herbert Stubenrauch, Berlin, 1934
100. Wiegand, Thomas (Hrsg.): „Ofenreise – Der Kasseler Flammofen und die Großalmeroder Tonwarenindustrie“. Verlag Winfried Junior, Kassel, 2000, ISBN 3-934377-62-9
101. Zsutty, Gerhard: „Der Hoffmannsche Ringofen“ in: Heft 17/18-2000 des Wiener Zieglmuseums, Wien 14, Penzinger Str. 59
102. Böger, Hans-Heinrich: „Von Babylon bis Harzgerode – eine kleine Geschichte zur Entwicklung der Brennöfen“, Halle 1989, Unveröffentlicht. 102./1: Modifiziert in Lit. 106
103. Schyia, Lothar: „Gut Brand! Der Siegeszug des Ringofens“. Edition anderweit, Suderburg-Hösseringen, 2000
104. Böger, Hans-Heinrich: „Der erste Hoffmannsche Ringofen in Scholwin“. Vortrag anlässlich des Friedrich Hoffmann Gedenksymposiums am 22./23.9.2000 in Templin
105. Mager, Hermann: „100 Jahre Ringofen und Friedrich Hoffmann“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 11/1958, S. 334-339
106. DKG (Hrsg.): „Beiträge zur Geschichte des Ringofens. Berichte über das Friedrich-Hoffmann-Gedenksymposium am 22./23.9.2000 in Templin/Brandenburg. 3. Bericht des Fachausschusses ‚Geschichte der Technik der Keramik‘.“
107. Grune, H.J.: „Eine Betrachtung zum Wirken Friedrich Hoffmanns in Großräschen und Umgebung“. Nachdruck aus dem Amtsblatt Großräschen Nr. 61/2000 und 1/2001
108. Henseler, Friedhelm: „Denkmaleigenschaften historischer Fabrikschornsteine“. Vortrag zur 4. Arbeitstagung Ziegeleigeschichte/Ziegeleimuseen, Flintsbach, 1997
109. Müller, Wolfgang: „Abgasreinigung in der Ziegelindustrie – eine Marktübersicht“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1998, S. 130-149
110. Kolkmeier, Helmut: „Brenntechnologie in der Grobkeramik“ in: Ziegelindustrie International 4/1992, S. 174-185
111. Riedel, Rudolf: „Der Teufel steckt im Detail“ in : Ziegelindustrie International, Nr. 6/2000 und 9/2000
112. Krause, E.: „Erfahrungen der Ziegelindustrie in der DDR mit einem Kurztunnelofen aus vorgefertigten Leichtbauelementen und mit Strömungstoren“ in: Ziegelindustrie International, N8/1977, S. 388 ff.
113. Riedel et al.: „Der Gegenlaufofen – Funktionsprinzip, Entwicklung, Aufbau, Ergebnisse“ in: Ziegelindustrie International Nr. 9/1985, S. 517-524
114. Rimpel, Eckhard: „Ziegelbrand im Gegenlaufofen“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1995, S. 38-58
115. Merienne, Jean: „Tunnelofen mit Flüssigdichtung“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 10/1994, S.674-677
116. Lingl, Hans, jr.: „Der DrySeal®-Ofen“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 2/1990, S. 124 - 130
117. Spingler, Karl: „Lehrbuch der Ziegeltechnik“. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1948
118. Avenhaus, Wilhelm: „Rechnungsgrundlagen für den Entwurf und den Betrieb keramischer Brennöfen“. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale), 1948
119. Piltz, Gerhard: „Notwendige Voruntersuchungen für die Planung eines Tunnelofens“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1961, S. 144-171
120. Jeschar, K., Pels Leusden, C.O.: „Grundlagen der Berechnung von Tunnelöfen für die Keramik“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 2/1961, S. 34-39
121. Assenmacher, Peter: „Tunnelofenbrand, Rechnungsgrundlagen und Steuerung“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1966, S. 207-272
122. Lingl, Hans jr.: „Vermeidung von Wärmeverlusten“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 8/1981, S. 415-421
123. Junge, K., Jeschar, R.: „Projektierung und Optimierung von Tunnelofenprozessen der Ziegelindustrie“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1984, S.61-171
124. Junge, K.: „Schnelltrocknung und Schnellbrand“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1999, S. 44-57

125. Köther, W., Woyceck, G.: „Das Krokodil – neues Ofensystem für eine Vielzahl von keramischen Produkten und Sonderformaten“ in: Ziegelindustrie International Nr. 10/1987, S. 509-512
126. Bender, Willi: „Moderner Schnellbrand – Ultima ratio der Brenntechnik?“ in: Ziegelindustrie International Nr. 9/1998, S. 30-41
127. Riedel, Rudolf: „Schnellbrand und Wirtschaftlichkeit“ in: Ziegelindustrie International Nr. 4/1999, S. 33-44
128. Vogt, Stefan: „Neue Erkenntnisse für den Schnellbrand von Hintermauerziegeln aufgrund von Modelluntersuchungen“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 2001, S. 88-117
129. Amrein, E., Walt, H.: „Heben und Fördern in der Ziegelindustrie – Transportrationalisierung vom Ofen zur Baustelle“. Europäische Vereinigung der Ziegel-Industrien – TBE, Paris, 1956
130. Tribius, Volker: „Produktentwicklung – der Wettlauf zwischen Hase und Igel“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 12/2000, S.43-48

B. Weitere in Betracht gezogene Literatur (in alphabetischer Reihenfolge)

131. Achenbach, A.: „Die Ziegelwand – Gestaltungs- & Konstruktionsfragen – früher und heute“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 24/1968, S. 588-598, Heft 1-2/1969, S. 35-41, Heft 3-4/1969, S. 71-79, Heft 5-6/1969, S. 117-127, Heft 7-8/1969, S. 179-213
132. Acocella, Alfonso: „An architecture of place“. Edizioni Laterconsult, Rom, 1992
133. Ahnert, R., Krause, H.K.: „Typische Konstruktionen von 1860 bis 1960“. Band 1, 3. Auflage 1991, Band 2, 1. Auflage 1989 Bauverlag GmbH, Wiesbaden
134. Anonym: „The vertical Shaft Brick Kiln“ in: Wall Building – Technical Brief 1995, veröffentlicht von GATE – Eschborn
135. Arnold, Dieter: „Die Tempel Ägyptens“. Bechtermünz-Verlag, Augsburg, 1996, ISBN 3-86047-215-1
136. Assenmacher, Peter: „Ziegelrocknung, theoretische und experimentelle Grundlagen“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1967, S. 193-246
137. Augustin, Frank (Hrsg.): „Mythos Bauakademie“. Verlag für Bauwesen, Berlin, 1997, ISBN 3-345-00640-5
138. Avenhaus, W.: „Mechanische Ziegelherstellung“. VEB Wilhelm Knapp Verlag, Halle (Saale) 1953
139. Badisches Landesmuseum, Metzger, W. (Hrsg.): „Gestaltete Baukeramik – Ofenwandplättchen und Feierabendziegel“. Info-Verlag GmbH, Karlsruhe, 1990
140. Baeumerth, Karl: „Töpfer und Ziegler in Hessen-Homburg“. Angelika Baeumerth (Hrsg.), Usingen, 1987
141. Banditt, W.O.: „Gebrannte Erde“. Steinbock-Verlag, Hannover, 1965
142. Battenfeld, Beate: „Die Ziegelindustrie im Bergischen Land – Ein wirtschaftshistorischer Beitrag zur Architekturgeschichte und Denkmalpflege“. Bergischer Geschichtsverein, Abteilung Solingen (Hrsg.), Solingen 1998, ISBN 3-925626-17-4
143. Beekmann, Friedrich W.: „Geschichte der ostfriesischen Ziegeleien“. Unveränderter Nachdruck der Ausgabe Soltberg 1934, Hrsg. Heide Braukmüller, 1998, ISBN 3-927139-43-2
144. Bender, Willi: „Planung von Ziegelwerken – The planning of brickworks“. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1978, ISBN 3-7625-0933-6
145. Bender, Willi: „Reminiszenzen an eine alte Tonaufbereitungsmethode - das Schlämmen“ in: Keramische Zeitschrift Nr. 11/1993, S. 696 ff. und Nr. 12/1993, S. 782 ff.
146. Bender, Willi: „Konstruktionsplanung, Anlagentechnik und Arbeitswissenschaft“ in: Ziegelindustrie International Nr. 12/1993, S. 716 ff.
147. Bender, Willi: „Bei der Aufbereitung ist klassisch Trumpf – Stand der baukeramischen Aufbereitungstechnik“ in: Keramische Zeitschrift Nr. 6/1995, S. 454-460
148. Bender, Willi: „Die Entwicklung des deutschen Ziegeleimaschinenbaus“ in: Ziegelindustrie International Nr. 9/1996, S. 628 ff.
149. Bender, Willi, Händle, Frank: „Handbuch für die Ziegelindustrie – Brick and Tile Making“. Bauverlag GmbH, Wiesbaden 1982, ISBN 3-7625-1485-2
150. Bender, Willi: „Entwicklungen und Tendenzen beim Bau von Dachziegelwerken“ in: Ziegelindustrie International Nr. 8/1997, S. 485-496 und Nr. 9/1997, S.562-571
151. Bender, Willi: „Ein Zieglerlehrling vor 50 Jahren erinnert sich“ in: Ziegelindustrie International Nr. 7/1998, S. 417-432
152. Bender, Willi: „Schnelltrocknung auf dem Prüfstand – Rapid drying put to the test“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 8/1998, S. 489-495
153. Bender, Willi, Schrader, Mila: „Dachziegel als historisches Baumaterial“. Edition anderweit, Suderburg –Hösseringen, 1998, ISBN
154. Bender, Willi: „Mehrwert und Marktsicherung durch Oberflächenveredelung – Maschine und Einrichtungen zur Oberflächenbehandlung“ in: Ziegelindustrie International Nr. 10/1999, S. 30-41
155. Benfey, Gustav: „Herstellung feuerfester Erzeugnisse“. Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung, Leipzig, 2. Auflage 1926
156. Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie (Hrsg.): „100 Jahre Gesetzliche Unfallversicherung“. Dr. Curt Haefner Verlag GmbH, Heidelberg, 1985
157. Biehl, N.: „Die Mineralanalyse, ein wichtiges Hilfsmittel der materialbedingten Trockeneigenschaften grobkeramischer Rohstoffe“ in: Silikatechnik Nr. 8/1963, S. 253
158. Bischof, Carl: „Die feuerfesten Thone“. Verlag von Quandt & Händel, Leipzig, 1876
159. Bock-Nawrath-Hildebrandt: „Die Ziegelei“. Verlag von Paul Parey in Berlin, 6. Auflage 1942, 159.1. Bock-Nawrath-Fischer: 7. Auflage 1955
160. Böger, Hans-Heinrich: „Die Zieglerlei – Sprüche und Reime vom guten Ton, schwerer Arbeit und kargem Lohn“. Unveröffentlicht, Halle/S., Dezember 2000
161. Bollard, A.E.: „Brick Work: Small Plants in the Brick Industry“. Intermediate Technology Group, London, 1982
162. Borchert, Friedrich-Wilhelm: „Ziegeleien und Kalkbrennereien in Schwerin und am Schweriner See“. Verlag Reinhard Thon, Schwerin 1999, ISBN 3-928820-83-4
163. Borrmann, Richard: „Die Keramik in der Baukunst“. Handbuch der Architektur. I. Teil, 4. Band, 2. Auflage, Alfred Kröner Verlag, Leipzig, 1908
164. Böse, Fritz: „Die Kunst des Ziegelbaus einst und jetzt“ in: Die Ziegelindustrie 1954, Heft 5, S. 147-160, Heft 7, S. 252-259, Heft 16, S. 641-64

165. Braukmüller, Heide: „Wörtersammlung zur niederdeutschen Sprache auf den Ziegeleien des Rheiderlandes“. Verlag Dr. Reinhard, Leer, 1998, ISBN 3-927139-38-6
166. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (Hrsg.): „Ziegel 1967/68“, „Ziegel 1969/70“, „Ziegel 1971/72“
167. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (Hrsg.): „100 Jahre für den Ziegel – 1897-1997 – Tradition und Fortschritt“. Jubiläumsschrift zum 100jährigen Bestehen des Bundesverbands
168. Daniel, Glyn (Hrsg.): „Enzyklopädie der Archäologie“. Manfred Pawlak Verlags- GmbH, Herrsching, Lizenzausgabe 1986, ISBN 3-88199-304-5
169. Dehn, Wolfgang: „Lehmziegel der Hallstattzeit (6. Jh. v. Chr.) von der Heuneburg, Kr. Riedlingen“ in: Der Museumsfreund, Heft 4/5-1964
170. De Nil, Paul: „Waar zullen we dan onze afdragers halen?“ (Über Kinderarbeit in den Ziegeleien des belgischen Rupelgebiets). Ecomuseum en Archief van de Boomse Baksteen vzw, (Hrsg.) Boom, 2000
171. De Nil, Paul: „Gevormd, gedrogt en vor de eeuwigheid gebakken“ (Backsteine – geformt, getrocknet und für die Ewigkeit gebrannt). Ecomuseum en Archief van de Boomse Baksteen vzw, (Hrsg.), Boom, 2000
172. De Nil, Paul: „Onder de pannen zijn“ (Von den römischen tegulae und imbrices zu den Mechelener Strohdachfirstziegeln und Boom'schen Dachpfannen). Ecomuseum en Archief van de Boomse Baksteen vzw (Hrsg.), Boom, 2001
173. Diehl, Karl-Ludwig: „Eladio Dieste – Revolution im Ziegelbau – a revolution in brick architecture“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 6/1990
174. Diehl, Karl-Ludwig: „Wer hat den Ziegel erfunden? – Who invented the brick?“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 11/1995, S. 902-904
175. Diehl, Karl-Ludwig: „Tragwerk und Ornament – Supporting Frameworks and ornament“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 8/1999, S. 57-63
176. Dieste, Eladio: „Bauten mit bewehrten Ziegelschalen – Reinforced brick structures“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 10/1991
178. Dobson, C.G.: „Geschichte des Beton-Dachsteins“. Marley Werke GmbH (Hrsg.), 1959
179. Dobson, Edward: „A Rudimentary Treatise on the Manufacture of Bricks and Tiles“. 13. von Alfred B. Searle überarbeitete Auflage. Crosby Lockwood and Son, London, 1921
180. Doege, Christine: „Bauhandwerker und Ziegler im Rheinland“. Rheinland Verlag GmbH, Köln, 1997, ISBN 3-7927-1638-0
181. Doege, Christine: „Der Hochschachtofen von Langenzenn“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 4/1999, S. 45-48
182. Doege, Christine: „Ziegeleimuseen – Ein Führer zu deutschen und einigen europäischen Ziegmuseen“. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (Hrsg.), Bonn, 1. Auflage 2000
183. Dolata, Jens: „Ziegelstempel der Legio XXII Primigenia Antoniniana“. Magisterarbeit an der Johann-Wolfgang Goethe Universität zu Frankfurt a. M., vorgelegt am 11.11.1994
184. Duggen, Harald: „Ziegeleien entlang der Flensburger Förde“. Selbstverlag, Schausende 1989, ISBN 87-983336-0-7
185. Duhamel, Fourcroy und Gallon: „Die Kunst Mauer- und Dachziegel zu streichen“ aus: Schauplatz der Künste und Handwerke Teil IV, 1765. Faksimile-Edition 1/2000 der Arbeitsgemeinschaft Ziegeldach e.V., Bonn
186. Dümmler, Karl: „Handbuch der Ziegelfabrikation“. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. S., 1926
187. Dümmler, Karl: „Klinker, ihre Verwendung und Herstellung“. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. Saale, 1926
188. Durm, Josef: „Die Baukunst der Etrusker und Römer“. Handbuch der Architektur, II. Teil, 2. Band, 2. Auflage, J. M. Gebhard's Verlag, Leipzig, 1911
189. Eckhart, A.: „Die Technik der Verblendsteine“. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. S., 1884
190. Eckstein, Kanther, Schuen: „Keramisches Brennen“. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale), 1950
191. Elbe von, Joachim: „Die Römer in Deutschland“. Bechtermünz-Verlag, Eltville am Rhein, 1989
192. Erker, A., Heyder, F.: „Zum Einfluß der Querschnittsgestaltung von Hochlochziegeln auf Wärmeschutzanforderungen“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 2/1996, S. 123-130
193. Erker, A.: „Die Finite-Elemente Methode in der Keramik – Wärmeströme im Mauerziegel“ in: Ziegel-Zeitschrift 5 (2000) 2, S. 88-93
194. Fachverband Ziegelindustrie Baden-Württemberg e.V. (Hrsg.): „Ziegel aus Museen und Sammlungen“. Sonderdruck aus: Der Museumsfreund, Heft 4/5, 1964
195. Fachverband Ziegelindustrie Nordwest (Hrsg.): „50 Jahre Interessenvertretung der Ziegelindustrie 1947-1997“. Jubiläumsschrift
196. Faskel, Bernd: „Die Alten bauten besser“. Eichborn Verlag, Frankfurt a.M., 1982, ISBN 3-8218-1703-8
197. Fensterbusch, Curt (Hrsg.): „Vitruv – Zehn Bücher über Architektur“. Primus Verlag, Darmstadt, 5. Auflage 1996
198. Fleischinger, A.F./Becker, W.A.: „Die Mauerverbände“. Vorlagenbuch – Berlin 1859. Edition „libri rari“ in Verlag Th. Schäfer, Hannover, 1993
199. Ford, R.W.: „Keramische Trocknung“. Verlag Schmid GmbH, Freiburg, 1990
200. Freyburg, Sabine: „Denkmäler der Ziegelindustrie am Beispiel Thüringens“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 10/1993, S. 618-630
201. Germes-Dohmen, Ina: „Auf den Ton kommt es an. Geschichte der Westdeutschen Dachziegel- und Röhrenindustrie 1885-1935“. Schriftenreihe des Kreises Viersen, 1999, ISBN 3-931242-14-5
202. Göbel, Klaus: „Baustoffe mit Tradition – Leichthochlochziegel fußen auf über 100jähriger Erfahrung“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 11/1987, S. 544-547
203. Göbel, Klaus: „200 Jahre Industrie- und Gewerbebau mit Ziegeln – 200 years of industrial and commercial building with bricks“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 9/1992, S. 420-426
204. Gorys, Erhard: „Handbuch der Archäologie“. Weltbild-Verlag GmbH, Augsburg 1989, ISBN 3-89350-120-7
205. Gottlob, Fritz: „Formenlehre der Norddeutschen Backsteingotik“. Baumgärtners Buchhandlung, Leipzig, 1907, Reprint Verlag Ludwig, Kiel 1999, ISBN 3-9805480-8-2
206. Graf, Roland: „Der Ziegler. Handgefertigte Ziegel und ihre Inschriften im Landkreis Kronach“. Arbeitskreis für Heimatpflege, Kronach, 1986
207. Greiner, G. et al. : „Geoelektrische Kartierung zur Abgrenzung und Untersuchung horizontal begrenzter Tonlagerstätten“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 6/1998, S. 314-317/208. Gries, Rainer et al. : „Gestylte Geschichte“. Verlag Westfälisches Dampfboot, Münster, 1998, ISBN 3-924550-36-0
209. Handbuch der Keramik: Loseblattausgabe. Verlag Schmid GmbH (Hrsg.), Freiburg, seit 1966

210. Henze, Wolfgang: „Architektur- und Baukeramik“. VEB Wilhelm Knapp Verlag, Halle (Saale), 1955
211. Heuschkel, Hermann et al.: „ABC Keramik“. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 2. Auflage 1990, ISBN 3-342-00432-0
212. Heusinger v. Waldegg: „Die Ziegel-, Röhren- und Kalkbrennerei“. Verlag von Theod. Thomas, Leipzig, 5. Auflage 1901
213. Hildebrand, E.: „Einrichtung und Betrieb von Feldbrandziegeleien“ in: Tonindustrie-Zeitung, Nr. 27-28/1943, S. 308 ff.
214. Hinz, W. (Hrsg.): „Silicat-Lexikon“. Akademie-Verlag, Berlin, 1985
215. Hofherr, Adolf: „Die Ziegelbauweise in der vorstädtischen und ländlichen Siedlung“. Verlag Oscar Laube, Dresden, o.J. (ca. 1930)
216. Hofmann, H.G., Zipf, E.: „Das Ziegeldach“. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (Hrsg.), Bonn, 1966
217. Hölker, Michael: „Planziegel – Voraussetzungen und Konsequenzen bei Herstellung und Anwendung“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 1/1996, S. 32-35
218. Hülsenberg, Dagmar (Hrsg.): „Maschinelle Formgebung von Keramik“. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1980
219. Huthmann, Erich: „Die Trocknung in der keramischen Industrie“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1977 und 1978, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin
220. Issel, Hans: „Illustriertes Handlexikon der gebräuchlichen Baustoffe“. Verlag von Theod. Thomas, Leipzig, 1902, Reprint-Verlag, Leipzig, ISBN 3-8262-091-x
221. Jacobi, Jutta: „Geschichte der Jacobi Tonwerke 1860 – 1997“. Jacobi Tonwerke GmbH (Hrsg.), Bilshausen, 1997
222. Jaennicke, Friedrich: „Geschichte der Keramik, der Fayence und des Porzellans“. Verlagsbuchhandlung von J.J. Weber, Leipzig, 1900
223. Jochens, Birgit, Hünert, Doris: „Die Berliner Familie March... eine Erfolgsstory“. Edition Berlin im Metropol Verlag, Berlin, 2000, ISBN 3-932482-94-8
224. Jungbluth, N.: „Lehr- und Musterbuch über Ziegelbedachungen“. Fachbücherverlag N. Jungbluth, Mayen-Rhld., o.J. (ca. 1938)
225. Junge, K.: „Zur Lösung des Schwelgasproblems bei der Leichtziegelherstellung“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1987/88, S. 29-35
226. Junge, K.: „Durchströmungstrocknung von Hochlochziegeln“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 7/2000, S. 35-40
227. Jungk, Ernst K.: „Erde, Wasser, Luft und Feuer – Autobiographie und Firmenchronik der Zieglerfamilie Jungk“. Ernst Jungk & Sohn GmbH (Hrsg.) Wöllstein, 1995, ISBN 3-929773-01-5
228. Jungk, Stefan: „Untersuchung von Investitionsalternativen im Ziegeleibetrieb in Abhängigkeit unterschiedlicher Arbeits- und Betriebszeiten“. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Würzburg, 1994
229. Kadatz, Hans-Joachim: „Seemanns Lexikon der Architektur“. E.A. Seemann Kunstverlagsgesellschaft Leipzig, 1994, ISBN 3-363-00613-6
230. Kaulbach, Herbert: „Fortschritte in der Ziegelindustrie“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 21/1952, S. 798-801
231. Kerl, Bruno: „Handbuch der gesamten Thonwarenindustrie“. C.A. Schwetschke und Sohn, Braunschweig, 2. Auflage 1879, 231/1. 3. Auflage 1907, Verlag Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig
232. Koch, Wilfried: „Baustilkunde“. Mosaik Verlag GmbH, München, 1990, ISBN 3-572-05927-2
233. Koch, Ernst-Adolf: „Rethorner Ziegelwerk – Die Geschichte, der Betrieb und Geschichten der Rethorner Ziegelei“. Selbstverlag Ernst-Adolf Koch – Ganderkesee, 1998
234. König, Ralf: „Die keramische Trocknung“. Verlag Novokeram, Krumbach, 1998, ISBN 3-00-002391-7
235. Korsukewitz, J.: „Vom Gewerbe zur Industrie – Industrialisierung des Zieglergewerbes und ihre sozialen Folgen im norddeutschen Raum des 19. Jahrhunderts“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 5/1993, S.326-336
236. Korsukewitz, Joachim: „Bauen im späten Mittelalter – Building in the late Middle Age“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 12/1994, S. 870-878 und Nr. 1/1995, S. 28-35
237. Köther, Wolfgang: „Stand und zukünftige Entwicklung im Tunnelofenbau“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 6/1987, S. 244-255
238. Krause, Eberhard et al.: „Grobkeramik-Taschenbuch“. Band 1/1971, Band 2/1974, Band 3/1978, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin
239. Krcmar, Wolfgang: „Entwicklung eines hochwärmedämmenden Planschleifziegels“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 2001, S. 67-87
240. Krück, Karl: „Nordhessisches Fachwerk und Großalmeroder Dachziegel“. Geiger Verlag, Horb am Neckar, 1996
241. Krug, Hermann: „Arbeitskunde der Ziegelindustrie“. Engelhard-Reyher Verlag, Gotha, 1949
242. Kucher, Eberhard: „ α -Alpha – eine neue Walzwerksgeneration“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 12/1992, S. 636-647
243. Kühn, Herbert: „Der Dachziegel, das Element der klassischen Dachdeckung“ in: „Gebrannte Erde“, S. 313-320
244. Kühn, Herbert: „Der Turm von Babel“ in: „Gebrannte Erde“, Jahrgang 1970
245. Kühn, Herbert: „Die glasierten Ziegel von Babylon“ in: „Gebrannte Erde“, Jahrgang 1971
246. Kummer, Walter: „Die Ziegeleimaschinenindustrie Deutschlands“. Inaugural-Dissertation. Tübingen, 1930.
247. Lehmann, Wingolf: „Handwerkliche und industrielle Ziegelherstellung“. Landschaftsverband Westfalen-Lippe, 1995
248. Linderkamp, Heike: „Auf Ziegelei an der Niederelbe. Zur saisonalen Wanderarbeit lippischer Ziegler im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert“. Verlag des Stader Geschichts- und Heimatvereins, Stade, 1992
249. Litzow, Karl: „Keramische Technik – Vom Irdengut zum Porzellan“. Verlag Callwey, München, 1984, ISBN 3-7667-0711-6
250. Ludowici, J.W.: „Zur Normung des Daches“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 4/1950, S. 282-283
251. Lützel, Heinrich: „Triumph des Ziegels – Baukunst der außereuropäischen Länder“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 8/1964, S. 279-292
252. Mämpel, Uwe: „Keramik – Von der Handform zum Industriefuß“. Rowohlt Taschenbuchverlag GmbH, Reinbek bei Hamburg, 1985, 1480 ISBN 3 499 17717x
253. Mark, Robert: „Vom Fundament zum Deckengewölbe – Großbauten und ihre Konstruktion von der Antike bis zur Renaissance“. Birkhäuser Verlag, Basel, 1995, ISBN 3-7643-5009-1
254. Marzahn, Joachim: „Das Istar-Tor von Babylon – Vorderasiatisches Museum zu Berlin“. Verlag von Philipp von Zabern, Mainz, 1992
255. Matthaeij, Carl, Ludwig: „Der vollkommene Dachdecker“. Ilmenau 1833, Reprint der Edition „libri rari“ im Verlag Th. Schäfer, Hannover, 1986

256. Mendheim, J.H.: „Vom Hoffmann-Ofen zum Mendheim-Gaskammerofen“ in: Ziegel-Zeitschrift, Nr. 4/2000, S. 224-227
257. Merschmeyer, Gerhard: „Handbook for Village Brickmakers in Africa“. MISEREOR (Hrsg.), Aachen, 1989
258. Mettau, Charles: „Der Kammerofen System Friedrichshafen“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 6/1962, S. 161-169
259. Meyer-Nelms: „Handbuch der Brickologie (Ziegelkunde)“. Born-Verlag, Wuppertal, 1985, ISBN 3-87093-008-x
260. Mielke, Heinz-Peter: „Wandeln über Dächern. Bedachungsmaterial in Vergangenheit und Gegenwart“. Verlag Grafik Druck KG Müsers, Viersen, 3. Auflage 1992
261. Mothes, Oscar: „Illustriertes Baulexikon“. Band 1- 4. Verlag und Druck von Otto Spamer, Leipzig und Berlin 1881. Reprint von Manuscriptum Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1998, ISBN 3-033497-18-3
262. Müller, Konrad Jörg: „Ziegelarchitektur in Dörfern der Mark Brandenburg“. Brandenburgisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Potsdam, 1998
263. Müller, Wolfgang, Hohmann, H.: „Verfahrenstechnische Untersuchungen an einem rekonstruierten römischen Töpferofen aus dem germanischen Thüringen“ in: Sprechsaal, Vol.124, Nr. 9/1991, S. 574-583
264. Musterbetrieb Deutscher Wirtschaft, Band 36: „Die Dachziegel- und Hohlstein-Industrie – Carl Ludowici K.a.A., Falzziegelwerke, Jockgrim (Rheinpfalz)“. Verlag J.J.Arndt, Leipzig 1936
265. Nawrath, A.: „Der Ziegelofen“. Carl Scholtze Verlag, Leipzig, 1928
266. Neufert, Ernst: „Ziegelformate aus aller Welt“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 9-10/1952, S. 336-343
267. Niesper, Alphonse, A.: „Tontrocknung“. Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1958
268. Nierstrath, Werner: „Faszination Ziegelei – Ein Jahrhundert Zieglerleben“. Selbstverlag Dipl. Ing. W. Nierstrath, Bielefeld, 1999, ISBN 3-00-004639-9
269. Noack, Walter: „Welchen Ziegel braucht der Bau“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 1/1996, S. 36-40
270. Opderbecke, Adolf, Issel, Hans: „Die Bauformenlehre“. Verlag von Bernh. Friedr. Voigt, Leipzig, 1899
271. Opderbecke, Adolf: „Der Dachdecker“. Leipzig 1901, Reprint Edition „libri rari“ im Verlag Th. Schäfer, Hannover, 1991
272. Ortmeier, Martin (Hrsg.): „Per Handschlag – Die Kunst der Ziegler“. Verlag Passavia, Passau, 1995, ISBN 3-87616-192-4
273. Ott, Heinrich: „Der Mauerziegel – seine Geschichte, seine Anerkennung, seine bauphysikalischen Eigenschaften“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 9-10/1960, S. 284-301
274. Pantzer, R., Galke, R.: „Leitfaden für den Ziegeleimaschinen-Betrieb“. Druck und Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin, 1910
275. Pels Leusden, C.O.: „Vermeidung von Trockenrissen und Verkrümmungen“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1981 und 1982, Bauverlag GmbH, Wiesbaden
276. Pels Leusden, R.: „Über den heutigen Stand des Tunnelofenbaus“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1964, S. 267-333
277. Pfeleiderer, K.G., Tinzmann, O. (Hrsg.): „Dachschmuck-Experimente – Designwettbewerb Innovativer Dachschmuck“. Aries Verlag, Grabenstätt am Chiemsee, 1997
278. Pfothner, A., Lixenfeld, A.: „Backsteingotik“. Monumente Edition, Deutsche Stiftung Denkmalschutz, Bonn, 1999, ISBN 3.9804890-7-8
279. Pinski, V.: „Das Einsetzen der verschiedenen Ziegelsorten“. Verlag der Deutschen Ton- und Ziegel-Zeitung, Berlin, 1927
280. Pinski, V.: „Die Herstellung der Dränröhren und ihre Anwendung“. Verlag Tonindustrie-Zeitung, Berlin, o.J. (ca. 1927)
281. Plaul, Th. : „Technologie der Grobkeramik“. Band 1 – 6, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1964-1973
282. Plumridge, A., Meulenkamp, W.: „Ziegel in der Architektur“. Deutsche Verlagsanstalt GmbH, Stuttgart, 1996, ISBN 3-421-03090-1
283. Pohl, Walfried: „Der Einfluß der Architekturstile auf die Anwendung des Ziegels – The influence of historical architectural styles on the use of brick“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 7/1991, S. 352-360
284. Pries, Martin: „Die Entwicklung der Ziegeleien in Schleswig-Holstein“. Institut für Geographie und Wirtschaftsgeographie der Universität Hamburg, 1989, ISBN 3-506-73645-0
285. Probst, Manfred, Bender, Willi: „Das Betriebslabor – unerlässlich für konstante Produktqualität“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 3/2000, S. 13-33
286. Prospekte der Firmen: Wie im einzelnen unter „Bildnachweis“ aufgeführt
287. Rahlson, Hellmut: „Die badische Industrie der Steine und Erden und ihre Arbeiter“. Inaugural-Dissertation, Heidelberg 1903
288. Recordon, B. : „Das Ziegeldach in seiner historischen und technischen Entwicklung“. Emil Pfenning & Co., Zürich, 1914
289. Richter, Gerhard: „Fachkunde für Ziegler am Ringofen“. Fachbuchverlag GmbH, Leipzig, 1952
290. Riedel, Rudolf: „Falschluff und Konvektion im Tunnelofen“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 6/1989, S. 310-318 und Nr. 7-8/1989, S. 373-385
291. Riedel, Rudolf: „Die Automatisierung der Dachziegelherstellung“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 9/1991, S. 471-481
292. Riederer, Josef: „Archäologie und Chemie – Einblicke in die Vergangenheit“. Rathgen-Forschungslabor, Berlin, 1987
293. Rühne, J.F.: „Lehrbuch der Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelfabrikation“. Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1877
294. Ruhrgas AG. (Hrsg.): „Erdgas für die wirtschaftliche Grobkeramik- Produktion“. Erdgas Information Industrie, Ausgabe 10/1983. 294.1.: Ausgabe 13/1985
295. Rupp, Erwin, „Geschichte der Ziegelherstellung“. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (Hrsg.), Bonn, 1. Auflage o. J. (ca. 1965)
296. Rupp, Erwin, Friedrich Günther: „Die Geschichte der Ziegelherstellung“. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (Hrsg.), 2. erweiterte Auflage 1988
297. Ruppert, Wolfgang: „Die Fabrik. Geschichte von Arbeit und Industrialisierung in Deutschland“. Verlag C.H. Beck, München 1983, ISBN 3-406-32292-1, Göttingen, Heidelberg, 4. Auflage 1958
298. Salmang, H.: „Die physikalischen und chemischen Grundlagen der Keramik“. Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 4. Auflage 1958.
299. Salmang, H., Scholze, H.: „Keramik“. Teil 1+2. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1982 u. 1983
300. Schäfer, W. et al: „Mittelalterliche Backsteinarchitektur von Lübeck bis zur Marienburg“. DuMont Buchverlag, Köln, 1995, ISBN 3-7701-2821-4
301. Schirmböck, Anton: „Abendländische Aspekte der österreichischen Ziegelforschung. Ziegelformate und Richtzahlen“. Bauhütte Leitl-Werke (Hrsg.), 1973

302. Schlunkert, C.: „Der Umbau von Ring- zu Tunnelöfen in wirtschaftlichem und technischem Vergleich mit anderen Tunnelofenkonstruktionen“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 6/1962, S. 170-174
303. Schmatolla, Ernst: „Die Brennöfen“. Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung, Leipzig, 3. Auflage o.J. (ca. 1920)
304. Schmidt, Alfred: „Die Brennöfen der Grob- und Feinkeramik und der Mörtelindustrie“. Carl Marhold Verlagsbuchhandlung, Halle a. S., 1948
305. Scholl, Fritz: „Über die Herstellung poröser Ziegel“. Die Ziegelindustrie, Heft 18, S. 655-662
306. Schrader, Mila: „Mauerziegel als historisches Baumaterial“. Edition anderweit, Suderburg-Hösseringen, 1997
307. Schuen, Wilhelm: „Schnellbrennen in Ziegeleien“. Fachbuchverlag GmbH, Leipzig, 1955
308. Schulz, K.O.: „Der Maschinenpark der Ziegeleien“. Dr. Sändig Verlag KG, Leipzig, 1938 und Wiesbaden, 1955
309. Schulz, K.O.: „Öfen und Brennen in der Tonindustrie“. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale), 1950
310. Schulz, R., Schellenberger, W.: „Museums katalog Terra-Sigillata in Rheinzabern“. Verein Terra-Sigillata-Museum Rheinzabern e.V., 1996
311. Schulze, Konrad, Werner: „Architektur der Gegenwart, Band IV. Der Ziegelbau“. Akademischer Verlag Dr. Fritz Wedekind & Co., Stuttgart, 1927
312. Schyia, Lothar: „Beurteilung der Entwicklung der Mauerziegelindustrie der ehemaligen DDR in den Jahren 1950-1990, besonders aus technisch-technologischer Sicht“. Dissertation an der Technischen Universität, Bergakademie Freiberg, 1996
313. Seifert, B. et al.: „Ziegeleilexikon“. Dr. Sändig Verlag KG, Wiesbaden, 1954
314. Sitchin, Zecharia: „Der zwölfte Planet“. Knauer Sachbuch 3947. Droemersch Verlagsgesellschaft Th. Knauer Nachf., München, 1989
315. Spingler, Karl: „Fehler in der Ziegelherstellung und ihre Beseitigung“. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale), 1950
316. Spitzner, J.: „A Review of the Development of Lightweight Aggregates – History and Actual Survey“. Tile & Brick Int. Vol. 13, Nr. 3/1997, S. 232-235
317. Stahl, Dieter: „Trocknung“ in Bender/Händle (Hrsg.): Handbuch für die Ziegelindustrie. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1982
318. Staufenbiehl, G.: „Rückblick auf die Einführung der Pflichtnorm Mauerziegel im Jahre 1870“ in: Die Ziegelindustrie, Heft 9-10/1952, S. 343-347
319. Sterly, Hans-Jürgen: „Kehlen im Ziegeldach“. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, Köln, 1991, ISBN 3-481-00422-2
320. Sterly, H.J. et al.: „Details rund um das Ziegeldach“. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, Köln, 1993, ISBN 3-481-00631-4
321. Stephan, Hans-Georg: „Großalmerode. Ein europäisches Zentrum der Herstellung von technischer Keramik“. Glas- und Keramikmuseum Großalmerode (Hrsg.), 1995
322. Strohmeier, Werner: „Dachziegelbrand mit neuer Technologie“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 2-3/1988, S. 89-91
323. Stupperich, F. R.: „Trocknungstechnik in der Ziegelindustrie“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1976
324. Taylor, John: „Bauen mit gesundem Menschenverstand“. Bauverlag GmbH. Wiesbaden und Berlin, 1985, ISBN 3-7625-2240-5
325. Thater, Herbert: „Innerbetriebliches Transportwesen in der Grobkeramik-Industrie“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 9/1982, S. 528-530
326. Thoma, Karl: „Neue Entwicklungen und Perspektiven in der Trocknungstechnik“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 1/1992, S. 23-30 und Nr. 2/1992, S. 79-84
327. Thomas, Theodor: „Geschichte der Dachdeckerberufe“. Bd. 1, Verlag Zentralverband der Dachdecker Deutschlands, 1929
328. Tribius, Volker: „Unregelmäßige Mauerverbände“ in: Ziegel Zeitschrift 3 1998 (1) S.11-14
329. Urbchat, E. et al.: „Die mechanisierte Ziegelei“. Verlag Tonindustrie-Zeitung, Berlin, 1931
330. Van der Kloes, J.A.: „Onze Bouwmaterialen, Deel II, Kunststeen“. J. van der Endt & Zoon, Maasuis, 1924
331. Vitruvius: „Zehn Bücher über Architektur“. Übersetzt von Dr. Curt Fensterbusch. Primus Verlag, Darmstadt 1996, 5. Auflage 1996, ISBN 3-89678-005-0
332. Vogt, Stefan et al.: „Energie- und leistungsoptimaler Betrieb von Trocknern und Öfen“ in: Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1999, S. 58-70
333. Vossen, Rüdiger: „Reise zu Marokkos Töpfern“. Hans Christian Verlag, Hamburg, 1990
334. Wagenbreth, Otfried: „Die Ziegelindustrie im System der technischen Denkmale“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 6/1998, S. 345-351
335. Waller, Henri: „Das Dachdeckerhandwerk in der Schweiz“. Schweizerischer Dachdeckermeisterverband (Hrsg), Zürich 1931, Nachdruck 1983
336. Wartmann, Herbert: „Die Technik der Biberschwanzdeckung im Bild“. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 1998, ISBN 3-481-01152-0
337. Weber, H.B.: „Ziegeltrocknung mit Hilfe der optimalen Trockenkurve“ in: Ziegelindustrie International, Nr. 2/1973, S. 46-54
338. Wiener Zieglmuseum: Hefte 1/1978 bis 17-18/2000. Museumsverein Penzing (Hrsg.), Wien 14
339. Witt, Volker: „Zur Geschichte des Zieglerhandwerks im Raum Dresden“ in: Volkskunde in Sachsen. Arbeitsgruppe Volkskunde am Institut für Geschichte der technischen Universität Dresden, Bd. 2, 1996, ISBN 1430-7537
340. Württ. Museumsverband e.V. (Hrsg.): „Ziegel aus Museen und Sammlungen“. Der Museumsfreund, Heft 4/5, 1964
341. Zacharias, Adolf: „Die künstlichen Ziegeltrockenanlagen“. Selbstverlag, München, o.J. (ca. 1946)
342. Zanger, Heinz: „Ziegeldach und Denkmalpflege“. Arbeitsgemeinschaft Ziegeldach e.V. (Hrsg.), Bonn, 1. Auflage Februar 2001
343. Zanger, Heinz: „Dachschmuck aus gebranntem Ton“. Edition anderweit, Suderburg-Hösseringen, 2002, ISBN 3-931824-24-1
344. Ziegel 1967/68; 1969/70; 1971/72. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V., Bonn (Hrsg.)
345. Ziegel-Bau-Taschenbuch: Jahrgänge 1951 bis 1962. Verlag für Wirtschaftsschrifttum Otto K. Krausskopf, Wiesbaden
346. Arbeitskreis Ziegeleigeschichte/Ziegeleimuseen: Tagungsbände der Arbeitstagungen 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (Hrsg.), Bonn
347. Ziegeleimuseum Cham: Jahresberichte 1982/83 bis 2003. Verlag Stiftung Ziegeleimuseum Cham/Schweiz
348. Ziegeleitechnisches Jahrbuch: Jahrgänge 1951 bis 2003. Bauverlag GmbH, Wiesbaden

C. Nach Redaktionsschluß aufgenommene Literatur

349. Rieger, Walter: „Technologische Maßnahmen zur Förderung der Nachhaltigkeit des Trocknungs- und Brennprozesses in der Ziegelindustrie – Technological measures to promote the sustainability of the drying and firing process in the brick and tile industry“ in: Ziegelindustrie International Nr. 12/2003, S. 32-36
350. Bender, Willi: „Quo vadis Dachziegelformat? – Quo vadis clay roofing tile format?“ in: Ziegelindustrie International Nr. 6/2004, S. 20-35
351. Vogt, Stefan, Vogt, Regina: „Zur Berechnung von qualitätsgerechten Brennkurven – On the modeling of firing curves to comply with quality standards“ in: Ziegelindustrie International Nr. 7/2004, S. 20-35
352. Junge, Karsten; Telljohann, Uta, Deppe, Dirk: „Trocknung von Ziegelrohlingen – Neues Berechnungsmodell und dessen Auswirkungen (Teil 1) – Drying of green bricks – New calculation model and its effects (Part 1)“ in: Ziegelindustrie International Nr. 8/2004, S. 22-29
353. Mommers Huub: „Mommers Dakpanengids“. Selbstverlag März 2000 (Beschreibung historischer holländischer Dachziegelmodelle)
354. Campbell, W.P., Pyce, William: „Backstein – Eine Architekturgeschichte – von den Anfängen bis zur Gegenwart“. Knesebeck GmbH & Co. Verlags KG, München, 2003, ISBN 3-86660-189-X
355. Schwabach, Thomas: „Die Entwicklung des Zieglergewerbes in Zons (15 - 20. Jahrhundert)“. Nr.3/04 der Schriftenreihe Zeitsprünge, Geschichtsverein für Dormagen, Nievenhain und Zons e.V.. ISSN 1511 - 2245, ISBN 3-936975-02-7
356. Janssen, G.B.; Mommers H.F.J.H., Stoffels R.P.: „De ontwikkeling van keramische bouwmaterialien“. Stichting Historie Grofkeramiek. Trasmolen 19, 8754 GL Makkum, ISBN 2004 90-9018305-1
357. Weißels, Paul: „Ziegeleien an der Ems – Ein Beitrag zur Wirtschaftsgeschichte Ostfrieslands“. Ostfriesische Landschaftliche Verlags- und Vertriebsgesellschaft mbH, Aurich 2004, ISBN 3-9322096-44-4
358. Kästner, Sven; Neumann Holger: „Feldbahnen in der Ziegelindustrie“. Wolfgang Herdam Fotoverlag, Gernrode/Harz, 2003, ISBN 3-933178-13-4
359. Kuhn, Gerhard: „Entwicklungsstufen der Brennersysteme, speziell Öl- und Gasfeuerungen, und deren Bedeutung in der geschichtlichen Entwicklung der Ziegelindustrie“. Unveröffentlichter Entwurf, Eisenberg, 2001

16. Bildnachweis

(Nicht aufgeführt sind zum Teil die Bilder, deren Quelle aus der Bildunterschrift ersichtlich ist. Soweit Bilder der unter Pkt. 14 „Literaturhinweise“ aufgeführten Literatur entnommen sind, ist dies mit dem Hinweis „Lit...“ gekennzeichnet.)

- Achenbach, A., Lit. 131: 8.1.
- Amrein, E., Walt, H., Lit. 129: 10.114., 10.156., 11.84., 11.86., 11.87.
- Arbeitsgemeinschaft Ziegeldach e.V. Bonn: Infobroschüre „Eins mit Umwelt und Natur: Tondachziegel“: 1.3.; 1.8. (unten), Sonstige: 2.51.
- Avenhaus, W., Lit. 118: 10.2. (oben), 10.10., 10.100., 10.111., 10.128., 10.140., in Lit.345/1951: 5.16., 5.17., 9.2.
- Beeker, Rudi: „Historischer Backsteinbau“ in „Tagungsunterlagen der Fachtagungen 1993“ der Arge Vormauerziegel & Klinker e.V.: 2.10.
- Bender, Willi, Fotos und Ausarbeitungen: 1.7., 2.4b., 2.6., 2.7., 2.46., 3.14., 3.15., 4.5., 5.1., 5.38., 7.1., 7.2., 8.4., 8.66., 8.91., 10.83., 10.119., 10.146., Lit. 10.: 2.14., 2.16., 2.17., 2.19.
- Archiv des Verfassers: 1.1., 2.3., 2.15., 2.38a-h., 2.59., 4.1., 5.3., 5.41., 6.1., 6.18., 7.49., 7.50., 7.103., 8.55., 8.83., 8.88., 9.15., 9.56., 10.7., 10.17., 10.130., 10.131., 10.132., 11.8.
- Benfey, Gustav, Lit. 155: 6.2.
- Bernt, Edmund: 2.55., 9.4.
- Berufsgenossenschaft der Keramischen und Glas-Industrie: „Anleitung zur Durchführung der Unfallverhütungsvorschriften für Gräbereien über Tage“. o.J.: 6.14., 6.15., 6.16., 6.17., 6.19., 6.20.
- Binding, G., Steinmetz, A.: „Historische Grundformen“ in „Tondachziegel für die Denkmalpflege, Zusammenfassung Heft 1-3, September 1990. Arge Ziegeldach e.V. Bonn (Hrsg.): 2.36a.
- Bock, Otto, Lit. 75: 2.45b., 4.11., 4.26., 5.35., 6.35.; 6.37., 7.17., 7.85., 7.95. (oben), 7.97., 8.10., 8.14., 8.16., 8.18., 8.23., 8.27., 8.29., 8.31., 8.68., 8.75., 8.76a., 8.85a., 8.100., 8.130., 8.131., 9.19., 9.29., 9.30., 9.31., 9.46., 9.47., 10.16., 10.67., 10.82., 10.104., 10.124., 10.134., 10.137., 10.138., 10.147., 10.149., 10.159., 11.2., 11.5., 11.12., 11.22a., 11.23., 11.25., 11.26., 11.27., 11.28., 12.6., 12.18.
- Bock, Otto, Lit. 75/1: 4.35., 6.24., 6.43., 6.44., 6.45., 6.46., 7.98b+c., 8.7., 8.57a., 8.74., 8.89., 8.136a+b., 9.18a., 9.27., 9.28., 9.54., 9.59., 10.25., 10.56., 10.60., 10.63., 10.66., 10.74., 10.102., 10.115., 10.152., 10.153.
- Bock-Nawrath, Lit. 159: 4.27., 6.3., 6.6., 10.125.
- Bock-Nawrath-Fischer, Lit. 159/1: 4.37.
- Böger, Hans-Heinrich: Lit. 160: 1.2., Fotos 10.37., Lit. 102: 10.171., 10.172.
- Brongniart, A.: Traité des art céramiques ou des poteries..., Paris, 1844 : 4.9., 10.77., 12.4.
- Bücker, Franz, in Lit. 149: 11.39., 11.52., 11.53.
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.: 2.2a., 2.20. The Clay-Worker, Indianapolis, Ind. (Jahrgänge 1894-1898): 2.38i., 3.5.a., 6.5., 6.22., 6.23., 6.38., 8.38., 8.86., 8.93a-c., 8.134b-d., 8.139., 9.13., 9.14., 9.43., 9.45., 9.49., 10.50., 10.71., 10.72., 10.73., 11.32., 11.80., 12.19.
- Clews, F.H.: „Heavy Clay Technology“, Academic Press, London, 1969: 9.1.

- Crowell, R., Kollia-Crowell, B.: „Zur Geschichte des Ziegeleiwesens – Dargestellt am Beispiel der Ziegelhütte in Unterschwarzach“ in: Band II/1994 Arbeitskreis für Hausforschung Baden-Württemberg: 10.55.
- Damle, A.: „The Indian Brick Industry...“ in: *Tile & Brick International*, Volume 12, No. 3, 1996: 10.154.
- Davis, Charles, Lit.52: 8.57b., 9.39.
- Denissen, J., Velthuis, J., Lit. 94: 9.82.
- Diderots Enzyklopädie 1762-1777, Die Bildtafeln: 4.20.
- Diehl, Karl-Ludwig, Arbeitsgemeinschaft Ziegelschalen, Bonn: „Ziegel zum Schweben bringen“ in: *Ziegelindustrie International* Nr. 5/1996: 2.25.
- Dingler's polyt. Journal, Bd. 238, Taf. 30: 10.133., 10.158.
- Dobson, Edward, Lit. 179: 4.10., 4.21., 4.22., 7.18., 12.14.
- Dr. A.L.: „Die Dachziegelproduktion im Werk Hennersdorf“ in: *Die Wienerberger*, Heft 1/1962, Wienerberger Ziegelfabriks- und Baugesellschaft mbH, Wien: 12.23.
- Duhamel, Fourcroy, Gallon: „Die Kunst Mauer- und Dachziegel zu streichen“ aus: *Schauplatz der Künste und Handwerke*, Bd. IV, 1765, Verlag Rüdiger, Berlin und Leipzig (Deutsche Übersetzung von „L'art du tuilier et du briquetier, Paris, 1763): 4.7., 4.12., 4.13., 4.15., 4.18., 8.5., 9.8b., 10.36., 10.54.
- Dümmler, Karl, Lit. 186: 2.27., 6.7., 6.21a+b, 7.28. (unten), 7.35., 7.47., 7.48., 7.98a, 8.39., 8.40., 8.46., 8.50b, 8.87., 8.134a., 10.47., 10.65., 10.75., 10.118., 10.148., 10.164., 10.165., 11.29., 12.20.
- Ebers, G.: „Aegypten in Bild und Wort“, Bd.1, Leipzig 1879: 3.2.
- Eckstein et al., Lit. 190 : 10.40.
- Fay, G.C. ; Birch, R.E. : « Early Brick Machines and Continuous Ceramic Kilns » in : *American Ceramic Society Bulletin*, Vol. 56, No.5/1977: 8.37., 10.79.
- Fischer, Peter: „Die Bildung des grobkeramischen Scherbens beim Brennen“ in Lit. 348, Jg. 1986: 5.1.
- Ford, R.W., Lit. 199: 5.37.
- Frydag, Freiherr von, Georg-Wilhelm: 6.48.
- Gailer, J.E., 1833: „Ziegelhütte“: 7.4.
- Germeier, Torsten: 10.68.
- Goll, Jürg: „Kleine-Ziegelgeschichte“ in Lit.347, Ausgabe 1984: 2.28., 2.33., 8.24., Ausgabe 1987: 2.34b., 8.25.
- Gottlob, Fritz, Lit. 205: 2.11a+b.
- Guide-Book to the Iraq Museum, Bagdad 1973: 1.4., 2.60
- Hansen, H.: „Heizöl in der Ziegelindustrie“ in: *Die Ziegelindustrie*, Heft 6, 1966: 10.176., 10.181.
- Harkort, H.: „Praktikum für Porzellan und keramische Elektro-Isolierstoffe“, Sprechsaal Verlag, Coburg, 1963: 5.25., 5.27., 5.31.
- Henze, Wolfgang, Lit. 210: 2.4a, 2.29., 2.31a-g., 2.42., 10.41.
- Heugel, Willy: 2.56a-c, 2.64a+b
- Heusinger von Waldegg, Edmund, Lit. 33+ 212: 4.24., 6.25., 6.26., 7.9b., 8.17., 8.19., 8.20., 8.23., 8.49., 8.61., 8.97., 9.9., 9.10., 9.17., 9.18b., 10.110., 10.157., 12.7., 12.13.
- Hildebrand, E., Lit. 213: 8.6., 8.11., 10.35., 10.38.
- Hofs, B.Th.: „Geschichte der Entwicklung der Aberson-Maschinen“ in Lit. 346/2001: 8.42a., 8.45.
- Huiras, Alfred, Lit. 97: 10.33., 10.34.
- Issel, Hans, Lit. 220. : 10.129., 10.151., 10.161.
- Janssen, G.B. : „Geschiedenis van de Techniek in Nederland“ p.p. 251-273, Zutphen 1993: 10.145.
- Janssen, G.B.; Timmers, H.J.: „100 Jaar Georganiseerde Backsteenindustrie 1884 –1984. Uitgave Koninklijk Verbond van Nederlandse Backsteinfabrikanten, De Steeg, 1984: 4.8., 4.14., 4.17., 9.23., 11.49.
- Jars: „Die Kunst wie in Holland Ziegeln gestrichen und mit Torfe gebrannt werden“ aus: *Schauplatz der Künste und Handwerke*, Teil VII, 1765: 12.5.
- Junge, Karsten, in Lit. 348: Jg. 1987/88: 10.6., Jg. 2000: 10.180., 10.184.
- Kastner, Richard: „Hohlziegel, Flachziegel, Falzziegel“, in: *Die Ziegelindustrie*, Heft 21/1962: 2.37b.
- Kerl, Bruno, Lit. 231: 8.54., Lit.231/1: 5.5., 7.6., 7.51., 7.83., 7.88., 7.92., 7.95.(unten), 7.100. (unten), 8.32., 8.33., 8.34., 8.35., 8.36., 8.53., 8.135., 9.34., 9.55., 10.18., 10.98., 10.99., 10.101, 10.117.
- Kientz, J.J.: „Die Ziegeleien von Brumath und ihre Geschichte“. Unveröffentlichtes Manuskript o.J.: 2.54a.
- Koscevic, Petar: „Gractevna, opeka, krijep“, *Technicka Knjiga*, Zagreb, 1969: 5.7.
- Kranz, G.: „Methodik der röntgenographischen Phasenanalyse keramischer Rohstoffe“ in *Handbuch der Keramik*, Verlag Schmid GmbH, Freiburg, 1991: 5.29.
- Krauß, J.P. (Hrsg.): „Kurze Abhandlung von der Holzsparkunst, nebst einer Anmerkung vom Ziegelmachen, verfaßt von Joh.W., Leipzig, 1767“: 7.3.
- Krause, E.: Lit. 281, Band.3: „Trocknungstechnische Grundlagen“, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1965: 9.24., 9.73. (modifiziert)
- Krüger, Franz, Lit. 99: 10.45.
- Kruitwagen, Erna, in Lit. 346, 2001: 10.141.
- Kuokkanen, K.R., Leiponen, K.K.: „Suomen Tiiliteollisuuden Historia“, Suomen Tiiliteollisuusliitto R.Y., Tiilikeskus Oy (ca. 1980): 10.39., 10.43.
- Lingl, Hans jr., in Lit. 149: 11.58., 11.59.
- Lipinski, Friedrich, Lit. 42: 5.15a+b, 5.18., 5.19.
- Lippmann, F.: „Über die Röntgenbeugungsuntersuchungen am Ton“, in: *Die Ziegelindustrie*, 1953, Heft 11: 5.30.
- Litzow, Karl, Lit. 249: 7.9a. + *Handbuch der Keramik*: 7.5.
- Lloyd, Seton: „Die Archäologie Mesopotamiens“, Verlag CH. Beck, München, 1981: 2.5.
- Mager, R., Lit. 72 : 4.16., 9.6.
- Mämpel, Uwe, Lit. 252: 10.1.
- Mothes, Oscar, Lit. 261: 8.48.
- Müller, Hartwig: „Funktionsprinzip der Kollergänge mit zentraler Materialaufgabe...“ in: *Ziegelindustrie International* Nr.9/1989: 7.65.
- Müller, Willi: „Zieglerzeichen oder Ziegelzeichen?“ in: *Die Ziegelindustrie* 1959, Heft 6: 2.62.
- Naumann, R., Ullrich, B.: „Differenz-Thermoanalyse (DTA)...“ in: *Handbuch der Keramik*, Verlag Schmid GmbH, Freiburg, 1991: 5.22.
- Nawrath, A., Lit. 265: 10.122., 10.123.
- Operderbecke, Adolf, Lit. 270: 2.34a., 2.39a-c.

- Pantzer, G., Galke, R., Lit. 274: 4.30., 6.42., 7.24., 7.25., 7.27., 7.28 (oben), 7.59., 7.60., 7.61., 7.70., 7.100 (oben), 7.101., 7.106., 8.50 a, 8.60., 8.62., 8.63., 12.2., 12.15.
- Pfleiderer, K.G., Tinzmann, O., Lit. 277: 2.58b.
- Pinkl, V., Lit.73: 9.7., 9.12., 9.20., 9.42.
- Plaul, Th., Lit. 281: 5.4., 7.57., 8.107. (oben), 9.83., 9.84.
- Prospekte, Infos und Bildmaterial der Firmen:
- Berger & Co. GmbH, Maschinenfabrik und Eisengießerei (gegr. 1873), Bergisch-Gladbach bei Köln: 8.106. (modif.).
 - H. Bolze & C., Eisengießerei und Maschinenfabrik, Braunschweig: 8.76b.
 - Ziegelmundstückbau Braun, Friedrichshafen-Kluffern: 8.70., 8.77.
 - Burton-Werke, K.-F. Hensiek GmbH+Co.KG, Melle/Buer: 10.167b.
 - Ceric, Paris: 10.174., 10.186.
 - Chambers Brothers Company, Philadelphia, P.A.: 9.44., 10.49., 10.51.
 - Machinefabriek DeBoer B.V., Nijmegen-Holland: 8.44.
 - Tuileries Gilardoni Frères, Altkirch (1922): 2.43.
 - Leonhard Gnad (gegr.1896) Spezialfabrik für Ziegelei-Maschinen, Waiblingen-Württemberg: 2.45a., 8.132.
 - Th. Groke, Maschinenfabrikant, Merseburg: 4.28., 4.29., 7.13., 7.82., 8.71., 8.129., 12.9., 12.10.
 - Händle GmbH, Mühlacker (Werksfotos und aus Bildarchiv): 2.1., 2.63., 2.66., 4.3., 4.4., 4.32., 4.33., 4.41., 5.9., 5.12a+b, 5.20., 5.23a., 5.34., 6.28., 6.29., 6.34., 6.40., 6.47., 7.12., 7.16., 7.21., 7.22., 7.23a+b., 7.29., 7.30., 7.31., 7.32., 7.33., 7.34., 7.36 (unten), 7.37., 7.38., 7.39., 7.40., 7.41., 7.43., 7.44., 7.45., 7.46., 7.53., 7.55a-d., 7.56., 7.58a+b., 7.62., 7.63., 7.64., 7.66., 7.67., 7.68., 7.69., 7.71., 7.72., 7.74., 7.75., 7.76., 7.77., 7.78., 7.80., 7.81., 7.84., 7.90., 7.99., 7.102., 7.104., 7.105., 7.107., 7.108., 7.109., 7.110., 7.112., 7.113., 7.114., 7.120., 7.121., 7.122., 7.123., 7.124., 7.125., 7.126., 7.129., 7.131., 7.133., 7.134., 7.135., 7.138., 7.139., 7.140., 7.141., 7.143., 7.145., 7.146., 7.147., 7.148., 8.2., 8.15., 8.21., 8.22a+b., 8.52b., 8.59., 8.73., 8.71., 8.74., 8.78., 8.80., 8.81., 8.82a+b., 8.84., 8.92b., 8.95., 8.96., 8.101., 8.102., 8.104., 8.112., 8.116., 8.119., 8.120., 8.121., 8.122., 8.127., 10.3., 10.20., 10.26., 10.85., 10.95., 10.170., 11.9., 11.10., 11.14., 11.15., 11.16., 11.17., 11.18., 11.19., 11.30., 11.31., 11.48., 11.56., 11.63., 11.85., 12.17.
 - Händle, Philipp, PH-Engineering, Mühlacker: 8.92a.
 - Hässler Anlagenbau GmbH, Erbach: 10.27a.
 - International Harvester Company m.b.H., Neuss/Rhein: "Leistung nach Maß", 1977:6.32., 6.33., 6.50.
 - Keller GmbH, Keramik-Maschinen und -Anlagen, Ibbenbüren-Laggenbeck: 4.2., 4.45., 8.114., 8.128., 9.36., 9.53., 9.65., 9.71., 9.75., 10.21a., 10.28 (unten), 10.29a., 10.126., 10.169., 10.178., 10.182., 10.187., 11.8., 11.35., 11.36., 11.37., 11.40., 11.41., 11.42., 11.43., 11.46., 11.47., 11.48., 11.49., 11.50., 11.51., 11.54., 11.55., 11.57., 11.61., 11.62., 11.64., 11.68., 11.70., 11.74., 11.75., 11.88., 11.90., 11.91.
 - Keratek-Brakemeier GmbH & Co. KG, Hohenhameln: 10.185a.
 - N. Kettenhofen, Maschinenfabrik, Echternach (Luxbg.): 4.25., 7.10., 7.20., 8.98., 8.99., 8.108., 8.109., 8.123., 8.138.
 - Kleemann's Vereinigte Fabriken, Stuttgart-Untertürkheim: 7.144.
 - Kuhnert-Werke, Akt.-Ges., Meißen: 8.64.
 - Eduard Laeis & Cie., Trier (um 1905) : 2.35a., 2.47. a-f
 - Laterforni s.r.l., Verona: 10.29d., 10.183.
 - Gebrüder Laumans GmbH & Co. KG, Brüggen: 2.53.
 - Hans Lingl Anlagenbau und Verfahrenstechnik GmbH & Co. KG, Neu-Ulm: 4.43., 4.44., 4.46., 8.137., 9.50., 9.51., 9.80., 9.81., 10.28 (oben), 10.29c., 10.175., 10.185b. 11.60., 11.65. 11.66., 11.67., 11.69.,
 - Jul. Lüdicke, Werder a.H.: 7.42., 7.86., 7.87., 7.93., 7.94a., 7.96., 11.3., 11.4., 11.22b., 12.1.
 - Carl Ludowici, Falzziegelwerke, Jockgrim: 2.49., 2.52., 2.58a., 3.9., 5.40., 6.30., 8.115., 8.133., 10.112., 11.78., 11.82.
 - H. Martini Jun., Dachziegel-Fabriken, Sömmerda (um 1920): 6.12., 7.116., 7.117., 8.111., 9.32., 9.35., 10.113., 11.34b., 12.11.
 - Maquiceram: 10.29b.
 - Josef Meindl GmbH & Co. KG, Dachziegelwerke, Dorfen: 5.36.
 - Officine Morando (gegr. 1920), Asti/Italien: 8.90.
 - Mori s.p.a., Modena/Italien: 10.189., 10.190., 10.191., 10.192.
 - Novokeram Max Wagner GmbH, Krumbach: 9.68., 9.79.
 - Fr. Petersen Maskinfabrik A/S, Broager: 8.47.
 - Gebr. Pfeiffer A.G., Kaiserslautern: 7.111.
 - Retsch GmbH & Co. KG, Haan: 5.14.
 - Richard Raupach, Maschinenfabrik GmbH, Görlitz: 7.118., 12.12.
 - Riedhammer GmbH, Industrieofen-Anlagen, Nürnberg: 10.31.
 - Rieterwerke GmbH, Konstanz: 7.52., 7.55b., 7.127., 7.130., 7.132., 7.136., 7.137., 8.51., 8.103., 8.110., 8.117., 8.118., 8.124., 10.105., 11.6., 11.11., 11.24., 11.76.
 - Roscher GmbH, Ziegeleimaschinenfabrik, Görlitz: 7.79.
 - Karl Ruetz, Horn, Kt. Thurgau (Schweiz), Spezialwerkstätte für Ziegelabschneide-Apparate und Ziegelformen: 8.125. (aus einer Anzeige in „Der Tonwarenfabrikant“ vom 1. Mai 1908, herausgegeben von Jacob Bühner, Konstanz)
 - Ziegelwerk Schmid GmbH & Co., Bönnigheim: 6.11., 6.41., 10.24., 11.83.
 - tbi, Thater KG, Schwarzenbek: 9.66., 11.20.
 - Theis Verpackungssysteme, Gelsenkirchen: 11.89.
 - Tonwarenindustrie Wiesloch AG, Wiesloch: 2.44., 2.48., 2.50., 11.81.
 - Uniceram, Marseille/Frankreich: 4.42., 9.77.
 - VHV Anlagenbau GmbH, Hörstel: 11.21.
 - Karl Walter & Co., Hannover: 9.25., 10.4., 10.13.
 - Walther Dachziegel GmbH, Langenzenn: 2.54b., 2.57.
 - Weserhütte Otto Wolff GmbH, Bad Oeynhausen: 7.89.
 - John Whitehead & Co. Ltd., Preston/England: 8.56., 12.3.
 - Wonink GmbH-Woonkeramiek®, Zwolle: 8.42b., 9.8a., 10.52.
 - Adolf Zeller GmbH & Co., Poroton-Ziegelwerke KG, Alzenau: 2.24., Ausblick (Modifiziert auf der Basis des Prospekts: „immer in Ihrer Nähe - Zeller Poroton“)
 - Zürcher Ziegeleien, Zürich: Festschrift zum 50-jährigen Geschäftsjubiläum 1912-1962: 6.13., 8.113., 11.73.

Rauls, Franz, Lit.76: 2.13., 9.33., 10.142., 11.38.
 Recordon, B., Lit. 288: 2.30., 2.32., 2.35b., 2.37a.
 Richter, Gerhard, Lit. 289: 10.14., 10.19., 10.23., 10.97.
 Riedel, R., Lit. 111: 10.160.
 Riedel, R., Jeschar, R., Wagner, R.: „Der Gegenlaufofen – Funktionsprinzip, Entwicklung, Aufbau, Ergebnisse“ in:
 Ziegelindustrie International Nr. 9/1985: 10.173. (modif.)
 Rieger, Walter, Lit. 349: 10.173a.
 Rühne, J., F., Lit. 293: 6.36., 7.8., 7.11., 8.9., 8.12., 8.13., 8.28., 8.41., 8.105., 10.53., 10.57., 10.58., 11.1.
 Ruhrgas AG, Lit. 294: 10.127., 10.168., 10.177., 10.179., 12.24., Lit. 294/1: 10.188.
 Rupp, Erwin, Lit. 296: 1.6., 1.9., 2.8., 2.9., 3.4., 8.3., 10.42., 10.89.
 Salmang, H., Lit. 298 : 5.2., 5.23b.
 Schaller, P., Lit.32, 61, 96 : 4.23., 7.7., 8.30., 8.50c., 8.52a., 8.58., 9.5., 10.30., 10.70., 10.86., 10.90., 10.91.
 Schmatolla, Ernst, Lit. 303: 9.40., 10.59., 10.64., 10.135., 10.143., 10.144., 10.150.
 Schmidt, Alfred, Lit. 304: 10.62., 10.163.
 Schmidt, Günther: „Moderne Gewinnungs- und Aufbereitungsverfahren von Tonen“ in Ziegelindustrie International Nr.1/1987: 6.9.
 Schmidt,H., Schmidt-Reinholz, Ch.: „Baukeramische Produkte aus Lehm, Tonen und Schiefer-tonen“ in: Handbuch der
 Keramik, Verlag Schmid GmbH, Freiburg, 1996: 5.8a., 5.10., 5.11., 5.13., 5.26., 5.28.
 Schönauer, J., N., Lit. 41: 9.11., 9.26.
 Schulle, W.: „Thermomechanisches Hochtemperaturverhalten“ in: Handbuch der Keramik, Verlag Schmid GmbH, Freiburg
 1992: 5.33.
 Searle, Alfred: „Modern Brickmaking“, Ernest Benn Limited, London, 4. Auflage, 1956: 6.10., 6.31., 7.15., 10.136.
 Seifert, B. et al., Lit. 313 : 6.4., 7.119., 8.8., 9.16., 9.17., 9.37., 11.34a.
 Spingler, Karl, Lit. 117 : 6.39., 9.60., 9.61., 9.62., 9.63., 10.9., 10.11., 10.12., 10.93., 10.139.
 Stahl, Dieter, in Lit. 149: 9.38., 9.67., 9.72., 9.74.
 Strohmenger, Patrick: „Mechanisierter Kohlebrand in Ring- und Tunnelöfen“ in Ziegelindustrie International Nr. 11/2002: 11.79.
 Taylor, John S.: „Bauen mit gesundem Menschenverstand“, Bauverlag, Wiesbaden und Berlin, 1985, ISBN 3-7625-2240-5:
 2.26. (modifiziert)
 Titius, V.: „Streiflichter aus der Ziegelstory“. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie
 e.V. (Hrsg.) o. J.: 1.5., 2.21.
 Tonindustrie-Zeitung: 9.21., 10.15., 10.61.
 Tribius, Volker: 1.8. (oben)
 Van der Kloes, J.A. (1845-1935): „Onze Bouwmaterialen“, J.Van der Endt & Zoon, Maasluis: 10.46., 10.121.
 Van der Velden, J.H.: „Analyse der Pfefferkorn-Prüfung“ in Ziegelindustrie International Nr. 9/1979: 5.8b.
 Van Wijck, J.H.; Heitink, G.H.: „Das Weichpressen von Ziegeln“ in Ziegelindustrie International Nr. 3/1993: 8.43.
 Vossen, Rüdiger: „Reisen zur Marokkos Töpfern“, Hans Christian Verlag, Hamburg, 1990: 10.32.
 Waldhör, M., Patzelt, A., Greiner, B.: „Hochauflösende Erfassung von Tonvorkommen zur Abbauplanung“ in: Ziegelindustrie
 International, Nr. 1/1996: 6.8.
 Weber, Heinrich, Lit. 34: 4.39., 4.40., 8.94.
 Weber, R., Lit. 53: 57a., 4.36., 6.27., 7.14., 7.19., 7.54., 7.73., 7.94., 7.142., 9.41., 9.48., 9.58., 10.116., 10.120., 10.162., 11.33.,
 12.21.
 Westfälisches Industriemuseum, Bildarchiv: 3.5b., 9.3., 10.103a., 12.16.
 Zacharias, Adolf: Lit. 341 : 4.38. (modifiziert.), 12.22.,
 Zacharias, Adolf, Lit. 62 : 5.6. (oben), 7.26., 7.115., 7.128., 8.67., 8.69., 8.79., 8.126., 9.57., 10.94., 10.103b., 10.106., 11.7.,
 11.44., 11.45., 11.71., 11.77.
 Ziegel-Bau-Taschenbuch, Lit. 345: 1.10., 2.22., 2.23., 2.36., 2.40., 2.41a+b., 5.16., 5.17.
 Ziegeleitechnisches Jahrbuch, Lit. 348: 6.49., 8.72., 9.22., 9.52., 9.64., 9.69., 9.76., 9.78., 10.5., 10.8., 10.107., 10.108.,
 10.109., 10.166., 11.72., 11.74., 11.75.
 Ziegelindustrie-International (von 1948 –1976: Die Ziegelindustrie), Zeitschrift für die Ziegel-, Baukeramik- und
 Steinzeugröhren-Industrie: 2.12., 5.32., 9.70., 10.21b., 10.22., 10.27b., 10.69., 10.96., 10.155., 10.167a.
 Ziegelwelt (Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung) 57. Jg., 1956: 5.6. unten, 10.48.
 Zsutty, Gerhard, Lit. 101: 10.78., 10.80., 10.81.