

# FRIEDRICH WERNICKE

## GÖRLITZ

*Hütteningenieur und Fabrikdirektor*  
*Spezialingenieur für die feuerfeste und baukeramische Industrie*  
*Öffentlich angestellter, vereidigter Sachverständiger*  
*Sachverständiger des Bundes deutscher Quarzitgruben*

*Praktische Untersuchung der Verwendungsmöglichkeit von Rohstoffen. Mikroskopische, chemische und pyrometrische Untersuchung von Quarziten, Tonen und allen anderen Rohstoffen und Fertigerzeugnissen der Grobkeramik. — Gutachten, Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Selbstkostenprüfung, Beratung von Fabrikbetrieben und Aufsichtsräten. — Entwürfe für Fabrikbauten und Neuanlagen. Lieferung der Bauzeichnungen von Öfen und Gesamtanlagen. Beschaffung der bewährtesten Maschinen.*

# Die Herstellung der feuerfesten Baustoffe

Von

**Friedrich Wernicke**

Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage

Mit 10 Textabbildungen  
und 4 Tafeln



**Berlin**

Verlag von Julius Springer

1921

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung  
in fremde Sprachen, vorbehalten. Auch die auszugsweise Benutzung  
ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

Copyright 1921 by Julius Springer in Berlin.

Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 1921

ISBN-13:978-3-642-90565-0      e-ISBN-13:978-3-642-92422-4  
DOI: 10.1007/978-3-642-92422-4

## **Vorwort zur ersten Auflage**

### **von „Die Fabrikation der feuerfesten Steine“**

Die Herstellung der feuerfesten Steine ist einem großen Teile der Techniker, welche täglich auf ihre Benutzung angewiesen sind, wenig bekannt und daraus haben sich manche Mißstände ergeben. Dem Verfasser ist in seiner Tätigkeit als Fabrikant im Verkehr mit der Kundschaft oft angedeutet, daß eine kleinere Arbeit über die Herstellung der feuerfesten Materialien nach mancher Richtung hin aufklärend und nicht zuletzt zum Nutzen der feuerfesten Industrie selbst wirken würde. Er hat sich deshalb bemüht, in der vorliegenden Schrift, gestützt auf langjährige eigene Erfahrungen und auf die gelegentlichen Mitteilungen befreundeter Fachleute, eine kurze Darstellung der einzelnen Fabrikationszweige rein aus der Praxis heraus zu geben, und darin nur das zu schildern, was er in seiner eigenen Tätigkeit als das Beste kennengelernt hat, bzw. was ihm von bewährten Kollegen als solches mitgeteilt ist; die angeführten Maschinenfabriken sind nur beispielsweise genannt. Theoretische Betrachtungen sind nach Möglichkeit vermieden, ebenso schien es überflüssig, die Untersuchungsmethoden der Rohmaterialien zu bringen, da diese in anderen Werken, z. B. in den Schriften von Seger, Bischof usw. ausführlich zu finden sind. Auf die Beigabe von Abbildungen ist deshalb verzichtet, weil das Buch in erster Linie für den in der Praxis stehenden Techniker geschrieben ist, für den in den meisten Fällen die gebrachten Beschreibungen genügen werden, und der reichlich Gelegenheit hat, sich durch den Augenschein genauer zu unterrichten, als es durch Skizzen der Fall sein kann.

Der Verfasser hat sich einer möglichst sachlichen Kürze befleißigt, weil ihm bekannt ist, daß der von morgens bis abends in seinem Betriebe tätige Techniker wenig geneigt ist, sich mit dem Studium umfangreicher Bücher zu beschäftigen, und er hofft auch dadurch seiner Arbeit eine freundlichere Aufnahme zu sichern.

Allen denen, welche die Arbeit mit Rat und Tat freundlichst unterstützt haben, sei auch an dieser Stelle bestens gedankt. Ebenso wird der Verfasser für weitere Anregungen und Mitteilungen aus dem Gebiete der feuerfesten Industrie, sei es aus den Kreisen der Fabrikanten oder der Verbraucher der einzelnen Produkte, stets dankbar sein. Denjenigen, welche sich eingehender für die nachstehend beschriebenen Anlagen und Arbeitsmethoden interessieren, stellt er seinen technischen Rat zur Verfügung.

Oberkassel (Siegkreis), im April 1905.

**Friedrich Wernicke,**  
Fabrikdirektor.

## Vorwort zur zweiten Auflage

Die erste Auflage meines Buches „Die Fabrikation der feuerfesten Steine“ ist längst vergriffen, und schon vor bald 10 Jahren wurde ich zur Bearbeitung einer neuen Auflage aufgefordert. Ich habe mich damals nicht dazu entschließen können, so lange nicht die Eigenschaften der Quarzite und Tone vollständig untersucht und aufgeklärt waren. Mir selbst standen die dazu nötigen Einrichtungen leider nicht in genügender Weise zur Verfügung, und meine Bitte um Unterstützung und Mitarbeit wurde sogar von einem in leitender Stellung befindlichen Fachgenossen der feuerfesten Industrie ablehnend beantwortet, weil er meine Arbeiten für zwecklos hielt. Erst als Dr. Endell, der Dozent für bauwissenschaftliche Technologie an der Technischen Hochschule in Berlin, sich mit der Untersuchung der Quarzite beschäftigte und darüber in „Stahl und Eisen“ 1913 Nr. 43/45 „Über Silikaquarzite“ berichtete, wurde dadurch die Richtigkeit meiner bisherigen Untersuchungen bestätigt und diese vervollständigt. Damit waren sämtliche Eigenschaften der Quarzite endgültig aufgeklärt und die von mir in die feuerfeste Industrie eingeführte mikroskopische Untersuchung für die Beurteilung der Verwendbarkeit der Quarzite als maßgebend anerkannt. Die feuerfeste Industrie ist Herrn Dr. Endell für seine verschiedenen Arbeiten zu größtem Danke verpflichtet. Weitere Arbeiten wurden durch die Ereignisse der Jahre 1914 bis 1918 unterbrochen, denn den alten Soldaten trieb es vom Schreibtisch dahin, wo er sich dem Vaterlande nützlicher machen konnte. Erst als mir nachher durch einen Zufall die inzwischen veröffentlichten Arbeiten von Dr. Mellor in Stoke-on-Trent in die Hände kamen, durch dessen Untersuchungen die bisherigen Ansichten über die Tonsubstanz und die damit zusammenhängenden Eigenschaften der Bildsamkeit, Bindekraft und Schwindung der Tone berichtigt und wohl endgültig erklärt sind, konnte ich mich dazu entschließen, meine eigene Arbeit wieder aufzunehmen. Ich habe die Wiederkehr des Tages, an dem ich vor 25 Jahren in meine erste Stellung im Betriebe der feuerfesten Industrie eintrat, damit gefeiert, daß ich an ihm mit der Niederschrift des vorliegenden Buches begann. Darin sind die im Laufe dieser Jahre von mir im Betriebe selbst gemachten Erfahrungen sowie die in vielseitiger Tätigkeit in allen den verschiedenen Zweigen der feuerfesten Industrie des In- und Auslandes gemachten Beobachtungen niedergelegt. Umfang und Inhalt des Buches sind gegenüber dem der ersten Auflage derart verändert, daß es ein neues Buch geworden ist, und deshalb soll es auch als ein solches unter der Aufschrift „Die Herstellung der feuerfesten Baustoffe“ hinausgehen. Auch diesmal habe ich mich bemüht, eine zwar erschöpfende und bis in die

neueste Zeit fortgeführte, aber doch möglichst kurze, den Anforderungen der Praxis genügende Darstellung der einzelnen Herstellungsweisen zu geben, und kann dazu auf das im Jahre 1905 im Vorwort zur „Fabrikation der feuerfesten Steine“ Gesagte verweisen. Das Buch soll nicht alles bringen, was in den wissenschaftlichen Werken zu finden ist, sondern nur das für den Praktiker unbedingt Wissenswerte und Nötige, und es soll auch dem weniger wissenschaftlich Vorgebildeten die wissenschaftlichen Ergebnisse, die er kennen muß, in zwangloser und hoffentlich verständlicher Form nahebringen, sich aber in der Hauptsache, wie die Aufschrift sagt, mit der Beschreibung der Herstellungsweisen der verschiedenartigen feuerfesten Baustoffe beschäftigen. Vor allem soll das Buch kein Rezeptbuch sein, weil für die Verarbeitung verschiedener der wichtigsten Rohstoffe mit Rücksicht auf ihre wechselnde Zusammensetzung und ihre damit zusammenhängenden Eigenschaften Vorschriften nur von Fall zu Fall gegeben werden dürfen, und die in vielen Veröffentlichungen gegebenen „Kochrezepte“ leicht zu Mißerfolgen und Enttäuschungen führen.

Die Abbildungen sind auf eine geringe Anzahl besonders wichtiger beschränkt. Dem Fachmanne sind die verschiedenen Maschinen und sonstigen Einrichtungen im allgemeinen genügend bekannt. Ebenso ist zur Wahrung der Unabhängigkeit grundsätzlich vermieden, die Namen von Herstellern oder Lieferern anzugeben. Über beides kann sich jeder aus den Anzeigen der Fachzeitschriften leicht unterrichten.

Auch dieses Mal sei allen, welche mich im Laufe der Jahre in meinen Bestrebungen unterstützt haben, besonders Herrn Dr. Endell, auch an dieser Stelle bestens gedankt. Weitere Anregungen und auch Berichtigungen, welche zur Vervollständigung und Verbesserung einer späteren Neuauflage beitragen können, werde ich ebenfalls stets mit Dank entgegennehmen.

Ich habe mich bemüht, für die deutsche feuerfeste Industrie zu schreiben, und dies auch äußerlich, soweit es irgend möglich war, durch Vermeidung jedes Fremdwortes durchgeführt. Als ehemaliger Hüttenmann habe ich aber ebenso für die deutschen Hüttenleute als die wichtigsten Verbraucher der feuerfesten Baustoffe geschrieben, und deshalb möchte ich mein Buch in recht viele Hände der deutschen Eisen-, Metall- und Glashüttenleute legen und es diesen hiermit besonders widmen. Möge es sich als zur weiteren Verständigung zwischen ihnen und der feuerfesten Industrie besonders brauchbar erweisen!

Görlitz, im Februar 1921.

Friedrich Wernicke.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung . . . . .	I
<b>Die quarzhaltigen feuerfesten Baustoffe.</b>	
I. Die Quarzkalksteine (Silikasteine) . . . . .	15
A. Die Rohstoffe . . . . .	20
1. Die kristallinen Quarzite, Kohlsandsteine und amorphen Quarzite . . . . .	20
2. Der Kalk . . . . .	32
3. Die Zusätze . . . . .	33
B. Allgemeines über die Errichtung einer feuerfesten Steinfabrik . . . . .	34
C. Die Anlagen und Einrichtungen zur Herstellung der Quarzkalksteine . . . . .	37
D. Die Herstellung der Quarzkalksteine . . . . .	63
E. Ersatzsteine für Quarzkalksteine . . . . .	79
II. Der Puddingstein . . . . .	84
III. Die Quarztonsteine . . . . .	84
<b>Die tonerdehaltigen feuerfesten Baustoffe.</b>	
I. Die Schamottesteine . . . . .	85
A. Die Rohstoffe . . . . .	86
a) Die Schiefertone . . . . .	93
b) Der Kaolin . . . . .	95
c) Die bildsamen Tone . . . . .	95
B. Die Vorbereitung der Rohstoffe . . . . .	110
C. Das Brennen der Tone zu Schamotte . . . . .	111
D. Die Reinigung der Tone und der Schamotte . . . . .	113
E. Die Einrichtungen zum Mahlen und Mischen der Rohstoffe . . . . .	116
F. Die Zusammensetzung der Mischungen . . . . .	125
G. Das Formen . . . . .	138
H. Das Trocknen . . . . .	161
J. Das Brennen . . . . .	163
II. Die Bauxitsteine . . . . .	172
III. Mit besonderem Namen bezeichnete Schamottesteine . . . . .	174
<b>Die kohlenstoffhaltigen feuerfesten Baustoffe.</b>	
I. Die Kohlenstoffsteine . . . . .	176
II. Die Kohlelektroden . . . . .	182
III. Die Karborundumsteine . . . . .	183
IV. Die Graphittiegel . . . . .	185
<b>Die magnesiahaltigen feuerfesten Baustoffe.</b>	
Die Magnesitsteine . . . . .	189
<b>Die dolomithaltigen feuerfesten Baustoffe.</b>	
Die Dolomitsteine und -masse . . . . .	197
<b>Die Chromitsteine und andere weniger gebrauchte feuerfeste Stoffe</b> . . . . .	<b>202</b>
Die feuerfesten Mörtel . . . . .	204
Schichten und Glasuren . . . . .	206
Die Behandlung der feuerfesten Baustoffe . . . . .	207
Die Prüfung der feuerfesten Baustoffe . . . . .	209
Die Ausbildung der technischen Angestellten . . . . .	212

## Einleitung.

Alle Einrichtungen, welche zur Erzeugung und Verwendung höherer Wärmegrade dienen, die technischen Anlagen der industriellen und gewerblichen Betriebe, welche zum Glühen, Vergasen, Rösten, Brennen und Schmelzen benutzt werden, sowie die Gefäße, welche schmelzende und geschmolzene Massen aufnehmen sollen, werden mit wenigen Ausnahmen aus feuerfesten Stoffen zugestellt.

Die Wahl der feuerfesten Baustoffe ist in jedem Falle von der Art des beabsichtigten Arbeitsvorganges abhängig, und zwar sowohl von der Höhe des dabei entwickelten Wärmegrades wie von den hierbei auftretenden und mitwirkenden mechanischen und chemischen Einflüssen.

Die feuerfesten Stoffe kommen entweder als Gesteine in der Natur vor, wie gewisse Quarzschiefer, und brauchen dann nur noch durch äußerliche Bearbeitung in bestimmte Formen gebracht zu werden, oder sie werden künstlich aus den in der Natur vorkommenden mineralischen Rohstoffen hergestellt. Das letztere ist bei der weitaus größeren Menge der Fall, die Art ihrer Herstellung soll in den folgenden Abschnitten beschrieben werden.

Die Wirtschaftlichkeit aller Vorgänge, welche sich in höheren Wärmegraden abspielen, ist in hohem Maße von der Güte der dabei benutzten feuerfesten Stoffe abhängig. Man findet die Bezeichnung „feuerfest“ häufig auf Dinge angewendet, welche in technischem Sinne nicht so bezeichnet werden sollten, wie z. B. wenn von feuerfestem Kochgeschirr oder von feuerfesten Fußböden und Decken gesprochen wird. Aus Ton hergestellte Kochgeschirre, welche das Erhitzen auf dem freien Feuer vertragen, aber in verhältnismäßig niedrigen Wärmegraden schmelzen, kann man nicht als „feuerfest“, sondern nur als „feuerbeständig“ bezeichnen. Der Wert der unrichtig als feuerfest gerühmten Fußböden und Decken liegt darin, daß sie bei dem Ausbruche eines Feuers eine größere Sicherheit bieten, als die aus Holz hergestellten. Dasselbe ist bei Hölzern und Geweben der Fall, welche



durch Tränkung mit verschiedenen Chemikalien gegen das Entflammen geschützt sind, und dadurch bei ausbrechendem Feuer gegenüber den gleichen ungetränkten Stoffen eine größere Sicherheit bieten. Diese Dinge bezeichnet man am besten mit dem Worte „feuersicher“. Eisenteile, wie Säulen und Träger, welche zum Schutze gegen das Erweichen in der Hitze eines ausgebrochenen Feuers mit einer sie isolierenden Masse umhüllt werden, bezeichnet man als „feuersicher umkleidet.“ Von den zum Aufbau der Gebäude benutzten Baustoffen, den Mauerziegeln, Kalksandsteinen und von dem Beton verlangt man, daß sie durch die Hitze eines Schadenfeuers nicht soweit mürbe werden, daß ein Zusammenstürzen des Bauwerkes zu befürchten ist, und nennt diese Eigenschaft „Widerstandsfähigkeit gegen Schadenfeuer“. Das Wort „feuerfest“ dagegen bezeichnet einen technisch genau bestimmten Begriff, nämlich einen bestimmten Grad von Schwerschmelzbarkeit, und nur solche Rohstoffe und daraus hergestellte Erzeugnisse sind als feuerfest zu bezeichnen, welche von einer bestimmten unteren Wärmegrenze ab dem Angriff des Feuers widerstehen. Man ist dahin übereingekommen, den Schmelzpunkt des Segerkegel 26, welcher bei  $1580^{\circ}\text{C}$  liegt, als die untere Grenze der Feuerfestigkeit anzunehmen, und nur solche Stoffe als „feuerfeste“ zu bezeichnen, deren Schmelzpunkt gleich dem oder höher als der des Segerkegel 26 ist.

Die Segerkegel sind nach ihrem Erfinder, dem wissenschaftlichen Begründer unserer Keramik und für dieselbe leider viel zu früh, am 30. Oktober 1893 im Alter von nur 54 Jahren, verstorbenen Professor Dr. H. Seger, genannt. Sie sind 50 mm hohe, dreieckige, spitze Pyramiden aus keramischen Massen von bestimmter Zusammensetzung. Als den Schmelzpunkt der einzelnen, fortlaufend gezählten Kegel bezeichnet man den Wärmegrad, bei welchem die Spitze des in der Wärme erweichenden und sich umlegenden Kegels seine Unterlagsfläche erreicht. Die Segerkegel geben einen guten Vergleichsmaßstab über die Dauer eines Brandes und die hierbei erreichten Wärmegrade, und sie haben als Überwachungsmittel der Brennvorgänge eine allgemeine Anwendung in den keramischen Betrieben gefunden. Als feuerfest gelten die Segerkegel Nr. 26 bis 42, ihr Schmelzpunkt entspricht etwa den nachstehenden Wärmegraden nach Celsius:

Segerkegel 26 = $1580^{\circ}$	} gering } feuerfest	Segerkegel 34 = $1750^{\circ}$ hoch —
„ 27 = $1610^{\circ}$		„ 35 = $1770^{\circ}$ feuerfest
„ 28 = $1630^{\circ}$		„ 36 = $1790^{\circ}$ „
„ 29 = $1650^{\circ}$		„ 37 = $1825^{\circ}$ „
„ 30 = $1670^{\circ}$	} gut } feuerfest	„ 38 = $1850^{\circ}$ „
„ 31 = $1690^{\circ}$		„ 39 = $1880^{\circ}$ „
„ 32 = $1710^{\circ}$		„ 40 = $1920^{\circ}$ „
„ 33 = $1730^{\circ}$		„ 41 = $1960^{\circ}$ „
		„ 42 = $2000^{\circ}$ „

„Der in der Keramik übliche Ausdruck ‚Kegelschmelzpunkt‘ muß von der wahren Schmelztemperatur eines Stoffes unterschieden werden. Die letztere entspricht dem Übergange der kristallinen Phase in die amorphe — Gläser und auch nur überwiegend amorphe Massen haben keinen Schmelzpunkt, sondern ein Erweichungsintervall —, während der Kegelschmelzpunkt nur angibt, bei welchem Segerkegel bzw. bei welchem Wärmegrade eine dem Segerkegel möglichst gleich geformte Pyramide aus der zu prüfenden Masse unter bestimmten Bedingungen soweit erweicht, daß sie sich umlegt und ihre Spitze die Unterlagsfläche berührt. Bei verschiedenartig zusammengesetzten Stoffen ist der Eintritt dieses Vorganges außer von der Höhe des Wärmegrades auch von der Dauer der Wärmeeinwirkung abhängig. Der Segerkegelschmelzpunkt und die Schmelztemperatur fallen nur bei Stoffen mit großer Kristallisationsgeschwindigkeit zusammen, sonst liegt meistens der Segerkegelschmelzpunkt höher als die sog. wahre Schmelztempera-

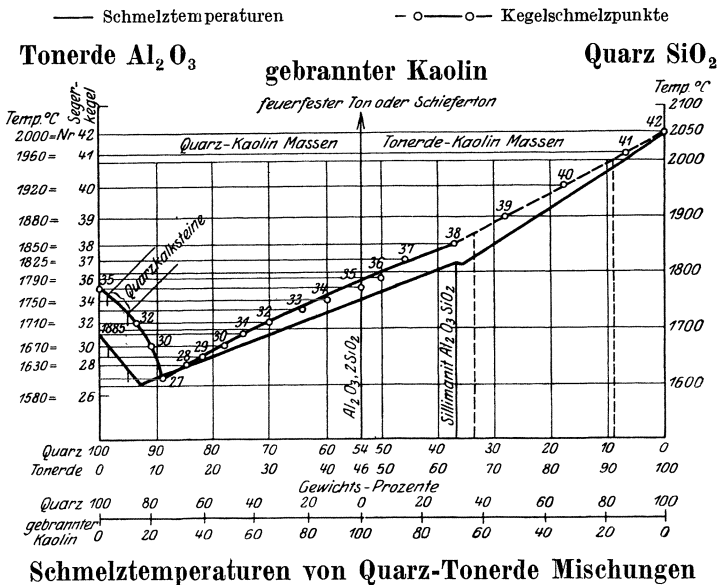


Schaubild 1 (nach Endell).

tur. Zur Erläuterung dient das Schaubild 1, in welchem die Schmelztemperaturen und die Segerkegelschmelzpunkte der Quarz-Tonerdemischungen nach den in der Literatur angeführten Werten dargestellt sind.“

„In diesem Schaubilde sind auf den Ordinaten die Wärmegrade nach Celsius bzw. in Nummern der Segerkegel, auf der Abszisse die

jeweiligen Mengen Quarz und Tonerde in Gewichtsprozenten aufgetragen. Da die feuerfesten Massen meist aus Kaolin, feuerfestem Ton oder Schieferton und aus Quarz hergestellt sind, wurden auf der tieferliegenden zweiten Abszisse die Gehalte an gebranntem Kaolin und Quarz bzw. Tonerde aufgetragen. Die Schmelztemperaturwerte aller Zusammensetzungen gelten natürlich nur für den theoretischen Fall, daß Mischungen aus chemisch reinen Stoffen verwendet werden, die indes in der Natur kaum vorkommen. Infolge der hier stets anwesenden geringen Beimengungen anderer Stoffe dürften praktisch alle Werte etwas niedriger liegen.“ (Nach Endell, Feuerfeste Materialien in der Zementindustrie.)

Die Segerkegel sind Silikatgemische und unterliegen als solche denselben Bedingungen des Erweichens und Schmelzens wie die zu untersuchenden keramischen Versuchskörper. Man spricht deshalb in der Keramik nicht von einer Temperaturskala nach Wärmegraden, sondern benutzt zum Bezeichnen der verschiedenen Wärmegrade die Erweichungsskala, welche durch die Vergleichswerte der Segerkegel gegeben ist.

Die wichtigsten Eigenschaften der feuerfesten Baustoffe sind nach Endell im allgemeinen die folgenden: „chemische Zusammensetzung, Erweichungstemperatur, Schmelztemperatur, Verdampfungsbeginn, Wärmeleitfähigkeit, Verhalten bei plötzlichem Temperaturwechsel, spezifisches Gewicht, Volumgewicht, Dichtigkeit, Porosität, Gasdichtigkeit, mechanische Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und chemische Angriffe in höheren Wärmegraden. Quantitative Angaben über diese Eigenschaften liegen nicht viele vor. Stoffe, welche nach jeder Richtung hin vorzügliche Eigenschaften haben, besitzen wir nicht. Manche der vorstehenden Eigenschaften sind nicht miteinander vereinbar. Es ist deshalb um so notwendiger, für den jedesmaligen Verwendungszweck die am besten geeigneten Stoffe auszuwählen, und nur die Verwendung solcher ermöglicht überhaupt einen wirtschaftlichen Gang der auf die Benutzung der feuerfesten Baustoffe und Geräte angewiesenen Betriebe.“

Nach den hauptsächlich zu ihrer Herstellung benutzten Rohstoffen teilt man die feuerfesten Baustoffe ein in:

1. Quarzhaltige mit Kalk als Bindemittel = Quarzkalksteine (oder Silikasteine).
2. Quarzhaltige mit Ton als Bindemittel = Quarztonsteine.
3. Tonerdehaltige = Schamottesteine und Bauxitsteine.
4. Kohlenstoffhaltige = Kohlenstoffsteine, Kohlenelektroden, Karborundumsteine und Graphittiegel.
5. Magnesithaltige = Magnesitsteine.
6. Dolomithaltige = Dolomitsteine.

Die Quarzkalksteine (Silikasteine) benutzt man zum Bau der Herdwände, Köpfe und Gewölbe der Flammöfen in den Siemens-Martin-Stahlwerken und Glashütten, der Elektrostahlofendecken und sonst überall da, wo sie andauernd den höchsten Wärmegraden ausgesetzt sind, und in der sog. trockenen Hitze nur mit der Flamme selbst in Berührung kommen. Die Regeneratorkammern der Siemens-Martinöfen werden damit ausgesetzt, und in neuerer Zeit haben sie sich auch als ein sehr guter Baustoff für die Koksöfen bewährt. Sie sind hier gegen den Einfluß der Salze, in den anderen Öfen gegen die Angriffe der sauren Schlacken und Flugaschen besonders widerstandsfähig.

Die Quarztonsteine werden in gewissem Sinne mit zu den Schamottesteinen gerechnet, weil beide Ton als Bindemittel enthalten und ihre Herstellungsweise die gleiche ist.

Die Verwendung der Schamottesteine ist je nach ihrer Zusammensetzung eine sehr vielseitige. Man kann wohl sagen, daß sie mit wenigen Ausnahmen überall da mit Vorteil benutzt werden, wo nicht die Anwendung der Quarzkalksteine geboten ist. Es ist aber in jedem Falle nötig, daß dem Hersteller die Anforderungen genau bekanntgegeben werden, welche in den verschiedenen Betriebszweigen der Industrie an die Schamottesteine (wie eigentlich überhaupt an die feuerfesten Steine) gestellt werden, damit diese bei der Auswahl und der Herstellung der einzelnen Sorten Berücksichtigung finden können. Gerade hierfür ist das Zusammengehen der Verbraucher mit den Herstellern, auf welches noch wiederholt zurückzukommen ist, zum beiderseitigen Nutzen dringend zu empfehlen.

Die Verwendung der Bauxitsteine ist auf die Fälle beschränkt, wo es darauf ankommt, in besonders hohen Wärmegraden einen sehr reinen Baustoff mit einem hohen Gehalte an Tonerde und mit dementsprechend hohem Schmelzpunkte zu benutzen. Das Vorkommen des guten, von Eisenoxyd möglichst freien, Bauxits ist beschränkt, deshalb ist der Preis des Rohstoffes und der daraus hergestellten Erzeugnisse ein hoher, und schon deshalb ist ihre Verwendung eine begrenzte.

Die Quarztonsteine werden in Feuerungen benutzt, in denen die Wärmegrade nicht so hoch sind, daß sie den Einbau von teureren Quarzkalksteinen erforderlich machen, und in denen sie eher Schwankungen in der Höhe des Wärmegrades ausgesetzt sind, wie z. B. bei Kesselfeuerungen und in den Glüh-, Schweiß-, Puddel- und Rollöfen der Walzwerke.

Die Schamottesteine finden in erster Linie zum Bau der Schmelzöfen Verwendung, z. B. der Hochöfen, in welchen sie den mechanischen Angriffen der heruntergehenden Beschickung sowie den chemischen Einwirkungen der schmelzenden und geschmolzenen basischen Schlacken und der Metalle am besten widerstehen. Ferner vertragen sie größere

Schwankungen in der Höhe des Wärmegrades, und eignen sich deshalb zum Ausbau der Roheisen- und Stahlpfannen, in besonders ausgedehntem Maße der Brennöfen in der Keramik, sowie der Kalk-, Zement- und Glasindustrie. Generatoren zum Vergasen der verschiedenen Brennstoffe, Zink-, Blei-, Kupfer- und andere Öfen zum Schmelzen der verschiedenen Metalle und ihrer Legierungen, Zinkmuffeln, Gasretorten und Schmelztiegel werden mit Schamottesteinen zugestellt oder aus Schamottemassen angefertigt.

Die Kohlenstoffsteine benutzt man für die Zustellung von Rast, Gestell und Boden der Eisenhochöfen sowie der zur Herstellung des Aluminiums dienenden elektrischen Schmelzöfen. Kohlenelektroden finden in den Elektroschmelzöfen der Stahl- und Aluminiumwerke sowie in der elektrischen Industrie eine ausgedehnte Verwendung, die Graphittiegel dienen zum Schmelzen von Spezialstahlsorten und von Metallen.

Die Magnesitsteine werden schon wegen ihres hohen Preises nur für ganz besondere Zwecke verwendet, bei denen es darauf ankommt, einen den höchsten Wärmegraden widerstehenden, sehr basischen Ofenbaustoff zu benutzen, wie im Herd und im unteren Teile der Wände der Siemens-Martinstahlöfen und der Elektrostahlöfen, in Tieföfen und da, wo das Ofenmauerwerk sehr starken Angriffen durch Alkalien ausgesetzt ist.

Die Dolomitsteine benutzt man im basischen sog. Thomasstahlwerksbetriebe, und stellt hier ebenso wie in den Dolomitbrennereien das Futter der Öfen zum Brennen des Rohdolomits, sowie das der Konverter aus einzelnen Steinen oder aus eingestampfter Dolomitmasse her, aus welcher auch die Konverterböden angefertigt werden. In der gleichen Weise werden auch die Herde der Elektrostahlöfen zugestellt.

In geringeren Mengen und nur für besondere Zwecke benutzt man als feuerfeste Baustoffe die rohen Puddingsteine, die Karborundum-, Chromerz- und Zirkonoxysteine, sowie die aus geschmolzenem Bauxit hergestellten sog. Dynamidonsteine und andere, deren Herstellung und Verwendung an den betreffenden Stellen erwähnt werden soll.

Es gibt heute verhältnismäßig nur sehr wenige Dinge, bei deren Erzeugung oder Verarbeitung die feuerfesten Baustoffe nicht unmittelbar oder mittelbar eine Rolle spielen. Der Bergbau und die Hüttenbetriebe, ein großer Teil der chemischen Industrie, die keramische, die Kalk-, Zement- und Baustoffindustrie, die Glashütten, Gasanstalten, die elektrische Industrie und viele andere, sowie unser ganzes Verkehrswesen und die Landesverteidigung sind geradezu von den Erzeugnissen der feuerfesten Industrie abhängig, welche deshalb einen wichtigen Teil unserer Volkswirtschaft darstellt.

Wie die meisten anderen hat sich auch die feuerfeste Industrie im Laufe langer Jahre aus kleinen Anfängen zu ihrer heutigen Aus-

dehnung und Bedeutung entwickelt. Früher gab es nur kleine Betriebe, in denen handwerksmäßig gearbeitet wurde, und welche die in der Nähe gelegenen Hüttenwerke, deren Ansprüche ebenfalls keine hohen waren, recht und schlecht versorgten. Die Hütten holten ihre Steine oft noch warm vom Ofen ab und legten dem Hersteller dafür die blanken Taler auf den Tisch. Es waren damals die gemütlichen alten Zeiten, von denen uns Eyth so hübsch erzählt, in denen es noch patriarchalisch zuging. In einer der ältesten, heute noch bestehenden rheinischen Fabrik wurde jedesmal, nachdem eine Rohstoffmischung zu einem Bett zusammengefahren war und bevor sie im Tonknetter weiterverarbeitet wurde, der Besitzer gerufen mit der Meldung: „Die Mischung ist fertig, es fehlt nur noch das Feuerfeste.“ Die Arbeiter traten dann zur Seite, nahmen feierlich die Mützen ab, und der Fabrikherr streute aus einer Tüte ein geheimnisvolles Pulver, natürlich von gewöhnlichem Bindeton, über die Mischung aus. Nun war die Mischung erst wirklich „feuerfest“ und durfte weiterverarbeitet werden. Wenn die Geschichte nicht wahr ist, ist sie wenigstens ganz nett erfunden. Wahrscheinlich umgaben die Hersteller sich mit einer derartigen Geheimniskrämerei, um dadurch das Aufkommen unerwünschter Mitbewerber zu erschweren. Jedenfalls machten sie sich mit physikalischen und chemischen Erörterungen keine Kopfschmerzen. Mit dem Wachsen der Hüttenwerke mußten auch die feuerfesten Betriebe vergrößert werden. Auf den alten Werken wurde mit den Jahren ein Teil an den anderen angebaut, und es entstanden die alten unübersichtlichen Anlagen, in denen man sich oft erst nach längerer Zeit zurechtfinden konnte. Mit der Zeit haben sie mehr oder weniger wohl alle das bei ihrer Bauart fast unvermeidliche Glück gehabt, eines schönen Tages gründlich herunter zu brennen, oder sie sind aus anderen Gründen durch zeitgemäßere Neubauten ersetzt worden. Mit der glänzenden Entwicklung der Großindustrie kam dann auch für die feuerfeste die Zeit, in welcher die Geldkraft Einzelner nicht mehr zum Bau und Betriebe der Fabriken ausreichte und Gesellschaften gegründet werden mußten, in denen die Persönlichkeiten der früheren Einzelbesitzer neben anderen Belangen mehr zurücktraten. In dieser Zeit ist auch in der feuerfesten Industrie vieles verfehlt und geradezu gesündigt. Die Herstellung der feuerfesten Baustoffe muß wohl Vielen als eine sehr einfache aber sehr lohnende Sache erschienen sein, denn die verschiedenartigsten Elemente hielten sich für berufen, darin ihr eigenes oder noch lieber anderer Leute Geld aufs Spiel zu setzen. Handlungsreisende und Zuschneider, Kolonialwarenhändler und Bierbrauer, Tonbauern, Ziegelei- und Kalksandsteinfabrikbesitzer, Architekten, Juristen, Mediziner und andere, alle Angehörige gewiß recht ehrenwerter Berufe und in diesen vielleicht recht tüchtig, aber ohne alle Vorkenntnisse für den

Beruf des Herstellers feuerfester Erzeugnisse, fühlten das Bedürfnis, feuerfeste Baustoffe herzustellen und Fabrikbesitzer zu werden. Meistens mit dem Erfolge, daß sie damit so schnell und gründlich als nur möglich die Gelder Anderer verwirtschafteten. In diesen Jahren wurde, wie es Jochum gelegentlich aussprach, so manche Spottgeburt aus Dreck und Feuer in den Handel gebracht. Der aus der Bierbrauerei hervorgegangene Direktor einer feuerfesten Fabrik leistete sich sogar den geistreichen Scherz, runde Platten aus einer porösen feuerfesten Masse herstellen zu lassen. Dieselben wurden mit Ringen und Unterlagsplatten aus Aluminium eingefaßt, mit D. R. Gebrauchsmusterschutz versehen, und der verehrten Kundschaft als Untersätze für Biergläser überreicht. Ich bin glücklicher Besitzer einiger Exemplare dieser feuerfesten Musterleistung. Es war eine schöne Zeit für die Verkäufer von Tongruben und anderen Rohstofflagern, für die Maschinenfabriken, die Plänemacher und Fabrikerbauer. Damals konnte es vorkommen, daß ein sehr junger Mann, der seine „fachmännischen“ Vorkenntnisse als Reisender in Seidenbändern und Schmelztiegeln erworben hatte, durch eine reiche Einheirat in eine kleine feuerfeste Fabrik geriet. Nachdem er seine Tätigkeit auf die Teilhaberschaft an einer danebenliegenden zweiten ausgedehnt hatte, und hier nacheinander verschiedene seiner Teilhaber vorgezogen hatten, sich möglichst bald wieder von ihm loszumachen, wurde ihm dieser Wirkungskreis zu klein. Ein paar Geldgeber mit den nötigen Hunderttausenden wurden durch glänzende Gewinnberechnungen und entsprechendes Auftreten gewonnen, und nun wurde auf einem an drei Seiten durch Eisenbahnen und öffentliche Wege eng begrenzten und deshalb möglichst ungünstig gelegenen Grundstücke ein stattlich aussehender Neubau aufgeführt. Für den Entwurf wurde der Betriebsführer einer bekannten älteren feuerfesten Fabrik angestellt, der in der Hauptsache nichts anderes zu tun wußte, als die ihm von dort bekannte Ausführung, die an ihrer ersten Stelle sehr bald danach vollständig umgeändert worden ist, hier neu aufzubauen. Ein Teil derselben war auch hier sachgemäß und brauchbar, bei dem übrigen, größeren, dagegen wurden ohne jede sachgemäße Berücksichtigung der hier ganz anderen örtlichen und sonstigen Verhältnisse vom Beginn bis zum Ende der Herstellungseinrichtungen so ziemlich alle nur möglichen Fehler gemacht. Deshalb, und weil die Fabrik sehr teuer gebaut und die Öfen zum Teil Kohlenfresser waren, konnte sie von vornherein nicht wirtschaftlich arbeiten. Die „fachmännische“ Oberleitung übernahm der Besitzer selbst. Er ließ mit Vorliebe billige, aber nicht zweckentsprechende Rohstoffe verarbeiten, die Erzeugnisse wurden deshalb vielfach von den Bestellern beanstandet und mußten dann mit Verlust verkauft werden. Die Schuld an dem allen wurde natürlich, wie gewöhnlich in solchen Fällen, den Betriebs-

leitern zugeschoben, von denen einer nach dem anderen als unfähig und unbrauchbar fortgeschickt wurde. In der kaufmännischen Verwaltung herrschten ähnliche Zustände, denn auch hier verstand außer dem Besitzer Niemand etwas oder hatte etwas zu sagen. Die errechneten Gewinne standen bald nur auf dem Papier, die Lieferer wurden zurückhaltend, und die Bank ging allmählich dazu über, ihre Geldbewilligungen für die Aufrechterhaltung des Betriebes von dem jedesmaligen Nachweise der vorliegenden Aufträge abhängig zu machen. Schließlich setzte sie einen Vertrauensmann als Bureauvorsteher in die Verwaltung ein. Der arme Mann hatte lange Zeit nur damit zu tun, erst einmal Ordnung in die Geschäftsbücher zu bringen, denn, wie er erzählte, war hier fast jede zweite Eintragung unrichtig, z. B. waren die Ausgaben für die Löhne in der Tongrube diesem Betriebe gutgeschrieben. Große Vorräte an Fertigerzeugnissen, welche von den Bestellern als unbrauchbar nicht abgenommen waren und den Salon der Zurückgewiesenen bildeten, also nur als wieder zu verarbeitende Rohstoffe bewertet werden konnten, als verkaufsfähige Waren aber den Wert von vielen Zehntausenden gehabt hätten, waren in die Inventuren und Bilanzen mit ihrem vollen Verkaufswerte eingesetzt gewesen. Schließlich kam es, wie es kommen mußte, zur Subhastation. Der gewandte Besitzer verstand es dabei, das seinen Familienmitgliedern gehörende Kapital zu retten, die Bank kam mit blauem Auge davon, andere Geldgeber aber verloren Hunderttausende. Die Fabrik ging für einen niedrigen Preis in andere Hände über, wurde sofort sachgemäß um- und ausgebaut, und ihre Erträge machen ihren Besitzern seitdem nur Freude. Dies ist leider kein vereinzelter, aber besonders lehrreicher Fall. In einem anderen kam zu dem wohlhabenden Besitzer einer Kalksandsteinfabrik, weit entfernt von geeigneten Rohstoff- und Brennstofflagern, nach dessen eigener Erzählung ein unbekannter Mann. Der langte aus seiner einen Tasche ein Stück Ton, aus der anderen ein Stück Schamotte heraus, hielt einen schwunghaften Vortrag, und schloß mit den Worten: „Herr X, das ist etwas für Sie, Sie müssen eine Schamottesteinfabrik bauen.“ Das geschah denn auch; der freundliche Plänemacher übernahm natürlich für die entsprechende Bezahlung die Bauausführung, danach verschwand er mehr oder weniger spurlos. Eine Schamottesteinfabrik steht dort auch heute noch, aber nichts mehr von der ursprünglichen Mißgeburt. Wieviel Geld der glückliche Besitzer dabei unnötig fortgeworfen hat, wie hoch seine jetzige Fabrik durch den ersten unbrauchbaren Bau mitbelastet und dadurch in ihrer Wirtschaftlichkeit gehindert ist, oder welche Summen er in den Rauchfang geschrieben hat, um diese Belastung zu vermeiden, wird er wohl niemandem erzählen. Anderen derartigen „Fachleuten“ ist es noch schlimmer ergangen. Der eine erschloß sich aus Ehrgefühl



in seiner Verzweiflung, ein anderer starb zufällig gerade kurz vor einer Aufsichtsratssitzung, die peinlich für ihn geworden wäre, wieder andere in einem Alter oder unter Umständen, unter denen sie es in anderen Verhältnissen eigentlich noch nicht nötig gehabt hätten. Die übrigen haben im Laufe der Zeit von ihren Angestellten gelernt, wie in ihren Fabriken gearbeitet werden muß, wobei sie aber selten über das rein Handwerksmäßige hinausgekommen sind, wenn sie sich auch Fabrikant nennen und ihre Erfahrungen anpreisen; sie sind wenigstens mit den Jahren durch Schaden klüger oder auf die eine oder andere Weise unschädlich gemacht worden. Ihre Fabriken sind entweder verschwunden oder für andere Zwecke nutzbar gemacht, oder mußten „saniert“ und mit Aufwendung hoher Kosten sachgemäß um- und ausgebaut werden, um wirtschaftlich arbeiten zu können. Ein nicht unbedeutender Teil der Blätter aus der Geschichte der feuerfesten Industrie ist mit traurigen Erinnerungen angefüllt, manches Menschen-schicksal ist dabei zugrunde gegangen oder verbittert, und riesige Summen sind zwecklos ausgegeben und verloren. In der Hauptsache werden wir diese Zeiten jetzt als hinter uns liegend betrachten dürfen. Von Jahr zu Jahr hat auch die feuerfeste Industrie mehr gelernt, und sie ist gezwungen worden mehr zu lernen. Neuzeitliche und sachgemäß eingerichtete Fabriken mit von Licht und Luft erfüllten Arbeitsräumen sind entstanden, und immer mehr Licht ist auch in ihre Arbeitsweisen eingedrungen. Deren Erzeugnisse stehen auf einer in allen Ländern der Erde anerkannten Höhe, und ihr Bestreben ist darauf gerichtet, unter Ausnutzung aller praktischen und wissenschaftlichen Erfahrungen sowohl ihre Einrichtungen und Arbeitsweisen weiter zu vervollkommen, als auch die Güte ihrer Erzeugnisse durch Verarbeitung der besten bekannten, wie auch neuer, noch besserer Rohstoffe den immer noch weiter wachsenden Anforderungen der Verbraucher entsprechend zu erhöhen.

Damit dieses Ziel in der vollkommensten Weise und auf dem kürzesten und billigsten Wege erreicht werden kann, ist ein möglichst enges Zusammenarbeiten der Verbraucher mit den Herstellern der feuerfesten Baustoffe dringend erforderlich. Für den größten Verbraucher, den Hüttenmann, bedeuten die feuerfesten Baustoffe eines seiner wichtigsten Hilfsmittel. Wenn eine Ofenanlage wegen unrichtiger Wahl, wegen nicht sachgemäßer Herstellung oder wegen falscher Behandlung ihrer Baustoffe vorzeitig abgebrochen werden muß oder auch nur eine größere Ausbesserung erforderlich wird, dann geht der dadurch entstehende Schaden oft hoch in die Tausende, denn es handelt sich hierbei nicht nur um die vorzeitig entstehenden Erneuerungskosten. Diese fallen oft neben den durch die Betriebsstörung verursachten Schäden und dem durch den Erzeugungsausfall verringerten Gewinn

viel weniger ins Gewicht. Solche Fälle sind durchaus nicht selten, und sie kommen mit daher, daß vielfach der Verbraucher der feuerfesten Baustoffe ebensowenig von ihren Eigenschaften und ihrer Herstellung etwas weiß, wie deren Hersteller von den Anforderungen des Betriebes seiner Abnehmer. Die letzteren haben deshalb den größten Nutzen davon, wenn sie schon in ihrer Ausbildungszeit rechtzeitig Gelegenheit suchen, die Herstellung der feuerfesten Baustoffe selbst genau kennen zu lernen, damit sie später die für ihre Betriebe geeignetsten Baustoffe richtig auswählen und deren Herstellung genau vorschreiben und überwachen können. Ein beide Teile richtig aufklärendes und damit beiden nützendes Zusammenarbeiten fehlt uns immer noch viel zu sehr. Ich kenne die feuerfeste Industrie in England nicht aus eigener Anschauung. Es wurde mir gelegentlich erzählt, daß die dortigen Fabriken in ihren Einrichtungen und Arbeitsweisen noch weit hinter den unsrigen zurück wären. In England besteht aber bereits seit den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts in der Ceramic Society der Central School of Science and Technology in Stoke-on-Trent unter der Leitung von Dr. Mellor eine Anstalt, welche der Untersuchung aller wissenschaftlichen und praktischen Fragen gewidmet ist, deren Beantwortung sowohl für den Hersteller wie für den Verbraucher der feuerfesten Baustoffe von Wichtigkeit ist. Sie führt ihre Arbeiten im Auftrage und in engster Verbindung mit der Industrie aus und veröffentlicht die wichtigeren derselben regelmäßig, wodurch ihre Ergebnisse allgemein bekannt werden. Wir besitzen zwar private auf diesem Gebiete tätige Unternehmungen. Diese stehen aber nicht in der nötigen engen Verbindung mit den großen Fabriken der Hersteller und Verbraucher, und ihre Arbeiten können deshalb meistens nur in bescheideneren Grenzen ausgeführte Laboratoriumsuntersuchungen sein, deren Ergebnisse durchaus nicht immer ohne weiteres für die Erzeugung im großen maßgebend sein dürfen. Daneben wird es ihnen nur in verhältnismäßig seltenen Fällen gestattet werden, die Ergebnisse ihrer Arbeiten so bekannt zu geben, daß damit weiteren Kreisen genützt wird, weil ihre Auftraggeber keine Neigung haben, ihre Mitbewerber auf diese Weise zu unterstützen. Auch ist nicht zu übersehen, daß die Inhaber solcher Unternehmungen selten selbst eigene langjährige Erfahrungen in leitenden Stellungen der Praxis erworben haben, und daß deshalb die von hier erteilten Ratschläge und Begutachtungen oft nur den Wert vom grünen Tisch aus gemachter Arbeiten besitzen. Im Verein deutscher Eisenhüttenleute ist bereits vor Jahren von leitender Stelle aus in prächtigen Worten auf die Engherzigkeit und Zwecklosigkeit jeder Geheimniskrämerei hingewiesen worden. Man hat sich dort längst und gründlich davon losgemacht, wie die Veröffentlichungen in „Stahl und Eisen“, und hier besonders die Berichte der einzelnen Arbeits-

ausschüsse dieses Vereins zeigen, und zwar zum größten Nutzen sowohl des Einzelnen wie auch der Allgemeinheit. Nachdem mir vor einiger Zeit einige Veröffentlichungen der oben erwähnten Anstalt in England bekanntgeworden sind, habe ich den Eindruck erhalten, daß hier in musterhafter Weise gearbeitet wird, und daß die feuerfeste Industrie in England gewaltige Fortschritte gemacht haben muß oder machen wird, wenn sie die Mitarbeit dieser Anstalt richtig auszunutzen weiß. Und daß sie das tun wird, daran zweifelt wohl Niemand, der gesehen hat, mit welcher gewaltigen Energie die Engländer seit dem Jahre 1914 auf jedem technischen Gebiete vorangearbeitet haben. Demgegenüber ist für uns die größte Vorsicht geboten, denn jeder Stillstand kann uns zu einem folgenschweren Rückschritt werden. Um dem rechtzeitig und richtig zu begegnen, wäre es wünschenswert, daß der Verein deutscher Eisenhüttenleute, als der Vertreter der größten Verbraucher der feuerfesten Baustoffe, auch für diese, vielleicht in Gemeinschaft mit der Brennkrafttechnischen Gesellschaft in Berlin, einen Arbeitsausschuß beruft, dem die Vertreter der verschiedenen hüttenmännischen Betriebe und vertrauenswürdige Fachleute aus der feuerfesten Industrie angehören müßten. Der Verein ist auch deshalb hierfür besonders berufen, weil eine ganze Anzahl der bedeutendsten Hüttenwerke, wie z. B. Krupp, die Gute Hoffnungshütte in Oberhausen, der Bochumer Verein und zahlreiche andere bereits größere Fabriken zur Erzeugung der feuerfesten Baustoffe besitzen, in denen zum Teil auch für den Verkauf gearbeitet wird. Das Arbeitsgebiet eines solchen Ausschusses ist von selbst gegeben. Daneben aber müßte eine der oben erwähnten englischen entsprechende Anstalt ins Leben gerufen werden, welche leicht an eine der anderen, ähnlichen Zwecken dienenden im Industriebezirke von Rheinland-Westfalen angegliedert werden könnte. Hier würden in engster auch örtlicher Verbindung mit den großen industriellen Werken, teils mit ihrer Unterstützung, teils sogar mit Benutzung der dort vorhandenen Betriebseinrichtungen, alle im Belange der Hersteller und Verbraucher der feuerfesten Baustoffe liegenden Fragen in sachgemäßer Weise bearbeitet und beantwortet werden. Und durch die Veröffentlichung der hier ausgeführten Arbeiten würden diese allgemein bekannt werden und nach allen Seiten hin aufklärend und fördernd wirken.

Als ich gerade mit der Niederschrift des folgenden Abschnittes beginnen wollte, erhielt ich die Nummer 132 des Essener Anzeiger für Berg-, Hütten- und Maschinenwesen vom 7. 12. 1920. Der erste Aufsatz behandelt die feuerfesten Ziegel. Darin wird geschrieben: „Wenden wir uns dem Herstellungsgange der feuerfesten Ware zu, so ist darüber im allgemeinen recht wenig zu sagen. Denn im wohlbegreiflichen Interesse ist die feuerfeste Industrie konservativ und schweigsam.“

Konservativ, weil sie neuen Arbeitsweisen nur schwer zugänglich ist, gern an jener festhält, die ihr eine gute Herstellung der Ware gewährleistet, schweigsam, weil sie nur ungern Einblick in ihre Anlagen gestattet und die Zusammensetzung der Stoffe zu dem wohlgelungenen Gebilde als strenges Geheimnis hütet.“ Der Verfasser des Aufsatzes nennt sich Ziegeleiingenieur und ist Fachlehrer an einer unserer bekanntesten Ziegler Schulen. Diese schön klingenden, aber recht gedankenlos abgefaßten Sätze stammen nicht von ihm selbst, sondern waren schon einmal im Jahre 1909 im „Keramischen Jahrbuche“ von einem anderen Verfasser geschrieben. Wenn sie richtig wären, würde die feuerfeste Industrie zu bedauern sein. In einer längst überwundenen Zeit ist sie allerdings einmal konservativ gewesen und hat, wie schon erwähnt, damals nur erfahrungs- und handwerksmäßig gearbeitet. Diese Zeit liegt aber weit hinter ihr, und die feuerfesten Hersteller sind längst und mit bestem Erfolge bemüht gewesen, ihre Einrichtungen und Arbeitsweisen in fortschrittlichem Sinne weiter zu verbessern und zu vervollkommen. Ferner haben sie mit verschwindenden Ausnahmen mir und wahrscheinlich auch anderen Besuchern seit langen Jahren den Zutritt zu ihren Anlagen und den Einblick in ihre Arbeitsweisen bereitwilligst gestattet, meistens mit der ausdrücklichen Bemerkung, daß derartige Besuche und die damit verbundenen Besprechungen für beide Teile nur von Vorteil sein können. Derartige Besuche sind für den Hersteller auch vollkommen ungefährlich, denn seine Einrichtungen und Arbeitsweisen sind im allgemeinen jedem Fachmanne bekannt, und was er davon etwa nicht zeigen möchte, braucht er ja den Besucher nicht sehen lassen. Seine wirklichen Geschäftsgeheimnisse, die Bezugsquellen der verschiedenen Rohstoffe und die Zusammensetzung der gerade verarbeiteten Mischungen, kann ihm aber auch der scharfsichtigste Fachmann bei einem vorübergehenden Besuche nicht absehen. Der neue Schreiber der obigen Sätze wandte sich noch im Jahre 1917 brieflich an mich mit der mich von seiner Seite besonders überraschenden Frage: Ist ein feuerfester Ton, der 42% Kieselsäure und 39% Tonerde enthält, zur Hochofen„auskleidung“ brauchbar? und setzte hinzu: „ich möchte die Frage bejahend beantworten, traue aber meinen ‚etwas beschränkten feuerfesten Kenntnissen‘ zu wenig, um meine Ansicht als maßgebend hinzustellen“. Trotz dieses viel-sagenden Eingeständnisses hatte er aber schon im Jahre 1911 ein Buch „Feuerfeste Erzeugnisse“, Bibliothek der gesamten Technik, Verlag Dr. Max Jänecke, Hannover, verfaßt. Als ich einmal Gelegenheit hatte ihn persönlich zu fragen, wie er denn eigentlich gerade darauf gekommen wäre, antwortete er mir: „Ach, Sie wissen ja, wie man manchmal über etwas schreibt, ‚wovon man nichts versteht‘.“ Die Herstellung der feuerfesten Erzeugnisse ist ein besonderer Teil der Baukeramik, ihre genaue

Kenntnis muß selbstverständlich im Besitze des Fachlehrers einer Zieglerschule sein, und einen Teil seiner Lehrtätigkeit umfassen. Wie wertvolle Belehrungen mögen die Besucher dieser Zieglerschule mit nach Hause nehmen!

Was schließlich die Schweigsamkeit der feuerfesten Industrie betrifft, gerade sie kann darauf verzichten, die Menschheit mit schönen Reden zu beglücken, und sich auf das Wort verlassen: „Wo die Menschen schweigen, da werden die Steine reden.“ Aus den stillen Reden der Steine kann der aufmerksame Hörer mehr heraushören als aus schwülstigen, aber leeren Worten mancher Zeilenschreiberei.

# Die quarzhaltigen feuerfesten Baustoffe.

## I. Die Quarzkalksteine (Silikasteine).

Die Herstellung feuerfester Baustoffe aus reinem Quarz mit einem geringen Zusatz von Kalk als Bindemittel wurde zuerst vor ungefähr 100 Jahren in England vorgenommen. In der dortigen Steinkohlenformation des Tales von Neath in Wales findet man einen Kohlendstein, der gemahlen und mit einem Zusatze von 2% Kalk zu Steinen verarbeitet wird, welche unter dem Namen Dinassteine eine ausgedehnte Verwendung auch in der deutschen Eisenindustrie gefunden haben. Sie wurden besonders zum Bau der Siemens-Martinöfen benutzt, wo sie sich im ununterbrochenen Betriebe und unter der Einwirkung der sog. trockenen Hitze, geschützt gegen die Angriffe basisch wirkender Flußmittel, besser bewährten als alle anderen feuerfesten Baustoffe. Nachdem sich herausgestellt hatte, daß die ebenfalls der Steinkohlenformation angehörenden Kohlendsteine des Aachener Beckens nach ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrem pyrometrischen Verhalten den englischen des Neathtales vollkommen gleichen, ging man, in Deutschland dazu über, aus diesen feuerfeste Steine herzustellen, welche man ebenfalls Dinassteine nannte. Diese aus Kohlendstein hergestellten „Dinas“steine sind zwar für die Zwecke der Glasindustrie, in deren Schmelzöfen nicht die hohen Wärmegrade erforderlich sind wie in denen der Stahlwerke, ebenso hier als Kammerbesatz der Wärmespeicher und für den Koksofenbau verwendbar, in höheren Wärmegraden zeigen sie aber ein den Ofenbetrieb ungünstig beeinflussendes, länger andauerndes Wachsen. Im Laufe der Zeit wurde man auf die in der sog. Rostinger Heide und weiterhin in dem ganzen Bezirke zwischen Rhein, Sieg und Lahn vorkommenden sog. Findlingsquarzite aufmerksam, und fand bei ihrer Verarbeitung, daß die daraus hergestellten Dinassteine ein günstigeres Verhalten zeigten, und bereits nach dem ersten zu ihrer Herstellung erforderlichen Brande im Feuer nicht mehr nennenswert weiterwachsen. Soweit mir bekannt ist, war Herm. Lütgen in Eschweiler der erste, der solche aus Findlingsquarziten hergestellte Steine als seine „Marke Lütgen“ in den Handel brachte, die wegen ihrer Güte sehr schnell Eingang in die deutsche

Eisenindustrie fanden. Wegen des damals leider noch sehr verbreiteten Vorurteiles zu gunsten englischer Erzeugnisse nannte Lütgen diese Steine „englische Dinassteine“. Andere Hersteller, die dann ebenfalls Findlingsquarzite verarbeiteten, brachten sie als ihre besten Erzeugnisse unter dem Namen „Silikasteine“ in den Handel. Allmählich entstand ein vollständiges Durcheinander der Bezeichnungen, verursacht durch das in der feuerfesten Industrie damals gänzlich fehlende Zusammengehen der einzelnen Hersteller. Der eine nannte seine aus Findlingsquarziten hergestellten Steine „Dinas“, der andere „Silika“-steine und umgekehrt. Aus Kohlensandsteinen hergestellte Steine wurden ebenfalls teils Dinas-, teils Silikasteine genannt, sogar in zwei Sorten, Dinas I und II unterschieden, je nachdem sie aus härterem oder weicherem Kohlensandstein hergestellt waren. Noch andere Dinassteine wurden aus kristallinen Felsquarziten, z. B. den Taunus- und Koblenzquarziten der Devonformation, mit Kalkbindung angefertigt, und um das Durcheinander voll zu machen gab es auch noch die sog. „Deutschen Dinas“ oder „Tondinassteine“, zu deren Herstellung nicht Kalk, sondern Ton als Bindemittel benutzt wurde, die also in Wirklichkeit nichts anderes waren als Quarztonsteine und auch nur aus geringeren Quarzsorten angefertigt wurden. Es konnte deshalb leicht vorkommen, daß der Hüttenmann, der von einem Erzeuger „Dinassteine“ als die beste Sorte für seine Öfen zu beziehen gewöhnt war, unter diesem Namen von einem anderen für ihn minderwertigere Steine erhielt, wenn er ihm, wie das früher vielfach geschah und wohl auch jetzt noch oft genug vorkommt, keine genaueren Angaben über den Verwendungszweck der Steine gemacht hatte, und der neue Lieferer gewohnt war, seine beste Sorte unter dem Namen „Silikasteine“ zu verkaufen. Das alles hing damit zusammen, daß die Frage, weshalb ein Quarzit besser als ein anderer zur Herstellung von Quarzkalksteinen geeignet ist, lange Jahre hindurch nicht genügend aufgeklärt war und hier nur erfahrungsgemäß gearbeitet wurde. Man war gewöhnt, die Quarzite nach ihrem Aussehen, ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Feuerfestigkeit zu bewerten, und sehr erfahrene Fachleute, welche ihren Bedarf gleichmäßig aus guten Vorkommen beziehen konnten, glaubten damit auskommen zu können. In der Beurteilung nach dem äußeren Aussehen kann man sich aber sehr täuschen. Noch im Jahre 1914 wurde mir ein Gestein vorgelegt, das einem guten Findlingsquarzit sehr ähnlich sah, aber aus geologischen Gründen als solcher an der mir genannten Fundstelle nicht vorkommen konnte. In mir vorgelegten Briefen der Betriebsleiter zweier größerer feuerfester Fabriken des Rheinlandes, welche Silikasteine herstellen, wurde das Gestein als vorzüglich geeignet zur Silikasteinherstellung bezeichnet. Meine Zweifel an der Richtigkeit dieses Urteiles wurden deshalb für

unbedingt unberechtigt gehalten. Ich behandelte nun das Gestein mit einigen Tropfen verdünnter Salzsäure, wonach es sich zum Erstaunen seines Besitzers sofort durch Aufbrausen als ein Kalkstein erwies. Auch die Verwertung eines Quarzites nach der chemischen Untersuchung und nach seiner Feuerfestigkeit allein können zu verhängnisvollen Irrtümern führen, wenn sie allein zur Grundlage eines technischen Gutachtens gemacht werden, wie der folgende Fall zeigt.

Im Jahre 1900 war ein sächsisches Werk im Besitze eines bedeutenden, aus Sand und Kies bestehenden Quarzlagere. Die von einem Fachlaboratorium untersuchte Durchschnittsprobe des Lagers zeigte folgende Zusammensetzung:

Glühverlust . . . . .	0,30%
Kieselsäure . . . . .	98,34 „
Tonerde . . . . .	1,02 „
Eisenoxyd . . . . .	0,02 „
	<hr/>
Sa.: 99,68%	

Der Schmelzpunkt lag bei Segerkegel 35, die Probe zeigte im Feuer ein Wachsen von nur 0,9%.

Aus diesem Rohstoff hergestellte Quarzkalksteine zeigten bei der Untersuchung folgende Zusammensetzung:

Glühverlust . . . . .	0,18%
Kieselsäure . . . . .	94,83 „
Tonerde . . . . .	2,15 „
Eisenoxyd . . . . .	0,42 „
Kalk . . . . .	2,48 „
	<hr/>
Sa.: 100,06%	

Der Schmelzpunkt lag bei Segerkegel 34; bis zum Schmelzen von Kegel 17 erhitzt, zeigten die Steine ein Wachsen von 2,2%; das mit den Untersuchungen betraute Fachlaboratorium bezeichnete den Rohstoff in einem ausführlichen Gutachten als vorzüglich geeignet zur Herstellung von Quarzkalksteinen.

Der Besitzer ließ sich dadurch verleiten, die Herstellung derselben aufzunehmen, ohne erst Versuche in größerem Maßstabe anzustellen und die Steine in verschiedenen Betrieben der Eisenhütten und Glasfabriken in den dortigen Öfen auf ihren praktischen Wert prüfen zu lassen. Die Verhältnisse waren anscheinend günstig, und man glaubte wegen der natürlichen Beschaffenheit des Rohstoffes die Maschinen zum Zerkleinern sparen zu können; indes zeigten sich die so hergestellten Steine zwar gut in Form und Brand, aber porös und mürbe. Nach Anschaffung der notwendigen Maschinen wurde die Herstellungsweise genau nach der im Rheinland üblichen abgeändert, wodurch dichte und mechanisch feste Steine erzielt wurden. Die nun anscheinend brauchbaren Steine wurden dann an eine Reihe von



Hüttenwerken gesandt, mit der Bitte, sie in den dortigen Öfen auf ihre Verwendbarkeit zu prüfen. Nach kurzer Zeit erfuhr man, daß die äußerlich tadellos aussehenden Steine bereits nach kurzer Zeit im Martinofen geschmolzen und deshalb unbrauchbar waren.

Da bei der Herstellung jeder Fehler ausgeschlossen war, mußten die Gründe für die schlechte Haltbarkeit der Steine im Feuer anderswo gesucht werden. Es wurden nun mit größter Sorgfalt Durchschnittsproben von dem Kieslager genommen und diese einem bisher unbeteiligten Chemiker übersandt. Die Ergebnisse der Untersuchung waren folgende:

	Probe I	Probe II	Probe III	Probe IV
Kieselsäure . . . . .	97,92%	97,84%	97,07%	96,98%
Tonerde . . . . .	0,56,,	0,60,,	0,79,,	1,86,,
Eisenoxyd . . . . .	1,50,,	1,50,,	1,50,,	0,68,,
Sa.: . . . . .	99,98%	99,94%	99,36%	99,52%.

Mit den früheren Untersuchungsergebnissen verglichen war die chemische Zusammensetzung des Quarzlagers demnach eine sehr gleichmäßige. Der Schmelzpunkt von Probe IV lag zwischen Segerkegel 35 und 36.

Die chemische Untersuchung eines Steines von der letzten Erzeugungsart ergab folgendes Ergebnis:

Kieselsäure . . . . .	93,53%
Tonerde . . . . .	1,53,,
Eisenoxyd . . . . .	1,73,,
Kalk . . . . .	1,72,,
Sa.: . . . . .	98,51%.

Es wurden nun Probesteine aus gewaschenem Rohstoff angefertigt, deren Untersuchung folgendes Ergebnis zeigt:

Kieselsäure . . . . .	95,41%
Tonerde . . . . .	0,54,,
Eisenoxyd . . . . .	1,41,,
Kalk . . . . .	2,00,,
Sa.: . . . . .	99,36%.

Eine der besten Sorten von Quarzkalksteinen des Rheinlandes zeigt folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	III.
Kieselsäure . . . . .	95,19%	96,18%	96,28%
Tonerde . . . . .	1,47,,	1,39,,	1,00,,
Eisenoxyd . . . . .	1,18,,	0,68,,	1,08,,
Kalk . . . . .	1,48,,	0,99,,	1,06,,
Sa.: . . . . .	99,32%	99,24%	99,42%.

Zwischen dieser und der des sächsischen Erzeugnisses ist kaum ein nennenswerter Unterschied zu sehen. Man sandte nun zur Nachprüfung an das zuerst erwähnte Fachlaboratorium Durchschnittsproben des

Rohstoffes und der Steine zur neuen Untersuchung. Die jetzt erhaltenen Ergebnisse der Analysen deckten sich wieder vollständig mit den von der anderen Seite erhaltenen, nur gab das Fachlaboratorium zum großen Erstaunen, im Widerspruch zu seinem früheren Gutachten, die Erklärung ab: die Steine der letzten Herstellung seien im Gefüge, gegenüber den früher angefertigten, auffallend porös, anscheinend habe sich die Beschaffenheit des Rohstoffes geändert, sei für die Herstellung von Quarzkalksteinen nicht brauchbar, und man werde sich dafür „nach einem anderen Rohstoff umsehen müssen“.

Es ist dies ein Beweis von dem nicht immer genügenden Werte der Gutachten mehr schulmäßig arbeitender Fachlaboratorien, deren Untersuchungen sich meist nur auf Versuche im Kleinen stützen können, und zeigt, wie wichtig demgegenüber erst Versuche im Großen unter den in der Wirklichkeit vorkommenden Verhältnissen sind, ehe man sich zu der Einführung einer neuen Herstellung entschließen soll. Es ist mir auch bisher nur ein Fall bekannt geworden, daß Quarz in Form von Sand zur Herstellung von Quarzkalksteinen benutzt wird, derselbe ist durch die Zertrümmerung amorpher Quarzite entstanden.

Dr. Lange - Hörde bringt in seinem Aufsätze „Über Silikasteine in Martinöfen“ (Stahl und Eisen Nr. 42 vom 17. 10. 1912) zahlreiche Analysen und Schmelzpunktangaben der verschiedensten Quarzite, und erwähnt dabei, daß manche Quarzite sich nicht für Ia Silikasteine eignen, obgleich die Analyse gut war, und daß deshalb die Analyse allein nicht genügt.

In meinem daran anschließenden Aufsätze „Über Quarzite und Silikasteine“ (Stahl und Eisen 1913, Nr. 6 vom 6. 2. 1913) habe ich gezeigt, daß die Durchschnittswerte der von Dr. Lange angeführten Analysen der brauchbaren und der unbrauchbaren Quarzite keinen nennenswerten Unterschied zeigen, und daß der Schmelzpunkt der unbrauchbaren manchmal noch etwas höher liegt als der der brauchbaren. Damit ist der Beweis geliefert, daß die chemische Untersuchung und die Schmelzpunktbestimmung nicht entscheidend sein darf zur Beurteilung der Quarzite für ihre Verwendbarkeit zur Herstellung der besten Quarzkalksteine. Ich halte sie nach meinen Erfahrungen sogar für vollständig wertlos, und nur da für angebracht, wenn es sich darum handelt festzustellen, ob ein Quarzit zur Herstellung von Emailen und für andere nicht feuerfeste Zwecke verwendbar ist. Auch Dr. Endell legt auf die chemische Analyse weniger Gewicht, wenn nur 96 bis 98% Kieselsäure vorhanden sind, und dies kann man schon aus der Höhe des Schmelzpunktes schließen. Obgleich diese Frage jetzt längst geklärt ist, fällt es auf, daß auch in neuerer Zeit Hüttenleute noch den früheren Standpunkt vertreten. So schreibt H. Klein in seinem Aufsätze „Aus der ukrainischen Eisenindustrie“ (Stahl und Eisen 1918,

Nr. 38, S. 868), „daß die nicht befriedigende Beschaffenheit der dortigen Dinassteine nicht etwa in der Geringwertigkeit des Rohstoffes begründet ist, denn der in den Bezirken von Bachmut und Nikitowka vorkommende Quarzit ist „seiner chemischen Zusammensetzung nach“ geeignet, einen hochwertigen Dinasstein zu liefern.“ Ich besitze von einem Aufenthalte in Taganrog her Proben südrussischer Quarzite, welche beweisen, daß dort Findlingsquarzite und Kohlensandsteine vorkommen und verarbeitet werden, und daß die nicht befriedigende Beschaffenheit der dort hergestellten Quarzkalksteine daher rühren muß, daß sie aus Kohlensandstein angefertigt wurden. Diese Erfahrung habe ich in Taganrog selbst machen müssen und diese, wie die oben beschriebenen auf einem sächsischen Werke, haben mich zu meinen weiteren Untersuchungen der Quarzite veranlaßt. Auch erst kürzlich, während des letzten Krieges, hat die türkische Regierung die gleichen Erfahrungen machen müssen, als in ihrer feuerfesten Fabrik am Marmarameere aus dortigen Quarziten Silikasteine hergestellt werden sollten. Der aus Deutschland dorthin gesandte Betriebsleiter war zwar im allgemeinen mit der Herstellung der Silikasteine vertraut gewesen, es fehlten ihm aber die Kenntnisse für die richtige Untersuchung und Bewertung der Quarzite, und die Versuche endeten deshalb mit einem Mißerfolge.

## A. Die Rohstoffe.

### 1. Die kristallinen Quarzite, Kohlensandsteine und amorphen Quarzite.

Das Wort „Quarzit“ ist ein petrographischer Begriff und bezeichnet ein in der Hauptsache aus Quarz (Kieselsäure) bestehendes Gestein. Der Quarzit gehört in die Familie der Sandsteine, zu welchen die Gesteine gerechnet werden, welche in der Hauptmasse aus kleinen Quarzkörnern bestehen, die durch Kalk, Ton oder Kieselsäure als Bindemittel zu einem festen Gestein verbunden sind. Für die feuerfeste Industrie kommen von diesen Sandsteinen nur die Kieselsäure als Bindemittel enthaltenden „Quarzite“ in Betracht. Das Wort „Quarz“ dagegen ist ein mineralogischer Begriff und bezeichnet das aus Kieselsäure,  $\text{SiO}_2$ , bestehende „Mineral Quarz“, welches in seiner zu feinsten Teilchen zertrümmerten — klastischen — Form als feinsten Sand den Hauptbestandteil zur Bildung des „Gesteines Quarzit“ hergegeben hat.

In der feuerfesten Industrie bezeichnet man vielfach und nicht ganz richtig alle felsartig vorkommenden Quarzgesteine als Quarzite, neben denen man noch die als Geröll vorkommenden Quarzkiesel und die losen Quarzsande verarbeitet.

Allgemein bekannt ist es, daß sämtliche Quarzite im Feuer eine starke Raumzunahme zeigen, welche sie danach dauernd behalten

und die man „das Wachsen“ nennt. Ebenso war es längst bekannt, daß manche Quarzite in dem ersten Scharfbrände das Höchstmaß ihres Wachsens erreicht haben und dann bei weiteren Bränden nur noch in unbedeutendem Maße weiterwachsen, wogegen andere erst nach einer sehr langen Zeitdauer des einzelnen Brandes oder nach einer größeren Zahl von Bränden raumbeständig werden. Die letzteren besitzen dabei häufig die Eigenschaft, in viele kleine Teile zu zerspringen. In dem Falle sind sie zur Herstellung der besten Sorten von Quarzkalksteinen vollständig unbrauchbar. Aber auch wenn sie und ebenso die daraus hergestellten Steine ein länger andauerndes Weiterwachsen in den hohen Wärmegraden des Martinofens zeigen, ist ihre Verwendung nicht ratsam. Die daraus hergestellten und vermauerten Steine drücken dann zuerst den Mörtel aus den Fugen heraus. Sind die Fugen danach noch zu eng, dann üben die weiterwachsenden Steine einen so starken Druck aufeinander aus, daß sich dadurch ihr Gefüge lockert, sie mürbe werden und sich gegenseitig zersprengen. Wo dies aber bei genügender Weite der Fugen vermieden wird, wächst das Mauerwerk des Ofens im ganzen derart, daß die Verankerungen desselben andauernd nachgelassen werden müssen oder zersprengt werden. Durch das alles können schwere Betriebsstörungen und Unfälle verursacht werden.

Der Grund des Wachsens der Quarzite war in der feuerfesten Industrie lange Zeit unbekannt. Man hat gelegentlich angenommen, daß die brauchbaren Quarzite nur in der Nähe von Basalten vorkommen könnten, weil sie hier bei dem Durchbruch des feurigflüssigen Basaltes zur Erdoberfläche bereits von der Natur gebrannt worden wären und deshalb in späterem Feuer nicht mehr wüchsen. Dies war von vornherein unrichtig, denn dann würden derartige Quarzite auch schon beim ersten Brande, der zur Herstellung des Quarzkalksteines erforderlich ist, nicht mehr nennenswert wachsen. Außerdem ist die Feuerwirkung des flüssigen Basaltes auf eine sehr eng begrenzte Zone von wenigen Metern um die Durchbruchsstelle herum beschränkt, wie man es besonders deutlich am Weilberg bei Heisterbach im Siebengebirge sehen kann. Gute Quarzite werden aber in weiterer Entfernung, oft viele Kilometer weit, von den Basalten gefunden.

Ebenso unrichtig ist die Annahme, daß die aus der Mineralogie bekannten Einschlüsse von Gasen oder Flüssigkeiten durch ihre Ausdehnung die Zerstörung der Quarzite im Feuer verursachen sollen. Diese Einschlüsse sind unter dem Mikroskop betrachtet so klein, die sie umgebenden Gesteinswände aber von solcher Stärke, daß die Einschlüsse im Feuer ganz außerordentliche Kräfte entwickeln müßten, um ihr Gefängnis sprengen zu können. Es ist nicht denkbar, daß so geringe Mengen dazu fähig sein könnten, ihre Spreng-

kraft würde dann die der uns bekannten Sprengstoffe bei weitem übertreffen.

In Wirklichkeit ist die Erklärung für das Wachsen der Quarzite im Feuer eine sehr einfache. Sie beruht (s./Endell, „Über Silika-quarzite“, Stahl und Eisen 1913, Nr. 43/45) darauf, daß sich der Quarz im Feuer, ohne seine chemische Zusammensetzung und seinen Schmelzpunkt zu ändern, allmählich in seine „Tridymit“ genannte Modifikation umwandelt, wenn er längere Zeit einem Wärmegrade von rd. 1450° C, dem Wärmegrade des Porzellanscharffeuers, ausgesetzt wird.

[Anmerkung: Wissenschaftlich unterscheidet man nach Endell folgende stabile Formen des Quarzes:

Form	spez. Gewicht	Kristallform	Stabilitätsgebiet °C.
$\alpha$ Quarz	2,65	hexagonal, trapezoedrisch tetartoedrisch	bis 575°
$\beta$ Quarz	2,633	hexagonal, trapezoedrisch hemiedrisch	575° bis rd. 900°
$\beta$ Tridymit	2,32	hexagonal	~ 900° bis ~ 1470°
$\beta$ Cristobalit	2,21	regulär	~ 1470° bis 1685°
Glas	2,21	amorph	oberhalb 1685°]

Hierbei vermindert sich sein spezifisches Gewicht von 2,65 des Rohquarzes bis auf 2,32 des gebrannten, und mit dieser Umwandlung in Tridymit ist gleichzeitig eine Raumvermehrung von rd. 14% verbunden. Weitere Untersuchungen haben dann ergeben, daß diese Verminderung des spezifischen Gewichtes mit der gleichzeitigen Raumvermehrung bei einigen Quarziten in der Hauptsache bereits beim einmaligen Brennen erreicht wird, bei anderen aber erst nach 2 bis 3 Bränden eintritt, während noch andere auch nach einer größeren Zahl von Bränden den Beständigkeitsgrad noch nicht erreicht haben. Diese verschiedenen Quarzarten unterscheiden sich in ganz eigenartiger Weise durch das Aussehen ihres Kleingefüges im polarisierten Lichte des Mikroskopes.

Weil die bis dahin bekannten Untersuchungsarten keine genügenden Ergebnisse für die zuverlässige Beurteilung der Quarzite in bezug auf ihre Verwendbarkeit zur Herstellung von Quarzkalksteinen gaben, und infolge mehrerer Mißerfolge in der Praxis, habe ich mich seit dem Jahre 1907 bemüht, hierfür durch die Untersuchung der Quarzite mit dem Polarisationsmikroskop Aufklärung zu finden. Bereits die ersten Untersuchungen einer Anzahl von verschiedenartigen Quarziten, deren chemische Zusammensetzung, Schmelzpunkt und Brauchbarkeit bzw. Unbrauchbarkeit genau bekannt war und die mir von Herrn A. Römer in Oberdollendorf a. Rh. zur Verfügung gestellt waren, und weiterfolgende zeigten, daß diese Untersuchungsart die richtige war um zu-

verlässige Ergebnisse zu erzielen. Ich konnte sie deshalb bereits im Jahre 1909 durch einen Vortrag in der Hauptversammlung des Österreichischen Tonindustrie-Vereins in Wien, der auch in der Tonindustriezeitung-Berlin zum Abdruck gekommen ist, öffentlich bekanntgeben. Im Laufe der Jahre habe ich Gelegenheit gefunden, mehrere Hundert der verschiedensten Quarzitproben aus Deutschland und aus dem Auslande in dieser Weise zu untersuchen und danach mein Gutachten über ihre Verwendbarkeit abzugeben. Durch die weiteren Untersuchungen von Dr. Endell („Über Silikaquarzite“, Stahl und Eisen 1913, Nr. 43/45) wurden meine Ergebnisse („Über Quarzite und Silikasteine“, Stahl und Eisen 1913, Nr. 6) im eisenhüttenmännischen Laboratorium der Technischen Hochschule in Berlin nachgeprüft, als richtig befunden, durch die mikroskopische Prüfung der gebrannten Quarzite erweitert und durch Wachstumsgeschwindigkeitskurven von neuem bestätigt.

Prof. Grum-Grzimalo hat („Die Feuerfestigkeit der Dinassteine“, Stahl und Eisen 1911, Nr. 6) auf die beiden kristallinen Formen der Kieselsäure, den Quarz und den Tridymit, und die Entstehung des letzteren aus dem Quarz in lange dem Feuer ausgesetzten Quarzkalksteinen hingewiesen, und er war davon überzeugt, daß man aus jedem Quarz mit mehr als 94 bis 95% Kieselsäure gute Quarzkalksteine herstellen kann. Er befürwortet aber bereits die Verwendung des feinkörnigen Quarzites und hebt die richtige Tatsache hervor, daß dieser um so brauchbarer ist, je feiner die fremden Beimengungen von Biotit, Zirkon und Turmalin darin verteilt sind, weil diese als Mineralisatoren wirken und zahlreiche Umwandlungsmittelpunkte für den Übergang des Quarzes in Tridymit bilden.

Wir sind heute in der Lage, aus jedem beliebigen Quarz gute Quarzkalksteine herzustellen (Tonindustriezeitung 1919, Nr. 28, S. 189: Herstellung von Silikaziegeln in Frankreich), wenn man den Quarz zu einem unfehlbar feinen Pulver mahlt, ihm nötigenfalls eine gewisse Menge von als Mineralisatoren dienenden Zusätzen beifügt und die daraus hergestellten Quarzkalksteine genügend lange in genügend hohen Wärmegraden brennt. Eine so weitgehende Zerkleinerung verursacht aber einmal schon viel zu hohe Kosten, daneben würde der Verbrauch von Brennstoffen ein so außerordentlich hoher sein müssen, daß aus diesen beiden Gründen eine wirtschaftliche Herstellungsweise der Quarzkalksteine auf diesem Wege vollständig ausgeschlossen ist.

Auf den Inhalt des in Nr. 8 vom 24. 2. 21 von Stahl und Eisen erschienenen Aufsatzes einzugehen habe ich aus sachlichen, der Schriftleitung bekannt gegebenen, Gründen vermieden.

Unter den durch den letzten Krieg für uns veränderten Verhältnissen dürfen wir nur diejenigen Quarzite zur Herstellung der Quarzkalksteine

verwenden, welche bei einem möglichst geringen Verbrauch von Brennstoffen in der kürzesten Zeit das Höchstmaß ihres Wachsens erreichen.

Die uns in Deutschland in großen Mengen für die Herstellung der feuerfesten Baustoffe zur Verfügung stehenden Quarzite gehören ihrer Entstehung nach drei verschiedenen geologischen Ablagerungen an und sind die Felsquarzite, die Kohlsandsteine und die Findlingsquarzite.

Die Felsquarzite sind als marine Ablagerungen des Devons paläolithische Gesteine, die Kohlsandsteine sind Brackwasserablagerungen der Steinkohlenzeit, die Findlingsquarzite gehören als Süßwasserbildungen der Braunkohlenzeit dem Tertiär an.

Alle diese Quarzite haben einen hohen Gehalt an Kieselsäure, der bei den fälschlich als Geysirit bezeichneten, sehr reinen Taunusquarziten von Usingen und Niedernhausen bis auf 99,8% steigt. Dementsprechend haben sie auch einen hohen Schmelzpunkt, bis herauf zu dem des Segerkegel 36. Sie können sämtlich zur Herstellung der mit Ton gebundenen Quarztonsteine und Quarzschamottesteine benutzt werden, weil hier die Eigenschaft des Quarzes, im Feuer zu wachsen, durch die des Tones, im Feuer zu schwinden, ausgeglichen wird und so die Erzeugung im Feuer raumbeständiger Steine möglich ist. Die Quarzkalksteine dagegen werden mit dem geringen Zusatze von nicht über 2% Kalk hergestellt, durch den das Wachsen des Quarzites nicht beschränkt werden kann. Der Grad und die Dauer des Wachsens ist deshalb in erster Linie ausschlaggebend dafür, ob sich ein Quarzit zur Herstellung der Quarzkalksteine eignet.

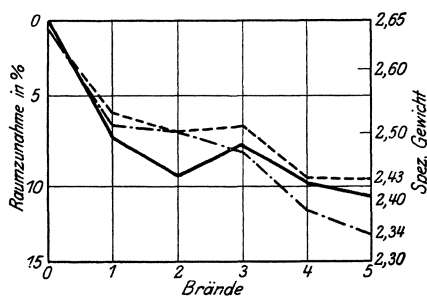
Die Untersuchung im polarisierten Lichte des Mikroskopes zeigt nun, daß die Felsquarzite ein rein kristallinisches Kleingefüge besitzen. Infolge einer sehr allmählichen Abscheidung der Kieselsäure aus dem Wasser des Urmeeres haben sich größere Quarzindividuen gebildet, die mit scharfen Rändern dicht aneinander liegen, oder zackig und gut verzahnt ineinander greifen. Durch ihre, in der Abbildung leider nicht sichtbare, Färbung und Form erkennbar heben sich zwischen die Quarzkristalle sehr fein verteilt eingesprengte Beimengungen von Muskovit, Zirkon, Rutil, Turmalin, von Eisenerzen wie Magnetit, Ilmenit, Leucoxen und Limonit, selten von Feldspat und Chlorit ab. Man bezeichnet die die Hauptmasse des Gesteines bildenden Quarzindividuen als die „autigenen“, die eingesprengten Beimengungen als „Einsprenglinge, akzessorische oder als allotigene“. Das Gestein ist durch starken Gebirgsdruck zu einer sehr festen Masse verfestigt. Durch diesen sind die einzelnen Quarzindividuen etwas gekrümmt, was man beim Drehen des Objektisches daran erkennt, daß die Farbe des Quarzindividuums nicht gleichmäßig in seiner ganzen Fläche auslöscht, sondern daß ein dunkler Schatten wellenartig darüber weghuscht, die „undulöse“ Auslöschung zeigend. P. J. Holmquist machte die Beobachtung (Endell, „Über

die Konstitution der Dinassteine“ (Stahl und Eisen 1912, Nr. 10), daß solche Quarzkörner, welche die undulöse Auslöschung zeigen, beim Brennen im Ofen in zahllose kleine Teilchen zerfallen. Endell führt dies auf den dynamischen Gebirgsdruck zurück, dem die Kristallstruktur der Quarzkörner bei geologischen Faltungsprozessen manchmal ausgesetzt gewesen ist, und hält solche Quarzite nicht für geeignet zur Herstellung der Quarzkalksteine, weil ihr Zerfallen in höheren Wärmegraden zu befürchten ist. Bild 1 auf Tafel I zeigt, leider nicht in Farben, das Bild eines Dünnschliffes im polarisierten Lichte des Mikroskopes, rd. 45 mal vergrößert. Wegen ihres Kleingefüges bezeichnet man diese Quarzite am richtigsten als „kristallinische“, denn als einen Felsquarzit kann man schließlich jedes größere, felsartig auftretende Quarzvorkommen ansprechen. Im Feuer zeigen diese Quarzite ein sehr verschiedenartiges, oft sprunghaft wechselndes Verhalten, und sie sind oft auch nach einer größeren Zahl von Bränden noch nicht raumbeständig geworden.

In den nachstehenden, den Endellschen Untersuchungen entnommenen drei Schaubildern ist auf der Ordinate links die Raumbzunahme in %, auf der Ordinate rechts das spezifische Gewicht, und auf der Abszisse die Zahl der Brände angegeben, welcher die verschiedenen Quarzitproben ausgesetzt gewesen sind.

Wie (nach Endell) das Schaubild 2 der drei kristallinischen Quarzite zeigt, hat nur erst einer derselben, und auch dieser erst im fünften Brande, die Abnahme des spezifischen Gewichtes von 2,65 auf 2,34 erreicht bei gleichzeitiger Zunahme des Raumes um rd. 14%.

Je größer die Quarzindividuen in den einzelnen Quarziten sind, um so stärker wirken in ihnen die durch die hohe Erwärmung entstehenden Spannungen, deren Auslösung durch das Auftreten der Risse und Sprünge in den einzelnen Quarzkörnern sichtbar wird (s. Bild 2 auf Tafel I). Bei der Verarbeitung solcher grobkristallinischen Quarzite erhält man stets mürbe und klapprige, meistens ganz unbrauchbare Quarzkalksteine. Auch die kristallinischen Quarzite, deren Kleingefüge Quarzindividuen von geringerer Größe zeigt, kann man nur zu Quarzkalksteinen der geringsten Sorte verarbeiten, besser nimmt man davon ganz Abstand und stellt Quarztonsteine aus ihnen her.



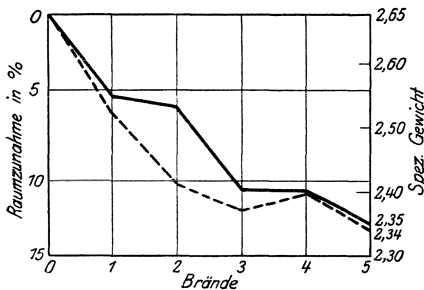
Kristallinische Quarzite

Schaubild 2 (nach Endell).



Die Quarzite von Usingen und Niedernhausen im Taunus, welche sich durch ihre besondere Reinheit und einen Kieselsäuregehalt von 99,25 bis 99,84% auszeichnen, werden unter dem Namen „Geysirit“ in den Handel gebracht. Geysirit oder Kieselsinter ist eine wasserhaltige amorphe Kieselsäure, den Opalen zugehörend, die von den heißen Geysirquellen von Island, Neuseeland und im Yellowstone Park in Nordamerika abgeschieden wird. Nach H. Schneiderhöhn, „Pseudomorphe Quarzgänge und Kappenquarze von Usingen und Niedernhausen“ (Neues Jahrbuch für Mineralogie 1912 II, 1–32), sind diese keine Geyserite, sondern kristallinische Quarze, welche nur ein eigenartiges Gefüge besitzen. Unter dem Polarisationsmikroskop betrachtet, zeigen sie genau dasselbe Kleingefüge wie die kristallinen Quarzite des rheinischen Devons.

Die Kohlendandsteine sind ebenfalls durch allmähliche Abscheidung der Kieselsäure, und zwar aus dem Brackwasser, entstanden. Bei der mikroskopischen Untersuchung sieht man, daß sie mehr aus nur mittelgroßen Quarzindividuen zusammengesetzt sind, welche teils mit ursprünglich scharfen Rändern aneinander liegen, meistens aber an den Rändern stark zersetzt und durch eine körnige Zwischenmasse voneinander getrennt sind. Eine amorphe Zwischenmasse, das sog. Basalzement, ist nicht vorhanden (s. Bild 3 auf Tafel II). Sie besitzen häufig eine dunklere Farbe und enthalten Kohle als allotigene Beimengung. Aus Kohlendandsteinen stellt man die Quarzkalksteine für die Schmelzöfen der Glasindustrie her, in welchen nicht so hohe Wärmegrade herrschen, wie in denen der Stahlwerke. In den ersteren werden auch aus kristallinischen Quarziten hergestellte Quarzkalksteine benutzt, weil diese besonders rein sind und beim allmählichen Abschmelzen des Ofengewölbes und Herabtropfen in die Glasmasse mit dieser eine sie nicht verunreinigende Schmelze bilden sollen. Ferner benutzt man die Kohlendandsteine zur Anfertigung der Quarzkalksteine für geringere



Kohlendandsteine

Schaubild 3 (nach Endell).

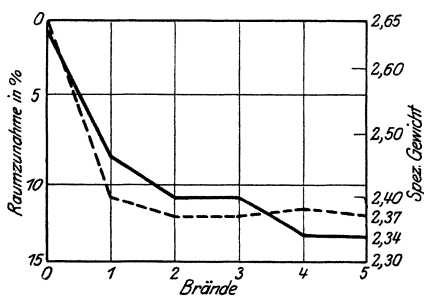
Anforderungen, wie der Kammerbesatzsteine in den Wärmespeichern der Martinöfen und in neuerer Zeit besonders der Koksofensteine. Für bestimmte Zwecke verarbeitet man auch Mischungen von Kohlendandsteinen mit den im folgenden beschriebenen amorphen Quarziten. Das Schaubild 3 (nach Endell) zeigt das Verhalten von zwei Kohlendandsteinen im Scharffeuer. Sie haben bereits

im zweiten bzw. dritten Brande das Höchstmaß ihrer Raumzunahme bzw. Verminderung ihres spezifischen Gewichtes erreicht, und erleiden bei den nachfolgenden Bränden nicht mehr für die Praxis nennenswerte Veränderungen. Ihre Eigenschaften sind deshalb für ihre Verwendbarkeit zur Herstellung von Quarzkalksteinen bedeutend günstiger als die der kristallinen Quarzite, indes besitzen sie noch nicht die Güte der amorphen.

Die Findlingsquarzite zeigen sich unter dem Mikroskop betrachtet als ein ganz andersartig zusammengesetztes Gestein, indem hier (wie Bild 5 auf Tafel II zeigt) kleine und sehr kleine Quarzindividuen mit abgerundeten Formen voneinander getrennt ziemlich gleichmäßig in einer amorphen kieseligen Grundmasse, dem Basalzement, eingelagert liegen. Man bezeichnet diese Quarzite, für welche eigentlich allein von den bisher beschriebenen der petrographische Name Quarzite der richtige ist, deshalb am richtigsten als klastische oder „amorphe“ Quarzite. Ihre Entstehung ist eine ganz andersartige als die der kristallinen und der Kohlsandsteine. Während diese auf primärer Lagerstätte liegend aus dem Wasser abgeschieden und durch Gebirgsdruck verfestigt wurden, entstanden die amorphen Quarzite aus auf sekundärer oder bereits tertiärer Lagerstätte liegenden Lagern äußerst feinkörniger, schüttiger Sande. Die Sande waren dadurch entstanden, daß ursprünglich kristallinische Quarzmassen auf ihrer ersten, primären Lagerstätte durch geologische Vorgänge zertrümmert und durch die Einwirkung des Wassers oder Windes nach ihrer sekundären bzw. tertiären Lagerstätte befördert wurden, auf welchem Wege die Zertrümmerung der Quarzteilechen so weit fortschritt, daß sie schließlich in außerordentlich kleine Körnchen verwandelt wurden. Die Sande wurden nun von Oberflächenwassern durchdrungen, welche Kieselsäure in Form von Gel (leim- oder gallertartig) enthielten und diese hier ablagerten. Das Kieselsäuregel umhüllte die einzelnen Quarzsandkörnchen, und bildete unter allmählicher Verringerung und schließlichem Verluste seines Wassergehaltes und gleichzeitigem Verhärten das Zement der so entstandenen, außerordentlich dichten, zähen und harten amorphen Quarzite, die nur in der Braunkohlenformation des Tertiärs gefunden werden. Sie heißen deshalb „Braunkohlenquarzite“, wegen ihrer Entstehung aus dem Süßwasser „Süßwasserquarzite“ und wegen ihrer eigenartigen Form, in welcher sie auch als kleinere Blöcke gefunden werden, „Knollensteine“. Die Quarzkörner der amorphen Quarzite sind meistens sehr klein, in einigen sogar außerordentlich klein. Gelegentlich findet man darin noch größere, aus einzelnen Elementarkörnern zusammengesetzte Quarzkörner mit kristallinischem Gefüge, was natürlich auf die primäre Lagerstätte des Kornes und seine spätere unvollkommene Zertrümmerung zurückzuführen ist. An solchen Körnern

kann man gelegentlich auch noch die undulöse Auslöschung beobachten, die den früheren Gebirgsdruck beweist, welchem die späteren tertiären Gesteine noch nicht unterworfen gewesen sind. Von allotigenen oder akzessorischen Beimengungen findet man Zirkon und Turmalin; Rutil ist nicht in ihnen beobachtet, und Muskovit, der in keinem kristallinen Quarzit fehlt und geradezu als Leitmineral derselben angesehen werden kann, kommt in den amorphen Quarziten niemals vor. Weil er sehr leicht ist, wurde er bei der Entstehung der feinen Sande durch Zertrümmerung ihres Muttergesteines und ihrer Beförderung von ihren primären nach den späteren Lagerstätten durch die Wasser ausgeschlämmt.

Wie das Schaubild 4 (nach Endell) zeigt, erreichen diese amorphen Quarzite bereits im ersten Scharffeuer das Höchstmaß ihrer Raumnahme bzw. der Verringerung ihres spezifischen Gewichtes und erleiden bei weiteren Bränden keine nennenswerten Veränderungen mehr. Sie besitzen denselben hohen Feuerfestigkeitsgrad wie die kristallinen Quarzite, haben aber vor diesen den Vorzug, daß sie in der kürzesten Zeit



Amorphe Quarzite

Schaubild 4 (nach Endell).

und mit dem niedrigsten Brennstoffaufwande bis zur Raumbeständigkeit gebrannt werden. Darauf beruht ihr hoher Wert für die Herstellung von Quarzkalksteinen. Zu bemerken ist noch, daß diese amorphen Quarzite durchaus nicht nur stets in kleineren Mengen als lose Findlinge gefunden werden, von welcher Art des Vorkommens sie einen ihrer Namen erhalten haben, sondern sie kommen an vielen

Stellen felsartig vor und werden hier in großen Brüchen gewonnen. Sie sind tertiäre Bildungen, werden aber infolge geologischer Veränderungen der Erdoberfläche an manchen Stellen in nächster Nähe der paläolithischen, viel älteren, kristallinen Quarzite gefunden. Die geologischen Formationsbezeichnungen nützen uns deshalb zur Unterscheidung der Quarzite für unsere Zwecke gar nichts. Wir finden kristalline Quarzite in den ältesten geologischen Formationen des Silurs, z. B. im Dubraugebirge bei Bautzen und des Devonies, z. B. die rheinischen Koblenz- und Taunusquarzite, ebenso aber auch in viel jüngeren Formationen, wie z. B. die kristallinen Quarzite von See bei Niesky im Miozän des Jungtertiärs. Sie kommen demnach in zeitlich außerordentlich weit auseinanderliegenden Formationen vor. Im Oligozän des Alttertiärs dagegen finden wir die amorphen Quarzite. Diese sind

zeitlich den kristallinen Quarziten des jungtertiären Miozäns sehr nahestehend, ebenso finden wir an manchen Stellen beide auch räumlich auf nahe benachbarten Lagern vorkommend. Ebensowenig nützen uns die petrographischen Unterscheidungen in Fels- und Findlingsquarzite. Wir finden die amorphen Quarzite ebenso wie die kristallinen in größeren felsartigen Lagern. In den Eiszeiten des der geologischen Neuzeit angehörenden Diluviums haben die Eismassen von den felsartigen Lagern amorpher Quarzite größere und kleinere Blöcke losgerissen, sie verschleppt und schließlich als „Findlinge“ oder „erratische Blöcke“\*) auf ihren jetzigen Fundstellen abgelagert. Für die Verwendbarkeit der Quarzite in der feuerfesten Industrie ist in erster Linie ihre aus der Mikrostruktur ersichtliche Entstehung maßgebend, und wir müssen sie deshalb ausschließlich als „kristallinische“ und „amorphe“ Quarzite unterscheiden, zwischen denen als ein Übergangs- oder Zwischenglied die „Kohlensandsteine“ stehen.

Den höchsten Anforderungen der metallurgischen Betriebe genügen nur die aus den amorphen Quarziten hergestellten Quarzkalksteine. Sie haben sich in den Köpfen, Wänden und Decken der Martinstahlöfen sowie für die Deckel der Elektrostahlöfen als der geeignetste Ofenbaustoff erwiesen.

Wir haben in unseren amorphen Quarziten einen Rohstoff, dessen Güte zum Zwecke der Herstellung von Quarzkalksteinen von keinem anderen Quarzit erreicht wird, und neben dem die englischen und anderen Kohlensandsteine nur als ein Rohstoff zweiter Güte bezeichnet werden können. Von besonderem Wert für unsere feuerfeste Industrie ist es, daß die amorphen Quarzite in Deutschland in großen Mengen, allerdings nur in bestimmten Gebieten, vorkommen, und daß ihre Lager noch für viele Jahrzehnte genügende Vorräte enthalten. In den übrigen europäischen Ländern sind sie bisher nur an wenigen Stellen und in geringeren Mengen gefunden, in den nordischen Ländern und in England kommen sie überhaupt nicht vor, auch in Amerika sind sie bisher nicht angetroffen. Wir besitzen in ihnen einen sehr wertvollen Rohstoff, sowohl zur Herstellung der besten Quarzkalksteine, wie auch zur Ausfuhr in unverarbeitetem Zustande.

Es ist deshalb grundfalsch, aus amorphen Quarziten hergestellte Quarzkalksteine nach englischem Vorbilde als „Dinassteine“ zu bezeichnen. Der Hüttenmann sollte endlich lernen, englische Dinassteine als ein Erzeugnis zweiter Güte zu betrachten. Das Wort Dinasstein hat für uns nur noch geschichtliche Bedeutung, und ist allmählich auch aus den Anzeigen der deutschen Fabriken feuerfester Erzeugnisse fast ganz verschwunden. Für unsere deutschen Erzeugnisse sollten wir grundsätzlich nur deutsche Bezeichnungen verwenden, aus denen die

\*) gelegentlich auch in Form von Sand.

Art derselben oder ihr Verwendungszweck ohne weiteres klar ersichtlich ist. Das Angebot feuerfester Erzeugnisse mit mystischen oder phantastischen Namen sollte man unbedingt ablehnen, auch um sich vor Enttäuschungen zu schützen. Ich habe deshalb auch das jetzt ziemlich allgemein gebrauchte Wort Silikasteine durch das rein deutsche „Quarzkalksteine“ ersetzt. Es ist auch sehr einfach, gute Bezeichnungen für die verschiedenen Sorten derselben festzulegen, denn man kann als die erste und beste Sorte die aus amorphen Quarziten, als die zweite oder mittlere Sorte die aus Kohlendsteinen, und als die dritte Sorte die aus den kristallinen Quarziten hergestellten Quarzkalksteine bezeichnen. Dadurch sind Irrtümer oder Verwechslungen für den Hersteller wie für den Verbraucher vollständig ausgeschlossen.

Die Bilder 2 und 4, 6 und 7 auf Tafel I bis III (2 ein aus kristallinischem Quarzit, 4 ein aus deutschem Kohlendstein, 6 ein aus amorphem Quarzit, 7 ein aus einer Mischung von kristallinen und amorphem Quarzit hergestellter Quarzkalkstein) zeigen, daß die Umwandlung des Quarzes in Tridymit nicht schon in der verhältnismäßig kurzen Zeit des einmaligen Brandes zur Herstellung der Quarzkalksteine erfolgt. Ein Vergleich dieser mit den Bildern 1, 3 und 5 der ungebrannten entsprechenden Rohquarzite zeigt, daß das ursprüngliche Aussehen der Quarzkörner nach dem ersten Brande fast unverändert geblieben ist. Man sieht nur, daß die Quarzindividuen durch das Brennen von zahlreichen Rissen und Sprüngen durchzogen sind, und das um so mehr, je größer die einzelnen Quarzkörnchen sind, am stärksten bei dem aus kristallinen Quarzit hergestellten Steine. Man kann deshalb auch deutlich erkennen, aus welchen Quarzitsorten die einzelnen Steine angefertigt sind. Besonders deutlich ist das in Bild 7 erkennbar, welches einen aus ungefähr gleichen Mengen von kristallinischem und amorphem Quarzit hergestellten Quarzkalkstein zeigt. Aus diesen Bildern geht hervor, daß uns in der mikroskopischen Untersuchung im polarisierten Lichte ein unfehlbares Mittel gegeben ist, um die Güte der gelieferten Quarzkalksteine zu jeder Zeit schnell und mit geringen Mitteln nachzuprüfen und festzustellen, ob man einen aus amorphem Quarzit hergestellten Stein erster Sorte, oder einen aus Kohlendsteinen angefertigten zweiten Sorte, oder nur einen aus kristallinem Quarz bestehenden dritten Sorte vor sich hat, oder ob die Steine aus Mischungen verschiedener Quarzitsorten, und aus welchen, angefertigt worden sind. Wer darunter zu leiden gehabt hat, daß ihm, besonders während des Krieges, nicht selten aber auch sonst noch, aus recht minderwertigen Quarziten hergestellte Quarzkalksteine als solche erster Güte geliefert wurden, dem wird es sehr erwünscht sein, diese zuverlässige Untersuchungsart kennen zu lernen.

Die Praxis lehrt und Bild 6 sowie Schaubild 4 zeigen, daß es nicht nötig ist, die Quarzkalksteine so lange zu brennen, bis in ihnen die Umwandlung des Quarzes in Tridymit erfolgt ist. Wie Endell a. a. O. („Über Silikaquarzite“) nachgewiesen hat, ist neben, oder in zweifelhaften Fällen, zur Ergänzung der mikroskopischen Untersuchung der Quarzite die Prüfung maßgebend, in welcher kürzesten Zeit der betreffende Quarzit in der Brenntemperatur des Porzellanfeuers, bei rd.  $1450^{\circ}\text{C}$ , das Höchstmaß seiner Raumzunahme bzw. der Verringerung seines spezifischen Gewichtes erreicht (vgl. auch Schaubild 2—4): die Untersuchung seiner „Wachstumsgeschwindigkeit“. Dies tritt bei den amorphen Quarziten bereits während des ersten Brandes ein, ebenso bei den daraus hergestellten Quarzkalksteinen in dem zu ihrer Anfertigung nötigen Brande. Die Umwandlung des Quarzes in Tridymit aber beginnt in einer für das scharf bewaffnete Auge erkennbaren Weise erst später, und erfolgt anscheinend erst sehr allmählich unter der lange und gleichmäßigen Wirkung der hohen Wärmegrade der Schmelzöfen und ohne weitere Störungen für die Verwendbarkeit der Steine im Ofenbetriebe. Die Prüfung der Wachstumsgeschwindigkeit ist in solchen Fällen vorzunehmen, wenn es sich um Quarzite handelt, die nach dem mikroskopischen Befunde Zwischenstufen bilden, und deshalb danach allein nicht mit Sicherheit als zu einer der erwähnten drei Arten gehörend angesprochen werden können.

Bild 8 auf Tafel III zeigt das Aussehen eines Quarzkalksteines, dessen Quarzit nach längerer Zeit im Ofenbetriebe vollständig in Tridymit umgewandelt ist. Die eigenartigen keilförmigen Tridymitkristalle sind deutlich zu erkennen. Die Umwandlung in Tridymit beginnt bereits bei  $900^{\circ}\text{C}$ ; bis  $1470^{\circ}\text{C}$  ist diese Form der Kieselsäure beständig, um in höheren Wärmegraden unter einer weiteren Raumvermehrung von rd. 6% in Cristobalit, eine dendritische, oktaedrische Abart, s. Bild 9, Tafel IV und schließlich in der Nähe des Schmelzpunktes der Kieselsäure, oberhalb  $1685^{\circ}\text{C}$ , in amorphes Glas überzugehen. Gelangt das Quarzglas durch längeres Erhitzen auf  $1200$  bis  $1400^{\circ}\text{C}$  zur Entglasung, so bildet sich wieder Cristobalit. Nach Endells Untersuchungen („Über die Konstitution der Dinassteine“, Stahl und Eisen 1912, Nr. 10) kann man an einem guten Quarzkalkstein, der während einer größeren Zahl von Chargen im Martinofen vermauert gewesen ist, drei Zonen unterscheiden, Tafel IV, Bild 10. Die der Ofenhitze zunächst liegende Zone ist flüssig geworden und nachher vollkommen zu Cristobalit erstarrt. Die zweite Zone besitzt das typische Gefüge eines aus Tridymit bestehenden Quarzkalksteines, der z. T. noch amorphen Quarzit enthält. Sie hat ihre Viskosität noch nicht verändert, und zeigt die zu charakteristischen Keilen verzwilligten Tridymitkristalle. Nach der folgenden dritten Zone hin nehmen die noch unveränderten Quarzitkörner zu, die randlich häufig von einem

Kranz von Tridymitkörnern begrenzt sind, wodurch ein sehr festes Gefüge des Steines gewährleistet wird. Die dritte Zone enthält noch viel unveränderten Quarzit und gleicht im übrigen ganz der Konstitution eines gebrannten verkaufsfertigen Quarzkalksteines.

Zur Untersuchung der Quarzite und Quarzkalksteine kann man jedes gute mineralogische Mikroskop mit Polarisations-einrichtung und Kippvorrichtung benutzen. Ich arbeite mit dem kippbar abgeänderten mineralogischen Statif II von E. Leitz in Wetzlar mit Polarisator von  $19^\circ$  Öffnung, und benutze Okular III und Objektiv 3. Die damit erhaltene 80malige Vergrößerung ist für diese Untersuchungen reichlich. Bei der photographischen Aufnahme wird das mikroskopische Bild auf der  $9 \times 9$ -cm-Platte mit einer rd. 45maligen Vergrößerung festgehalten. Für Österreich ist der Bezug mineralogischer Mikroskope und Zubehörtteile von den optischen Werken C. Reichert in Wien VIII/2, Benno-gasse 24 zu empfehlen. Diese Firma liefert auch eine einfache und zweckmäßige Vorrichtung zur Ausführung von mikrographischen Aufnahmen mit allen dazu nötigen Hilfsmitteln.

## 2. Der Kalk.

Zur Herstellung der Quarzkalksteine muß der Quarzit gemahlen und mit einem Bindemittel innig gemischt werden, worauf aus dieser Mischung Steine geformt werden können. Das Bindemittel muß einerseits genügende Bindekraft besitzen, andererseits darf es nur in sehr geringen Mengen verwendet werden, damit der Feuerfestigkeitsgrad der Quarzkalksteine durch seinen Zusatz nicht ungünstig beeinflußt bzw. herabgesetzt wird.

Von allen zu diesem Zweck versuchten Bindemitteln hat sich nur der Kalk bewährt, welcher zu Ätzkalk gebrannt, abgelöscht und dann in Form von Kalkmilch benutzt wird. Nach dem Formen und während des Trocknens der aus der Quarzkalkmischung hergestellten Steine verbindet sich der Ätzkalk unter Abgabe des Wassers mit der Luft, und verwandelt sich wieder in kohlen-sauren Kalk. Beim Brennen der Steine verliert der Kalk die aufgenommene Kohlensäure und vereinigt sich mit der Kieselsäure der Quarzkörnchen zu einem Silikat, dem kiesel-sauren Kalk,  $\text{CaSiO}_3$ , wodurch die Verkittung der Quarzitkörnchen zu einem festen Stein entsteht.

Zur Herstellung der Kalkmilch verwendet man nur einen sehr reinen und fetten Weißkalk, den man durch Brennen und Ablöschen von körnigem Kalkstein erhält, welcher einen hohen Gehalt an kohlen-saurem Kalk besitzt und möglichst frei von Magnesiumoxyd sein muß. Zum Garbrennen des Kalksteines ist eine Brennwärme von  $1000^\circ\text{C}$  nötig, weil erst in dieser die letzten Reste von Kohlensäure entweichen. Ein Brennen in höheren Wärmegraden ist nicht vorteilhaft, weil sich der

Kalk danach nur langsam oder gar nicht ablöscht, besonders wenn er Kieselsäure oder Tonerde enthält. Besteht der gebrannte Kalk aus möglichst reinem Kalziumoxyd (Ätzkalk), so bildet er, mit Wasser übergossen, unter bedeutender Wärmeentwicklung einen fetten Brei, welcher um so magerer ausfällt, je mehr der Kalk durch kohlen-saures Magnesium, Dolomit, verunreinigt ist. Ein Gehalt von 10% kohlen-saurem Magnesium soll den Kalk bereits unbrauchbar machen.

Frisch gebrannter Kalk verliert bei der Versendung und durch Lagern an der Luft an Wert, indem er Wasser und Kohlensäure aufnimmt und gleichzeitig zu einem feinen Pulver zerfällt. Allmählich gibt er dann das anfangs aufgenommene Wasser unter Austausch gegen Kohlensäure wieder ab, wodurch schließlich wieder neutraler kohlen-saurer Kalk entsteht.

Um diese Entwertung zu verhindern, empfiehlt es sich, den Kalkstein entweder selbst in kleineren Mengen zu brennen, wozu jede Fabrik feuerfester Erzeugnisse leicht in der Lage ist, oder von einem nicht zu entfernt gelegenen Kalkwerke möglichst frisch gebrannten Kalk in kleineren, nur für einige Tage ausreichenden Mengen zu beziehen. Im letzteren Falle ist es vielleicht vorteilhaft, den Kalk sofort trocken abzulöschen, d. h. ihn mit der gerade nötigen Wassermenge zu versetzen, welche genügt, um ihn in ein völlig trocken gelöschtes Kalkhydrat überzuführen.

Unter den günstigsten Bedingungen nimmt der gebrannte Kalk 44% Wasser auf, indes genügt diese Menge als Zusatz nicht, um ein vollständig trocken gelöschtes Hydrat zu erzeugen, weil die Wärmeentwicklung beim Ablöschen so groß ist, daß dadurch etwa  $\frac{2}{5}$  der zugesetzten Wassermenge verdampfen. Man braucht deshalb einen Zusatz von 60% Wasser um reinen Kalk vollständig in staubförmiges Hydrat überzuführen. Den so vorbereiteten Kalk kann man ohne Gefahr längere Zeit aufbewahren, besonders wenn man ihn in nasse Säcke füllt, wobei sich die Poren der letzteren vollständig verstopfen, keinen Staub durchlassen, und so den Kalk vor der Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft schützen.

Jedenfalls ist dieses Verfahren der Trockenlöschung besser, als wenn man den Kalk in Kästen oder Gruben mit einem größeren Wasserüberschuß ablöscht, und ihn dann so lange lagern läßt, bis das überschüssige Wasser verdunstet ist, da hierbei stets Gefahr ist, daß schwer lösliche Kalkteilchen im Inneren der Masse ungelöscht zurückbleiben und später den damit angefertigten Quarzkalkstein zersprengen, indem sie unter Raumvergrößerung Kohlensäure aufnehmen.

### 3. Die Zusätze.

Um die Wirksamkeit des Kalkes durch Bildung von leichter flüssigen Doppelverbindungen zu vermehren, hat man der Quarzkalkmischung geringe Mengen von gemahlenem Ton hinzugesetzt. Hierdurch wird



aber der Feuerfestigkeitsgrad des herzustellenden Quarzkalksteines leicht ungünstig beeinflusst. Wie wir gesehen haben, enthalten die Quarzite bereits in ihren mikroskopisch fein verteilten, akzessorischen, Beimengungen tonerdehaltige Bestandteile, und diese genügen, um als Mineralisatoren die Umwandlung des Quarzes in Tridymit zu befördern.

Dagegen hat ein unter dem Namen „Silikanit“ in den Handel gebrachtes Erzeugnis eine ausgedehnte Verwendung als Zusatz zu der Quarzkalkmischung gefunden. Das Silikanit ist ein Bindemittel, eine Lauge von syrupartiger Beschaffenheit, welche organische Klebstoffe enthält. Der Kalkmilch hinzugesetzt, erhöht es die Bindekraft derselben und verfestigt die Masse des frisch geformten, trocknenden Quarzkalksteines. Ohne den Zusatz von Silikanit sind die getrockneten Steine sehr empfindlich und mürbe, ihre Ecken und Kanten werden beim Absetzen aus den Trockengerüsten, bei der Beförderung nach den Öfen und hier beim Einsetzen sehr leicht stark beschädigt, wodurch ein nicht unbedeutender Teil der Steine unbrauchbar wird. Das Silikanit erhöht die Festigkeit der ungebrannten Steine so bedeutend, daß man sie, ohne ihnen zu schaden, sogar leicht mit dem Hammer anschlagen kann. Die Ecken und Kanten der Steine werden so fest, daß diese ohne Verluste gehandhabt werden können. Die Zusatzmenge des Silikanites zu der Rohstoffmischung ist nur eine geringe, deshalb wird die dafür aufgewendete Ausgabe durch die Vermeidung der Herstellungsverluste reichlich wieder aufgewogen.

## **B. Allgemeines über die Errichtung einer feuerfesten Steinfabrik.**

In den meisten Fällen werden die Quarzkalksteine, ebenso wie die Kohlenstoffsteine und andere feuerfeste Erzeugnisse, in denselben Fabriken hergestellt, welche sich mit der Herstellung der Schamottesteine beschäftigen, und die man kurz als „feuerfeste Steinfabriken“ bezeichnet. Dabei ist nur darauf zu achten, daß die Arbeitsräume, in denen die Quarzkalksteine hergestellt werden, streng von den anderen abge sondert sein müssen, damit jede Verunreinigung der Rohstoffe und ihrer Mischungen durch Ton und andere Rohstoffe oder die Abfälle der anderen Erzeugnisse auf das Sorgfältigste vermieden wird.

Wir wollen deshalb zuerst die allgemeinen Gesichtspunkte betrachten, welche bei der Errichtung einer feuerfesten Steinfabrik berücksichtigt werden müssen. Das Grundstück ist genügend groß zu wählen. Dasselbe muß reichlich Platz enthalten, auf dem für längere Zeit ausreichende Mengen der verschiedenen Rohstoffe gut voneinander getrennt, teils im Freien, teils unter Schuppen gelagert werden können. Der für die Fabrik, für die Brennöfen und Brennstoffe bestimmte Raum muß so groß sein, daß diese Anlagen zu jeder Zeit in sachgemäßer Weise durch

Anbauten vergrößert werden können. Neben ihnen sind an geeigneten Stellen die Gebäude für die technische und kaufmännische Verwaltung, für die Tischlerei, Schmiede, Schlosserei und mechanische Werkstatt sowie die hinzugehörenden Lager- und Vorratsräume, für Wasch- und Abortanlagen sowie für die Aufenthaltsräume der Meister und Arbeiter (Speiseräume) vorzusehen. Weitere Lagerplätze sind für die Fertigerzeugnisse erforderlich, welche hier unter Schuppen vor den Einflüssen der Witterung geschützt gelagert werden müssen. Schließlich muß auch genügend Platz zum Abfahren der nicht mehr verwendbaren Abfälle, der Schlacken und Aschen, vorhanden sein.

Das Grundstück muß durch ein Anschlußgeleise mit der Staatseisenbahn verbunden werden. Am vorteilhaftesten ist es, wenn das Anschlußgeleise an der einen Längsseite des Grundstückes entlang geführt und die Fabrikanlagen in der Reihe, wie sie gebraucht werden, dazu gleichlaufend angeordnet werden können. In dem Falle können die mit den Rohstoffen einlaufenden Eisenbahnwagen am einen Ende der Fabrikanlagen entladen, und gleich danach am anderen Ende mit den Fertigerzeugnissen wieder beladen werden. Von weiterem Vorteil ist es, wenn das Fabrikgrundstück etwas höher liegt als das Anschlußgeleise. Kann die Ladefläche der Eisenbahnwagen in dieselbe Höhe mit der Fabriksohle gebracht werden, dann vollzieht sich das Ein- und Ausladen der Wagen auf die leichteste, schnellste und billigste Art. Bei größeren Anlagen ist die Einschaltung einer Waggonwage an einer passenden Stelle des Anschlußgeleises sehr zu empfehlen, damit man die Gewichtsprüfung der einlaufenden Rohstoffe und der herausgehenden Erzeugnisse sofort selbst vornehmen kann.

Wenn möglich, errichtet man die Fabrik an einem fließenden Wasser, um stets die für den Betrieb erforderlichen bedeutenden Wassermengen zur Hand zu haben, im anderen Falle müssen genügend große Brunnenanlagen errichtet werden.

Kann man die Fabrik gleichzeitig in der nächsten Nähe eines schiffbaren Flusses anlegen, der mit Seehäfen in Verbindung steht, so ist ihre Lage besonders günstig.

Nicht unwichtig ist auch die Lage des Ortes, an welchem die Fabrik errichtet wird. Die wichtigsten Rohstoffe, die tertiären Quarzite und Tone liegen meistens in ländlichen Gegenden, weiter entfernt von den eigentlichen Industriebezirken. Wenn hier, wie es an einigen Stellen der Fall ist, auch noch Braunkohlen vorkommen, dann ist es nahelegend, ihre Verarbeitung hier vorzunehmen, weil in solchen Gegenden die Arbeitslöhne niedriger, besonders aber die Wohnungs- und Ernährungsverhältnisse für die Angestellten und Arbeiter günstiger sind als in den eng zusammengedrängten und dicht bevölkerten Industriegegenden. Ist man aber darauf angewiesen, die Brennstoffe aus weiterer

Entfernung zu beziehen, dann fallen die hierfür und die für den Versand der Erzeugnisse zu zahlenden höheren Frachten leicht derart ins Gewicht, daß es vorteilhafter sein wird, die Fabrik in der nächsten Nähe des Absatzgebietes zu errichten, nach welchem die natürlichen Rohstoffe zu niedrigeren Frachtsätzen befördert werden, besonders nachdem die Höhe der Arbeitslöhne durch die jetzt eingeführten allgemeinen Tarife mehr ausgeglichen ist.

Die Arbeitsmaschinen werden entweder von einer gemeinschaftlichen Dampfmaschinenanlage aus oder durch Elektromotoren angetrieben. Im ersteren Falle wählt man möglichst eine Heißdampfmaschine mit Kondensation, wobei man Gelegenheit hat, einen Teil des Dampfes in der kälteren Jahreszeit zu Heizzwecken zu benutzen. Im letzteren Falle ist es vorteilhafter, den elektrischen Strom nicht von einer öffentlichen oder einer Überlandzentrale zu beziehen, sondern ihn in einer eigenen Anlage zu erzeugen, und mit dieser eine Akkumulatorenanlage für die Beleuchtung außerhalb der eigentlichen Arbeitszeit und für den zu jeder Zeit bereiten Antrieb der Maschinen in der mechanischen Werkstatt zu verbinden, damit eilige Ausbesserungen hier auch in der Nachtschicht vorgenommen werden können. Die Anlagekosten einer derartigen eigenen Anlage sind allerdings hohe, dafür sind aber die Herstellungskosten des elektrischen Stromes bedeutend niedrigere, wodurch sich die Anlagekosten in absehbarer Zeit bezahlt machen, und man ist von allen etwaigen Störungen des fremden Betriebes unabhängig. Es ist vorteilhafter, die Arbeitsmaschinen nicht durch Einzelmotoren sondern möglichst gruppenweise antreiben zu lassen. Die wenigeren größeren Motoren sind in dem Falle in der Anschaffung und Unterhaltung billiger als zahlreichere Einzelmotoren. Ferner ist der Kraftverbrauch der Arbeitsmaschinen ein häufig und zuweilen sehr stark wechselnder. Die hierdurch entstehenden Belastungsschwankungen werden beim Gruppenantriebe mehr ausgeglichen und wirken weniger stark auf den Motor ein.

Sämtliche Teile der Arbeitsmaschinen sowie die eisernen Formen sind starker Abnutzung unterworfen. Deshalb ist die Anlage einer Ausbesserungswerkstatt unbedingt erforderlich. Sie muß so eingerichtet sein, daß darin sämtliche im regelmäßigen Betriebe vorkommenden Ausbesserungen und Erneuerungen in der kürzesten Zeit ausgeführt werden können. Dazu gehört eine Schmiede, Schlosserei und mechanische Werkstatt mit Drehbank, Bohr-, Hobel-, Stoß- und Schleifmaschinen. In der Tischlerei muß je eine Kreissäge, Bandsäge und Hobelmaschine vorhanden sein.

Die einzelnen Lagerplätze der Rohstoffe müssen mit den Ausladestellen und mit den Zerkleinerungsmaschinen durch Schmalspurgeleise für Kippwagen verbunden sein. Für die Beförderung der Formmasse zu den Formplätzen, der geformten Steine von den Trockenräumen nach den

Öfen, und der gebrannten Steine von den Öfen nach den Lagerschuppen oder der Verladestelle sind Hebewerke, Aufzüge und Niederlaßvorrichtungen sowie die erforderlichen Schmalspurgeleise für Handwagenbetrieb vorzusehen. Auch bedient man sich hierfür ununterbrochen arbeitender Beförderungsanlagen mit endloser Kette und Hängeschalen.

Die Arbeits- und Trockenräume müssen, soweit sie nicht durch die Abhitze der Öfen genügend erwärmt werden, für die kältere Jahreszeit mit Heizvorrichtungen ausgestattet sein.

### C. Die Anlagen und Einrichtungen zur Herstellung der Quarzkalksteine.

Es hat sich herausgestellt, daß die Korngröße der einzelnen Quarzteilchen nicht von der Wichtigkeit für die Güte der Quarzkalksteine ist, wie man auf einigen Werken annimmt, denn man findet in manchen als vorzüglich bekannten Steinen Quarzstücke bis zu Haselnußgröße, sondern daß man bei der Zerkleinerung darauf auszugehen hat, eine innige Mischung von groben, scharfkantig gesplitterten Bestandteilen, mittelgroßen Körnern und daneben einer richtigen Menge von feinem Quarzmehl zu erzeugen, welche drei Bestandteile innig miteinander und mit der Kalkmilch gemengt vollständig genügen, um einen gleichmäßig dichten und festen Stein herzustellen.

Man hat deshalb auf neueren Werken von dem Sortieren des gemahlten Quarzes durch Siebvorrichtungen Abstand genommen und die Einrichtung der Fabrik und der Maschinenanlage dadurch bedeutend vereinfacht.

Ebenso ist man meistens davon abgekommen, den Quarzit vor der weiteren Verarbeitung in einer Quarzwäsche zu waschen, und verlangt von den Lieferanten, daß er in genügend sauberen Stücken angeliefert wird. Wo der Quarzit aus größeren Lagern oder durch Tiefbau gefördert wird, ist dies ohne weiteres leicht möglich. An anderen Stellen stapelt man ihn in den Feldern auf, um ihn längere Zeit den Einflüssen der Witterung, besonders des Regens, auszusetzen, wodurch er von den anhaftenden erdigen Verunreinigungen befreit wird.

Eine Quarzwäsche besteht aus einer liegenden, sich um ihre Längsachse drehenden Trommel aus Kesselblech von ca. 2500 mm Länge und 1000 mm l. Weite, dessen Wände mit zahlreichen Löchern versehen sind. In der Mitte befindet sich ein Zahnkranz für den Antrieb und auf beiden Seiten desselben je ein Laufkranz aus Stahlguß, welche auf in kräftigen Bügeln gelagerten Rollen laufen. Ein- und Auswurf befinden sich an den Enden. Im Inneren der Trommel liegt ein Rost aus Rundeisen, welcher gegen die Drehungsebene schräg gestellt ist und die zu waschenden Steine langsam nach dem Auswurf hinführt. Das

Durchlaufen erfolgt in 8 Umdrehungen in 1,5 Minuten. Der Antrieb geschieht durch Vorgelege und Kegelhäder mit einem Kraftaufwand von 2 PS. Die Trommel liegt in einem kastenartig gemauerten, nach oben offenen Unterbau bis zu  $\frac{2}{5}$  im Wasser, durch seitliche Öffnungen im Unterbau wird der Schlamm abgezogen. Das Waschwasser tritt aus

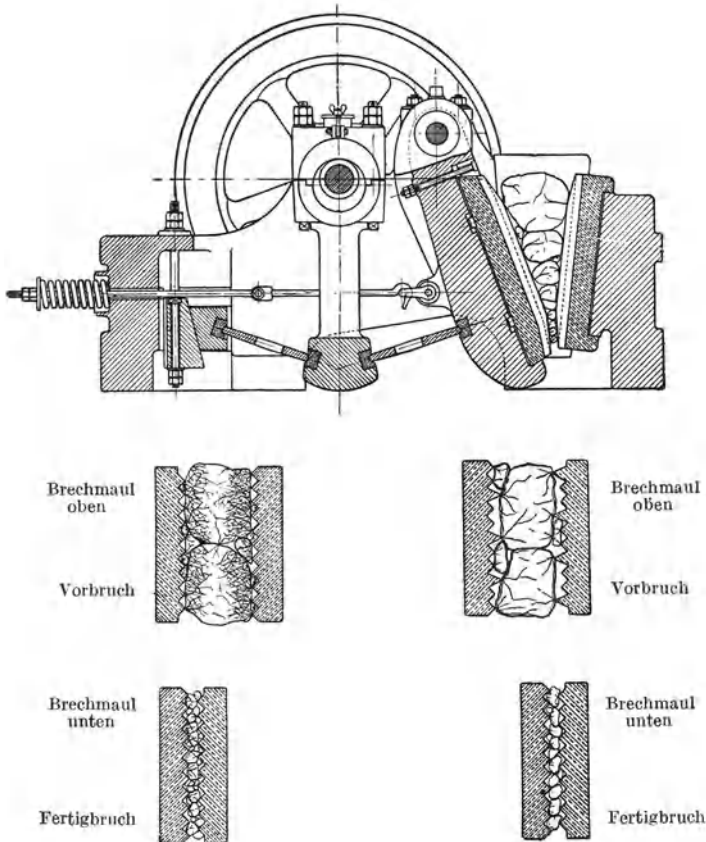


Abb. 5. Steinbrecher

Wirkungsweise der gewöhnlichen (links) und der Ideal Brechbacken (rechts).

einer Leitung von oben in den Kasten. Die Wäsche braucht eine Bodenfläche von  $3,5 \times 2,5$  m.

Die von der Natur oder in der Quarzwäsche von den anhaftenden erdigen Verunreinigungen befreiten Quarzitblöcke sind oft so groß, daß sie zuerst mit schweren Hämmern zerschlagen werden müssen. Zu ihrer weiteren Vorzerkleinerung dient der Steinbrecher. Die Einwurfsöffnung desselben beträgt gewöhnlich  $400 \times 250$  mm. In jedem Falle

müssen die Steinbrecher sehr kräftig gebaut sein. Die Rahmen werden aus Stahlguß oder aus zähem Gußeisen hergestellt; im letzteren Falle ist es zu empfehlen, sie durch warm aufgezugene kräftige Bänder aus Flachstahl zu verstärken. Die Brechbacken und Seitenteile bestehen aus Kokillenhartguß oder aus Hartstahl und sind auswechselbar, die Spaltweite kann während des Betriebes verstellt werden. Man bricht ein großes Stück um so leichter, je weiter die Unterstützungspunkte, auf welchen das Stück gebrochen wird, auseinandergelegt werden. Die gewöhnlichen Brechbacken besitzen eine von oben nach unten verlaufend gleichenge und gleichhohe Verzahnung, wobei nur dem Fertigbruch auf kleine Stücke, nicht aber dem Vorbrechen der großen Stücke Rechnung getragen wird. Derartige Backen zerdrücken und zermahlen die großen Stücke nicht viel anders als zwei glatte Platten, weil die zu niedrig und zu eng gestellte Zahnung wenig zur Wirkung kommt. Die Folge davon ist weniger stückiger Bruch, sondern mehr Grießbildung, ein unnötig hoher Kraftverbrauch und ein ebensolcher Verschleiß der Brechbacken. Unter der Bezeichnung „Ideal Brechbacken D. R. P.“ wird eine neue Form derselben hergestellt, welche das Zerkleinern in ein Vor- und Feinbrechen zerlegt. Sie werden zu diesem Zweck mit einer Anzahl in gleichmäßigem Abstand voneinander stehenden höheren und niedrigeren Zähnen versehen, von denen die ersteren zum Vor-, die letzteren zum Fertigbrechen dienen. Der Mitte eines Paares hoher Zähne der einen Brechbacke steht auf der anderen Backe ein gleichhoher Vorbrechzahn gegenüber. Würden diese hohen Vorbrechzähne nun in gleicher Höhe von oben nach unten verlaufen, so wäre ein gutes Vorbrechen erreicht, jedoch durch die ungleichmäßigen Lückenbildungen am unteren Ende der Backen ein ungleichmäßiges Fertigbrechen entstehen. Außerdem würden die bedeutend höheren Vorbrechzähne das Einstellen auf engere Spaltweiten nicht mehr gestatten. Deshalb laufen die Vorbrechzähne der Ideal-Brechbacken nach unten auf die Höhe und Teilung der Fertigbrechzähne aus. Erst durch diese Ausbildung wirken die höheren Zähne am oberen Ende der Backe vorbrechend, während sie den Fertigbruch und die Weite des Austrittspaltes des Brechmaules nicht ungünstig beeinflussen. Die Brechbacken können die ihnen aufgegebenen Stücke niemals an ihrer höchsten Stelle fassen, sondern erst, wenn diese in den keilförmig zueinander stehenden Teil gelangt sind. Deshalb verlaufen die Vorbrechzähne der Ideal-Brechbacken nach oben und unten gleichmäßig in die niedrigere Zahnung für den Fertigbruch, und die Backen können nach größerem Verschleiß am unteren Spalte des Brechmaules zum nochmaligen Gebrauch umgedreht werden. Die Abbildungen zeigen die Bruchwirkung der gewöhnlichen und der Idealbrechbacken, welche für jeden beliebigen Steinbrecher geliefert werden können.

Wenn man den Quarzit zuerst in einer Wäsche reinigt, ordnet man diese so an, daß der Quarzit von dem Auslaufe der Wäsche durch eine Schurre gleichmäßig der Einwurfsöffnung des Steinbrechers zugeführt wird. In jedem Falle läßt man den gebrochenen Quarzit in vor dem Brecher stehende, auf niedrigen Rädern laufende Kastenwagen fallen, durch welche er in gleichmäßigen, abgemessenen Mengen dem Koller zugeführt wird.

Die weitere Zerkleinerung des Quarzites auf die zur Herstellung der Quarzkalksteine erforderliche Korngröße, sowie die Mischung des Mahlgutes mit der Kalkmilch wird mit dem Koller vorgenommen. Zur Erzielung der richtigen Zerkleinerung und Mischung sind nur schwere Koller mit einem Läufergewicht von nicht unter je 5 t brauchbar, welche in 8 Stunden 10 t fertige Mischung erzeugen können. Je kleiner die Stückgröße ist, auf welche man den Quarzit mit dem Steinbrecher vorbricht, um so mehr erleichtert man die Arbeit des Kollers unter Vergrößerung seiner Leistung. Auch kann dadurch das Gewicht der Läufer verringert werden.

Die Koller werden in zwei verschiedenen Ausführungen gebaut, mit dem Antrieb entweder von oben oder von unten. Als die vorteilhaftere Ausführung wird im allgemeinen die letztere angesehen, bei welcher sich der Antrieb im Unterbau unter der Schüssel befindet, und nur diese bewegt wird. Diese Koller erfordern einen geringeren Kraftverbrauch, weil die schweren Läufer nicht unmittelbar bewegt werden; ihre sämtlichen Teile sind leichter zugänglich, und bei dem etwaigen Bruch eines Zahnrades sind keine Gefahren für die daran beschäftigten Arbeiter durch herabfallende Eisenstücke zu befürchten. Bei der richtigsten Ausführung sind die beiden Seitenständer auf einer gemeinsamen gußeisernen Grundplatte gelagert und fest mit ihr verbunden, in welcher auch das Halslager für die Königswelle befestigt ist. Wenn man die Seitenständer nur auf Mauerwerk setzt und oben durch Querstangen miteinander verbindet, erhält das obere Lager starke Erschütterungen, die sich durch die Querstangen auf die Seitenständer übertragen, von hier aus wieder Erschütterungen in dem Grundmauerwerk verursachen und dieses allmählich lockern können. Auch der Verschleiß der Halslager und Spurlager der Königswelle wird durch den Aufbau der Seitenständer auf der gemeinsamen gußeisernen Grundplatte günstig beeinflußt. Das Spurlager der Königswelle wird dreiteilig ausgeführt, wodurch eine schnellere Auswechslung der Spurzapfen und -pfannen ohne größere Arbeiten möglich ist. Die Königswelle und die Läuferachse bestehen aus Siemens-Martinstahl. Die Lager der Läuferwelle sind beweglich angeordnet, so daß sich die Welle heben kann, wenn größere Quarzstücke von dem Läufer erfaßt werden. Die Läufer sind mit Büchsen so auf ihrer Welle befestigt, daß sie sich stets auf derselben

Stelle bewegen und sich leicht um die Welle drehen können. Sie ruhen auf den Läuferplatten und werden durch die Drehung der Schüssel bewegt. Die Läuferringe bestehen aus zähem Stahlguß; sie sind auswechselbar und werden mit Keilen aus Buchenholz auf den Läuferkörper festgekeilt. Die Läuferbahn liegt auf der Schüssel und besteht aus einzelnen, ebenfalls auswechselbaren Stahlgußsegmenten, welche wieder mit Buchenholz gegeneinander verkeilt werden. Um den Verschleiß der einzelnen Lager zu vermindern, sind sie mit Pfannen aus Stahl und Phosphorbronze sowie mit seitlichen Schmiervorrichtungen versehen. Das Mischen des Quarzites mit der Kalkmilch wird durch ein kräftig gebautes Scharrwerk unterstützt, dessen Flügel so gestellt sind, daß die Mischung immer wieder unter die Läufer geführt wird. An einer Seite des 200 mm hohen Schüsselrandes befindet sich eine durch einen Schieber verschließbare Öffnung, durch welche die fertige Mischung aus der Schüssel in auf niedrigen Rädern davorstehende Kastenwagen ausgestrichen wird. Zu diesem Zweck befindet sich an der Königswelle eine Ausstreichvorrichtung, die gehoben und gesenkt werden kann, und im letzteren Falle die fertige Quarzkalkmischung aus der Schüssel entfernt. Die Mischung kann auch durch ein Förderband weiterbefördert werden\*).

Die Rohstoffe haben die Neigung, beim Mahlen und Mischen an dem Halslager der Königswelle in die Höhe zu klettern, wobei leicht feine Quarzteilchen in das Lager gelangen und es schnell zerstören. Man schützt diese Teile deshalb durch eine leicht zu erneuernde Umkleidung aus starkem Stahlblech. Ebenso muß der innere Schüsselrand

---

\*) Die Worte „mit dem Antriebe entweder von oben oder von unten“ sind so zu verstehen, daß im ersteren Falle die im oberen Teile des Kollers befindlichen Läufer durch den auf der senkrecht stehenden Königswelle befindlichen Zahnradantrieb auf der festliegenden Mahlbahn herumbewegt werden. Im letzteren Falle sind die Läufer auf einer Stelle feststehend angeordnet und drehen sich nur um ihre wagerecht liegende Welle, während die Schüssel mit der Mahlbahn durch den an der Königswelle befindlichen Zahnradantrieb gedreht wird, der in den meisten Fällen in das unter der Schüssel befindliche Zahnrad eingreift. Das Getriebe zur Bewegung der Schüssel kann über oder unter dem Koller angeordnet werden, während die Läufer meistens von oben angetrieben werden. Die Läufer ordnet man nicht in der Mitte ihrer Welle an, sondern man versetzt sie so gegeneinander, daß der eine dicht an der Königswelle, der andere am Schüsselrande arbeitet. Dadurch wird die Mahlbahn bedeutend verbreitert und die Arbeitsleistung des Kollers entsprechend vergrößert. Die wagerecht liegende Welle, auf welcher sich die Läufer drehen, wird am besten nicht in einem Stücke grade durchgeführt, sondern in zwei Teile geteilt, welche gekröpft sind und jeder für sich gelagert werden. Jeder Läufer bewegt sich dann unabhängig von dem andern auf einer kurbelartigen Welle, welche ihm beim Vorkommen größerer Stücke eine gleichmäßig ausweichende Hebung gestattet. Dadurch wird die sonst häufig auftretende ungleichmäßige, schiefe Abnutzung der Läuferringe verhindert.



durch einen Blechmantel gegen die starke Abnutzung geschützt werden.

Zu beachten ist, daß die Koller beim Anlassen und wenn sie aus irgendeinem Grunde während der Dauer eines Arbeitsganges ausgerückt waren, einen besonders hohen Kraftbedarf haben, der leicht 100% mehr beträgt als während der gewöhnlichen Arbeit.

Dr. Lange empfiehlt (a. a. O.) den Quarzit zuerst für sich allein zu mahlen, das Mahlgut durch Siebvorrichtungen nach der Korngröße zu sortieren, und dann erst bestimmte Mengen von verschiedener Korngröße miteinander und mit der Kalkmilch zu mischen. Zu dieser Arbeitsweise sind Becherwerke zum Befördern des Mahlgutes vom Koller zu den Siebanlagen, sowie Siebvorrichtungen mit verschiedenen Maschenweiten und Lagerkästen für die verschiedenen Korngrößen erforderlich. Nach meinen Erfahrungen genügt es aber, zur Erzeugung einer handgerechten Formmasse das Mahlen und Mischen in einem Arbeitsgange mit einem schweren Mischkoller vorzunehmen, wobei man sich zu jeder Zeit durch Handproben davon überzeugen kann, ob und wann die Masse in Körnung und Mischung zur Weiterverarbeitung genügend vorbereitet ist. Vor einigen Jahren, und wahrscheinlich durch den während des Krieges eingetretenen einerseits großen Verbrauch von Quarzkalksteinen, andererseits großen Mangel an Arbeitskräften veranlaßt, sind Neuanlagen vorgeschlagen, welche eine möglichst selbsttätige Herstellung der Quarzkalkmischung bezwecken. Eine solche Anlage ist in folgender Weise gedacht. Der Quarzit wird durch den Steinbrecher vorgebrochen und von hier durch ein Becherwerk dem Walzwerk zugeführt, welches ihn mahlt. Das Mahlgut wird durch ein Becherwerk nach einer im oberen Stockwerke befindlichen Siebtrommel gehoben. Das zu Grobe fällt von hier durch eine Schurre nach dem Walzwerke zurück, das Abgesiebte fällt in eine wagerecht liegende Schwingfördererinne und wird durch diese in über den Mischkollern angebrachte Sammelbehälter geleitet, aus denen jedesmal durch Füllkästen genau abgemessene Mengen in den Koller abgezogen werden können. Neben jedem Koller befindet sich ein Meßgefäß zur Aufnahme und Abgabe bestimmter Mengen der Kalkmilch. Die fertige Quarzkalkmischung wird aus der Kollerschüssel in Sammelkästen abgestrichen, von denen aus sie mit darunterstehenden Kippwagen zur Formerei befördert wird. Die Zahl der hierzu nötigen Arbeitskräfte ist natürlich eine geringe, und auf den ersten Blick hat eine solche Anlage etwas sehr Bestechendes. Wenn man aber berücksichtigt, daß die harten und scharfkantigen Quarzitkörner eine sehr hohe Abnutzung aller Eisenteile hervorrufen, mit denen sie in Berührung kommen, dann wird man sich sagen dürfen, daß hier schon nach kurzer Zeit des Betriebes die Ausbesserungen und Erneuerungen und die damit verbundenen Betriebsstörungen endlose

sein müssen. Die dafür erforderlichen Werkstatteinrichtungen, Ersatzteile und Arbeitslöhne werden derart hohe Ausgaben verursachen, daß diese in keinem Verhältnis zu denen der im Betriebe gesparten Arbeitslöhne stehen werden. Dazu kommt, daß schon die Kosten für die Anschaffung und die gewöhnliche Unterhaltung einer solchen Anlage viel höhere sind, als die der einfacheren vorstehend beschriebenen. Die Lieferung derartiger Einrichtungen wird sicher von den Maschinenfabriken sehr freudig begrüßt und warm empfohlen werden; ob ihre Besitzer aber eine dauernde Freude daran haben werden, erscheint mir sehr zweifelhaft, und ich möchte ihre Anschaffung nicht empfehlen. Wer nicht selbst genügende Erfahrungen in der Herstellung der verschiedenen feuerfesten Baustoffe besitzt, sollte sich für die Errichtung neuer Anlagen niemals einseitig von Maschinenfabriken beraten lassen. Diese kennen wohl zahlreiche Anlagen, es fehlen ihnen aber die wirklichen Betriebserfahrungen, welche sich der Fachmann erst im Laufe längerer Jahre und in mehreren unter verschiedenartigen Verhältnissen arbeitenden Betrieben erwerben kann; es ist ganz selbstverständlich, daß ihre Vorschläge mehr schematische sein müssen, und daß sie dabei in weitgehender Weise auch ihre eigenen Belange im Auge haben werden. Auf die so entstehenden Fehler habe ich bereits im Jahre 1909 auf den Seiten 498, 692 und 915 der Tonindustriezeitung (Neuanlage einer Fabrik feuerfester Steine) hingewiesen, und der Verfasser der damaligen Pläne hat mir später gelegentlich in freimütiger Weise zugegeben, daß meine Beanstandung berechtigt gewesen ist. In solchen Fällen sollte der Bauherr die verhältnismäßig geringen Kosten nicht scheuen, einen wirklich bewährten und erfahrenen Fachmann hinzuzuziehen, der ihm unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse, der Eigenschaften der zu verarbeitenden Rohstoffe und der zur Verfügung stehenden Geldmittel den Bau einer sachgemäß eingerichteten und wirtschaftlich arbeitenden Anlage vorschlagen wird\*).

Die aus dem Koller kommende fertige Quarzkalkmischung wird durch Handstrich oder durch Maschinenarbeit zu Steinen der verschiedensten Formen und Größen verformt.

Steine von besonderer Größe oder von häufig wechselnder Form werden nur durch Handstrich hergestellt. Für alle anderen Sorten in den gewöhnlichen und am meisten gebrauchten Abmessungen ist man überall zum Pressen der Steine durch Maschinen übergegangen. Früher benutzte man dazu kleinere Handpressen in verschiedenen Ausführungen, die mit Hebeldruck arbeiteten und gleichzeitig 2 bis 6 Steine fertigstellten. Die Steine wurden hierbei hochkant geformt und nur

\*) Oft wird der Sachverständige erst wie der Spezialarzt gerufen, wenn es für den Patienten zu spät ist, oder die Mittel für eine Operation nicht mehr vorhanden sind.

etwa um 15 mm zusammengepreßt. Die Leistung dieser kleinen Pressen war im Verhältnis zu der dabei erforderlichen Arbeiterzahl eine nur geringe, auch wurden die so hergestellten Steine zu wenig dicht und fest. Wie Dr. Lange (a. a. O.) erwähnt, hat sich an ihrer Stelle eine hydraulische Presse mit drehendem Tisch gut bewährt. Um gleichmäßig dicke Steine zu erhalten, wird die Masse hier für jeden Stein abgewogen. Sie wird dann unter einem Druck von 30 at zusammengepreßt, die Presse liefert in 8 Stunden 3200 Steine von normalen oder ähnlichen Formen in vorzüglicher gleichmäßiger Güte, und die Her-

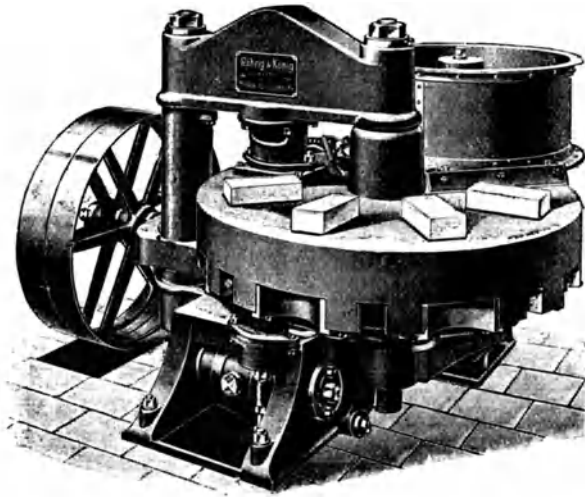


Abb. 6. Drehtischpresse  
zur Herstellung von Quarzkalk- und Magnesitsteinen.

stellung ist von den Handhabungen der Former unabhängig. Diese Anlage hat den Nachteil hoher Anschaffungs- und Unterhaltskosten, weil neben der eigentlichen Presse die hydraulische Druckvorrichtung mit dem Akkumulator nötig ist. Eine andere neuere Presse stampft die einzelnen Steine hochkantig mit je 6 bis 8 Schlägen in eine Form und liefert in 8 Stunden 800 Steine von guter Beschaffenheit. Wenn auch die so hergestellten Steine in gleicher Güte durch Handstrich oder die früheren Kniehebelpressen nicht erzeugt werden können, so ist die von dieser Presse täglich gelieferte Menge doch für unsere heutigen Anforderungen eine viel zu geringe. Wie die feuerfeste Industrie in ihren Arbeitsweisen manches von der gewöhnlichen, sonst geringer geachteten, Grobkeramik hat lernen müssen, ist ihr in diesem Falle eine wertvolle Hilfe von der Kalksandsteinindustrie gekommen. Es war naheliegend, die hier seit vielen Jahren gemachten Erfahrungen

auch für die Herstellung der feuerfesten Baustoffe nutzbar zu machen. Auf dieser Grundlage ist eine Drehtischpresse (s. Abb. 6) entstanden, welche in kurzer Zeit alle anderen Formmaschinen verdrängt hat. Bei leichter Bedienungsweise finden hier mehrere Arbeitsvorgänge gleichzeitig nebeneinander statt, der Preßvorgang ist ein genügend langsamer und die Leistung eine sehr hohe, indem die Presse je nach ihrer Größe bis zu 1400 bzw. 2400 Steine in der Stunde herstellen kann. Um eine feststehende Achse dreht sich mit kurzen Unterbrechungen ein runder Tisch, aus einer 8teiligen Panzerplatte gebildet. Während der Ruhestellung geschieht das Füllen der Formen, die Pressung der Steine sowie das Ausheben und Abnehmen der Preßlinge an den verschiedenen Stellen des Tisches. Jeder der 8 Teile enthält eine einfache bzw. eine Doppelform. Die Formen sind mit gehärteten Stahlplatten ausgekleidet, welche 4mal gewendet werden können, bevor sie erneuert bzw. nachgearbeitet werden müssen. Die Bewegung der Preßstempel wird so geführt, daß sie sich weder klemmen noch hängenbleiben können, dadurch ist das Auftreten von exzentrischen Seitendruckern sowohl beim Pressen wie beim Ausstoßen des Preßlings vermieden. Durch das vollständige Fehlen von Gleitbahnen wird eine bedeutende Kraftersparnis und ein geringer Verschleiß der Stempelkopflplatten erzielt. Zur Reinigung können die Stempel leicht ausgehoben und wieder eingesetzt werden. Die Füllung der Form erfolgt aus einer genügend großen Verteilungspfanne, in welcher sich zur gleichmäßigen Zuführung der Formmasse ein Rührwerk dreht.

Das Rührwerk und die Preßvorrichtung besitzen einen gemeinschaftlichen Antrieb, wodurch eine Störung in dem gleichmäßigen Zusammenarbeiten beider Teile ausgeschlossen ist. Der Antrieb ist gegen die Verunreinigung durch Abfälle von der Formmasse geschützt. Die Lager sind selbstschmierende und so angeordnet, daß sie ebenfalls vor Verunreinigungen bewahrt bleiben. Die absatzweise Drehung des Tisches erfolgt stoßfrei durch ein einfaches Kurbelwerk, bei welchem Gelenke, Kugelköpfe, Gleitschienen und Scharniere, welche häufiger ausgewechselt werden müssen, vermieden sind. Die Verteilungspfanne mit dem Rührwerk, die stehende Welle und der Antrieb für die Bewegung des Formtisches werden von einem starken Bock getragen, der mit dem Grundrahmen fest verschraubt, sowie gegen den Preßholm durch einen Ausleger abgesteift ist. Die Pressung erfolgt von unten durch ein einfaches Hebelwerk, welches den in der Form hängenden Stempel anhebt. Die Abnutzung aller arbeitenden Teile ist eine sehr geringe und kann durch Nacharbeiten und späteres Auswechseln derselben leicht ausgeglichen werden. Bei einer zufälligen Überlastung der Maschine wirkt der ganze Druck auf eine unter dem Preßholm angebrachte Scherplatte und durchstanz sie, wodurch ein sonst unvermeidlicher größerer Bruch vermieden wird. Die Antriebsriemenscheiben sind mit einer Sicherheits-

kupplung verbunden, welche die Bewegung der Presse sofort selbsttätig anhält, wenn ein Fremdkörper in das Triebwerk gelangt. Der von der Presse auszuübende Druck und damit gleichzeitig der Stärke des auf seiner Hauptfläche liegend gepreßten Steines wird für alle Formen gleichmäßig durch nur einen Bolzen eingestellt. Nach Beendigung des Preßvorganges wird der Preßling von der Hauptwelle aus durch einen besonderen Ausstoßkolben auf die Höhe der Tischplatte gehoben. Er bleibt hier während der Dauer von 4 weiteren Pressungen liegen und wird dann leicht und in vollkommen gefahrloser Weise abgehoben. Wird dies einmal übersehen, so schiebt ihn ein Abstreicher während der weiteren Drehung des Tisches herunter. Die Presse wird sehr kräftig gebaut und auf eine 4fache Sicherheit gegenüber dem größten auftretenden Preßdruck berechnet, ihre Einrichtung und Arbeitsweise ist eine sehr einfache. Zur Herstellung von Steinen in einfachen Maßen, deren Form von der des Normalformates abweicht, kann sie mit entsprechenden Formkästen und Preßstempeln ausgerüstet werden.

Zur Beförderung der gepreßten Steine nach der Trockenanlage bedient man sich heute in vorteilhafter Weise einer wieder der gewöhnlichen Grobkeramik entnommenen Einrichtung, nämlich des Drehgestelles und der Ziegelwagen mit selbsttätiger Ablegevorrichtung.

Das Drehgestell hat seinen Platz dicht an der Presse in der Nähe der Stelle, wo die fertiggepreßten Steine von dem Preßtische abgenommen werden. Es besteht aus einer senkrecht angeordneten Welle, welche sich unten in einem Spurlager, oben in einem Halslager dreht. Die Welle ist auf 2 einander entgegengesetzten Seiten mit je 2 Tragarmen in 6 Reihen übereinander ausgestattet, auf denen die je 10 Steine fassenden Unterlagsplatten für die abzusetzenden Steine lose zu liegen kommen. Jede Seite des so gebildeten Gerüsts kann demnach 60 Steine in Normalformat aufnehmen. Ist die eine Seite des Drehgestelles gefüllt, so wird es um 180° gedreht, wodurch die leere Seite der Presse zugewendet wird, um ebenfalls belegt zu werden, während welcher Zeit die Steine der anderen Seite durch den Ziegelwagen mit selbsttätiger Ablegevorrichtung abgefahren werden. Das Drehgestell ermöglicht also ein ununterbrochenes Ablegen und Abfahren der frisch gepreßten Steine, ohne daß die damit beschäftigten Arbeiter aufeinander warten brauchen. Die Tragarme können auch so angeordnet werden, daß der Absetzer die Steine immer nur in Handhöhe ablegen braucht. Sie werden dann mit einer Federung versehen, welche dem Gewichte der aufgelegten Steine bis zur Füllung einer Seite nachgibt, und sich selbsttätig auslöst, wenn durch die ebenfalls selbsttätig erfolgende Drehung des Gestelles die fertig beladene Seite dem Abfahrer zugekehrt wird.

Von dem Drehgestell werden die Steine durch den Ziegelwagen D. R. P. Nr. 79301 mit selbsttätiger Ablegevorrichtung ab-

genommen, in die Trockengerüste gefahren und hier abgelegt. Derselbe besteht aus einem auf niedrigen Rädern laufenden Gestell, welches 6 den Tragarmen des Drehgestelles entsprechende, aber durch eine Hebelvorrichtung auf und ab bewegliche Armpaare trägt. Um die Steine aus dem Drehgestell abzunehmen, bringt der Arbeiter die Arme des Wagens in ihre niedrigste Lage und fährt den Wagen so in die besetzte Seite des Drehgestelles hinein, daß seine Arme unter die darin liegenden Absatzbretter oder -bleche zu stehen kommen. Durch eine Bewegung des Hebels werden die Absatzbretter von den Armen des Wagens von dem Drehgestell abgehoben. Der Arbeiter fährt den Wagen in die Trockengerüste, deren Auflagen denen des Drehgestelles genau entsprechen, und legt sie hier durch eine umgekehrte Bewegung des Hebels ab. Das Drehgestell ist mit den einzelnen Trockengerüsten durch Schmalspurgleise und Drehscheiben verbunden, ebenso sind es die Trockengerüste mit den Brennöfen bzw. Ofenkammern. Das Abfahren der getrockneten Steine aus den Trockengerüsten bis in die Öfen vollzieht sich genau in derselben Art. Durch diese Beförderungsweise wird eine bedeutende Ersparnis an Arbeitskräften und -löhnen erzielt, die Wagen laufen leicht und ohne Stöße, und die Steine werden von dem Augenblick ab, wo sie in das Drehgestell abgelegt sind, bis zum Einsetzen in die Ofenkammer von keiner Hand berührt, wodurch die nicht unbedeutenden sonst bei ihrer Beförderung entstehenden Betriebsverluste vollständig vermieden werden.

Das Trocknen der frisch gepreßten oder handgeformten Quarzkalksteine geschieht auf einer Trockendarre, auf welcher die Steine oft noch in einfacher Lage abgelegt und etwa 24 Stunden lang scharf getrocknet werden. Dieselbe besteht aus einer Reihe von gemauerten, nebeneinander herlaufenden Kanälen, die in der Höhe des Fußbodens mit gußeisernen Platten abgedeckt sind. Am einen Ende eines jeden Kanales befindet sich eine einfache Rostfeuerung, das andere geht in den gemeinschaftlichen Kaminkanal über. Der Durchgang der Heizgase kann am Ende der Kanäle durch einen Schieber geregelt werden. Befinden sich in der nächsten Nähe der Trockendarre Öfen, in denen Schamottesteine gebrannt werden, welche eine schnellere Abkühlung vertragen als die dagegen sehr empfindlichen Quarzkalksteine, dann kann man die Abgase dieser Öfen durch die Trockendarre zum Kamin ableiten und dadurch den Brennstoff für die unmittelbare Befuerung derselben sparen. Man ist vielfach noch der Ansicht, daß die Quarzkalksteine so schnell und scharf wie möglich getrocknet und dann ebenfalls schnell gebrannt werden müssen. Nach Dr. Lange (a. a. O.) ist beides nicht erforderlich, und man trocknet die Steine besser und wirtschaftlicher in einem großen geschlossenen Trockenraum auf eisernen Gerüsten. Auf diese Weise kann man sie in mäßigen Wärmegraden

langsam austrocknen und ohne Schaden 14 Tage lang, unter Umständen noch länger, aufbewahren, bis sie nach Bedarf zu den Brennöfen abgefahren werden. Ich habe bereits 1905 in der „Fabrikation der feuerfesten Steine“ darauf hingewiesen, daß die bisherige Ausnutzung der Trockendarre, bei der sie mit nur einer Lage Steine bedeckt wurde, welche täglich abgesetzt werden mußten, zwar vielfach angewendet aber nicht wirtschaftlich war, und daß man die strahlende Wärme der Darre vorteilhafter ausnutzt, indem man die Steine nicht ausschließlich darauf, sondern auch in darüber stehenden eisernen Trockengerüsten ablegt. Ich halte es für richtig, die Trockendarre für die kältere Jahreszeit und zum Trocknen größerer Formsteine, welche in den Gerüsten nicht untergebracht werden können, beizubehalten, ihren größeren Teil aber mit so gebauten eisernen Gerüsten auszustatten, wie sie für den Gebrauch des Drehgestelles und der Wagen mit selbsttätiger Ablegevorrichtung erforderlich sind, sie also für 6 Lagen übereinander einzurichten.

Zum Brennen der Quarzkalksteine benutzte man früher ausschließlich einzeln stehende Rundöfen mit zeitweiligem Betrieb, welche mit einfachen Planrost- oder mit Halbgasfeuerungen versehen waren und sich auch zum Brennen von Schamottesteinen eignen. Sie wurden für einen Einsatz von 40 bis 100 t gebaut. Man kann diese Öfen so einrichten, daß man entweder mit einem Ofen allein arbeitet und seine Abhitze nur noch in einer Trockendarre ausnutzt, oder ihn unmittelbar mit dem Kamin verbindet, oder man verbindet mehrere Öfen zu einer ununterbrochen arbeitenden Anlage. Im letzteren Falle führt man die Feuergase des einen Ofens durch einen Sammelkanal nach dem nächstfolgenden, benutzt ihre Hitze hier zum Vorwärmen des Einsatzes, indem man sie in geeigneter Weise in den Ofen leitet und denselben von ihnen durchziehen läßt, worauf man sie wieder durch einen Sammelkanal entweder, wenn sie noch genügende Wärme besitzen, nach einem dritten Ofen zu demselben Zweck hinführt, oder sie nach dem Kamin ableitet. Besonders beim Brennen von Schamottesteinen, wo man den Öfen auch in der Abkühlungszeit Wärme entziehen kann, ist man so in der Lage, die Feuergase bis aufs äußerste auszunützen und dadurch mit einem möglichst geringen Kohlenverbrauch zu arbeiten. Da so eingerichtete Öfen in gleicher Weise zum Brennen von Quarzkalk- oder Schamottesteinen benutzt werden, findet man ihre Beschreibung bereits in folgendem.

Ein für ein Ausbringen von 100 t berechneter Rundofen hat einen inneren Durchmesser von 5,5 m; über dem zylindrischen 3,1 m hohen Mauerwerk erhebt sich die Kuppel bis zur Gesamthöhe von 4,8 m. Die dem Ofeninneren zugewendete Seite besteht aus feuerfesten Steinen, welche nach außen durch gewöhnliches Mauerwerk umgeben sind. Das

Ganze wird durch kräftige Eisenbänder zusammengehalten. Das Ofeninnere ist durch eine 900 mm breite und 1,7 m hohe Tür zugänglich. 8 Feuerungen sind in gleichmäßigen Abständen voneinander in der Ofenwand verteilt. Die Feuergase treten in 1,4 m Höhe in das Innere, durchziehen den Einsatz von oben nach unten, wobei sie sich gleichmäßig in dem Inneren des Ofens ausbreiten, und werden in der Sohle desselben durch eine Reihe von Schlitzten nach dem Hauptabzugskanal geführt, welcher sie je nach der Schieberstellung entweder nach dem folgenden Ofen oder nach dem Kaminkanal leitet. Der Hauptabzugskanal hat eine Höhe von 800 mm und eine Breite von 400 mm im Lichten und ist durch außerhalb des Ofens angeordnete Einsteigeöffnungen zugänglich. Er beginnt vor der Innenwand des Ofens, zieht sich in gerader Linie unter der Sohle mitten durch den Ofen und tritt auf der anderen Seite ins Freie. Der darüberliegende Teil der Ofensohle ist festgemauert. Auf beiden Seiten des Abzugskanales, rechtwinklig zu diesem, liegt in der Sohle eine Reihe von in gleichem Abstand nebeneinanderliegenden gemauerten Schlitzten, welche, an der Innenwand des Ofens beginnend, nach oben offen, bis nach dem Abzugskanal verlaufen und in die Seitenwände desselben einmünden. Die ganze, nicht von der festen Decke des Abzugskanales gebildete Ofensohle wird nun aus lose eingelegten Normalsteinen gebildet, welche dauernd liegen bleiben. Diese Steine werden auf die hohe Kante gelegt, rechtwinklig zu den darunterliegenden Schlitzten, welche jedesmal durch einen ganzen Stein überdeckt werden, die Kopfseiten dicht zusammenstoßend, während zwischen den einzelnen Längsreihen ein Zwischenraum frei bleibt. Die Oberfläche der so hergestellten Ofensohle liegt mit der Hüttensohle in einer Ebene und bildet ein gleichmäßig verteiltes Netz, durch welches die Feuergase in allen Stellen des Ofens gleichmäßigerweise nach unten abgesogen und durch die Schlitzte nach dem Abzugskanal geführt werden. Ist es mit Rücksicht auf größere Stücke des Einsatzes nötig, an einzelnen Stellen der Sohle stärkeren Zug zu haben, so legt man hier die Steinreihen etwas weiter auseinander bzw. umgekehrt.

Um die Feuerschlitzte von hineingefallenem Sand und Steinresten zu reinigen, ist es nur nötig, die darüberliegenden Steine fortzunehmen, dann kann man die Reinigung mit einer entsprechend geformten Schaufel leicht vornehmen, ohne daß dabei Verunreinigungen in den Hauptkanal fallen. Die so hergestellte Ofensohle ist sehr haltbar; kleine Beschädigungen können sofort ohne jede Maurerarbeit durch Einlegen neuer Steine ausgebessert werden.

Der Hauptabzugskanal geht auf dem kürzesten Wege nach den nächsten Öfen, auf dem halben Wege zweigt sich ein nach dem Kaminkanal führender Stutzen ab. Vor dem Ofen sowie vor dem Zweigkanale befindet sich ein Schieber, so daß jeder einzelne Ofen entweder



mit dem folgenden Ofen oder mit dem Kaminkanal verbunden werden kann. Beim Eintritt in das Grundmauerwerk des Ofens gabelt sich der Kanal, den man jetzt als Zuführungskanal der Feuergase des vorhergehenden Ofens bezeichnen muß, und läuft ringförmig nach rechts und links unter den 4 Feuerungen jeder Ofenhälfte entlang. Der Ring ist kein geschlossener, weil die beiden Hälften jedesmal unter der vierten Feuerung endigen und der Hauptabzugskanal des Ofens zwischen den Enden nach außen herausgeführt wird. Die Folge davon ist, daß sämtliche Kanäle nicht tief zu liegen kommen, wodurch sich die Baukosten verringern, weil an Ausschachtungsarbeiten und Grundmauerwerk gespart wird.

Jede Feuerung ist durch einen kurzen, aufsteigenden Kanal derart mit dem darunterliegenden Zuführungskanal verbunden, daß die Heizgase aus diesem oberhalb der Kohlschicht in die Feuerung eintreten können. Eine Verunreinigung des Zuführungskanales durch hineinfallende Kohlen oder Asche ist dadurch vermieden. Auf diese Weise tritt die Abhitze des einen Ofens während der Vorwärmperiode genau in der gleichen Weise wie die Feuergase selbst in das Innere des zweiten Ofens, wärmt hier den Einsatz vor und wird dann in der bereits beschriebenen Weise weitergeführt.

Dem gargebrannten Quarzkalksteinofen darf man während der Abkühlungsdauer keine Wärme entziehen, -beim Brennen von Schamottesteinen, welche eine schnellere Abkühlung vertragen, ist man mit der beschriebenen Einrichtung imstande, auch dem abkühlenden Ofen Wärme zu entziehen. Die diesem entnommene heiße Luft wird durch den Hauptabzugskanal dem nächsten Ofen zugeführt, tritt in den Feuerungen zu den verbrennenden Kohlendgasen und erzeugt hier eine vollkommeneren Verbrennung derselben mit Verminderung des Rauches, Erhöhung der Brenngrade und Erniedrigung des Kohlenverbrauches.

Man kann so, besonders für die Schamottesteinerzeugung, mit einer beschränkten Ofenzahl einen ununterbrochen arbeitenden Betrieb einrichten und so die Vorzüge der einzeln stehenden Öfen mit unmittelbarer Befuerung mit denen eines Kammerringofens vereinigen. Den Rundöfen wird als besonderer Vorzug die bessere Verteilungsmöglichkeit der Feuergase und damit ein gleichmäßigerer Brand des Einsatzes nachgerühmt. Später ist man von der runden Form abgegangen und hat die Einzelöfen mit rechteckigem Querschnitt gebaut, weil in diesen die Arbeit des Einsetzens eine gleichmäßigere und deshalb einfachere ist.

In neuerer Zeit wird das Brennen der Quarzkalksteine auch in Kammerringöfen mit ununterbrochenem Betriebe ausgeführt. Bei dem Bau eines Kammerringofens muß man vor allem anderen beachten, daß die Abkühlung der gebrannten Quarzkalksteine sehr allmählich und

langsam zu erfolgen hat, weil zu früh mit kalter Luft in Berührung kommende Steine sofort rissig werden und zerspringen. Die Zahl der Ofenkammern muß deshalb reichlich hoch sein und sollte mindestens auf 18, besser noch auf 20 bemessen werden.

Die einfachste Form des Kammerringofens ist die mit Schüttfeuerung, wobei die einzelnen Kammern unmittelbar mit Kohlen befeuert und die abziehenden Feuergase der befeuerten Kammer zum Vorwärmen der darauf folgenden benutzt werden. Der Brennkanal des Ofens ist durch Zwischenwände in einzelne Kammern geteilt, welche neben der Feuerungseinrichtung den Raum für den Einsatz enthalten. Im unteren Teile der Zwischenwände befinden sich Schlitze, durch welche die Feuergase der im Feuer stehenden Kammer in die folgenden Kammern geleitet werden. Vor einer Wand — in der Feuerrichtung gesehen — befindet sich ein aus Steinen aufgebauter Treppenrost, der nach dem Einsatze hin durch eine aus mehreren Lagen gitterartig übereinandergesetzter Steine gebildete Feuerbrücke abgeschlossen wird. Das Ofengewölbe über dem Rost wird aus einem, von dem sonst aus Schamottesteinen bestehenden Ofenmauerwerk getrennt angeordneten Bogen von Quarzkalksteinen gebildet, der nach seiner Abnutzung in kurzer Zeit erneuert werden kann. Er enthält die Schüttlöcher, durch welche die Kohlen von oben auf den Rost gelangen. In der Außenwand sind in verschiedener Höhe neben dem Rost Stochlöcher zur Regelung des Feuers angebracht. Die Länge der Kammer muß der zur Verwendung gelangenden Kohlensorte angepaßt und darf nur so lang gewählt werden, daß auch die am Ende der Kammer eingesetzten Steine noch genügend scharf gebrannt werden können. Der Einsatz wird in der Längsrichtung des Ofens gesetzt. In der Mitte des Ofengewölbes befindet sich eine Reihe von Abzugsöffnungen, durch welche vermittels eines aufgesetzten eisernen Abzugsrohres die Rauchgase nach dem Kaminkanale abgeführt werden. Die Stärke des Abzuges wird durch eine in dem Abzugsrohre angebrachte Drosselklappe geregelt. Die Einrichtung des Ofens ist eine sehr einfache und dementsprechend die Bauausführung billig. Bei einem Ofen mit 22 Kammern können täglich 2 Kammern ausgefahren und wiederbesetzt werden, der Kohlenverbrauch wird mit 14% Ruhrkohlen Nuß III, vom Gewicht des Ausbringens gerechnet, angegeben.

Bei richtiger Anwendung eignen sich Gaskammeröfen ebenso gut zum Brennen der Quarzkalksteine wie die bisher beschriebenen Öfen. Sie machen allerdings den Bau einer besonderen Anlage zum Vergasen des Brennstoffes, des Generators, erforderlich; diese hat aber den Vorzug, daß die Brennstoffe stets nur an einer bestimmten Stelle gebraucht werden, von welcher auch die entstehenden Schlacken und Aschen bequemer abgefahren werden können; die Bedienung der Generatoren ist leichter und einfacher als die der Rostfeuerungen in den Öfen bzw.

Ofenkammern, die Regelungsfähigkeit der Zufuhr von Gas und Luft zu den Feuerstellen ist besser, und man arbeitet mit einer reinen, von Flugasche freien Flamme.

Die einfachsten Gaserzeuger, welche sich in der Keramik bewährt haben, bestehen aus einem gemauerten, mit feuerfesten Steinen ausgekleideten Schacht von rechteckigem Querschnitt. Die Vorderseite am unteren Teile des Schachtes wird durch einen Treppenrost gebildet, der unten in einen Planrost übergeht, unter welchem sich schließlich der Aschenfall befindet. Nach oben ist der Gaserzeuger durch ein Gewölbe abgeschlossen, in welchem sich die größere Einwurfsöffnung für den Brennstoff, sowie durch Deckel mit Sandverschluß abgeschlossene Stoßlöcher und kleinere Öffnungen zur Beobachtung des Vergasungsvorganges befinden. Auf der Einwurfsöffnung steht eine kastenartige Schüttvorrichtung aus Eisenblech, deren Boden durch eine nach unten bewegliche Klappe gebildet ist, welche durch einen Hebel bewegt werden kann und durch ein hier angebrachtes Gegengewicht in ihrer gewöhnlichen wagerechten Lage festgehalten wird. Von hier aus wird der Gaserzeuger in gleichmäßigen Zeiträumen mit einer genau abgemessenen Brennstoffmenge beschickt. Nach hinten läuft das Oberteil des Gaserzeugers in einen Sammelraum für die Gase aus, die von hier durch einen gemauerten Kanal nach dem Ofen geführt und vor den einzelnen Verwendungsstellen durch Glockenventile und Zweigkanäle nach den Verbrennungsstellen geleitet werden. (Näheres s. u. a. auch E. Scmatolla, Die Gaserzeuger und Gasfeuerungen.)

Im Laufe der letzten Jahrzehnte ist eine sehr große Zahl von Gaserzeugern entstanden, deren Anordnung im Grunde genommen sich nicht sehr voneinander unterscheidet und darauf ausgeht, die Arbeitsweise der Gaserzeuger zu einer möglichst selbsttätigen zu machen, und gleichzeitig auch aus den geringwertigeren Brennstoffen und deren Abfällen ein möglichst hochwertiges Gas zu erzeugen. Alle diese Gaserzeuger machen aber die Zuleitung von Dampf oder die Aufstellung von besonderen Antriebsvorrichtungen für die selbsttätige Entfernung der Schlacken und Aschen erforderlich, deshalb werden sie verhältnismäßig nur wenige größere Fabriken der feuerfesten Industrie verwenden können. Es soll deshalb hier nur auf einen selbsttätigen Gaserzeuger hingewiesen werden, welcher sich durch außerordentliche Einfachheit auszeichnet und keine bewegten oder verschließenden Teile besitzt. Die für seinen Betrieb erforderliche Dampferzeugungsanlage ist ebenfalls eine einfache und unmittelbar mit dem Gaserzeuger verbunden. Er hat zur Vergasung von Braunkohlenbriketts, von Rohbraunkohle und sogar von Torf sehr günstige Ergebnisse erzielt und in kurzer Zeit bereits eine ausgedehntere Verwendung in der Eisen- und Stahl- sowie in der Glasindustrie gefunden, und er wird von allen selbsttätig arbeitenden Gas-

erzeugern voraussichtlich auch der geeignetste für die Zwecke der Keramik sein. (Näheres darüber s. Stahl und Eisen 1919, Nr. 41: Dr.-Ing. R. Krieger, „Eine neue Gaserzeugeranlage“.)

Bei der Vergasung der Brennstoffe werden die darin enthaltenen flüchtigen Bestandteile, das Ammoniakwasser sowie die leichten und schweren Öle ausgetrieben. Diese sog. Nebenprodukte haben besonders jetzt einen sehr hohen wirtschaftlichen Wert. Deshalb darf auch die keramische Industrie ihre Gewinnung nicht mehr, wie früher, vernachlässigen, sondern es ist dringend erforderlich auch hier sämtliche Gaserzeuger mit den zur Gewinnung der Nebenprodukte nötigen Einrichtungen zu versehen. Die dadurch entstehenden Anlagekosten machen sich sehr schnell bezahlt, und durch den Verkauf der Nebenprodukte wird ein nicht unbedeutender Teil der Herstellungskosten des Brenngases wieder eingebracht, bzw. werden dadurch die Kosten für das Brennen bedeutend verringert.

Die Gaserzeuger werden stets in einer gemauerten Grube so tief aufgestellt, daß ihre Oberfläche mit der Fabriksohle gleich liegt. Dadurch ist ihre Bedienung von dem daneben befindlichen Brennstofflager die bequemste. Die Gase werden durch gemauerte Kanäle dicht unter der Erdoberfläche zu den Öfen geleitet, die Schlacken und Aschen müssen durch ein Hebewerk aus der Grube gehoben werden.

Ebenso wie die Kammerringöfen mit unmittelbarer Befuerung müssen auch die Gaskammerringöfen zum Brennen der Quarzkalksteine mit einer größeren Zahl von Kammern und einem kleineren Fassungsraum der letzteren gebaut werden als die zum Brennen der Schamottesteine benutzten. Auch werden die Feuergase nicht wie bei diesen durch Öffnungen in der Sohle und darunterliegende Kanäle abgeleitet, sondern die Kammersohle ist undurchbrochen. Bei den neueren Gaskammerringöfen zum Brennen der Quarzkalksteine befindet sich unter der Kammersohle nur der Gaskanal, welcher eine Abzweigung von dem an der Außenseite des Ofens entlang geführten Hauptgaskanal bildet und mit diesem durch gut schließende Glockenventile verbunden wird. Durch eine größere Zahl in der Wand zwischen den Kammern aufsteigender Kanäle wird das Gas auf der einen Seite der Kammer eingeführt. Zwischen den Gasverteilungskanälen befinden sich ähnliche, am unteren Ende nach der vorhergehenden Kammer hin offene Kanäle, durch welche die aus dieser Kammer abziehende heiße Luft den Gasverteilungskanälen zugeführt und zum Verbrennen der Heizgase bzw. zum Vorwärmen der vor dem Feuer befindlichen, besetzten Kammern benutzt wird. Haben sie ihre Wärme auf diesem Wege soweit abgegeben, daß sie nicht mehr zum Vorwärmen des Einsatzes dienen können, dann werden sie in derselben Weise, wie es beim gewöhnlichen Kammerring-

ofen mit unmittelbarer Befeuerung beschrieben ist, durch Abzugsöffnungen im Ofengewölbe und darauf gesetzte Rohrleitungen nach dem Rauchsammler abgeleitet und durch diesen dem Kamine zugeführt. Die Ofenkammern haben einen rechteckigen Grundriß und sind quer zur Längsrichtung des Ofens überwölbt. Sie liegen in gleicher Zahl in zwei gleichlaufenden Reihen nebeneinander, wodurch in dem Ringofenbetrieb gleicher Rundbrand des Ofens ermöglicht wird. Die beiden an den Köpfen des Ofens befindlichen Kammern sind zu dem Zwecke durch tiefliegende Kanäle zur Überleitung der Abhitze miteinander verbunden. Der Rauchsammler liegt im oberen Teile des Mauerwerkes zwischen den beiden Kammerreihen und besitzt so viele verschließbare Öffnungen zum Aufsetzen des Abzugsrohres, wie Kammern vorhanden sind. Er ist am einen Ende des Ofens durch einen abfallenden Kanal an den Kaminkanal angeschlossen. Am anderen Ende des Ofens befindet sich die Gaserzeugeranlage, von der aus das Gas zuerst in einen vor dem Ofenkopfe entlang liegenden Kanal eintritt und von hier aus durch die an der Außenseite des Ofens entlang laufenden Hauptgaskanäle nach den Verbrennungskammern geführt wird. Auf beiden Seiten neben dem Eintritte des Gases aus dem Gaserzeuger in den Kopfkanal ist dieser durch Ventile verschließbar, durch welche das Gas nach Bedarf in einen der beiden Hauptkanäle eintritt.

Die sämtlichen bisher beschriebenen Öfen leiden an einer ganzen Reihe von Mißständen. Die unmittelbar befeuerten Einzelöfen enthalten eine größere Zahl einzelner Feuerungen, beim Kammerringofen mit Schüttfeuerung muß der sehr große Rost von oben und von der Seite bedient werden. Die Brennstoffe und die Abfälle müssen bei beiden in größeren Entfernungen zu- und abgefahren werden. Auch der Gaskammerofen erfordert neben der Bedienung der Gaserzeuger die besondere Überwachung der im Feuer stehenden Kammer. In allen Kammeröfen ist die Feuerstelle beweglich und wandert in längerer Zeit durch die Länge des ganzen Ofens, dessen Mauerwerk infolge der damit zusammenhängenden wechselnden Erwärmung und Abkühlung andauernd in Bewegung bleibt, was in gleicher Weise auch bei den zeitweise betriebenen Einzelöfen der Fall ist. Die andauernd wechselnde hohe Erwärmung und nachfolgende fast vollständige Abkühlung des Ofenmauerwerkes beansprucht einen bedeutenden Teil des Brennstoffes, der hierfür verschwendet werden muß. Das Innere des Ofens bzw. der Kammern erhält nur durch die eine Tür Luft und Licht, die Arbeiten des Einsetzens und Ausfahrens des Brenngutes müssen deshalb in den schlecht gelüfteten Ofenkammern, die nur notdürftig oder künstlich beleuchtet sein können, geschehen. Schließlich muß man, um möglichst an Brennstoff zu sparen, darauf sehen, den Ofeninhalt nicht weiter abkühlen zu lassen, als unbedingt nötig ist, wodurch die Arbeiter wäh-

rend des Ausfahrens und Einsetzens wieder in reichlich hohen Wärme-graden zu arbeiten gezwungen sind.

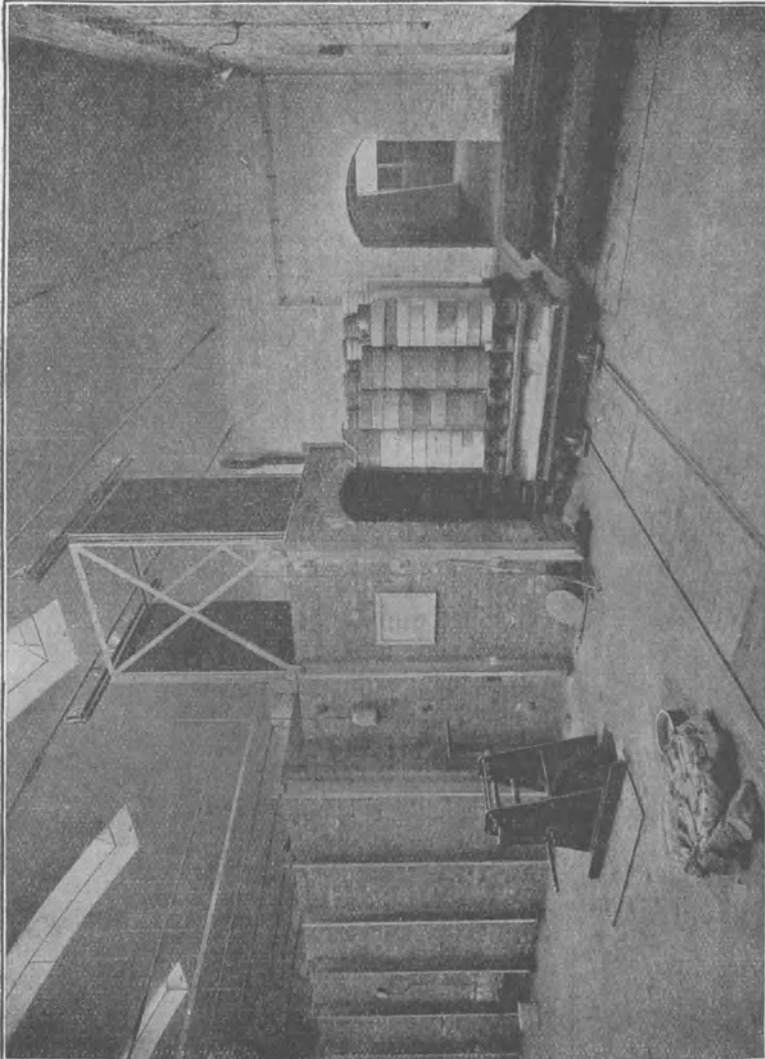


Abb. 7. Tunnelofen. Der Stoßwagen drückt den neu besetzten Brennwagen in den Ofen.

Alle diese Übelstände werden durch den Tunnelofen vollständig vermieden, dessen Grundgedanken bereits i. J. 1877 Otto Bock in Berlin in seinem Kanalofen zur Ausführung gebracht, sich aber nur vorübergehend damit beschäftigt hat. In seiner jetzigen Vervollkommnung ist dieser Ofen dazu bestimmt, in allen keramischen Betrieben,

und damit auch in der feuerfesten Industrie, eine wichtige Rolle zu spielen. Leider erfordert seine Errichtung sehr hohe Anlagekosten, und sie wird deshalb vorläufig nur bei dem Bau größerer Neuanlagen in Frage kommen können.

Wenn man vorher nur die älteren bisher üblichen Ofenanlagen gekannt hat, wird man bei der ersten Besichtigung eines Tunnelofens in angenehmster Weise überrascht. Man betritt eine geräumige, helle und luftige Halle, an deren einer Längsseite man einen langen Ofenkörper, sauber in Stein und Eisen ausgeführt, sieht, während die übrige Fläche von mehreren Schienensträngen durchzogen ist, auf denen Wagen laufen, die hier in bequemster Weise in freier Luft und hellem Lichte be- und entladen werden. Man bemerkt nichts von ausströmender Hitze und keine Belästigung durch Staub oder Rauch. In dem großen Raume sieht man nur wenige Arbeiter bei ihrer Beschäftigung. Der schmale, lang hingestreckte, 70 und mehr Meter lange Ofen enthält nur einen sich gleichmäßig durch seine ganze Länge erstreckenden Kanal, der an den beiden Kopfenden durch einfache eiserne Türen verschlossen ist. Der Kanal besteht aus 2 Teilen, einem unteren von kleinerem Querschnitte, auf dessen Sohle die Schienen zur Führung der Wagen liegen und der das Fahrgestell der letzteren aufnimmt, und einem oberen mit größerem Querschnitt, welcher die Ladefläche des Wagens und das darauf befindliche Brenngut aufnimmt. Die Wagen bestehen aus einem kräftigen, auf Rädern laufenden Eisenkasten, der mit starken feuerfesten Steinen so ausgemauert ist, daß seine Eisenteile nach allen Seiten vollständig gegen die Einwirkung des Feuers geschützt sind und die oberste Steinlage die Sohle des eigentlichen Brennkanales bildet. Die seitliche Abdichtung gegen die Ofenwände geschieht durch eine Sandrinne, der dichte Abschluß der Wagen gegeneinander wird durch ein dazwischen gelegtes starkes Asbestband bewirkt. Wie bereits erwähnt, werden die einzelnen Wagen in dem freien Raume neben den Ofen besetzt, und zwar in derselben Weise, wie es sonst in der Ofenkammer geschieht, so daß die Feuergase in der richtigen Weise zwischen den einzelnen Steinen hindurchziehen und sie gleichmäßig gar brennen können. Jeder Wagen nimmt 1000 Steine (Normalformat) im Gewicht von 3,6 t auf. Zur Besetzung des Ofens werden beide Türen geöffnet und der beladene Wagen durch eine Schiebebühne vor die Einfahrtstür des Ofens gebracht, s. Abb. 7. Hier befindet sich der „Stoßwagen“, ein den Einsatzwagen ähnlich gebauter Wagen, der aber durch einen Zahnstangenantrieb und Kette von einer Handkurbel oder einem Elektromotor von der Außenseite des Ofens aus vor- und rückwärts bewegt werden kann. Der Stoßwagen tritt hinter den einzuführenden Wagen. Durch seine Vorwärtsbewegung drückt er ihn in den Ofenkanal hinein, wodurch gleichzeitig die sämtlichen im Ofen befindlichen Wagen um eine Wagenlänge vor-

wärts geschoben und s. Abb. 8 der am anderen Ende befindliche, genügend abgekühlte Wagen aus dem Ofen herausbefördert wird. Der letztere wird darauf auf dem Entladegleis entladen und kann danach sofort wieder

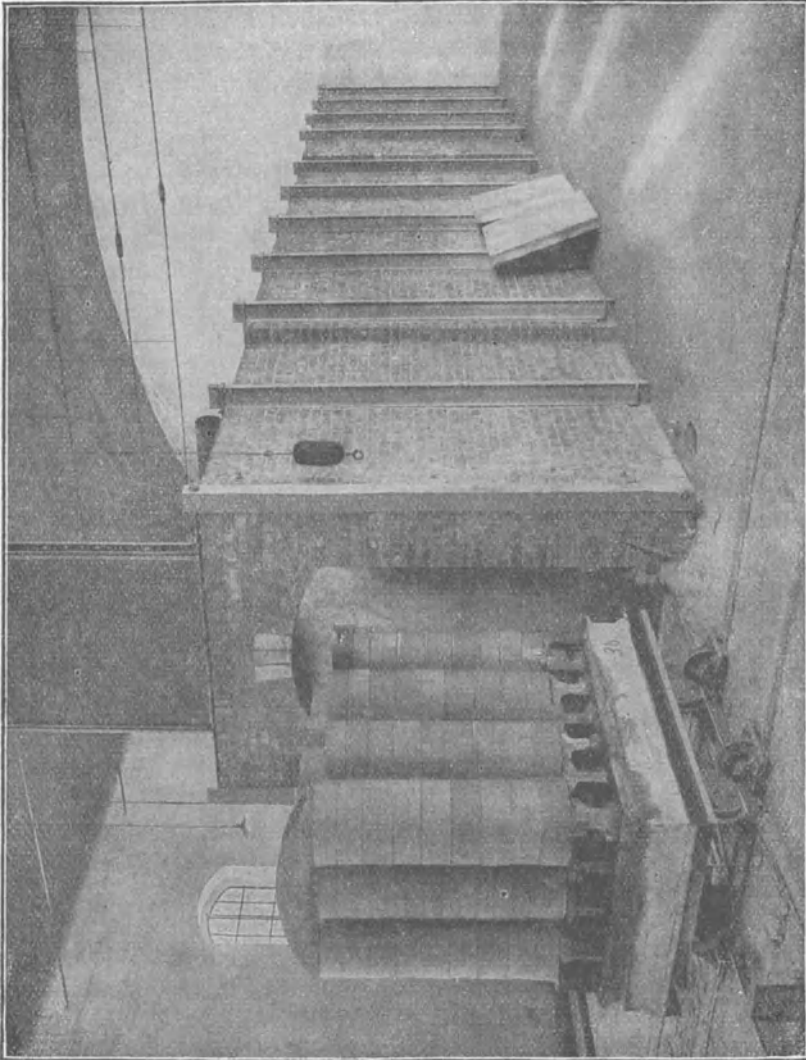


Abb. 8. Tunnelofen. Der fertig gebrannte und abgekühlte Brennwagen wird aus dem Ofen herausgedrückt.

neu besetzt werden. Mit dem Schließen der Türen ist die ganze Arbeit des Ein- und Ausfahrens in kurzer Zeit und mit verhältnismäßig leichter Arbeit beendet. Je nach der Art der zu brennenden Steine wiederholt sich dieser Vorgang in längeren oder kürzeren Zeiträumen von  $1\frac{1}{2}$  bis



2 Stunden. Ungefähr in der Mitte des Ofens befindet sich der eigentliche Brennraum, dem der Einsatz in der beschriebenen Weise allmählich entgegengeführt und von dem er nach erfolgtem Garbrand ebenso allmählich wieder entfernt wird. Hier haben gleichzeitig 2 Wagen Platz. Die Feuerungen befinden sich auf den beiden Außenseiten des Brennraumes s. Abb. 9 mit je 2 Feuerstellen. Sie liegen vertieft in einer bequem zugänglichen Feuergrube und bestehen beliebig aus Halbgas- oder Gasfeuerungen. Die Feuergase durchziehen zuerst den Einsatz der eigentlichen Brennkammer, um ihn gar zu brennen. Die hier erforderliche Wärmehöhe wird in sehr bequemer und zuverlässiger Weise durch Elektropyrometer überwacht, welche in einem Nebenraume mit einer selbstschreibenden Vorrichtung verbunden sind. Die Feuerleute haben deshalb weiter nichts mit dem Ofenbetriebe zu tun, als die ihnen vorgeschriebenen Wärmegrade genau gleichmäßig einzuhalten, und sie können sich zu jeder Zeit leicht davon überzeugen, ob sie richtig arbeiten. Durch eine elektrisch betriebene Absaugvorrichtung werden die heißen Feuergase aus der eigentlichen Heizkammer abgezogen und durch den der Heizkammer entgegengeführten Einsatz geleitet, wodurch ihre Wärme zum Vorwärmen des Einsatzes ausgenutzt wird. Nachdem dies in genügender Weise geschehen ist, werden sie an einer bestimmten Stelle durch Schlitze in der Ofenwand abgesogen und durch eine über dem Ofen befindliche Trockenkammer gepreßt, wo auch noch der letzte verfügbare Rest ihrer Wärme zum Trocknen der frisch geformten Steine ausgenützt wird. Die Wärme der fertig gebrannten Steine wird, soweit dies die Art des Einsatzes erlaubt, ebenfalls nutzbar gemacht. Die heiße Luft wird hier durch Schlitze in den Seitenwänden des Ofens abgesogen, durch Kanäle nach den Feuerstellen geführt und hier zur Verbrennung der Feuergase ausgenützt. Ein Teil der Ofenwärme kann außerdem noch zum Heizen der Arbeitsräume und zum Trocknen des Rohtones verwendet werden.

Gegenüber den anderen Brennöfen besitzt der Tunnelofen eine ganze Reihe von Vorzügen: Der Betrieb ist ein sehr einfacher und bequemer. Die Arbeiter sind nur außerhalb des Ofens beschäftigt, unbelästigt von der Ofenhitze, in guter Luft und bei hellem Licht. Die Zahl der daran beschäftigten Arbeiter ist eine geringere und der Ofenbetrieb braucht nicht durch einen besonderen Beamten andauernd beaufsichtigt werden. Das Feuer wird selbsttätig durch Elektropyrometer überwacht. Sämtliche Teile des Ofens sind leicht zugänglich, es fehlen alle sonst nötigen Sohlkanäle für die Feuer- und Rauchgase, und der Unterbau ist deshalb geringer und billiger. Das Feuer bleibt stets an derselben Stelle, und sämtliche Teile des Ofenkanales befinden sich dauernd in gleichmäßiger Wärme von genau bestimmter Höhe. Die fortwährend wechselnde Erhitzung und Abkühlung des ganzen Ofenkörpers mit ihren

Nebenerscheinungen fällt fort, und das Ofenmauerwerk wird nur in der eigentlichen Brennkammer abgenutzt. Die stets gleichmäßigen Zugverhältnisse gestatten den Bau eines nur kleinen Kamines. Die Aus-

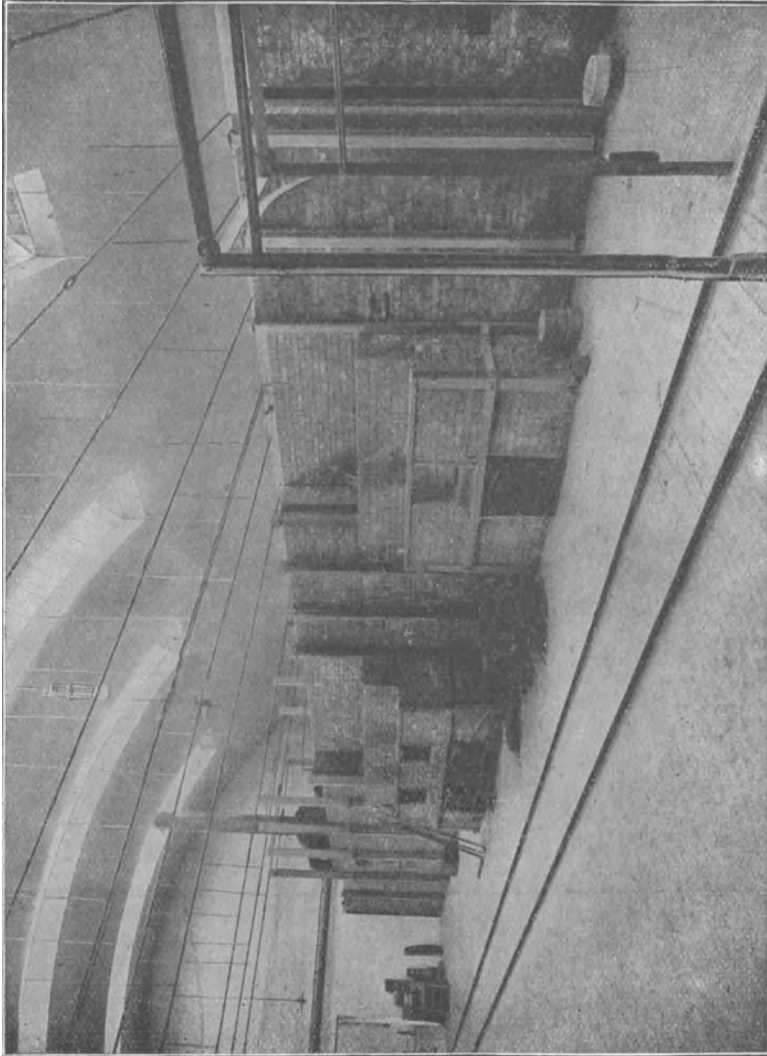


Abb. 9. Tunnelofen. Die Außenseite der Brennkammer mit den Feuerungen.

nutzung der Feuergase und der Abhitze ist eine genau geregelte, vielseitige und fast vollständige.

Der Tunnelofen für Quarzkalksteine kann auch ohne weiteres zum Brennen von Schamottesteinen benutzt werden, in welchem Falle nur

der Wärmegrad der Brennkammer erniedrigt, sonst aber in seiner Bedienung nichts geändert zu werden braucht.

Von besonderem Werte war es, an einer Stelle die allgemeinen Unkosten, die Leistung, den Brennstoffverbrauch und die Arbeitslöhne für einen Gaskammerofen und einen Tunnelofen, welche unter genau gleichen Bedingungen nebeneinander arbeiteten, auf Grund sorgfältig geführter Bücher vergleichen zu können.

Beide Öfen standen seit 10 Jahren gleichmäßig im Betrieb, der Tunnelofen wurde mit Halbgasfeuerung betrieben. Die Kohlen besaßen einen Heizwert = 6500 Wärmeeinheiten, gebrannt wurde in beiden Öfen mit dem Wärmegrade der Segerkegel 9/10.

Es ergaben sich folgende Zahlen für das Jahr 1917:

1. Für Verzinsung, Abschreibungen, Ausbesserungen und Unterhaltung:

a) Gaskammerofen:

Verzinsung . . . . .	5%	von M. 300 000 = M. 15 000
Abschreibung . . . . .	5%	„ „ 300 000 = „ 15 000
Erneuerungen . . . . .	2%	„ „ 300 000 = „ 6 000

allgemeine Unkosten im Jahre 1917 = M. 36 000

b) Tunnelofen mit sämtlichen Zubehöerteilen:

Verzinsung . . . . .	5%	von M. 350 000 = M. 17 500
Abschreibung . . . . .	5%	„ „ 350 000 = „ 17 500
Ausbesserungen 1917 . . . . .		„ 2 700 = „ 3 000
Ölverbrauch der Wagen und Exhaustoren . . . . .		„ = „ 1 325
Kraftverbrauch der Exhaustoren 27 500 kW . . . . .		„ = „ 5 500

Allgemeine Unkosten im Jahre 1917 = M. 44 825

Demnach Mehrkosten des Tunnelofens M. 8825.

2. Jahresleistung:

a) Gaskammerofen in 24 Stunden 1 Kammer = 36 t Steine (Normalformat = jährlich  $365 \times 36 = 13\,140$  t.

b) Tunnelofen Inhalt 1 Stoßwagen und 35 Brennwagen je 1,65 m lang. Ofenlänge = 60,5 m. 1 Brennwagen = 1000 Steine = 3,6 t. Ziehzeit je Wagen 2 Stunden. In 24 Stunden 12 Wagen =  $12 \times 3,6$  t = 43,2 t = jährlich  $355 \times 43,2 = 15\,336$  t.

Demnach eine jährliche Mehrleistung des Tunnelofens von  $15\,336 - 13\,140 = 2\,196$  t = 16,71%.

3. Brennstoffverbrauch:

a) Gaskammerofen: für 1 Kammer = 36 t Steine 5,76 t = 16% Kohlen.  $5,76 \times 365 =$  jährlich 2102,4 t je M. 35,00 = M. 73 584,00.

- b) Tunnelofen: wirklich festgestellter Verbrauch bei zweistündiger Ziehzeit 8,7% Kohle. Zur Berechnung angenommener Verbrauch = 10% = täglich 4,32 t Kohlen.  $4,32 \times 355 =$  jährlich 1533,6 t je M. 35,00 = M. 53 676,00.

Demnach eine Kohlenersparnis des Tunnelofens von 73 584 - 53 676 = jährlich M. 20 108,00. Hierbei ist noch zu beachten, daß die Leistung des Tunnelofens um 2196 t höher gewesen ist als die des Gaskammerofens. Im letzteren gebrannt würden diese 2196 t einen Kohlenverbrauch von 16% = 351,4 t  $\times$  M. 35,00 = M. 12 299,00 erfordern und die gesamte Kohlenersparnis im Betriebe des Tunnelofens gegenüber dem des Gaskammerofens muß demnach richtig auf 20 108 + 12 299 = jährlich rd. M. 32 400,00 berechnet werden.

#### 4. Arbeitslöhne in 8stündiger Schicht:

- a) Gaskammerofen: 9 Beifahrer und Einsetzer + 6 Brenner + 5 Ausfahrer = 20 Schichten je M. 12,80 = M. 256,00: 36 t = je t M. 7,11.
- b) Tunnelofen: 8 Beifahrer und Setzer + 6 Brenner + 3 Ablader = 17 Schichten je M. 12,80 = M. 217,60: 43,2 t = je t M. 5,04.

Die Lohnersparnis im Tunnelofenbetriebe beträgt demnach täglich 3 Schichten je M. 12,80 = M. 38,40  $\times$  355 = jährlich M. 13 630,00. Die gegenüber dem Gaskammerofen erzielte Mehrleistung von 2196 t würde in diesem gebrannt eine Lohnausgabe von 2196  $\times$  M. 7,11 = M. 15 613 erfordern, und die gesamte Lohnersparnis beträgt demnach 13 630 + 15 613 = jährlich M. 29 243,00.

Die gesamten im Jahre 1917 im Tunnelofenbetriebe gegenüber dem des Gaskammerofens erzielten Ersparnisse betragen demnach:

an Ausgaben für Brennstoff	M. 32 400,00
an Ausgaben für Löhne . . .	„ 29 243,00
zusammen	<u>M. 61 643,00</u>

hiervon ist abzuziehen die Mehrausgabe für allgemeine Unkosten M. 8 825,00 und es ergibt sich eine jährliche wirkliche Ersparnis von zus. M. 53 818,00.

Der Bau des Tunnelofens macht sich demnach gegenüber dem eines Gaskammerofens allein durch die in seinem Betriebe erzielten Ersparnisse bereits in wenigen Jahren bezahlt.

Ein weiterer Vorzug des Tunnelofens gegenüber den anderen Brennöfen liegt darin, daß der gesamte Arbeitsgang in ihm viel schneller vor geht, was durch die folgenden Vergleichszahlen gezeigt wird.

Zeitverbrauch zum Einsetzen, Brennen und Ausfahren der Steine:

## a) Gaskammerofenkammer Inhalt 36 t:

Einfahren und Setzen . . . . .	$\frac{1}{2}$ Tag =	12 Stunden
Vorwärmen . . . . .	$2\frac{1}{2}$ „ =	60 „
Vollfeuer . . . . .	1 „ =	24 „
Abkühlen . . . . .	6 „ =	144 „
Ausfahren . . . . .	$\frac{1}{2}$ „ =	12 „
zusammen $10\frac{1}{2}$ Tage =		252 Stunden.

- b) Tunnelofen: 44 Wagen durchlaufen den Ofen bei zweistündiger Ziehzeit in 88 Stunden. Die Zeitersparnis im Tunnelofenbetriebe beträgt demnach  $252 - 88 = 164$  Stunden = fast 7 Tage.

Bei einem Vergleiche des Tunnelofenbetriebes mit dem der unmittelbar befeuerten Kammerringöfen und der Einzelöfen werden die Ergebnisse noch mehr zu seinen Gunsten ausfallen müssen. Mit Rücksicht auf die jetzigen gegen früher erschwerten Verhältnisse in der Beschaffung der Brennstoffe, auf deren hohe Preise, die verkürzte Arbeitszeit und die hohen Arbeitslöhne wird der Tunnelofen an erster Stelle berufen sein, die gestiegenen Herstellungskosten zu verringern, und seine Vorzüge werden um so mehr zur Geltung kommen, je ungünstiger sich die allgemeinen wirtschaftlichen Verhältnisse gestalten.

Seinen bedeutenden Vorzügen steht als einziger Nachteil der gegenüber, den er mit allen größeren Kammerringöfen teilt, der aber bei seiner schnelleren Arbeitsweise noch mehr ins Gewicht fällt, daß er nur dann wirtschaftlich arbeiten kann, wenn er für eine tägliche Mindestleistung von 40 bis 50 t gebaut wird. Ferner können Gasretorten und große Streckplatten für Glashütten, welche länger und breiter sind als die Brennwagen, und solche feuerfesten Erzeugnisse, deren Bindemittel einen Verkokungsvorgang im Feuer durchzumachen hat, wie die kohlenstoffhaltiger Steine und die Dolomitsteine, nicht in ihm gebrannt werden. Zum Brennen der Quarzkalksteine muß der Tunnelofen entsprechend der hier erforderlichen sehr langen Abkühlungsdauer in sehr großer Länge ausgeführt werden, er steht aber auch für diesen Zweck bereits seit einer Reihe von Jahren mit bestem Erfolge im Feuer.

Ganz allgemein gültig ist nach Mendheim über den Bau der Brennöfen folgendes zu sagen: Der Bauplatz muß sorgfältig ausgewählt werden. Vom Grundwasserstande muß die Ofensole soweit als möglich entfernt bleiben und nötigenfalls sehr sicher gegen Grundfeuchtigkeit isoliert werden. Die Zahl der Kammern ist dem zu brennenden Erzeugnisse entsprechend reichlich hoch zu nehmen. Der Kamin kann nie zu hoch sein; zu niedrige Kamine verursachen Brennstoffverschwendung. Mit gutem Zuge und reichlicher Kammerzahl bzw. Länge des Ofenkanals ist rasches Brennen, verbunden mit Brennstoffersparnis, möglich. Das Ofenbaumauerwerk soll stark sein und sorgfältig aufgemauert werden.

Zu schwaches Mauerwerk strahlt die Wärme zu stark aus, durch Undichtigkeiten im Mauerwerk wird kalte Nebenluft angesogen. Die Bausteine sollen möglichst wenig porös sein, und mit engen und vollen Fugen vermauert werden. Die Wände, die Sohle und das Gewölbe müssen gut isoliert werden, mit einer Masse, welche unter dem Einflusse der Hitze nicht schwindet und nicht durch Risse und Fugen hindurchrieselt, weil sich sonst Hohlräume bilden, durch welche kalte Luft in den Ofen dringt. Jeder Riß im Mauerwerk muß sofort und sorgfältig ausgebessert werden. Undichte Verschlüsse verursachen große Wärmeverluste, deshalb sind Schieber aus Schamotteplatten ungeeignet; eiserne Glockenventile und Deckel müssen dauernd auf die Dichtigkeit des Sandverschlusses geprüft werden, und deshalb während des Betriebes leicht zugänglich sein. Den besten Schutz gegen die ungewollte Verbindung des Rauchsammlers mit den Kammern der Ringöfen bilden Überführungsröhren an Stelle der Ventile.

#### D. Die Herstellung der Quarzkalksteine.

Der Quarzit wird im Freien gelagert, da er durch die Einwirkung der Witterung nicht angegriffen wird, und etwaige Regengüsse nur dazu beitragen, ihn von anhaftenden erdigen Unreinigkeiten zu befreien. Die aus dem Bruch gekommenen Stücke werden mit schweren Hämmern in Stücke von solcher Größe vorgeschlagen, wie sie der Einwurfsöffnung des Steinbrechers entspricht. Wenn der Quarz genügend rein angeliefert wird, ist es nicht nötig, ihn zu waschen. In manchen Fällen ist er aber durch anhaftenden Erdboden, Lehm usw. verunreinigt und muß dann erst gewaschen werden, bevor er verarbeitet werden darf. Man fährt ihn dann in Handkarren auf einer schiefen Ebene zu der erhöht stehenden Waschtrommel, in welcher er gewaschen wird und beim Austritt aus derselben durch eine Schurre in den darunter stehenden Steinbrecher fällt. Der gereinigte und vorgebrochene Quarzit wird hier in einem auf niedrigen Rädern laufenden Kastenwagen aufgefangen und so in genau abgemessenen Mengen dem Koller zugeführt. Eine bestimmte Anzahl von Karren enthält das Gewicht der Beschickung, welche auf einmal auf den Koller gegeben und verarbeitet wird. Daneben hält man selbstverständlich stets einen größeren Vorrat von vorgebrochenem Quarzit auf Lager, der verarbeitet wird, während Ausbesserungsarbeiten am Steinbrecher ausgeführt werden müssen.

Dr. Lange empfiehlt (a. a. O.) einen Teil des Quarzites vorher zu brennen, um dadurch raumbeständigere Quarzkalksteine zu erhalten. Die dadurch bedingte Erhöhung der Herstellungskosten soll durch die bessere Haltbarkeit der Steine reichlich aufgewogen werden. Der Zu-

satz des gebrannten Quarzites soll 20 bis 40% von der Gesamtmenge betragen. Zum Brennen des Quarzites setzt man ihm, ähnlich wie es beim Rösten des Bleiglanzes geschieht, in flachen Meilern mit Kohle gemengt auf, wobei am Boden die Feuerzüge ausgespart werden müssen. Die Längsrichtung der Meiler entspricht der der herrschenden Windrichtung. Die Kohle wird an der Windseite entzündet, worauf das Feuer den Meiler langsam durchzieht. Bei diesem eigentlich nur als ein Rösten zu bezeichnenden Vorgange verwandelt sich der Quarz bei  $575^{\circ}$  in den sog.  $\beta$ -Quarz und weiter in  $\beta$ -Tridymit, womit bereits eine Raumvermehrung verbunden ist. Ich habe es bisher nur noch an einer Stelle gefunden, daß der Quarzit vorgebrannt wurde und glaube, es ist nicht unbedingt erforderlich, weil sich derselbe Vorgang beim Brennen der fertigen Steine abspielt und es hier nur nötig ist, das Feuer in der ersten Zeit sehr langsam und vorsichtig zu steigern.

Die Kalkmilch wird in der Nähe der Koller zurechtgemacht, an einer Stelle des Kollerhauses, an der sich ein Hahn der Wasserleitung befindet. Man benutzt hier eine Reihe von quer durchgeschnittenen früheren Petroleum- usw. Fässern, welche so groß sein müssen, daß eine Faßhälfte jedesmal die für eine Mischung nötige Kalkmilch enthält, und rechnet für jeden Koller 3 solche Fässer, welche der Reihe nach benutzt werden, so daß der Kalk jedesmal die zur vollständigen Auflösung genügende Zeit findet.

Die für eine Mischung nötige Menge gebrannten oder trocken abgelöschten Kalkes wird genau abgewogen, in dem Faß mit der nötigen Wassermenge vermischt und das Ganze gut durchgerührt. Auf einigen Werken nimmt man hierzu durch eine Dampfschlange bis zum Kochen erhitztes Wasser, weil sich der Kalk in diesem schneller lösen soll als in kaltem. Da aber bei der Vereinigung des Kalkes mit dem Wasser an sich schon eine bedeutende Wärmeerhöhung stattfindet, scheint die Verwendung von vorher zum Kochen erhitztem Wasser überflüssig zu sein.

Bevor die so hergestellte Kalkmilch benutzt wird, muß sie sorgfältig von in dem gebrannten Kalk enthaltenen Verunreinigungen, welche sich zu Boden setzen, und von ungelösten Kalkteilchen abgefüllt werden. Es ist vorteilhaft, die Milch zu diesem Zweck durch ein feines Sieb mit 25 Maschen auf den qcm zu gießen und sie erst dann zur Verarbeitung zu verwenden, weil, wie bereits erwähnt, ungelösch oder ungelöst gebliebene Kalkteilchen, die in den Quarzkalkstein gelangen, denselben später zerstören.

Einige Werke löschen den Kalk in zementierten Gruben sorgfältig ab, um ihn hier längere Zeit absetzen zu lassen. Man benutzt dazu 3 Gruben, von denen die eine frisch gefüllt wird, die zweite absitzt, und der Inhalt der dritten zur Verarbeitung fertig ist. Das Wasser läßt man so lange verdunsten, bis der Kalk als eine butterartige Masse abgestochen

werden kann. In diesem Zustande enthalten 6 Teile der Masse 2 Teile Ätzkalk. Sie wird in eiserne Tragmulden gefüllt und gleichmäßig auf die unter dem Koller vorgemahlene Quarzmenge verteilt. Gleichzeitig mit der Kalkmilch wird auch der Zusatz von Silikanit der Quarzmasse beigefügt. Zur Erzielung eines ununterbrochenen Betriebes arbeitet man gleichzeitig mit wenigstens 2 Kollern.

Nachdem der Mischkoller von der vorhergegangenen Beschickung befreit ist, wird die für die folgende abgemessene Menge Quarzit allmählich aufgegeben und gleichmäßig auf den Teller verteilt. Nach einiger Zeit des Mahlens fügt man die entsprechende Menge Kalk hinzu und läßt nun die Koller so lange arbeiten, bis die Mischung eine gleichmäßige geworden ist, die Quarzteile genügend zerkleinert sind, und eine Probe sich als handgerecht zum Formen erweist. Ist dies der Fall, dann öffnet man den Schieber an der Außenwand des Tellers, senkt das bis dahin frei schwebende Scharrwerk, und die fertige Mischung wird bei den weiteren Drehungen des Tellers durch die Ausstreichmesser des Scharrwerkes aus dem Koller heraus in die davor stehende Karre oder den Wagen befördert und nach dem daneben liegenden Formraum gefahren oder diesem durch ein Förderband zugeführt.

Die beiden Mischkoller arbeiten abwechselnd, so daß der eine beschickt wird, während die Mischung auf dem anderen fertiggestellt wird.

Zur Bedienung der Quarzwäsche sind 2 Mann erforderlich, welche die Quarzitstücke vorschlagen, sie nach der Wäsche fahren und in den Einwurfstrichter derselben abstürzen. Am Steinbrecher ist 1 Mann tätig; er rückt den Antrieb der Wäsche ein und aus, so daß der Steinbrecher jedesmal einen darunter stehenden Wagen füllt, und fährt den gebrochenen Quarzit in das Kollerhaus an die Koller oder auf den Lagerplatz. Je 2 Mischkoller werden von 2 Arbeitern gemeinschaftlich bedient, welche die Kalkmilch zurecht machen, den Quarzit auf den Koller geben, die Kalkmilch hinzufügen und die Arbeit der Koller sowie das rechtzeitige Abholen der fertigen Mischung überwachen. Zur Erreichung des gleichmäßig fortgehenden Betriebes werden diese Arbeiter nach der Leistung der Koller, welche durch die Zahl der Mischungen leicht festgelegt werden kann, und im Gedinge für je 1000 kg des verarbeiteten Quarzits bezahlt, und bilden so eine gemeinschaftlich arbeitende Abteilung.

Der neben dem Kollerhause liegende Formraum hat eine länglich viereckige Form, mit den nötigen Ausgängen an den beiden Längsseiten, und Oberlicht. Die Mitte des Fußbodens wird in seiner ganzen Länge durch die Trockendarre für die geformten Steine eingenommen. An der einen Längswand neben der Darre, durch Türen in Verbindung mit dem Kollerhause, befinden sich die Arbeitsplätze für die Handformer, Auf der gegenüberliegenden Seite bleibt nötigenfalles ein Gang frei, auf dem



die trockenen Steine, welche nicht sofort in die Öfen eingesetzt werden können, von der Trockendarre abgesetzt werden, damit diese stets für die frisch geformten Steine freigehalten werden kann. Der nicht von der Darre eingenommene Formraum wird vorteilhaft mit einem Fußboden aus Zement versehen, weil dieser in der Wärme am dauerhaftesten ist und am leichtesten gereinigt werden kann.

Die Handformer holen die Masse von den Mischkollern ab und bringen sie entweder auf ihren Arbeitstisch oder lagern sie auf dem Fußboden an der Wand hinter den Arbeitsplätzen.

Das Formen der Steine geschieht durch Handstrich oder durch Pressen in Maschinen. Die Hände der Former müssen durch Handschuhe gegen die ätzenden Einwirkungen der Kalkmilch geschützt werden.

Durch Handstrich werden die größeren und die Formsteine hergestellt, welche nicht mit der Drehtischpresse angefertigt werden können. Dies geschieht auf Tischen, auf einer Unterlagsplatte von gehobeltem Gußeisen und in Formen aus Flacheisen. Da die Quarzkalksteine beim Brennen wachsen, müssen die Formen dementsprechend, rd. 3%, kleiner sein als der fertige Stein. Die Masse wird mit einer Handschaufel in die Form geschöpft, mit der Hand festgedrückt und dann mit einem mit Blech beschlagenen Holzschlegel eingeschlagen. Die überflüssige Masse wird mit einem linealartigen Streicheisen abgestrichen und die Oberfläche des Steines in der Form geglättet. Hierauf bedeckt man die Form mit einem Plättchen aus Eisenblech, auf welchem später der fertige Stein nach der Trockendarre abgetragen wird, dreht das Ganze um, glättet nun die nach oben gekehrte vorher untere Seite des Steines, hebt darauf unter leisem Klopfen die Form ab, und der auf dem Blech liegende fertige Stein wird dann mit der Unterlage auf die Trockendarre gelegt.

Bei der Anfertigung kleiner Formsteine gibt man der hierfür aus Holz hergestellten Form einen Boden, damit die Steine an der unteren Seite nicht bauchig werden. Die Form wird mit reinem Sand ausgestreut, und der Boden ist mit kleinen Luftlöchern versehen, weil sich der Stein sonst nicht aus der Form löst.

Für die Herstellung großer Steine und größerer Formsteine benutzt man starke Holzformen, die mit Öl ausgestrichen werden, und formt die Steine auf dem Fußboden. Über die eigentliche Form setzt man einen mehrere Zentimeter hohen Aufsatz und stampft das Ganze mit Masse aus. Dies geschieht mit eisernen Stampfern von den Ecken und Seiten ausgehend nach der Mitte der Form zu und muß kräftig und gleichmäßig geschehen, damit der Stein gleichmäßig dicht wird. Nach dem Entfernen des Aufsatzes wird die überflüssige Masse abgestrichen und die Oberfläche mit dem Streicheisen geglättet.

Nach längerem Stehenlassen bemerkt man auf der Oberfläche frisch geformter größerer Steine kleine Erhebungen, hervorgerufen durch Luftblasen, welche mit einer Nadel aufgestochen werden müssen, damit die Luft daraus entweichen kann. Danach werden diese Stellen wieder geglättet.

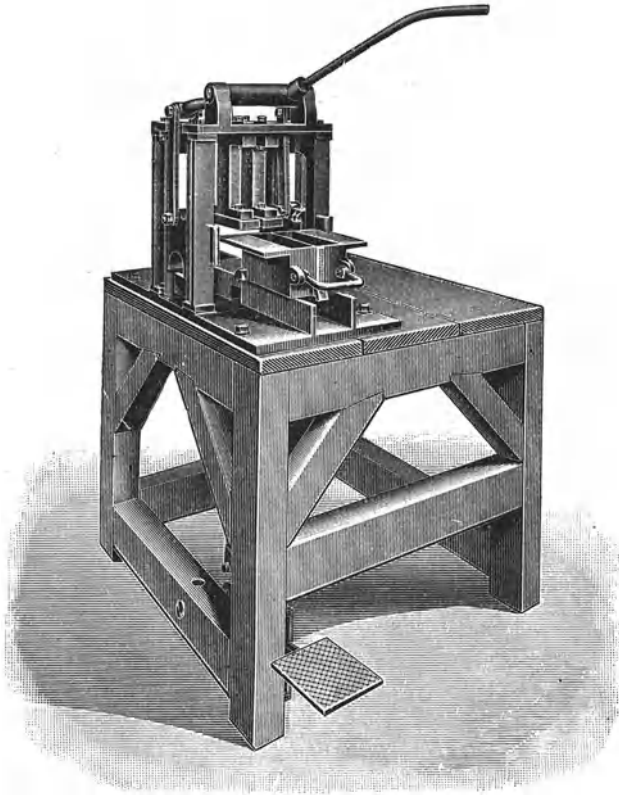


Abb. 10. Handpresse der Firma Louis Soest & Co., Reisholz bei Düsseldorf, zur Herstellung von Quarzkalksteinen.

Nachdem ein großer Stein einige Stunden lang in der Form gestanden hat, löst man ihn durch leichte Hammerschläge von derselben und hebt sie vorsichtig ab. Sobald der Stein genügend erhärtet ist, muß er, um gleichmäßig zu trocknen, von Zeit zu Zeit, mindestens einmal am Tage, auf eine andere Seite gelegt werden. Damit die Kanten beim Umwenden geschont werden, lagert man solche Steine am besten auf einer dichten Unterlage von feinem Sand. Beim Handstrich arbeitet ein Former gewöhnlich ohne weitere Hilfe allein und verarbeitet je

nach seiner Geschicklichkeit in 8 Stunden ungefähr bis 2 t Formmasse; daneben setzt er die am Tage vorher geformten Steine von der Darre ab, um so Raum für die frischen zu schaffen.

Für die Herstellung von kleineren Steinen durch Maschinen benutzt man durch Hebeldruck wirkende Handpressen, s. Abb. 10. Diese bestehen aus einem Rahmengestell, welches im unteren Teile wagerechte Führungsleisten für den darauf ruhenden Preßkasten trägt. Die Unterkante der Preßkästen befindet sich in Tischhöhe. An beiden Seiten sind die Führungsleisten soweit verlängert, daß der Preßkasten hervorgezogen und abgehoben werden kann. Der obere Teil des Rahmens trägt die genau senkrecht geführten Preßstempel, welche durch einen Hebel auf- und abwärts bewegt werden können. Es sind zwei Preßkästen nötig, welche zwei auf der schmalen Längsseite hochkantig liegende Steine gleichzeitig enthalten. Der Former arbeitet mit zwei Jungen gemeinschaftlich. Die Masse wird auf dem Fußboden hinter dem Former in einer dünnen Schicht ausgebreitet und hier noch einmal tüchtig durchgeschaufelt und festgeschlagen. Der Former hat den Preßkasten, in welchem die beiden Steine auf der schmalen Längsseite liegend geformt werden, auf einem Tischchen neben der Presse auf einem Unterlagsblech liegen und streicht sie mit Öl aus. Unterdessen sticht ein Junge mit der Schaufel von der auf dem Fußboden liegenden Masse eine für zwei Steine genügende Menge ab, die kräftig in den Formkasten eingeworfen wird. Nachdem die Masse hier eingedrückt und die Oberfläche mit dem Streicheisen geglättet ist, bringt der Former den Preßkasten mit dem darunter liegenden Blech unter die Preßstempel, und der zweite ihm gegenüberstehende Junge übt durch Bewegung des Hebels den pressenden Druck auf die Steine aus. Nach dem Rückgang der Preßstempel schiebt der Former den Preßkasten diesem Jungen zu, der den Kasten abzieht, ihn dem Former wieder zur Hand setzt und die fertigen Steine auf ihrer Unterlage nach der Trockendarre trägt. Eine derartige Handpresse liefert in 8 Stunden 1500 Steine je 3,2 kg; 2 Stunden sind täglich nötig, um die am Tage vorher gepreßten Steine von der Trockendarre abzusetzen. Die so hergestellten Steine stellen sich bedeutend billiger als Handstrichsteine; die Presse übt aber nur einen einseitigen Druck von 15 mm Höhe aus, und deshalb sind die mit der Hand kräftig geschlagenen Steine gleichmäßiger und im Gefüge dichter. Aus dem Grunde ist die Benutzung derartiger Pressen nur für Steine zweiter Güte zu empfehlen.

Für die Anfertigung von Steinen in gewöhnlichen Formen und in größerer Menge ist es vorteilhafter, sich eines Formtisches mit festliegender Form und beweglicher Bodenplatte zu bedienen, den man sich leicht herstellen kann und wie er auch zur Herstellung von Schamottesteinen benutzt wird. Die Form ist hier nach unten offen und

trägt an ihrer unteren Seite einen nach innen vorspringenden Rahmen, auf dem die an der unteren Seite mit einem Handgriff versehene Bodenplatte liegt. Es wird jedesmal nur ein Stein, und zwar auf der größten Fläche liegend hergestellt. Über der Form bewegt sich eine am oberen Ende in Scharnieren schwingende schwere Holzplatte, welche an der unteren Seite mit Blech beschlagen ist und an dem dem Former zugewendeten losen Ende kräftige Handgriffe besitzt. Zur Bedienung sind auch hier ein Mann und zwei Jungen nötig. Der eine Junge sticht wieder von der am Fußboden vorbereiteten Masse eine für einen Stein genügende Menge ab und wirft sie in die mit Öl ausgestrichene Form. Der Former schlägt nun die Masse mit einigen kräftigen Schlägen der Holzplatte in der Form fest, stellt die Schwinde dann aufrecht, streicht die über die Form herausstehende Masse mit dem Streicheisen ab und glättet die Oberfläche des Steines. Hierauf tritt er mit dem Fuße auf einen unter dem Tisch befindlichen Hebel, wodurch der fertige Stein mit der Unterlagsplatte aus der Form gehoben wird. Der zweite Junge faßt den Handgriff der Unterlagsplatte, bedeckt den Stein, ohne ihn zu drücken, mit einem Blech, dreht ihn herum und legt ihn so mit der schmalen Längsseite auf das Abtrageblech, wobei er die Bodenplatte der Form vorsichtig abzieht. Auf einem Abtrageblech werden immer mehrere Steine vereinigt und dann nach der Trockendarre getragen.

Die Tagesleistung eines derartigen Formtisches, den man auch Schlagpresse zu nennen pflegt, ist nicht so groß wie die einer Presse, kann aber doch mit geschickten Arbeitern auf 1200 Steine gebracht werden. Da die Steine aber flach geformt und kräftig geschlagen werden, stehen sie in der Güte denen des Handstriches nicht nach, und deshalb ist diese Herstellung der durch die Hebelpresse vorzuziehen.

Die Ausnutzung der Trockendarre, bei der sie nur mit einer Lage Steine bedeckt wird, welche täglich abgesetzt werden müssen, ist nicht wirtschaftlich. Wenn die Quarzkalksteine erfahrungsgemäß möglichst schnell getrocknet werden sollen, so ist doch zwischen einem in einem Tage getrockneten Stein und einem anderen, der vielleicht zwei Tage zum Trocknen gelegen hat, kein Unterschied zu sehen. Man kann deshalb die strahlende Wärme der Trockendarre vorteilhafter ausnutzen, indem man die Steine nicht ausschließlich darauf, sondern auch in darüber stehenden Trockengerüsten ablegt. Diese fertigt man aus Winkel- und Flacheisen in Form von Doppelgerüsten an, welche so hoch gewählt werden, daß darin 10 Lagen Steine übereinander abgelegt werden können. Jeder Arbeitstisch bzw. jede Presse erhält so viel Gerüste zugeteilt, daß darin die Erzeugung von 2 bis 3 Tagen abgelegt werden kann. Zwischen den einzelnen Gerüstreihen bleiben genügend breite Gänge frei, daß man mit Karren oder Wagen in ihnen fahren und die Steine so aus den Gerüsten nach den Öfen befördern kann.

Auf diese Weise wird die Tagesleistung der Handformer vergrößert, da die Zeit, welche sonst zum Abtragen der trockenen Steine von der Trockendarre und zum Absetzen in dem daneben befindlichen Gang gebraucht wird, fortfällt und zum Formen benutzt werden kann; die Wärme der Trockendarre wird besser ausgenutzt, indem 10 Reihen Steine übereinander liegen und gleichmäßig von der warmen Luft umspült werden, und schließlich werden die Steine erst in die Hand genommen, wenn sie nach dem Ofen befördert werden, und die beim Abtragen von der Trockendarre und dem Aufstapeln stets entstehenden Verluste und Beschädigungen fallen fort. Durch das alles machen sich die verhältnismäßig niedrigen und nur einmaligen Anschaffungskosten für die Trockengerüste in kurzer Zeit bezahlt, auch kann dadurch der Formraum und die Trockendarre entsprechend kleiner angelegt werden.

Die bisher beschriebene Arbeitsweise der Formerei ist der Vollständigkeit wegen erwähnt. Abgesehen von der Herstellung großer und solcher Steine, welche ihrer Form halber nicht mit der Drehtischpresse angefertigt werden können, wird in dieser Art und mit den geschilderten Einrichtungen nur noch in älteren oder kleineren Betrieben gearbeitet, wo die tägliche Erzeugung nicht so groß ist, daß sie mit einer neuzeitlichen Presse hergestellt werden kann. In den neueren und größeren Werken ist man, soweit es die Form der Steine gestattet, dazu übergegangen, sich von der Handformerei unabhängig zu machen und die Steine in größeren Mengen von ungelerten Arbeitern und trotzdem in besserer Güte mit Hilfe der auf S. 45 beschriebenen Drehtischpresse herzustellen.

Der Formraum mit der darin befindlichen Trockendarre zerfällt hier in zwei Teile. In der einen, kleineren Hälfte befinden sich die Arbeitsplätze für die Handformer, welche ihre Steine je nach der Größe entweder auf der Trockendarre selbst oder in darauf stehende eiserne Trockengerüste ablegen. Auf der anderen Seite des Formraumes befindet sich an die Haupttransmission des Kollerraumes angeschlossen zunächst die Drehtischpresse so gestellt, daß ihre Füllvorrichtung, die Verteilungspfanne, am bequemsten von dem Kollerraume aus erreicht werden kann. In der nächsten Nähe der Stelle des Tisches, von welcher die fertig gepreßten Steine abgenommen werden, steht das auf S. 46 beschriebene Drehgestell. Die zu diesem und zu den auf S. 47 erwähnten Ziegelwagen mit selbsttätiger Ablegevorrichtung passend angeordneten eisernen Trockengerüste stehen auf dem übrigen Teil der Trockendarre. Die Bedienung der Presse ist außerordentlich einfach und erfordert nur 2 Arbeiter. Der eine holt die vor dem Koller in einer davorstehenden, auf niedrigen Rädern laufenden Wagen ausgestrichene Formmasse ab, fährt sie neben die Presse und füllt die Formmasse mit der Schaufel allmählich in die Füllpfanne. Die Formmasse kann auch selbsttätig

durch ein Förderband vom Koller aus der Füllpfanne der Presse zugeführt werden. Durch den Auslauf derselben wird durch das Rührwerk die für einen bzw. zwei Steine gebrauchte Formmasse in den darunter stehenden, nach Senkung des Preßstempels aufnahmebereiten Formkasten gefüllt. Die darauf folgende Bewegung des Tisches führt den Formkasten unter den Preßholm, wo der Stein durch eine langsame Aufwärtsbewegung des Stempels gepreßt wird. Die nächste Bewegung des Tisches stellt den Formkasten über die Ausstoßvorrichtung, welche den Preßstempel mit dem darauf ruhenden Stein so weit hebt, daß die Oberfläche des Stempels auf die Höhe der Tischplatte zu stehen kommt. Bei den weiteren Bewegungen des Tisches bleibt der Stein hier so lange liegen, bis ihn der zweite Arbeiter abzieht und auf die Unterlagsbleche des Drehgestelles ablegt. Aus diesem werden die Steine in der auf S. 46 ff. beschriebenen Weise durch den Ziegelwagen mit selbsttätiger Ablegevorrichtung abgehoben und in die Trockengerüste, sowie nach dem Trocknen von hier in den Ofen befördert.

Auf der Drehtischpresse werden die Steine flach liegend gepreßt. Sie erhalten dabei einen gleichmäßiger durch ihren Körper verteilten Druck als die auf den schwächeren Pressen hochkantig geformten und damit ein dichteres Gefüge. Die Presse kann mit Leichtigkeit in 8 Stunden 6400 bis 8000 Quarzkalksteine in normalen Größen und im Gewicht von 23 bis 28 t erzeugen und übertrifft mit dieser Leistung die jeder anderen Presse bei gleicher Güte der Steine.

Die beim Formen und Trocknen der Steine entstehenden Abfälle werden gesammelt, in kleinen Mengen den Mischungen unter dem Koller zugesetzt und so wieder nutzbar gemacht.

Die Former arbeiten im Gedinge, die Handformer einzeln, die zu einer Presse gehörenden Leute gemeinschaftlich, bzw. werden hier die Hilfsarbeiter im Tagelohn bezahlt. Der Lohn für gewöhnliche Steine in rechtwinkligen Formen wird für 100 Stück, der für größere oder für Formsteine für 1000 kg gebrannter Steine festgesetzt.

Die ungebrannten Quarzkalksteine werden durch die Berührung mit der gewöhnlichen feuchten Luft schnell mürbe und bröcklig, man läßt sie deshalb so lange im Trockenraum liegen, bis sich eine genügende Menge angesammelt hat, um damit einen Ofen schnell hintereinander besetzen zu können.

Ebenso achtet man darauf, einen ausgefahrenen Ofen schnell wieder zu besetzen, um Wärmeverluste des leer stehenden Ofens nach Möglichkeit zu vermeiden.

Ferner ist zu beachten, daß Quarzkalksteine eine bedeutend längere Zeit zum Brennen und Abkühlen im Ofen verbleiben müssen als Schamottesteine, weshalb für eine gleiche Leistung eine entsprechend größere Zahl von Öfen bzw. von Ofenkammern vorhanden sein muß. Als die

geeignetste Größe der Einzelöfen hat sich eine solche für einen Inhalt von 80–100 t gebrannter Steine ergeben.

Zur Beförderung der trockenen Formsteine aus dem Formraum nach den Brennöfen benutzt man gewöhnliche eiserne Handwagen, welche an den Stirnseiten und am Boden mit Brettern ausgeschlagen sind. Um die gegenseitige Reibung während der Beförderung zu verhindern, legt man Filzdecken zwischen die einzelnen Lagen der Steine. Die Räder der Wagen sind am besten mit flachen Laufkränzen versehen, damit sie den Fußboden im Trockenraum nicht beschädigen. Im Freien läßt man sie bis in die Öfen auf den leicht verlegbaren Güntnerschen Geleisen laufen, welche den Rädern eine genügend kräftige Unterlage bieten und leicht beliebig nach den einzelnen Öfen gelegt werden können. Diese Geleise bestehen aus 2 Fahrbahnen aus Flachstahl, die durch Flacheisen miteinander verbunden sind. Die Außenränder der Fahrbahn tragen einen angewalzten Wulst, durch den das Ausweichen der Wagen verhindert wird.

Wo man mit Ziegelwagen mit selbsttätiger Ablegevorrichtung arbeitet, vollzieht sich der gesamte Verkehr vom Drehgestell ab bis zu den Öfen auf Schmalspurgleisen, auf denen dann auch die Wagen zur Beförderung der Formsteine u. a. laufen.

Nachdem man sich davon überzeugt hat, daß die Sohlkanäle der Einzelöfen gereinigt und in gutem Zustande sind, beginnt man mit dem Einsetzen an der der Tür gegenüberliegenden Wand mit Steinen von geringerer Güte (oder von Schamottesteinen), indem man die Sohlkanäle der Länge nach rechtwinklig besetzt, so daß immer 2 Steine nebeneinander gelegt werden und dann der für den Abzug der Heizgase nötige Zwischenraum frei bleibt. Die zweite Steinlage setzt man mit den nötigen Zwischenräumen rechtwinklig zur ersten; die dritte Lage wird geschränkt gesetzt, die vierte Lage ebenfalls, aber nach der anderen Richtung geschränkt. Von da ab können Steine erster Güte gesetzt werden bis zu den Widerlagern immer abwechselnd nach rechts und links geschränkt. In den oberen Teil des Ofens, in dem die höchste Wärme herrscht, setzt man die größeren bzw. die Formsteine. Vor die Feuerungen setzt man eine Schicht Ausschuß oder Schamottesteine und dann erst einige Lagen kleinere Quarzkalksteine, weil dort noch eine ungleichmäßigere Wärme herrscht und größere Steine in der Stichflamme leicht reißen. So wird der Ofen bis zum Gewölbe besetzt, und das Einsetzen schreitet allmählich bis zur Tür vor. Um die Steine vor Beschädigungen durch die in den höheren Lagen daraufstehenden Arbeiter zu schützen, bedeckt man sie so lange mit Laufbrettern. Da sie im Feuer wachsen, müssen sie mit dem nötigen Abstände von der Ofenwand und -decke gesetzt werden, damit sie diese nicht zersprengen oder sich untereinander zerdrücken; auch muß die Flamme zwischen

dem Einsatz und dem Ofengewölbe einen genügenden Raum finden, um sich ausbreiten und sich gleichmäßig verteilen zu können. Ist das Einsetzen in dieser Weise bis rd. 1,25 m nach der Tür zu fortgeschritten, so läßt man in dem dieser zugewendeten mittelsten Stoß in der Höhe von rd. 1,5 m über der Ofensohle einen kleinen wagerechten Kanal frei, an dessen innerem Ende die zur Beobachtung der Brennwärme dienenden Segerkegel aufgestellt werden. Ist dann der Ofen voll besetzt, so wird eine mit der inneren Wand abschließende Tür aus feuerfesten Steinen aufgebaut und dicht mit feuerfestem Mörtel beworfen und verschmiert. In einem Abstände von rd. 25 cm davor mauert man schließlich die äußere sog. Schildtür auf. Durch beide Türen geht ein Tonrohr, welches die Verlängerung des Kanales mit den Segerkegeln nach außen bildet und dort durch einen aus Formmasse gebildeten losen Pfropfen verschlossen wird.

Das Ausfüllen des Zwischenraumes zwischen den beiden Türen mit Sand ist überflüssig.

Das Anfeuern des Ofens beginnt sofort nach Beendigung des Einsetzens; es muß langsam und vorsichtig geschehen. Man unterhält zuerst rd. 24 Stunden lang ein schwächeres Feuer, anfangs bei offenen Feuertüren; danach kann es schnell verstärkt und in kurzer Zeit bis zum Vollfeuer gesteigert werden. Letzteres unterhält man so lange, bis die eingesetzten Segerkegel geschmolzen sind.

Grundbedingung für ein richtiges Brennen der Quarzkalksteine ist schnelles Garbrennen und langsames Abkühlen.

Verfügt man über eine genügend große Zahl von Einzelöfen, so kann man während der Brenndauer des einen, aber nur während dieser, seine Abhitze nach dem folgenden Ofen leiten und hier erst den Einsatz vorwärmen, bevor man die Gase zum Kamin abführt. Dadurch fällt dann bei dem zweiten Ofen usf. die Vorwärmezeit durch unmittelbares Befeuern fort und der Kohlenverbrauch dieser Öfen wird bedeutend erniedrigt.

Nach Beendigung des Garbrandes werden die Feuer gelöscht, die Feuertüren und die Schieber nach den Abzugskanälen geschlossen, die Öffnungen vor den Aschenfällen der Feuerungen vermauert, und sämtliche sonstigen Öffnungen und Fugen, durch welche kalte Luft in den Ofen strömen könnte, sorgfältig verschmiert. Der Ofen bleibt dann so lange stehen, bis die Abkühlung im Innern so weit fortgeschritten ist, daß man ohne Gefahr für den Einsatz die Türen langsam lüften kann.

Von dem Fortschreiten der Abkühlung überzeugt man sich nach längerer Zeit durch Probenehmen einiger Steine durch die Öffnungen in der Decke des Ofens, welche sonst während des Abkühlens natürlich ebenfalls fest verschlossen gehalten werden müssen. Wenn während des Abkühlens auf irgendeinem Wege zu frühzeitig kalte Luft in das



Innere des Ofens gelangt, hört man dort fortwährend ein leises helles Klingen, wobei die noch zu heißen Steine durch kleine, meist unsichtbare Risse gesprengt, klapprig und für die weitere Benutzung unbrauchbar werden.

Ist die Abkühlung genügend weit fortgeschritten, so öffnet man allmählich die Türen der Feuerungen und die Ofentüren, worauf mit dem Ausfahren der Steine begonnen werden kann.

Das Ein- und Aussetzen der Öfen wird von denselben Arbeitern vorgenommen, denen diese Arbeit im Gedinge für den Ofen oder besser für die Tonne gebrauchsfähiger Steine übertragen wird. Für einen Ofen von 100 Tonnen Ausbringen braucht man 4 bis 5 Mann, welche die Steine von dem Trockenraum bis in den Ofen und später aus dem Ofen bis zum Lagerplatz bzw. bis in den Waggon zu bringen haben, und 4 Ein- bzw. Aussetzer im Ofen selbst.

Zum Brennen sind 2 Feuerleute für jede Schicht erforderlich, welche die Kohlen herbeifahren und die Feuerungen bedienen. Sie arbeiten ebenfalls am richtigsten im Gedinge und werden nach dem Gewichte der gebrauchsfähig gut gebrannten Steine bezahlt, oder man gibt ihnen einen festen Lohn für die Schicht und daneben eine Belohnung für das Einhalten eines bestimmten niedrigsten Verbrauches an Brennstoffen.

Das Einsetzen der Quarzkalksteine im Kammerringofen und im Gaskammerofen geschieht in derselben Weise wie im Einzelofen, nur müssen die Steine entsprechend den Feuerungen bzw. dem Gaseintritt an der Zwischenwand der Ofenkammern so gesetzt werden, daß die Feuergase die Ofenkammer in der Längsrichtung des Ofens durchziehen können, und sie werden deshalb dieser gleichliegend so gesetzt, daß ihre Hauptflächen von den Feuergasen bestrichen werden.

Beim Kammerringofen mit Rostfeuerung wird die Kohle von der Ofendecke aus durch die Schüttlöcher auf die Roste gegeben und das Feuer von den in der Außenwand des Ofens befindlichen Stoßlöchern aus mit Schürstangen geregelt. Die Reinigung des Rostes von den Schlacken und der Asche sowie die Abfuhr derselben geschieht, nachdem die fertig gebrannten Steine aus der Kammer ausgefahren sind. Am einfachsten vollzieht sich natürlich das Brennen der Steine im Gaskammerofen. Wenn hier die im Feuer befindliche Kammer gargebrannt ist, werden ihre Gaszuführungsventile geschlossen und die der folgenden Kammer geöffnet, worauf sich die Gase hier an dem bereits auf helle Rotglut vorerwärmten Einsatz entzünden. Gleichzeitig wird die nächste vor dem Vorfeuer befindliche Kammer an den Rauchsammler angeschlossen.

Das Brennen der Quarzkalksteine ist wegen der dabei eintretenden physikalischen Änderungen des Quarzes der wichtigste Teil ihrer Her-

stellung. Wir haben gesehen, daß die kristallinen Quarzteilchen des Quarzites sich allmählich aus  $\alpha$ -Quarz über  $\beta$ -Quarz in Tridymit umwandeln. Die Umwandlung erfolgt langsamer, wenn — unter dem Mikroskop gesehen — die Quarzindividuen des Quarzites größer, schneller, je kleiner sie sind, und wenn diese Umwandlung auch während des erstmaligen Brennens des Quarzkalksteins noch lange nicht beendet ist, so tritt hier doch bereits der größte Teil seiner Raumvermehrung, des Wachsens ein. Dies geschieht bereits in den Wärmestufen zwischen 500 bis 900° C. Deshalb ist es nötig, das Anwärmen der zu brennenden Steine und die Steigerung der Erwärmung bis ungefähr auf 1000° C sehr langsam und allmählich vorzunehmen, weil sonst die Auslösung der in den einzelnen Quarzkörnern vorhandenen Spannung zu stürmisch eintritt und zerstörend auf das Gefüge der Steine einwirkt. Wenn die Quarzkalksteine in Einzelöfen gebrannt werden, beschickt man die Feuerungen zuerst mit einem milder wirkenden Brennstoff, wie z. B. mit Braunkohlenbriketts, oder läßt die Feuertüren noch mehrere Stunden lang offenstehen. Erst ganz allmählich geht man dann zur Feuerung mit Steinkohlen über, die man wieder ganz langsam bis zum Vollfeuer steigert. Ist dieses erreicht, dann kann der Ofeneinsatz schnell im Scharfffeuer fertiggebrannt werden. Die Beobachtung der Wärmesteigerung kann entweder durch Segerkegel oder durch das Wannerypyrometer vorgenommen werden, dem geübten Brenner genügt dazu natürlich das Auge. Beim Brennen der Quarzkalksteine in den verschiedenen Kammerringöfen müssen mindestens 5, besser 6 Kammern vor dem Feuer besetzt und durch die aus der im Vollfeuer stehenden Kammer abziehenden Heizgase vorgewärmt werden. Die Heizgase werden dann erst von der fünften bzw. sechsten Kammer vor dem Vollfeuer nach dem Rauchsammelkanal und durch diesen nach dem Kamin abgeleitet. Während die im Vollfeuer stehende Kammer abgebrannt wird, muß die weitere sechste oder siebente mit frischen Steinen besetzt sein. Der Einsatz der unmittelbar auf die im Vollfeuer stehenden folgenden Kammer ist durch deren Abhitze so weit erwärmt, daß sie, nachdem hier der Garbrand beendet ist, sofort in Vollfeuer genommen werden kann. Dies geschieht bei dem Kammerringofen mit Rostfeuerung durch Beschicken des Rostes mit Steinkohlen, bei dem Gaskammerofen durch Schließen der Gasventile an der abgebrannten und Öffnen derselben an der folgenden Kammer, wobei sich die Gase sofort an dem bereits in hoher Glut stehenden Einsatz entzünden. In beiden Fällen wird das Verbindungsrohr zum Abführen der Abgase nach dem Rauchsammler auf die nächstfolgende besetzte Kammer gesetzt. In den ersten beiden auf das Vollfeuer folgenden Kammern wird der Einsatz durch die entsprechenden Heizgase bereits so hoch erwärmt, daß man sie als im Vorfeuer stehend bezeichnet, die Erwärmung der darauf folgenden bis zum

Anschluß an den Rauchsammler nennt man das „Vorschmauchen“. Weil die Quarzkalksteine nur sehr langsam und allmählich abgekühlt werden dürfen, muß noch eine größere Zahl von Kammern hinter dem Vollfeuer vor dem Zutritt kalter Luft geschützt und fest verschlossen gehalten werden. Die beiden Kammern unmittelbar hinter dem Vollfeuer befinden sich noch in hellerer und dunklerer Rotglut, dem Nachfeuer, in den weiter folgenden schreitet die Abkühlung immer weiter fort. Durch die vollständig abgekühlte Kammer, welche zum Ausfahren der Steine geöffnet ist, sowie durch die allmählich geöffneten Rauchabzugsöffnungen der beiden vorhergehenden, tritt die kalte Außenluft in diese Kammern und durchzieht von hier aus die sämtlichen weiteren bis zum Vollfeuer. Auf diesem Wege nimmt sie allmählich die Wärme des Einsatzes auf, kühlt diesen ganz allmählich ab und wird in den im Nachfeuer stehenden Kammern schließlich so hoch erwärmt, daß sie als Verbrennungsluft in die Rostfeuerung der im Vollfeuer stehenden Kammer eintritt bzw. im Gaskammerofen mit den aus dem Gaserzeuger zugeleiteten Gasen gemischt, deren Verbrennung herbeiführt.

In der nachstehenden Skizze ist der Betriebsgang eines Kammeringofens mit 20 Kammern schematisch dargestellt. Die Kammer 1 ist leer bzw. wird mit ungebrannten Steinen besetzt. Kammer 2 wird ausgefahren. Die Kammern 3 bis 10 sind abgebrannt und kühlen ab; die Kammern 11 und 12 stehen im Nachfeuer, 12 im Vollfeuer. Die kalte Außenluft tritt durch die Tür der Kammer 2 sowie durch die allmählich

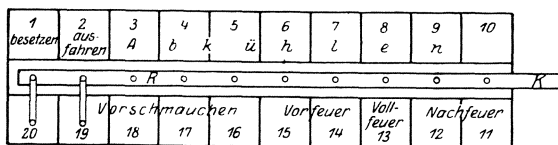


Schaubild 11. Betriebsgang eines Kammeringofens.

geöffneten Rauchabzugslöcher im Gewölbe der Kammern 3 bis 6 in den Ofen ein, durchzieht den Einsatz der folgenden Kammern und erwärmt sich an diesem allmählich immer höher, bis sie im Vollfeuer der Kammer 13 ihre Verwendung als Verbrennungsluft findet. Die Abhitze der Kammer 13 durchzieht dann die Kammern 14 und 15 als Vorfeuer, weiter die Kammern 16 bis 20 zum Vorschmauchen des Einsatzes, und wird hier durch die Abzugsöffnungen im Gewölbe der Ofenkammern und das darüber gesetzte Abzugsrohr nach dem Rauchsammler R, und weiter durch den Kaminkanal K nach dem Kamin abgesogen. Mit Rücksicht auf die große Kammerzahl, welche die Luft bzw. die Rauchgase zu durchziehen haben, muß der Kamin entsprechend hoch und kräftig wirkend angeordnet werden. Ein guter Zug ist die Seele des Ofenbetriebes, deshalb kann der Ringofenkamin niemals zu hoch sein, und er sollte nie weniger als 40 m Höhe haben.

Der Scharfbrand der Quarzkalksteine wird gewöhnlich bis zum Schmelzen des Segerkegel 14 = 1410° C geführt. Es ist aber zur Erzielung möglichst raumbeständiger Steine wichtiger, das Brennen bis zum Niederschmelzen des Segerkegels 15 = 1435° C und bis zum beginnenden Schmelzen des Kegels 16 = 1460° C zu steigern. Die Höhe des Brenngrades richtet man am zuverlässigsten nach der mikroskopischen Größe der Quarzkörper in dem verarbeiteten Quarzit und brennt Quarzkalksteine aus Quarziten mit einer geringeren Größe der Quarzkörner in einem niedrigeren Wärmegrade als solche, deren Mikrostruktur größere Quarzkörner zeigt. Auch Spotts Mc Dowell empfiehlt im Bull. of the Amer. Inst. of Min. Eng. 1916, S. 2025, die Überwachung des Brennens durch die Wannerypyrometer und die Untersuchung der Mikrostruktur der Quarzite. Die letztere sollte deshalb stets erst vorgenommen werden, wenn man einen bis dahin noch nicht verarbeiteten Quarzit zu beziehen beabsichtigt. Dowell hat dabei auch beobachtet, daß die Segerkegel nicht immer ganz zuverlässig sind, wenn sie nicht vorsichtig vor jedem anderen Einfluß als dem der Wärme, geschützt in den Ofen eingesetzt werden, indem sonst leicht höhere Kegelnummern vor den niedrigeren schmelzen, was mit anderen Beobachtungen übereinstimmt. Am einfachsten vollzieht sich der Brennvorgang im Tunnelofen. Nachdem hier die zum Garbrennen der Steine erforderliche Wärmehöhe und die Zeit, während welcher der Einsatz in der Brennkammer verweilen muß, ein für alle Male genau bestimmt ist, haben die Feuerleute weiter nichts zu tun, als unter sorgfältiger Beobachtung der Aufzeichnungen des selbstschreibenden Elektropyrometers das Feuer gleichmäßig in der vorgeschriebenen Stärke zu unterhalten und das rechtzeitige Auswechseln der Brennwagen zu veranlassen, wie es auf S. 56 bis 58 beschrieben ist.

Die fertig gebrannten und danach in sachgemäßer Weise genügend weit abgekühlten Steine werden schließlich in der allgemein üblichen Weise aus dem Ofen gefahren, worauf derselbe gesäubert und möglichst sofort wieder neu besetzt wird.

Die versandbereiten Quarzkalksteine müssen auf trockenem und geebneten, am besten gepflasterten Fußboden und durch ein Dach vor den Einflüssen der Witterung geschützt bis zu ihrer Verwendung aufgestapelt werden, weil sie etwas porös sind und im Freien lagernd leicht Wasser aufnehmen.

Die daraus hergestellten Öfen und Ofenteile müssen durch vorsichtiges, langsames Anwärmen sorgfältig ausgetrocknet werden. Wenn sie in Betrieb genommen werden, tritt durch die Einwirkung des Feuers eine weitere Raumvermehrung der Steine und damit verbunden eine Ausdehnung des Mauerwerkes ein. F. W. Rochow (Journ. of Ind. and Eng. Chemistry 1919, Nr. 12) hat festgestellt, daß die Raumzunahme

der in den Ofen eingebauten Quarzkalksteine bei der folgenden Erwärmung ungleichmäßig verläuft, indem das Wachsen der Steine bis zu einer Erwärmung von  $250^{\circ}\text{C}$  nur  $\frac{1}{2}\%$  beträgt; von  $250^{\circ}$  bis  $350^{\circ}$  ist das Wachsen besonders stark, indem es schnell von  $\frac{1}{2}\%$  bis  $3,75\%$  steigt. Danach verläuft die Wachstumskurve ziemlich gleichmäßig und allmählich ansteigend, indem sie von  $350^{\circ}$  bis  $1000^{\circ}$  nur von  $3,75\%$  auf  $5,5\%$  steigt. Es ist deshalb darauf zu achten, daß neu aus Quarzkalksteinen zugestellte Öfen möglichst langsam bis gegen  $500^{\circ}\text{C}$  hin angewärmt werden müssen, und daß das Feuer erst danach schneller gesteigert werden darf.

Als Mörtel zum Vermauern der Quarzkalksteine benutzt man vielfach reinen feinkörnigen Quarzsand mit einem geringen Zusatze von feuerfestem gemahlenen Ton, welche Mischung mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt wird. Dr. Lange empfiehlt a. a. O. den ungemischten, in der Natur vorkommenden Mörtelstoff, d. h. den Klebsand. Ich möchte die erstere Art mehr empfehlen, weil man sich da die geeigneten Rohstoffe auf der Baustelle mischen und so die Rohstoffe selbst, ihre gleichmäßige Zusammensetzung und ihre sorgfältige Mischung genau überwachen kann. An Stelle des Quarzsandes kann man auch vorteilhaft feingemahlenen amorphen Quarzit verwenden, wodurch die Güte des Mörtels der der Steine am nächsten kommt. Bei der Herstellung der Ofendecken und -gewölbe läßt man den Mörtel oft ganz fort und legt hier die Steine nur lose aneinander. Beim Anwärmen des Mauerwerkes dehnen sie sich langsam aus und bilden allmählich ein vollkommen festschließendes Gewölbe. Die Haltbarkeit der Öfen wird durch die Verwendung von Formsteinen an den Stellen, wo das Ofenmauerwerk weniger vollkommen aus Steinen in gewöhnlichen Formen hergestellt werden kann, z. B. an den Widerlagern, Türen und Deckengewölben, bedeutend erhöht.

Die Druckfestigkeit der Quarzkalksteine ist wegen des zu ihrer Herstellung verwendeten spröden Rohstoffes und wegen der geringeren Menge des Bindemittels nicht so hoch, wie z. B. die der Schamottesteine. Sie schwankt je nach der Herstellungsweise und Güte zwischen 90 und 170 kg/qcm. Die Beanspruchung der Steine auf Druckfestigkeit ist aber in den damit zugestellten Öfen keine hohe, sie wurde in einem Martinofen auf nur 12 kg/qcm festgestellt. Von besonderem Wert dagegen ist es, daß bei dem Quarz der Erweichungspunkt und der Schmelzpunkt erst in sehr hohen Wärmegraden und nahe beieinander liegen und daß die Quarzkalksteine deshalb auch in den sehr hohen Wärmegraden der metallurgischen Vorgänge beständig bleiben und nicht durch Erweichen zerstört werden. Aus diesem Grunde, und weil sie eine größere Wärmeleitfähigkeit besitzen und auch durch die in den gewaschenen Kohlen stets anwesenden Salze weniger angegriffen werden als die Schamottesteine, haben sie seit mehreren Jahren eine ausgedehntere Verwendung

zum Bau der Koksofenkammern gefunden. Die in größerem Maße und während längerer Zeit damit vorgenommenen Versuche sind nach Dr. Enzenauer u. a. (Stahl und Eisen, 7. X. 1920, S. 1326ff.) von so günstigem Erfolge gewesen, daß die Quarzkalksteine zum Bau der Koksofen und auch zum Bau der Retortenöfen in den Gasanstalten eine gegen früher sehr ausgedehnte Verwendung finden und die bisher hier hauptsächlich benutzten Quarzschamottesteine und reinen Schamottesteine in absehbarer Zeit sehr weitgehend verdrängen werden.

Wenn man diese wertvollen Eigenschaften der Quarzkalksteine berücksichtigt und nach Puppe, „Erfahrungen mit Märzöfen“ (Stahl und Eisen 1920, S. 1652) sieht, daß im Betriebe zweier Martinöfen für eine Erzeugung von über 80 500 t Stahl des einen Ofens nur im Mittel 2,6% vom Gewichte des Stahles und von über 106 500 t Stahl des zweiten Ofens nur im Mittel 1,8% vom Gewichte des Stahles an feuerfesten Stoffen gebraucht wurden, dann darf man diesen Verbrauch gegenüber der Wichtigkeit der feuerfesten Baustoffe, ohne welche diese Öfen überhaupt nicht arbeiten könnten, als einen außerordentlich geringen bezeichnen. Er entspricht ungefähr einem Werte von M. 10,00 gegenüber dem Werte von mehreren Tausend Mark für die Tonne Martin Stahl. Es würde deshalb sehr falsch sein, wenn die Hüttenleute die Erzeuger der feuerfesten Baustoffe nicht durch Bewilligung angemessener Preise in die Lage versetzen wollten, ihre Erzeugnisse aus den besten und wertvollsten Rohstoffen anfertigen zu können, weil sie sich damit nur am meisten selbst schädigen würden.

### E. Ersatzsteine für Quarzkalksteine.

Der durch seine besonderen Eigenschaften wertvollere amorphe Quarzit hat einen höheren Preis als die in der Natur in größeren Mengen vorkommenden kristallinen Quarzite. Man hat deshalb mehrfach versucht, durch eine besondere Verarbeitungsweise aus den letzteren oder aus reinem Quarzsand mit Kalkbindung, oder durch künstliche Beimengung amorpher Kieselsäure zu diesen billigeren Rohstoffen den aus den natürlichen amorphen Quarziten hergestellten Quarzkalksteinen gleichwertige feuerfeste Baustoffe herzustellen.

Im Jahre 1901 erhielt J. Horak unter Nr. 140 609 ein Patent, welches viel von sich reden machte. Danach sollte zur Herstellung von Quarzkalksteinen jeder Quarzsand tauglich sein, wenn er vor dem Brennen mit Ätzkalk vermischtem einem Härtingsprozeß in der bei der Kalksandsteinfabrikation üblichen Weise durch hochgespannten Wasserdampf unterworfen wird.

Über die Brauchbarkeit der so hergestellten Steine ist wenig bekannt geworden, und ein rheinisches Werk hat mit der Erzeugung keine gün

stigen Ergebnisse erzielt, auch hat Horak selbst die Herstellung bald wieder aufgegeben. Es war aber von Anfang an kaum anzunehmen, daß dies Verfahren eine bedeutende Umwälzung der bisherigen Erzeugungsweise der Quarzkalksteine zur Folge haben oder derselben wettbewerbsfähig sein würde. Die Maschinenanlage für die Kalksandsteinfabrikation, bestehend aus Dampfmaschinenanlage, Mischkoller, Presse und Härtekesseln, ist nicht billig, ermöglicht aber für gewöhnliches Baumaterial, das nicht weiter gebrannt werden braucht, eine gewinnbringende Erzeugung. Wenn aber dazu noch die zum Brennen der Steine nötige Ofenanlage mit ihren Ausgaben für Kohlen und Löhne kommt, dann ist trotz der Verwendung eines billigeren Rohstoffes kaum anzunehmen, daß die Selbstkosten der so hergestellten feuerfesten Kalksandsteine niedriger werden als die der nach dem sonst üblichen Verfahren angefertigten Quarzkalksteine.

Geradezu bedenklich ist es aber, daß Horak, wie in einer über das Verfahren herausgegebenen Anpreisung gesagt wurde, den Rohstoffen Flußmittel zusetzt, um dadurch die Sinterung der Steine beim Brande zu beschleunigen, während man doch sonst bei der Herstellung hochfeuerfester Steine peinlich darauf zu achten hat, nur Rohstoffe mit einem möglichst niedrigen Gehalt an Flußmitteln zu verwenden, durch welche die Feuerfestigkeit der Steine stets herabgesetzt zu werden pflegt. Auch kann wohl die Behauptung „Die Steine sind den besten feuerfesten Steinen ebenbürtig“ in ihrer allgemein gehaltenen Fassung nur mit Vorsicht aufgenommen werden. Man darf nicht alle saure und basische feuerfesten Stoffe so ohne weiteres in einen Topf werfen wollen.

Nach den angeführten Untersuchungen liegt der Schmelzpunkt der Steine bei Segerkegel 33; bis Kegel 17 erhitzt, zeigen sie eine lineare Ausdehnung von 2%, bei nochmaligem Erhitzen, wie hoch ist nicht gesagt, von 2,7%. Von den „besten feuerfesten Steinen“ pflegt man doch etwas andere Eigenschaften zu verlangen.

Für nur geringe Ansprüche an die Feuerfestigkeit stellende Verwendungszwecke, wie Dampfkesselmauerungen, werden solche Steine genügen; ob sie sich wegen ihrer sonstigen Eigenschaften im Betriebe von Kalkringöfen bewähren, dürfte schon zweifelhafter sein. Ihr Herstellungspreis wird sich bei richtiger Selbstkostenberechnung nicht allzu weit von dem der besten Quarzkalksteine entfernen; es ist aber keinesfalls daran zu denken, daß sie für die die höchsten Anforderungen an die Güte stellende Stahlwerks- und Glasindustrie in Frage kommen und hier einen Vergleich mit den dafür ausschließlich benutzten eigentlichen Quarzkalksteinen aus Quarzit und Kalk aushalten können.

Im Jahre 1907 erhielt Helmbach unter Nr. 200 639 ein Patent auf ein Verfahren zur Herstellung feuerfester Körper aus geblühtem Quarz

und Wasserglas. Sehr reiner Quarz sollte danach durch Waschen von den mechanisch anhaftenden Verunreinigungen befreit, gebrannt, gemahlen und mit einer 2proz. Wasserglaslösung gemischt werden. Als geeigneter Quarz wurde der von der Kaolinschlämmerei abfallende Quarzsand vorgeschlagen, von dem 2 Teile in gröberer mit 1 Teil in feinerer Körnung gemischt wurden. Aus der Masse sollten Steine in jeder Form und Größe angefertigt, ebenso sollten, ähnlich wie aus Beton, daraus Gewölbe für Öfen hergestellt werden können. Die Erzeugnisse erhärteten an der Luft, ohne zu schwinden, in wenigen Tagen zu einer steinharten dichten Masse, und sollten, ohne erst gebrannt zu werden, als feuerfeste Baustoffe Verwendung finden. Auf einem Hüttenwerke nach diesem Verfahren von dem Erfinder hergestellte Steine haben nur eine geringe Feuerfestigkeit gezeigt, so daß sie als Ersatz für Quarzkalksteine nicht verwendet werden konnten.

Im Jahre 1911 wurde Dr. Israel Schloßberg in Hamburg unter Nr. 258 683 ein Patent auf ein Verfahren zur Herstellung aus reinem Kieselsäureanhydrid (Quarz) bestehender säure- und feuerfester Körper erteilt. Danach hergestellte Steine wurden einige Zeit lang unter dem Namen „Durasteine“ in den Handel gebracht. Kristalliner Quarzit wurde hier mit kolloidaler Kieselsäure (ähnlich wie bei dem Helmbachschen Verfahren) und mit Kalkmilch gemischt, und die aus dieser Mischung geformten Steine wurden nach dem Kalksandsteinverfahren mit Dampf gehärtet. Um danach den zu hohen Kalkgehalt unschädlich zu machen, wurden die gehärteten Steine mit Kieselfluorwasserstoffsäure behandelt, wobei sich der Kalk in wasserlösliches Kieselfluorkalzium umwandelt, das dann durch Auslaugen mit Wasser entfernt wurde. Als ein besonderer „Vorzug“ dieses Verfahrens wurde hervorgehoben, daß die Steine porös werden. Nach einem zweiten Patente wurden die Steine zur Entfernung der Kieselfluorwasserstoffsäure nicht in Wasser oder Salzsäure ausgelaugt, sondern bis zur Austreibung auch des Fluorkalziums geglüht. Die so hergestellten Steine hatten den Schmelzpunkt des Segerkegel 34, sie waren aber sehr mürbe, so daß man einen mitten durchgeschlagenen Stein mit der Hand zerbröckeln konnte. Was ihre Gestehungskosten betrifft, so wird das darüber bei den nach dem Patent Horak hergestellten Steinen Gesagte hier noch in weiterem Maße zutreffen. Auch die Durasteine sind bald wieder verschwunden.

Während der Kriegsjahre konnten wegen des Mangels an Arbeitskräften nur geringe Mengen von amorphem Quarzit gefördert werden, und weil auch gleichzeitig die gelernten Arbeiter fehlten, konnten die feuerfesten Fabriken bei weitem nicht die gerade damals besonders viel gebrauchten guten Quarzkalksteine liefern. Um diesem Mangel schnell abzuhelfen, wurden wieder nach dem Kalksandsteinverfahren hergestellte



Steine unter dem Namen „Devasteine“ auf den Markt gebracht. Sie bestehen aus einem reinen kristallinen Quarzit, der gemahlen und mit gelöschtem Kalk vermischt zu Steinen gepreßt wird, die dann im Härtekessel durch hochgespannten Wasserdampf gehärtet werden. Das Verfahren hat den Vorzug, daß es vollkommen gleichmäßige und sehr sauber geformte Steine von großer Härte ergibt, welche in wenigen Tagen hergestellt werden und sofort versandbereit sind. Ihr Schmelzpunkt ist infolge der Reinheit des verarbeiteten Quarzites ein hoher und wird gleich dem der Segerkegel 33 bis 35 = 1730° bis 1770° C angegeben. Die Steine werden ungebrannt vermauert, und es heißt von ihnen: „Sie werden besonders bei den hohen Temperaturen der Martinöfen in kurzer Zeit auf die Höchsttemperaturen, welche dem Schmelzpunkte der reinen Kieselsäure sehr nahe liegen, gebracht. Sie haben deshalb kaum Zeit zur Umlagerung in Tridymit. Es vollzieht sich vielmehr an dem vorderen Teile des Steines, der den Feuergasen mehr oder weniger direkt ausgesetzt ist, Cristobalitbildung unter gleichzeitigem Einsetzen von Schmelzerscheinungen der Kieselsäure, gefördert durch die Feuergase mit sich führenden flüchtigen alkalischen metallischen Bestandteile. Ein Wachsen kommt unter solchen Umständen kaum in Frage. Der mittlere und hintere Teil des rohen Steines erhalten infolge der äußerst schlechten Wärmeleitung an den heißesten Stellen höchstens eine Temperatur von 1200° C, so daß sich dort nur sehr wenig Kieselsäure in Tridymit umlagert. Die absichtlich gewählte grobe Körnung des Steines trägt hierzu vorteilhaft bei.“ Diese Worte enthalten einige Unrichtigkeiten. Nicht die Kieselsäure lagert sich in Tridymit um, sondern die Mikrostruktur des  $\alpha$ -Quarzes wandelt sich unter dem Einflusse der Wärme in die des  $\beta$ -Quarzes, des Tridymites und Cristobalites (siehe S. 22). Bereits Endell hat (a. a. O.) darauf hingewiesen, daß sich die reineren kristallinen Quarzite in Cristobalit, die durch die akzessorischen Beimengungen etwas verunreinigten amorphen Quarzite dagegen in Tridymit umwandeln. Dies ist allerdings von nebensächlicherer Bedeutung. Mit der Umwandlung in Cristobalit ist aber nach Endells Feststellungen (a. a. O.) eine Volumenzunahme von 13,8%, mit der in Tridymit eine solche von 14,2% verbunden. Ferner ist erwiesen, daß die Quarzkalksteine eine besonders gute Wärmeleitfähigkeit besitzen, eine bessere als z. B. die Schamottesteine (s. Enzenauer a. a. O.). Bei einer unvermeidlichen Volumenzunahme von rd. 14% darf man wohl von einem recht beträchtlichen Wachsen der Steine sprechen, und dieses muß selbstverständlich auch mit den Devasteinen geschehen, da Cristobalitbildung in ihnen eintritt. Es ist sogar bei dem nach obigem in den einzelnen Steinen vorhandenen hohen Unterschiede in der Erwärmung anzunehmen, daß infolge desselben und dem damit zusammenhängenden ungleichmäßigen Wachsen der Steine sehr starke Spannungen

in den Steinen eintreten müssen, welche ihrer Haltbarkeit leicht gefährlich werden können. Die Devasteine werden deshalb mit sehr weiten Fugen vermauert werden müssen, damit bei ihrem Wachsen das Mauerwerk der daraus hergestellten Öfen nicht zerstört wird oder die Verankerungen nicht gesprengt werden. Weiter ist anzunehmen, daß dieselbe Wärmemenge, welche zum Brennen der gewöhnlichen Quarzkalksteine erforderlich ist, nachher den Betriebsvorgängen in den Öfen, welche aus Devasteinen gebaut sind, entzogen werden muß, um hier die Umwandlung des Quarzes der Devasteine in Cristobalit herbeizuführen. Über die Verwendbarkeit der Devasteine in dem Oberbau der Martinöfen liegen günstige Zeugnisse einiger Stellen vor, an anderen hat man keine guten Erfolge damit erzielt, und der Grund dafür wird im vorstehend Gesagten zu suchen sein. Es ist wohl anzunehmen, daß die Devasteine in den Teilen der Öfen oder in solchen Öfen, in welchen weniger hohe Anforderungen an sie gestellt werden, geeignet sein können, die aus Kohlensandstein und kristallinem Quarz hergestellten Quarzkalksteine unter bestimmten Bedingungen zu ersetzen, z. B. als lose eingesetzte Kammerbesatzsteine der Regeneratoren. Wo sie als festes Mauerwerk verwendet werden sollen, möchte ich zu größter Vorsicht raten, und der Behauptung, daß sie „ohne weiteres überall da Verwendung finden, wo bisher gebrannte Quarzkalksteine in Gebrauch waren“, wird entschieden widersprochen werden müssen, ebenso wie der anderen, daß eine besondere, als Tondinas bezeichnete Art „sich als Ersatz für den Schamottestein darstellt“. Auch von ihnen hört man seit einiger Zeit nichts mehr, und nachdem sie aus Mangel an Besserem eine Zeitlang eine Art von technischer Nothilfe gewesen sind, scheinen sie den Weg der anderen Kriegsersatzmittel gegangen zu sein.

Mit Rücksicht auf die physikalischen Eigenschaften des Quarzes erscheint es ausgeschlossen, in wirtschaftlicher Weise, ohne sie oder die daraus hergestellten Erzeugnisse in sachgemäßer Weise zu brennen, auf eine andere Art aus den Quarziten einen Ersatz für die besten, bisher gebrannten Quarzkalksteine herzustellen. Der Versuch, ein billiges und bisher dafür unbenutztes Gestein nach entsprechender Vorbereitung zu verwenden, und daraus auf kürzestem und billigsten Wege mit einem sehr geringen Brennstoffverbrauche Quarzkalksteine erster Güte herzustellen, ist mir selbst kurz vor dem Ausbruche des Krieges gelungen. Weil der dazu benutzte Rohstoff aber in größeren Mengen nur im Auslande gefunden wird, würde die Bekanntgabe dieser Versuche unsere deutsche feuerfeste Industrie schwer schädigen, und sie soll deshalb so lange vermieden werden, als wir mit unseren amorphen Quarziten und mit den daraus hergestellten Quarzkalksteinen auf dem Markte wettbewerbsfähig bleiben können.

## II. Der Puddingstein.

Der Puddingstein ist ein in seiner chemischen Zusammensetzung dem amorphen Quarzit ähnliches Naturgestein, welches in England und in Belgien gefunden wird. Es besteht aus rundlichem, nuß- bis faustgroßen Quarzgeröll, welches durch ein kieseliges Zement zu einem Gestein von solcher Härte und Zähigkeit verkittet ist, daß es nur mit größter Mühe und mit den härtesten Werkzeugen zu Formsteinen behauen werden kann. Man hat den Puddingstein in Form großer Blöcke zur Herstellung des Bodensteines in Eisenhochöfen benutzt, ist aber wegen der Schwierigkeit und der hohen Kosten der Bearbeitung von seiner Verwendung abgegangen. Die Hochöfner, welche Wert darauf legen, den jetzt überall aus besten Schamottesteinen aufgebauten Bodenstein ihrer Hochöfen noch mit einer Decke aus sauren Steinen zu schützen, benutzen dazu Quarzkalksteine.

## III. Die Quarztonsteine.

Die Quarztonsteine bilden ein Übergangsglied von den Quarzkalksteinen zu den Schamottesteinen. Ihre Hauptmasse besteht wie bei den ersteren aus Quarz in Form von kristallinem Felsquarz, Quarzkieseln oder Quarzsand, ihr Bindemittel dagegen ist ebenso wie bei den Schamottesteinen der Ton. Da sie ohne den Zusatz von tonerdehaltigen Magerungsmitteln hergestellt werden, ist es falsch, sie, wie es häufig geschieht, zu den Schamottesteinen zu zählen oder sie sogar so zu nennen. Um jedes Mißverständnis auszuschließen, darf man sie nur als das bezeichnen, was sie wirklich sind, nämlich als Quarztonsteine. Die Bezeichnungen der einzelnen Sorten waren früher auf den einzelnen Werken sehr verschieden. Die aus kristallinem Felsquarz oder aus Quarzkieseln mit Tonbindung hergestellten nannte man „Tondinas, Deutsche Dinas, Schweißofen- oder Kupolofensteine“, die aus Quarzsand mit Tonbindung hergestellten „Kesselsteine“. Am einfachsten und richtigsten unterscheidet man 2 Sorten: Quarztonsteine erster Güte aus gemahlenem Quarz und Ton hergestellt, und solche zweiter Güte, aus Sand und Ton bestehend. Ebenso wie die Quarzkalksteine gehören sie zu der Gattung der sauren feuerfesten Steine. Schamottesteine dagegen, welche mit einem Zusatze von Quarz hergestellt werden, gehören zu der Gattung der halbsauren Steine, und sie werden nach ihrer Zusammensetzung am richtigsten als Quarzschamottesteine bezeichnet. Wir erhalten auf diese Weise sachlich richtige und für jeden ohne weiteres klar verständliche Bezeichnungen für die verschiedenen Arten der kieselsäure- und tonerdehaltigen feuerfesten Steine.

Abgesehen von ihrer Zusammensetzung der Rohstoffe ist die Herstellungsweise der Quarztonsteine dieselbe wie die der Schamottesteine. Es kann deshalb auf die Beschreibung derselben im nächsten Abschnitte verwiesen werden.

# Die tonerhaltigen feuerfesten Baustoffe.

## I. Die Schamottesteine.

Über den Ursprung des fremdartig klingenden Wortes Schamotte berichtet Ludwig (Tonind.-Ztg. 1906, S. 925), daß es nachweislich zuerst in Fr. Jos. Webers Schrift „Die Kunst das echte Porzellan zu machen“, Hannover 1798, vorkommt. Hier werden kleingestampfte Kapselscherben als „Skarmotti“ bezeichnet, welche auch jetzt noch mit Ton gemischt zur Herstellung der Kapseln benutzt werden, in denen Porzellan, Steingut u. a. gebrannt wird. Trotz der italienischen Form ist das Wort in keinem italienischen Wörterbuch zu finden, auch in der französischen und englischen Technik ist es unbekannt. In den dreißiger Jahren des 19. Jahrhunderts findet sich die Schreibweise „Scharmotte“ und „Charmotte“ mit der gleichen Bedeutung. Ludwig weist darauf hin, daß es vor hundert Jahren vielfach üblich war, in den deutschen Glashütten italienische Arbeiter zu beschäftigen, welche die zerkleinerten Scherben, Scherbchen „Skarmotti“ genannt haben werden. In Thüringen, wo die Glas- und Porzellanindustrie zu Hause ist, wird das Wort „Scherben“ von den einheimischen Arbeitern „Schärm“ oder „Scharm“ gesprochen, und es ist naheliegend, daß die italienischen Arbeiter daraus Scharmotti oder Skarmotti gemacht haben. Wir können deshalb annehmen, daß wir hier, wie auch bei manchen anderen, ein gutes deutsches Wort in fremdländischem Gewande vor uns haben. Da es mit dem Französischen nichts zu tun hat, wird es richtig mit Sch geschrieben. Die lebende Sprache hat allmählich das r fallen gelassen, und wir schreiben deshalb jetzt, wie wir es aussprechen, „Schamotte“.

Unter der Bezeichnung Schamotte verstehen wir heute nicht mehr die zerkleinerten Kapselscherben, sondern allgemein den bis zum vollständigen Verluste seines Wassergehaltes und bis zum Sintern dichtgebrannten Ton. Schamottesteine sind demnach alle feuerfesten Steine, welche aus gebranntem Tone — Schamotte — mit rohem Ton als Bindemittel hergestellt werden.

Anmerkung. R. Schwarz (Feuerfeste und hochfeuerfeste Stoffe) sagt: „Man versteht unter Schamotte ein keramisches Material aus

einer Mischung von rohem, plastischem Ton (Bindeton) mit stark gebrannten und darauf zu einer grobkörnigen Masse zermahlenden, möglichst feuerfesten Ton (der eigentlichen Schamotte), das nach dem Brande bei  $1450^{\circ}$  seine Inhomogenität beibehält, d. h. also ein Konglomerat mehr oder weniger großer Körner in einer dichten Einbettung darstellt“. Schwarz gibt hiermit eine richtige Erklärung für den Begriff eines reinen Schamottesteines, als Erklärung für die Bedeutung des Wortes Schamotte müssen seine Worte nach dem heutigen Sprachgebrauche unbedingt als nicht zutreffend abgelehnt werden.

## A. Die Rohstoffe.

### 1. Die Tone.

Sämtliche Tone sind durch die Zersetzung der Silikatgesteine, der Granite, Porphyre u. a. entstanden. Die Zersetzung dieser Gesteine erfolgt in der Weise, daß ihre Feldspatminerale mehr oder weniger in Kaoline, oder besser gesagt in „Tonsubstanz“ mit der chemischen Zusammensetzung  $\text{Al}_2\text{O}_3, 2 \text{SiO}_2, 2 \text{H}_2\text{O} = 39,7\%$  Tonerde +  $46,4\%$  Kieselsäure +  $13,9\%$  Wasser übergeführt werden. Als Beispiel für die Zersetzung des Kalifeldspates auf dem Wege über Kaliglimmer in Kaolin bzw. Tonsubstanz gibt Endell („Feuerfeste Materialien in der Zementindustrie“) folgende schematische Darstellung:

	Kalifeldspat	Kaliglimmer	Tonsubstanz oder roh	Kaolin gebrannt
Kieselsäure . . . . .	65%	50%	46 %	53 %
Tonerde + Eisenoxyd . . .	20,,	34,,	39,5,,	46,,
Kalk + Magnesia . . . . .	1,,	1,,	0,5,,	0,5,,
Kali . . . . .	14,,	8,,	0,5,,	0,5,,
Kristallwasser . . . . .	0,,	7,,	13,5,,	—

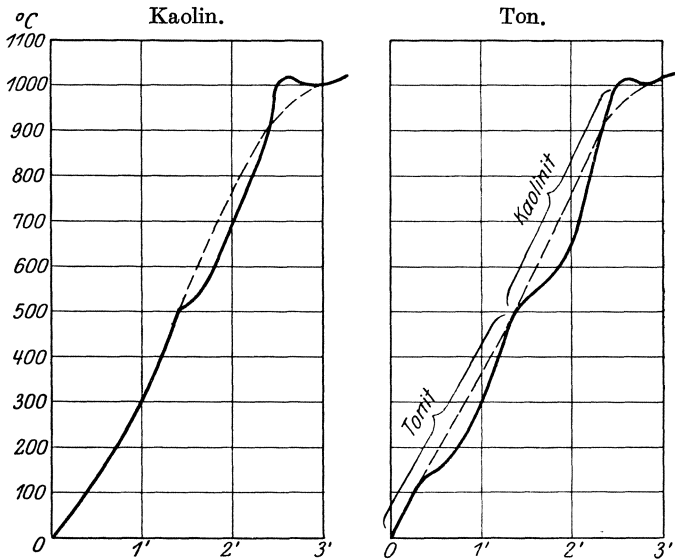
Besonders eingehend hat sich Dr. J. W. Mellor, der Leiter des Pottery Laboratory an der Central School of Science and Technology in Stoke-on-Trent, mit der Untersuchung der feuerfesten Tone beschäftigt. Er berichtet darüber in The Journal of the West of Scotland Iron and Steel Institute 1917, Nr. 3—4, in ungefähr folgender Weise:

Die reinste Art des Tones findet man als ein weißes Pulver, bestehend aus tafelförmigen Kristallen, die zuweilen fächerartig gelagert sind. Die Analyse ergibt die chemische Zusammensetzung  $46\%$  Kieselsäure +  $40\%$  Tonerde +  $14\%$  Wasser. Dieser „Kaolinit“ genannte Stoff ist eine mineralogische Seltenheit, denn er ist in der Natur stets durch fremde Beimengungen verunreinigt, z. B. durch Quarz und Glimmer, deren größter Teil nach der Zersetzung der Gesteine durch das Wasser entfernt wird, wobei sich die Verunreinigungen schneller absetzen als der Kaolin, welcher meistens noch 2 bis  $5\%$  Quarz und Glimmer enthält.

Der Kaolinit bzw. der ihm ungefähr entsprechende Kaolin entsteht unter besonderen Bedingungen bei der Zersetzung feldspathaltiger Gesteine. [Man bezeichnet nach Em. Kayser (Lehrb. d. allgem. Geologie) als Kaoline die reinsten, meist auf der ursprünglichen Lagerstätte befindlichen Zersetzungsrückstände der Feldspat führenden Gesteine, als Tone die meist umgelagerten und dabei mehr oder weniger verunreinigten Kaoline. Die Verunreinigung der Tone bei der Umlagerung und Verschwemmung nach anderen Lagerstätten kann sehr weit gehen. Durch Beimengung von Sand gehen sie in Lehm, durch stärkere Beimengung von Kalk in Mergel über.] Wenn die Zersetzung der Muttergesteine an höher gelegenen Stellen erfolgt, wäscht die Natur den feinkörnigen Ton durch die Tagewasser aus seinen Verunreinigungen heraus und lagert ihn an tiefer gelegenen Orten ab. Fließt das den Ton mitführende Wasser über einen andere Bestandteile enthaltenden Erdboden, dann können diese von dem Wasser mitgeführt und als Verunreinigungen mit dem Ton zusammen an tiefer gelegenen Stellen abgelagert werden. Die Verunreinigungen können kalk-, eisen-, kieselsäure- usw. -haltig sein. Abgesehen von manchen Störungen sind die meisten Tonlager in dieser Weise entstanden. Je weiter die Tone durch die Tagewasser von ihren Entstehungsstellen fortgeführt wurden, desto reiner und gleichmäßiger wurden sie schließlich abgelagert. Wo die Tone näher an der Küste oder in kleineren Seen abgelagert wurden, wechselt ihre Zusammensetzung je nach der Strömung der Wasser und nach den allgemeinen Witterungsverhältnissen, welche in den verschiedenen Zeiträumen der Ablagerungsdauer herrschten. Die Tonlager sind deshalb geradezu Urkunden über die Witterungsverhältnisse in längst vergangenen Zeiten.

Von besonderer Wichtigkeit sind die Erscheinungen, welche beim allmählichen und gleichmäßigen Erhitzen der Tone bis  $1000^{\circ}\text{C}$  auftreten und durch die Erhitzungskurve sichtbar gemacht werden. Diese Kurve ähnelt der uns bekannten Fiebertemperaturkurve; eine Abweichung von ihrem gleichmäßigen Verlaufe durch Erniedrigung des Wärmegrades bezeichnet man als endothermal, die durch Erhöhung des Wärmegrades als exothermal. Mellor hat eine größere Anzahl der aus dem Tonerdehydrosilikat  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  bestehenden Mineralien untersucht und ihre Erhitzungskurve bestimmt. (Näheres darüber s. Mellor, „Do Fireclays contain Hallaysite or Clayite?“ Communications from the Clay and Pottery Laboratory, Stoke-on-Trent.) Für uns sind von diesen die des Kaolines und der bildsamen feuerfesten Tone von Wichtigkeit, deren Erhitzungskurven die beiden folgenden Schaubilder zeigen. In denselben bedeuten die Zahlen links an den Ordinaten die Wärmegrade nach Celsius, die auf der untersten Abszisse die Erhitzungsdauer in Minuten.

Die Erhitzungskurve beider Stoffe zeigt gleichmäßig 2 kritische Punkte, einen endothermalen bei rd. 500° und einen exothermalen bei rd. 900° C. Diese beiden kritischen Punkte sind dem Kaolin und seinen Äquivalenten eigentümlich, und sie bilden den sichersten Beweis für die Anwesenheit des Kaolinites in einem Tone. Die Erhitzungskurve aller der anderen von Mellor untersuchten Tonerdehydrosilikate enthält diese beiden kritischen Punkte nicht, dagegen die sämtlicher Tone, deshalb muß die erste Untersuchung eines tonartigen Gesteines darauf ausgehen, die Anwesenheit des Kaolinites darin nachzuweisen.



Erhitzungskurven des Kaolines und der bildsamen Tone.  
Schaubild 12 (nach Mellor).

Solange noch keine genaueren Untersuchungen darüber vorliegen, hält es Mellor für richtig, auch für das Molekül die Zusammensetzung  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  anzunehmen. Sicher ist, daß das Tonmolekül beim Erhitzen unter Fortgang von Wasser zerfällt. Es entsteht nun die Frage, was geschieht dann mit der Kieselsäure und der Tonerde? Bleiben diese als ein Aluminiumbisilikat  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$  verbunden? Mellor glaubt diese Frage verneinen zu müssen. Nachdem der Ton sein Wasser verloren hat, ist er viel reaktionsfähiger als vorher in niedrigerer Temperatur. Er kann Ofengase, z. B. schwefelsäurehaltige Gase, viel leichter aufnehmen als vorher, und er ist jetzt auch leichter in Säuren löslich. Das letztere ist von praktischer Bedeutung. Es kommt vor, daß für bestimmte Zwecke von schwefelhaltigen Beimengungen freie Steine gefordert werden, und daß der Nachweis hierfür durch die Analyse ver-

langt wird. Hierdurch können Streitigkeiten zwischen dem Hersteller und dem Verbraucher der Steine entstehen. Die feuerfesten Steine nehmen den größten Teil ihres Gehaltes an Schwefelsäure während der Brenngrade von 600 bis 900° C aus den Feuergasen auf. Der Gehalt derselben nimmt von dem Inneren des Steines nach außen hin zu. Oft besitzt derselbe in seinem Inneren gar keine Schwefelsäure, während nahe an seinem äußeren Rande bis 2% vorhanden sein können.

Die bei der Erwärmung des Tones bei rd. 500° C eintretende Änderung ist von großer Bedeutung. Wird der Ofen zu schnell auf diesen Wärmegrad gebracht, dann entsteht ein plötzlicher Ausbruch von unzähligen Miniaturvulkanen, die durch den ganzen Stein hindurch verteilt sind. Infolge davon wird der Stein zuweilen zertrümmert, oder von den Seiten, z. B. der Gasretorten, brechen größere Stücke ab, als Zeichen dafür, daß sich beim Zerfallen der Tonmoleküle Dämpfe mit explodierender Heftigkeit entwickeln. Gleichzeitig mit dem Fortgange des Wassers wird der Stein oder das sonstige Brenngut im Feuer um ein geringes — ungefähr um 1/2% — größer als er vorher war, was beweist, daß sich die Gesamteigenschaft des Tones unter günstigen Bedingungen geändert hat. Beim Eintritt dieser Änderung zeigt die Erhitzungskurve des mit Steinen oder festem Brenngut besetzten Ofens eine geringe Abflachung als Zeichen der stattfindenden Wärmeverringering. Die Störung, welche eintritt, wenn der Ofen während dieser bedeutsamen Zeitspanne zu schnell höher befeuert wird, wirkt naturgemäß am stärksten auf das in der Nähe der Feuerungen befindliche Brenngut.

Mit dem weiteren Steigen der Wärmegrade beginnt das Brenngut zu schwinden und wird weniger leicht in Säuren löslich. Der Kaolin zeigt außerdem die exothermale Abweichung seiner Erhitzungskurve bei rd. 900° C. Man findet eine bemerkenswerte Übereinstimmung in dem Verhalten des Kaolines und der Tone, wenn man sie auf verschiedene Wärmegrade zwischen 600 und 900° C erhitzt. Während dieser ganzen Zeit schwindet der Ton, und bei rd. 1000° C erscheinen deutliche Zeichen der Sinterung.

Dies alles stimmt mit der Annahme überein, daß das Tonmolekül beim Erhitzen in Wasser, freie Kieselsäure und freie Tonerde zerfällt. In noch höheren Wärmegraden, zwischen 600° und 800° C reagieren Kieselsäure und Tonerde, die man bis dahin als in fester Lösung vorhanden betrachten kann, aufeinander, und dies führt ganz langsam und allmählich zur Bildung von Sillimanit, mit der Zusammensetzung  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2 = 37,1\% \text{ Kieselsäure} + 62,9\% \text{ Tonerde}$ . Wenn gegen die Annahme, daß beim Zerfallen des Tonmoleküles freie Tonerde und freie Kieselsäure entsteht, etwas eingewendet werden kann, ist dasselbe gegenüber der Annahme möglich, daß das vermutete Bisilikat  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$



zerfällt und daraus Sillimanit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$  und freie Kieselsäure entstehen. Jedenfalls kann die Bildung von Sillimanit als eine Tatsache angenommen werden, und Meinungsverschiedenheiten sind nur über die Art seiner Entstehung möglich. Mellor hält es für wahrscheinlicher, daß der Ton in den niedrigeren, von ihm erwähnten Wärmegraden zerfällt, und daß der Sillimanit durch eine Verbindung, nicht durch eine Zersetzung in höheren Wärmegraden entsteht. Derselbe wird überall in feuerfesten Steinen gefunden, die wiederholt in hohen Wärmegraden gebrannt sind, und er tritt in der Form nadelförmiger Kristalle auf. Er ist auch in den Schlacken des Vesuv nachgewiesen.

Das über den Kaolin Gesagte gilt auch für die bildsamen Tone, welche mehr oder weniger von diesem Bestandteil als Grundstoff enthalten. Wenn diese eine genügende Menge von Kaolinit oder seiner Äquivalente enthalten, zeigt ihre Erhitzungskurve ebenfalls die endo- und exothermalen Abweichungen bei den kritischen Punkten, bei rd.  $500^\circ$  und  $900^\circ\text{C}$ . Außerdem tritt bei ihnen aber noch eine endothermale Abweichung dicht unter  $200^\circ\text{C}$  auf, welche die Erhitzungskurve des Kaolines nicht zeigt. Der Grund für diese Abweichung ist schwer zu sagen. Anscheinend wird sie durch die Verdampfung des Wassers verursacht, welches beim Trocknen bei  $100^\circ\text{C}$  nicht entfernt ist. Der Grund, weshalb sie bei den plastischen Tönen und nicht beim Kaolin auftritt, liegt darin, daß die Tonsubstanz in zwei verschiedenen Formen auftritt, einmal in der kristallinen Form, dem Kaolinit, und daneben in einer anderen, und zwar in einer amorphen Form. Nur die letztere zeigt die untere, endothermale Abflachung der Erhitzungskurve.

Vor einigen Jahren versuchte Prof. Gregory zu beweisen, daß die plastischen Tone von Glenboig in der Hauptsache nicht aus Kaolinit sondern aus Halloysit bestehen. Der Halloysit ist ein dem Kaolinit ähnliches Aluminiumsilikat, aber mit einem höheren Wassergehalte:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O} = 36,9\%$  Tonerde +  $43,5$  Kieselsäure +  $19,6$  Wasser. Wenn er auf  $150^\circ\text{C}$  erwärmt wird, entweichen ihm veränderliche Mengen —  $3,5$  bis  $12\%$  — Wasser, bei  $250^\circ$  entsteht daraus das Kaolinsilikat, dessen Wasser schließlich bei rd.  $400^\circ\text{C}$  verschwindet. Die Erhitzungskurve des Halloysites zeigt die endothermale Abweichung bei rd.  $150^\circ\text{C}$ , aber nicht die für den Kaolinit eigenartige endothermale Abweichung bei  $500^\circ\text{C}$ . Gregory folgert daraus, daß die plastischen Tone Halloysit als amorph, kolloidal, und Kaolinit als kristallinen Bestandteil enthalten. Das Kieselsäurehydrat und eine Anzahl anderer kolloidaler Gele zeigen ähnliche Erscheinungen.

Mellor hat auch diese Frage a. a. O. eingehend untersucht, und er kommt daraufhin zu dem Schluß, daß wir in der Hauptsache zwei kaolinitische Mineralien als „Tonsubstanz“ von der Zusammensetzung

$\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $2 \text{SiO}_2$ ,  $2 \text{H}_2\text{O}$  scharf zu unterscheiden haben: eine kristalline, den Kaolinit, und eine amorphe, kolloidale Form, welche er „Clayit“ nennt. Das Wort Clayit kann zu Mißverständnissen führen, denn wir bezeichnen damit (s. Naumann-Zirkel, „Elemente der Mineralogie“) ein Gemenge von Fahlerz mit anderen Mineralien; ich glaube es am richtigsten und sinngemäß mit dem Worte „Tonit“ zu übersetzen. Nach Mellor ist es nicht unbedingt erwiesen, daß der Ton von Glenboig aus Halloysit besteht. Das vorherrschende Mineral in dem Tone von Glenboig und in allen anderen plastischen Tönen ist der Tonit, neben dem Kaolinit darin enthalten ist. Der Unterschied zwischen Halloysit und Kaolinit bzw. Tonit wird leicht durch seine Erhitzungskurve bewiesen, denn die des Halloysites zeigt die endothermale Abweichung bei  $500^\circ \text{C}$  nicht.

Soviel ich weiß, sind die schon 1917 veröffentlichten Untersuchungen von Dr. Mellor bisher in unserer Fachliteratur noch nicht erwähnt und uns deshalb bisher unbekannt geblieben. Sie sind von größtem Werte, nicht nur für die feuerfeste, sondern für die gesamte keramische Industrie, denn wir erhalten dadurch erst die richtigen Erklärungen für verschiedene der wichtigsten Eigenschaften der Tone, und Hinweise für deren sachgemäße Berücksichtigung bei ihrer Verarbeitung.

Die verschiedenen Arten der Feldspate, durch deren Zersetzung die Tone entstanden, sind (nach Rohland, Tonind.-Ztg. 1909, Nr. 90) als Alkali-Aluminiumdoppelsilikate anzusehen. „Das Alkalisilikat ist der Hydrolyse — der Spaltung chemischer Verbindungen in zwei oder mehrere Stoffe unter Aufnahme von Wasser — unterworfen. Hierbei bildet sich kolloidale Kieselsäure und Natrium- oder Kaliumhydroxyd, das durch die Kohlensäure der Atmosphäre in Karbonat übergeführt wird. Als Rückstand der hydrolisierenden Tätigkeit des Wassers bleibt das Aluminiumsilikat, die Tonsubstanz  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  zurück. Außerdem zerfällt die in den Alkali-Aluminiumdoppelsilikaten enthaltene komplexe (= zu einem Ganzen vereinigte) jedenfalls sehr schwache Aluminiumkieselsäure bei ihrer hydrolytischen Abspaltung bzw. Verdrängung durch die Kohlensäure in ihre Bestandteile Kieselsäure und Aluminiumhydroxyd in kolloidalem Zustande. Auch der atmosphärische Sauerstoff trägt mittelbar zur Umbildung bei, indem er die niederen Oxydationsstufen von Mangan und Eisen höher oxydiert und dadurch der Hydrolyse zugänglich macht. Die Hydroxyde des Silizium, Aluminium und Eisen verleihen den Tönen ihre plastischen Eigenschaften. Wenn der reine Kaolin sehr gering plastisch, sogar nicht plastisch ist, liegt das daran, das diese kolloidalen Hydroxyde bereits aus den Doppelsilikaten durch das Wasser gelöst und fortgeführt sind. In den plastischen Tönen sind sie größtenteils noch vorhanden, und deren Kolloidnatur ist mit der Plastizität auf das engste verbunden.“

„Zwischen der Kohlensäure der Luft und den Silikaten besteht ein chemisches Gleichgewicht, dessen jeweiliger Zustand eine Wirkung der herrschenden Wärmegrade ist. Durch deren Veränderung wird ein im Gleichgewicht befindliches aus Silikaten und Kohlensäure bestehendes System gestört, so daß eine Verschiebung erfolgen muß. In höheren Wärmegraden können Silikate und Kohlensäure nebeneinander bestehen, dem Gleichgewichte in niedrigeren Wärmegraden entspricht das Vorhandensein von Kieselsäure und Karbonaten, es muß hier also eine Zersetzung der Silikate eintreten, während gleichzeitig die Kohlensäure zu Karbonaten gebunden wird.“

„Die Zersetzung der feldspathaltigen Gesteine und die daran anschließende Entstehung der Tonlager, welche hauptsächlich für uns in Frage kommen, erfolgte in einer Zeit, während welcher auf der Erdoberfläche eine viel höhere Wärme herrschte als jetzt und während der die Atmosphäre mit Kohlensäure geschwängert war, zu einer Zeit, in welcher die Steinkohlen- und Braunkohlenlager entstanden, in den Carbon und Tertiär genannten Abschnitten der Erdgeschichte. Die zersetzende Wirkung auf das Gestein trat damals durch den hohen Kohlensäuregehalt der Luft mit großer Heftigkeit und dabei fortschreitender Wärmeerniedrigung auf, die Kohlensäure zerfraß die granitischen Gesteine und führte zunächst ihre mechanische Zerstörung herbei. Dann wirkte das Kohlensäure und Humussäuren enthaltende Wasser zersetzend auf die Silikate. Es spaltete die in den Feldspaten enthaltenen Alkali- und Kalksilikate hydrolytisch, wobei sich Kieselsäure in kolloidaler Form und Hydroxyde bildeten, welche letztere wieder durch die Kohlensäure der Atmosphäre in Karbonate umgewandelt wurden. Am stärksten hydrolysiert und zersetzt wurden so die Alkalisilikate, dann die Kalk- und schließlich die Magnesiasilikate. Das wichtigste Silikat der Erdmetalle dagegen, das Tonerdesilikat leistete der Hydrolyisationsenergie des Wassers erfolgreich Widerstand, und dadurch blieb der Kaolin als Rest von der Zersetzung der Gesteine zurück.“

Wir haben oben gesehen, daß die Tone in zwei verschiedenen, durch Jahrmillionen voneinander getrennten Zeitabschnitten der Erdgeschichte entstanden und abgelagert sind. Wir haben deshalb die älteren Tonlager der Steinkohlenperiode, des Karbones, und die jüngeren der Braunkohlenperiode, des Tertiärs, zu unterscheiden.

Die unter und über dem später zur Steinkohle verfestigten Kohlenschlamm abgelagerten Tone sind hier ebenfalls durch den Druck des mit der Zeit darüber gelagerten Deckgebirges zu einem festen Gestein verfestigt. Infolge ihrer allmählich erfolgten, schichtenweisen Ablagerung haben sie ein schieferiges Gefüge erhalten, und wir bezeichnen sie deshalb als Schiefertone. Die ältesten in Deutschland vorkommenden Schiefertone, welche bei Neurode in der Grafschaft Glatz und an der

Saar bei Neunkirchen gemeinschaftlich mit den dortigen Steinkohlen gefunden werden, bilden ein kristallines, nicht mehr bildsames Gestein, während die in Südschweden gefundenen wohl jünger sind und nach längerem Lagern an der Luft oder durch eine entsprechende nasse Aufbereitung wieder plastisch werden. Es ist wohl anzunehmen, daß die amorphe Tonsubstanz der älteren deutschen Schiefertone, der Tonit, mit der Zeit sein Wasser verloren, sich allmählich in die kristalline Form Kaolinit umgewandelt und damit die Fähigkeit, unter der Einwirkung des Wassers in ein bildsames Gel überzugehen, verloren hat. Bei den viel jüngeren Tonen der Tertiärformation ist diese Umwandlung des Tonites noch nicht eingetreten, diese besitzen deshalb noch die Eigenschaft, in Verbindung mit Wasser plastisch, bildsam zu werden. Wir bezeichnen diese bildsamen Tone als Braunkohlentone oder tertiäre Tone.

#### a) Die Schiefertone.

Wie bereits erwähnt, finden wir die Schiefertone in der Steinkohlenformation. Abgesehen von geringeren Vorkommen im Saargebiete, wird die größte Menge der Schiefertone in den Steinkohlenlagern der Grafschaft Glatz gefunden und aus den der Gewerkschaft Neuroder Kohlen- und Tonwerke in Neurode, Bez. Breslau, gehörenden Schächten der kons. Rubengrube und Baptistagrube gefördert. Der Tonschiefer ist hier durch die Zersetzung des Gabbro entstanden, und in 1 bis 3 m mächtigen Flözen unter und zwischen der Steinkohle abgelagert. Er wird gemeinschaftlich mit der letzteren bergmännisch gewonnen und muß aus großer Tiefe gefördert werden. Im allgemeinen ist dieser Schiefertone sehr rein und von gleichmäßiger Zusammensetzung. In den Tonflözen kommen aber auch Bergemittel von gewöhnlichen Schiefem vor, ebenso wie in den Kohlenflözen, außerdem sind manche Teile durch das Auftreten von Schwefelkiés und Toneisenstein verunreinigt. Der Schiefertone ist ferner mit Kohle (bis zu 8%) derart durchsetzt, daß er eine tiefschwarze glänzende Farbe besitzt. Wegen dieser Eigenschaften kann er nur gebrannt und als Schamotte verwendet werden.

Der aus den Gruben geförderte Ton wird in Neurode in Bunkern abgestürzt, aus welchen er über einen Belag von starken Eisenplatten und einen daran anschließenden Rost geführt wird. Hier werden die größeren Stücke zerschlagen, von den gröberem Verunreinigungen befreit und der Feinton mit einer Stückgröße von weniger als 25 mm wird abgesiebt. Darauf wird der gröbere Ton in Schachtöfen, der feine in Etagenöfen gebrannt. Das Brennen erfordert längere Zeit, damit der in dem Ton enthaltene Kohlenstoff vollständig verbrennt. Nach dem Brennen wird die Schieferschamotte durch ein Siebwerk in Korngrößen von über 40 mm, 40 bis 25 mm, 25 bis 15 mm und in Feines getrennt.

Der Grobton und die Grobnuß (40 bis 25 mm) gehen über Klaubbänder und werden hier von Hand von Unreinigkeiten befreit. Das Korn 25 bis 15 mm, Spezialnuß, geht über Magnetscheider, Bauart Bergingenieur Buhl-Neurode, und über ein Klaubband, und wird so von den Schwefelkiesrückständen und etwa noch vorhandenen nicht magnetischen Schlacken befreit. Das Feine geht noch einmal durch eine Klassiertrommel, über Siebe, durch Windsichter und schließlich über Magnetscheider. Es wird hierbei in die Korngrößen 15 bis 8 mm, 8 bis 5 mm (Erbston), 5 bis 2 mm und 2 bis 0 mm (Grieß) sortiert und, soweit als technisch auf trockenem Wege möglich, von eisenhaltigen und anderen Verunreinigungen gereinigt, sowie von dem feinen Staube befreit, der als Flußmittel wirkende kalkhaltige Flugasche enthält. Infolge ihrer Reinheit und gleichmäßigen Güte hat die Neuroder Schieferschamotte eine sehr ausgedehnte Verwendung in der feuerfesten Industrie zur Herstellung der tonerdereichsten Schamottesteine gefunden. Die räumlich sehr ausgedehnten und musterhaft eingerichteten Anlagen der Neuroder Gewerkschaft haben uns nicht nur von dem früheren Bezuge dieser Schamotte aus dem Auslande unabhängig gemacht, sondern dieses bezieht jetzt sogar einen nicht unbedeutenden Teil ihrer Erzeugung.

Neuere Analysen der Neuroder Schieferschamotte zeigen folgende Zusammensetzung:

	I Grobton	II Grobnuß	III Spezialnuß	IV Erbston
Glühverlust . . . . .	0,55%	0,88%	1,05%	1,00%
Kieselsäure . . . . .	51,30 „	49,74 „	50,52 „	49,70 „
Tonerde . . . . .	46,74 „	47,08 „	47,05 „	47,17 „
Eisenoxyd . . . . .	1,03 „	1,36 „	1,02 „	1,30 „
Kalziumoxyd . . . . .	0,18 „	0,75 „	0,20 „	0,32 „
Magnesiumoxyd . . . . .	0,03 „	0,06 „	0,04 „	0,03 „
Kaliumoxyd . . . . .	0,11 „	0,35 „	0,16 „	0,49 „
	<u>99,94%</u>	<u>100,22%</u>	<u>100,04%</u>	<u>100,01%</u>
Gesamtflußmittel	1,35%	2,52%	1,42%	2,14%

Freie Kieselsäure, welche den Schmelzpunkt erniedrigen würde, ist nicht vorhanden, der Gehalt an Flußmitteln (Eisen-, Kalzium-, Magnesium- und Kaliumoxyd) ist außerordentlich niedrig, der Schmelzpunkt ist dementsprechend ein sehr hoher und durchschnittlich gleich dem des Segerkegel 36 = 1790° C. Wir besitzen deshalb in der Neuroder Schieferschamotte einen Rohstoff für die Herstellung der besten Schamottesteine, welcher in seiner Reinheit und Güte von keinem anderen gleichartigen übertroffen wird.

Nach der chemischen Formel kann das wasserfreie Doppelsilikat der Tonsubstanz,  $Al_2O_3 + 2 SiO_2$ , nur 46% Tonerde und 54% Kieselsäure enthalten. Die Neuroder Schieferschamotte enthält durchschnittlich 4% nicht an Kieselsäure gebundene Tonerde, wie die obigen Analysen zeigen. Da wegen des niedrigen Kieselsäuregehaltes ein anderes Ton-

erdesilikat nicht in Frage kommen kann, muß Tonerdehydrat an der Bildung des Schiefertones teilgenommen haben.

Die Schiefertone des Saargebietes zeigen ein ähnliches Aussehen wie die von Neurode, sie sind aber in ihrer Zusammensetzung ungleichmäßiger; ihr Tonerdegehalt schwankt zwischen 25 und 45% (der Schamotte), deshalb muß hier die bessere Sorte sorgfältig aussortiert werden, die dann der von Neurode gleichwertig ist.

#### b) Der Kaolin.

Wie bereits erwähnt, sind die Kaoline die reinsten, meist auf der ursprünglichen Lagerstätte befindlichen, Rückstände von der Zersetzung der Feldspat enthaltenden Gesteine. Früher galten sie allgemein als ein Erzeugnis der Zersetzung durch Kohlensäure. Nach Kayser (Lehrb. d. allgem. Geologie) können aber auch vulkanische oder pneumatolytische (Zersetzung durch seltenere Gase wie Fluorwasserstoffsäure, Salzsäure) Vorgänge zur Kaolinbildung führen. In vielen Fällen findet die Zersetzung und Kaolinbildung unter Luftabschluß statt, der durch Moore oder Braunkohlen verursacht wird, wobei dann auch die Humussäuren eine Rolle spielen. Die Kaolinlager bei Halle und Meißen sind die Reste einer tertiären, durch Einwirkung von Moorwasser ausgebleichten, Landoberfläche, sog. Bleicherde.

Die Kaoline sind hellfarbig und um so reiner, je mehr ihre Farbe in Weiß übergeht. Sie bestehen in der Hauptsache aus kristallinem Kaolinit und enthalten weniger oder keinen Tonit, in Folge davon sind sie wenig oder nicht bildsam. Ihre Feuerfestigkeit ist eine hohe, sie werden aber nur in geringerer Menge zur Herstellung von feuerfesten Erzeugnissen, sondern hauptsächlich in geschlämmtem Zustande in der Feinkeramik zu Porzellan und als Zusatzmittel in der Papierindustrie verarbeitet.

#### c) Die bildsamen Tone.

Die Tone sind nichts anderes als meist nicht mehr auf ihrer ursprünglichen Lagerstätte befindliche, sondern — oft wiederholt — umgelagerte und dabei meist verunreinigte Kaoline, die an fremden Bestandteilen Quarzkörner, Sand, Feldspatreste und Eisenhydroxyde enthalten. Die letzteren verleihen ihnen eine gelbliche, organische Beimengungen eine graue, bläuliche bis schwärzliche Färbung.

Je nach der Menge der vorhandenen Verunreinigungen ist die chemische Zusammensetzung der Tone und ihre damit zusammenhängenden Eigenschaften sowie die Höhe ihres Schmelzpunktes verschieden. Man muß sich bei der Betrachtung der Tone immer daran erinnern, daß sie nicht ein Gestein von bestimmter Zusammensetzung darstellen, in welchem die akzessorischen Beimengungen, wie beim Quarzit, nur in ge-

ringer Menge vorhanden zu sein pflegen, sondern daß sie mechanische Gemenge der Tonsubstanz mit in wechselnder Menge auftretenden anderen Mineralien sind. Entsprechend ihrer unter den verschiedenartigsten Verhältnissen und Einflüssen erfolgten Ablagerung in unendlich langen, oft auch unterbrochenen Zeiträumen, sind die Tonlager in ihrer Zusammensetzung außerordentlich wechselnd, und zwar sowohl in ihrer Längsausdehnung wie auch von oben nach unten hin. Man findet deshalb leicht in demselben Tonlager in geringer Entfernung voneinander reine und unreine, mehr oder weniger bildsame und feuerfeste Tone, deren Güte sich durchaus nicht immer nur nach ihrem Äußeren beurteilen läßt. Eine andauernde Überwachung durch regelmäßig ausgeführte chemische und pyrometrische Untersuchungen ist deshalb die Grundbedingung für jeden sachgemäßen Abbau eines Lagers feuerfester Tone.

Über die chemische Zusammensetzung der Tone läßt sich nicht viel allgemein Gültiges sagen. Man bezeichnet nur diejenigen Tone, deren Schmelzpunkt gleich dem oder höher als der des Segerkegel 26 = 1580° C ist, als feuerfeste. Der Feuerfestigkeitsgrad der einzelnen Tone hängt von ihrer chemischen Zusammensetzung, d. h. von dem höheren oder niedrigeren Grade ihrer Reinheit ab. Der Schmelzpunkt der reinen Tonsubstanz  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$  liegt bei Segerkegel 34 = 1750° C, der des reinen Quarzes bei Kegel 35 = 1770° C. Endell zeigt uns in dem Schaubilde 1 auf S. 3, in welcher Weise der Schmelzpunkt der reinen Tonsubstanz durch den Zusatz verschiedener Gewichtsteile Quarz beeinflußt wird. Derselbe nimmt mit der Menge des Quarzzusatzes ziemlich gleichmäßig ab und sinkt in der Mischung von 80 Teilen Quarz + 20 Teilen Kaolin bis unter Segerkegel 27 = 1610° C. Wir sehen, daß der Zusatz von Quarz in Form der freien Kieselsäure auf die Tonsubstanz als ein Flußmittel wirkt. Dieselbe Wirkung haben die anderen in den Tonen als Beimengung vorkommenden Stoffe Eisenoxyd, Titanoxyd, Kalk, Magnesia und die Alkalien. Wir bezeichnen diese deshalb als die Flußmittel, deren Gegenwart uns die Bestimmung des Schmelzpunktes, die pyrometrische Untersuchung, anzeigt, während uns die chemische Untersuchung, die Analyse, Auskunft über ihre Zusammensetzung und ihr Mengenverhältnis gibt.

Das hygroskopische Wasser ist nur ein unnötiger Ballast. Man sollte deshalb stets nur gut abgelagerte, lufttrockene Tone von den Gruben beziehen und sich das Recht vorbehalten, für den eine bestimmte Grenze übersteigenden Wassergehalt der Tone, durch den der Eisenbahnverkehr nur unnötig belastet wird, einen entsprechenden Abzug vom Kaufpreise machen zu können.

Der Wert und der Preis der Tone richtet sich häufig nach ihrem Gehalt an Tonerde und ihrem Schmelzpunkte. Gleichzeitig sind oft

die Tone am wertvollsten, welche den geringsten Gehalt an Flußmitteln besitzen. Durch Schwefelkies stark verunreinigte Tone sind unbrauchbar, wenn ihre Reinigung nicht möglich oder nicht lohnend ist. Die Anwesenheit geringerer oder größerer Mengen von Sand, freier Kieselsäure, kann man schon durch eine oberflächliche Untersuchung beurteilen, wenn man ein kleines Stück Ton zwischen den Zähnen verreibt oder ein trockenes Stück mit dem Messer schneidet. Hierbei, sowie beim Zerreiben einer Probe im Achatmörser, spürt man ein mehr oder weniger deutliches Knirschen des Sandes. Der Gehalt an Flußmitteln sollte früher nicht mehr als 5% betragen, abgesehen von den Fällen, in denen für die Erzielung besonders dicht gebrannter, fester oder säurebeständiger Steine ein höherer Gehalt an Flußmitteln erforderlich ist. Fuchs hat („Über Analysen rheinischer Tone mit besonderer Berücksichtigung der Flußmittel“, Stahl und Eisen 1910, S. 1247) die Analysen von 865 verschiedenen Tönen des Westerwaldes, der Gegenden von Kärlich, Ahrweiler und Bonn, sowie der Pfalz nach ihrem Tonerde- und Flußmittelgehalte geordnet. Hierbei zeigte sich, daß der Flußmittelgehalt bei den Tönen mit 28 bis 40% Tonerde durchschnittlich mit dem Tonerdegehalt zunimmt, während er bei den Tönen mit weniger als 28 oder mehr als 40% Tonerde geringer ist als bei den dazwischen liegenden. Von den sämtlichen 865 Analysen weisen nur 8, also noch nicht 1%, weniger als 3% Flußmittel auf, und im ganzen nur  $317 = 36,6\%$  der Gesamtzahl dieser Tone enthalten weniger als 5% Flußmittel. Von 652 Analysen zwischen 31 und 40% Tonerde, die für die Herstellung von Steinen mit einem gewährleisteten Tonerdegehalt hauptsächlich in Frage kommen, bleiben nur 31,3%, d. i. noch nicht ein Drittel, unter 5%, und nur 13,6% unter einem Flußmittelgehalte von 4,5%. Durch Mischen verschiedener Tonsorten kann man den höheren Flußmittelgehalt der einen durch den niedrigeren der anderen etwas ausgleichen, auch kann man durch die möglichst weitgehende Verwendung von Schieferschamotte mit einem flußmittelarmer Bindetone Steine mit einem möglichst niedrigen Flußmittelgehalt herstellen. Hierbei spielt aber einmal der höhere Preis der Schieferschamotte eine Rolle, der oft nicht im richtigen Verhältnis zu dem für die Steine zu erzielenden Verkaufspreise steht, andererseits ist es dann durchaus nicht immer möglich, den Steinen auch die anderen von ihnen geforderten Eigenschaften zu geben. Eine höhere Druckfestigkeit und Dichte der Steine z. B. kann nur durch das Vorhandensein und die Wirkung eines bestimmten Flußmittelgehaltes erzielt werden, und bestimmte Eigenschaften der Steine lassen sich, wenn überhaupt, nur unter bestimmten Vorbedingungen miteinander vereinigen. Die bedingungslose Vorschrift eines 5% nicht übersteigenden Flußmittelgehaltes in den Schamottesteinen ist deshalb von Fuchs als unhaltbar und unausführbar nachgewiesen, und wenn



sich heute noch ein Hersteller darauf festlegen läßt, dann hat er sich die Folgen davon selbst zuzuschreiben.

Häufig findet man für einen Ton die Bezeichnung „Edelton“ angewendet. Dieses Wort ist nur willkürlich zu Anpreisungszwecken gewählt und kann leicht zu der Ansicht führen, daß für einen bestimmten Zweck nur ein besonderer Ton von bestimmter Herkunftsstelle verwendbar sein soll. Man kann aber aus pfälzischen oder rheinischen oder mitteldeutschen feuerfesten Tönen dieselben Erzeugnisse in gleicher Güte herstellen, ohne daß eine so einseitige Grenze gezogen werden darf. Bei jedem Ton kommt es darauf an, genau festzustellen, für welchen Verwendungszweck er geeignet ist. Häufig ist ein Ton durchaus nicht sehr rein, tonerdehaltig und feuerfest, dafür von hoher Bindekraft oder wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen Schwankungen in der Wärme-gradhöhe für bestimmte Zwecke viel mehr geeignet als ein sehr reiner Ton mit hohem Tonerdegehalt und hohem Schmelzpunkt. Ein Ton kann deshalb ebensogut ein „Edelton“ zur Herstellung von Steinen im Küchenherde wie ein anderer von Hochofensteinen erster Güte sein.

Ebenso wird es nicht möglich sein, einen allgemein gültigen Maßstab für die Bezeichnung „feuerfest“ zu finden. Ein Ofensetzer glaubt in seinen Steinen für die gewöhnlichen Regulierfüllöfen in den Wohnzimmern schon einen Stoff von hervorragender Feuerfestigkeit zu besitzen, während der Hüttenmann seine Ansprüche an die Feuerfestigkeit seiner Ofenbaustoffe oft gar nicht hoch genug stellen zu können glaubt. Deshalb wird das Wort „feuerfest“ stets nur eine verhältnismäßige Bedeutung entsprechend dem Verwendungszweck der Steine haben können.

Einen für die Praxis wertvollen Anhalt zur Bewertung der einzelnen Tonsorten finden wir in einer von Ludwig in der Tonindustriezeitung vom 31. Mai 1904 veröffentlichten Arbeit über Beziehungen zwischen der Schwerschmelzbarkeit und der chemischen Zusammensetzung der Tone. Es dürfte von allgemeinerem Belange sein, die Hauptpunkte dieser Arbeit im Auszuge zu bringen.

Ludwig weist nach, daß die frühere Annahme, wonach beim Schmelzen der Tone Doppelsilikate gebildet werden, nicht richtig ist, weil sich dann zunächst eine leichter schmelzbare Verbindung bilden müsse und nicht eine schwerer schmelzbare. Doppelsilikate sind aber Verbindungen von verhältnismäßig hohem Schmelzpunkt, während die Mischungen verschiedener Silikate, die Massen, deren Zusammensetzung sich von der eines bestimmt gekennzeichneten Silikates scharf unterscheidet, einen niedrigeren Schmelzpunkt zeigen, was durch Schmelzversuche von einzelnen und von Mischungen verschiedener Silikate stets bestätigt wird.

Die Zerstörung der Tone durch die Schmelzung ist demnach als eine Lösung zu betrachten, und folgt, gleichgültig bei welchen Wärmegraden.

sie stattfindet, ebenso wie bei Legierungen, den allgemein für Lösungen gültigen Gesetzen. Bei einem Ton, der neben Tonerde und Kieselsäure noch Eisenoxyd, Kalk, Magnesia und Alkalien enthält, sind die Vorbedingungen zur Lösung gegeben, sobald der Ton bis über den Schmelzpunkt der leicht schmelzbarsten Lösung aus diesen Bestandteilen erhitzt wird. Erfahrungsgemäß tritt die Sinterung, die eine gewisse Menge geschmolzener Masse voraussetzt, oft schon dann ein, wenn der Schmelzpunkt des am leichtesten schmelzbaren Bestandteiles im Ton noch nicht erreicht ist, weshalb die Stoffe schon vorher in festem Zustande aufeinander wirken und eine Lösung bilden müssen. Bei genügend inniger Berührung der verschiedenen Flußmittel untereinander und mit der Tonmasse bildet sich zunächst die am leichtesten schmelzbare Lösung der verschiedenen Bestandteile, welche reich an Flußmitteln, aber arm an Tonerde ist. Bei steigender Erwärmung wird allmählich der Schmelzpunkt immer flußmittellärmerer Lösungen erreicht, es kann also bei gleichbleibender Flußmittelmenge immer mehr Kieselsäure und Tonerde von der Lösung aufgenommen werden, und zwar zunächst vorwiegend Kieselsäure, da der Schmelzpunkt der tonerdereichen Verbindungen sehr hoch liegt. Indem so die Menge der Lösung sich vermehrt und das Ungelöste sich vermindert, muß die Masse allmählich erweichen und schließlich zusammensinken, bis sich ein vollkommenes Glas gebildet hat. So erklärt es sich, daß der Ton erst ganz allmählich zum Schmelzen kommt.

Ganz anders verhalten sich kristallisierte Körper, wie Quarze, welche wie Eis von außen abschmelzen, ohne erst in der ganzen Masse zu erweichen.

Der Schmelzpunkt der Lösung sowie der zum Niederschmelzen des Tones erforderliche Wärmegrad hängen demnach sowohl vom Verhältnis der Tonerde zur Kieselsäure als auch von der Menge und Art der Flußmittel ab.

In welcher Weise die Vermehrung der Kieselsäure den Schmelzpunkt herabsetzt, ist zahlenmäßig in der Zusammensetzung der Segerkegel ausgedrückt.

Die Wirkung der Flußmittel, die in der Bildung von Lösungen besteht, erfolgt nach dem für verdünnte Lösungen bestehenden Gesetz, das in der physikalischen Chemie als allgemein gültig anerkannt und für die Tone bereits 1868 von Richters aufgestellt ist: Eine gleiche Anzahl von Molekülen verschiedener Stoffe in der gleichen Menge des gleichen Lösungsmittels (der Silikatschmelze) erniedrigen den Erstarrungspunkt (Schmelzpunkt) um gleiche Beträge.

Dieses Gesetz gilt für alle in der Silikatschmelze löslichen Stoffe, gleichgültig ob Basen oder Säuren, mit Ausnahme der Kieselsäure und Tonerde, die von vornherein als Hauptmasse enthalten sind.

Wenn wir aus der chemischen Zusammensetzung auf die Schmelzbarkeit schließen wollen, haben wir mit Molekülen zu rechnen, denn nicht gleiche Gewichtsprozente von Eisenoxyd und Kaliumoxyd, sondern gleiche Moleküle haben die gleiche Schmelzwirkung.

Demnach müssen die Gewichtsprozente der Analysen in Moleküle umgerechnet werden, und es ist dabei gleichgültig, ob die Basen als solche oder als Silikate vorhanden sind.

Ein als Beispiel angeführter Grünstadter Kaolin hat folgende chemische Zusammensetzung:

Tonerde . . . . .	38,15%
Kieselsäure . . . . .	47,69 „
Titansäure . . . . .	0,12 „
Eisenoxyd . . . . .	0,77 „
Kalziumoxyd . . . . .	0,21 „
Kaliumoxyd . . . . .	1,26 „

Um das Verhältnis der Moleküle zueinander zu berechnen, muß jede Zahl durch das betreffende Molekulargewicht dividiert werden: die Tonerde durch 102, die Kieselsäure durch 60 usw.

Mit Rücksicht darauf, daß das Eisen in den Tonen meistens als Oxyd, in niedergeschmolzenen Schamottesteinen dagegen als Oxydul gefunden wird, und daß bei der während des Betriebes entstehenden Umwandlung in Oxydul aus 1 Molekül Oxyd 2 Moleküle Oxydul entstehen, wodurch sich die Schmelzwirkung des Oxydes verdoppelt, hält Ludwig mit Recht für richtig, hier schon diejenige Schmelzwirkung des Eisens in Betracht zu ziehen, die es bei dauernder Erhitzung im Betriebe haben wird, und deshalb die Gewichtsprozente des Eisens nicht mit 160, sondern mit 80 zu dividieren.

Es ergibt sich aus obiger Analyse folgende Umrechnung:

Tonerde . . . . .	38,15 : 102 = 0,37402
Kieselsäure . . . . .	47,69 : 60 = 0,79484
Titansäure . . . . .	0,12 : 80 = 0,00150
Eisenoxyd . . . . .	0,77 : 80 = 0,00963
Kalziumoxyd . . . . .	0,21 : 56 = 0,00374
Kaliumoxyd . . . . .	1,26 : 94 = 0,01340

Um hieraus für Vergleiche geeignete Zahlen zu finden, aus denen das Verhältnis der einzelnen Bestandteile zueinander ersichtlich ist, dividiert man sämtliche oben gefundenen Endzahlen mit der für die Tonerde gefundenen Molekularzahl 0,37402, so daß die Zahl für Tonerde = 1 wird. Dann erhält man:

Tonerde . . . . .	0,37402 : 0,37402 = 1
Kieselsäure . . . . .	0,79484 : 0,37402 = 2,125
Titansäure . . . . .	0,00150 : 0,37402 = 0,004
Eisenoxyd . . . . .	0,00963 : 0,37402 = 0,0257
Kalziumoxyd . . . . .	0,00374 : 0,37402 = 0,0100
Kaliumoxyd . . . . .	0,01340 : 0,37402 = 0,0358

Nach dem Grundgesetz haben gleiche Moleküle der Flußmittel gleiche Schmelzwirkung; man kann deshalb die für die Flußmittel gefundenen Zahlen einfach addieren und unter dem Buchstaben F = Flußmittel zusammenfassen. Da sie durchaus nicht nur aus Basen bestehen brauchen, scheint diese Bezeichnung besser gewählt, als die von Ludwig benutzte RO.

Man erhält nun für den vorliegenden Ton die Summenformel, Tonerde + 2,125 Kieselsäure + 0,0755 F, und die Analyse ist in zwei Zahlen ausgedrückt, die ihren ganzen Inhalt zu Vergleichszwecken wiedergeben.

Die Kieselsäurezahl drückt aus, wie weit der Ton basisch oder sauer ist, während die Flußmittelzahl die Gesamtmenge derselben in ihrer wirklichen Bedeutung angibt.

Die Entscheidung der Frage nach den Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Schmelzbarkeit des Tones läßt sich nun durch eine einfache graphische Darstellung herbeiführen.

Das Ergebnis der vorstehenden Berechnungen enthält nur zwei Zahlen. Diese kann man durch die Lage eines Punktes in einem Koordinatensystem darstellen, indem hier auf der Abszisse der Kieselsäuregehalt, auf der Ordinate die Flußmittelmenge, beide in Molekülen ausgedrückt, eingetragen werden.

Da die Flußmittelmengen meistens sehr klein sind und hier ein kleiner Unterschied schon einen großen Einfluß auf die Schmelzbarkeit ausübt, empfiehlt es sich, nicht den gleichen Maßstab für die beiden Größen anzuwenden, sondern die Flußmittelzahl zehnmal so groß darzustellen als die Kieselsäurezahl.

Das so angelegte Koordinatensystem ist aus dem folgenden Schaubilde verständlich.

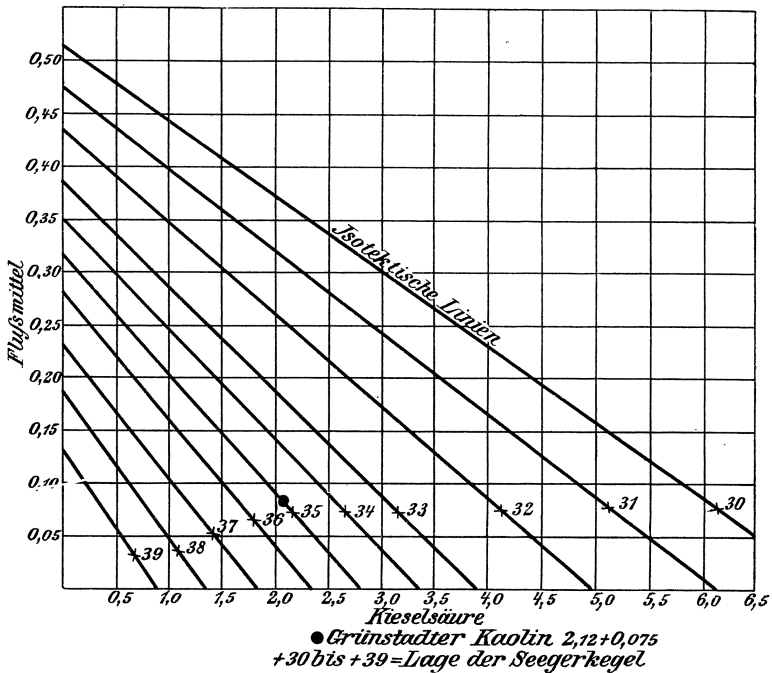
Der vorher erwähnte Grünstadter Kaolin ist hier an der für ihn gefundenen Stelle eingetragen.

Die reine Tonerde würde in der Ecke links unten ihren Platz finden; je mehr Kieselsäure ein Ton enthält, um so weiter rückt er nach rechts, je mehr Flußmittel er enthält, um so weiter steht er oben.

Ludwig stellt so eine Übersicht aus 85 Tonen zusammen, welche dadurch besonders wertvoll ist, daß die analytische und pyrometrische Untersuchung der einzelnen Tone stets mit derselben Probe angestellt wurde.

Aus dem von ihm erhaltenen Schaubilde ist zu ersehen, daß Tone, die eine ähnliche chemische Zusammensetzung haben — die Analysen sind ebenfalls von Ludwig angegeben —, nahe beieinanderstehen, während größere Entfernungen voneinander größeren Unterschieden in der Analyse entsprechen.

Ferner hat Ludwig in dem Schaubilde die der Zusammensetzung der Segerkegel entsprechenden Punkte eingetragen und dadurch feste



Bewertung der Töne.

Schaubild 13 (nach Ludwig).

Punkte in der wagerechten Richtung erhalten. Durch Versuche wurde ermittelt, wie weit der Schmelzpunkt des reinen Kaolins sinkt, wenn man ihm 0,05, 0,10 usw. Moleküle von Flußmitteln zusetzt. Hierdurch wurden feste Punkte auch in der senkrechten Richtung erhalten. Durch Vergleichung einer größeren Zahl von Analysen ergab sich, daß es für die Praxis genügt, diese letzten Punkte durch gerade Linien mit den Punkten der Segerkegel zu verbinden und die Verbindungslinien darüber hinaus bis zur untersten Abszisse zu verlängern, um so schräg von oben links nach unten rechts verlaufende Linien zu erhalten, auf welchen sämtliche Punkte liegen, die den Massen mit theoretisch gleichem Schmelzpunkte entsprechen. Ludwig nennt diese Linien nach dem Worte *τήκειν* (= schmelzen) „isotektische Linien“. Wenn nun die wirkliche Schmelzbarkeit der theoretisch berechneten entspricht, werden die durch einen Versuch gefundenen Schmelzpunkte und die durch die Berechnung aus der Analyse gefundenen zusammenfallen und in dem Schaubilde in der Nähe oder auf der isotektischen Linie selbst liegen, welche zu dem Segerkegel mit gleichem Schmelzpunkt gehört. Wie man sieht, trifft dies bei dem Grünstadter Kaolin zu, dessen Schmelzpunkt

durch Versuche bei Kegel 35 gefunden war. Dasselbe ist bei der weit- aus größeren Menge der von Ludwig angeführten 85 Tone der Fall. Kleine Abweichungen werden meist auf Fehler in der Analyse oder in der Schmelzpunktbestimmungen zurückzuführen sein. Besonders die letztere erfordert genügende Übung und darf erst als beendet gelten, nachdem man den Ton zum wirklichen Niederschmelzen gebracht hat. Für die Praxis ist es jedenfalls wertvoll, daß von sämtlichen durch Ludwig angeführten Tönen keiner einen niedrigeren Schmelzpunkt zeigt, als nach seiner Analyse zu erwarten ist. Die Abweichungen sind aber auch damit zu begründen, daß der Schmelzvorgang langsamer vonstatten geht, wenn in der Probe die Flußmittel oder die Kieselsäure in festen Körnern oder zu Klümpchen zusammengeballt vorhanden sind. Da der Schmelzvorgang mit der Bildung einer kleinen Menge leicht schmelzbarer Lösung beginnt, kann nur der auf der Außenseite der Körnchen befindliche Teil in Wirksamkeit treten, und die Bildung einer Lösung, also auch der Schmelzvorgang, geht weniger schnell vonstatten als bei völlig gleichmäßiger Verteilung der Bestandteile der Probe. Zum Schmelzen ist einmal die genügend hohe Wärme, dann aber auch genügende Zeit erforderlich, da zum Lösen eines festen Körpers immer eine gewisse Zeit nötig ist. Je weniger Zeit also für die Schmelzung verfügbar ist, um so mehr wird bei gleicher Zusammensetzung und bei gleicher Wärme der Körper mit körnigen Beimengungen im Vorteil sein gegenüber den völlig gleichmäßig feinkörnigen. Man wird deshalb vor der Herstellung des Probekörpers für eine möglichst weitgehende Zerkleinerung und gleichmäßige Mischung seiner Bestandteile sorgen müssen; auch ist es wichtig, die Probekörper nicht zu klein zu wählen, um dadurch die Einwirkung der einzelnen Bestandteile aufeinander und damit den Schmelzvorgang zu verlängern.

In allen Fällen, wo der Schmelzpunkt im Devilleofen höher gefunden wird, als der Analyse entspricht, ist mit der Möglichkeit zu rechnen, daß die Widerstandsfähigkeit des Tones beim andauernden Erhitzen des Steines in der Praxis nicht dem so ermittelten Schmelzpunkt, sondern dem der Analyse entspricht. Es wird dies der Grund sein, weshalb ein nach dem Ausfall der Schmelzprobe als geeignet erachteter Ton manchmal nach der Verarbeitung als Stein nicht die erwarteten Eigenschaften zeigt. Deshalb muß der Hersteller eine gute Durchschnittsanalyse des ihm gelieferten Tones kennen, welche oft nicht mit der von dem Lieferer angegebenen übereinstimmt. Trägt er dann den daraus rechnerisch ermittelten Schmelzpunkt in das vorstehend beschriebene Schaubild ein, so wird er stets einen Anhalt für die untere Grenze des Schmelzpunktes haben.

Die Berechnungsart von Ludwig sieht auf den ersten Blick etwas verwickelt aus, ist aber in Wirklichkeit eine sehr einfache. Die gra-

phische Darstellung der Analyse bietet den Vorteil, daß man verschiedene Tone gut miteinander vergleichen kann. Tone, die hier nahe zusammenstehen, sind einander in allen Eigenschaften ähnlich, solche, die weit entfernt voneinander stehen, sind auch in ihren Eigenschaften wesentlich verschieden. Die graphische Darstellung gibt also ein vollständiges Bild von der ganzen Natur der Tone, soweit sie chemisch ermittelt werden kann.

Für die Praxis besteht der Wert der Ludwigschen Berechnungsart darin, daß der Hersteller seine eigenen ihm durch wiederholte Analysen genau bekannten Tone durch Eintragung in das Schaubild stets nachprüfen kann, was bei häufigem Wechsel in der Güte derselben Tonlager von Wichtigkeit ist. Diese Eintragungen dienen gleichzeitig zur Nachprüfung der durch Versuche gefundenen Schmelzpunkte. Hat man nun eine Reihe genau bekannter Tone in dem Schaubilde vereinigt, so ist man stets in der Lage, auf Grund einer Analyse neu angebotene Tonsorten mit den bereits bekannten zu vergleichen und daraus einen Schluß auf ihre Brauchbarkeit zu ziehen. Bei den meisten Tönen gibt die Ludwigsche Berechnungsweise eine gute Übereinstimmung der Analyse und des Schmelzpunktes. Abweichungen findet man gelegentlich bei unreinen Tönen. Der durch die pyrometrische Untersuchung gefundene Schmelzpunkt ist aber niemals niedriger, als der nach der Analyse berechnete, sondern bei Abweichungen stets etwas höher.

Dümmler (Handbuch der Ziegelfabrikation) bewertet die Tone nach ihrem Gehalte an Tonerde und ordnet sie nach der Verhältniszahl, welche durch Division des Tonerdegehaltes der Analyse in die Summe der bei 120° C nicht flüchtigen Bestandteile erhalten wird. Je kleiner dieser Quotient ist, um so mehr Tonerde ist in dem Tone enthalten, und umgekehrt. Bleibt der Quotient kleiner als 3,3, dann eignet sich der Ton zur Herstellung feuerfester Erzeugnisse, deren Feuerfestigkeit um so höher ist, je kleiner der Quotient ausfällt.

Vor allem müssen die Tonhändler dazu gezwungen werden, in kürzeren Zeiträumen gute Durchschnittsproben von ihren Tonlagern zu entnehmen und diese von zuverlässigen Chemikern untersuchen zu lassen. Weiter müssen sie verpflichtet werden, der Analyse auch wirklich gleichmäßig entsprechende Tone zu liefern, denn nur dann kann der Hersteller der feuerfesten Baustoffe seinerseits eine Gewährleistung für die Güte und Zusammensetzung seiner Erzeugnisse übernehmen. Wer die Verhältnisse im Tonhandel kennt, weiß, welcher wunde Punkt hiermit berührt wird.

Bis zu einem bestimmten Wärmegrade erhitzt, erreicht jeder Ton den höchsten Grad seiner Schwindung, seiner größten Dichtigkeit oder der Sinterung. Nachdem dieser Punkt überschritten ist, beginnt er ganz langsam und allmählich zu erweichen, und die Erweichung geht

schließlich in das vollständige Schmelzen über. Bei dem Quarz liegt der Erweichungspunkt sehr hoch, er bleibt deshalb auch in hohen Wärmegraden fest und beginnt erst wenig unter seinem Schmelzpunkte zu erweichen. Die in der Hauptmasse aus Quarz hergestellten Quarzkalksteine und Quarztonsteine behalten deshalb auch in hohen Wärmegraden ihre ursprüngliche Druckfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Angriffe. Bei den Schamottesteinen ist das aus dem vorstehenden Grunde nicht der Fall. Je nach der Art der Tone, aus denen sie bestehen, beginnen sie in verschieden hohen Wärmegraden zu erweichen. Deshalb sind die Tone zu ihrer Herstellung am besten geeignet, bei denen der Sinterungspunkt — der Dichtbrandwärmegrad — und der Schmelzpunkt möglichst weit auseinanderliegen.

Zur Feststellung des Sinterungs- und Schmelzpunktes der Tone und der feuerfesten Baustoffe bedient man sich ebenso wie zur Überwachung der Brennwärme in den Öfen der Keramik allgemein der bereits auf S. 2 erwähnten Segerkegel. In dem Devilleofen sind diese Feststellungen, wenn das Gebläse nicht genau geregelt werden kann, nicht unbedingt zuverlässig gewesen. Seitdem diese Untersuchungen aber im elektrischen Ofen in einer stets gleichbleibenden Atmosphäre und unter genauester Regelung der Wärmezunahme ausgeführt werden können, genügen die Segerkegel den Anforderungen der Praxis vollkommen. Ich vertrete aber auch heute noch den Standpunkt, daß es vorteilhaft ist, den Angaben der Schmelzpunkte nach Segerkegeln auch stets die entsprechenden Wärmegrade nach Celsius beizufügen. Man muß sich stets nach den Gebräuchen seiner Abnehmer richten. Der Hauptverbraucher der feuerfesten Baustoffe ist der Hüttenmann. Wenn diesem die Segerkegel auch bekannt sind, ist er doch daran gewöhnt, seine Wärmegrade überall nach Celsius zu bestimmen, und man kann nicht von ihm verlangen, daß er in einem besonderen Falle nach Segerkegeln rechnen soll, deren Werte jedesmal umzurechnen ihm nur lästig sein wird. Auch ist der Unterschied zwischen den einzelnen Kegelnummern nur gering, von Kegel 27 bis 36 beträgt er jedesmal nur 20° C. Der Unterschied zwischen den Zahlen 33 und 34 erscheint viel größer, als der zwischen den Celsiusgraden 1730 und 1750; der Hüttenmann weiß, daß der letztere in seinen Öfen keine große Rolle mehr spielt und in vielen fast andauernd vorhanden ist. Er wird sich aber daran viel weniger stoßen, als an dem ihm viel ferner liegenden ebenso unbedeutenden Unterschied zwischen Kegel 33 und 34, und um so weniger, als er weiß, daß er die Güte der feuerfesten Baustoffe mit mehr Recht auch nach ihren verschiedenen anderen Eigenschaften beurteilen muß, die für ihn oft viel wichtiger sind als der nur geringe Unterschied zwischen zwei nebeneinanderliegenden Schmelzpunkten der Segerkegel.



Die bisher betrachteten Eigenschaften der Tone und der daraus hergestellten feuerfesten Baustoffe standen im engsten Zusammenhange mit ihrer chemischen Zusammensetzung. Ebenso wichtig sind die mit ihrem physikalischen Verhalten zusammenhängenden Eigenschaften, die Bildsamkeit (Plastizität), Schwindung und Bindefähigkeit.

Unter Bildsamkeit versteht man die Eigenschaft der Tone, mit Wasser angemacht, einen Teig zu bilden, dem durch Kneten, Drücken und Pressen eine beliebige Form gegeben werden kann, welche die Masse danach andauernd behält.

Die Schwindung ist die Eigenschaft der Tone, sich beim Trocknen und Brennen auf einen geringeren Rauminhalt zusammenzuziehen.

Die Bindefähigkeit ist das Vermögen der Tone, mit Wasser angemacht, sich mit körnigen, nicht bildsamen Beimengungen zu verbinden, sich mit diesen in bestimmte Formen bringen zu lassen, und die Form nach dem Trocknen und Brennen beizubehalten.

Körper, welche in festem Zustande kristallinisch sind und die man deshalb kristalloide nennt, wie Zucker, Salze usw., gehen nach ihrer Lösung durch Wasser viel leichter durch eine poröse Scheidewand als amorphe, nicht kristallinische Körper, wie Leim, Eiweiß, lösliche Kieselsäure, Eisenoxyd, Tonerde u. a., welche mit Wasser eine gallertartige Masse bilden und kolloidale Körper genannt werden. Die ersteren werden auch als Sole, die letzteren als Gele bezeichnet (Sol = solutio, Lösung; Gel = Gelee, Gallert). Zur Trennung zweier miteinander vereinigten Lösungen eines Soles und eines Geles bedient man sich der Dialyse. Ein flaches Gefäß aus Glas, dessen Boden aus Pergamentpapier gebildet wird, der Dialysator, wird schwimmend in ein Wasser enthaltendes Gefäß gesetzt und mit der vereinigten Lösung gefüllt. Durch den Vorgang der Endosmose — den gegenseitigen Austausch zweier miteinander mischbarer Flüssigkeiten — geht nach einiger Zeit die Lösung des Soles vollständig durch das Pergamentpapier in das darunter befindliche Wasser über, während in dem Dialysator die reine Gellösung zurückbleibt. Die wässerigen Niederschläge des Eisenoxydes, der Kieselsäure und Tonerde sind uns aus dem Laboratorium als gallertartige, schleimige Körper, als Kolloide bekannt. Wie Mellor (a. a. O.) gezeigt hat, besteht der Hauptbestandteil der Tone, die Tonsubstanz, aus dem kristallinen Kaolinit und dem amorphen Tonit. Macht man nun einen Ton mit Wasser an, dann wird der Kaolinit hierbei unverändert bleiben, der amorphe Tonit dagegen verwandelt sich in das Kolloid der Tonerde, wobei er die gallertartige, schleimige Form desselben annimmt. Hiermit sind die Eigenschaften der Tone, die Bildsamkeit, Schwindung und Bindefähigkeit, ohne weiteres erklärt. Dar- aus, daß die einzelnen Tone diese Eigenschaften in verschiedenem Maße besitzen, geht hervor, daß ihr Gehalt an Kaolinit und Tonit ein ver-

schieden hoher ist. Es würde von größtem Wert für die Beurteilung der Tone sein, wenn die Wissenschaft uns ein einfach auszuführendes Verfahren zeigte, durch welches wir den Gehalt der Tone an Tonit leicht bestimmen könnten. Jedenfalls ist ohne weiteres einzusehen, daß die größere oder geringere Bildsamkeit eines Tones damit zusammenhängen muß, wieviel Tonit in ihm enthalten ist, der durch die Aufnahme von Wasser die kolloidale Form annimmt und dadurch die Bildsamkeit der ganzen Tonmasse erzeugt, wie wir es von jeder anderen mit einem kolloidalen Körper versetzten Masse kennen. Eine „Erhöhung“ der Bildsamkeit, von der man oft lesen kann, gibt es nicht; wenn der gesamte Tonitgehalt eines Tones durch die Einwirkung des Wassers beim Sumpfen und Mauken in den kolloidalen Zustand übergeführt ist, dann ist damit der höchste Grad der Bildsamkeit des betreffenden Tones erreicht. Von einer „Erhöhungsmöglichkeit der Bildsamkeit“ kann man deshalb nur so lange sprechen, als der Ton noch nicht vollständig aufgeschlossen ist. Wenn wir im Laboratorium einen kolloidalen Niederschlag auf dem Filter trocknen, sehen wir, daß er sich mit dem Fortgange des Wassers unter Bildung von Rissen zusammenzieht und allmählich erhärtet. Wir haben hier genau denselben Vorgang, wie wir ihn beim Schwinden der trocknenden Tonmassen sehen, und dies zeigt uns, daß die Trockenschwindung der Tone hier nur eine Folge der Wasserabgabe des kolloidalen Tonites sein kann. Das weitere Schwinden der Tone und der daraus hergestellten Massen während des Brennens, der Brennschwindung, wird durch die Abgabe des chemisch gebundenen Wassers bewirkt, wie es die Erhitzungskurven des Kaolinites und der plastischen Tone im Schaubilde 12 deutlich zeigen, denn ein anderer chemischer Vorgang, auf den die Brennschwindung zurückgeführt werden könnte, mit Ausnahme der Abspaltung des Wassers von dem Tonmoleküle, tritt während der ganzen Erwärmung bis gegen 900° C nicht auf. Mit dem Beginne der Bildung des Sillimanites ist ein bald vorübergehendes Wachsen der Tone verbunden, auf welches Mellor a. a. O. besonders aufmerksam macht. Das danach noch weiter in geringerem Maße auftretende Schwinden bis zum Sinterungspunkte ist jedenfalls mit der fortschreitenden Bildung des Sillimanites in Zusammenhang zu bringen. Die Bildsamkeit der Tone kann auch durch besondere Zusätze, wie wir bei der Beschreibung des Weberschen Gießverfahrens sehen werden, hervorgerufen und bis zur Gießbarkeit der Masse in Formen gesteigert werden. Die Bindefähigkeit der Tone ist nur eine Folgeerscheinung der Bildsamkeit, denn nur solche Stoffe, welche kolloidale Eigenschaften besitzen, verbinden sich in gewöhnlichen Wärmegraden mit anderen nicht bildsamen Stoffen derart, daß man daraus gleichmäßig gemischte Massen herstellen kann, welche beliebige Formen annehmen und dauernd behalten. Die vereinigte Bildsamkeit und Bindefähigkeit bilden die

Vorbedingung für die Formgebung der feuerfesten Baustoffe, die Schwindung wirkt zerstörend auf die Erhaltung ihrer Form, denn sie erzeugt Krümmungen und Risse.

Der Grad der Bildsamkeit und die Bindekraft ist von besonderer Wichtigkeit bei der Bewertung eines Tones, der als Bindeton verwendet werden soll. Ein Verfahren zur Bestimmung des Tonitgehaltes würde uns Gelegenheit geben, für die Tone auch eine Stufenfolge für ihre Verwendbarkeit als Bindetone festzulegen. Solange behilft man sich am einfachsten damit, zu untersuchen, wieviel Ton nötig ist, um eine bestimmte Menge von Sand, gemahlene Quarz oder Schamotte von bestimmter Korngröße zu einem guten Stein verformen zu können. Je nach dem größeren Gehalte von Tonit und anderen kolloidalen Beimengungen besitzen manche Tone nur einen verhältnismäßig niedrigen Tonerdegehalt, aber eine auffallend hohe Bindekraft, wie z. B. besonders die Tone von Andenne in Belgien, und man kann mit ihrer Hilfe aus einer größeren Menge unbildsamer Bestandteile feste Steine erzeugen. Diese nennt man fette Tone. Andere Tone bestehen in der Hauptsache aus Kaolinit, sie können dann sehr tonerereich sein, besitzen aber wenig Bindekraft und schwinden beim Brennen sehr stark. Sie stellen die mageren Tone dar, welche man vor ihrer weiteren Verarbeitung zu Schamotte brennt. Selbstverständlich können auch die fetten Tone einen hohen Gehalt an Tonerde besitzen. Die bildsamen, fetten Tone brennen sich sehr dicht, sie zerklüften aber infolge ihrer stärkeren Schwindung beim Trocknen und Brennen, deshalb müssen sie durch geeignete Zusätze gemagert werden. Die weniger bildsamen, mageren Tone enthalten von Natur bereits so viele Magerungsmittel, so daß man sie manchmal schon ohne weitere Zusätze zur Herstellung feuerfester Baustoffe, meistens aber nur von geringerer Güte, von Tonsteinen verwenden kann.

Den schädlichen Folgen des Schwindens muß durch den Zusatz von Magerungsmitteln entgegengewirkt werden. Am richtigsten würde dies geschehen, wenn man, wie es sonst in der Keramik üblich ist, die Dichtbrenntemperaturen der Tone bzw. der Tonmischungen feststellen und die daraus hergestellten Schamottesteine in diesem Wärmegrade brennen würde. Man verwendet gern als Ersatz für Schamotte den Zusatz von Kapselscherben aus den Porzellanfabriken. Diese bestehen aus Ton und sind wiederholt in der Höhe des Porzellanscharffeuers bis Segerkegel 14 = 1410 gebrannt, sie schwinden deshalb nicht mehr nach, und man bezeichnet sie als ruhige Schamotte. Dasselbe würde man erreichen, wenn man die Schamotte und die Schamottesteine in höheren Wärmegraden brennen wollte. Man ist aber allgemein daran gewöhnt, die Schamottesteine nicht höher als bei Segerkegel 9 bis höchstens 11 = 1280° bis 1320° C zu brennen. Dem Schwinden der Tone und der Schamottesteine beim Trocknen und Brennen begegnet man dadurch,

daß man sie mit Magerungsmitteln, bestehend aus gemahlener Schamotte — bereits gebranntem Ton —, mit bereits gebrannten und wieder zerkleinerten Stücken von Schamottesteinen, Kapselscherben und anderen tonhaltigen Abfällen oder auch mit Quarz, Ganister und Sand versetzt. Der Ganister ist ein Kohlensandstein mit einem geringen Tonerdegehalt, der je nach Bedarf durch Zusatz von Tonmehl erhöht wird. Er entspricht dann den in Deutschland an vielen Stellen vorkommenden, durch Gebirgsdruck noch nicht verfestigten jüngeren Klebsanden. Die schädlichen Folgen der Trockenschwindung werden durch sachgemäßes Magern der Massen vollständig aufgehoben. Um der Brennschwindung entgegenzuarbeiten, nimmt man die Menge des Bindetones, entsprechend seiner Bindekraft, möglichst niedrig, auch wirkt derselben das Wachsen des Sand- oder Quarzzusatzes ausgleichend entgegen, wenn dessen Menge richtig gewählt ist und die Art des herzustellenden Steines diesen Zusatz gestattet. Vollständig kann die Brennschwindung der reinen Schamottesteine nicht vermieden werden, weil eben der Bindeton erst hier schwindet. Das später in den metallurgischen Öfen noch häufig beobachtete Nachschwinden der hier vermauerten Schamottesteine könnte allerdings durch ein genügend hohes Brennen bei ihrer Herstellung verringert werden.

Mit einem Zusatz von Quarz hergestellte Schamottesteine bezeichnet man als Quarzschamottesteine. Die nur aus Schamotte und Ton bestehenden reinen Schamottesteine kann man in zwei Sorten trennen, in solche erster Güte, welche aus frisch gebrannter Schamotte und Ton bestehen, und solche zweiter Güte, in denen die Schamotte ganz oder teilweise durch bereits gebrauchte und wieder aufbereitete Schamottesteinstücke, Kapselscherben, Schrotteln (Abfälle von der Steinguterzeugung), Biskuitscherben (Abfälle aus der Porzellanerzeugung) und ähnliche Zusätze ersetzt ist. Will man den Unterschied noch weiter fortsetzen, dann kann man auch von Schiefertonschamottesteinen als der reinsten und wertvollsten Art sprechen und für bestimmte Sorten einen bestimmten Gehalt an Tonerde oder Flußmitteln vorschreiben, wie es vielfach für die verschiedenen Sorten der Hochofen- und Winderhitzersteine längst üblich ist. Bei diesen einfachen und sachgemäßen Bezeichnungen sind Mißverständnisse zwischen dem Besteller und Erzeuger vollständig ausgeschlossen, besonders wenn dem letzteren in jedem Falle noch besonders mitgeteilt wird, für welche Ofenart die Steine bestimmt sind und an welcher Stelle des Ofens sie verwendet werden sollen. Gerade die Auskunft hierüber ist für den Hersteller von größtem Werte, und sie sollte ihm stets gegeben werden.

Anmerkung: Schwarz (a. a. O.) versteht, wie auf S. 86 als unrichtig abgelehnt werden mußte, unter Schamotte bereits eine Mischung von Schamotte und Bindeton. Er macht dann später (S. 23) einen Unterschied zwischen reiner Schamotte und Tonerdeschamotte, es bleibt aber wenig verständlich, was er unter diesen beiden Bezeichnungen verstanden wissen will.

Unbedingt zu verwerfen ist es, wenn feuerfeste Steine unter irgendwelchen Phantasienamen, wie z. B. Dynaxitsteine, Devasteine, Dura-  
steine u. a. angeboten werden, wenn daneben nicht genaue Angaben über die Art und den Verwendungszweck der Steine gegeben werden. Ich fand sogar einmal den schönen Namen „Chromositsteine“ für eine ganz gewöhnliche Sorte von Schamottesteinen zweiter Güte! Wenn das selbstverständlich auch nicht überall zutrifft, so liegt doch der Gedanke nahe, daß sich hinter einem hochtönenden Namen ein minderwertiges Zeug versteckt, das dem nicht genügend sachverständigen Käufer als Mädchen für alles und für schweres Geld aufgehängt werden soll. Auch nach dieser Richtung hin sind die Drucksachen, in denen feuerfeste Baustoffe angepriesen werden, oft recht verbesserungsbedürftig. Der Verbraucher kann sich sehr leicht gegen alle diese Dinge schützen, wenn er selbst klar und genügend ausführlich ausspricht, was er haben will und eben so klare, sachgemäße Antworten verlangt, alles andere aber grundsätzlich ablehnt.

### B. Die Vorbereitung der Rohstoffe.

Sämtliche Rohstoffe müssen sorgfältig nach ihrer Art und Güte getrennt gelagert werden. Am besten geschieht dies unter seitlich offenen Schuppen, so daß sie vor Regen und Schnee geschützt sind. Nur den Quarz lagert man gern im Freien, weil er durch die Witterung nicht leidet, sondern durch den Regen von etwa anhaftenden erdigen Verunreinigungen gesäubert wird.

Steinstücke von alten Öfen sind oft durch Schlackenansätze verunreinigt und müssen durch Abschlagen davon befreit werden.

Der von den Gruben kommende Ton ist meistens feucht und muß getrocknet werden. Dies geschieht am besten durch loses Lagern an der Luft unter seitlich offenen Schuppen. Es ist vorteilhaft, den Ton bereits in den Gruben auf diese Weise trocknen zu lassen und ihn dann erst in lufttrockenem Zustande in gedeckten Eisenbahnwagen zum Versand zu bringen. Man spart dadurch Ausgaben für Frachten, Arbeitslöhne und Zeit, weil man dann den trockenen Ton sofort weiter verarbeiten kann. In einer größeren Fabrik können die durch den Bezug von grubenfeuchtem Ton entstehenden Mehrausgaben für Umlagern, künstliches Trocknen, höheren Kohlenverbrauch und Arbeitslöhne in einem Jahre viele tausend Mark betragen, die leicht vermieden werden, wenn man grundsätzlich nur lufttrockenen Ton in die Fabrik hineingelangen läßt.

Zur künstlichen Trocknung der Tone soll man niemals die Decken der Brennöfen benutzen, wie es häufig geschieht. Diese Decken dürfen nicht übermäßig belastet werden, auch leiden sie durch das auf ihnen stattfindende Hin- und Herbefördern des Tones. Man leitet die Abhitze

der Brennöfen auf ihrem Wege zum Kamin durch eine Trockendarre, wie sie in der Quarzkalksteinherstellung beschrieben wurde, und benutzt so die Abhitze der Öfen zum Trocknen des darüber ausgebreiteten Tones. Ist dies nicht möglich, so legt man in der Nähe des Lagerraumes eine durch Rostfeuerung geheizte gleichartige Trockenanlage an und benutzt diese zum Trocknen des Tones.

Die Erwärmung der künstlichen Trockenanlagen muß sorgfältig beobachtet und darf nur so hoch gesteigert werden, daß sie genügt, um das hygroskopische Wasser aus den Tönen zu entfernen. Es ist bekannt, daß in zu hoher Wärme getrocknete Tone ihre Bindekraft verlieren. Die Erklärung dafür finden wir im Schaubilde 12, welches uns zeigt, daß der Tonit bei 150° C anfängt, einen Teil seines Wassers abzugeben, wodurch er seine kolloidale Eigenschaft verliert und in Kaolinit umgewandelt wird, der nicht mehr bindet.

### C. Das Brennen der Tone zu Schamotte.

Es ist nicht richtig, wenn für das Brennen der Tone ohne weiteres eine bestimmte Ofenausführung vorgeschlagen wird, wie man es gelegentlich in Fachzeitungen findet. Man wird in jedem Falle erst feststellen müssen, wie sich die einzelne Tonsorte beim Brennen verhält, ob eine in einer Kapsel in die Kammer eines Ofens mit eingesetzte Tonscholle ihre Form nach dem Brande bewahrt hat, oder ob sie in viele kleine Stücke zerfallen ist. Ist das erstere der Fall, dann kann man den Ton in jedem Ofen brennen, der zum Brennen der Steine benutzt wird; zerklüftet der Ton aber stark, dann würde die Flamme in diesen Öfen den Einsatz nicht genügend durchziehen können um ihn scharf zu brennen, und man wird sich dann eines entsprechend gebauten Schachtofens mit Rostfeuerung bedienen.

Schiefertone, welche selbst viel Kohle oder Bitumen enthalten, kann man ohne Brennstoffzusatz in offenen Haufen brennen oder dazu den aus der Eisenindustrie bekannten Siegerländer Röstofen mit ununterbrochenem Betrieb oder einen Schachtofen benutzen.

Bei Tönen, welche in den gewöhnlichen Kammeröfen gebrannt werden können, hat man darauf zu achten, daß zwischen den Schollen genügende Durchgangskanäle für die Feuergase freibleiben müssen, wobei das Schwinden und Zusammenbrennen der einzelnen Tonschollen zu berücksichtigen ist. Man baut deshalb einige Abzugskanäle aus losen Steinen auf und setzt die Schollen um diese herum. Damit die Abzugskanäle in der Ofensohle nicht durch hineinfallende Brocken verunreinigt werden können, überdeckt man sie so mit Steinen, daß sie nach oben bedeckt sind, die Feuergase aber durch seitliche Öffnungen zwischen den Steinen abziehen können. Ebenso bildet man auf der Ofensohle entweder aus den Tonschollen selbst oder aus Steinen wagerechte Abzugskanäle.

In besonderen Fällen, wo es sich um Erzeugung einer gleichmäßig sehr dichten Schamotte handelt, läßt man den grubenfeuchten Ton durch eine Presse gehen, aus deren Mundstück der Tonstrang mit einem quadratischen Querschnitt von rd. 10 cm Seitenlänge austritt. Der Strang wird auf einem Abschneidetisch in rd. 250 mm lange Stücke geschnitten, die dann getrocknet und ebenso wie Steine in den Ofen gesetzt und gebrannt werden. Am Rhein nennt man das „Kosackenbrennen“.

Ein Schachtofen zum Brennen von leicht zerklüftendem Ton hat folgende Anordnung.

Über einem als Abrutschkegel angeordneten Boden erhebt sich ein zylindrischer, im unteren Teile etwas erweiterter Schacht aus feuerfesten Steinen, der auf der Außenseite mit gewöhnlichen Mauersteinen bekleidet ist und durch Eisenbänder zusammengehalten wird. Der Querschnitt des Ofens kann auch rechteckig gewählt werden, in welchem Falle man ihn mit 2 großen Feuerungen an den Längsseiten versieht. Am Boden, rd. 800 mm über der Hüttensohle, den Abrutschkanten entsprechend, befinden sich verschließbare Öffnungen, durch welche die gare Schamotte in davorstehende Karren abgezogen werden kann. 2 m höher an den Stellen zwischen den Ausziehtüren sind Rostfeuerungen angebracht, in denen von einer Bühne aus die zum Brennen des Tones nötigen Feuer unterhalten werden. Die Feuergase treten in der Brennzone in das Innere des Ofens und brennen hier den ihnen von oben entgegenkommenden Ton zu Schamotte. Der Ton wird durch einen Aufzug oder auf einer schiefen Ebene auf die Gichtbühne des Ofens befördert und hier in geeigneter Stückgröße schichtenweise aufgegeben. Die mit Wasserdampf gesättigten Gase entweichen durch einen Kamin aus dem oberen Teile des Ofens ins Freie.

Der Ofen arbeitet ununterbrochen und braucht zur Bedienung einen Mann, der den Ton nach der Gicht befördert und hier aufgibt, und einen Mann, der die Feuerungen bedient und das Ziehen der Schamotte besorgt.

Die richtigen Maße sind natürlich von Wichtigkeit, wenn der Ofen wirtschaftlich arbeiten soll. Auf einem rheinischen Werke befand sich ein Ofen mit einem über dem Boden 3,8 m hohen zylindrischen Körper, dessen lichte Weite 3 m betrug. Die Feuergase traten in einer Höhe von 2,8 m durch 4 Öffnungen von  $200 \times 200$  mm in das Innere. Die Folge dieser fehlerhaften Ausführung war, daß beim Betriebe des Ofens ein rd. 1 m breiter Ring scharf gebrannter Schamotte erzeugt wurde, während in der Mitte des Ofens ein rd. 1 m dicker Zylinder ungarer Schamotte entstand. Nachdem die Brennzone durch den Einbau eines inneren Mäntels auf einen Durchmesser von 1,5 m zusammengezogen war, übersah der Besitzer, daß die Feuerungen ebenfalls umgebaut wer-

den mußten. Da dies nicht geschah und die Heizgase aus den viel zu kleinen Feuerungen einen längeren Weg als früher machen mußten, ergab der Ofen wieder ungenügende Resultate, die leicht hätten vermieden werden können.

Nachdem der Ofen vom Boden bis zur Brennzone durch Holz, Kohlen- und Koksabfälle, vermischt mit alten Steinstückchen oder Schamotte, beschießt und in genügendes Feuer gebracht ist, nimmt man die Rostfeuer in Betrieb, gibt den Ton auf und kann nun je nach Bedarf die nötige Menge Schamotte in den einzelnen Tonsorten entsprechenden Wärmegraden herstellen. In der Brennzone sind um den Ofen herum kleine verschließbare Öffnungen, Stoßlöcher, verteilt, durch die etwa an den Wänden anbackende Tonschollen von außen abgestoßen werden können.

Man ist beim Schachtofenbetrieb in der Lage, das Brenngut beliebig lange im Ofen zu belassen, und erhält bei genügender Aufmerksamkeit des Schürers ein gleichmäßig scharf gebranntes Erzeugnis ohne jeden Abfall und frei von Verunreinigungen. Selbstverständlich können derartige Öfen auch mit Gasfeuerung betrieben werden.

#### **D. Die Reinigung der Tone und der Schamotte.**

Die groben Verunreinigungen der Tone, wie Braunkohlen, Kalk- und Schwefelkiesknollen u. a., können in den Gruben oder später durch einfache Handscheidung ausgesondert werden. Es gibt aber Tone, welche durch große Mengen so fein verteilter Beimengungen verunreinigt sind, daß sie nicht mehr in dieser einfachen Weise gereinigt werden können. Zu diesem Zwecke müssen sie durch Rührwerke in reichlich vielem Wasser aufgeschlämmt und der feine Tonschlamm von den Beimengungen befreit werden. Der Schlamm wird hierzu in große Klärbecken geleitet, in denen die gröberen Verunreinigungen, die nicht schon während des Aufschlämmens entfernt werden konnten, zu Boden sinken und ein Teil des Schlammwassers verdunstet. Der dann übrigbleibende dicke Brei wird durch Pumpen zur Entwässerung durch Filterpressen gedrückt, und die hier entstehenden Kuchen werden schließlich an der Luft getrocknet. Dieses Verfahren erfordert geräumige und teure Anlagen an Maschinen, Klärbecken und Pressen, daneben beansprucht der Arbeitsvorgang längere Zeit. Es hat aber auch den Nachteil, daß hierbei nur eine Trennung der schwimmenden und zu Boden sinkenden Stoffe voneinander erfolgt, wobei leicht sehr feine Mineraltrümmer in der Schwebelage erhalten und schließlich in den Tonkuchen wiedergefunden werden. Eine Trennung dieser verschiedenen Stoffe durch Schlämmen ist dann technisch nicht ausführbar. Wenn die Tone infolge von einem höheren Gehalte an Tonit sehr fett sind, kann die Kolloidbildung so groß werden, daß die Filtertücher verschleimen und die Pressen dann versagen.



Das elektrische Reinigungsverfahren des Grafen Dr. Botho Schwerin (Tonind.-Ztg. 1912, Nr. 93), das Elektro-Osmoseverfahren, ermöglicht es, in einem einfachen, ununterbrochen arbeitenden Betriebe unter Verwendung von wenig Wasser und mit kleinen Apparaten größere Mengen von Ton vollständig von den groben bis zu den feinsten Beimengungen zu reinigen. Das Verfahren beruht darauf, daß der elektrische Strom in Form von Gleichstrom in Gegenwart einer Flüssigkeit in besonderer Weise auf kolloidale und fein verteilte Körper einwirkt. Man kann z. B. schleimigem Torfbrei oder Tonbrei durch den elektrischen Strom das Wasser bis zu einem Grade entziehen, wie es durch Druck nicht möglich ist. Befinden sich Gemenge verschiedener derartiger Körper in aufgeschlammtem Zustande in einer wässrigen Lösung, so können sie unter der Einwirkung des Stromes infolge ihrer verschiedenen Wanderungsgeschwindigkeit, oder weil sie im entgegengesetzten Sinne zueinander wandern, voneinander getrennt und z. T. in fester Form an den Polen abgeschieden werden. Zur Ausführung des Verfahrens wird der Ton zunächst zerkleinert und durch Quirlapparate oder durch den Feinschlamm-Separator Patent Freygang mit Wasser aufgeschlämmt. Hierbei werden die gröberen Teile seiner Verunreinigungen ausgeschieden und durch Becherwerke aus dem Quirlbecken entfernt. Der Tonschlamm, der sehr dick sein kann, läuft in den ununterbrochen arbeitenden elektrischen Scheideapparat, wo die Scheidung der Tonteilchen von den fein verteilten Verunreinigungen stattfindet. Die durch den elektrischen Strom abgeschiedenen Verunreinigungen fallen hier zu Boden und können leicht entfernt werden, während die gereinigten Tonteilchen von der Kathode nach der walzenförmig gebildeten Anode wandern und sich auf dieser ablagern. Der so osmosierte Ton enthält nur noch rd. 25% Wasser, er ist vollständig frei von Sand und Schwefelkies und von heller Farbe, demnach sind auch die organischen Beimengungen ausgeschieden. Von der Anode wird die Tonmasse durch einen Schaber auf ein endloses Förderband abgestrichen und fällt dann in Wagen, die ihn in die Trockenschuppen befördern. Nach diesem Reinigungsvorgange kann der Ton sofort weiterverarbeitet werden.

Die chemische Zusammensetzung des Tones wird durch diese Reinigung nur soweit verändert, als infolge der Entfernung der Verunreinigungen des Rohtones die Analyse jetzt eine große Reinheit zeigt, womit natürlich auch eine Erhöhung des Schmelzpunktes verbunden ist. Ferner werden die kolloidalen Eigenschaften der Tonteilchen durch ihre feine Verteilung und innigste Berührung mit dem Wasser bis zum äußersten entwickelt, und infolge davon ist die Bildsamkeit und Bindekraft des Enderzeugnisses erhöht.

Die ersten Versuche mit dem Elektro-Osmoseverfahren wurden mit dem bekannten, an Schwefelkies sehr reichen Ton von Girod im Wester-

wald ausgeführt. Leider fehlen Analysen des hier der Osmose unterworfenen Rohtones. Aus dem gereinigten Tone wurden Schamottesteine aus einer Mischung von 5 Teilen Schamotte und 2 Teilen rohem Binde-ton angefertigt und bei Segerkegel 9 = 1280° gebrannt. Die fertigen Steine hatten folgende chemische Zusammensetzung:

	I	II
Tonerde . . . . .	39,90	39,00
Kieselsäure . . . . .	56,00	56,90
Eisenoxyd . . . . .	1,90	2,80
Kalk . . . . .	0,50	0,80
Magnesia . . . . .	0,70	0,50
Alkaliën . . . . .	1,00	—

Der Schmelzpunkt beider Steinsorten lag zwischen dem der Segerkegel 32/33. Weitere Untersuchungen ergaben folgende Zahlen:

	I	II
Raumgewicht . . . . .	1,92	1,82
Spezifisches Gewicht . . . . .	2,49	2,55
Wasseraufnahme . . . . .	11,91%	15,75%
Porenraum . . . . .	23,00 „	28,63 „
Dichtigkeitsgrad . . . . .	0,77 „	0,71 „
Undichtigkeitsgrad . . . . .	0,23 „	0,29 „
Druckfestigkeit . . . . .	272 kg/qcm	240 kg/qcm
Bruchfestigkeit . . . . .	206 „	177 „

Diese Versuche waren mit Steinen aus Tonen zweiter und dritter Güte ausgeführt, welche wegen ihrer großen Unreinigkeit sonst nicht hätten verwendet werden können. Ihr Schmelzpunkt lag vor der Reinigung nur bei Segerkegel 29 = 1650° C. Der beste Ton der Grube Girod hat einen Schmelzpunkt = Kegel 32 = 1710° C, der nach der Reinigung durch die Elektroosmose auf Kegel 35 = 1770° C stieg.

Die Reinigung durch die Elektroosmose ist wegen der damit verbundenen Kosten nur dort wirtschaftlich lohnend, wenn man sonst unbrauchbare größere Tonlagen dadurch nutzbar machen kann, oder wenn es sich darum handelt, ganz besonders reine Tone für besondere Zwecke zu erhalten. Sie beansprucht weniger Raum, weniger Arbeitskräfte und weniger Wasser als die anderen Reinigungsverfahren und macht deren Filterpressen und Klärbecken entbehrlich. Deshalb wird manches bisher wertlose Tonvorkommen mit ihrer Hilfe in gewinnbringender Weise nutzbar gemacht werden können.

Wenn die Tone größere Mengen Schwefelkies in feinerer Verteilung enthalten, was besonders in den mit der Steinkohle gemeinschaftlich gewonnenen Schiefertönen der Fall ist, entweicht beim Brennen dieser Tone der Schwefel und das Eisen bildet mit den benachbarten Ton-  
teilchen eine eisenoxydhaltige Schlacke. Größere Stücke dieser Schlacken sind leicht zu erkennen. Man zerkleinert die Schamotte dann entweder auf Klaubtischen mit dem Handhammer oder läßt sie durch Stein-

brecher bzw. Brechwalzwerk vorgebrochen über ein Förderband gehen, wobei die verschlackten Stücke durch Handscheidung entfernt werden. Eine weitere Reinigung der Schamotte ist dadurch möglich, daß die eisenhaltigen Teile magnetische Eigenschaften besitzen. Man zerkleinert die Schamotte dann weiter und läßt sie, wie es in dem Abschnitt über Schiefertone auf S. 94 beschrieben ist, über Magnetscheider gehen, wodurch man die eisenhaltigen Teile vollständig ausscheiden und eine sehr reine Schamotte erhalten kann.

### **E. Die Einrichtungen zum Mahlen und Mischen der Rohstoffe.**

Die allgemeinen Gesichtspunkte, welche bei der Errichtung einer Schamottesteinfabrik berücksichtigt werden müssen, sind bereits in dem Abschnitt B, S. 34ff. eingehend besprochen.

Das Mahlen und Mischen der Rohstoffe für die Herstellung der Schamottesteine geschieht in dem Mühlenraume. Früher, und in kleineren Betrieben geschieht dies auch jetzt noch, wurden die einzelnen Rohstoffe, jeder für sich, auf eine bestimmte Korngröße gemahlen und abgelagert. Danach wurden sie in abgemessenen Mengen mit Handkarren in die Nähe der Tonknetter gebracht und hier auf dem gemauerten Fußboden oder auf einer Unterlage von Holz oder Eisenblech schichtenweise übereinander ausgebreitet und mit Wasser begossen. Die so entstandenen Betten ließ man einige Zeitlang ruhig liegen, dann wurden sie mit der Schaufel gut durcheinandergearbeitet und die so erhaltene Mischung wurde in den Tonknetter gegeben. Wenn eine genügende Anzahl von Betten vorhanden sein kann, derart, daß das eine zurechtgemacht wird, mindestens ein anderes ruhig lagern und das dritte verarbeitet werden kann, und bei genügender Aufmerksamkeit des Vorarbeiters, welcher das Anfahren der Rohstoffe und das Fertigmachen der Betten bis zur Aufgabe der Masse in den Tonknetter zu überwachen hat, kann man mit dieser Arbeitsweise gute Mischungen erzeugen.

Um die Handarbeit möglichst auszuschließen und um das Mischungsverhältnis der Rohstoffe zueinander vor den Arbeitern geheim zu halten — abgesehen von den Bezugsquellen der Rohstoffe ist dies das einzige Geschäftsgeheimnis der Schamottfabriken —, erdachte der Werkmeister Val. Kremp in Ottweiler eine Teil- und Mischmaschine, welche sich Jochum patentieren ließ. Da Kremp sonst keine Vorteile aus dem Ertrage seiner Erfindung gehabt hat, soll wenigstens sein Name als der des eigentlichen Urhebers der Nachwelt erhalten bleiben. Mit dieser Maschine können gleichzeitig mehrere verschiedenartige Rohstoffe in beliebiger Menge abgeteilt und miteinander gemischt werden. Der Arbeiter braucht nur die gemahlene Rohstoffe herbeizufahren und in die dafür bestimmten Einwurfstrichter, die während der Arbeit stets gefüllt sein müssen, auszukippen.

Diese Maschinen bestehen aus einer beliebig großen Zahl nebeneinander angeordneter Trichter, auf die größere Vorratsbehälter aus Holz oder Eisen aufgesetzt werden können. Die Trichter sind an ihrem unteren Teile mit 2 Öffnungen versehen; unter jedem Trichter ist ein drehbarer Teller mit messerartigen Abstreichvorrichtungen angebracht, die durch Handrad und Schraube genau eingestellt werden können. Durch gabelförmig geteilte Rutschen stehen die Teller mit einer darunterliegenden Mischschnecke in Verbindung.

Die miteinander zu mischenden Rohstoffe werden einzeln aufgegeben und gelangen durch die Trichter auf die sich drehenden wagerechten Teller. Hier werden sie von den Abstreichern in dem für die Mischung gewünschten Verhältnis abgeteilt und in die Rutschen abgestrichen, durch die sie in die darunter wagerecht liegende Mischschnecke gelangen. Letztere muß von dem letzten Trichter ab gemessen mindestens 3 m lang sein, damit eine innige Mischung der einzelnen Rohstoffe miteinander erreicht wird. Die richtige Einstellung der Abstreicher für die gewünschte Rohstoffmenge kann zu jeder Zeit an einer Zeigerstellung erkannt und überwacht werden.

Diese Maschine ist sehr sinnreich konstruiert, bedarf aber einer fortwährenden sorgfältigen Überwachung, damit sich die Abstreichvorrichtung nicht verstellt oder durch unberufene Hände verstellt wird. Die Anpreisung sagt darüber: „Da das Abteilen der Stoffe nach Raumteilen erfolgt, können kleine Schwankungen vorkommen, die von der physikalischen Beschaffenheit der Stoffe und von äußeren Einwirkungen abhängen.“ Dies ist bedenklich. Die Maschine wird vorzüglich geeignet sein, Rohstoffe von gleicher Korngröße und von gleichem hygroskopischen Wassergehalt miteinander zu mischen. Dagegen kann es bei einer Mischung von mehreren Teilen Schamotte von 4 mm Korngröße und einem Teil feingemahlenem Ton vorkommen, daß der Tontrichter durch feuchtes, zusammengeklebtes Material verstopft wird und, ohne daß dies sofort bemerkt wird, einige Zeitlang nur Schamotte in die Mischschnecke gelangt. Ähnliche Fälle sind in der Praxis vorgekommen und haben zu den unangenehmsten Folgen geführt. In einem Falle wurde die Abnahme der sämtlichen Steine für den Unterbau eines Hochofens verweigert, weil sie zu mürbe waren. Es stellte sich heraus, daß die Steine zu wenig Bindeton erhalten hatten, was nur auf ein mangelhaftes und übersehenes Arbeiten der zur Herstellung für die Rohstoffmischung benutzten Jochumschen Mischapparate zurückgeführt werden konnte. Diese Maschine ist deshalb in allen Schamottefabriken bereits seit längerer Zeit wieder entfernt.

Man hat gefunden, daß es, um eine richtige und genügend gleichmäßige Zerkleinerung und Mischung der Rohstoffe zu erzielen, vollkommen genügt, dieselben in trockenem Zustand und in abgemessenen

Mengen, bei harten Rohstoffen in der vom Steinbrecher gelieferten Stückgröße, auf einen Koller oder auf ein kräftiges Doppelwalzwerk zu geben. Die Läuferplatten des Kollers sind massiv; am äußeren Rande des Tellers ist ein wagerechter Siebboden angebracht; das genügend zerkleinerte Material wird hier abgeseibt und der Knetmaschine zugeführt, das zu grobe wieder unter die Läufer gestrichen.

Zur Erzielung einer Mischung mit Quarzzusatz wird man schwerere Maschinen wählen, während zur Zerkleinerung und Mischung weicherer Rohstoffe leichtere genügen.

Man kann deshalb die früher vielfach benutzte Maschinenanlage zum Mahlen und Mischen auf die nötige Zahl von Steinbrechern und Mischkollern bzw. Walzwerken beschränken, spart dadurch an Anschaffungs- und Unterhaltungskosten sowie an Arbeitslöhnen, und kann sämtliche Arbeiten auf einer Ebene vornehmen.

Die Beförderung der Rohstoffe von den Lagerplätzen nach den Steinbrechern und Mischkollern geschieht durch Kippwagen, welche auf Schienengeleisen laufen. Vorteilhaft benutzt man hierfür auch überall leicht anzubringende Hängebahnen.

Die Steinbrecher werden so aufgestellt, daß sie das vorgebrochene Gut unmittelbar neben dem Mischkoller ablagern; die übrigen Rohstoffe werden daneben aufgestapelt und alles mit Handschaufeln in den der beabsichtigten Mischung entsprechenden Mengen auf den Koller oder das Walzwerk gegeben.

In der neueren Zeit unterscheidet man zwei verschiedene Arbeitsweisen. Bei der einen, dem Maukverfahren, fährt man die Rohstoffe in den für die Mischung bestimmten abgemessenen Mengen an einen Steinbrecher, in welchen sie der Mischung entsprechend eingeschauft werden. Das vorgebrochene Gut fällt aus dem Steinbrecher in ein darunterliegendes kräftiges Glattwalzwerk. Dasselbe ruht derart auf einem Grundrahmen, daß die eine Walze fest, die andere beweglich gelagert ist. Die letztere wird durch starke Pufferfedern gegen die erstere gepreßt, kann aber zurückweichen, wenn zu harte, gröbere Stücke oder Eisenteile in das Walzwerk geraten. Der geringste Abstand der Walzen voneinander ist regelbar und wird durch den Druck der Federn eingehalten. Die aus hartem und zähem Stahl geschmiedeten oder gegossenen Walzenringe sind auswechselbar auf gußeiserne Kernstücke aufgezogen und können abgedreht werden, wenn die Außenfläche ungleichmäßig abgenützt ist. Damit die Walzen gleichzeitig eine brechende und mahlende Wirkung ausüben und sowohl Korn wie auch Mehl erzeugen, läßt man sie mit verschiedener Geschwindigkeit laufen. Der Mantel der einen ist länger als der der anderen und an beiden Enden mit einem starken Wulst versehen, welcher über die Enden der Gegenwalze herausragt und ein seitliches Herausfallen des Mahlgutes verhindert. Dieses

wird den Walzen, manchmal erst durch die Vermittlung eines Rüttelwerkes, in gleichmäßigen Mengen und in einer Stückgröße der harten Stoffe von 30 mm zugeführt und auf eine Korngröße von 3 bis 5 mm gemahlen. Das Mahlgut fällt in einen Sammelkasten, aus dem es durch ein Becherwerk nach dem im oberen Stockwerke stehenden Siebwerk gehoben und hier gesiebt wird. Auf den Armen der wagerecht liegenden Siebtrommeln bringt man einige leicht bewegliche schmiedeeiserne Ringe lose an. Bei der Drehung des Siebes fallen diese Ringe hin und her und bewirken durch ihr auffallendes Gewicht eine fortwährende Erschütterung des Siebmantels, durch welche harte Teilchen des Mahlgutes, die sich in den Schlitzen oder Löchern der Siebe festgeklemmt haben, gelöst und entfernt werden. Das auf die richtige Korngröße gemahlene Gut fällt durch die Siebe in einen Sammelkasten, das zu Grobe fällt aus dem inneren Siebmantel durch eine Rutsche nach dem zweiten, neben dem ersten liegenden, aber schwächer gebauten Walzwerke zurück, wo es weiter zerkleinert wird und dann wieder in den Sammelkasten unter dem ersten Walzwerke zurückfällt. Bei dieser Arbeitsweise ist nur sorgfältig darauf zu achten, daß der Ton dem Walzwerke in gut getrocknetem Zustande zugeführt werden muß. Geschieht das nicht, dann werden die feuchten Tonstücke nicht zermahlen, sondern nur zu dünnen harten Platten zusammengepreßt, die dann so lange eine zwecklose Rundreise durch die ganze Anlage machen, bis der Fehler entdeckt und die Maschinen gereinigt werden. Unterdessen ist natürlich durch das Fehlen der richtigen Tonmenge die Mischung verdorben. Von dem unter dem Siebwerke liegenden Sammelkasten wird die Rohmischung durch ein Rüttelwerk dem so weit vertieft aufgestellten stehenden Tonknetter zugeführt, daß sie in dessen obere Öffnung hineinfällt. Über dem Tonknetter ist eine Streudüse oder eine Brause angebracht, durch welche das aus einer Wasserleitung kommende Wasser der bis dahin trockenen Rohstoffmischung zugeführt wird. Die Wassermenge beträgt ungefähr 20% vom Gewicht der Rohstoffe, sie wechselt aber je nach dem Tonitgehalte des Bindetones und der Korngröße der gemahlene Rohstoffe. Sie wird am besten durch häufige Entnahme von Handproben am Auslaufe des Tonkneters überwacht und danach geregelt. Man hält den Wasserzusatz so niedrig als möglich; ein Zuviel bedeutet einen unnötigen Ballast, der durch das Trocknen wieder entfernt werden muß und Zeitverlust verursacht. Außerdem schwinden die aus zu nasser Formmasse hergestellten Steine stärker, sind weniger dicht im Gefüge und deshalb nach dem Brande mürber. Der stehende Tonknetter besteht aus einem gußeisernen, aus mehreren Segmenten zusammengeschaubten, oben offenen Zylinder, der auf einer gußeisernen Grundplatte aufgestellt und zum Schutz gegen die Abnutzung mit einem auswechselbaren Blechmantel ausgekleidet ist. In seiner Längsachse dreht sich die unten und

oben fest gelagerte, mit auswechselbaren Messern besetzte Welle. Durch die Arbeit der schräggestellten Messer werden die einlaufenden gemahlene Rohstoffe untereinander und mit dem Wasser gemischt und treten schließlich in Form eines weichen bildsamen Stranges aus einer, am unteren Ende des Mantels befindlichen, Öffnung aus. Der Strang zerbricht noch leicht in größere Stücke, welche in die Einwurfsöffnung eines darunterstehenden liegenden Tonkneters fallen. Derselbe hat die Form einer Ziegelpresse (Strangpresse). Er besteht aus einem zylindrischen, oben offenem Teile, dem Einwurf. Daran schließt sich ein schwach konisch gebauter, geschlossener Teil, der Preßrumpf, der allmählich in den noch engeren Preßkopf übergeht. Zum Schutz gegen die Abnutzung sind diese Teile wieder mit einem auswechselbaren Blechmantel ausgekleidet, der Einwurf und Preßrumpf sind der Länge nach geteilt, so daß ihr Oberteil leicht und schnell abgenommen werden kann. Durch den Tonknetter läuft eine kräftige Welle, welche an ihrem hinteren Ende doppelt gelagert ist. Sie ist mit auswechselbaren Messern derart besetzt, daß diese im Einwurf eine mehr mischende, im Preßkörper eine kräftig vorwärts pressende Wirkung ausüben. Die Masse wird deshalb hier noch weiter gemischt, dicht zusammengepreßt und nach außen befördert. Sie tritt schließlich durch ein an den Preßkopf angesetztes Mundstück als gleichmäßiger Strang einer formgerechten Masse aus dem Tonknetter aus und kann hier in Rohballen abgebrochen oder durch einen Ballenabschneider in regelmäßigen Stücken abgeschnitten und so nach dem Maukraum gebracht werden. Die Maukräume sind kühl und luftig gehaltene Lagerräume, in welchen die fertigen Formmassen, nach dem Verwendungszwecke getrennt, in fest zusammengeschlagenen Haufen aufgestapelt werden. Die Oberfläche der einzelnen Haufen muß durch Befeuchten vor dem Austrocknen geschützt werden. Am einfachsten geschieht dies durch Auflegen feuchtgehaltener Tücher oder Säcke. Das Mauken soll wenigstens 24 Stunden lang dauern. In manchen Fällen, besonders bei Sorten geringerer Güte, wird die Formmasse von der Strangpresse unmittelbar nach den Formtischen gebracht, um dort durch Handstrich verformt zu werden, oder man schneidet mit einem Abschneider den Strang in Stücke, deren Größe den normalen Formen entspricht, und preßt daraus sofort auf einer geeigneten Presse die Steine fertig.

Diese Arbeitsweise vollzieht sich ganz selbsttätig. Neben den Beifahrern der Rohstoffe ist nur ein zuverlässiger Mann am Einwurf des Steinbrechers und ein zweiter nötig, welcher das gleichmäßige Arbeiten der gesamten Anlagen bis zum Austritt der fertigen Formmasse aus dem liegenden Tonschneider überwacht. Die ganze Anlage ist einfach und übersichtlich, sie erspart die Silos für die gemahlene Rohstoffe und die Sumpfanlagen, erzeugt sehr wenig Staub und liefert eine gleichmäßige Mischung

und eine gut durchgearbeitete Formmasse. Sie erfordert aber genügend große Räume zum Mauken der fertigen Formmassen, besonders dann, wenn eine größere Zahl verschiedener Mischungen der Formmassen fertig auf Lager gehalten werden muß. Man kann selbstverständlich zu jeder Zeit in der Zusammensetzung der Mischungen wechseln, wozu nur eine kurze Pause zum Aufarbeiten der in den Zerkleinerungsmaschinen und Tonknetern vorhandenen Massen gehört. Die Tagesleistung der Anlage kann ziemlich groß gewählt werden, wenn wenigstens 30 t fertiger Formmasse erzeugt werden sollen, ist diese Arbeitsweise zu empfehlen.

Die andere Arbeitsweise kann man als das Silo- und Sumpfv erfahren bezeichnen, weil nach ihr die einzelnen Rohstoffe jeder für sich gemahlen, bis zur weiteren Verarbeitung in Silos gelagert, in Mischern oder Sumpfen gemischt und mit Wasser angemacht werden.

Zum Mahlen des Rohtones benutzt man Mühlen mit Schleuderwirkung in verschiedener Ausführung, z. B. den Desintegrator oder die Schlagkreuzmühle u. a.

Die trockenen Tonschollen sind meistens zu groß und müssen zerkleinert werden, bevor man sie den Mühlen zuführen kann. Oft geschieht dies durch Zerschlagen der Schollen mit schweren Hämmern. Diese Arbeit ist zeitraubend und teuer. Sie wird vorteilhaft durch eine Tonquetsche ersetzt. Dieselbe besteht aus einem kräftigen Rost aus 40 mm starkem Vierkantstahl, welcher mit einem Zwischenraum von je 60 bis 80 mm in einem wagerecht liegenden Rahmen fest gelagert ist. Im rechten Winkel zu den Rosten liegend, befindet sich über diesem eine gut gelagerte kräftige Welle, welche mit kreuzweise zueinander angeordneten Armen aus 40 mm starkem Vierkantstahl so besetzt ist, daß diese sich bei der Drehung der Welle zwischen den Roststäben hindurchbewegen können. Die Tonschollen werden auf den Rost geworfen, von den Armen der sich drehenden Welle gefaßt und gegen die Rostbalken gedrückt. Hierbei zerbrechen sie in Stücke von solcher Größe, wie sie die Mühle verarbeiten kann. Sie fallen durch den Rost in einen darunter befindlichen Sammelraum, aus dem sie durch ein kurzes Becherwerk dem Einwurf der danebenstehenden Mühle zugeführt werden. Diese kleine Maschine arbeitet so vorzüglich, daß sie leicht zwei Mühlen bedienen kann; sie hat den besonderen Vorzug der Einfachheit und Billigkeit, ihre Aufstellung macht sich deshalb schnell bezahlt.

Der Desintegrator besteht aus einem geschlossenen Gehäuse mit einer seitlichen Einwurfsöffnung. In dem Gehäuse befinden sich zwei an den einander zugekehrten Enden offene Körbe, deren Seiten aus zwei konzentrischen Reihen kräftiger Rundstahlstäbe gebildet sind. Die Körbe greifen ineinander, jeder ist auf einer besonderen Welle befestigt, durch deren Antrieb sie mit großer Geschwindigkeit im entgegengesetzten Sinne umlaufen. Der eine Lagerkörper ist ausziehbar, nach Entfernung



der Gehäusewand kann der hier befindliche Korb zur Reinigung des Desintegrators herausgezogen werden. Das in der Mitte eingeführte Mahlgut wird von den Stäben der einen Trommel nach außen hin den Stäben der anderen zugeschleudert und dabei auf das feinste zertrümmert.

Die Schlagkreuzmühle besteht ebenfalls aus einem geschlossenen Gehäuse mit einer seitlichen Einwurfsöffnung. In dem Gehäuse dreht sich eine Welle, welche in Kreuzform mit kräftigen Armen aus Stahl besetzt ist. Um das Schlagkreuz herum befindet sich ein aus Stahlrosten zusammengestellter Ring. Das Mahlgut wird von den Armen des sich mit großer Geschwindigkeit drehenden Kreuzes zertrümmert und gegen die Roste geschleudert, bis es durch deren feine Schlitzte hindurchfällt.

Beide Maschinen liefern staubfeines Tonmehl, die Schlagkreuzmühle hat bei gleich großer hoher Leistung den Vorzug, daß sie weniger Raum beansprucht als der Desintegrator und nur einseitig angetrieben werden braucht.

Bei beiden Maschinen fällt das Tonmehl durch einen unteren Auslauf des Gehäuses in einen Sammelkasten, von dem es durch ein Becherwerk nach den im oberen Stockwerk befindlichen Silos gehoben wird. Der Auslauf des Becherwerkes kann durch eine verstellbare Rutsche mit mehreren Silos verbunden werden, so daß jede Tonsorte in einen besonderen Silo geleitet wird und man stets genügende Mengen davon vorrätig halten kann.

Zum Vorzerkleinern der harten Rohstoffe, der Schamotte, Kapselscherben, Steinstücke u. a. benutzt man den Steinbrecher, zum Fertigmahlen Koller, Kugelmühlen, Trommelmühlen in verschiedener Ausführungsweise, hauptsächlich Kugelmühlen, deren Bau und Arbeitsweise so bekannt sein dürfte, daß von ihrer Beschreibung abgesehen werden kann. Das aus diesen Maschinen kommende Mahlgut wird ebenfalls durch Becherwerke nach im oberen Stockwerk befindlichen Silos befördert. Wenn bestimmte verschiedene Korngrößen dieser Rohstoffe gefordert werden, muß das Mahlgut vor dem Einlauf in die Silos erst noch durch Siebwerke geführt werden, von denen das Feine in die Silos fällt, das zu Grobe durch Rutschen nach der Zerkleinerungsmaschine zurückfällt. Zum Mahlen des harten Quarzes, der durch Steinbrecher vorgebrochen werden muß, benutzt man den Koller mit selbsttätiger Absiebevorrchtung am Tellerrande.

In der Mühle ist auch bei größter Vorsicht die Bildung von Staub nicht zu vermeiden, wenn man sie auch einschränken kann, indem man die nicht schon durch ein Gehäuse abgeschlossenen Zerkleinerungsmaschinen, wie die Koller, mit einem Mantel aus Holz oder Blech umgibt, an dem nur die für den Einwurf nötige Öffnung freibleibt. Man muß deshalb diese Maschinen durch Rohrleitungen mit einer im obersten

Stockwerk aufgestellten Staubabsaugvorrichtung verbinden. Dieselbe besteht aus einem mehrere Meter langen, 2 m breiten und hohen, allseitig geschlossenen Holzkasten, dessen Bretter durch Feder und Nuten und dazwischen gelegte Gewebestreifen staubdicht miteinander verbunden sind. In demselben befinden sich in Abständen von ca. 25 cm rechtwinklig zur Längsrichtung stehende Holzrahmen, die so mit Sackleinwand bespannt sind, daß die Bespannung immer abwechselnd einmal unten, einmal oben einen Durchgang von ca. 25 cm Höhe freiläßt. Die Staubzuführungsröhren enden an der einen Kopfseite in dem Kasten. In der anderen Kopfseite befindet sich eine Öffnung, welche durch ein Rohr mit dem dahinterstehenden, kräftigen Exhaustor verbunden ist. Derselbe darf nicht vor dem Sammelkasten stehen, weil er hier durch die abschleifende Wirkung der z. T. scharfen Staubteilchen schnell zerstört werden würde. Der Exhaustor saugt die staubhaltige Luft durch den Sammelkasten, die Staubteilchen stoßen sich an dem Gewebe der Holzrahmen und fallen zu Boden. Eine Seitenwand des Sammelkastens muß abgenommen werden können, damit die Bespannung der Holzrahmen von Zeit zu Zeit durch Abklopfen vom Staube gereinigt werden kann. Am unteren Teile der anderen Längsseite befinden sich dicht verschließbare Klappen. Vorteilhaft stellt man den ganzen Sammelkasten erhöht auf und läßt den Boden nach den Klappen hin etwas abfallen. Man kann dann den angesammelten Staub nach Öffnung der Klappen bequem in davor stehende Karren abziehen. Der Staub wird als Zusatz zum Mörtel oder zu den gemahlene Rohstoffen verwendet.

Das untere Ende der Silos endet in Abziehkästen, durch welche den Silos eine jedesmal genau gleiche Menge ihres Inhaltes entnommen wird. Die gemahlene Rohstoffe werden in dem den Mischungen entsprechenden Verhältnis durch Handkarren oder auf Schienen laufenden Kippwagen von den Silos nach den Stümpfen gebracht, hier in gleichmäßigen dünnen Lagen schichtenweise ausgebreitet und mit Wasser angemacht (das Einsumpfen). Man kann sie auch in der gleichen Weise am einen Ende eines mehrere Meter langen, oben offenen Mischtroges aufgeben, in welchem sich eine Messerwelle bewegt, die die Rohstoffe miteinander mischt, wobei sie gleichzeitig mit der nötigen Wassermenge versetzt und vom Auslaufe des Mischtroges der Strangpresse zugeführt werden. Dieser Arbeitsgang ist kürzer, das Wasser hat hier aber nur wenig Zeit, um den Ton genügend aufzuschließen und den Tonit in die kolloidale Form überzuführen, die Formmasse muß deshalb nach dem Durchgang durch die Strangpresse längere Zeit mauken und dann für bessere Sorten noch einmal durch die Strangpresse gegeben werden. Das Sumpfen gestattet eine genügend lange Einwirkung des Wassers auf den Ton, eine gut gesumpfte Masse braucht meistens nur einmal durch die Strangpresse

gegeben werden, und deshalb ist das Sumpfen dem Arbeiten im Mischtroge vorzuziehen.

Das Sumpfen und Mauken sind sehr wichtige Vorgänge, deren Bedeutung man früher in der feuerfesten Industrie wenig erkannt hat, während sämtliche anderen Zweige der Keramik von Alters her den größten Wert auf ihre Wirkung zur Erzeugung guter Formmassen gelegt haben.

Unter Sumpfen versteht man das längere Lagern des mit Wasser angemachten Tones bzw. der Rohmischung der verschiedenen Rohstoffe, welche gemeinschaftlich weiter verarbeitet werden sollen. Mauken ist das längere Lagern der fertigen Formmasse, nachdem sie die Strangpresse durchlaufen hat.

Beide Vorgänge bezwecken eine möglichst vollkommene Durchtränkung der Rohstoffe mit dem Wasser und der damit verbundenen Aufschließung der feinsten Tonteilchen. Durch die letztere wird die vollständige Umwandlung des Tonitgehaltes in die kolloidale Form und damit der höchste Grad der Bildsamkeit und Bindefähigkeit des Tones herbeigeführt, während die gründliche Anfeuchtung der harten Rohstoffteilchen ihre innigere Verbindung mit den Bindetonteilchen ermöglicht.

Durch das Sumpfen wird die nachfolgende Mischarbeit der Strangpresse sehr erleichtert. An einer Stelle, wo bis dahin die gemahlene Rohstoffe trocken in die Strangpresse eingeschaufelt und hier mit Wasser vermischt wurden, änderte ich diese Arbeitsweise nur so ab, daß ich Betten anlegen und sie einen halben Tag lang sumpfen ließ. Die Folge davon war, daß sich die Tagesleistung der Strangpresse fast verdoppelte, abgesehen von der besseren Beschaffenheit der so hergestellten Formmasse.

Die Sümpfe sind gemauerte oder aus mit Feder und Nute dicht verbundenen Zementplatten hergestellte Sammelkästen, welche man so groß wählt, daß sie die an einem Tage zu verarbeitenden Mengen aufnehmen und diese 12 bis 24 Stunden lang darin sumpfen können. Am besten legt man sie rechts und links über eine Strangpresse, dann kann der eine Sumpf während des Arbeitstages gefüllt, der andere entleert und sein Inhalt auf dem kürzesten Wege durch eine Rutsche der Einwurfsöffnung der Strangpresse zugeführt werden. Teilt man den Sumpf durch Schieber in mehrere Abteilungen, dann kann man bequem die Mischungen für mehrere Steinsorten nebeneinander darin vorbereiten.

Zur Entleerung des Sumpfes sticht der Arbeiter die Masse mit der Schaufel gleichmäßig von oben nach unten ab und wirft sie in den Einlauf der Strangpresse (Aussumpfen). Auf diese Weise gelangen die einzelnen Schichten der Rohstoffe in der richtigen Mischung zur weiteren Verarbeitung. Für bessere Steinsorten bricht man den aus der Strang-

presse austretenden Strang in Ballen ab, stapelt diese in Haufen neben der Presse auf und läßt sie dann noch einmal durch die Presse gehen. Man erhält so eine vorzüglich durchgearbeitete, gleichmäßig zusammengesetzte Formmasse, bei welcher ein noch nachfolgendes Mauken nur noch in besonderen Fällen erforderlich ist.

Das Silo- und Sumpffverfahren erfordert eine größere Zahl von Zerkleinerungsmaschinen, Siloanlagen und Sumpfen, deshalb größere Räume und mehr Stockwerke. Auch arbeitet sie nicht ununterbrochen hintereinander fort und beansprucht eine größere Zahl von Arbeitern als das Maukverfahren. Sie ist deshalb teurer, das Erzeugnis ist bei beiden Arbeitsweisen von gleicher Güte.

### F. Die Zusammensetzung der Mischungen.

Je nach den in den einzelnen Fabriken zur Verwendung kommenden Rohstoffen, nach den daraus herzustellenden Sorten und nach den besonderen, von den Abnehmern gestellten Ansprüchen ist die Zusammensetzung der Mischungen eine sehr verschiedene.

Im allgemeinen soll der fertige Schamottestein eine gute Form zeigen, mechanisch fest sein, einen hellen Klang haben, hohe bzw. die höchsten Wärmegrade vertragen können, gegen Wärmewechsel möglichst unempfindlich und gegen mechanische Angriffe und chemische Einwirkungen von Flugasche, Feuergasen und Schlacken widerstandsfähig sein. Außerdem werden von den Verbrauchern noch Ansprüche mancherlei Art gestellt, z. B. an den Gehalt von Tonerde und Flußmitteln, Porosität, Wasseraufnahmefähigkeit, Säurebeständigkeit, Ansprüche, die manchmal schwer erfüllbar sind, deren Ausführung aber auch oft in keinem Verhältnis zu den dafür erzielten Verkaufspreisen steht.

Früher war die Herstellung der feuerfesten Steine eine verhältnismäßig einfache. Sie stützte sich auf das Vorkommen guter und damals billiger Tonsorten, arbeitete nach wenigen in der Praxis bewährten Vorschriften mehr oder weniger erfahrungsgemäß, und konnte die damals geringeren Ansprüche ihrer Abnehmer leicht befriedigen.

Durch den großartigen Aufschwung der die feuerfesten Baustoffe verbrauchenden Industrie zu Ende des letzten Jahrhunderts wuchs der Bedarf, gleichzeitig wuchsen aber auch die Ansprüche, die durch die veränderten Verhältnisse der immer fortschreitender arbeitenden metallurgischen Betriebe an die feuerfesten Baustoffe gestellt wurden.

Auf der anderen Seite erschöpften sich die alten, guten Tonlager, die früher weniger sachgemäß abgebaut waren, und die Besitzer begannen den Ton in mehrere Sorten zu trennen. Während vorher nur die besten Teile der Lager abgebaut waren, ging man nun auch an die Gewinnung der geringeren Sorten, und die Verkaufspreise für die besseren stiegen entsprechend im Preise. Neue Fabriken entstanden, die

Tone wurden auf weitere Entfernungen verschickt und die Verkaufspreise der Erzeugnisse durch den Wettbewerb der neueren Werke heruntergedrückt. Die Hersteller sahen sich allmählich gezwungen, ihre erfahrungsgemäßen Arbeitsweisen abzuändern, die Erzeugnisse den einzelnen Verbrauchszwecken mehr anzupassen, den Kreis ihrer Rohstoffe zu vergrößern bzw. für geringere Sorten den Verkaufspreisen mehr entsprechende Rohstoffe zu verwenden und auf eine wirtschaftlichere Ausnutzung ihrer Maschinen- und Ofenanlagen bedacht zu sein.

Durch wissenschaftliche Untersuchungen und ausgedehnte Versuche in der Praxis kamen neue und richtigere Anschauungen in die Herstellungsarten. Vereine und Fachzeitschriften beschäftigten sich eingehend mit den verschiedenartigsten Untersuchungen und durch den Eintritt von Hüttenleuten in die feuerfeste Industrie wurde vielfach eine leichtere Verständigung zwischen Erzeuger und Verbraucher möglich.

So sind allmählich bedeutende Umänderungen entstanden, und die Industrie der feuerfesten Erzeugnisse hat sich zu einer hohen Blüte entwickelt; fast kann man heute annehmen, daß in der Verwendung der Rohstoffe und in ihrer Verarbeitung nicht mehr sehr bedeutende Neuerungen möglich sind.

Während nun die feuerfesten Baustoffe eines der wichtigsten Werkzeuge der in Deutschland so riesig entwickelten metallurgischen Industrie darstellen, ist es auffallend, wie wenig die Erzeuger von ihren größten Abnehmern unterstützt werden. In den Lehrbüchern der Hüttenkunde wird die Herstellung der feuerfesten Baustoffe nur ziemlich oberflächlich besprochen. Durchblättert man die Jahrgänge der verschiedenen Fachzeitungen, so wird man nur selten auf die Abhandlung eines deutschen Verbrauchers über einen feuerfesten Baustoff und dessen Verhalten im Betriebe stoßen. Von ganz besonderem Werte würde es sein, wenn die in den Kreisen der mittleren und unteren technischen Angestellten und Unternehmern gelesenen Fachzeitungen häufiger in leicht verständlicher Weise von wirklichen Fachmännern geschriebene Aufsätze über die Auswahl und Behandlung der feuerfesten Baustoffe sowie über die Anforderungen, welche besonders in den kleineren Betrieben an dieselben gestellt werden müssen oder können, veröffentlichen wollten. Gerade in diesen Kreisen herrscht über alles, was die feuerfesten Baustoffe betrifft, eine recht weitgehende und bedauerliche Unkenntnis, und Aufklärungen darüber werden überall gern angehört. In gedruckter Form sind sie aber von andauernderer und weitergehender Wirkung. In den vorstehend erwähnten Zeitungen findet man gelegentlich Aufsätze über die feuerfesten Baustoffe, die mit einer bedauerlichen Oberflächlichkeit und Gedankenlosigkeit geschrieben sind, wie der auf S. 12 erwähnte. Daß ein junger Hüttenmann einmal seine Ferienzeit dazu benutzt, um sich eingehender auf einer Fabrik mit der Herstellung der

feuerfesten Baustoffe, ihren verschiedenen Sorten und ihren Selbstkosten bekannt zu machen, kommt kaum einmal vor. Dabei hat gerade der Hüttenmann die beste Gelegenheit, in längeren Zeiträumen das Verhalten der feuerfesten Baustoffe im Betriebe zu beobachten, und er wäre oft in der Lage, dem Erzeuger anzugeben, welche besonderen Verhältnisse in seinem Betriebe zu berücksichtigen sind. Dazu ist es aber nötig, beiden Teilen Gelegenheit zu einem persönlichen Verkehr zu geben, anstatt sich einseitig auf das Einholen von möglichst vielen Angeboten zu beschränken und dann das niedrigste zu berücksichtigen. Die Wahl eines teureren Baustoffes von einem als vertrauenswürdig bekannten Erzeuger ermöglicht es in vielen Fällen, einen Ofen länger im Betriebe zu halten, Ausbesserungen und die dazu nötigen Stillstände zu vermeiden, und es zeigt sich dann, daß der anfangs teurere Baustoff sich in Wirklichkeit als der billigere bewährt hat. Die Verschiedenheit der einzelnen Betriebe spielt hierbei eine große Rolle. Es ist ein Unterschied, ob in einem Hochofen stets dieselbe Minette verhüttet wird, oder ob in kurzer Zeit die verschiedenartigsten Erze verarbeitet werden, bzw. ob die Sorte des zu erblasenden Roheisens oft gewechselt werden muß, ob ein Ofen wochenlang gleichmäßig im Feuer steht oder ob er nur zeitweise betrieben wird, und man kann oft beobachten, daß ein auf einem Hüttenwerke als gut bewährter feuerfester Stein in dem gleichen Betriebe eines anderen, anscheinend gleichartig arbeitenden, für weniger brauchbar gehalten wird.

Auch berührt es den Fachmann eigenartig, wenn gelegentlich „hoch-basische Silikasteine“ von ihm verlangt werden, ein durchaus nicht selten dastehender Fall, der vielfach gewandelt werden könnte.

Es ist deshalb von besonderem Wert, wenn der spätere Besitzer, Leiter oder Vertreter einer feuerfesten Fabrik vorher in vorschriftsmäßiger Weise Eisen- und Metallhüttenkunde studiert hat. Noch besser ist es, wenn er danach erst einige Jahre lang als Ingenieur im Hochofen- oder Stahlwerksbetriebe tätig gewesen ist. Auf Grund dieser Studien und Betriebserfahrungen kann er sich dann später leichter in regelmäßigem persönlichen Verkehr mit seinen Abnehmern über alles für ihn Wissenswerte unterrichten. Es kommt ihm dabei zustatten, daß er als vollwertiger Fachgenosse aufgenommen wird und nicht mehr in die Lage kommen kann, mit den „Reisenden in Öl, Putzwolle, Gummiartikeln, Packungen“ usw. über einen Kamm geschoren zu werden. Die bisherige Vorbildung des Maschineningenieurs und Chemikers ist eine zu einseitige, um ihn für die obige Stellung geeignet erscheinen zu lassen. Der eine findet sich schwer in den chemischen, der andere in den mechanischen Teil der feuerfesten Industrie hinein, und es können lange Jahre vergehen, bis er den Anforderungen einer solchen Stellung wirklich gewachsen ist. Mancher, der aus solchen und anderen Berufen feuer-

fester „Fachmann“ geworden ist, hat es nie gelernt und bleibt sein Leben lang von seinen Mitarbeitern abhängig. Der hüttenmännisch vorgebildete Erzeuger feuerfester Baustoffe kann leichter Fehler in seinem eigenen Betriebe erkennen und abstellen, seine Erzeugnisse dem Verwendungszweck anpassen oder selbst geeignete Vorschläge für bestimmte Zwecke machen. Im letzteren Falle wird er manchmal Gelegenheit finden, den Nachweis zu liefern, daß ein bestimmter Baustoff für den beabsichtigten Zweck nicht brauchbar ist, dagegen einen anderen empfehlen können, oder darauf hinzuweisen, daß zu dem dafür ausgesetzten Preise eine wirklich brauchbare Ware von einem gewissenhaften Hersteller nicht geliefert werden kann. Dazu ist es allerdings wünschenswert, daß die Verwaltungen großer Werke ihren Angestellten Gelegenheit zu einem derartigen persönlichen Verkehr mit ihren Lieferanten geben, während es leider hier immer mehr Brauch wird, sich möglichst unnahbar gegen die Außenwelt abzuschließen. Dieser Selbstschutz gegen ein Überlaufenwerden mag gerade auf großen Werken in vielen Fällen berechtigt sein. Dem mit den jeweiligen Verhältnissen Unbekannten entstehen aber dadurch unnötige Aufwendungen an Zeit und Geld, und es würde sich im beiderseitigen Belange gewiß überall ermöglichen lassen, gerade dem Hersteller der feuerfesten Baustoffe auf eine vorherige briefliche Anmeldung hin Gelegenheit zu einer mündlichen Aussprache im Betriebe selbst zu gewähren, ohne dadurch die Betriebsangestellten in unnötiger Weise in Anspruch zu nehmen.

Schließlich ist es sehr zu wünschen, daß die führenden Vereine der miteinander arbeitenden Industriezweige immer noch mehr als bisher Fühlung miteinander suchen und durch Vorträge und Veröffentlichungen in ihren Zeitschriften zur gegenseitigen Aufklärung beitragen, was für beide Teile von dauerndem Wert sein dürfte.

Die mechanische Festigkeit der feuerfesten Steine läßt sich durch richtige Mischung der Rohstoffe, gutes Durcharbeiten im Tonkneiter, sorgfältiges Formen und scharfen Brand leicht erreichen. Durch Nachpressen der lederhart vorgetrockneten Steine kann die Festigkeit erhöht werden.

Druckfestigkeitsproben von Schamottesteineu, welche so ausgeführt wurden, daß aus einzelnen Steinen Würfel von 10 cm Seitenlänge herausgesägt und der auf den Eisenhütten üblichen hydraulischen Druckprobe unterworfen wurden, ergaben folgende Druckfestigkeit der Steine je Quadratzentimeter:

Kesselsteine . . . . .	52 kg
„ Ia. Qual. . . . .	81 „ (nachgepreßt?)
Schweißofensteine . . . . .	47 „
Kupolofensteine . . . . .	48 „
Quarzschamottesteine . . . . .	85 „
Koksofensteine . . . . .	116 „
Schamottesteine . . . . .	142 bis 262 kg

Die in neuerer Zeit durch Maschinen unter höherem Druck, als er bei der Handformerei erreicht werden kann, geformten Steine erhalten eine größere Dichtigkeit und demgemäß auch eine höhere Druckfestigkeit. Die letztere ist nicht von der Bedeutung, welche ihr manchmal beigelegt wird, indem gelegentlich z. B. für Hochofensteine eine Druckfestigkeit von 250, 300 und mehr kg/qcm gefordert wurden. Nach Lürmann beträgt der Druck auf die untersten Steinlagen eines 30 m hohen Winderhitzers 7 kg/qcm und an besonders stark beanspruchten Stellen der Unterbausteine 12 kg/qcm. Über den Druck, den die Steine des Hochofens auszuhalten haben, sind keine genauen Angaben bekannt, es ist aber wohl nicht anzunehmen, daß diese noch höher beansprucht werden. Bei 10facher Sicherheit würde man also mit dem höchsten Druck von 120 kg/qcm zu rechnen haben, und diese Druckfestigkeit muß jeder gute Schamottestein ohne weiteres besitzen. Daß dies der Fall ist, konnte ich gelegentlich an einem Beispiel sehen. Ich hatte vor langen Jahren die zum Teil sehr großen Schachtsteine für einen Hochofen in Lothringen zu liefern. Bei einem Besuche der Baustelle bat mich der den Bau leitende Ingenieur, ich möchte ihm noch recht schnell eine Zahl der größten Steine nachliefern. Auf meine erstaunte Frage, weshalb die nötig wären, da ich ihm doch bereits die übliche Mehrzahl von 5% geliefert hätte, erzählte er mir, die Hausteine, aus denen das Grundmauerwerk für die eisernen Tragsäulen des Schachtes gebaut werden sollten, wären nicht rechtzeitig angekommen. Weil meine Schachtsteine so hübsch groß und fest waren, hätte er diese kurz entschlossen an Stelle der Hausteine verwendet, und müsse deshalb den Ersatz dafür haben. Diese Steine sind sicher sehr hoch auf Druckfestigkeit beansprucht, und soviel ich weiß, erfüllen sie ihren Zweck an derselben Stelle auch heute noch. In den niedrigeren Öfen, z. B. den Koksöfen und Flammöfen, dagegen ist die Beanspruchung der feuerfesten Baustoffe auf Druckfestigkeit geringer als die der gewöhnlichen Mauerziegel zum Häuserbau.

Von viel größerer Bedeutung ist die Druckfestigkeit der feuerfesten Baustoffe in hohen Wärmegraden, welche erst in neuerer Zeit die ihr zukommende Beachtung gefunden hat. Die ersten Untersuchungen von größerem Umfange über das Verhalten feuerfester Steine in der Hitze sind in Nordamerika und England ausgeführt. In Stahl und Eisen 1921 Nr. 1, veröffentlicht Endell („Über das Verhalten feuerfester Steine unter Belastung bei hohen Temperaturen“) die Ergebnisse zahlreicher in den letzten 3 Jahren von ihm ausgeführten Untersuchungen, die er mit Schamotte-, Quarzkalk-, Kohlenstoff- und Magnesitsteinen angestellt hat. Er kommt zu folgenden Feststellungen.

Die Schamottesteine erweichen infolge ihres Gehaltes an Bindeton am frühesten, etwa bei 1300° C. Die Erweichungstemperatur hängt dabei von der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Tones



ab. Sehr plastischen Ton enthaltende Steine erweichen bereits bei  $1150^{\circ}\text{C}$ . Durch Zusatz von nicht erweichenden hochfeuerfesten Stoffen kann die Erweichungstemperatur um etwa  $100^{\circ}\text{C}$  heraufgesetzt werden. Die Erweichung und damit verbundene Formänderung des Probestückes tritt allmählich ein und äußert sich in seitlicher Ausbauchung des letzteren.

Die Magnesitsteine erweichen wegen des durchschnittlich 15% betragenden Gehaltes an Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd und Kalk unter Belastung bei rd.  $1500^{\circ}\text{C}$ . Die erweichenden Probestücke sind nur sehr wenig plastisch und reißen meistens am Rande.

Die Quarzkalksteine enthalten durchschnittlich nur 5% als Sinterungsmittel wirkende Beimengungen von Tonerde, Eisenoxyd und Kalk. Sie erweichen auch erst dicht unter ihrem Schmelzpunkte und sind deshalb standfester im Feuer als die Magnesitsteine, obgleich diese auch noch über  $1700^{\circ}\text{C}$  eine verhältnismäßige Festigkeit besitzen, wenn die Quarzkalksteine längst geschmolzen sind. Die Probestücke aus den letzteren werden meist erst bei  $1650^{\circ}\text{C}$  ruckweise zusammengedrückt.

Die nur mit 5 bis 10% Zuschlagsstoffen gebundenen Kohlenstoffsteine sind am standfestesten. Bis  $1700^{\circ}\text{C}$  bewahren sie ihre scharfkantige Form ohne jede Erweichung und verlieren nur 4% ihres Raumgehaltes infolge Verbrennens der Kohle und Verdampfung des etwa darin enthaltenen Bindetones. (? Wohl der dabei entstehenden Asche.)

Die von Endell angegebene Untersuchungsweise ist jedenfalls sehr geeignet, Vergleichswerte für das Verhalten der feuerfesten Baustoffe in hohen Wärmegraden zu schaffen, da sie unter stets gleichen Verhältnissen und mit genauer Messung der Wärmegrade ausgeführt wird.

Die Farbe des Schamottesteines soll gelblich bis weißlich sein und hängt von den dazu verwendeten Rohstoffen ab. Jedenfalls ist es unrichtig, nach dem bloßen Ansehen einen hellfarbigen Stein als schwach gebrannt zu beurteilen, dagegen deutet eine rötliche Farbe der Steine stets darauf hin, daß sie nur schwach gebrannt sind oder einen höheren Eisengehalt besitzen. Sie zeigen dann im ersteren Falle einen matten Klang und geringe Festigkeit.

Ein scharfgebrannter, dichter Stein hat stets einen hellen Klang.

Die Fähigkeit, die höchsten Wärmegrade zu ertragen, hängt von der Zusammensetzung der Steine ab, die demgemäß nach der Analyse der Rohstoffe vorzunehmen ist.

Manche Steine, wie z. B. die Backofenplatten, die Türsteine der Koksöfen usw., brauchen nicht sehr feuerfest zu sein, sollen aber die Wärme nur allmählich abgeben oder schroffen Wärmewechsel beim Abkühlen durch Bespritzen mit Wasser vertragen können. Man erreicht dies durch eine geeignete Körnung der Mischung, verbunden mit einer gewissen Porosität, und brennt die Steine in den untersten Lagen der Öfen nur schwach und nicht bis zum Sintern.

Die verlangte Unempfindlichkeit gegen chemische Einwirkungen der schmelzenden und geschmolzenen Erze, Schlacken, Flugasche, Dämpfe und Gase erzielt man durch die Zusammensetzung geeigneter Rohstoffe, wobei man grundsätzlich basischen Angriffen basische Steine, Angriffen durch Säuren saure Steine entgegenstellt.

Wie Fuchs (a. a. O.) ausführt, finden wir die verschiedenartigsten Angriffe gegen die feuerfesten Baustoffe im Betriebe des Eisenhochofens: durch flüssige Schlacke, verflüchtigte Flußmittel, Gichtstaub, ausscheidenden Kohlenstoff, die flüssige Eisenmasse und die niedergehende Beschickung. Fuchs sagt darüber ungefähr das Folgende.

Für den Bodenstein der Hochöfen werden tonerdereiche oder saure oder Kohlenstoffsteine verlangt. Anscheinend kommt es hier nicht so sehr auf die chemische Zusammensetzung der Steine, sondern viel mehr auf ein dichtes, zähes Gefüge derselben an. Durch Wasserkühlung und andere Mittel kann man nur die äußersten Lagen des Bodensteines etwas schützen, der Hauptkörper wird stets durch das flüssige Roheisen allmählich aufgezehrt, das Silizium oder Kohlenstoff daraus aufnimmt. Eine von Fuchs angenommene, auch nur vorübergehende Berührung mit der Schlacke findet hier wohl nicht statt.

Es ist nicht richtig, die Feuerfestigkeit eines Schamottesteines dadurch erhöhen zu wollen, daß man den Gehalt an Bindeton herabsetzt, denn man erhält dadurch einen bröcklichen Stein von geringer Festigkeit und Dichte. Durch das richtige Mengenverhältnis des Bindetones zur Schamotte erhält man Steine von genügender Festigkeit, und der Bindeton bleibt frei von größeren Rissen und Poren. Das Gefüge der Steine wird durch die Korngröße der verwendeten Schamotte bedingt. Steine aus feinkörniger Schamotte springen bei Wärmeschwankungen leichter als solche aus grobkörniger Masse. Aber auch bei der letzteren bilden sich in dem Falle zahlreiche feine Risse, die sich zwischen den groben Körnern durch den ganzen Stein verzweigen, die groben Körner werden dadurch in der Grundmasse gelockert und fallen leicht heraus. Die Neigung eines feinkörnigen Steines, zu springen und dabei in Stücke zu zerfallen, wird dagegen leicht überschätzt. Es ist möglich, einen dichten Stein herzustellen, der viele grobe neben der genügenden Menge feinerer Körner enthält, wenn das Verhältnis der Körnung so gewählt wird, daß die Zwischenräume zwischen den gröberen Körnern so vollständig wie möglich durch die feineren ausgefüllt werden. Dies ist bei der Herstellung der Bodensteine in erster Linie zu beachten.

Die einzelnen Steine des Bodensteines haben wegen ihres leichteren Raumgewichtes vor allem die Neigung, sich loszulösen, wonach sie auf dem Roheisenbade schwimmen würden. Man gibt deshalb dem mittelsten Steine jeder Lage die Form eines abgestumpften Kegels und setzt die übrigen Steine mit entsprechenden Formen in konzentrischen Ringen

um den Mittelstein herum. Die Steine des äußersten Ringes werden zum Teil durch die darüber liegenden Gestellsteine bedeckt. Die einzelnen Lagen des Bodensteines bilden demnach ein auf den Kopf gestelltes scheidrechtes Gewölbe.

Bei den Steinen für das Gestell und die Rast ist zu berücksichtigen, daß ein größeres Korn langsamer von den schmelzenden und geschmolzenen Massen angegriffen und aufgezehrt wird als ein kleineres. Ferner sollen diese Steine möglichst weitgehend von dem Kühlwasser durchdrungen werden, wozu sie einen gewissen Grad der Porosität besitzen müssen, denn das Wasser ist bekanntlich unter gewissen Bedingungen der beste feuerfeste Stoff. Für die stets unmittelbar mit Wasser berieselten Gestellsteine ist die Anwendung eines möglichst flußmittelarmeren Steines erforderlich, da diese weniger dicht sind und deshalb die größte Wasseraufnahmefähigkeit besitzen. Außerdem müssen diese Steine den höchsten Tonerdegehalt und damit die höchste Widerstandsfähigkeit gegen die im Gestell am stärksten auftretenden Angriffe der schmelzenden Massen besitzen.

Über die im Gestell herrschenden Wärmegrade gibt A. Wagner (Stahl und Eisen 1921, S. 203) nach amerikanischen Untersuchungen folgende Zahlen:

Betrieb auf	Gestell- temperatur vor den Formen ° C	Schlacken- temperatur ° C	Roheisen- temperatur ° C
Bessemerroheisen . . . . .	1706	1498	1455
Spiegeleisen . . . . .	1597	1427	1392
Ferromangan . . . . .	1550	1426	1386

Die höchste im Hochofen auftretende Wärme übersteigt den Schmelzpunkt des Segerkegel 32 = 1710° C kaum.

In der Rast machen sich bereits die mechanischen Einwirkungen der heruntergehenden Beschickung bemerkbar. Die Rast wird meistens nicht mehr durch unmittelbare Berieselung, sondern durch geschlossene Kühlkästen gekühlt, deshalb wird sie aus dichten Steinen mit mittlerer Korngröße aufgebaut. Die Beschickung ist hier bereits erweicht und wirkt nicht mehr so stark abreibend auf die Steine wie im Schacht, dagegen ist hier bereits ein hoher Feuerfestigkeitsgrad der Steine erforderlich.

Im Schacht ist die Reibung der heruntergehenden festen Beschickung sehr stark. Daneben sind die Steine hier den Angriffen aufsteigender Gase und alkalischer Dämpfe, in Hochöfen, welche zinkhaltige Erze verhütten, auch von Zinkdämpfen ausgesetzt. Eine eigentümliche Zerstörung der Steine wird hier durch Kohlenoxyd hervorgerufen. Dasselbe tritt durch die Poren und feinen Risse in den Stein und zersetzt sich in Gegenwart von Eisenoxyd in Kohlensäure unter Abscheidung von festem Kohlenstoff. Dieser dringt weit in die Steine ein, die schließ-

lich so locker werden, daß man sie mit der Hand zerbröckeln kann. Für die untere Hälfte des Hochofenschachtes genügt die Feuerfestigkeit des Segerkegel 32 = 1710° C vollkommen, in der oberen ist auch diese nicht einmal erforderlich. Die Hauptsache ist hier durch Verwendung eines feineren Kornes von nur 3 mm Größe und eines richtigen Bindetones einen mechanisch möglichst festen, dichten Stein zu wählen, der gegen die abreibende Wirkung der heruntergehenden Beschickung und der Angriffe der Gase und Dämpfe am widerstandsfähigsten ist. In der oberen Hälfte des Schachtes wird ein Stein von der Festigkeit und Dichte eines Steinzeugscherbens der beste sein.

Nach Jochums Ausführungen (Tonind.-Ztg. 1903, S. 768) ist die Zusammensetzung der Steine, die Aufbereitung, Formgebung und der Brand dem Zwecke, dem sie dienen sollen, vom Gesichtspunkte der chemisch-technischen, pyrotechnischen und physikalischen Beanspruchung aus anzupassen. Der Gehalt an Tonerde und an Flußmitteln, sowie die nach Segerkegeln bestimmte Feuerfestigkeit sind nicht allein für die Haltbarkeit der Steine maßgebend, und es ist vollständig unberechtigt, allgemein diese allein für die Bewertung der Steine zu berücksichtigen. Es wird berechtigt sein, für den Unterbau eines Hochofens neben hohem Tonerdegehalt und hoher Feuerfestigkeit einen Höchstgehalt an Flußmitteln festzulegen, dagegen kann ein etwas höherer Gehalt an Flußmitteln in den Schachtsteinen des Hochofens geradezu vorteilhaft wirken, weil es hier weniger auf höchste Feuerbeständigkeit als auf größte Festigkeit und dichtes Gefüge ankommt, die Flußmittel zur Erzielung derselben beitragen, und man deshalb mit einem daran reicheren Rohstoff einen dafür brauchbareren Stein herstellen kann, als mit den besten, an Flußmitteln ärmeren Rohstoffen.

Ebenso ist Jochum stets den übertrieben hohen Anforderungen an den Tonerdegehalt der Schamottesteine entgegengetreten und hat nachgewiesen, daß derselbe bei Verwendung der besten Tone naturgemäß 42 bis 43% nicht übersteigen kann, und Steine mit höherem Tonerdegehalt mit Zusatz von Bauxit angefertigt werden müssen.

Man wird sich Jochums Ansichten insofern anschließen können, als die Erfahrung gezeigt hat, daß ein aus den besten Rohtonen und ebensolcher Schamotte zusammengesetzter Stein mit einem Tonerdegehalt von ca. 40% den höchsten Anforderungen des Hochofenbetriebes vollständig genügt. Deshalb wird es nur für ganz besondere Zwecke nötig sein, den Tonerdegehalt der Steine durch Zusatz von Bauxit noch weiter, bis über 60% hinaus, zu steigern.

Jochum selbst ist stets als grundsätzlicher Gegner jeder Verwendung von Bauxit aufgetreten und hat bereits im Jahre 1895 gemeinschaftlich mit einigen westdeutschen Firmen durch ein Rundschreiben dagegen Stellung genommen, in welchem die Verwendung von Bauxit und der

ihm verwandten Mineralien als durchaus verderblich und unredlich bezeichnet wurde, weil diese Rohstoffe im Sinne der Anforderungen der Pyrotechnik und besonders der Hochofenindustrie nicht als feuerbeständig bezeichnet werden können und eine Reihe von Erfahrungen zu ihrer Verwerfung geführt haben. Indes scheint dieser Standpunkt nicht haltbar zu sein, denn Heucken teilt in der Tonind.-Ztg. 1901, S. 1659, mit, daß er seit Jahren Schamottesteine mit einem Tonerdegehalt bis zu 70% für mehr als 50 Hochofengestelle geliefert habe, und daß bei 5- bis 6jährigem angespanntesten Betriebe keine Störungen durch Durchbrüche vorgekommen sind, was er auf die besonders hohe Feuerbeständigkeit der Steine bis zu Segerkegel 36, ihre hohe Widerstandsfähigkeit gegen die zerstörenden Angriffe der Schlacken und ihr besonders großes Wasseraufnahmevermögen zurückführt.

Diese Steine können nur mit Bauxitzusatz angefertigt sein, und solche günstigen Ergebnisse aus der Praxis lassen Jochums Anschauungen doch nicht als allgemein gültig erscheinen. Es wird hier weniger die Verwendung des Bauxites überhaupt, als die richtige Herstellung der Steine die Hauptrolle spielen.

In Öfen, deren Steine besonders starken Angriffen durch Alkalien ausgesetzt sind, haben sich Bauxitsteine ebenfalls sehr bewährt. In einem Ofen, dessen Schamottesteine mit 36 bis 40% Tonerde nach dem zweiten bis dritten Brande erneuert werden mußten, wurden auf Vorschlag des Verfassers mit Bauxitzusatz angefertigte Steine geprüft und zeigten sich nach 10 Bränden an den Kanten mechanisch abgenutzt, dagegen waren sie chemisch kaum angegriffen. Für derartige Zwecke wird demnach ein Bauxitstein unbedingt jedem Schamottestein vorzuziehen sein.

Als unzulässig wird man die Verwendung von Bauxit erst dann bezeichnen müssen, wenn derselbe gegen den Willen des Bestellers als Zusatz benutzt wird, um bei Verwendung geringwertiger anderer Rohstoffe einen Stein von höherem Tonerdegehalt herzustellen.

Der Schamottesteinmischung darf der Bauxit wegen seiner sonst starken Schwindung nur als scharf gebrannte Schamotte hinzugesetzt werden. Ferner darf diese Bauxitschamotte nur in feiner Mahlung verwendet werden. Größere Körner würden durch ihre höhere Feuerfestigkeit das allmähliche Schmelzen der übrigen Steinmasse nicht hindern, und ihre Verwendung würde dadurch zwecklos werden.

Den hochfeuerfesten Bauxit nicht als feuerbeständig bezeichnen zu wollen, ist ein großer Irrtum.

Das Raumgewicht eines guten Schamottesteines schwankt gewöhnlich zwischen 1,8 und 2. Für besondere Zwecke, z. B. für die Ausmauerung von Heißwindleitungen der Hochöfen, benutzt man einen weniger feuerfesten, aber besonders leichten, porösen Stein. Diesen erzielt man durch Zusatz von Koks, Sägemehl oder Gerberlohe zu den übrigen

Rohstoffen und kann dadurch das Raumgewicht bis auf 0,8 herabsetzen.

Die Winderhitzer werden mit Schamottesteinen ausgebaut. Für die Steine des Brennschachtes wählt man einen höheren Tonerdegehalt und Feuerfestigkeitsgrad, ebenso für das obere Drittel des Gitterwerkes. Die Kuppel wird vielfach mit Quarzschamottesteinen gebaut. Für den Rest des Gitterwerkes und für den Unterbau legt man besonderen Wert auf die hohe Druckfestigkeit der Steine.

Die Roheisen- und Stahlpfannen werden mit Quarzschamottesteinen ausgefüttert, indes verwendet man in Stahlpfannen auch häufig reine Schamottesteine.

Die Roheisenmischer werden, soweit das Mauerwerk mit dem Eisenbade in Berührung kommt, mit Schamottesteinen ausgekleidet.

Die Öfen der keramischen Industrie werden je nach der Art und dem Grade ihrer Beanspruchung aus Quarztonsteinen, Quarzschamottesteinen und reinen Schamottesteinen gebaut.

Für die Öfen der Kalk- und Zementindustrie benutzt man Schamottesteine; saure Steine werden hier unter Bildung niedrig schmelzender Kalksilikate schnell zerstört.

Steine für Wannen der Glashütten müssen ein sehr dichtes Gefüge und eine glatte Oberfläche besitzen, welche schwerer von der geschmolzenen Glasmasse angegriffen wird. Während des Betriebes werden diese Steine langsam von der Schmelzmasse aufgelöst und dürfen hierbei keine Trübungen derselben, sog. Schlieren, hervorrufen. Man benutzt hierfür bestimmte Tone, welche zwar einen verhältnismäßig niedrigen Feuerfestigkeitsgrad besitzen, sich aber dicht brennen und in der Glasmasse klar lösen.

Säurefeste Steine brauchen keinen hohen Grad von Feuerfestigkeit besitzen, dagegen eine dichte, glatte Oberfläche und ein feinkörniges Gefüge. Man wählt dazu einen sehr dicht brennenden Rohton und bremt die Steine sinterhart.

Unbedingt zu verwerfen ist es, in Büchern und anderweitig an Kochrezepte erinnernde Mischungen für bestimmte Steinsorten anzugeben, z. B. für Hochofensteine eine Mischung von 2 bis 3 Teilen Schamotte und 1 Teil Bindeton vorzuschreiben. Wie bereits erwähnt, sind oft die Tone in benachbart liegenden Tongruben, und oft sogar an verschiedenen Stellen derselben Grube, sehr verschiedenartig. Man darf deshalb Vorschriften für die Zusammensetzung von Rohstoffmischungen nur dann geben, wenn man die Eigenschaften der einzelnen in Frage kommenden Rohstoffe und den Verwendungszweck der daraus herzustellenden Baustoffe ganz genau kennt.

Manche Verbraucher, welche aus den bereits besprochenen Gründen weniger mit den Eigenschaften der Rohstoffe und mit der Herstellung der feuerfesten Baustoffe vertraut sind, suchen ihr Heil in der Verwen-

dung von Schamottesteinen mit möglichst hohem Tonerdegehalt, ohne zu bedenken, daß die Selbstkosten der Steine mit dem zunehmenden Tonerdegehalt steigen und deshalb auch der Verkaufspreis ein höherer sein muß. Sie sind gewohnt, für einen bestimmten Stein einen bestimmten Preis zu bezahlen, und glauben nicht, daß Änderungen ihrer Ansprüche an die Güte größere Änderungen in der Herstellung bedingen. In Jahren einer zurückgehenden Geschäftslage sind die Erzeuger, welche vielleicht in Jahren eines allgemeinen Aufschwunges der Industrie ihre Anlagen entsprechend vergrößert hatten, gezwungen, unter jeder Bedingung Aufträge zu übernehmen, um nur ausreichende Beschäftigung für ihre Fabriken zu haben. Aus Furcht vor dem Wettbewerb wagen sie es nicht, in solchen Fällen ihre Preise auf der den Selbstkosten entsprechenden Höhe zu halten. Man ist oft erstaunt, zu hören, zu welchen niedrigen Preisen bei solchen Gelegenheiten Angebote abgegeben werden, und muß sich dann sagen, dem Lieferer ist entweder nur darum zu tun, unter allen Umständen Beschäftigung zu finden und die bisherige geschäftliche Verbindung mit einem Käufer nicht zu verlieren, oder er sucht mit allen Mitteln eine neue Geschäftsverbindung anzuknüpfen, in der Hoffnung, bei späteren Aufträgen den jetzt entstehenden Verlust wieder einzubringen, oder er kann überhaupt nicht rechnen. Es kommt aber vor, daß ein Hersteller genau weiß, der vorliegende Auftrag kann von ihm nicht in der vorgeschriebenen Weise ausgeführt werden; er setzt sich aber darüber hinweg und überläßt das Weitere seinem Glück und dem Zufall. Der Besteller sucht sich natürlich durch entsprechende Bedingungen zu schützen und verlangt einen bestimmten Gehalt an Tonerde und ebenso eine bestimmte Feuerfestigkeit. Es wird dann nur selten vorkommen, daß der Hersteller demgegenüber erklärt, er sei nicht in der Lage, den Auftrag zu dem angebotenen Preise zu übernehmen, und müsse deshalb von der Abgabe eines Angebotes absehen. Der Fachmann sieht sofort mit bloßem Auge, ob für einen guten Schamottestein ausschließlich Schamotte und Ton verwendet wurden oder ob die Schamotte durch billigere Ersatzmittel ersetzt ist. Der höhere Tonerdegehalt, den letztere nicht besitzen, kann durch einen kleineren Zusatz von Bauxit erreicht werden. Die später von dem Abnehmer angestellte Untersuchung der Steine zeigt, daß der Tonerdegehalt den gestellten Bedingungen entspricht, sie sagt ihm aber nicht, aus welchen Rohstoffen der Stein zusammengesetzt ist. Indes, er ist mechanisch fest, scharf gebrannt, feuerbeständig und entspricht somit den gestellten Anforderungen. Wie er sich aber später im andauernden Betriebe bewährt, ist eine zweite Frage, deren Beantwortung nicht immer zur Zufriedenheit des Abnehmers ausfällt. Dabei ist der Hersteller selten in der Lage, hierfür eine längere Gewährleistung übernehmen zu können, da eine nicht sachliche Behandlung der Steine im Betriebe, die fast nie-

mals nachgeprüft werden kann, ebenso leicht eine vorzeitige Zerstörung zur Folge haben kann, als die unrichtige Zusammensetzung derselben.

Es ist schwer zu sagen, wer an derartigen Vorkommnissen die größere Schuld trägt: der mit den Herstellungsbedingungen nicht vertraute und in unrichtiger Weise zu sparen suchende Besteller oder der unter dem Zwange der allgemeinen Geschäftslage und des Wettbewerbes stehende Erzeuger. Wünschenswert ist aber auch hier, daß durch Aufklärung in weiteren Kreisen gesündere Verhältnisse eintreten, die nur auf gegenseitigem Entgegenkommen gegründet werden können.

Endell hat („Feuerfeste Materialien in der Zementindustrie“) eine Reihe wichtiger Eigenschaften verschiedener feuerfester Baustoffe unter besonderer Berücksichtigung ihres Verhaltens gegen Zement bei 1450° C in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt, die auch für andere Verwendungszwecke von Wert ist:

Stein-Material	Chemische Zusammenstellung						Schmelztemperatur in	
	Si O <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	Mg O	—	Sege- kegeln	° C
Quarzschamotte	60—75	20—35		1—2		Alkalien	30—34	1670—1750
Tonschamotte .	50—60	38—47		1—2		ca. 1	32—35	1710—1770
Quarzkalksteine	95	2—3		1,5—2	—	„	33—35	1730—1770
Magnesit . . .	2—3	1—2	4—6	1—2	83—85	—	>42	>2000
Tonerde (Dynamidon)	21	72	3—4	—	—	Ti O <sub>2</sub>	ca. 38	1880
						3—4		
Chromit . . .	10	5	23	—	10	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42	2000
						50—53		
Karborund . .	25—30	5—8		—	—	Si C	>42	>2000
						50—60		
Kohlenstoff . .		10—15				C	>42	>2000
						85—90	>42	>2000

Stein-Material	Dichte		Wärme- leitfähigkeit $K = \frac{\text{cal}}{\text{cm sec } ^\circ\text{C}}$	Chemisches Verhalten gegen Zement bei 1450° C
	Spez. Gew.	Vol. Gew.		
Quarzschamotte	2,5—2,6	1,8—1,9	0,002—0,003	} Widerstand gegen Angriff wächst mit steigender Dichte und Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Gehalt werden sofort zerstört beständig besser als Schamotte wegen des hohen Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Gehaltes beständig werden zerstört beständig, jedoch nur in reduzierender Atmosphäre
Tonschamotte .				
Quarzkalksteine	2,6	1,8—1,9	0,002	
Magnesit . . .	3,7	3,0—3,3	0,005—0,007	
Tonerde (Dynamidon)	3,5	2,8—3	0,003	
Chromit . . . .	ca. 4	3,1—3,3	0,005—6	
Karborund . . .	3,1—3,2	2,1—2,3	0,015—0,02	
Kohlenstoff . .	ca. 3	1,2—1,4	0,01—0,015	



Die an die Wärmeleitfähigkeit eines feuerfesten Baustoffes zu stellenden Anforderungen sind je nach seinem Verwendungszweck verschieden. Im einen Falle, z. B. im Hochofen, sollen die Steine als schlechte, im anderen Falle, z. B. im Koksofen, als gute Wärmeleiter dienen.

Im Jahre 1914 betragen in einem Thomasstahlwerke die auf die Tonne Rohstahl berechneten Selbstkosten der sämtlichen dazu erforderlichen vielen Arten feuerfester Baustoffe 35 Pfennige!

Eine Hochofenanlage, bestehend aus einem Hochofen mit einer Tagesleistung von nur 200 t Roheisen und 4 Winderhitzern, braucht rd. 5000 t feuerfeste Baustoffe, deren heutiger Durchschnittspreis frei Hochofenwerk mit M. 950 je Tonne angenommen werden kann. Die Kosten für die feuerfesten Baustoffe betragen demnach M. 4 750 000. In einer Ofenreise von 7 Jahren erzeugt der Ofen  $200 \times 365 \times 7 = 511\,000$  t Roheisen. Hierbei betragen die Kosten der feuerfesten Baustoffe für die Tonne Roheisen rd. M. 9,50. Diese Zahlen lassen sich für jeden Einzelfall leicht genau berechnen, und es wird richtig sein, was einmal von sachverständiger Stelle ausgesprochen ist, daß die Hüttenleute in vielen Fällen gern das Doppelte und mehr für die feuerfesten Baustoffe bezahlen könnten, wenn sie solche von entsprechender Güte erhalten könnten. Das letztere dürfte in vielen Fällen nicht ausgeschlossen sein brauchen, wenn das erstere wirklich geschehen würde. Dazu nützen aber alle sog. Preiskonventionen nicht viel, helfen können dazu nur gegenseitiges volles Verständnis und festgeschlossene Verkaufsvereinigungen.

### G. Das Formen.

Die Formräume liegen meist in den oberen Stockwerken eines Gebäudes, welches auf ebener Erde eine Ofenanlage enthält, deren strahlende Wärme man für das Trocknen der Steine nutzbar macht. Andere Formräume müssen während der kälteren Jahreszeit durch besondere Heizvorrichtungen, am besten durch Dampfheizung, erwärmt werden können.

Steine von gewöhnlichen Formen, Normalformatsteine, können unmittelbar vom Tonkneter in der gleichen Weise wie Ziegelsteine hergestellt werden, indem man an den Auslauf des Tonkneters ein Mundstück anbringt und die Steine auf einem Abschneidetisch von dem austretenden Strang abschneidet. In diesem Falle muß die Masse eine feinere Körnung haben, weil zu grobe Körner einen sauberen Schnitt unmöglich machen; auch muß sie sehr bildsam sein, weil sie sonst dem Abschneidedraht einen zu großen Widerstand leistet und häufiges Reißen desselben verursacht. Die so hergestellten Steine werden gewöhnlich vorgetrocknet bis sie lederhart geworden sind, dann unter starkem

Druck auf Handpressen nachgepreßt und danach fertig getrocknet und gebrannt.

Diese Herstellungsweise ist nicht sehr verbreitet, und man formt die Schamottesteine mehr durch Handarbeit und mit Pressen.

Die Formmasse wird am besten in Hängebahnwagen von den Lagerplätzen an den Tonknetern oder aus den Maukräumen abgeholt, durch einen Aufzug nach den einzelnen Stockwerken der Formerei gehoben und hier von einer an sämtlichen Arbeitsplätzen vorbeilaufenden Hängebahn auf die einzelnen Formtische gebracht.

Die Handstrichsteine werden in Formen aus hartem Holz geformt, deren einzelne Teile fest miteinander verbunden sein müssen und an den der Abnutzung besonders ausgesetzten Stellen mit Bandeisen benagelt werden. Da die Steine beim Trocknen und Brennen schwinden, und zwar nach verschiedenen Richtungen in verschiedenem Maße, muß das Schwindmaß der einzelnen Mischungen bei der Anfertigung der Formen beachtet werden. Die Formen für unregelmäßig geformte Steine müssen mit entsprechenden losen oder festen Einlagen versehen werden und oft zum Auseinandernehmen eingerichtet sein. Man läßt sie vorteilhaft in der eigenen Schreinerwerkstatt nach besonderen Zeichnungen von gut eingearbeiteten Modellschreibern herstellen und mit der Nummer des Steines, für den sie bestimmt sind, versehen. Für manche Zwecke wird eine große Zahl verschiedener Formen gebraucht, die einen bedeutenden Wert besitzen. Man hebt diese für etwaige spätere Nachbestellungen in einem nicht zu trockenen Raume auf und findet oft Gelegenheit, eine seit Jahren nicht benutzte Form entweder unmittelbar oder mit einer leicht vorzunehmenden Abänderung wieder zu benutzen.

Längere Zeit nicht gebrauchte Holzformen legt man erst einige Zeit in Wasser, bevor sie wieder verwendet werden.

Die Werkzeuge des Formers bestehen aus einem Tisch mit schwach nach vorn geneigter Platte, einer abgehobelten Gußeisenplatte als Unterlage beim Formen, einem Handspaten mit kurzem Griff zum Abstechen der Masse, einem Kasten mit Sand oder Schamottmehl, einem in einen Eisenbügel gespannten oder an den Enden auf Handgriffe aufgewickelten Abschneidedraht, einem Streicheisen und einigen Spateln in Gestalt kleiner Mauerkellen zum Nachputzen der Steine. Die Arbeitstische sind beweglich und stehen in bzw. dicht neben den Trockenräumen oder -gerüsten. Die Formräume sind mit Holzdielen auf einer kräftigen Balkenunterlage versehen; Zementfußböden haben sich in den oberen Räumen nicht bewährt, weil Holzdielen die kräftigen Schläge beim Formen der Steine elastisch aufnehmen, während der Zementboden unter den Füßen der Formtische bald zerbröckelt.

Der Former bestreut die eine Hälfte der Tischplatte mit einer dünnen Schicht Sand oder Schamottmehl, je nach der sauren oder basischen

Art der Formmasse, um das Anhaften derselben auf der Tischplatte zu hindern. Dann sticht er mit dem Handspaten eine genügende Menge von seinem Massevorrat ab und formt auf der Tischplatte durch Kneten und Walzen einen der Form und Größe des Steines entsprechenden Ballen. Er hat darauf zu achten, daß keine harten Knoten, die durch stellenweises Zusammentrocknen der Masse entstanden sind, mit in den Ballen kommen, und daß dieser nicht aus einzelnen gerollten Teilen zusammengesetzt wird, welche sich nicht miteinander verbinden, sondern daß die einzelnen Teile mit frisch abgebrochenen oder aufgerauten Flächen zusammengefügt werden. Der Ballen wird einige Male mit den verschiedenen Flächen kräftig auf den Tisch geworfen, damit sich die Masse möglichst dicht zusammenfügt, und dann mit voller Kraft in die auf der Eisenplatte liegende, mit Sand oder Schamottemehl ausgestreute Form geworfen. Nun wird der Ballen mit der Form einige Male kräftig auf die Unterlage aufgeschlagen, damit die Ecken und Kanten des Steines scharf ausgebildet werden, und dann die über die Form hinausstehende Masse mit dem Abschneidedraht abgeschnitten. Findet man, daß die Ecken oder andere Stellen nicht genügend mit Masse ausgefüllt sind, so rauht man diese Stellen auf und füllt sie mit Masse aus. Die Oberfläche des Steines wird mit dem in Wasser getauchten Streicheisen glatt gestrichen, mit Streumasse bestreut und mit einer Holzplatte bedeckt. Man dreht nun das Ganze um, glättet und verputzt die bisherige untere Seite des Steines in der gleichen Weise, löst ihn durch vorsichtiges Klopfen und Stauchen aus der Form und zieht diese ab, worauf der Stein auf der Holzplatte liegend in den Trockenraum gebracht wird.

Größere Steine und solche, die nicht mehr von einem Manne gehoben werden können, werden auf dem Fußboden auf einer glatt gehobelten hölzernen Unterlage geformt.

Die Arbeiter werfen hier die einzelnen Massebrocken kräftig in die unteren Ecken und an die Kanten der Form, füllen diese dann in gleicher Weise bis zu einer gewissen Höhe an und schlagen die Masse mit naßgemachten Holzhämmern und -schlegeln fest. Danach wird die Oberfläche mit einer Kratze aufgeraut und die Form schichtenweise weiter gefüllt; im übrigen wird der Stein in der eben beschriebenen Weise behandelt. Hohlräume in den Steinen stellt man dadurch her, daß man entsprechende Kerne aus Holz in die Form einlegt, den Stein wie sonst formt, und die Kerne nachher herauszieht.

Besonders große und dichte Steine formt man aus einer nur sehr wenig Wasser enthaltenden Masse, welche nur noch geringe Bindsamkeit und nur eben noch die nötige Bindekraft besitzt. Von dieser Masse wird eine rd. 10 bis 15 cm hohe Schicht in die Form gebracht und mit schweren eisernen Stampfern, deren untere Fläche mit Einkerbungen

versehen ist, gründlich festgestampft. Die Oberfläche wird dann wieder aufgeraut, eine neue Lage Masse daraufgestampft usf., bis der Stein fertig ist. Das Trocknen solcher Steine geht verhältnismäßig schnell vor sich, weil die Masse nur wenig Wasser enthält; die Steine werden sehr dicht, die Schwindung ist geringer, weshalb beim Trocknen und Brennen weniger leicht Risse entstehen. Da die Steine sich gar nicht oder nur sehr schwer aus der Form lösen lassen, muß diese auseinandergenommen werden können.

Scharfe innere Ecken bei Aussparungen oder Vorsprüngen sind nach Möglichkeit schwach abzurunden, weil hier Spannungen entstehen, die beim Trocknen und Brennen leicht zum Reißen führen. Um ein Reißen dieser Stellen zu verhindern, bedeckt man sie während des Trocknens mit dünnen Rollen aus feuchter Masse.

Jeder Stein wird mit der Nummer des Formers und einem auf die zugehörige Bestellung bezüglichen Kennzeichen gestempelt.

Für die Massenherstellung kleiner Steine in normalen Formen benutzt man die in dem Abschnitt über die Herstellung der Quarzkalksteine auf S. 69 beschriebene Schlagpresse in der gleichen Weise.

Eine große Unannehmlichkeit bei der Herstellung der Schamottesteine hat darin bestanden, daß man vollständig auf die Zuverlässigkeit und Sorgfalt der einzelnen Former angewiesen war, die genau zu überwachen ganz unmöglich ist.

Die Güte eines jeden einzelnen Steines hängt sehr davon ab, ob der Former die dazu bestimmte Formmasse zu einem sachgemäß hergestellten Ballen vereinigt. Geschieht das nicht, dann wird der Stein kein gleichmäßiges Gefüge erhalten und dadurch minderwertig. Es kann dann leicht vorkommen, daß z. B. eine Stahlpfanne durch die vorzeitige oder ungleichmäßige Abnutzung nur weniger Steine bereits nach wenigen Chargen unbrauchbar wird. Wiederholt sich das einige Male, dann heißt es einfach: „Die Steine des bisherigen Herstellers taugen nichts mehr“, und man bezieht sie von einem anderen.

Man hat sich deshalb bemüht, auch hier die Handarbeit durch geeignete Maschinen zu ersetzen oder zu verbessern, und Steine von einfacherer Form und kleinerem Gewicht, die in größeren Mengen gebraucht werden, auf Schlagpressen und Schlagtischen hergestellt oder sie während des Trocknens nachgepreßt. Bei der vielfach üblichen Herstellung mit Schlagpressen und Schlagtischen genügt aber der hier ausgeübte und nicht immer gleichmäßig wirkende Druck nicht, um so Steine mit einer besonders hohen Druckfestigkeit zu erzeugen. Das Nachpressen, welches auf fahrbaren Pressen in den Trockenräumen ausgeübt wird, erreicht diesen Zweck, es hat aber den Nachteil, daß jeder Stein erst mit der Hand aus dem Trockengerüst herausgenommen und nach dem Pressen wieder abgelegt werden muß, was die Arbeit verteuert; daneben stellt die Aus-

führung der Preßarbeit selbst hohe Anforderungen an die Körperkraft des Arbeiters, der dazu ein schweres Schwungrad zu bewegen hat. Durch das alles ist die Leistung der Nachpresse eine beschränktere. Ferner muß auch diese Arbeit sehr sorgfältig ausgeführt werden, weil ein unvorsichtig in die Presse gelegter Stein leicht beschädigt wird. Schließlich entstehen in einem nicht gleichmäßig vorgetrockneten Stein durch das Nachpressen Spannungen, die vor und nach dem Brande ein Abblättern eines Teiles verursachen können.

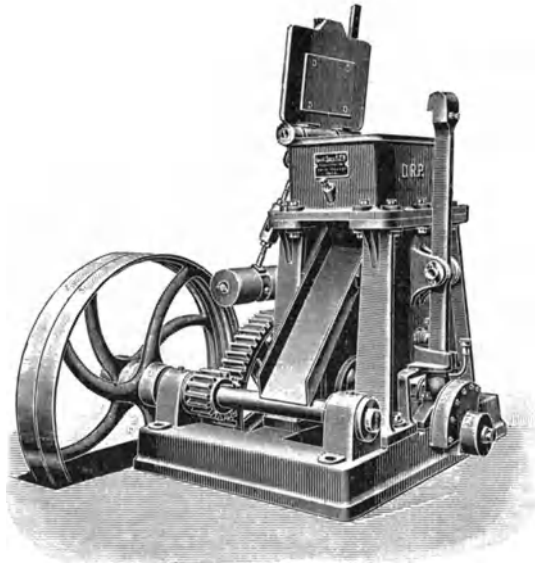


Abb. 14. Presse von Tummès  
zur Herstellung von Schamottesteinen.

Abgesehen hiervon war die Herstellung von Schamottesteinen mit derartigen Einrichtungen nur auf Steine von rechteckigen Formen und von geringem Gewicht, in der Hauptsache auf Normalformatsteine beschränkt.

Außerdem ist die Tagesleistung eines Handformers eine verhältnismäßig geringe; sie beträgt in 8stündiger Arbeitszeit nur ungefähr 500 Steine im Normalformat = rd. 1,75 t, bei der Herstellung von Formsteinen ist die Leistung je nach der Schwierigkeit der Formarbeit entsprechend geringer.

Die erste Maschine, welche zur Herstellung von Schamottesteinen eine weitere Verbreitung gefunden hat, ist die von Tummès erfundene Presse D. R. P. 188 218 (s. Abbildung).

Die Anordnung der Maschine ist folgende: Auf einer Grundplatte erheben sich zwei rahmenartige Ständer, zwischen deren unteren Enden die Antriebswelle gelagert liegt, welche in der Mitte zwei den Auf- und Niedergang des Preßkörpers bewirkende, nachstellbare Druckstücke trägt; an dem einen Ende der Welle befindet sich ein Exzenter für die Bedienung der Zuhaltungsklinke des Preßkastendeckels, am anderen Ende das Vorgelege und die selbsttätig wirkende Vorrichtung zum Öffnen des Preßkastendeckels. An ihrem oberen Ende tragen die Ständer den Preßkasten. In den Rahmen der Ständer ist das auf- und abwärtsgleitende Druckstück geführt, dessen unterer Teil wegen der gleichmäßigeren Abnutzung als Rolle ausgebildet ist, das obere Ende des Druckstückes trägt zwei Preßstempel. Der Boden des Preßkastens ist in der Höhe verstellbar angeordnet, seine Lage wird durch zwei nach unten heraustretende Schraubenbolzen je nach der Höhe der herzustellenden Steine bestimmt. Um die Abnutzung des Preßkastens zu verhindern, werden seine Innenwände mit auswechselbaren Blechen belegt, die Druckflächen der Bodenplatte und des Deckels können leicht nachgeholt werden. Der Preßkasten ist so angeordnet, daß gewöhnlich zwei Normalformat- oder Keilsteine gleichzeitig hergestellt werden, die durch eine Zwischenwand voneinander getrennt stehen. Zur Anfertigung von größeren Radialsteinen für Gewölbe, Kuppel- usw. -öfen, die bis zu einem Stückgewicht von 15 kg in derselben Presse hergestellt werden können (für größere Steine bis zu 30 kg Gewicht wird eine stärkere Presse geliefert), entfernt man die Zwischenwand aus dem Preßkasten, legt eine der unteren Steinflächen entsprechende Bodenplatte auf beide Preßstempel und bildet die Form der Steine durch seitliche Einlagen in dem Preßkasten.

Die Abnutzung der arbeitenden Teile ist eine sehr geringe, auch sind diese nachstellbar oder leicht auszuwechseln.

Der Kraftbetrieb der Presse beträgt für die Herstellung von Normalformatsteinen nach genauer Prüfung nur 1,6 PS und steigt für größere Steine bis auf 3 PS. Der Antrieb erfolgt entweder durch einen unmittelbar angekuppelten Elektromotor oder durch Riementransmissionen, in welchem Falle die Geschwindigkeit der Preßarbeit durch Stufenscheiben leicht geändert werden kann.

Sämtliche Teile der Presse sind leicht zugänglich; sie ist kräftig gebaut und nimmt nur wenig Raum ein. Man kann sie durch Schutzbleche vollständig abschließen, so daß jede Gefährdung der daran beschäftigten Arbeiter unmöglich wird. Der Einwurf ist so niedrig, daß die Bedienung bequem erfolgen kann. Die überschüssige Formmasse tritt durch kleine Öffnungen aus dem Boden des Preßkastens und wird hier so nach außen abgeführt, daß jede Verunreinigung der arbeitenden Teile vermieden wird.

Der Arbeitsgang ist folgender: Die Zusammensetzung der Formmasse und ihre Vorbereitung zum Verformen geschieht in der üblichen Weise in Betten oder Sumpfen und durch Mischen in einem liegenden Tonschneider. Es ist zu beachten, daß die Formmasse mit einem möglichst geringen Zusatz von Wasser hergestellt werden muß, weil eine zu weiche Masse nicht von der Presse verarbeitet werden kann. Während die Formmasse für Handstrich einen durchschnittlichen Wassergehalt von 20% besitzt, hat sich ein solcher von 14—15% als geeigneter Zusatz zum Verarbeiten der Masse in der Presse erwiesen. Zur Erzielung eines guten Steines ist dieses unbedingt zu beachten, im übrigen sind Änderungen in der üblichen Vorbereitung der Formmasse nicht erforderlich. Am geeignetsten zur Verarbeitung in der Presse sind reine Schamotte-mischungen ohne größeren Sand- oder Quarzzusatz, im Verhältnis von rd. 60 Teilen Schamotte zu rd. 40 Teilen Bindeton bei einer Korngröße von 4 mm. Zur Herstellung von Steinen im Normalformat läßt man den Strang durch ein Mundstück mit entsprechender Öffnung aus dem Tonschneider austreten und schneidet hier auf einem Abschneidetisch die Rohballen für zwei Steine gleichzeitig ab, die nicht genau der Form des fertigen Steines entsprechen brauchen. Zur Herstellung von Wölbsteinen läßt man den Strang durch ein entsprechend größeres Mundstück mit rechteckigem Querschnitt aus dem Tonschneider austreten und schneidet die überschüssige Formmasse durch davor gespannte Drähte ab. Für Wölb- und größere Formsteine schneidet man immer nur einen Ballen ab. Da der Strang nur langsam aus dem Tonschneider austritt, kann der Abschneidetisch von einem Jungen bedient werden, der die Rohballen auf einen zwischen dem Abschneider und der Presse stehenden Tisch ablegt. Die Einschaltung dieses Tisches ist vorteilhaft, weil so ein Vorrat von Ballen angesammelt werden kann und dann kein Aufenthalt im Arbeiten der Presse entstehen braucht, wenn sich am Massestrang Drachenzähne bilden oder am Abschneidetisch ein Draht erneuert werden muß. Ein Arbeiter nimmt nun zwei Ballen und wirft sie gleichzeitig an der einen Seite der Presse in den offenstehenden, leicht eingeölkten Formkasten, worauf er den Deckel mit der Hand schließt und ihn durch die Zuhaltungsklinke feststellt. Dies ist die einzige Handbewegung, die der Arbeiter an der Maschine selbst auszuführen hat. Die Presse übt hierauf den Druck zur Fertigstellung der Steine aus; nach Erreichung des größten Preßdrucks öffnet sich durch die entsprechende Vorrichtung der Deckel des Preßkastens, und die fertigen Steine werden durch einen weiteren Hub der Preßstempel so weit gehoben, daß sie von den Stempeln abgehoben werden können. Dies geschieht auf der anderen Seite der Presse durch einen Jungen, der bis zu sechs Steine auf ein Brett legt und sie dann nach dem Trockenraume trägt. Man wird hier vorteilhaft zwei Jungen abwechselnd arbeiten lassen.

Als Schmiermittel bewährt sich am besten eine Mischung von sog. Rübölersatz und Petroleum. Das lästige Ölen des Preßkastens kann dadurch vermieden werden, daß man eine Filzunterlage mit dem Öl tränkt. Der Arbeiter schlägt den Masseballen auf die Filzunterlage auf und legt ihn danach so in den Preßkasten, daß die eingefettete Fläche des Ballens abwechselnd einmal auf den Preßstempel, einmal gegen den Deckel des Preßkastens zu liegen kommt. Die Preßarbeit wird hierbei durch das Ölen des Preßkastens nicht aufgehalten, und Tummes hat auf diese Weise in 10stündiger Schicht 5500—6000 Steine im Einzelgewicht bis zu 7 kg hergestellt.

Die gesamte Anlage arbeitet ununterbrochen; da der Deckel des Preßkastens nur dann geschlossen ist, wenn ihn der Arbeiter nach dem Einwerfen der Ballen festgestellt hat, sind irgendwelche Unfälle während des Betriebes so gut wie ausgeschlossen.

Durch den geringen Wassergehalt der Formmasse ist diese weniger bildsam, und es wird dadurch ein bis zu 5 PS höherer Kraftbedarf für den Tonschneider erforderlich sein. Dieser Nachteil wird dadurch wieder ausgeglichen, daß aus dem gleichen Grunde die fertigen Steine schneller austrocknen und ofenreif werden. Man wird deshalb die Trockengerüste um 25% kleiner nehmen können als für Handstrichsteine, bzw. die bestehenden Gerüste schneller ausnutzen, wodurch wieder eine Ersparnis erzielt wird.

Die Presse liefert in 8 Stunden 2400 Steine in Normalformat, bei der Herstellung von größeren Wölbsteinen und Formsteinen, wie Gittersteinen für Winderhitzer, verarbeitet sie in 8 Stunden je nach der Größe der Steine 16 bis 24 t Formmasse.

Während ein durch Handstrich aus einer Schamottemischung hergestellter Stein eine Druckfestigkeit von 146 kg/qcm zeigte, besaßen aus einer gleichen Mischung durch die Presse hergestellte Steine eine Druckfestigkeit von min. 256, max. 270 kg/qcm.

Über die Haltbarkeit der Steine liegen folgende Zahlen aus dem Betriebe eines Hüttenwerkes vor:

Die Haltbarkeit von Stahlpfannen mit Handstrichsteinen betrug 12 bis 16 Chargen, mit gepreßten Steinen von gleicher Zusammensetzung stieg sie bis auf 22 bis 30 Chargen.

Die Haltbarkeit von Roheisenpfannen bei einer Entfernung von rd. 500 m zwischen Hochofenwerk und Stahlwerk betrug mit Handstrichsteinen 230 Chargen, sie stieg mit gepreßten Steinen von gleicher Zusammensetzung auf 350 bis 400 Chargen.

Damit dürften die Vorzüge der gepreßten Steine vor solchen aus Handstrich genügend erwiesen sein. Der Hüttenmann wird sich aus solchen Zahlen, die auf den einzelnen Werken je nach der Art des Roh Eisens und des Stahles natürlich schwanken werden, leicht berechnen



können, welche Vorteile ihm sowohl im Betriebe wie für die Selbstkostenberechnung die Verwendung von durch Pressen hergestellten Steinen gegenüber den Handstrichsteinen bringt.

In einem Falle wurde die Abnahme der Presse von Tummes verweigert. Jochum, dem sie bis dahin unbekannt gewesen war, war als Sachverständiger berufen worden. Er beschränkte sich auf den mit ungeübten Arbeitern vorgenommenen Versuch, 7 (!) Steine auf der Presse herzustellen, und als ihm diese nicht gelangen, gab er sein gerichtliches Gutachten dahin ab, daß die Presse unbrauchbar wäre. Der ebenfalls als Sachverständiger berufene Direktor einer Schamottfabrik, in dessen Betrieb die Presse bereits monatelang unter genau denselben Verhältnissen, wie auf dem klagenden Werke, arbeitete, erklärte demgegenüber, daß er allerdings am ersten Tage Schwierigkeit gehabt hätte, nur einige Hundert Steine mit der Presse fertigzustellen. Der Grund dafür wäre wahrscheinlich nicht zuletzt der gewesen, daß die Arbeiter die Bedeutung der neuen Maschine bald erkannt hatten und über diese Neuerung nicht sehr erfreut waren. Am folgenden Tage wäre es aber schon besser gegangen, und nach wenigen weiteren Tagen arbeitete die Presse nach jeder Richtung hin zur vollsten Zufriedenheit. Diese beiden Gutachten stehen sich bedeutsam gegenüber und zeigen, wie wichtig die richtige Auswahl eines Sachverständigen ist, und welchen Wert manche Gutachten haben. Das eigenartige Gutachten von Jochum hat nicht verhindert, daß die Presse von Tummes eine sehr ausgedehnte Verwendung in der feuerfesten Industrie gefunden hat\*).

Die Presse von Tummes besitzt nur einen Formkasten, das Pressen und Ausstoßen der Steine wird hier nacheinander von derselben unrunder Scheibe bewirkt. Die Maschine kann deshalb verhältnismäßig nur langsam arbeiten, und der schwere Verschußdeckel, welcher die Form nach oben abschließt, muß bei jeder Pressung von dem Arbeiter geschlossen werden.

Diese Nachteile sind bei dem Bau der Drehtischpresse von Lehmann vermieden, welcher darüber in der Hauptversammlung des Vereines feuerfester Fabriken 1913 in ungefähr folgender Weise berichtet.

\*) Vor kurzem ist die Formmaschine von Brettschneider als neueste Presse zur Herstellung von Schamottsteinen bekannt gegeben. Nach der Ankündigung soll sie eine sehr vielseitige Verwendungsmöglichkeit besitzen. Soweit es sich aus ihrer Abbildung ersehen läßt, ist die Anordnung und Wirkungsweise dieser Maschine der der Presse von Tummes ähnlich. Der Unterschied besteht hauptsächlich darin, daß der zu pressende Rohballen neben dem Preßkasten in auf Gleitbahnen bewegliche Formkästen eingelegt, diese von der einen Seite in den Preßkasten eingeführt, und die Steine dann ebenso, wie in der Presse von Tummes, fertiggepresst werden. Danach wird der Formkasten wieder seitlich aus dem Preßkasten herausgezogen und der fertige Stein abgelegt. Ob diese Maschine eine Verbesserung der Presse von Tummes darstellt, wird sich erst beurteilen lassen, nachdem sie einige Zeit lang in der Praxis Verwendung gefunden hat.

Die Verdopplung der Arbeitsleistung durch die Drehtischpresse ist dadurch gelungen, daß die Pressung und der Ausstoß der einzelnen Steine nicht mehr von derselben unrunder Scheibe ausgeführt werden, sondern daß der Ausstoß des vorher gepreßten Steines gleichzeitig mit der Pressung des nachfolgenden an anderer Stelle geschieht. Der Verschlußdeckel der Einkastenpresse wird durch das feste Querhaupt der Drehtischpresse ersetzt. Die Zeitdauer einer Pressung beträgt bei der Einkastenpresse nur  $\frac{1}{3}$  der Preßdauer der Drehtischpresse, die letztere arbeitet deshalb mit einem allmählicheren Preßdruck, verbunden mit Verminderung des schädlichen Seitendruckes und Kraftersparnis. Die Einkastenpresse liefert in der Schicht 3000 Steine mit einem Preßdruck von je 3 Sekunden, die Drehtischpresse in derselben Zeit 6000 Steine mit einem Preßdruck von je 4,5 Sekunden Dauer. Zur Erzeugung eines festen und gleichmäßig dichten Steines ist ein langsamer Preßdruck nötig. Eingehende Preßversuche mit schnell arbeitenden Exzenter- und Schraubenspindelpressen haben die hohe Leistung von 8- bis 10 000 Steinen in 10 Stunden ergeben, diese Steine waren aber nach dem Brande mürbe und von schieferigem Gefüge, minderwertiger als handgeformte Steine. Ihre Untersuchung ergab, daß bei der schnellen Pressung die in der Formmasse enthaltene Luft zu schnell entweichen mußte und dadurch den Zusammenhang der Steine bereits während des Preßvorganges zerstörte. Deshalb sind alle Pressen zur Herstellung eines guten Steines ungeeignet, welche ruck- und stoßweise arbeiten.

Die Drehtischpresse von Lehmann (s. Abbildung 15) besteht in der Hauptsache aus einem sich drehenden runden Tisch, welcher mit einem Zahnkranz verbunden ist, ferner aus 2 senkrechten Säulen, dem Querhaupt, sowie dem gesamten Triebwerk, welches den Drehtisch selbsttätig, durch größere Pausen unterbrochen, um ein Viertel seines Umfangs weiter dreht.

Die Pressung findet jedesmal während des Stillstandes des Tisches unter dem Querhaupt durch die unrunder Scheibe statt.

In dem Drehtisch sitzen 4 auswechselbare Stahlformen, welche innen mit Verschleißplatten aus Stahl ausgefüttert sind. In diesen Formen hängen 4 Ausstoßstempel, welche unten in einer Gabel Hartstahlrollen tragen. Durch die Hartstahlrollen wird der Druck von der unrunder Scheibe auf die eingelegten Ballen übertragen, ebenso der Ausstoß der fertigen Steine durch den Kurvenbock, auf welchem die Rollen sich, auf- und absteigend, abwälzen und somit den Preßstempel heben und senken.

Bei Beginn der Arbeit legt der eine Arbeiter einen Ballen in die erste Form, dann dreht sich der Tisch um ein Viertel, und die Pressung erfolgt. Hierauf dreht sich der Tisch um ein weiteres Viertel, und es wird dann der inzwischen in die nächste Form eingelegte Ballen zum

Stein gepreßt, während gleichzeitig der vorher gepreßte Stein durch den Kurvenbock ausgestoßen und von dem zweiten Arbeiter abgenommen wird.

Das Spiel geht so ununterbrochen weiter. Andere Arbeiten, wie das Einlegen von Ballen und Abnehmen der fertigen Steine, sind nicht erforderlich. Die vierte Form ist stets frei. Dieselbe kann durch den Arbeiter, welcher die Ballen einlegt und Zeit genug übrig hat, je nach Bedarf von Hand geölt werden, was am besten mittels eines langhaarigen

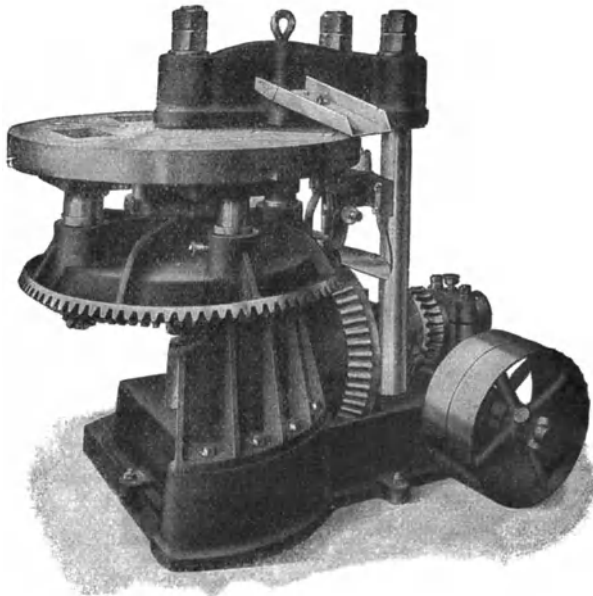


Abb. 15. Drehtischpresse nach Lehmann zur Herstellung von Schamottesteinen. (Firma R. Raupach, Görlitz.)

Pinsels geschieht. Es kann aber auch ein kleines selbsttätig arbeitendes Ölpümpchen angebracht werden.

Der Antrieb der Maschine erfolgt durch Riemenscheiben und Räder-vorgelege, die Maschine kann aber auch unmittelbar an einen Elektromotor gekuppelt werden. Ebenso wird sie auf Wunsch fahrbar eingerichtet.

Ein wichtiges Erfordernis zur Erzielung einwandfreier Formlinge ist ein gutes Schmiermittel für die Formen.

Das Schmiermittel muß schlüpfrig und ergiebig sein, d. h. möglichst viel Pressungen aushalten können, ehe es erneuert werden muß. Es gibt nun eine ganze Menge sog. Formöle, welche mehr oder minder

brauchbar sind. Eine Reihe Hersteller haben sich eigene Mischungen zusammengestellt, womit sie soweit zufrieden sind. Vielfach wird gebrauchtes und nachher gereinigtes Maschinenschmieröl mit Petroleum gemischt und alsdann mit Erfolg verwandt. Als ein gutes und billiges Schmiermittel, welches an Schlüpfrigkeit und Ergiebigkeit fast dem Rizinusöl gleichkommt, hat sich eine Mischung von Talg mit Petroleum ergeben. Hierzu muß ein für Genußzwecke unbrauchbares Schweinefett benutzt werden, das geschmolzen und in flüssigheißem Zustande im Verhältnis von 3 bis 4 kg Talg mit rd. 7 l Petroleum versetzt wird. Die Masse bleibt flüssig, ist billiger als andere Ölmischungen und ihnen weit überlegen. Die bei der Pressung überschüssige Formmasse wird nach oben ausgedrückt und durch eine Schurre so abgeleitet, daß es nicht auf die Tischplatte fallen kann.

Die Presse kann vorteilhaft in der Nähe der Strangpresse aufgestellt und mit dieser durch ein endloses Förderband verbunden werden. Von dem aus der Strangpresse austretenden Massestrang werden dann die einzelnen Ballen in der für die Form des Steines entsprechenden Größe mit einem Ballenabschneider oder auf einem Abschneidetisch abgeschnitten und auf das Förderband abgelegt, welches sie der Drehtischpresse zuführt. Wenn die Geschwindigkeit, mit welcher diese einzelnen Maschinen arbeiten, richtig abgestimmt wird, erhält man damit eine ununterbrochen arbeitende Anlage.

Neben diesen beiden bewährten Pressen sind noch einige andere entstanden. Dieselben sind aber teils nur für ganz bestimmte Zwecke unter besonderen Verhältnissen brauchbar, teils haben sie sich nicht so bewährt, daß sie eine weitere Verbreitung gefunden haben, deshalb kann von ihrer Erwähnung Abstand genommen werden\*).

Die feuerfeste Industrie wird durch die notwendige Anfertigung der Formen für die Steine sehr hoch belastet. Man hat gelegentlich den Eindruck, daß die Erbauer der Ofen- und anderen Anlagen fast etwas darin suchen, möglichst viel verschiedenartig geformte Steine vorzu-

---

\*) Die für eine größere Tageserzeugung von Quarzkalksteinen geeignete, selbsttätig arbeitende Drehtischpresse läßt sich nicht in der gleichen Weise zur Herstellung von Schamottesteinen verwenden. Die mehr lose und krümelige Formmasse zur Herstellung der Quarzkalksteine läßt sich leicht durch die Füllvorrichtung der Drehtischpresse verteilen und in genau gleichen Mengen dem Preßkasten zuführen. Aus demselben Grunde kann diese Presse auch zur Herstellung der Magnesitsteine benutzt werden. Dagegen ist die zur Herstellung der Schamottesteine dienende Rostoffmischung wegen der kolloidalen Eigenschaft des Bindetones eine klebende, zähe Formmasse, welche die Füllvorrichtung dem Preßkasten der Drehtischpresse nicht in genau gleichmäßig abgemessener Menge zuführen kann. Sämtlichen zum Pressen von Schamottesteinen benützte Maschinen muß man die Formmasse deshalb in Form von vorgeschnittenen Rohballen zuführen, und man kann mit diesen Pressen nicht die hohe Tagesleistung erzielen, welche die ganz selbständig arbeitende Drehtischpresse bei der Herstellung der Quarzkalksteine erreicht.

schreiben. In vielen Fällen ist die Verwendung von besonders geformten Steinen geboten; aber z. B. in den Mitteilungen aus dem Kokereiaus-schuß des Vereines deutscher Eisenhüttenleute über die Normalisierung von Kokereien (Stahl und Eisen 1921, Nr. 5, S. 152) erwähnt H. Schwenke, daß zu einem Koksofen etwa 3000 Steine von ungefähr 190 (!) verschiedenen Formen gehören. „Von diesen sind nur etwa 200 Steine in ihrer Form durch die Sonderbauart des betr. Ofensystems bedingt, 2800 oder etwa 90% (!) könnten so weit normalisiert werden daß sie für jedes Ofen- und Beheizungssystem verwendbar wären, ohne daß dem Erbauer irgendwelcher Zwang hinsichtlich der zu wählenden Bauart auferlegt werden müßte.“ Hiermit wird ein Übelstand berührt, der endlich einmal ausgerottet werden sollte. Einmal wird die Herstellung der Steine durch diese vielen unnötigen Formen sehr verteuert, und das hat der Besteller zu bezahlen. Wie mögen sich aber die Maurer durch diese Unzahl von Steinsorten hindurchfinden, die für einen größeren Bau kaum ordentlich voneinander getrennt und gut zugänglich aufgestapelt werden können? In je einfacheren und weniger zahlreichen Formen die Steine vorgeschrieben werden, um so mehr kann sie der Hersteller unter starkem Druck durch Maschinenpressung anfertigen, und dies ist z. B. gerade für die Haltbarkeit und Güte der Koksofensteine von sehr großer Bedeutung. Durch die Vorschrift unnötig vieler verschiedenartiger Formen schädigt sich also der Hüttenmann selbst. Außer für Koksofensteine könnte eine Normalisierung der Steinformen recht gut auch an vielen anderen Stellen der hüttenmännischen Betriebe vorgenommen werden, z. B. für die Roheisen- und Stahlpfannensteine, Gießrohre, Stopfen, Ausgüsse, Gespannsteine und viele andere mehr, die in großen Mengen fortlaufend gebraucht werden und dann in besserer Beschaffenheit angefertigt werden könnten.

Auch vor der Wahl zu großer, besonders zu starker, Steinformen muß gewarnt werden. Durch dieselbe soll an Fugen gespart werden; sie hat aber den Nachteil, daß besonders zu starke Steine nicht genügend gleichmäßig durchgebrannt werden können und dadurch weniger haltbar sind, während zu lange Steine sich leicht im Feuer verbiegen oder rissig werden.

Die Formmasse für Röhren läßt man stets gut mauken, was übrigens für die Verarbeitung aller für die Herstellung besserer Schamottesteinsorten bestimmter Formmassen sehr zu empfehlen ist und in kühl gehaltenen luftigen Räumen zu geschehen hat. Man wirft die Masseballen hier in größeren Haufen dicht zusammen und schützt die Außenseiten der Haufen gegen das Austrocknen durch Auflegen feucht gehaltener Tücher. Das Mauken kann mehrere Tage dauern, die Mindestdauer soll nicht weniger als 24 Stunden betragen.

Nach dem Mauken zieht man die Röhren aus einer mit einem entsprechend geformten Mundstück versehenen, stehend oder liegend an-

geordneten Presse. Sie werden in geeigneten Schablonen abgefangen, auf die richtige Länge geschnitten, verputzt und dann zum Trocknen aufgestellt.

Stehend getrocknete Röhren pflegen sich während des Trocknens zu stauchen und zeigen später am unteren Ende einen größeren Querschnitt als am oberen; man muß sie deshalb in den ersten Tagen des Trocknens öfter umdrehen.

Gespannsteine für Stahlgießereien formt man entweder in der gleichen Weise wie gewöhnliche Steine in einer Form, durch welche ein der Durchgangsöffnung entsprechendes Gasrohr gesteckt ist und die anderen Öffnungen mit blechernen Schellen ausgestochen werden, oder man zieht sie auf einer Strangpresse vor, schneidet den Strang in die nötigen Längen, und gibt ihnen dann durch Handarbeit die endgültige Form.

Für Stopfenstangenrohre werden die Ballen entweder mit der Hand geformt, oder man zieht die Rohre ebenfalls aus einer Strangpresse roh vor und schneidet die gebrauchten Längen von dem Strang ab. In beiden Fällen wird der rohe Ballen in eiserne geölte Formen gebracht und dann durch eine Spindel- oder Hebelpresse über einem Dorn fertig gepreßt.

Für Stopfen und Ausgüsse stellt man ebenfalls die Rohballen mit der Hand her und gibt ihnen in geölten Stahlformen über entsprechenden Dornen durch sehr kräftiges Einschlagen mit schweren Hämmern die endgültige Form.

Muffeln in größeren Maßen werden gewöhnlich aus einzelnen durch Nute und Feder ineinander greifenden Platten hergestellt. Kleinere ungeteilte Muffeln formt man aus freier Hand über einem Holzmodell.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Herstellung der Gasretorten. Hierfür benutzt man Kapselscherben oder scharf gebrannte frische Schamotte, welche durch Walzwerk oder Koller zerkleinert wird, damit die einzelnen Körner eine möglichst scharfkantig gesplitterte, unregelmäßige Form erhalten, an denen der Bindeton gut anhaftet. Um den Retorten eine möglichst große Unempfindlichkeit gegen Wärmewechsel zu geben, verwendet man die Schamotte in ziemlich grober Körnung und sibt sie durch ein Sieb mit Maschen von 1 qcm Weite; die durch dieses Sieb nicht hindurch gehenden Körner gehen als zu grob nach dem Walzwerk zurück. Der Rest wird durch ein Sieb von 3 bis 4 mm Maschenweite in 2 Teile geteilt, und man benutzt für die Mischung 7 bis 8 Teile der Schamotte von 4 bis 10 mm Korngröße und 2 bis 3 Teile des feineren Mahlgutes. Aus letzterem werden die feinsten Teilchen wieder durch ein Sieb mit 1 mm Maschenweite ausgesiebt, ehe es für die Verarbeitung benutzt wird. Als Bindemittel benutzt man Kaolinton gemischt mit einem sehr dicht brennenden plastischen Ton. Der

Kaolinton allein besitzt nicht die Bildsamkeit und das Bindevermögen, um die Schamottekörner genügend miteinander zu vereinigen, ergibt aber beim Brennen ein sehr zähes und widerstandsfähiges Erzeugnis; der dichtbrennende, bildsame Ton allein würde dagegen als Bindemittel genügen, aber zu spröde sein, aus dem Grunde verwendet man beide gemeinschaftlich ungefähr im Verhältnis von 2 : 1.

Die Rohstoffe werden in gleichmäßig dünnen Schichten gemeinschaftlich gründlich gesumpft und dann ein- bis zweimal im Tonkneten zu einer möglichst gleichmäßigen Masse verarbeitet. Bevor die fertige Mischung zum Formen benutzt werden kann, wird ihr das Wasser wieder so weit entzogen, bis sich kleinere Stücke nur noch schwer mit der Hand kneten und nur durch kräftiges Schlagen zu größeren Ballen vereinigen lassen. Zu dem Zwecke formt man aus der Mischung kleine Ballen von rd. 10 cm Länge und 5 cm Dicke, die man auf dem Fußboden zum Trocknen ausbreitet und unter öfterem Umwenden so lange liegen läßt, bis sie den genügenden Grad der Trockenheit erreicht haben. Danach bildet man aus den kleinen Stücken wieder größere Haufen, die man schichtenweise mit Holzschlegeln kräftig zusammenschlägt, wobei man die zu stark getrockneten Teile wieder schwach anfeuchtet und das Ganze zu einer dichten Masse vereinigt, welche, mit feuchten Tüchern bedeckt, längere Zeit liegen bleibt, damit sich die Feuchtigkeit im Inneren durch Mauken ausgleichen kann.

Nachdem die Mischung genügend vorbereitet ist, sticht der Former mit einem Handspaten dünne Scheiben von rd. 10 cm Länge und 5 cm Dicke ab und vereinigt diese beim Formen durch sehr kräftiges Schlagen mit einem kurzstielligen Handhammer aus Rundeisen von rd. 8 cm Länge und 5 cm Dicke.

Die Form besteht aus einer Bodenplatte und dem Mantel; der letztere ist in rd. 80 cm hohe Teile geteilt, welche beim Fortschreiten der Arbeit aufeinandergestellt und fest miteinander verschraubt werden. Die einzelnen Teile sind aus 3 wagerecht liegenden kräftigen Bohlenstücken gebildet, welche durch kräftige senkrechte Leisten miteinander verbunden sind und nach der Innenseite der Form einen dem Äußeren der Retorte entsprechenden Ausschnitt enthalten. In letzterem sind die die eigentliche Form bildenden Bretter nach Art der Faßdauben angebracht. Ferner sind die einzelnen Teile der Form der Länge nach geteilt, damit sie nach Fertigstellung der Retorte von dieser abgenommen werden können. Vor dem Gebrauch wird die Form mit Öl ausgestrichen.

Nachdem die Bodenplatte genau wagerecht gelagert ist, stellt der Former den Boden der Retorte her. Dann wird der unterste Teil des Mantels aufgestellt, die Retorte in ringförmigen Lagen von unten nach oben geformt und jedes fertige Stück sofort sauber ausgeputzt und geglättet. Das Formen über einem inneren Vollkern hat sich als unnötig

erwiesen; ein geübter Arbeiter kann die verlangte Wandstärke auch ohne den Kern genau einhalten; er arbeitet sorgfältiger, weil er die Arbeitsstelle stets vor Augen hat, sie dauernd beobachtet und durch den Kern nicht am kräftigen Einschlagen der Masse behindert ist. Das oberste Stück des Mantels ist ein Formstück, welches das verstärkte Ende herzustellen gestattet, in dem die Löcher für die Steinschrauben ausgeschnitten werden, durch welche später der Deckel auf der Retorte befestigt wird. Nach Beendigung der Formarbeit werden allmählich die einzelnen Mantelteile von oben nach unten zu abgenommen, die Außenseite der Retorte wird sauber geputzt und geglättet und die schließlich freistehende Retorte in dem geheizten Formraum sehr langsam und allmählich getrocknet. Nachdem dies geschehen ist, wird die Retorte auf einen ihrer Form entsprechend gebauten zweirädrigen, gefederten und gepolsterten Wagen gelegt; ein Arbeiter kriecht auf einem Brett liegend hinein, fegt die Innenwand von allem anhaftenden Staub sorgfältig sauber und verputzt sie mit einem feinen, aus staubförmiger Schamotte und Ton aufgeschlämmten Mörtel, wodurch die noch vorhandenen Poren geschlossen werden. Nachdem dieser Verputz getrocknet ist, kann die Retorte noch mit einer Glasur versehen und nach dem Brennofen gefahren werden. Das Glasieren ist vollständig überflüssig, denn während des Betriebes im Retortenofen der Gasanstalt überzieht sich die Retorte sehr bald ganz von selbst mit einer die Poren gut abschließenden Glasur, welche durch die aus der Kohle frei werdenden Alkalien hervorgerufen wird.

Wenn die Retorten von außen über einen Kern geformt werden, fällt der teure Außenmantel fort. Man läßt dann ein kräftiges, am oberen Ende sorgfältig befestigtes gerade abgerichtetes und genau zentriertes Vierkanteisen von der Decke des Formraumes so weit herunterhängen, daß darunter noch Platz für den Retortenboden bleibt. Auf dieser Führungsstange sitzt ein bewegliches rd. 1 m hohes Kernstück aus Holz, das in jeder Höhe der Stange durch einen Flaschenzug festgestellt werden kann. Nachdem das Kernstück in die tiefste Lage über den bereits geformten Boden gebracht ist, wird darüber, ebenso wie vorher beschrieben, nur umgekehrt von außen her, der unterste Teil der Retortenwand auf den Boden aufgeformt. Nachdem dieses Stück fertig ist, wird der Kern gehoben, und die Formarbeit beginnt von neuem usf. bis zur Fertigstellung der Retorte. Diese Art der Retortenformerei ist einfacher und billiger als die zuerst beschriebene, sie erfordert aber sehr geübte und sorgfältige Arbeiter, damit die Retorte überall die gleiche Wandstärke erhält, anderenfalls entstehen später in dem Mantel Spannungen, welche im Feuer das Reißen oder Springen der Retorte herbeiführen können.

Die Herstellung der Muffeln und Vorlagen für die Zinkgewinnung erfolgt meistens nach der in Belgien üblichen Arbeitsweise, welche



nachstehend beschrieben werden soll. Sie wird stets in den Zinkhütten selbst vorgenommen.

Das Zink beginnt in einer Wärme von rd. 1000° C flüchtig zu werden; es wird durch einen trockenen Destillationsvorgang aus seinen Erzen gewonnen, bei welchem die Wärme in den Muffelöfen bis zu 1300° C steigt. Neben der erforderlichen Feuerfestigkeit verlangt man von den Zinkmuffeln Festigkeit, Raumbeständigkeit, geringe Durchlässigkeit gegen die Zinkdämpfe, Widerstandsfähigkeit gegen Flugstaub und -asche und Unempfindlichkeit gegen plötzliche Wärmeschwankungen.

Zur Herstellung der belgischen Zinkmuffeln benutzt man die Tone aus dem Steinkohlenbecken von Namur. Dieselben enthalten in gebranntem Zustande durchschnittlich 30% Tonerde und schmelzen bei Segerkegel 30. Sie werden nach ihrer Farbe ausgelesen, die hellgrauen, mageren Tone zu Schamotte gebrannt, die blauschwarzen, fetten Tone als Bindeton benutzt. Durch einen Zusatz von gemahlenem Koks zur Formmasse wird deren Schwindung verringert und die Widerstandsfähigkeit gegen Wärmeunterschiede erhöht.

Abgemessene Mengen von Rohton, scharf gebrannter Schamotte und auf 1 mm gemahlenem Koks werden lagenweise in Betten angefahren und auf dem Koller mit selbsttätiger Absiebung auf 3 mm Korngröße gemahlen. Das Mahlgut wird durch ein Becherwerk in Sammelkästen gehoben. Von hier aus gelangt die Rohmischung durch eine Aufgabevorrichtung in den liegenden Tonknetter, in welchem sie mit 15% Wasser versetzt und gut durchgeknetet wird. Danach läßt man die Formmasse 3 Wochen lang mauken und schließlich noch 2 mal durch den Tonknetter gehen. Von diesem befördert sie ein Hebewerk nach dem Ballenknetter, einer Presse, welche aus der Masse konisch geformte Ballen von rd. 100 kg Gewicht herstellt. Die hier abgeschnittenen Ballen werden auf Wagen nach der Muffelpresse gefahren. Die letztere ist eine hydraulische Presse mit einer stehend angeordneten Preßform und 3 Preßzylindern. Der Ballen wird von oben in die Preßform eingeführt, worauf deren Deckel geschlossen wird. Der Preßdruck wirkt darauf durch einen von unten mit einem Druck von 120 at in die Form eintretenden Stempel und bildet zuerst die Kopfwand der Muffel. Danach wird der Deckel der Form geöffnet, durch den weiteren Druck bilden sich die Seitenwände der Muffel, und diese wird schließlich durch eine ringförmige Matrize nach oben aus der Form gehoben. Die fertige Muffel wird verputzt, nach dem Trockenraum abgefahren und hier mit dem Boden nach unten auf 1 m hoch über dem Fußboden befindliche Lattenroste abgesetzt. Unter den Rosten befindet sich eine Dampfheizungsanlage. 10 bis 14 Tage lang bleiben die Muffeln in der gewöhnlichen Wärme stehen, danach wird der Trockenraum von Tag zu Tag um 1° höher bis auf 40° und schließlich in weiteren 5 Tagen auf 60° erwärmt. Im

Ganzen läßt man die Muffeln bis zur Dauer von 3 Monaten im Trockenraume stehen. Schließlich werden sie mit einer aus Lehm, Glashafenbruch und Hochofenschlacke zusammengesetzten Glasur überzogen, in einem Temperofen auf Rotglut erwärmt und sind dann zum Einsatz in den Zinkdestillierofen bereit. Hier wird die Vorderwand der Muffel aus Stampfmasse gebildet. Die Vorlagen werden aus rheinischem Ton und Schamotte hergestellt, welcher Mischung ebenfalls Koks hinzugesetzt wird.

In Schlesien stellt man die Zinkmuffeln durch Handarbeit her, und gibt dem hinteren Teile des Bodens und der Decke eine größere Wandstärke als dem vorderen Bodenteile und den Seitenwänden. Die Formmasse besteht aus Schamotte, die mit Kapselscherben versetzt wird, von 1 bis 5 mm Korngröße, und fettem Bindeton. Auch hier fügt man der Masse etwas gemahlene Koks hinzu. Ein Zusatz von Quarz ist zu vermeiden, weil das Gefüge der Masse durch das Waschen des Quarzes gelockert und die Muffel dadurch undicht wird. Man benutzt hölzerne Formen, deren Wände aufgeklappt werden können und durch Scharniere miteinander verbunden sind. Der Former stellt aus der Masse einzelne Blätter von der ungefähren Stärke der Muffelwände her und setzt daraus die Muffel in der Form zusammen, wobei er auf die sorgfältigste Vereinigung der einzelnen Stücke miteinander zu achten hat. Die Innenmaße der Form entsprechen den Außenmaßen der Muffel, die Scheibendicke wird mit den Innenmaßen der Muffel entsprechenden Lehren nachgeprüft. Diese Arbeitsweise ist teuer, und in den ungleich starken Wänden der Muffel entstehen leicht Spannungen und Risse, außerdem ist die Güte der Muffel zum großen Teile von der Sorgfalt des Handformers abhängig. Man geht deshalb immer mehr dazu über, die Muffeln mit möglichst dünnen und gleichmäßig starken Wänden herzustellen, wobei man die Handformerei vorteilhaft durch die Maschinenarbeit oder das Webersche Gießverfahren ersetzen kann.

Das äußere Glasieren der Zinkmuffeln ist ebenso überflüssig wie das der Gasretorten, denn die Flugasche des Destillierofens erzeugt in kurzer Zeit eine dichte Glasur auf ihrer Oberfläche. Eine besondere Glasur hat hier nur den Zweck, die Muffel sofort bei ihrer Ingebrauchnahme möglichst undurchlässig für die Zinkdämpfe zu machen. Dies geschieht am besten durch eine Innenglasur, welche schon in der Wärme des Temperofens, bei ungefähr 900° C, schmilzt und dadurch verdichtend wirkt.

Schmelztiegel müssen neben der genügenden Feuerfestigkeit ein sehr gleichmäßiges und dichtes Gefüge besitzen, damit sie sowohl dem Druck des Schmelzgutes als auch den chemischen Angriffen des Schmelzvorganges widerstehen können. Ferner haben sie sehr hohe plötzliche Wärmeunterschiede auszuhalten, einmal, wenn der kalte Tiegel mit dem

Schmelzgut in den glühenden Ofen eingesetzt, das anderemal, wenn der glühende Tiegel aus dem Ofen herausgenommen wird. Hierbei dürfen die Tiegel weder reißen noch springen.

Zur Herstellung der Formmasse benutzt man scharf gebrannte Schamotte von nicht zu feiner, gleichmäßiger Korngröße, von welcher man nur so viel verwendet, daß sie in Verbindung mit einem geeigneten Bindeton einen dichten und festen Scherben ergibt. Der Bindeton muß sehr fett und bildsam sein, darf aber nicht zu stark schwinden. Die Feuerfestigkeit = Segerkegel 32 genügt fast für alle Zwecke; der Hauptwert eines guten Bindetones besteht hier in seiner hohen Festigkeit und Zähigkeit nach dem Brennen und darin, daß er sich in möglichst niedrigen Wärmegraden dicht brennt und später mit der Schamotte zusammen in hohen Wärmegraden nicht glasartig wird, weil solche Tone schroffen Wärmewechsel nicht vertragen. Es gibt verhältnismäßig nicht viele Tone, welche als Bindeton für die Herstellung der Schmelztiegel geeignet sind.

Die Schmelztiegel werden teils aus reiner Schamottemasse hergestellt und sind dann besonders zum Einschmelzen basischer Stoffe geeignet, teils gibt man der Masse noch einen Zusatz von Quarz. Die quarzhaltigen Tiegel vertragen schroffe Wärmeunterschiede leichter, dagegen werden sie von den schmelzenden Metallen und basischen Flußmitteln stärker angegriffen, und sind weniger feuerbeständig als die reinen Schamottetiegel.

Die Herstellungsweise der Schamottetiegel ist dieselbe wie die der Graphittiegel und wird deshalb in dem die letzteren behandelnden Abschnitte eingehend beschrieben.

Die Glashäfen sind eigentlich nur große Tiegel, die entweder oben offen oder durch eine Überwölbung geschlossen und mit einer seitlichen Öffnung versehen hergestellt und zum Schmelzen der Glasmasse benutzt werden.

Die an die Glashäfen gestellten Anforderungen sind sehr hohe. Neben der genügenden Feuerfestigkeit müssen sie eine sehr dichtes und festes Gefüge besitzen, unempfindlich gegen schroffe Wärmeunterschiede sein und den Angriffen des Schmelzvorganges widerstehen.

Die Herstellung der Glashäfen geschieht größtenteils in den Hafentuben der Glashütten selbst durch Handarbeit, ähnlich wie die der Gasretorten und Schmelztiegel. Sie ist deshalb nicht als ein Teil der feuerfesten Industrie zu betrachten, und es kann auf ihre Beschreibung in der einschlägigen Literatur, (z. B. Kerl, Handbuch der Tonwarenindustrie, Dralle, Die Glasfabrikation u. a.) verwiesen werden.

Die Herstellung der Glashäfen durch Handarbeit ist zeitraubend und teuer. Man ist dabei vollständig von der Zuverlässigkeit und Sorgfalt des Hafenformers abhängig, dessen kleinster Fehler die

unangenehmsten Folgen für den Betrieb herbeiführen kann. Diese Arbeiter halten in eigensinnigster Weise an ihrer erfahrungsmäßigen Arbeitsweise fest, sie sind als besonders schwierig zu behandeln bekannt, und die Hafentube ist aus den verschiedensten Gründen oft das Schmerzenskind der ganzen Glashütte.

Allen diesen Unannehmlichkeiten hat das Verfahren von Dr. E. Weber-Schwepnitz (Sachsen), die Glashäfen durch Gießen herzustellen, das Webersche Gießverfahren, ein Ende gemacht. Es wird seit einer längeren Reihe von Jahren von den bedeutendsten Glashütten des In- und Auslandes mit bestem Erfolge ausgeführt, und da im Auslande viele, besonders kleinere, Glashütten ihre Häfen nicht selbst herstellen, sondern von den dortigen feuerfesten Fabriken beziehen, dürfte es auch für die deutsche feuerfeste Industrie wichtig sein, sich dieser Herstellung zuzuwenden und sich damit ein neues Absatzgebiet zu schaffen.

Das Webersche Gießverfahren beruht darauf, daß die Tone durch die Einwirkung von Alkalien mit einem geringen Wasserzusatz in gießbar flüssige Massen verwandelt werden können, wodurch man in einer sehr einfachen Weise, ohne die Feuerfestigkeit ungünstig zu beeinflussen, Schamottmassen in der Form von Tiegeln, Glashäfen u. a. gießen kann.

Die richtig zubereitete Schamottegießmasse bildet, solange sie gerührt oder sonst bewegt wird, eine zähe aber doch leicht fließende Masse. Im Ruhezustande erstarrt sie gallertartig, ähnlich erkaltendem Leim, und diese Eigenschaft ist für ihre Verwendung von Bedeutung. Auch bei der Verwendung sehr grobkörniger Schamotte findet während der Verfestigung der Gießmasse keine Entmischung derselben statt, was auf ihre kolloidale Beschaffenheit zurückzuführen ist, und deshalb kann man sie zum Gießen von Formstücken von beliebiger Größe und Wandstärke benutzen. Das Erstarren der Masse und die Erhärtung des Gußstückes wird noch befördert, wenn die Form aus einem Wasser anziehenden Stoff besteht. Der Wassergehalt der Gußmasse ist nicht größer als der der sonst üblichen Formmasse für den Handstrich, deshalb ist auch die Schwindung des Gußstückes die gleiche. Die Einfachheit des Gießverfahrens bietet große Vorteile bei der Herstellung schwierig herzustellender Formstücke, sowohl durch die bedeutende Ersparnis an gelernten Arbeitern wie durch die Erzeugung der Gußstücke in sauberer Ausführung und mit vorzüglich dichtem und gleichmäßigem Gefüge.

Zur Ausführung des Weberschen Gießverfahrens dient die folgende Anlage. Die gemahlene Rohstoffe, Schamotte und Ton, werden in für jeden Guß abgemessenen Mengen den Sammelkästen entnommen und in einen wagerecht liegenden Gemengekasten gefüllt. Hier werden sie durch eine Schnecke gemischt, und die fertige Mischung wird vom Auslauf des Kastens einem Becherwerke zugeführt, welches sie in gleichmäßigen Mengen in den auf einer Bühne erhöht aufgestellten, mit einem

Rührwerk versehenen Mischkessel hebt. Ein seitlich über dem Mischkessel aufgestelltes Gefäß enthält die wäßrige Lösung der zur Verflüssigung der Schamottemischung dienenden Alkalien, von Dr. Weber „Rhyolin“ genannt, in der für einen Arbeitsgang nötigen Menge. Die Anlage wird durch einen Elektromotor bewegt, welcher für eine Mischung 16 bis 17 Ampere bei 110 Volt gebraucht. Unter dem Auslauf des Mischkessels befindet sich ein zweites kleineres Gefäß ebenfalls mit einem

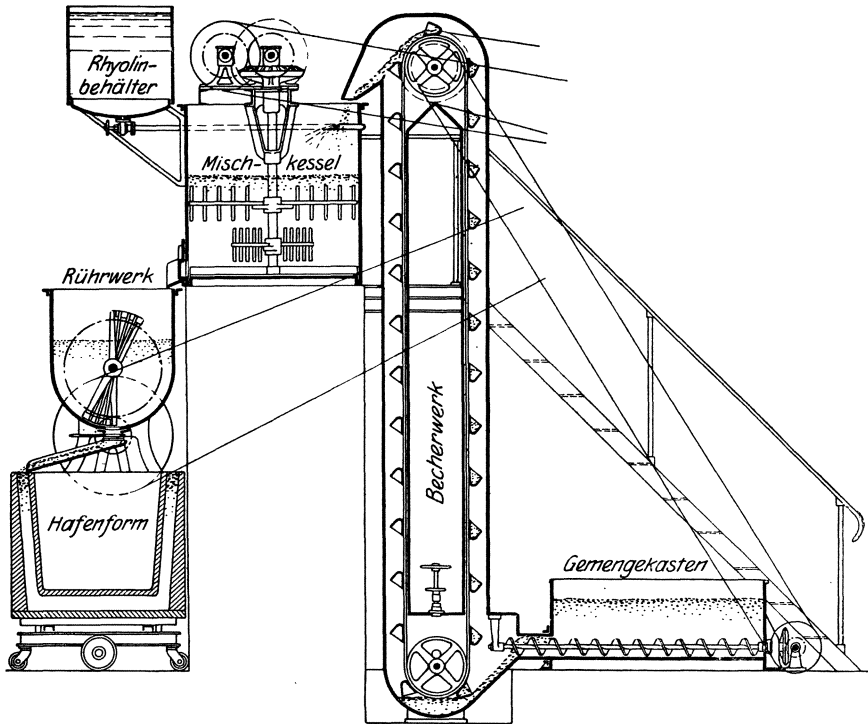


Abb. 16. Anlage zur Ausführung des Weberschen Gießverfahrens.

Rührwerk, durch welches die flüssige Gußmasse noch während des Gießens in Bewegung gehalten und diese der Form zugeführt wird: die Gießvorrichtung. Darunter wird die auf einem niedrigen Wagen stehende Form gestellt. Dieselbe besteht aus einer Gußform, in welche der ebenfalls aus Gips gegossene Kern eingehängt und unbeweglich festgestellt ist. Die ganze Anlage wird von nur einem Arbeiter bedient. Er setzt sie durch Einschalten des Motors in Bewegung und füllt die Rohstoffe in den Gemengekasten. Mit dem Eintritt in den Mischkasten wird der Rhyolinzufluß zu diesem geöffnet, die weitere Mischung und die

Verflüssigung der Masse vollzieht sich unter der Wirkung des Rührwassers selbsttätig. Unterdessen stellt der Arbeiter die Form zusammen und bringt sie an ihren Platz. Nachdem die Mischung und Verflüssigung im Mischkessel beendet ist, wovon man sich durch Entnahme einer Probe überzeugt, wird der Auslauf des Kessels geöffnet, und die Masse fließt durch die Gießvorrichtung in die darunter stehende Form ab. Die gefüllte Form wird nach dem Trockenraum abgefahren, und damit ist der Guß beendet.

Zur Herstellung eines Hafens für 200 bis 225 kg Glasinhalt ist höchstens 1 Stunde Arbeitszeit erforderlich.

Nach dem Guß eines Hafens bleibt die gefüllte Form 24 Stunden lang ruhig stehen. Danach ist der Hafen so weit verfestigt, daß der Kern herausgehoben werden kann. Nach weiteren 24 Stunden wird die Außenform entfernt und der obere Gußrand geglättet. Der Hafen bedarf hierauf keiner weiteren Nacharbeit, er ist vollständig fertig und muß nur noch vor seiner Verwendung im Glasofen genügend und langsam getrocknet werden.

Von besonderer Wichtigkeit bei dieser Herstellungsweise ist es, daß die zur Verflüssigung der Rohstoffmischung erforderlichen Alkalien nicht in die Masse übergehen und dadurch den Schmelzpunkt derselben herabsetzen. Einmal ist der Zusatz der Alkalien ein sehr geringer und beträgt nur 0,5 bis höchstens 1% der Formmasse. Dann aber bleibt der größte Teil dieser Alkalien in Lösung und geht mit dem Wasser in die Gipsform, an deren Außenseite man ihr schließliches Ausscheiden aus dem verdunstenden Wasser deutlich beobachten kann.

Das Webersche Gießverfahren arbeitet außerordentlich einfach und schnell. Die Gußstücke sind im Gefüge viel gleichmäßiger und dichter als von Hand geformte. Infolgedessen sind sie auch etwas schwerer. Sie widerstehen den großen Wärmeunterschieden, denen die Glashäfen und Schmelztiegel im Ofenbetriebe ausgesetzt sind, bedeutend besser als die handgeformten, die hier häufig auftretenden Längsrisse kommen bei ihnen nicht vor. Es ist festgestellt, daß die gegossenen Glashäfen unter den gleichen Verhältnissen eine um  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{4}$  längere Lebensdauer besaßen als handgeformte.

Die Vorzüge des Weberschen Gießverfahrens D. R. P. Nr. 158 496 und 224 098 bestehen in folgendem:

Die ganze Anlage arbeitet selbsttätig, sorgfältig und schnell. Die Vorbereitung der Formmasse durch Sumpfen, Kneten, Mauken fällt fort, ebenso die ganze Zeit und Kräfte beanspruchende und niemals genau gleichmäßig auszuübende Arbeit der Handformerei. Das Verfahren erfordert keine besonders geschulten Arbeitskräfte und nur die denkbar geringste Arbeiterzahl, es macht den Betrieb unabhängig von der Geschicklichkeit, besonders aber auch von den persönlichen Nei-

gungen und Stimmungen der Handformer, von denen jeder Glashüttenmann ein langes Lied zu singen weiß. Zwei besondere Nachteile der Handformerei werden vollständig vermieden. Jede zum Durchkneten der Formmasse benutzte Maschine arbeitet dabei Luft in die Masse hinein. Die in den Glashütten vielfach dazu benutzte Pfeilerersche Mischmaschine, welche dem Bäcker einen vorzüglich mit Luft durchsetzten, lockeren Teig liefert, arbeitet die Luft ganz besonders in die Schamottemasse hinein. Ihre Mischflügel zerreißen die Masse immer von neuem, und die Luft kann sich fest in die rauhe zerklüftete Masse hineinsetzen. Mehr oder weniger stark geschieht dies auch bei jedem anderen stehenden oder liegenden Tonkneter. Beim Pressen und Schlagen der Formmasse wird die Luft nicht ausgetrieben, sondern sie erzeugt kleine Hohlräume, die sog. Luftrisse, welche die Porosität des fertigen Erzeugnisses verursachen. Andere Lufteinschlüsse entstehen bei der Handformerei größerer Formstücke. Hier wird die in die Form eingeschlagene Masse oberflächlich aufgeraut, um mit den nachfolgenden aufgeworfenen Masseklumpen innig verbunden zu werden. Dabei werden wieder Lufteilchen eingeschlossen. Sobald nun der so hergestellte Stein oder Glashafen mit den schmelzenden Massen in Berührung kommt und seine festere Außenseite angegriffen ist, dringen die schmelzenden Massen in die Luftrisse ein und lösen deren Wandungen auf, der Riß erweitert sich allmählich, es tritt die Verbindung mit den benachbarten ein, und das Gefüge der Steine wird allmählich gelockert und zerstört. Die Luftrisse sind bei der Handformerei nicht zu vermeiden, durch späteres Nachschlagen oder Nachpressen wird die elastische Luft nur von ihrem Platze verdrängt und der Luftriß dadurch noch erweitert. Das Gießverfahren dagegen erzeugt ein luftfreies und deshalb porenfreies, gleichmäßig dichtes Gefüge, weil durch das Rührwerk während der Mischung und Verflüssigung der Masse sämtliche darin enthaltene Luft entfernt wird. Schließlich erfordert die Anlage nur geringe Anschaffungs- und Betriebskosten, welche sich durch das schnellere Arbeiten und die vielen Vorzüge der Erzeugnisse gegenüber den durch Handarbeit hergestellten sehr bald bezahlt machen.

Abgesehen von den Glashütten und der feuerfesten Industrie des Auslandes hat das Webersche Gießverfahren in der deutschen noch nicht die ihm gebührende Beachtung gefunden. Es ist nicht nur zur Herstellung von Glashäfen, Tiegeln, Muffeln und Gasretorten anwendbar, sondern überall dort, wo es sich um die regelmäßige Herstellung gleichmäßig geformter Schamottesteine in größerer Menge handelt, z. B. von Streckplatten, Wannenblöcken, Hochofensteinen und ähnlichen größeren Werkstücken, bei denen es neben einer sauberen Form auf ein möglichst dichtes und festes Gefüge ankommt. Die Ausführbarkeit des Weberschen Gießverfahrens ist nicht auf reine Schamottemischungen be-

schränkt, sondern auch andere Stoffe, wie Quarz, Magnesit, Graphit, wenn sie nur genügend fein gemahlen sind, können durch einen geringen Zusatz von Alkalien mit wenig Wasser in gießbare Massen verwandelt werden. Es ist deshalb leicht möglich, daß dieses Verfahren eine ausgedehnte Verwendung in den verschiedenen Zweigen der feuerfesten Industrie finden wird. Es kann nach vorheriger Anmeldung in den Glashüttenwerken von Aug. Leonhardi in Schwepnitz, Sachsen, be- sichtigt werden. Herr Dr. Weber stellt in jedem einzelnen Falle durch eingehende Untersuchungen fest, ob sich ein Rohstoff oder eine Mischung mehrerer für die Ausführung des Verfahrens eignet, und welche Zusatz- menge von Rhyolin-Alkalien zur Verflüssigung erforderlich ist.

Die kleinen Geräte aus feuerfester Masse, welche in der Porzellan- industrie zwischen die einzelnen zu brennenden Gegenstände gehängt oder gestellt werden, die sog. Schmetterlinge, Hahnenfüße, Fingerhüte, Sechsspitze u. a., sowie die in der Elektrotechnik gebrauchten Geräte werden in metallenen Formen unter Hebelpressen hergestellt.

Kleinere Muffeln und Kapseln zum Brennen von Porzellan und Steingut werden je nach ihrer Form entweder von Hand auf der Töpfer- scheinbe oder über einer Holzform oder durch Pressen mit Spindel- bzw. hydraulischen Pressen geformt.

## H. Das Trocknen.

Die Trockenräume müssen warm und gut lüftbar sein, doch sind die Steine vor Zugluft zu bewahren, weil sie in derselben leicht reißen, auch müssen sie langsam und gleichmäßig trocknen.

Zum Erwärmen benutzt man vorteilhaft die strahlende Wärme einer unter dem Trockenraum liegenden Ofenanlage, anderenfalls muß dieser im Winter durch eine Dampfheizung erwärmt werden, oder man saugt die heiße Luft durch Exhaustoren aus den abkühlenden Brennöfen und führt sie durch Rohrleitungen in die Trockenräume.

Gewöhnlich trocknet man die Steine im Formraum, der so eingerich- tet ist, daß die Arbeitstische der Former an der einen Längsseite stehen und die Steine von hier in daneben befindliche Trockengestelle abgelegt werden können. Auf der anderen Seite läßt man einen genügend breiten Gang frei, auf dem die Steine, welche nicht sofort zum Brennen nach den Öfen gebracht werden können, aus den Gestellen ausgerüstet und aufgestapelt werden können. Jeder Former muß so viel Platz in den Gestellen zur Verfügung haben, daß er darin die Erzeugung von 8 bis 10 Tagen ablegen kann, und das Umsetzen der Steine, das stets mit Verlusten oder Beschädigungen verbunden ist, nach Möglichkeit ein- geschränkt oder ganz vermieden wird.

Bei dieser Anordnung der Trockengestelle, die aus den Ziegelei- betrieben allgemein bekannt ist und deshalb nicht genauer beschrieben



werden braucht, geht durch die Gänge zwischen den einzelnen Gerüsten viel Platz verloren, und die Trockenanlage wird ungenügend ausgenutzt. Sie ist deshalb nur zum Trocknen mittelgroßer Steine, z. B. von Kuppelofensteinen, oder von kleineren Formsteinen angebracht, bei denen der Trockenvorgang besonders überwacht und die Steine während desselben gewendet werden müssen. Wenn es sich dagegen um das Trocknen kleiner Steine in gewöhnlichen Maßen, Normalformatsteinen und ähnlichen, handelt, welche regelmäßig und in größeren Mengen angefertigt werden, dann ist die Einrichtung der Trockenanlage zu empfehlen, wie sie in dem Abschnitt über die Quarzkalksteine auf S. 48 beschrieben ist, die mit Drehgestellen und Ziegelwagen mit selbsttätiger Ablegevorrichtung zur Beförderung der Steine nach den Trockengerüsten und von hier nach den Öfen arbeitet.

Wenn diese Steine im Erdgeschoß auf der Drehtischpresse geformt und nach einem darüber befindlichen Trockenraum gebracht werden sollen, dann ist auch folgende Beförderungseinrichtung zu empfehlen. In der Nähe der Presse befindet sich ein Hebewerk, ähnlich einem Elevator gebaut, über dessen Scheiben zwei endlose Ketten laufen. In regelmäßigen Abständen voneinander sind an 2 gleich hohen Kettengliedern kurze, wagerecht hervorstehende, Arme angebracht. Die auf der Presse geformten Steine werden auf Unterlagsbretter oder -bleche abgelegt, deren Länge der Weite der Trockengerüste entspricht. Nachdem eine Unterlage gefüllt ist, legt sie der Arbeiter auf die Arme des Hebewerkes. Nachdem diese bis zu bequem erreichbarer Höhe belegt sind, werden sie durch Einschalten eines elektrischen Antriebes so weit gehoben, daß die darunter befindlichen Arme belegt werden können. Die im oberen Trockenraume angelangten Steine werden hier durch Ziegelwagen mit selbsttätiger Ablegevorrichtung von dem Hebewerke abgehoben und in die Trockengerüste abgefahren. Da diese Wagen nicht auch zum Befördern der Steine nach den Öfen benutzt werden, sind sie in ihrer Höhe nur durch die Höhe der Trockengerüste beschränkt und so eingerichtet, daß sie auf einmal 12 und mehr Steinlagen befördern können. In dieser Weise werden die Trockengerüste von der einen Längsseite des Raumes aus gefüllt und in umgekehrter Arbeitsweise von der anderen Seite aus entleert, nachdem die Steine getrocknet sind. Die Trockenanlage befindet sich im oberen Stockwerke des Ofenhauses, das Hebewerk steht an der einen Kopfseite desselben. Zur Beförderung der getrockneten Steine nach den Öfen befindet sich am anderen Ende des Trockenraumes dieselbe, hier aber als Senkwerk wirkende, Einrichtung. Die so im unteren Raume des Ofenhauses angelangten Steine werden hier durch in der Höhe den Ofentüren angepaßte, selbsttätig wirkende Ziegelwagen von dem Senkwerke abgehoben und bis in die zu besetzende Ofenkammer gefahren. Diese Arbeitsweise wird mit der geringst mög-

lichen Arbeiterzahl ausgeführt, und sie hat wieder den Vorzug, daß die Steine von dem Augenblicke ab, wo sie von der Presse abgenommen werden, bis zum Einsetzen im Ofen nicht mehr berührt werden brauchen.

Größere Steine, die nicht in Trockengerüsten untergebracht werden können, werden auf dem Fußboden getrocknet, und die hierfür bestimmten Formräume müssen eine genügend große Bodenfläche besitzen.

Je nach der Größe der Steine und der Wärme des Trockenraumes schwankt die zum Trocknen nötige Zeit von wenigen Tagen bis zu mehreren Wochen. Größere Steine müssen in der Zeit regelmäßig gewendet werden, wobei man sie, um dabei die Kanten nicht zu beschädigen, auf einer weichen Unterlage von Stroh oder Sand wendet und während des Wendens, um das Durchbrechen zu verhindern, mit einem Brett stützt.

### J. Das Brennen.

Nachdem das hygroskopische Wasser durch Trocknen aus den Steinen entfernt ist, sind sie genügend erhärtet und können zum Brennen nach den Öfen gebracht werden. Man bedient sich hierzu der Ziegelwagen mit selbsttätiger Ablegevorrichtung oder gewöhnlicher Handwagen, welche an den Stirnseiten und am Boden mit Brettern ausgeschlagen sind. Um die gegenseitige Reibung bei der Beförderung zu verhindern, legt man Filzdecken zwischen die einzelnen Lagen der Steine. Aus den oberen Formräumen nach der Ofensohle werden die Wagen durch Senkwerke befördert, welche mit Bremswerk versehen und am besten so eingerichtet sind, daß der heruntergehende beladene Wagen die Schale mit dem leeren hebt. Jedes harte Aufstoßen der heruntergehenden Schale auf den Boden des Senkwerkes muß sorgfältig vermieden werden. Von hier führt man die Wagen auf Schmalspurgeleisen oder auf Güntherschen Flachdielen bis in die Brennöfen.

Die Bauart der Öfen ist sehr verschieden. Für die Wahl derselben werden in erster Linie die Anlagekosten und ein möglichst niedriger Kohlenverbrauch maßgebend sein. Die Anlagekosten hängen natürlich von der Größe des Inhaltes und davon ab, ob die Bauausführung eines Ofens einfach oder verwickelt ist. Bei den Angaben über den Kohlenverbrauch eines Ofens hat man stets festzustellen, welchen Heizwert die dabei benutzte Kohle besitzt und bei welchem Segerkegel die Garbrandwärme erzielt wurde. Alle Angaben, welche hierüber keine Auskunft enthalten, sind wertlos und können leicht zu Irrtümern führen. Ferner ist bei der Wahl einer Ofenart zu beachten, ob sie viel oder wenig Ausbesserungen erfordert, denn es kann leicht der Fall sein, daß ein Ofen mit einem verhältnismäßig niedrigen Kohlenverbrauch sehr hohe laufende Ausgaben für Erneuerung der Roststäbe, Heizschächte, Heizwände oder sonstige Erneuerungen erfordert, und der Betrieb sich dadurch bedeutend teurer stellt als der eines anderen, welcher mit

einem höheren Kohlenverbrauch arbeitet, aber wenig andere Unkosten verursacht. Je einfacher die Bauart eines Ofens ist, um so wirtschaftlicher wird derselbe arbeiten.

Man unterscheidet die Öfen in einzelstehende Öfen mit Rost- oder Gasfeuerung, welche entweder zeitweise arbeiten oder so miteinander verbunden sind, daß sie einen ununterbrochenen Betrieb ermöglichen, ferner in Ringöfen mit einem einfachen Brennkanal und Schüttfeuerung von oben auf Heizschächte oder Heizwände oder mit Gasfeuerung, und in Kammerringöfen mit feststehenden Kammern, die durch Schüttfeuerungen auf feste Heizwände und Roste von oben oder durch Rostfeuerungen von der Seite oder durch in die Kammern geführtes Gas befeuert werden.

Ein in gleicher Weise für das Brennen von Schamotte- und Quarzalksteinen geeignetes Ofensystem, bestehend aus einzelstehenden Öfen mit Halbgasfeuerung und vollständiger Ausnutzung der Abhitze zum Vorwärmen der einzelnen Öfen, bei welchem sowohl jeder Ofen für sich benutzt werden als auch eine größere Zahl zu einer zeitweise ununterbrochen arbeitenden Anlage miteinander verbunden werden kann, ist auf S. 48 bis 50 eingehend beschrieben.

Der Grundriß der Öfen kann eine runde, quadratische oder rechteckige Form haben; in Öfen mit rundem Grundriß läßt sich die gleichmäßige Verteilung der Feuergase am besten erzielen. Der Inhalt der Öfen kann für einen Einsatz von 30 bis 100 t gewählt werden.

Bei einer derartigen Ofenanlage wurde eine Steinkohle mit 6500 Wärmeeinheiten benutzt und der Garbrand bei Segerkegel 9 erreicht. Im Jahresdurchschnitt stellte sich der Kohlenverbrauch bei dem ersten nicht vorgewärmten Ofen auf 21,2% des Gewichtes der gebrannten Steine, dagegen beim folgenden, mit der Abhitze des ersten vorgewärmten Ofen auf 12,15% und beim nächsten auf 11,1%, womit ein Ergebnis erreicht wurde, welches das der besten Gaskammeröfen übertrifft. Das Ausbringen der 3 Öfen betrug im Jahresdurchschnitt 30,3, 39,1 und 37,6 t Schamottesteine je Brand, Ausbesserungen waren in nur unbedeutendem Maße erforderlich.

Es hat keine Schwierigkeiten, auch eine derartige Ofenanlage mit einem Gaserzeuger zu verbinden, sie dann mit Gasfeuerung zu brennen und so die Vorteile des Gaskammerofens auf die einzelstehenden Öfen zu übertragen.

In einem gewöhnlichen Ringofen muß man die Kammern durch Schieberpapier oder Heizwände abteilen und in der Kammer selbst die nötige Zahl von Heizschächten für die Schüttfeuerung aufstellen. Die Steine für die Heizschächte müssen nach jedem Brande erneuert werden, die Heizschächte selbst nehmen viel Platz in Anspruch, und die Heizgase werden durch die mangelhafte Zugführung selten gut aus-

genutzt, weshalb sich die Benutzung eines solchen Ofens für die Zwecke der feuerfesten Industrie selten empfehlen dürfte.

Den gewöhnlichen Ringofen mit einfachem Brennkanal kann man leicht für den Betrieb mit Gasfeuerung einrichten. Er braucht zu diesem Zweck nur mit den zur Zuführung des Gases erforderlichen Kanälen versehen werden. Wegen der geringeren Anlagekosten und der einfacheren Bedienung geschieht das in der Weise, daß man diese Zuleitungskanäle unter die Ofensohle legt. Der Hauptzuführungskanal läuft an der Außenseite des Ofens um diesen herum. Von ihm aus werden so viele Zweigkanäle unter die Sohle der einzelnen Ofenkammern geführt, wie der gewöhnliche Ringofen sonst Heizschächte oder Schüttreihen enthält. Die Zweigkanäle sind mit dem Hauptgaskanal durch regelbare Ventile, mit der Brennkammer durch freie Öffnungen in der Ofensohle, verbunden. Auf diese Öffnungen werden sog. Gaspfeifen oder Brenner aufgesetzt. Dieselben bestehen aus je rd. 50 cm hohen und rd. 15 cm weiten Schamotterröhren, welche an zwei gegenüberliegenden Seiten mit Abständen von rd. 5 cm mit Löchern zum Austritt des Gases versehen sind. Die einzelnen Röhren werden bis zur Höhe von 20 bis 25 cm unterhalb des Gewölbes so aufeinandergesetzt, daß die Gase in der Querrichtung des Ofenkanales austreten; die Fugen werden mit Ton abgedichtet und das obere Ende der Pfeife mit einem Deckel verschlossen. Die Röhren kann man sich im Betriebe selbst herstellen; sie werden beim ersten Male ungebrannt in den Ofen eingesetzt und können wiederholt benutzt werden. Nachdem sie unbrauchbar geworden sind, finden sie als Schamotte Verwendung. Die einzelnen Ofenkammern werden durch Papierschieber voneinander abgeschlossen. Der Ofenbetrieb entspricht dem des im Abschnitt „Quarzkalksteine“ beschriebenen Gaskammerofens. Die Kammern vor dem Feuer werden durch die Abhitze der im Feuer stehenden Kammer vorgewärmt, die Gase der abzubrennenden Kammer entzünden sich an dem hier bereits glühenden Einsatze, und die Verbrennungsluft wird ihnen von den abgebrannten Kammern her zugeführt. Die nicht mehr nutzbaren Verbrennungsgase werden durch die Abzugsöffnungen im Gewölbe durch das Überführungsrohr der an den Rauchsammler angeschlossenen Kammer nach dem Kamin abgeleitet.

Mit dieser Einrichtung lassen sich vorhandene Ringöfen mit Schüttfeuerung ohne große Schwierigkeiten und verhältnismäßig geringen Kosten in solche mit Gasfeuerung umbauen, was für viele keramische Betriebe mit Rücksicht auf die jetzigen Verhältnisse von Wichtigkeit ist. Die vorteilhafteste Ausnützung sonst sogar geringwertigerer Brennstoffe, wie Rohbraunkohle und Torf, für die Erzeugung einer reinen aschenfreien Flamme von genügend hohen Wärmegraden ist damit möglich, nachdem die Vergasung dieser Brennstoffe sich bereits sogar für

die Öfen der Stahlwerksbetriebe mit ihren sehr hohen Anforderungen bewährt hat.

Mehr im Gebrauch sind Kammerringöfen mit feststehenden Kammern, bei denen die Brennstoffe entweder von oben durch Heizlöcher aufgegeben werden und sich auf darunterliegenden Rosten verteilen oder die mit Treppen- und Planrost von außen befeuert werden. Die Größe der einzelnen Kammern kann hier nur in engen Grenzen gehalten werden, weil die Feuer nur einseitig wirken, und wenn derartige Öfen auch mit einem verhältnismäßig niedrigen Kohlenverbrauch arbeiten, stellen sie sich doch schon in der Anlage teuer, erfordern häufige Ausbesserungen und einen sehr hohen Verbrauch an Roststäben, daß dadurch die Vorteile des geringeren Kohlenverbrauches wohl meistens wieder ausgeglichen werden.

Bei der Wahl eines Kammerringofens wird es sich deshalb stets empfehlen gleichzeitig eine Gaserzeugeranlage vorzusehen und den Ofen ausschließlich mit Gasfeuerung zu betreiben. Die bekannteste derartige Ausführung, welche sich allgemein zum Brennen von Schamottesteinen bewährt hat, ist die des Mendheimschen Gasofens, dessen genaue Beschreibung in dem Buche von E. Schmatolla, Die „Brennöfen“, zu finden ist, und der eine vollständige Ausnutzung sowie die Verwendung geringwertiger Brennmaterialien ermöglicht. Auch bei diesem Ofen betrug bei Verwendung einer Steinkohle von 6500 Wärmeeinheiten und dem Garbrande bei Segerkegel 9 der durchschnittliche Kohlenverbrauch einer Fabrik in drei Jahren 17 bis 18,5%, während es auf einer anderen gelang, bei einem sog. halben Gasofen mit nur 9 Kammern und unmittelbarer Befuerung der ersten durch Rostfeuer unter sonst gleichen Verhältnissen bei sorgfältigster Betriebsführung den Kohlenverbrauch bis auf 14% zu erniedrigen, und es sind demnach mit einzelstehenden Öfen günstigere Kohlenverbrauchsergebnisse erzielt worden. Auch erfordert die Anlage eines größeren Gaskammerofens stets eine bedeutende Geldausgabe und von Anfang an die Höhe einer bestimmten Erzeugung, wogegen einzelstehende Öfen mit einem verhältnismäßig geringeren Kostenaufwande hergestellt werden und ihre Zahl zu jeder Zeit mit der wachsenden Erzeugung vergrößert werden kann. Auch ist zu beachten, daß die Steine vor und nach dem Brande wegen der auf die anderen Kammern zu nehmenden Rücksichten länger in der Kammer des Ringofens verbleiben müssen als in einzelstehenden Öfen, und daß man im Betriebe mit letzteren in oft vorkommenden eiligen Fällen in der Lage ist, einen Ofen schnell ins Feuer zu nehmen und ihn wenige Tage nach dem Garbrande wieder auszufahren, was bei einem Ringofenbetriebe nicht in gleich kurzer Zeit möglich ist. Deshalb eignet sich der Betrieb eines Ringofens hauptsächlich zum Brennen solcher Steine, welche für regelmäßige Lieferungen in bestimmten Mengen und Sorten für das

Lager und den regelmäßigen Versand hergestellt werden, oder für solche Aufträge, welche in gleichmäßiger Reihenfolge und in nicht zu kurzer Zeit zur Ausführung gelangen können, und es wird stets vorteilhaft sein, daneben einige zeitweise arbeitende Einzelöfen zur Verfügung zu haben.

Angaben über den Kohlenverbrauch der einzelnen Ofenarten müssen stets mit großer Vorsicht aufgenommen werden. Ich habe nur solche Zahlen angeführt, welche ich im eigenen Betriebe mit zuverlässigen Meistern und sorgfältigster Nachprüfung festgestellt habe. In einer mir bekannten Fabrik stellte es sich heraus, daß der Betriebsleiter monatelang durch den Ofenmeister, welcher sich durch einen niedrigen Brennstoffverbrauch beliebt machen wollte, getäuscht war, indem dieser zwei verschiedene Ofenbücher geführt hatte, eins mit dem wirklichen und das andere, der Fabrikleitung vorgelegte, mit einem um mehrere Prozent niedriger angesetzten Verbrauche. Allmählich stimmten die monatlichen Verbrauchszahlen immer weniger mit den buchmäßigen Vorräten überein, und der Betrug wurde schließlich durch besondere Überwachung des Meisters aufgedeckt. Ich habe im Laufe vieler Jahre feststellen können, daß ein Gaskammerofen bei Verwendung einer Kohle mit rd. 6500 Wärmeeinheiten und einer Garbrandwärme = Segerkegel 9 kaum weniger als 18% Kohlen verbraucht.

Es ist stets ein Fehler, wenn Quarzkalksteine mit Schamottesteinen gemeinschaftlich gebrannt werden. Schamottesteine werden im allgemeinen bei einer Brennwärme von Segerkegel 9 bis 12 gebrannt, während Quarzkalksteine eine Brennwärme von Kegel 17 bis 18 zum Garbrand erfordern. Wird ein Ofen mit größeren Mengen beider Sorten besetzt, so wird es nie möglich sein, die richtige Garbrandwärme an bestimmten Stellen des Ofens dem Einsatz entsprechend zu erzielen, und man erhält entweder die einen Steine zu schwach oder die anderen zu scharf gebrannt. Dagegen besetzt man in einem ausschließlich zum Brennen von Quarzkalksteinen bestimmten Ofen, wenn man nicht genügende Mengen von zweiter Güte vorrätig hat, die untersten Lagen mit Schamottesteinen, weil die Flamme hier nicht mehr die volle Kraft besitzt, um Quarzkalksteine erster Güte genügend scharf zu brennen.

Das Einsetzen der Steine in die Öfen geschieht in der gleichen Weise, wie es für Quarzkalksteine auf S. 72 beschrieben ist. Auf 1 cbm Ofenraum rechnet man 390 Normalformatsteine von je 3,6 kg = rd. 1400 kg Gesamtgewicht. Von Formsteinen gehen durchschnittlich 1000 kg, Formsteine und Hohlwaren (Röhren) gemischt 750 kg, auf 1 cbm Ofenraum. 3 Gasretorten NP. I beanspruchen 1 qm Bodenfläche.

Das Brennen der Steine ist verschieden, je nachdem die Öfen mit Rostfeuerungen versehen sind oder mit Generatorgas befeuert werden.

Nachdem bei den Öfen mit Rostfeuerung die Feuerungen gereinigt sind, werden die Roststäbe aus 40 mm starkem Vierkanteisen mit Ab-

ständen von rd. 30 mm voneinander auf die Rostbalken gelegt und darauf ein schwaches Feuer entzündet. In den ersten 5 bis 6 Stunden bleiben die Feuerungen und die Öffnungen in der Decke des Ofens geöffnet. Ist das Vorfeuer genügend lange unterhalten und die Wärme im Ofen auf dunkle Rotglut gestiegen, dann schließt man die Öffnungen in dem Deckengewölbe, füllt die Feuerungen auf und schürt nun stärker, so daß der Ofen in 5 bis 6 Stunden in Vollfeuer kommt.

Dem geübten Auge sind folgende Wärmegrade leicht erkennbar:

beginnendes Glühen . . . . .	rd. 525° C
Dunkelrotglut . . . . .	„ 700° C
Kirschrotglut . . . . .	rd. 800—900° C
helles Glühen . . . . .	rd. 1200° C
Weißglühen . . . . .	„ 1300° C
starke Weißglut . . . . .	„ 1400° C
blendende Weißglut . . . . .	rd. 1500—1600° C

Man schürt in kürzeren Zwischenräumen und bei Öfen mit rechteckigem Grundriß stets gleichzeitig zwei sich nicht gegenüberliegende Feuerungen. Bevor der Ofen in Weißglut kommt, reinigt man den Rost von Schlacken und durchfährt die Kohlen häufiger mit dem Schüreisen. Nach rd. 12 Stunden langem Vollfeuer pflegt der erste Kegel zu schmelzen, und nach einer weiteren Stunde fallen die beiden anderen. Während dieser letzten Zeit muß sehr stark geschürt werden, und man vermeidet das Reinigen des Rostes in den letzten Stunden, damit das Eintreten von kalter Luft in den Ofen dabei vermieden wird.

Für das Anwärmen und das Vorfeuer aller mit Schamottesteinen besetzten Öfen und Ofenkammern sind die von Mellor (s. S. 89ff.) gegebenen Anweisungen sorgfältig zu beachten. Die Ofenwärme ist danach langsam und gleichmäßig ansteigend bis auf rd. 900° C zu treiben. Wenn dieser Wärmegrad erreicht ist, kann die Ofenwärme schnell bis auf die des Garbrandes gesteigert werden. Während die Quarzkalksteine schnell ins Vollfeuer gebracht werden können, danach aber sehr allmählich abkühlen müssen, ist der Ofenbetrieb zum Brennen der Schamottesteine gerade umgekehrt: langsames Vorfeuer und schnelles Abkühlen.

Der in den grau und dunkler gefärbten Tönen stets enthaltene Kohlenstoff, welcher von organischen Beimengungen her stammt, verbrennt, während die Ofenwärme von 600° auf 900° C steigt. Mellor bezeichnet diesen Zeitabschnitt als die Oxydationsdauer. Wenn der Kohlenstoff nicht verbrannt ist, bevor der Garbrand der Steine eintritt, dann erhält das Innere des Steines einen schwärzlichen Kern. Die chemische Untersuchung zeigt, daß der Kern dieselbe Zusammensetzung wie der übrige Stein besitzt, er enthält nur noch etwas Eisen mit oder ohne freien Kohlenstoff. Infolge davon zeigt der dunkle Kern

oft Schmelzerscheinungen, während der übrige Stein unverändert geblieben ist. In ungünstigen Fällen kann der Kern schmelzen und anschwellen, wodurch sich der Stein aufbläht und berstet. In besonders ungünstigen Fällen kann der Kern so blasig werden, daß der Stein im Wasser schwimmt. Wenn der Sauerstoff der Verbrennungsluft während der Oxydationsdauer nicht genügend lange einwirken kann, weil der Schürer während derselben zu scharf feuert und die Ofenwärme zu schnell steigert, bildet sich der schwärzliche Kern in solchen Steinen, deren Ton einen höheren Gehalt an organischen Beimengungen besitzt, die dann nicht die genügende Zeit zum Verbrennen finden, während in der höheren Wärme bereits eine geringe Erweichung der Steinmasse, die Brennschwindung eintritt, wodurch das Äußere des Steines verdichtet und die oxydierende Wirkung auf sein Inneres verhindert wird. Auch aus diesem Grunde ist die langsame Steigerung der Ofenwärme bis auf rd. 900° C erforderlich.

Während der Ofen im Feuer steht, sind bei dem nächsten und unter Umständen auch noch bei dem dritten, die natürlich vorher besetzt sein müssen, die Feuerungen und die Aschenfalle durch Eisenbleche oder leichtes Mauerwerk nach außen dicht abgeschlossen. Bei dem ersten und zweiten Ofen sind die Schieber nach dem Kaminkanal geschlossen, die Schieber zur Überleitung der Abhitze geöffnet, und die Heizgase des ersten Ofens durchziehen nun den zweiten bzw. auch noch den dritten Ofen, um hier den Einsatz anzuwärmen, ehe sie durch entsprechende Schieberstellung nach dem Kamin abgeführt werden. Will man dagegen einen Ofen für sich allein abbrennen, so schließt man den Übergangskanal nach dem nächsten Ofen ab, öffnet den Schieber zum Kamin kanal, und die Heizgase ziehen nun unmittelbar nach dem Kamin.

Im ersteren Falle ist während des Garbrennens des ersten Ofens der folgende auf dunkle oder helle Rotglut vorgewärmt; nach Beendigung des Garbrandes im ersten Ofen öffnet man die Feuerungen und Aschenfalle des folgenden und bringt das Feuer auf die Roste. Derselbe braucht hier nur noch 2 bis 3 Stunden langsam geschürt werden, danach kann man sofort zum Vollfeuer übergehen und den Ofen wie den vorhergehenden garbrennen.

Nach dem Abbrennen eines Ofens bzw. einer Ofenkammer des Ringofens schließt man eine halbe Stunde später sämtliche Abzugsschieber und öffnet sie erst wieder nach einigen Stunden. Man nennt dies das „Drücken“ des Ofens und erzielt dadurch eine gleichmäßige Verteilung der Wärme in demselben, wodurch manche noch nicht genügend gebrannten Teile des Einsatzes vollständig gargebrannt werden.

Nachdem der zweite Ofen gargebrannt ist, werden bei dem ersten die Feuerungen und Türen allmählich geöffnet. Nach mehreren Stunden öffnet man zur Erzielung eines lebhafteren Luftzuges und dadurch



beschleunigten Abkühlens die Öffnungen in dem Deckengewölbe des Ofens und kann den Einsatz nach genügend weit vorgeschrittener Abkühlung ausfahren.

Die Gaskammeröfen zerfallen in Öfen mit beschränkter Kammerzahl und solche mit einer größeren Zahl der Kammern für einen ununterbrochenen Ringofenbetrieb. Die ersteren bilden gewissermaßen nur einen halben Ringofen, dessen erste Kammer jedesmal durch eine besondere Rostfeuerung befeuert werden muß, während die letzteren ausschließlich von einer Gaserzeugeranlage aus mit Gasfeuerung in kontinuierlichem Betrieb gehalten werden.

Der Gaserzeuger (s. S. 52) besteht meistens aus zwei nebeneinander liegenden Feuerungsanlagen, doch ist es stets vorteilhaft, daneben eine dritte als Ersatz verfügbar zu haben, damit der Ofenbetrieb nicht durch vorkommende Ausbesserungsarbeiten gestört wird.

Bei den Gaskammeröfen mit beschränkter Kammerzahl befinden sich an der äußeren Längsseite der ersten Kammer die Planrostfeuerungen, von denen aus der Ofen durch ein Kohlenfeuer in Betrieb gesetzt wird. Bevor dies geschieht, müssen die ersten 3 Kammern mit Steinen besetzt und die dritte Kammer muß mit dem Kaminkanal verbunden sein. Das Vorfeuer der ersten Kammer wird nun so lange geschürt, bis der Einsatz nach rd. 24 Stunden in helle Rotglut gekommen ist. Danach entfernt man die Feuer und läßt nun das Gas aus dem Gaserzeuger in die Kammer treten, wobei die Ventile zur Vermeidung von Explosionen langsam und vorsichtig geöffnet werden müssen.

Ist die erste Kammer gargebrannt, so schließt man das Abzugsventil der dritten Kammer und öffnet das der vierten, worauf man die Generatorgase in die zweite Kammer eintreten läßt und so fort bis zur drittletzten Kammer. Kommt diese ins Feuer, so öffnet man das Abzugsventil der letzten Kammer und leitet die Heizgase von hier nach dem Kamin.

Die Gase treten in den vier Ecken der Kammer durch Feuerkästen in das Innere. Beim Besetzen läßt man über diesen einen freien Raum, damit die eintretenden Feuergase genügenden Platz finden, um sich auszubreiten. Um den Eintritt kalter Luft zu verhindern, bedeckt man die Austrittsöffnungen mit einem aufgeklebten Blatt Schieberpapier, welches von Öffnungen, die sich darüber im Ofengewölbe befinden, aus angezündet und abgebrannt wird, wenn die Gasventile der betr. Kammer geöffnet werden.

Die erste Kammer darf erst geöffnet und ausgefahren werden, nachdem die vierte abgebrannt ist.

Man kann auch mit einem solchen Ofen einen ununterbrochenen Betrieb erhalten, wenn man zu derselben Zeit das Gas in die letzte Kammer eintreten läßt und bei der ersten mit dem Kohlenfeuer beginnt.

Nach dem vollendeten Garbrand der letzten Kammer schließt man die Ventile des Gaserzeugers und läßt langsam Luft in den Gaskanal vor dem Ofen eintreten, indem man eine sonst durch eine Eisenplatte verschlossene Öffnung hinter dem Gaserzeuger und das letzte Abzugsventil hinter der letzten Kammer im Kaminkanal öffnet. Durch den allmählichen Zutritt der Luft bringt man die im Gaskanal noch befindlichen Gase zur Entzündung, wobei der während des Brandes dort abgelagerte Ruß verbrennt und eine weitere Reinigung des Kanales überflüssig wird. Danach schließt man die Kanäle und läßt die Heizgase in die erste Kammer eintreten. So vermeidet man einen längeren Stillstand des Ofenbetriebes und die damit verbundene Abkühlung der Kammern und erzielt dadurch gleichzeitig eine Verminderung des Kohlenverbrauches, wie auf S. 164 angegeben wurde.

Der Betrieb eines größeren Gaskammerofens mit ununterbrochenem Ringofenbetriebe entspricht dem eben geschilderten unter Fortfall der Vorfeuerung vollständig.

Nachdem die Öfen bzw. die Ofenkammern abgebrannt sind, läßt man den Inhalt abkühlen, was nach einiger Zeit durch allmähliches Öffnen der Türen und der Öffnungen im Deckengewölbe beschleunigt werden kann, weil die Schamottesteine eine schnellere Abkühlung vertragen.

Das Ideal eines Ofens zum Brennen der Schamottesteine ist unbestreitbar der auf S. 55 ff. beschriebene Tunnelofen. Nach den im Laufe langer Jahre in seinem Betriebe erzielten günstigen Ergebnissen und mit Rücksicht auf seine nach jeder Richtung hin bequeme und leicht zu überwachende Arbeitsweise wird der Bau eines Tunnelofens überall, wo es sich um die Errichtung einer Ofenanlage für eine gleichmäßige größere Erzeugung von Schamottesteinen handelt, dem einer jeder anderen Ofenausführung vorzuziehen sein. Die Befuerung des Ofens kann mit jedem beliebigen, auch mit flüssigem Brennstoff geschehen. Nur zum Brennen größerer Werkstücke und von Gasretorten, deren Raumbedarf die Aufnahmefähigkeit der Brennwagen übersteigt, kann der Tunnelofen nicht benutzt werden. Für diese Zwecke muß man neben ihm die erforderliche Zahl von Einzelöfen besitzen. Dagegen ist der Tunnelofen auch brauchbar, um darin nacheinander beliebige Mengen von Schamottesteinen und Quarzkalksteinen zu brennen, weil man die Wärme in dem Brennraum den zu brennenden Steinsorten leicht anpassen kann. In dem Falle muß der Ofen aber die für die langsame Abkühlung der Quarzkalksteine erforderliche Länge besitzen, und man darf den abkühlenden Quarzkalksteinen keine Wärme entziehen.

Nachdem die gebrannten Schamottesteine aus den Öfen ausgefahren sind, werden sie im Freien aufgestapelt. Sie können der Witterung

ausgesetzt werden, doch ist es stets vorteilhaft, sie unter Schuppen so zu lagern, daß sie vor Regen und Schnee geschützt bleiben.

Frisches Mauerwerk aus Schamottesteinen muß durch langsames Anwärmen vorsichtig ausgetrocknet werden, damit alles Wasser daraus entfernt ist, bevor es höheren Wärmegraden ausgesetzt wird.

## II. Die Bauxitsteine.

Der in der feuerfesten Industrie verwendete Bauxit (oder Beauxit) ist ein dem Ton ähnliches, mürbes bis mildes Gestein von heller Farbe. Er ist durch Verwitterung von Basalt und anderen Eruptivgesteinen entstanden, und stellt ein Gemenge der Hydrogele der Tonerde und des Eisenoxydes dar. In seiner reinsten Form ist der Bauxit die chemische Verbindung der Tonerde mit dem Wasser von der Zusammensetzung  $\text{Al}_2\text{O}_3, 2 \text{H}_2\text{O} = 65\%$  Tonerde und 35% Wasser. Er tritt nur in amorpher Form auf, besitzt also die Eigenschaften der Kolloide.

Der Bauxit wird stets nur in Nestern und Linsen von verhältnismäßig geringerer Ausdehnung gefunden, die in größerer Zahl z. B. im Lahngebiete vorkommen (Ahlburg, Die nutzbaren Bodenschätze des Lahngebietes, Stahl und Eisen 1919, Nr. 2/3). Die meisten der bekannten Lager enthalten einen so stark eisenhaltigen Bauxit, daß derselbe für die Erzeugnisse der feuerfesten Industrie nicht benutzt werden kann. Die größte Menge des hier verarbeiteten Bauxites stammt aus Beaux bei Arles in Frankreich, von welcher Fundstätte das Mineral seinen Namen erhalten hat.

Die reinen Bauxite mit einem hohen Gehalt an Tonerde und möglichst wenig Eisenoxyd besitzen einen sehr hohen Schmelzpunkt. Wegen ihres hohen Gehaltes an Kolloidstoffen schwinden sie aber im Feuer sehr stark und können deshalb nicht in rohem Zustande verarbeitet werden.

Nach der Tonind.-Ztg. 1903, S. 2132—34, verwendet man einen Bauxit mit nicht zu wenig Kieselsäure und läßt den Tonerdegehalt dem der Kieselsäure etwas vorwalten, weil man damit den Schmelzpunkt etwas erhöht bzw. den Eintritt der chemischen Verbindung zwischen Tonerde und Kieselsäure (Sillimanit) etwas verzögert. Indes steht die Erhöhung des Tonerdegehaltes in keiner unmittelbaren Beziehung zur Erhöhung der Feuerfestigkeit, nachdem die Grenze  $\text{Al}_2\text{O}_3, 2 \text{SiO}_2, 2 \text{H}_2\text{O}$  erreicht ist.

Sehr gut soll sich ein Bauxit bewährt haben, der mit 49% Tonerde + 28% Kieselsäure + 18% Wasser (gebrannt = 63,6% Tonerde) fast genau dem Molekularverhältnis 1 : 1 : 2 entspricht und bei einer Brennwärme von Segerkegel 38 noch nicht schmilzt. Ein daraus gefertigter Stein hatte folgende Zusammensetzung:

Glühverlust . . . . .	0,17%
Kieselsäure . . . . .	39,75,,
Tonerde . . . . .	57,76,,
Eisenoxyd . . . . .	2,30,,
Magnesiumoxyd . . . . .	0,54,,

Der Schmelzpunkt war = Segerkegel 37, die Steine wurden von basischen Schlacken weniger angegriffen als die besten Schamottesteine. Zementartig zusammengesetzte Schlacken bildeten mit der Oberfläche eine schützende Glasur, wodurch der Stein nur ganz allmählich und gleichmäßig abgenutzt wird. Nach einmaligem Brennen in hoher Temperatur ist der Stein raumbeständig.

Für besonders hohe, trockene Hitze soll sich ein Stein mit folgender Zusammensetzung besonders bewähren:

Kieselsäure . . . . .	21,20%
Tonerde . . . . .	74,78,,
Eisenoxyd . . . . .	3,83,,

Die Steine sollen einen außerordentlich hohen Schmelzpunkt, höher als Segerkegel 39, besitzen, hochohitzt zuerst eine geringe Schwindung zeigen, die nach einmaligem Brennen in Raumbeständigkeit übergeht, und von stark basischen Schlacken wenig angegriffen werden.

Der Verfasser des obenerwähnten Aufsatzes „Zur Bauxitfrage“ bemerkt zu den letzterwähnten Steinen: „Natürlich ist dieses Fabrikat für Hochofenzwecke unbrauchbar.“ Weshalb das der Fall sein soll, ist nach den Erfahrungen, die Heucken (s. S. 134) mit derartigen Steinen gemacht hat, nicht recht verständlich.

Da sich der rohe Bauxit schlecht brennen läßt, wird er gemahlen, mit einer geringen Menge eines hoch tonerdehaltigen Bindetones versetzt und mit diesem im Tonknetter gut gemischt. Aus der so erhaltenen Mischung formt man Ballen, die getrocknet und im Ofen scharf gebrannt werden. Die nun erhaltene Schamotte wird gemahlen, wieder mit einer geringen Menge Bindeton versetzt und im Tonknetter von neuem gemischt. Aus der fertigen Masse formt man die Steine entweder durch Handarbeit, oder man läßt sie durch eine Ziegelpresse gehen und schneidet die Steine mit einem Abschneidetisch von dem Strange ab. In beiden Fällen werden die Steine, wenn es ihre Form erlaubt, nachdem sie lederhart getrocknet sind, mit einer Handpresse nachgepreßt, doch kann man auch durch die gewöhnliche Handarbeit Steine von sehr hoher Festigkeit herstellen, wenn man einen geeigneten Bindeton verwendet. Die weitere Herstellungsweise gleicht der der Schamottesteine, nur brennt man die Bauxitsteine in den heißesten Teilen der Öfen.

Nach einem Berichte in Stahl und Eisen 1906, Nr. 9, hat man in einem basischen Martinofen der Bethlehem Steel Works Versuche angestellt, indem Bauxit- und Magnesitsteine nebeneinander an der

heißesten Stelle des Ofens gegen die Stichflamme ungeschützt eingesetzt wurden. Der Magnesitstein schmolz in 7 Minuten, während der Bauxitstein erst nach 15 Minuten erweichte. Je ein Stein wurde einige Zeitlang in die flüssige Schlacke eingetaucht, danach herausgenommen und im erkalteten Zustande untersucht. Der Magnesitstein war mit der Schlacke zusammengeschmolzen, während sie um den Bauxitstein nur einen Mantel gebildet hatte. Weiter wird hier berichtet, daß man mit Bauxitsteinen außer bei Martinöfen auch in den Drehrohröfen der Zementindustrie und in Bleiraffinerieöfen sehr gute Ergebnisse erzielt hat.

Nach Stahl und Eisen 1921, Nr. 3, S. 87, werden in Nordamerika Bauxitsteine mit gutem Erfolge als Unterlage unter die Magnesitsteine in den Herd der Elektrostahlöfen eingebaut. Hier werden allerdings wohl gute Schamottesteine mit demselben Erfolge benutzt werden können.

Die Bauxitsteine zeichnen sich durch hohe Feuerfestigkeit, hohe Dichte und Festigkeit aus. Nach Baraduc-Muller (Revue de Métallurgie, 6. Jahrg., Nr. 6) halten sie 6- bis 8mal so lange als Schamottesteine und sind gegen chemische Einflüsse sehr widerstandsfähig.

### III. Mit besonderen Namen bezeichnete Schamottesteine.

Glenboigsteine sind Schamottesteine englischer Herkunft. Sie werden aus den in der dortigen Steinkohlenformation gefundenen Schiefertonen hergestellt, in derselben Weise wie die aus Südschweden stammenden Schamottesteine. Der Schiefertone wird teils zu Schamotte gebrannt, teils läßt man ihn mehrere Jahre lang an der Luft verwittern oder führt ihn durch Naßaufbereitung unter dem Naßkoller in bildsamen Ton über. Bischof („Gesammelte Analysen“) gibt die Zusammensetzung von zwei gebrannten Glenboigtonen mit 65,41 bzw. 21,1% Kieselsäure und 30,55 bzw. 33,1% Tonerde an. Es sind demnach Tone von nur mittlerer Güte. In Deutschland wurden früher gelegentlich gebrauchte Glenboigsteine englischer Herkunft wieder aufbereitet und mit rheinischem Bindeton zu Schamottesteinen verarbeitet. Von diesen Glenboigsteine genannten Schamottesteinen wurde behauptet, daß man sie in rotglühendem Zustande in kaltes Wasser werfen könne, ohne daß sie dadurch zerstört würden. Man findet ja manchmal, daß feuerfeste Steine recht wenig sachgemäß behandelt werden, eine derart unvernünftige Behandlung ist mir aber doch noch nicht bekannt geworden. Ein verständiger Hersteller feuerfester Baustoffe wird auf die Lieferung von Steinen, an die solche Anforderungen gestellt werden, dankend verzichten.

Dynaxitsteine sind Schamottesteine rheinischer Herkunft von der Zusammensetzung 38% Tonerde + 58% Kieselsäure + 2,4% Eisenoxyd.

Als Silamitsteine bezeichnet eine rheinische Fabrik ihre Schamottesteine.

Unter dem Namen Durcia oder Durcit wurde im Jahre 1903 zu einem hohen Preise ein Stoff in den Handel gebracht, der den damit hergestellten Schamottesteinen alle guten Eigenschaften erteilen sollte, die man von ihnen verlangen kann, und noch einige mehr. Die Tonindustrie-Zeitung schreibt darüber: „Der Durcit ist in seiner Verwendbarkeit für feuerfeste Fabrikate einem gewöhnlichen Ziegellehm gleichzusetzen“, welcher Kritik wohl weiter nichts hinzugefügt werden braucht.

Chromosit ist der Phantasienamen für einen Quarzschamottestein geringerer Güte.

Dynamidonsteine werden hergestellt, indem man durch Schmelzen von Bauxit künstlichen Korund, reine Tonerde von der Zusammensetzung 53,4% Aluminium und 46,6% Sauerstoff herstellt und daraus mit Ton als Bindemittel unter hohem Druck Steine formt. Den Dynamidonsteinen werden folgende Eigenschaften zugeschrieben: große Härte und Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen, Druckfestigkeit = 750 kg/qcm. Schmelzpunkt höher als Segerkegel 39, Schwindung = 0, Unempfindlichkeit gegen schroffste Wärmeschwankungen und große Widerstandsfähigkeit gegen chemische Angriffe. Die Dynamidonsteine haben sich in verschiedenen Betrieben sehr gut bewährt, ihrer ausgedehnten Verwendung steht aber ihr sehr hoher Preis hindernd im Wege, und sie werden deshalb nur für besondere Zwecke benutzt werden können, z. B. als Futter der Drehrohröfen in der Zementindustrie.

In ähnlicher Weise wird geschmolzene kristallisierte Tonerde, die z. B. als Nebenerzeugnis beim Thermitverfahren entsteht, unter den Phantasienamen Diamantin und Aloxit, oder als künstlicher Korund, aus geschmolzenem Bauxit hergestellte amorphe Tonerde unter dem Namen Alundum oder Elektrorubin in den Handel gebracht und verarbeitet. Die Erzeugnisse daraus sind nach Schwarz (a. a. O.) porös und gegen Wärmeschwankungen ziemlich empfindlich.

# Die kohlenstoffhaltigen feuerfesten Baustoffe.

## I. Die Kohlenstoffsteine.

Die Kohlenstoffsteine werden aus einer Mischung von Koks und Teer hergestellt.

Guter Gießereikoks mit einem möglichst niedrigen Aschengehalt wird getrocknet, in einer Kugelmühle oder auf einem Koller gemahlen und im letzteren Falle auf einem Siebe mit 1,5 bis 2 mm Maschenweite nachgesiebt.

Als Bindemittel benutzt man Steinkohlenteer, welcher durch Destillation von dem Ammoniakwasser und den leichten Ölen befreit ist. Ein bei zu hoher Erwärmung destillierter Teer, in welchem die schweren, fetten Öle nicht mehr enthalten sind, besitzt keine Bindekraft mehr und ist deshalb zur Anfertigung der Kohlenstoffsteine unbrauchbar.

Abgewogene Mengen von trockenem, und am besten angewärmtem Koksmehl werden in einer dünnen Schicht auf einer sauberen Unterlage ausgebreitet und mit der abgemessenen Menge des durch Kochen dünnflüssig gemachten Teers übergossen. Man versetzt 4 Gewichtsteile Koksmehl mit 1 Teil Teer und schaufelt beide tüchtig durcheinander. Es empfiehlt sich, stets nur mit kleinen Mengen zu arbeiten, weil die Masse schnell erkaltet, dabei harte Knollen bildet und dann zur weiteren Verarbeitung unbrauchbar wird. Aus demselben Grunde müssen die Arbeiten des Mischens, Knetens und Formens möglichst schnell hintereinander erfolgen, auch darf die Formmasse nicht über Nacht liegen bleiben.

Zur gründlichen Mischung läßt man die Masse nun durch einen Tonknetter gehen, der mit einem aus Blech angefertigten konischen Mundstück versehen ist. Man kann hierzu jeden liegenden Tonknetter benutzen, wie er zur Herstellung gewöhnlicher Ziegelsteine gebraucht wird. Um auch hier eine Verhärtung der Masse durch Abkühlung zu verhüten, erwärmt man den zylindrischen Teil des Tonkneters durch ein darunter unterhaltenes Koksfeuer, welches jedoch nicht so weit gesteigert werden darf, daß der Eisenkörper ins Glühen gerät. Die aus dem Mundstück

heraustretende Masse, welche ein vollständig gleichmäßiges Gefüge zeigen muß und keine ungebundenen Koksteilchen mehr enthalten darf, läßt man in einen darunter stehenden Sammelkasten fallen.

Harte Knollen in der Masse sind ein Zeichen von nicht genügender Mischung oder von zu niedriger Erwärmung im Tonknetter.

Die Formen werden aus Holz hergestellt und müssen für größere Steine sehr kräftig gebaut und so eingerichtet werden, daß man sie durch Auseinandernehmen von dem fertigen Stein entfernen kann. Man setzt solche Formen vorteilhaft aus einzelnen losen Brettern zusammen und umgibt sie mit einem festen Holzrahmen, den man für viele Formen gleichmäßig benutzen kann, und in dem man die losen Einlagen durch Keile in ihrer Lage festhält. Vor dem Gebrauch wird die Form mehrere Male mit Petroleum oder Abfallöl ausgestrichen, um das Anbacken der Masse zu verhindern, auch ist dies vor der Anfertigung eines neuen Steines stets zu wiederholen.

Man formt die Steine auf einer glatt gehobelten, kräftigen Holzunterlage, welche man mit einem Bogen Schieberpapier bedeckt. Bei der Herstellung großer Steine ist sehr darauf zu achten, daß die Unterlagen aus starken Brettern angefertigt werden, damit sie sich nicht durch das Gewicht des Steines bei der Beförderung nach dem Trockenraum und nach dem Ofen durchbiegen, was stets ein Durchbrechen des Steines zur Folge hat.

Die vorher sauber gereinigte und mit Öl ausgestrichene Form wird auf ihrer Unterlage liegend bis zu einem Viertel ihrer Höhe mit Formmasse gefüllt, wobei größere Klumpen gleichmäßig zerdrückt werden müssen, weil diese sonst den Stein infolge ungleichmäßiger Ausdehnung beim Brennen zersprengen. Dann wird die Masse mit schweren, vorher erwärmten, eisernen Stampfern von dem Innern der Form aus nach den Seiten und Ecken hin kräftig eingestampft. An den Wänden und in den Ecken der Form muß das Einstampfen sehr kräftig geschehen, damit sie gut ausgefüllt und besonders dicht werden. Nachdem die zuerst aufgegebene Masse gleichmäßig eingestampft ist, rauht man ihre Oberfläche mit einer eisernen Kratze auf, gibt eine neue Lage frischer Masse in die Form, stampft wieder ein usf., bis die Form reichlich gefüllt ist. Die überflüssige Masse wird dann mit flachen Kellen abgestochen und die Oberfläche mit einem in Öl getauchten Streicheisen geglättet.

Der fertige Stein wird gezeichnet und nach dem Trockenraum getragen. Er bleibt dabei auf seiner Unterlage liegen, von welcher er erst beim Einsetzen im Ofen abgenommen wird. Von kleineren und flachen Steinen kann man die Form sofort, von größeren und von Formsteinen erst nach einem halben Tage entfernen. Nach 1 bis 2 Tagen ist der Stein äußerlich erhärtet, je nach seiner Größe muß man ihn bis zu 2



auch 3 Wochen lang im Trockenraum liegen lassen. Für eine größere Erzeugung ist es deshalb nötig, genügend große Trockenräume vorzusehen. Am besten erhärten die Steine, der Zugluft ausgesetzt, im Freien und in der Kälte; vor dem Einfluß der Sonnenstrahlen müssen sie geschützt werden, weil sie durch deren Wärme erweichen.

Von größeren Steinen formen 4 Arbeiter in 8 Stunden 2400 bis 2600 kg, von Normalformaten in der gleichen Zeit nur 650 bis 800 kg. Kleine Steine in regelmäßigen Formen stellt man deshalb besser nach Art der Dolomitsteine auf einer Presse her.

Zum Brennen der Kohlenstoffsteine kann jeder zum Brennen von feuerfesten Steinen benutzte Ofen verwendet werden; es genügt dazu schon ein gewöhnlicher Ringofen mit Schüttfeuerung.

Auf der Sohle des Ofens bildet man einen Rost aus hochkantig liegenden Steinen, damit die Feuergase durch die so gebildeten Kanäle ziehen können. Auf diesem Rost baut man eine Muffel aus stets wieder verwendbaren Schamotteplatten auf, welche, an allen Seiten mit Nute und Feder versehen, gut ineinander greifen und dann mit Mörtel verstrichen einen luftdichten Abschluß gewähren. Man mauert zuerst den Boden und dann entsprechend der Länge der zu brennenden Steine eine Kopfwand und die beiden Seitenwände auf und bewirft die Fugen des Mauerwerks innen und außen gut mit Mörtel. Den Boden der Muffel belegt man mit einer 10 bis 20 cm hohen gleichmäßigen Schicht von Kokslein, welches vorher auf eine Korngröße von rd. 2 mm gemahlen wurde, und setzt nun die einzelnen Kohlenstoffsteine so ein, daß sie nach allen Seiten einen Abstand von rd. 5 cm voneinander und von der Wand der Muffel erhalten. Die Zwischenräume werden mit Kokslein fest ausgestampft. Die Kohlenstoffsteine erweichen während des Brennvorganges und müssen deshalb durch das darumgestampfte Kokslein dicht umgeben und in ihrer Form festgehalten werden.

Die Beförderung der Steine und das Einsetzen in die Muffel müssen mit größter Vorsicht geschehen; besonders ist, wie schon erwähnt, bei größeren Steinen jede Möglichkeit des Durchbiegens der Holzunterlage zu verhindern, weil die Steine dadurch stets brechen. Man läßt sie deshalb am besten auf einer Tragbahre nach dem Ofen tragen und hier vorsichtig von der Unterlage herab auf ihren Platz gleiten. Auch müssen sie in der Muffel stets mit ihrer ganzen Auflagefläche fest auf der Koksunterlage gelagert werden, weil sonst auch hier Zugspannungen entstehen, die zum Reißen der Steine führen. Steine von größerer Form legt man in der Muffel stets auf ihre schmale Seitenfläche, weil dann die Masse des Steines einen größeren Widerstand gegen das Durchbiegen leistet.

Die in eine Ofenkammer einzusetzende Menge der Steine richtet sich nach der Größe der Kammer und darf nicht zu groß genommen

werden, damit die Muffel nicht zuviel Platz fortnimmt und das Feuer in dem Rest der Kammer noch genügend Raum findet, um seine volle Kraft zu entfalten. Selbstverständlich müssen die Abzugskanäle der Feuergase stets frei bleiben. 1 t Kohlenstoffsteine beanspruchen ungefähr denselben Raum im Ofen wie 2,5 t Schamottesteine.

Ist die Muffel mit Kohlenstoffsteinen gefüllt, so mauert man die Vorderwand auf, stampft auch hier Kokslein ein, bildet aus letzterem eine feste Decke über dem Einsatz und deckt das Ganze mit Schamotteplatten ab. Jeder Zutritt von Luft in das Innere der Muffel muß auf das sorgfältigste verhütet werden, weil sonst im Feuer zuerst das Kokslein in Brand gerät und dann auch die Kohlenstoffsteine selbst verbrennen, während sie nur einem Verkokungsvorgange, ähnlich dem des Koksofens, unterworfen werden sollen, bei dem die flüchtigen Bestandteile des Teeres verfliegen, die anderen verkoken und dann mit dem Koks der Steine eine gleichmäßige, steinartige Masse bilden.

Der übrige Raum der Ofenkammer wird in gewöhnlicher Weise mit Schamottesteinen besetzt, und der Einsatz dann wie gewöhnlich gebrannt. Eine Erwärmung der Kammer bis zum Schmelzen von Segerkegel 10 genügt zum Garbrennen der Kohlenstoffsteine.

Nach Beendigung des Brandes entfernt man das Mauerwerk der Muffel vorsichtig, soweit es zum Ausfahren der Steine nötig ist, — der Rest kann für den Neubau der Muffel stehen bleiben —, und läßt dann den Inhalt noch einige Zeit im Ofen abkühlen.

Wenn es sich darum handelt, Kohlenstoffsteine in größeren Mengen und im gleichmäßigen Betriebe herzustellen, dann ist zum Brennen derselben der Bau eines besonderen Ofens vorzuziehen, weil das Brennen der Kohlenstoffsteine gemeinschaftlich mit Schamottesteinen deren Fertigstellung stört und hier auch einen unnötig hohen Brennstoffverbrauch verursacht.

In diesem Falle hat sich der einfache Erdofen, der aus dem Erdofen von Bock zum Brennen gewöhnlicher Mauerziegel hervorgegangen ist, gut bewährt.

Der Erdofen besteht aus einem in der Erde liegenden, oben offenen, Setzkanal, dessen Sohle und Seitenwände aus feuerfesten Steinen hergestellt sind. Der Ofen liegt so tief in der Erde, daß die Oberkante der Seitenwände mit der Erdoberfläche abschneidet. An den beiden Außenseiten des Setzkanales befindet sich je ein gleich tiefer, ebenfalls gemauerter Kanal für die Feuerungen. Derselbe ist oben überwölbt; seine Decke besitzt in kurzen Abständen voneinander Schüttlöcher zum Einwerfen der Brennstoffe, welche von hier auf darunter aus feuerfesten Steinen aufgebaute Treppenroste fallen. Durch herausnehmbare Schieber wird der Feuerkanal in Brennkammern von bestimmter Länge eingeteilt. Die Länge des Ofens ist nicht beschränkt; für eine regel-

mäßige größere Erzeugung von Kohlenstoffsteinen baut man den Erdofen als länglichen Ringofen mit ununterbrochenem Brennbetrieb und legt den gemauerten Rauchabzugskanal mitten zwischen die beiden Setzkanäle. Zum Abzuge der Rauchgase werden 2 nebeneinanderliegende Schüttlöcher mehrere Meter hinter dem Feuer durch aufgesetzte Blechröhren mit dem Rauchabzugskanal verbunden.

Man stampft in dem Setzkanal eine feste Unterlage aus Sand und Kokslöschsteine und stellt darauf die zu brennenden Steine, wenn sie von mittlerer Größe sind, in 2 Lagen übereinander. Große Steine stellt man zu 2 bis 3 nebeneinander auf die breite Kopffläche oder legt sie ebenfalls in 2 Lagen übereinander auf die schmale Seitenfläche. Der Zwischenraum zwischen der Ofenwand und den Steinen sowie zwischen diesen selbst wird auf das sorgfältigste mit gemahlener Kokslöschsteine fest ausgestampft, in derselben Weise wird der Einsatz nach oben 20 cm hoch abgedeckt.

Zum Brennen benutzt man eine gute Nußkohle III mit rd. 7500 Wärmeeinheiten; 3 bis 4 Reihen der Schüttlöcher werden befeuert. Die Verbrennungsluft zieht durch die geöffneten Schüttlöcher der abgebrannten Abteilungen in die Feuerkanäle ein, erwärmt sich hier an den Seitenwänden, wodurch gleichzeitig das Mauerwerk des Setzkanales abgekühlt wird, und gelangt so vorgewärmt zu den Feuerstellen. Die Wärme im Setzkanal wird durch Thermometer überwacht, welche in Tonröhren zwischen den Steinen des Einsatzes stehend abgebracht sind und nach oben herausgezogen werden können. Bei 30° C beginnt allmählich das Erweichen der Masse, während das Verkoken des Teeres und damit die Erhärtung der Steine bei rd. 250° C beginnt. Man steigert die Brennwärme im Setzkanal bis auf rd. 800° C. Zum Ausfahren dürfen die Steine nicht mehr zu heiß sein und müssen vor Luftzug geschützt werden, weil sie leicht noch im Inneren genügende Wärme enthalten, um sich an der Luft zu entzünden. Auch vermeidet man es deshalb, größere, noch heiße Steine zu dicht zusammen zu lagern.

Die abgekühlten Steine werden durch Abreiben von etwa anhaftendem Kokslein gereinigt und sind dann versandfähig.

Das Kokslein, in welches die Steine eingebettet waren, wird durch ein Sandsieb geworfen und kann dann wieder von neuem benutzt werden.

Kohlenstoffsteine, welche durch Brandrisse unbrauchbar geworden sind, werden zerschlagen und gemahlen, das Mehl wird als Koks zur Anfertigung neuer Steine verwendet.

Ein guter Kohlenstoffstein muß sehr hart sein, eine Druckfestigkeit von mindestens 120 kg/qcm besitzen, die bis 325 kg/qcm betragen kann, im Bruch ein gleichmäßig dichtes, feinkörniges Gefüge zeigen, ein Raumgewicht von 1,2 bis 1,4 haben und beim Anschlagen mit dem Hammer einen hellen Klang geben. Der Aschengehalt soll 12% nicht übersteigen.

Das früher in weiten Kreisen gegen die Verwendung der Kohlenstoffsteine gehegte Mißtrauen ist heute nicht mehr berechtigt, nachdem es gelungen ist, Steine von jeder gewünschten Form und Größe in obiger Güte herzustellen. Bei ihrer Verwendung ist aber zu beachten, daß sie z. B. als Bodensteine im Eisenhochofen zuerst mit einer dicken Schicht von feuerfestem Mörtel oder mit dünnen Schamotteplatten bedeckt und so vor der Berührung mit der atmosphärischen Luft oder mit dem zum Anblasen des Ofens eingeführten Winde geschützt werden müssen, weil sie sonst natürlich schnell wegbrennen. Aldendorff-Rheinhausen hat an Stelle der Schamotteplatten zum Schutze der Kohlenstoffsteine Schlackensteine mit Erfolg benutzt, indes genügt es nach seinen Erfahrungen vollständig, wenn man die nach dem Inneren des Ofens gekehrte Seite der Steine mit einem mehrmaligen dichten Anstrich von Wasserglas überzieht. Während des Betriebes wird zuerst die schützende Schicht von den Steinen abgefressen, nachher bewahrt das Metallbad die Kohlenstoffsteine vor der Berührung mit der atmosphärischen Luft, wonach sie sich dann besser bewähren als jeder andere feuerfeste Baustoff. Man stellt jetzt den ganzen Unterbau der Eisenhochöfen mit bestem Erfolge aus Kohlenstoffsteinen her und verwendet nur noch für den Schacht Schamottesteine. Gegen das früher vorgekommene Loslösen der Bodensteine, wonach sie auf dem Metallbade schwimmend verbrannten, kann man sich leicht durch keilförmige Anordnung der einzelnen Steine schützen.

Die Ansicht, daß die Kohlenstoffsteine in kurzer Zeit durch Aufnahme des Kohlenstoffes vom Roheisen zerstört werden, ist irrig. Der Unterbau eines Eisenhochofens aus Kohlenstoffsteinen wiegt ungefähr 140 t. Wenn der Ofen täglich 200 t Roheisen erbläst und dieses nur 0,1% Kohlenstoff aus den Steinen aufnimmt, dann würde diese Menge in einem Jahre das Gewicht von 73 t haben, die Kohlenstoffsteine müßten demnach in 2 Jahren spurlos verschwunden sein. Infolge ihrer zahllosen sehr fein verteilten Poren nehmen sie aber das Kühlwasser wie ein Schwamm auf und besitzen deshalb eine sehr lange Lebensdauer. Auch von den nicht vom Wasser berührten Steinen des Bodensteines wird nach beendeter Ofenreise oft noch die untere Lage wohl erhalten vorgefunden. Nach den Erfahrungen eines unserer größten Hüttenwerke bewähren sich die Kohlenstoffsteine in den dortigen Eisenhochöfen ausgezeichnet, Roheisendurchbrüche kommen fast nie vor, und das aus Schamottesteinen bestehende Schachtmauerwerk ist regelmäßig viel früher verbraucht. Zu beachten ist nur, daß das Stichloch stets mit Schamottesteinen ummauert sein muß.

In den Metallhütten benutzt man die Kohlenstoffsteine zum Bau der Schmelzöfen für die Gewinnung von Blei, Kupfer und Aluminium.

## II. Die Kohleelektroden.

Die Herstellung der Kohleelektroden hat eine weitgehende Ähnlichkeit mit der Herstellung der Kohlenstoffsteine. Sie wird, in Deutschland wenigstens, nach einigen im Jahre 1901 in einer sächsischen Fabrik von mir ausgeführten, aber wegen des Fehlens genügend starker Pressen verunglückten Versuchen, nicht in den feuerfesten, sondern in besonders dafür eingerichteten Fabriken vorgenommen. Über deren Einrichtung und Arbeitsweise berichtet ein ungenannter Verfasser in *Stahl und Eisen* 1912, Nr. 45, in ungefähr folgender Weise.

Bereits vor 60 Jahren hat man Kohlenplatten und -stäbe für elektrische Batterien und für die Bogenlampen herzustellen begonnen. Ein wirtschaftliches Herstellungsverfahren ist zuerst von Carré ausgearbeitet, welches in seinen Grundzügen heute noch durchgeführt wird (vgl. *Compt. rend.* 84; *Bull. de la Soc. d'encouragement* 1877).

Erst durch die technische Ausnutzung des elektrischen Lichtbogens als Wärmequelle in größeren Öfen zur Herstellung des Aluminiums, des Kalziumkarbides sowie in neuerer Zeit des Elektrostahles fand die Herstellung der Kohleelektroden eine große Ausbreitung. Die neuzeitlichen Öfen erfordern Elektroden in Abmessungen, deren Herstellungsmöglichkeit man sich früher nicht hätte träumen lassen; daneben müssen die Elektroden eine große mechanische Festigkeit, gutes Leitvermögen für den elektrischen Strom und eine möglichst lange Lebensdauer besitzen.

Als Rohstoffe für die Herstellung der Elektroden verwendet man Koks, Holzkohle, Anthrazit, Ruß, Retortengraphit, Teerkoks, Petrolkoks und Graphit. Als Bindemittel dient wie bei der Herstellung der Kohlenstoffsteine der Koks, welcher beim Verglühen der Elektroden von der Verkokung der Rohstoffmischung hinzugesetzten Teeres übrig bleibt. Der Teer besteht aus einer Mischung von Pech und Teeröl, deren Mengenverhältnis sehr genau eingehalten werden muß. Die Rohstoffe müssen sehr rein und besonders frei von metallischem Eisen sein; je geringer ihr Aschengehalt ist, um so besser sind sie zur Verarbeitung geeignet.

Die Rohstoffe werden zum Teil zur Entfernung der gasförmigen und ölhaltigen Bestandteile geglüht. Darauf werden sie vorgebrochen und je nach der Arbeitsweise der einzelnen Werke in Mühlen bis auf eine Korngröße von 2 bis 3 mm oder ganz fein gemahlen. Das staubfeine Pulver wird durch Siebvorrichtungen abgeseibt. Die staubfreien Rohstoffe werden in durch Dampf geheizten Mischmaschinen mit 10 bis 30% völlig wasserfreiem Teer gemischt. Die fertige Formmasse wird darauf je nach der vorhandenen Einrichtung entweder durch große Stampfwerke oder durch hydraulischen hohen Druck in eiserne Zylinder zusammengepreßt, welche mit einem Dampfmantel umgeben sind, durch welchen die Masse bis ins Innerste auf 40 bis 90° erwärmt wird. Schließlich preßt man die Formmasse durch ein Mundstück aus dem Zylinder

heraus, wodurch die Elektrode ihre äußere Form erhält. Der Preßdruck beträgt 380 bis 400 kg/qcm. Die fertig gepreßten Elektroden bleiben einige Tage in kühler Luft liegen, wobei sie so weit erhärten, daß sie, ohne zu reißen, am einen Ende in die Höhe gehoben werden können. Die Brennöfen sind meistens Tieföfen, aus guten Schamottesteinen gebaut, die Brennwärme wird verschieden hoch mit 1100 bis 1250° C und mit 1500 bis 1600° C angegeben. Die Ausführung der Öfen ist ebenfalls verschieden. Teils bestehen sie aus einzelnen, oben durch Deckel luftdicht verschlossenen Kammern, in welche die Elektroden gestellt und ringsherum in Koks klein eingestampft werden, teils werden diese in der Ofenkammer in feuerfeste Gefäße gestellt und hier mit sehr feinem Koksstaub umstampft. Die Öfen sind ununterbrochen betriebene Ringöfen, sie enthalten bis zu 30 Kammern mit je 6 Einsatzgefäßen und werden mit Gas befeuert. Die Brenndauer ist je nach der Zusammensetzung und Größe der Elektroden verschieden, bei kleineren 6 bis 10, bei größeren 10 bis 16 Tage. Die Befuerung muß sehr sorgfältig und gleichmäßig ansteigend erfolgen, weil sonst Spannungen in den Elektroden auftreten, die leicht zur Bildung von Rissen führen. Nach vollständiger Abkühlung werden die Elektroden dem Ofen entnommen, abgebürstet, sorgfältig auf Risse und andere Fehler untersucht und sind dann gebrauchsfertig. Kleine nur an der Oberfläche verlaufende sog. Feuerrisse sind unschädlich. Die durchweg gar gebrannte fehlerfreie Elektrode muß mit einem leichten Hammer angeschlagen einen kräftigen, volltönenden Klang geben, während eine schlecht gebrannte oder rissige Elektrode hierbei wie ein zerbrochener Topf klingt.

Der elektrische Widerstand der Elektroden soll sich in engen Grenzen bewegen. Er überschreitet bei den schwersten Stücken auf 1 m Länge 400 Ohm je Quadratmillimeter nicht, und geht mit wachsendem Querschnitt auf 80 bis 100 Ohm herab. Für viele Zwecke ist ein möglichst niedriger Aschengehalt wichtig, der bei guten Elektroden 2,5 bis 3% betragen soll. Das Raumgewicht wird mit 1,5 bis 1,55, die Druckfestigkeit mit 230 bis 410 kg/qcm und die Biegefestigkeit mit 51 bis 81 kg/qcm angegeben.

Die Graphitelektroden werden ausschließlich aus reinem natürlichen oder künstlich umgewandeltem Graphit hergestellt. Die Umwandlung des letzteren durch Umwandlung amorpher Kohleelektroden in Graphitelektroden geschieht mit Hilfe des elektrischen Ofens.

### III. Die Karborundumsteine.

Das Karborundum (Siliziumkarbid) ist die chemische Verbindung des Siliziums mit dem Kohlenstoff SiC. Es wird künstlich im elektrischen Ofen aus Sand und Kohle hergestellt. Bis gegen 1800° C ist das

Karborundum unschmelzbar, über 2200° C erhitzt, zerfällt es in Siliziumdämpfe und Kohlenstoff. Besonders bemerkenswert ist seine hohe Wärmeleitfähigkeit, welche 5mal größer als die der feuerfesten Tone ist, und der des Graphites nahekommmt. Diese Eigenschaft ermöglicht es, daraus sehr dünnwandige Gegenstände herzustellen, ohne deren Formveränderung im Feuer befürchten zu brauchen, wie z. B. Muffeln, bei denen eine gute und schnelle Übertragung der Wärme auf den Einsatz gewünscht wird. Aus diesem Grunde hat man auch die der Ofenkammer zugewendete Fläche von Koksofensteinen mit einem starken Überzug aus Karborundum versehen.

Baraduc-Muller (Revue de Métallurgie, 6. Jahrg., Nr. 6) berichtet folgendes: „Das Karborundum wird beim Ofengange mit oxydierenden Gasen schon bei 1600° C oxydiert, es kommt also z. B. für Martinöfen nicht in Betracht. Im reduzierenden Feuer dagegen kann es bis auf 2200° C beansprucht werden. Die Oxydationserscheinungen des Karborundums erhöhen bis 1600° C und wenig darüber seine Dauerhaftigkeit. Die Asche des Brennstoffes schmilzt nämlich und überzieht die Karborundumfläche mit einer Art Glasur, welche für die oxydierenden Gase undurchdringlich ist, so daß dadurch das Karborundum ebenso feuerbeständig wird, als ob es sich in einer reduzierenden Ofenatmosphäre befände. Infolge der teilweisen chemischen Reaktion dieser Glasurschicht auf der Oberfläche der Steine wird die Glasurschicht schwerer schmelzbar wie die Asche für sich allein, und ist bei Temperaturen noch beständig, bei denen die Asche allein vollständig geschmolzen ist.“ Die durch die (Flug-) Asche hervorgerufene Glasur schützt also die Karborundumsteine gegen die weitere Zerstörung, während sie auf andere basische oder saure Steine zerstörend wirkt, indem sie mit diesen leichtflüssige Silikate bildet. Schmelzende Erze, geschmolzene Metalle und Schlacken, sogar Wasserdampf, zersetzen das Karborundum, von geschmolzener Kieselsäure wird es nicht angegriffen.

Kleine Gegenstände, die plötzliche Wärmeschwankungen auszuhalten haben, stellt Baraduc-Muller mit Verwendung organischer Bindemittel her, um dem halbfertigen Erzeugnis eine gewisse Festigkeit für die weitere Bearbeitung zu geben. Diese Bindemittel verbrennen, und es entstehen durch oberflächliche Oxydation Erzeugnisse von großer mechanischer Festigkeit.

Schamottesteine aus Neuroder Schieferschamotte, auf 1,5 mm gemahlenem Karborundum und gutem Bindeton hergestellt, haben sich gut bewährt.

Ähnlich zusammengesetzte Steine mit einem Zusatz von Eisenfeilspänen hatten die hohe Druckfestigkeit von 400 kg/qcm.

Aus Karborundum und Wasserglas unter hydraulischem Druck hergestellte Steine besaßen die hohe Druckfestigkeit von 680 kg/qcm

und zeigen sich an den heißesten Stellen des Martinofens unerschmelzbar.

Der ausgedehnten Verwendung des Karborundums in der feuerfesten Industrie steht sein sehr hoher Preis hindernd im Wege. Es dient als Heizkörper in elektrischen Öfen.

#### IV. Die Graphittiegel.

Der Graphit ist neben dem Diamant die reinste Art des in der Natur vorkommenden Kohlenstoffes. Er ist in hohem Grade spaltbar, fast unverbrennlich, und besitzt hohe Leitfähigkeit für Wärme und Elektrizität. Aus diesen Gründen ist er, ebenso wie zur Herstellung von Elektroden, der wertvollste Rohstoff zur Herstellung der Schmelztiegel.

Die hierfür geeignetsten Sorten des Graphites sind die, welche sich bei der Zerkleinerung in Blättchen spalten. In größeren Mengen wird er in Bayern, Böhmen, Tirol, Italien, Kanada und in Sibirien gefunden; das größte Vorkommen des am besten zur Herstellung von Tiegeln geeigneten Graphites befindet sich auf Ceylon, wo er in einfachen Tiefbauanlagen durch die Eingeborenen gefördert und in den Plumbago yards in Colombo durch Handscheidung von quarzigen und anderen Verunreinigungen befreit, nach der Stückgröße gesondert und zum Versande in Säcke gefüllt wird. Der Graphit von Ceylon wird in London in den Handel gebracht; man unterscheidet die Sorten „Large Lumps“ = große Stücke, „Lumps“ = Stücke, „Chips“ = kleinere Stücke, „Dust“ = Staub und „Flying Dust“ = feiner Staub. In den letzten Jahren hat man den lange vernachlässigten Abbau der bayrischen Vorkommen in neuzeitlicher Weise wieder aufgenommen, und es ist zu hoffen, daß wir uns dadurch auch für diesen wertvollen Rohstoff von den Lieferungen des Auslandes unabhängig machen können.

Die zur Herstellung der Graphittiegel verwendeten Rohstoffe müssen von größter Reinheit und besonders frei von Eisen sein. Die blättrige Beschaffenheit des Graphites ist deshalb von Bedeutung, weil jedes Blättchen in der Tiegelmasse eine besonders widerstandsfähige Schicht darstellt und der Tiegel dadurch ein aus lauter parallel liegenden Teilchen gebildetes Gefüge erhält. Der Bindeton muß sehr fett und bildsam sein, er darf aber nicht zu stark schwinden und nicht zu einem Glasfluß, sondern zu einer lavaartigen Masse schmelzen. Um das Springen und Reißen der Tiegel zu verhindern, setzt man der Masse eine geringe Menge geeigneten Sandes hinzu.

Der Graphit wird mit dem Brecher vorgebrochen und auf einem Riffelwalzwerk weiter zerkleinert. Nachdem er durch einen Magnetscheider von etwa anwesendem metallischen Eisen und anderen magne-



tischen Verunreinigungen befreit ist, durchläuft er ein Glattwalzwerk, ein Zylindersieb, danach noch einmal ein Glattwalzwerk und schließlich ein Siebwerk, in welchem er in Staub, Auswurf und Flinz getrennt wird. Der blättrige Flinz dient zur Herstellung der Tiegel, der Auswurf wird noch einmal gemahlen, der Staub wird zu anderen Erzeugnissen verarbeitet.

Durch Aufbereitung gebrauchter Tiegel kann man den darin enthaltenen Graphit wieder gewinnen. Die von Schlacken und anderen Verunreinigungen befreiten Tiegel werden zerschlagen und gemahlen. Nachdem das Mehl ein Glattwalzwerk durchlaufen hat, wird es in einer Gießputzmaschine durch verschiedene Siebe und durch Luftzug in seine Bestandteile zerlegt, die gleichzeitig nach der Feinheit ihres Kornes getrennt werden. Man kann auf diese Weise fast reinsten Graphit wiedergewinnen, das danebenfallende Tiegelmehl wird ebenfalls wieder benutzt, nur der hierbei ausgesiebte Sand ist nicht wieder verwendbar.

Der Flinz wird mit verdünnter Salzsäure mehrere Stunden lang gekocht und dadurch sein Eisengehalt von rd. 2% auf 0,5 bis 0,7% verringert. Danach bringt man ihn in einen mit einem Rührwerk ausgestatteten Spülbottich, in welchem er unter jedesmaliger Erneuerung des Wassers 6mal je 30 Minuten lang gewaschen wird. Der Schlamm wird darauf in mit dichtem Stoff ausgeschlagene Gefäße abgelassen, in denen der Graphit absitzt und danach das Wasser abgezogen wird. Schließlich wird die Graphitmasse in Säcke abgestochen, das Wasser ausgepreßt, und sie ist damit zur weiteren Verarbeitung fertig.

Der vorsichtig auf einer Darre getrocknete Ton wird unter einem Koller mit Steinläufern staubfrei gemahlen.

Der ebenfalls getrocknete Sand wird auf ein gleichmäßig feines Korn gesiebt.

Für die Mischung werden die Rohstoffe genau abgewogen. Die erste Mischung geschieht in einem kollerähnlichen Mischbottich, in welchem schmale Läufer derart auf ihrer Achse beweglich umlaufen, daß sie sich fortwährend abwechselnd von der Welle nach dem Rande und wieder zurück bewegen. Zuerst gibt man den vierten Teil des Graphites in den Mischbottich, dann eine entsprechende Menge Ton, allmählich wird die ganze Menge Graphit und Ton unter ebenfalls allmählichem Zusatze des nötigen Wassers aufgegeben und das Mischen mehrere Stunden lang fortgesetzt. Erst danach fügt man den Sand durch gleichmäßiges Einstreuen hinzu und läßt die Maschine noch längere Zeit weiterarbeiten.

Die fertig gemischte Masse läßt man in Kästen aus starkem Holz und in einem kühlen, luftigen Raum wenigstens 14 Tage lang mauken.

Die gut gemaukte Formmasse wird 2mal durch eine mit einem Bronzemantel ausgekleidete und mit Bronzemessern versehene Strang-

presse gegeben, und schließlich durch ein Mundstück als geschlossener Strang aus der Presse gezogen.

Von dem Strang bricht man einzelne Ballen ab, die man durch kräftiges Zusammenschlagen zu Rohballen vereinigt und daraus die Tiegel auf der Töpferscheibe mit der Hand oder in Gipsformen durch Pressen formt.

Besser als das Einformen der Tiegel in Gipsformen ist das kräftige Einpressen in eiserne Formen durch Stempelpressen. Hierbei bleiben die Graphitteilchen besser in der Masse verteilt und vom Bindeton eingeschlossen, die Masseteilchen werden stärker aneinandergedreßt, der fertige Tiegel wird weniger porös, saugt weniger Schlacken auf, leitet die Wärme besser und ist unempfindlicher gegen Wärmeschwankungen. Dazu schneidet man von dem aus der Presse austretenden Strang die für den herzustellenden Tiegel erforderliche Länge ab und formt den Tiegel daraus durch die Presse.

Das Formen muß stets mit größter Sorgfalt geschehen, damit die Tiegel in gleicher Höhe überall die gleiche Wandstärke erhalten, weil sonst Spannungen in den Wänden entstehen, die beim Trocknen, Brennen und im Schmelzofen das Zerspringen des Tiegels verursachen. Auch muß die Masse mit einem möglichst geringen Wassergehalt verarbeitet werden.

Je glatter und dichter die Tiegelwände sind, um so größer ist der Widerstand, den sie den von innen und außen im Schmelzbetriebe an sie herantretenden Angriffen leisten können. Der fertig gedrehte Tiegel wird deshalb auf der Drehscheibe mit einem feuchten Schwamm und mit weichem Leder innen und außen sehr sorgfältig abgeputzt und geglättet und schließlich mit einem Ausguß versehen.

Das Trocknen der Tiegel muß sehr langsam und allmählich an einem vor Luftzug geschützten Ort geschehen, damit das Entstehen von Haarrissen vermieden wird. Man bringt sie deshalb zuerst in einen geheizten Trockenraum mit einer Wärme bis zu 30° C, in welcher sie langsam erhärten. Danach werden sie in einem zweiten Trockenraum in einer Wärme von rd. 60° C und mehr vollständig getrocknet, wozu mindestens 10 bis 12 Tage, bei größeren Tiegeln bis zu 10 Wochen nötig sind. Der ofenreife Graphittiegel soll einen hellen, metallischen Klang besitzen.

Zum Brennen der Tiegel benutzt man Muffelöfen, welche so miteinander verbunden sind, daß ein Ofen durch die Abhitze des anderen vorgewärmt wird.

Das Einsetzen, Brennen und Ausfahren der Tiegel muß ebenfalls mit größter Vorsicht geschehen. Die Graphittiegel werden in der Muffel luftdicht in feingemalenes Koks klein eingebettet und mit demselben Stoff gefüllt, weil sie sonst verbrennen würden. Das Anfeuern des Ofens geschieht sehr allmählich, und man läßt die Wärme in der Muffel wäh-

rend der ersten 36 bis 48 Stunden nicht über 100 bis 110° steigen, danach kann langsam schärfer gefeuert werden, und die Tiegel werden schließlich bei einer Wärme von 900 bis 1000° gargebrannt.

Kleinere und mittelgroße Tiegel setzt man in allseitig gut verschlossene Kapseln oder Röhren aus Schamottemasse und kann sie dann in gewöhnlichen Öfen, wie sie zum Brennen der Schamottesteine benutzt werden, brennen. Das Abkühlen muß langsam und vorsichtig erfolgen. Glühend längere Zeit der Luft ausgesetzte Graphittiegel verbrennen.

In manchen Werken werden die Tiegel noch mit einem leicht schmelzbaren Glasüberzuge versehen, um sie dadurch gegen die Oxydation im Feuer zu schützen. Derartige Überzüge sind überflüssig, denn die Flugasche oder Koksasche bildet nach kurzer Zeit einen Überzug, der die Tiegelwände in genügender Tiefe durchdringt.

Das Webersche Gießverfahren (S. 157ff.) dürfte dazu berufen sein, auch in der Herstellung der Graphittiegel eine Rolle zu spielen.

# Die magnesiahaltigen feuerfesten Baustoffe.

## Die Magnesitsteine.

Das als Magnesit bekannte Gestein besteht in der Hauptsache aus Magnesiumkarbonat  $MgCO_3$ . Es kommt in der Natur in 2 Formen vor, als dichter amorpher Magnesit und als kristallinischer Magnesit-spat, der wie alle eisenhaltigen Magnesite in der Mineralogie Brennerit genannt wird. Der dichte Magnesit ist nahezu ein reines Karbonat, entsprechend der Zusammensetzung 47,6 Magnesia und 52,4 Kohlensäure, und enthält nur sehr wenig Eisenoxyd. Der kristallinische dagegen ist stark verunreinigt und enthält 2 bis 8% Eisenkarbonat.

Der dichte Magnesit wird in größten Mengen auf Euböa und anderen griechischen Inseln gefunden. Andere Vorkommen liegen in Kraubath (Steiermark), Skandinavien, Transvaal, Indien, Nord- und Südamerika. Wegen seines geringen Eisengehaltes kann er auch in sehr hoher Wärme nicht zum Sintern gebracht werden und muß zur Herstellung von Magnesitsteinen für metallurgische Zwecke mit eisenhaltigen Zusätzen gemischt werden. Er findet deshalb nur in verhältnismäßig geringerem Grade Verwendung in der feuerfesten Industrie.

Der kristallinische Magnesit findet sich in großen Lagern in den österreichischen Alpen, besonders in Steiermark und Kärnten, und in gleicher Weise im oberungarischen Erzgebirge im Komitat Gömör bei Nyustya, Lubenyik, in der Dubrawa bei Jolsva, Hisnyo, Ochtina, Csetnek. Andere Vorkommen liegen im Ural und in Schweden.

J. Hörhager berichtet in Stahl und Eisen 1911, Nr. 24, eingehend über den Magnesit. Seinen Ausführungen, deren Richtigkeit ich in längerer Tätigkeit in Ungarn bestätigen konnte, soll im nachstehenden gefolgt werden.

Für die chemische Zusammensetzung des kristallinen Magnesits können die folgenden Grenzwerte angenommen werden:

Magnesiumkarbonat	80—95%	entsprechend	38 —45 %	Magnesia
Kalziumkarbonat . . .	5— 1,,	„	3,5— 0,7,,	Kalk
Eisenkarbonat . . . .	8— 2,,	„	4,0— 1,0,,	Eisen
Tonerde . . . . .	2— 1,,	„	47,0—51,0,,	Kohlensäure
Rückstand . . . . .	5— 1,,			

Durch das Brennen wird die Kohlensäure ausgetrieben und das Eisen in Eisenoxyd verwandelt. Der gebrannte Magnesit besitzt durchschnittlich die folgende Zusammensetzung:

Magnesia . . . . .	70,1—91,7%
Kalk . . . . .	6,5— 1,4,,
Eisenoxyd . . . . .	10,5— 2,9,,
Tonerde . . . . .	3,7— 2,0,,
Rückstand . . . . .	9,2— 2,0,,

Die Zusammensetzung eines guten Sintermagnesits aus Steiermark wird in folgender Weise angegeben:

Magnesia . . . . .	88,20%
Kalk . . . . .	0,87,,
Manganoxydul . . . . .	0,59,,
Eisenoxyd . . . . .	7,07,,
Tonerde . . . . .	0,86,,
Kieselsäure . . . . .	2,35,,

Das Raumbgewicht = 3,55.

Zur Herstellung guter Magnesitsteine soll der gebrannte Magnesit erfahrungsgemäß die folgende Zusammensetzung haben:

wenigstens	83%	Magnesia
„	3,,	Eisenoxyd
höchstens	5,,	Kalk
„	2,,	Tonerde
„	5,,	Kieselsäure.

Die Höhe des Eisengehaltes bestimmt die Sinterungsfähigkeit des Magnesites beim Brennen, durch welche er erst zur Herstellung von Magnesitsteinen verwendbar wird.

Der Magnesit tritt in Stöcken auf, von denen er durch Tagebau in Terrassen, stellenweise bis zur Höhe von 150 m übereinander, abgebaut wird. Trotzdem ist seine Gewinnung mühsam und kostspielig, denn er ist stets stark mit Kalk, Quarz, Talk oder Schiefer verunreinigt. Der größte Teil der Verunreinigungen wird bereits in den Brüchen ausgelesen. Er beträgt im günstigsten Falle bereits gegen 50%, oft aber 100 bis 200% der Erzeugung, so daß für 1 t reinen Magnesit 2 bis 3 t Gestein gebrochen werden müssen, welche Zahl sich für die Erzeugung von Sintermagnesit wegen des Glühverlustes beim Brennen verdoppelt.

Zum Brennen wird meistens der Schachtofen von Lezius mit Halbgasfeuerung und Unterwind benutzt. Im oberen Teile des Schachtes entweicht die Kohlensäure, und es entsteht kaustischer Magnesit in Form von gelben bis braunen mürben Stücken, die leicht zerfallen. In der Sinterzone des Ofens werden die letzten Reste der Kohlensäure ausgetrieben, das Eisen geht eine chemische Verbindung mit dem Magnesiumoxyd ein, und die Nebenbestandteile, Tonerde und Kieselsäure, schmelzen mit etwas Eisenoxydul zu einem Silikat zusammen, das die Bindung der Masse bewirkt. Der Kalk wird in Ätzkalk verwan-

delt. In der Sinterungswärme, welche je nach dem Eisengehalte des Magnesites zwischen 1400 und 1700° C liegt, erweichen die vorher nach ihren Kristallflächen zerklüfteten Stücke und backen unter dem Druck der Beschickungssäule zusammen. Die so entstandene teigig-zähe Masse muß mit Eisenstangen durchstochen und auseinandergebrochen werden. Nachdem sie in der Kühlzone des Ofens abgekühlt ist und den größten Teil ihrer Wärme an die hier eingeführte Verbrennungsluft abgegeben hat, kann sie aus dem Ofen gezogen werden. Der Betrieb des Schachtofens mit reiner Gasfeuerung hat sich wegen der Schwierigkeit, auch das Gas unter Druck in den Ofen einzuführen, nicht bewährt. Der Magnesit kann dagegen im Gaskammerofen mit undurchbrochener Sohle, wie er im Abschnitt Quarzkalksteine S. 51 ff. beschrieben wurde, gebrannt werden. Der Ofen braucht aber eine größere Zahl von Brennkammern, welche nur zur Hälfte ausgenutzt werden, weil der Rohmagnesit wegen des 50% betragenden Glüh- und Schwindungsverlustes nur die Hälfte vom Einsatzgewicht an Sintermagnesit ergibt. Deshalb leistet der Gaskammerofen täglich nicht mehr als ein viel billiger herzustellender Schachtofen. Günstige Erfolge hat dagegen der Betrieb des durch die Zementindustrie zuerst allgemein bekannt gewordenen Drehrohrofens ergeben, der auf S. 198 ff. beschrieben wird. Derselbe gestattet eine bedeutend größere Tageserzeugung als der Schachtofen, bei einfachster Bedienung und unter Fortfall der sehr anstrengenden Stocharbeit beim Aufbrechen des zusammenbackenden Brenngutes. Der Magnesit kann dabei in weiter gereinigtem Zustande aufgegeben werden, weil der Drehrohrofen das Verarbeiten von kleinstückigem Gestein ermöglicht, während die größeren im Schachtofen gebrannten Stücke oft noch große Mengen von Verunreinigungen enthalten. Der Kohlenverbrauch des Drehrohrofens ist bei Verwendung von Kohlenstaubfeuerung etwa 20 bis 30% niedriger als der des Schachtofens. Eine störende Verunreinigung des Magnesites durch Asche macht sich nicht bemerkbar. Ein Drehrohrofen von 40 m Länge erzeugt arbeitstäglich 50 bis 60 t Sintermagnesit bei einem Verbrauch von etwa 25 bis 30% vom Gewichte des gebrannten Magnesites an guter Staubkohle.

Die Magnesia wirkt auf den Ton als das stärkste Flußmittel, beide dürfen deshalb in höherer Wärme nicht miteinander in Berührung kommen. Für die derselben ausgesetzten Teile der Schachtofen und der Drehrohrofen bilden die Quarzkalksteine den bewährtesten Baustoff. Sie müssen an den Stellen, wo Wind oder Feuergase mit starker Presung hinkommen, in 2 bis 3 Lagen hintereinander vermauert werden, damit das Mauerwerk an diesen Stellen möglichst dicht wird.

Der aus dem Ofen kommende Sintermagnesit wird im Freien gelagert, tüchtig mit Wasser begossen und längere Zeit liegen gelassen. Hierbei löscht der in ihm enthaltene Kalk ab. Danach wird der Sinter-

magnetit durch Handscheidung von seinen Verunreinigungen, wie Kalk und Quarz, und von den nicht völlig durchgebrannten kaustischen Magnetitstücken getrennt und teils auf dem Koller, teils auf der Kugelmühle auf 1 mm Korngröße gemahlen. Der Koller erzeugt mehr staubförmiges, die Kugelmühle mehr scharfkantiges, körniges Mahlgut. Zum Zwecke einer guten Bindung der Magnetitmasse wird das Koller- und Kugelmühlenmehl in bestimmtem Verhältnis miteinander gemischt.

Infolge seines Eisengehaltes besitzt der Sintermagnetit magnetische Eigenschaft. Man ist dadurch in der Lage, sehr stark kalkhaltige Vorkommen, welche früher nicht benutzt werden konnten, zu verwerten, indem man den hieraus gebrannten, gemahlene Sintermagnetit durch die elektromagnetische Scheidung reinigt. Dieselbe erfordert eine sehr weitgehende Zerkleinerung, damit auch die feinen Verunreinigungen, wie Talkschüppchen und Kalkkörner, vom Magnetit getrennt werden. Der letztere wird von dem Elektromagneten festgehalten, während die tauben unmagnetischen Verunreinigungen und der ebenfalls unmagnetische kaustische Magnetit abfallen. Da hierbei aber auch feiner Magnetitstaub von den Verunreinigungen mitgenommen wird, ergibt die elektromagnetische Aufbereitung neben sehr reinem Sintermagnetit eine unverhältnismäßig große Menge von Abfall. Wegen der hohen Kosten der magnetischen Reinigung und, weil bei der völligen Abscheidung der Nebenbestandteile die Silikatbildung zur Sinterung der Magnetitsteine erschwert wird, hält Hörhager die Reinigung durch Handscheidung unter Umständen für vorteilhafter.

Die Formmasse zur Herstellung der Magnetitsteine wird, wie bereits erwähnt, in erfahrungsmäßig festgestelltem Verhältnis aus dem Koller- und Kugelmühlenmahlgut zusammengesetzt. Zur Herstellung von Formstücken, die im Feuer schwerer stehen, wie von Düsen und Röhren, gibt man der Masse einen größeren Zusatz von bereits gebrannten und wieder gemahlene Steinabfällen. Der Masse für Handformsteine, welche nicht unter höherem Druck gepreßt werden können, gibt man zur Erzielung einer besseren Bindung einen geringen Zusatz von kaustischem Magnetitmehl, aber nur in geringer Menge, weil die Steine sonst im Feuer zu stark und ungleich schwinden, sich verziehen und die Form verlieren. Andere Zusätze sind bei der Verwendung des richtig ausgewählten Sintermagnetites überflüssig und unter Umständen sogar schädlich.

Zur weiteren Verarbeitung muß das Magnetitmehl mit einer geringen Menge Wasser angefeuchtet werden. Hierzu breitet man eine abgemessene Menge des Mehles auf dem Fußboden aus, besprengt es aus einer Gießkanne mit dem Wasser und mischt beides tüchtig mit Handschaufeln durcheinander. Die fertige Mischung bringt man dann in dafür bestimmte Gefache und läßt sie hier ruhig liegen, worauf man sie vor der

weiteren Verarbeitung durch ein gewöhnliches Sandsieb wirft. Der Fußboden sämtlicher Arbeitsräume wird am besten aus Zement hergestellt.

Zum Mischen von Magnesitmehl und Wasser benutzt man auch mit Vorteil eine Maschine, welche aus einem horizontal liegenden, ovalen Doppelgefäß besteht. In letzterem drehen sich zwei Wellen gegeneinander, welche in einer Spirallinie mit schaufelförmigen, ineinandergreifenden Armen besetzt sind. Das Mehl wird am einen Ende in die Maschine geschaufelt, und das Wasser tritt aus einer über dem Einwurf befindlichen Wasserleitung in genau regelbarer Menge durch eine Körtingsche Streudüse hinzu. Mehl und Wasser werden in der Maschine miteinander gemischt, durch die schraubenförmige Anordnung der Schaufelarme auf den Wellen nach dem anderen Ende geführt und treten hier als fertige Mischung nach außen.

Scharf gebrannter Magnesit nimmt weniger Wasser auf als schwächer gebrannter; es ist deshalb wichtig, die nötige Wassermenge durch Versuche festzustellen. Die fertige Mischung muß sich durch festes Pressen in der Hand zusammenballen lassen, aber bei der Berührung des Ballens auseinanderfallen.

Die angefeuchtete Magnesitmasse läßt man längere Zeit, bis zu mehreren Wochen lang, in kühlen Kellerräumen mit wenig Luftwechsel liegen. Gegen das Austrocknen schützt man die Oberfläche durch Auflegen von gleichmäßig feucht gehaltenen Tüchern. Dieses Ablagern der Masse entspricht dem Mauken in der Herstellung der Schamottesteine. Das Wasser verteilt sich dabei gleichmäßig in der Masse, wahrscheinlich findet auch eine Hydratisierung, d. h. eine chemische Bindung des Wassers durch die Magnesitmasse, eine Kolloidbildung statt, was aus einer geringen Erhöhung der Wärme in der Masse geschlossen werden kann. Das Mauken ist beendet, wenn sich die Masse gleichmäßig feuchtwarm anfühlt und sich in der Hand gut ballen läßt.

Die gemaukte Masse wird durch einen liegenden offenen Tonmischer gegeben, der die größeren Knollen zerteilt und ein Auflockern und Lüften der Masse bewirkt. Danach kann die Mischung in Formen gepreßt werden, wozu eine mit starkem hydraulischen Druck arbeitende Maschine nötig ist. Derartige Pressen werden von verschiedenen Maschinenfabriken gebaut. Eine Preßanlage zur jährlichen Erzeugung von 1000 t Magnesitsteinen besteht aus einer hydraulischen Preßpumpe mit Wasserkasten, einem Akkumulator für Hochdruck von 300 at, einem Akkumulator für Niederdruck von 75 at, einem Steuerapparat und der hydraulischen Presse für einen Gesamtdruck von 400 t bei 300 at Spannung im Preßzylinder. Der Arbeitstisch dreht sich auf Kugeln laufend; er enthält 4 Formen und ist mit einer hydraulischen Ausstoßvorrichtung verbunden.

Wegen der starken Abnutzung ist es nötig, stets eine größere Anzahl von Preßkästen und -stempeln vorrätig zu halten. Erstere bestehen



aus Stahlguß mit auswechselbarem Futter aus Stahlblech, letztere aus Grauguß. Nach rd. 5000 Pressungen ist ein Auswechseln der Kästen und Stempel nötig. Das zu berücksichtigende Schwindmaß beträgt rd. 1%. Weil die dadurch entstehenden Abweichungen in den Maßen der Steine nicht bedeutend sind, nimmt man anfangs, um die Stempel länger benutzen zu können, deren Maße um eine Kleinigkeit größer, und verkleinert später nach Abnutzung des Stempels die Preßkästen durch entsprechend stärkere Einlagen. Die an der Presse beschäftigten Arbeiter können leicht von dem die Steuerung bedienenden Manne überwacht werden, und die Steuerung selbst ist so eingerichtet, daß nach einem Hebelzuge alle verschiedenen Drucke und Druckablässe von selbst aufeinander folgen.

Die Pumpen- und Akkumulatorenanlage wählt man gewöhnlich so stark, daß sie gleichzeitig für 2 Pressen benutzt werden kann; der dafür erforderliche Kraftbedarf beträgt rd. 16 PS. \*)

Die zum Pressen fertige Magnesitmasse wird in einer Karre an die Presse gefahren. Ein Mann wiegt auf einer ihm zur Hand stehenden Wage die für einen Stein nötige Menge ab und füllt sie in die Preßform. Der Tisch wird nun so gedreht, daß die Form genau unter die Preßeinrichtung zu stehen kommt; ein Mann setzt den Steuerapparat in Tätigkeit und bewirkt das Pressen des Steines. Danach wird der Tisch weiter gedreht, so daß der gepreßte Stein in seiner Form über die Ausstoßvorrichtung zu stehen kommt; er wird durch diese aus der Form gehoben, letztere ausgeputzt, und der fertige Stein wird hochkant liegend auf eine eiserne Platte abgelegt. Drei Steine werden dann gemeinschaftlich auf der Unterlage liegend nach dem Trockenraum abgetragen, was sehr vorsichtig geschehen muß, weil die frisch gepreßten Steine gegen Erschütterungen sehr empfindlich sind. Zur Bedienung der Presse und zum Abtragen der Steine sind zusammen 3 Arbeiter erforderlich.

Ein frisch gepreßter Stein in den Maßen  $230 \times 118 \times 65$  mm wiegt durchschnittlich 4,6 kg, ein getrockneter 4,35 kg, ein gebrannter 4,2 kg.

Der Trockenraum schließt sich am besten unmittelbar an den Preßraum an. Am vorteilhaftesten trocknet man die Magnesitsteine nur an der Luft, indem man sie in geschlossenen, gut gelüfteten Räumen auf eiserne Gestelle ablegt, wie sie in dem Kapitel über die Herstellung der Quarzkalksteine beschrieben sind. In der kälteren Jahreszeit erwärmt man den Trockenraum durch eine mit Abdampf gespeiste Heizungsanlage. Die Empfindlichkeit der Magnesitsteine gegen eine künstliche Trocknung ist je nach dem zur Herstellung benutzten Rohstoff verschieden; man muß deshalb durch Versuche feststellen, wie hoch man mit der Erwärmung des Trockenraumes gehen kann, ohne rissige

---

\*) s. Anm. Seite 149.

Steine zu erhalten; in jedem Falle darf die Steigerung der Wärme nur allmählich erfolgen.

Für die künstliche Trocknung benutzt man auch längere, am einen Ende geheizte, nach den Seiten und oben abgeschlossene Trockenkanäle, die in geeigneter Weise gelüftet sind. Die Steine werden hierfür an der Presse auf Gestellwagen abgelegt und durchlaufen dann den Trockenkanal langsam auf einem Schienengeleise, wonach sie auf denselben Wagen liegend zum Einsetzen in die Brennöfen gefahren werden können.

Das Trocknen erfolgt sowohl im ganzen Raume wie bei den einzelnen Steinen von oben nach unten und ist beendet, wenn sich die Unterseite des Steines trocken, fast staubig anfühlt und der Stein mit der Hand gut abgehoben werden kann.

Während des Trocknens werden die anfangs sehr empfindlichen Steine härter und fester, und man kann sie, nachdem sie die Ofenreife erlangt haben, wie andere feuerfeste Steine aus den Trockengestellen ausrüsten und auf Wagen nach den Öfen fahren.

Feine beim Trocknen auftretende Haarrisse und Sprünge entstehen durch die Anwesenheit von zu viel Kalk oder Dolomit in der Formmasse.

Feuerfeste Fabriken, welche Magnesitsteine nebenher in kleineren Mengen erzeugen, brennen diese zusammen mit Quarzkalksteinen. Dazu werden sie so in den Ofen eingesetzt, daß sie nicht unmittelbar von der Stichflamme getroffen werden. Man schützt sie dagegen durch eine Reihe davor gesetzter Quarzkalksteine. Da die Brennwärme im allgemeinen eine sehr hohe sein muß, besetzt man nur die obersten Lagen in den Öfen mit Magnesitsteinen derart, daß man in 3 Lagen die einzelnen Steine auf die Köpfe stellt und sie in der obersten Lage verschränkt auf die hohe Kante legt. Man bringt so 2000 bis 3000 Steine in einen sonst mit Quarzkalksteinen besetzten Ofen von 100 t Inhalt.

Das Brennen und Ausfahren geschieht in der gleichen Weise wie bei den Quarzkalksteinen.

Für eine regelmäßige größere Erzeugung benutzt man den in dem Abschnitte über die Quarzkalksteine beschriebenen Kammerringofen mit Gasfeuerung und undurchbrochener Sohle. Das Abkühlen der gebrannten Steine muß sehr langsam geschehen, weil sie sonst Haarrisse und Sprünge bekommen. Deshalb muß der Ofen mindestens 20 Kammern enthalten, deren jede 10 bis 12 t Einsatz faßt. Die Kammern müssen verhältnismäßig klein und niedrig gehalten werden, weil in ihnen eine sehr hohe Brennwärme erzeugt und gleichmäßig verteilt werden muß, in welcher die Steine etwas erweichen und deshalb nicht zu hoch übereinander gesetzt werden dürfen, damit die Form der unteren Steine nicht durch den Druck der oberen Lagen zerstört wird. Boden, Wände und Gewölbe der Kammern werden aus Magnesitsteinen aufgemauert. Um das Zusammenbacken der Steine untereinander und mit der Ofen-

sohle zu verhindern, streut man Sägemehl oder Magnesitpulver dazwischen und setzt die Steine hochkantig mit Zwischenräumen von nur 1 bis 2 cm, damit sie gut von der Flamme umspült werden. Die in die Kammer eintretenden Gase werden durch Feuerkästen aus Ausschußsteinen in die Höhe geführt und durchziehen dann den Einsatz von oben nach unten. Die Brennwärme muß so hoch gesteigert werden, daß die Steine in höheren Wärmegraden gebrannt werden, als die sind, denen sie später ausgesetzt werden, damit sie dann nicht mehr nachschwinden. Man brennt sie deshalb so lange, bis im oberen Teile der Kammer der Segerkegel  $36 = 1790^{\circ}\text{C}$  zu schmelzen beginnt. Wenn die Kammer dann von der Gaszufuhr und der Esse abgeschlossen wird, tritt der Ausgleich der Wärme ein, die damit zugleich ihren höchsten Grad erreicht. Die Garbranddauer beträgt 24 Stunden, der Kohlenverbrauch einer Kohle von 6000 Wärmeeinheiten 30 bis 40% vom Gewicht des Einsatzes, die Brennschwindung der Steine bei normalen Größen in der Länge und Weite nur 1 bis 2 mm.

Ein guter Magnesitstein besitzt dunkelbraune Farbe, dichtes Gefüge, hohe Festigkeit und Härte und einen hellen Klang. Schmutzig hellfleckige Steine sind nicht genügend gebrannt oder haben Reduktionen erlitten. Sie werden durch nochmaliges Brennen nicht verbessert und deshalb wieder vermahlen.

Die Magnesitsteine müssen möglichst ohne Fugen vermauert werden. Sie werden in eine dünnflüssige heiße Masse, bestehend aus einer Mischung von Magnesitmehl und wasserfreiem Teer, eingetaucht und zum Verlegen fest aneinander gepreßt. Nach dem Vermauern einer Schicht füllt man etwa noch vorhandene kleine Fugen durch Vergießen mit der heißen Magnesit-Teermasse aus.

Beim Vermauern im Anschluß an tonerdehaltige feuerfeste Baustoffe müssen die Magnesitsteine durch eine Isolierschicht von Quarzkalksteinen, aus Magnesitteermörtel, Chromerz oder aus letzterem hergestellten Steinen geschützt werden.

Böden für die Thomasstahlbirne und die Herde der Siemensmartinöfen werden durch Einstampfen einer Mischung von gemahlenem Magnesit und wasserfreiem Teer hergestellt und vor der Benutzung festgebrannt.

Die Magnesitsteine bilden den feuerbeständigsten basischen Ofenbaustoff, den wir besitzen. Bei langsamem Anwärmen springen sie nicht, und sie erleiden selbst in den höchsten Wärmegraden keine Veränderung. Sie finden ausgedehnte Verwendung zum Bau der Martinöfen, Tieföfen und Elektrostahlöfen, der Roheisenmischer, zur Herstellung der Düsen und Konverter im Thomasstahlwerksbetriebe, in den Feuerungen der Schweiß- und Glühöfen der Walzwerke, in den Schmelz- und Raffinieröfen der Silber-, Kupfer- und Bleihütten und in der Brennzone der Dolomit- und Zementöfen.

# Die dolomithaltigen feuerfesten Baustoffe.

## Die Dolomitsteine.

Die feuerfesten Baustoffe aus Dolomit, Dolomitsteine und -masse, werden nicht in den feuerfesten Fabriken, sondern von den sie verbrauchenden Thomasstahlwerken selbst hergestellt. In der 3. Auflage von Kerl, Handbuch der gesamten Tonwarenindustrie, 1907, findet man darüber den eigentümlichen Satz: „Auf die verschiedenen Verfahren im einzelnen einzugehen, müssen wir uns versagen, da Ziegel aus dolomitischen Rohstoffen gegenwärtig jede Bedeutung verloren haben.“ Wenn unser verehrter Geheimrat Kerl das noch hätte lesen können, würde er wohl bedenklich den Kopf geschüttelt haben, denn der Dolomit ist auch heute noch der wichtigste und unentbehrlichste feuerfeste Rohstoff für die Herstellung des Thomasstahles auf der ganzen Erde. Zur Erzeugung von 1 t Rohstahl braucht man 22 bis 24 kg rohen = 11 bis 12 kg gebrannten Dolomit. Im Jahre 1910 wurden in Deutschland 8 030 571 t Thomasstahlrohblöcke erzeugt, zu deren Herstellung mindestens 176 672 t Rohdolomit = 88 336 t gebrannter Dolomit gebraucht wurden. Solchen Zahlen gegenüber kann man wohl kaum von der Bedeutungslosigkeit der dolomitischen Rohstoffe sprechen!

Das reine Mineral Dolomit besteht aus 30,5% Kalk, 21,7% Magnesia und 47,8% Kohlensäure, entsprechend der chemischen Formel  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ . Es kommt als Gestein in großen Lagern vor, in denen es durch Tagebau gebrochen wird. Es wird ausschließlich in gebranntem Zustande verarbeitet und deshalb bereits an den Fundstellen gebrannt.

Eine Mischung von gebranntem, gemahlenem Dolomit und wasserfreiem Teer benutzt man im Thomasstahlwerksbetriebe zur Herstellung des feuerfesten Futters der Konverter, der Konverterbirnen und von Steinen.

Der rohe Dolomit soll etwa folgende Zusammensetzung haben:

Glühverlust . . . . .	47—48 %
Kieselsäure . . . . .	1— 1,5 „
Eisenoxyd + Tonerde . . . . .	1— 2 „
Kalziumoxyd . . . . .	30 „
Magnesiumoxyd . . . . .	20 „

Vor der weiteren Verarbeitung muß der Dolomit durch Brennen von seinem Gehalt an Wasser und Kohlensäure befreit werden. Man zerkleinert ihn durch Steinbrecher in faustgroße Stücke und brennt diese mit Koks in Schachtofen klinkerhart.

Die Brennöfen sind aus Eisenblechen aufgebaut, 5 bis 7,5 m hoch, und haben einen Durchmesser von 2,5 bis 3 m. Die Ziehöffnungen befinden sich rd. 0,5 m über der Hüttensohle, der Gebläsewind tritt in 2 m Höhe in den Ofen. Der Blechmantel wird bis zu den Düsen mit Quarzschamottesteinen ausgemauert, von dort bis zur Gichtebene erhält er ein Futter aus Dolomitmasse. Die Öfen arbeiten entweder mit natürlichem Zug oder mit Gebläsewind; in beiden Fällen soll der Koksverbrauch 18 bis 20% vom Gewicht des Rohdolomites nicht übersteigen. Wird der Ofen nur auf Tagschicht oder mit Unterbrechungen betrieben, so steigt der Koksverbrauch nicht selten bis auf 40%, und das Ausbringen sinkt bedeutend.

Für den gleichmäßigen Gang des Ofens ist es sehr wichtig, gerade in den ersten Tagen nach der Inbetriebnahme Versetzungen zu vermeiden. Man nimmt deshalb anfangs nur kleine Kokssätze und läßt den Ofen in den ersten 24 Stunden nur mit natürlichem Zug arbeiten.

An Stelle der Schachtofen hat sich in neuerer Zeit der Drehrohr-ofen zum Brennen des Dolomites bewährt. Er hat den Vorzug, daß er auch den in den Brüchen fallenden Schotter, der zum Brennen im Schachtofen nicht geeignet ist, verarbeitet. Die Arbeitsweise des Drehofens ist folgende:

Das Rohgestein wird durch Brecher vorzerkleinert, weil dadurch ein schnelleres und besseres Durchbrennen des Dolomites erzielt wird. Das vorgebrochene Gestein wird in Vorratsräume gefördert, aus denen es in abgemessenen Mengen entnommen und durch Förderrinnen und Becherwerke in den Behälter über dem Ofeneinlauf gebracht wird. Von hier gelangt es durch ein Einlaufrohr in den Ofen. Derselbe besteht aus einer geneigt liegenden, auf einer Anzahl von Rollenlagerungen gestützten Trommel, die mit einem feuerfesten Futter ausgekleidet ist und durch ein Zahnradvorgelege in langsame Drehung versetzt wird. Die Trommel mündet an der Einlaufseite in eine Rauchkammer, die mit dem Kamin in Verbindung steht, und an der Auslaufseite in einen Feuerkopf. Das Brenngut durchwandert infolge der Neigung und Drehung die Trommel im Gegenstrom zu den durch eine Kohlenstaubfeuerung erzeugten Heizgasen. Es wird dadurch nacheinander getrocknet, bis zur Austreibung der Kohlensäure erhitzt und zum Sintern gebracht. Der gesinterte glühende Dolomit fällt dann zum Abkühlen in den Kühler. Dieser besteht ebenfalls aus einer geneigt liegenden und gedrehten, aber kürzeren Trommel. Der Kühler ist mit Wendeschaufeln versehen, die das zu kühlende Gut einem durchziehenden Luftstrom

aussetzen, wodurch ihm die Wärme entzogen und die Luft erhitzt wird, welche dem Ofen als Verbrennungsluft zuzieht. Der aus dem Kühler fallende abgekühlte Sinterdolomit wird durch Förderrinnen und Becherwerke in Sammelräume befördert und aus diesen nach Bedarf zum Versande den Eisenbahnwagen zugeführt.

Zum Sintern des Dolomites sind mindestens  $1700^{\circ}\text{C}$  erforderlich. Diese hohe Wärme wird im Drehofen auf die wirtschaftlichste Weise durch Kohlenstaubfeuerung erzielt. Die Feinmahlung der Kohle muß zur Erzielung einer guten Verbrennung so weit getrieben werden, daß auf dem 5000-qcm-Maschensiebe nur etwa 5 bis 10% Rückstand bleiben. Die Vermahlung geschieht in Kugelmühlen mit Stahl- oder Flintsteinkugeln. Vor dem Mahlen muß die Kohle in besonderen Trocknern getrocknet werden. Dieselben bestehen ebenfalls aus geneigt liegenden drehbaren Trommeln, die je nach der Art der zu verwendenden Kohle entweder nur von außen oder auch im Innern durch auf einer Rostfeuerung erzeugte Heizgase erwärmt werden. Die getrocknete und gemahlene Staubkohle wird den Vorratsbehältern durch genau regelbare Meßschnecken entnommen und den Staubdüsen des Drehofens zugeführt. Hier wird sie durch in einem Hochdruckventilator erzeugte Preßluft in den Ofen geblasen. Infolge der staubfeinen Mahlung der Kohle und der genau geregelten Zuführung und Mischung mit der Verbrennungsluft erfolgt die Verbrennung explosionsartig mit der erforderlichen hohen Wärmeentwicklung. Die Sinterzone des Drehofens muß deshalb mit einem Futter aus Dolomitmasse versehen sein, welches entweder durch sorgfältiges Einstampfen oder aus unter hohem Druck gepreßten Dolomitsteinen hergestellt wird.

Die Drehrohröfen werden bis zu einer Länge von 100 m ausgeführt, die Tagesleistung eines Ofens von 70 m Länge beträgt etwa 150 bis 170 t bei einem Verbrauch von etwa 30 bis 35% guter Kohle.

Für eine größere Erzeugung von Sinterdolomit dürfte deshalb der Drehrohrföfenbetrieb dem des Schachtofens vorzuziehen sein.

Auf den meisten Werken wird der Dolomit möglichst scharf gebrannt, und schwach gebrannte Stücke werden sorgfältig von der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen. Manche Hüttenwerke dagegen schreiben ihre guten Ergebnisse gerade der Verwendung des schwächer gebrannten Dolomites zu.

Der Teer muß dieselben Eigenschaften besitzen und wird in derselben Weise vorbereitet wie der zur Herstellung von Kohlenstoffsteinen (s. dort) benutzte.

Zur Anfertigung der Konverterböden zerkleinert man 3 Teile des scharf gebrannten Dolomites unter einem Koller auf Stücke von Erbsen- bis Walnußgröße und setzt diesem 1 Teil des in einer Mühle staubfein gemahlenden, schwach gebrannten Dolomites zu. Das Ganze wird dann mit 18 bis 20% Teer unter dem Koller gemischt.

Es ist nicht vorteilhaft, den Dolomit ganz zu Staub zu mahlen, weil er dann zuviel Teer aufnimmt und die aus solcher Mischung hergestellten Böden beim späteren Brennen leicht reißen.

Die Böden werden in eisernen Formen und auf den meisten Hüttenwerken mit Maschinen gestampft. Wo die Herstellung noch durch Handarbeit vorgenommen wird, entspricht die Arbeit des Formens genau der in der Herstellung der Kohlenstoffsteine beschriebenen. Wenn die Böden mit Schamotte- oder Magnesitdüsen verwendet werden, muß die Mischung zwischen den Düsen mit der Hand eingestampft werden. Die Windlöcher der Nadelböden werden während des Formens durch eiserne Nadeln frei gehalten. Nachdem der Boden genügend erhärtet ist, schlägt man die Eisennadeln heraus und ersetzt sie durch hölzerne, welche beim Brennen des Bodens verkohlen. Dort, wo die eisernen Nadeln auch während des Brennens in den Böden belassen werden, tritt wegen der größeren Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens leicht ein Festbrennen der Nadeln in der Bodenmasse ein. Nach Jakobs verhindert man dies am leichtesten, wenn man die Böden vor dem Brennen auf eine 5 cm hohe Schicht von Dolomitpulver legt und sie ebenso bedeckt; die Eisennadeln brennen dann nicht mehr fest und lassen sich leicht aus dem gebrannten Boden heraus schlagen.

Für die Herstellung des Konverterfutters verwendet man einen größeren Teil bereits gebrauchter und wieder aufbereiteter Masse mit einem Zusatz von frisch gebranntem Dolomit, ungefähr im Verhältnis von 3 : 1, und mit rd. 10% Teer.

Zur Anfertigung des Dolomitofenfutters kann man ausschließlich bereits benutzte Konverterfuttermasse mit einem Zusatz von 10% Teer verwenden. Es empfiehlt sich hier eine feinere Mahlung des Dolomites zu benutzen.

Die Dolomitsteine werden in gleicher Weise wie die Böden aus der Dolomitmischung mit einem Teerzusatz von 7 bis 10% und durch Pressen in eisernen Formen durch hohen Druck schwerer hydraulischer Pressen geformt. Sie werden ungebrannt ohne Mörtel mit engen Fugen vermauert, die Fugen mit einer dünnflüssigen Mischung aus Dolomitpulver und heißem Teer vergossen, und das Ganze wird schließlich durch vorsichtiges Erhitzen festgebrannt.

Die fertig gestampften Böden bedeckt man mit fest auf der Form verschraubten Eisenplatten und verschmiert sämtliche Fugen dicht mit Lehm. Das Futter der Konverter und des Dolomitofens wird über eisernen Formblättern in den Eisenmänteln eingestampft und dann durch Koksfeuer und vorsichtiges Anblasen festgebrannt. Die vorher gebrannten Böden werden nach Bedarf in den Konverter eingesetzt und mit den Teilen des Mantels durch eine dünnflüssige Mischung aus 1 Teil Dolomit und 1 Teil Teer verbunden. Das Bindemittel fließt durch

Hin- und Herkippen des Konverters an seinen Platz und brennt hier in der hohen Wärme schnell fest.

Zum Brennen der Böden benutzt man einen Kanalofen mit seitlichen Rostfeuerungen, der eine größere Anzahl von Böden aufnehmen kann. Die letzteren werden auf einem mit hydraulischem Hebewerk versehenen Wagen auf Schienengeleisen in den Ofen gefahren und auf an den Längsseiten desselben gemauerten Wangen von etwa 750 mm Höhe abgesetzt.

Nachdem der Ofen voll besetzt ist, schließt man die Türen, verschmiert sämtliche Fugen mit Lehm und unterhält dann 12 bis 18 Stunden lang ein dunkles Feuer auf den Rosten. Die Böden flammen dabei ab, und die Wärme im Ofen wird nur allmählich so weit gesteigert, daß das Verkoken des Teerrückstandes in den Böden eintritt. Es ist zu beachten, daß die Wärme während der Abflammzeit nicht zu schnell steigen darf, damit sich die frei werdenden Kohlenwasserstoffe nicht plötzlich entzünden und dadurch Explosionen hervorrufen. Danach brennt man 6 bis 8 Stunden lang mit hellem Feuer, bis die Bodenformen rotglühend geworden sind, worauf man die Kaminschieber nach und nach herunterläßt und endlich ganz schließt.

Nach Beendigung des Brandes läßt man den Ofen 2 Tage lang abkühlen und fährt die Böden dann aus.

Sie werden nun von der Form befreit, abgeputzt, die Eisennadeln oder die Kohlenreste der Holznadeln herausgeschlagen und sind dann gebrauchsfertig.



## Die Chromitsteine und andere weniger gebräuchte feuerfeste Stoffe.

(Mit teilweiser Benutzung von Schwartz, Feuerfeste und hochfeuerfeste Stoffe.)

Die Chromitsteine besitzen eine sehr hohe Feuerfestigkeit und sind unempfindlich gegen die Angriffe von Basen und Säuren. Ihr Hauptbestandteil besteht aus Chromit, einem Chromeisenerz mit der chemischen Zusammensetzung  $\text{FeO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , welches in Gängen und Nestern in Steiermark, im Banat, in Norwegen und auf Neuseeland vorkommt.

Die Feuerfestigkeit des Chromites steigt mit seinem Gehalt an Chromoxyd, der bis 64% betragen kann; durch größere Mengen von Kieselsäure, Tonerde und Magnesia wird sie vermindert.

Das zerkleinerte Mineral wird durch Schlämmen von seinen Verunreinigungen befreit; je reiner es verarbeitet werden kann, um so formbeständiger werden die daraus hergestellten Steine. Der geschlämte Chromit wird weiter zerkleinert, mit etwa 10% Kalkmilch und Teer durchgeknetet, zu Steinen geformt und in sehr hohen Wärmegraden gebrannt. Die gebrannten Steine werden wieder vermahlen und mit möglichst geringen Mengen desselben Bindemittels innig gemischt. Aus der Formmasse werden die Steine unter Pressen mit hohem Druck hergestellt und in Wärmegraden gebrannt, welche diejenigen übersteigen, denen sie später ausgesetzt werden sollen, bei rd.  $1700^\circ\text{C}$ .

Die Chromitsteine werden in den Martinöfen u. a. als Trennungsschicht zwischen die Magnesitsteine und die anderen dort verwendeten feuerfesten Steine eingemauert.

Quarzglas. Längere Zeit hoch über seinen Erweichungspunkt erhitzter reiner Quarzsand schmilzt zu einem zähen Glasfluß, dem Quarzglas, aus dem einfache Geräte, wie Tiegel und Röhren, für Laboratoriumszwecke hergestellt werden. Das Quarzglas zeichnet sich dadurch aus, daß es nur einen verschwindend kleinen Ausdehnungskoeffizienten besitzt und gegen den schroffsten Wärmewechsel völlig unempfindlich ist. Bei längerer Benutzung in einer  $1000^\circ\text{C}$  übersteigenden Wärme

tritt allmählich unter Entglasung die Umwandlung der amorphen Kieselsäure in Cristobalit ein; die Masse wird dabei trübe und undurchsichtig, danach bald brüchig und gasdurchlässig. Daneben ist das Quarzglas in höherer Wärme außerordentlich empfindlich gegen basische Angriffe und schmilzt mit Metalloxyden sofort zu einem Silikat zusammen. Dagegen ist es sehr widerstandsfähig gegen den Angriff von Säuren. Es kann deshalb nur zur Herstellung von kleineren Laboratoriumsgeräten benutzt werden, in größerem Maßstabe ist es geeignet zur Herstellung von Konzentrationsgefäßen und Röhren für die Schwefel-säureerzeugung.

Ergebnisse von Bedeutung werden vielleicht vorläufig noch nicht abgeschlossene Versuche haben, bei denen im elektrischen Ofen Blöcke aus reinem Quarzsand bis zum Erweichen gebracht und dann unter hohem hydraulischen Druck in Formen gepreßt werden. Vielleicht gelingt es auf diese Weise vollkommen raumbeständige Körper von beliebig großen Ausdehnungen und Formen aus einer reinen Quarzmasse herzustellen.

Magnesiumsilikate wie Asbest und Speckstein haben nur eine untergeordnete Bedeutung für die Herstellung feuerfester Gegenstände.

Magnesia ist unempfindlich gegen die meisten schmelzenden Metalle. Sie wird zur Herstellung von Tiegeln für Laboratoriumszwecke und von Heizröhren für elektrische Widerstandsöfen benutzt.

Borstickstoff besitzt einen bisher noch nicht gemessenen Schmelzpunkt, der wahrscheinlich oberhalb  $3000^{\circ}\text{C}$  liegt. Durch Sauerstoff und Wasserdampf wird er bereits in einer Wärme von  $700^{\circ}$  zersetzt. Er dient vorläufig hauptsächlich zur Herstellung von Röhren für elektrische Widerstandsöfen mit Kohlenfüllung für Laboratoriumszwecke.

Das aus dem brasilianischen Zirkonroherz gewonnene Zirkonoxyd ist ein Rohstoff, welcher sämtliche Eigenschaften in sich vereinigt, welche ein feuerfester Baustoff besitzen kann. Sein Schmelzpunkt liegt zwischen  $2950$  und  $3000^{\circ}\text{C}$ . Es wird weder von Säuren und Basen noch von schmelzenden Alkalien angegriffen. Der Ausdehnungskoeffizient des geschmolzenen Zirkonoxydes ist fast gleich Null. Daraus hergestellte Geräte können in glühendem Zustande in Wasser getaucht werden, ohne zu zerspringen. Ihre elektrische Leitfähigkeit ist auch in höheren Wärme-graden so unbedeutend, daß sie vorzügliche Isolatoren für elektrische Ströme bilden. Das Zirkonoxyd würde wegen seiner Eigenschaften eine wichtige Rolle in der Herstellung feuerfester Erzeugnisse spielen können. Wegen seines hohen Preises kann man es jedoch nicht in reinem Zustande verwenden, sondern man ist zu Mischungen gezwungen, deren Eigenschaften noch nicht genügend erforscht sind, um von einer wirtschaftlichen Herstellung allgemein brauchbarer Zirkonsteine reden zu können.

## Die feuerfesten Mörtel.

Feuerfester Mörtel wird oft unter der falschen Bezeichnung feuerfester „Zement“ oder „Feuerzement“ in den Handel gebracht. Von einem zementartigen Bindemittel erwartet man, daß dasselbe nach bestimmter Zeit an der Luft zu einer festen Masse erhärtet; der feuerfeste Mörtel besitzt diese Eigenschaft nicht. Er hat den Zweck, die Fugen zwischen den Steinen auszufüllen und die hier dem Feuer und den Schlacken gebotenen Angriffsstellen des Mauerwerkes zu schützen. Seine Eigenschaften müssen deshalb ungefähr denen der Steine entsprechen. Weil der Mörtel aber roh verarbeitet werden muß und erst später festbrennen kann, wählt man dazu eine Mischung, welche einen etwas niedrigeren Schmelzpunkt besitzt als die Steine selbst, und in der Wärme des Ofens frittet, ohne dabei zu schwinden oder sich aufzulockern.

Oft wird auf die Güte des Mörtels viel zu wenig Wert gelegt, während gleichzeitig für die Haltbarkeit der Steine die weitgehendsten Sicherheiten verlangt werden. Kein Erzeuger feuerfester Steine sollte deshalb eine Gewähr für die Haltbarkeit eines aus seinen Steinen hergestellten Mauerwerkes übernehmen, wenn er nicht auch den dazu gehörenden Mörtel in der geeigneten Güte liefert. Auf der anderen Seite wird oft die Unerfahrenheit solcher Leute, wie z. B. der Dampfkesselbesitzer, welche nur einen geringen Bedarf an feuerfesten Baustoffen haben, in eigenartiger Weise ausgenutzt. Man findet Angebote von „feuerfestem Zement“, „hergestellt aus Kaolin, welcher, in einem trockenen, zum Teil gebrannten und feingemahlten Zustande als feuerfester Zement zubereitet, mit einem Gehalt von rd. 95% Kieselsäure in den Handel gebracht wird“. Roher Kaolin enthält mindestens rd. 20% Tonerde und 80% Kieselsäure, Kaoline mit 95% Kieselsäure gibt es nicht. Derartige „Feuerzemente“ sind entweder sandige Abfallprodukte der Kaolinschlammereien, oder sie bestehen aus natürlichem Klebsand oder aus reinem Sand mit einem geringen Zusatz von gemahlenem Ton. „Gewöhnlich glaubt der Mensch, wenn er nur Worte hört, es müsse sich dabei doch auch was denken lassen.“ Bei sog. feuerfesten Mörteln dagegen heißt es oft genug „denn eben wo Begriffe fehlen, da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein“. Der „Fabrikant“ nennt das Zeug, mit dem er die Menschheit beglücken will, Pyrografitin, Pyroglutin oder mit ähnlichen gelehrt klingenden Namen. Nach dem schönen Grundsatz „Mundus vult Mumpitz, ergo mumpitziatur“ mischt er gemahlene Graphitiegelscherben mit Schamottesteinmehl und Ton (Pyrografitin) zusammen oder nimmt Klebsand (Pyroglutin), packt es in hübsch aussehende Blechgefäße oder Säcke, läßt bunte Anpreisungen drucken und findet mit leichter Mühe Tausende von Abnehmern, die ihm für das

Zeug, das sie sich für wenige Pfennige leicht selbst herstellen könnten, schweres Geld bezahlen und ihm glänzende Zeugnisse darüber ausstellen. Sogar bedeutende Werke beziehen derartige Mörtel, Schmier- und Stampfmassen in ganzen Waggonladungen, und es ist fast ungläublich, welche Unsummen aus mangelnder Sachkenntnis dafür bezahlt werden.

Für viele Zwecke genügt ein aus Klebsand oder aus Sand und gemahlenem Ton bestehender, verhältnismäßig billig herzustellender Mörtel vollständig. Meistens wird man aber dazu dieselben Rohstoffe zusammenstellen, aus denen die damit zu vermauernden Steine bestehen, ihnen aber, um die Bindefähigkeit zu vermehren, einen größeren Zusatz von Bindeton geben und das Ganze möglichst fein mahlen. Durch die feinere Mahlung und Verpackung in Säcke ist leicht ersichtlich, daß ein guter Mörtel für höhere Beanspruchungen nicht viel billiger geliefert werden kann als die Steine selbst.

Quarztonsteine vermauert man mit einem Mörtel aus feingemahlenem Quarz und gutem Bindeton.

Zum Vermauern der Quarz- und Quarzschamottesteine benutzt man Klebsand oder eine Mischung von feinem Sand, gemahlenen Steinresten und Bindeton.

Tonschamottesteine werden mit einem aus feingemahlener Schamotte und Bindeton, nach Bedarf mit einem Zusatz aus gemahlenen Quarzschamottesteinen, bestehendem Mörtel vermauert.

Magnesitsteine verbindet man durch eine Mischung aus feingemahlenem gebranntem Magnesit mit einem Zusatz von wasserfreiem Teer.

Mörtel für Kohlenstoffsteine besteht aus 2 Teilen Koksstaub und 1 Teil Tonmehl.

Dolomitsteine werden vor dem Einmauern mit Teer bestrichen, die Fugen brennen dann im Feuer dicht.

Zum Verschließen des Stichloches der Schmelzöfen und zur Vornahme schnell nötig gewordener Ausbesserungen benutzt man eine möglichst wasserarme Mischung von groben Schamotte- und Quarzkörnern mit wenig Bindeton. Vielfach wird diese sog. Stampfmasse auch noch mit grobem Koks klein vermischt.

Für manche Zwecke, besonders in der sog. trockenen Hitze, empfiehlt sich ein Mörtel aus Schamotte, Ton und Graphit haltigen Abfällen gemischt.

Sämtliche tonhaltige Mörtel werden vor der Verwendung in flachen Kästen ausgebreitet und mit wenig Wasser aufgeschlämmt. Am besten läßt man sie so längere Zeit, oft mehrere Tage lang, stehen. Wenn die Masse dann von dem Wasser gut durchdrungen ist, setzt man von neuem Wasser hinzu und arbeitet das Ganze zu einem dünnen Brei gut durcheinander.

Mörtel mit Teerzusatz müssen möglichst heiß verarbeitet werden.

Die Fugen des feuerfesten Mauerwerks nimmt man möglichst dünn, höchstens 5 mm stark.

Steine mit großen Flächen werden durch vorsichtiges Behauen etwas aufgeraut und so lange aufeinander geschliffen, bis die Lagerflächen ganz eben geworden sind.

Beim Vermauern bedeckt man den liegenden Stein mit einer gleichmäßig verteilten dünnen Mörtelschicht, dann legt man den folgenden Stein darauf, drückt ihn fest an und bringt beide Steine durch vorsichtiges Hin- und Herreiben so dicht wie möglich zusammen, wobei die überschüssige Mörtelmenge an den freien Seiten herausgedrückt und abgestrichen wird. Die äußeren Fugen des Mauerwerkes werden sorgfältig mit Mörtel verstrichen.

Das neu aufgebaute Mauerwerk muß, bevor es in Betrieb genommen wird, durch vorsichtiges Anwärmen stets sehr langsam und allmählich ausgetrocknet werden.

## Schlichten und Glasuren.

Schlichten sind aus feuerfesten Rohstoffen zusammengesetzte Anstrichmassen. Man benutzt sie in den Stahlwerken zum Ausstreichen der Kokillen und Gußformen, und in den Gießereien zum Anstreichen der Kerne und Gußformen, damit die Gußstücke eine saubere glatte Oberfläche erhalten und sich leicht aus der Form bzw. von dem Kern- und Formsand loslösen lassen.

Die zu den Schlichten verwendeten Rohstoffe müssen staubfrei gemahlen und innig miteinander gemischt werden. Zum Gebrauche werden sie gut in Wasser aufgeschlämmt und mit einem Pinsel aufgestrichen.

Ihre Zusammensetzung besteht aus Schamottmehl, Graphittiegel-scherbenmehl, Graphit, Tonmehl und Formsand.

Schlichten für Metallguß bestehen aus Graphit und Tonmehl, welche mit Melasse gemischt werden.

Das Glasieren feuerfester Gegenstände ist, wie bereits mehrfach erwähnt wurde, vollständig überflüssig, weil diese sich im Feuer stets von selbst mit einer Glasur überziehen, während eine besonders aufgetragene Glasur den Zweck, sie widerstandsfähiger zu machen, kaum erfüllen kann. Es hat keinen Wert, die Zusammensetzung von Glasuren anzugeben. Dieselben sind sehr verschiedenartig, sie müssen aber in jedem Falle durch eingehende Versuche dem Scherben, für den sie benutzt werden sollen, angepaßt und so zusammengesetzt werden, daß sie in der Garbrandwärme zu einem dünnen, gleichmäßig verteilten Überzuge schmelzen.

## Die Behandlung der feuerfesten Baustoffe.

Für die Haltbarkeit des feuerfesten Mauerwerkes ist, abgesehen von der richtigen Wahl der Baustoffe, auch ihre Behandlung von Wichtigkeit.

Zur Beförderung auf der Eisenbahn oder im Schiff können Steine von gewöhnlichen, regelmäßigen Formen ohne besondere Verpackung verladen werden. Formsteine oder Erzeugnisse von empfindlichen Formen, wie Tiegel, Röhren, Muffeln, Retorten usw., müssen sorgfältig und fest in Stroh verpackt und, wenn nötig, durch Lattenverschläge oder Kisten vor Beschädigungen auf dem Wege geschützt werden. Schamottesteine können auf weitere Entfernungen in offenen Wagen versandt werden, andere feuerfeste Steine und den Mörtel verschickt man in gedeckten Wagen oder schützt sie wenigstens durch Waggondecken.

Jede Bahnsendung sollte vor dem Versand oder bei der Ankunft an ihrem Bestimmungsort gewogen werden.

Der Empfänger hat für ein sachgemäßes Ausladen Sorge zu tragen. Steine und Mörtel müssen nach der Güte, Formsteine nach den Nummern getrennt an vor der Witterung geschützten Plätzen so aufgestapelt werden, daß die einzelnen Sorten und Nummern zu jeder Zeit leicht erreichbar sind.

Es ist allgemein üblich, jeder Sendung eine gewisse Menge von sog. Plussteinen beizufügen, meistens bis zu 5%; trotzdem kann durch schlechte Verpackung, unvorsichtiges Rangieren der Eisenbahnwagen oder beim Ausladen ein größerer Teil der Steine derart beschädigt werden, daß sie nachher nicht mehr vermauert werden können. In dem Falle muß dem Lieferer sofort die Nummer und Stückzahl der beschädigten Steine mitgeteilt werden, damit die Nachlieferung ohne Zeitverlust stattfinden kann.

Es kommt vor, daß das Ausladen der Steine von ungeübten Leuten vorgenommen wird, welche sie wie Mauersteine in Kippwagen werfen und dann auf der Baustelle auskippen. Für die Folgen einer derartigen Behandlung kann man den Erzeuger nicht verantwortlich machen wollen.

Auf großen Hüttenwerken, welche in der Lage sind, für ihre Ofenbauten und Ausbesserungen besondere, geschulte Angestellte zu unterhalten und deren Arbeiten mit der nötigen Ruhe ausführen zu lassen, wird selten eine nicht sachgemäße Behandlung der feuerfesten Baustoffe vorkommen. Da wird jeder einzelne Stein genau auf den anderen gepaßt, Unebenheiten werden sachgemäß bearbeitet, eine Steinnummer richtig an die andere gefügt und gut vermauert. So entsteht ein vorschriftsmäßig ausgeführtes Bauwerk, dessen spätere Haltbarkeit die Mühe der sorgfältigen Herstellung reichlich bezahlt macht.

Anders spielt sich leicht alles ab, wenn die Ausführung einer größeren Neuanlage einem besonderen Unternehmer übertragen wird, der zwar

verpflichtet ist, genau und sachgemäß zu arbeiten, daneben aber auch bestrebt ist, seine Arbeiten so schnell als möglich zu beenden. Das Ausladen der Baustoffe geschieht hier oft mit wenig Sorgfalt, mit dem Trennen der einzelnen Steinsorten und -nummern wird es nicht so genau genommen, verschiedene Steine von ähnlicher Form werden leicht durcheinandergebracht, die Bauausführung wird an verschiedenen Stellen gleichzeitig in Angriff genommen, und Steine, die an der einen Stelle fehlen, werden leicht von der anderen fortgeholt. Hat der Maurer eine bestimmte Steinsorte nicht gleich bei der Hand, so besinnt er sich nicht lange dafür eine andere, ähnlich geformte, zu nehmen und diese schnell etwas zurechtzuhaben; schließlich fehlen von einer Sorte viele Steine, während von einer anderen ein unerwarteter Überfluß zurückbleibt. Auch kommt es vor, daß eine Steinsorte unter einem großen Haufen einer anderen verstampelt wird; sie ist lange Zeit nirgends zu finden und kommt erst zum Vorschein, nachdem man sich auf andere Weise dafür Ersatz geschafft hat. In solchen Fällen wird der Hersteller leicht mit Vorwürfen wegen falscher Lieferung bestürmt, unnötige Nachlieferungen müssen in größter Eile vorgenommen werden, und die so entstehenden Unannehmlichkeiten nehmen kein Ende.

Die hier beschäftigten Bauarbeiter können gar nicht sorgfältig genug beaufsichtigt werden, indes ist diese Aufsicht keine leichte, weil fremde Arbeiter an sich schon nicht leicht zu behandeln sind, meistens im Gedinge arbeiten und neben ihren eigenen hauptsächlich die Belange ihres Arbeitgebers im Auge haben, während sie sich den Anordnungen eines dritten, für den Bauherrn die Aufsicht führenden, Beamten nur mit den größten Schwierigkeiten fügen. Hier ist meistens ein rücksichtsloses Vorgehen des Bauherrn dringend nötig.

Ebenso notwendig ist es, ein in der Ausführung begriffenes größeres Bauwerk aus feuerfesten Baustoffen durch ein leichtes Dach gegen Witterungseinflüsse zu schützen. Der Schaden, den im anderen Falle ein plötzlich eintretender Regenguß durch Auswaschen des frischen Mörtels aus den Fugen verursacht, ist nachher kaum wieder gut zu machen.

Durch Verputzen und Verfugen läßt sich mancher Fehler zudecken, wie es aber bei nicht sorgfältiger Arbeit hinter den Außenseiten und in den Wänden selbst aussieht, läßt sich bei der Abnahme eines fertigen Bauwerkes, welches dann gewöhnlich auch möglichst schnell in Betrieb genommen werden soll, nicht feststellen, und oft hat der Besitzer desselben eine vorher gezeigte falsche Sparsamkeit oder die ungenügende Aufsicht während der Herstellung mit einer nicht genügenden Haltbarkeit oder mit Betriebsstörungen teuer zu bezahlen.

Auch das alte Wort: „Wie der Preis, so die Ware“ wird bei den feuerfesten Baustoffen aus den verschiedentlich angedeuteten Gründen oft nicht genügend berücksichtigt.

Bei der Herstellung der feuerfesten Baustoffe ist ebenfalls mit manchen Unannehmlichkeiten zu rechnen. Von Anfang bis zu Ende ist der Erzeuger auf seine eigene Sachkenntnis, auf die Ehrlichkeit seiner Lieferer, auf die Zuverlässigkeit, Sorgfalt und Geschicklichkeit seiner Meister und auf die Handfertigkeit seiner Arbeiter angewiesen, und ein einziger nachlässiger Handformer kann ihm leicht großen Schaden verursachen.

Für regelmäßige und gleichartige Lieferungen kann man stets genügende Vorräte versandbereit auf dem Lager halten. Anders ist es, wenn es sich um die Lieferungen für größere Neuanlagen handelt, bei denen oft eine außerordentlich große Menge verschiedener Steinformen gebraucht wird. Hier ziehen sich erst die Lieferungsverhandlungen in die Länge, einzelne Teile werden später abgeändert, dann soll die Ablieferung möglichst schnell hintereinander erfolgen. Später werden für die Anlage gebrauchte Eisenkonstruktionen oder Maschinen nicht rechtzeitig fertig, und die ursprünglichen Abmachungen über die Fertigstellung der ganzen Anlage müssen demgemäß geändert werden, z. B. werden statt eines Hochofens dann erst die Winderhitzer gebaut. Dabei werden ganz andere Arten und Sorten von Steinen, als anfangs bestimmt war, zuerst gebraucht; in der Herstellung derselben muß vieles abgeändert werden, und daneben sollen andere inzwischen eingegangene Aufträge ebenfalls Erledigung finden. Dies sind oft unangenehme Störungen für den sorgfältig geregelten Betrieb. Kommen dann noch nicht vorherzusehende Schwierigkeiten in der Herstellung selbst hinzu durch plötzlich nötig gewordene Ausbesserungen an den Maschinen oder den Öfen oder durch andere Zwischenfälle, wie sie in keinem größeren Betriebe zu vermeiden sind, dann wird es dem Hersteller schwer, seinen eingegangenen Verpflichtungen in der gewünschten Weise nachzukommen, und er findet dann nicht immer das in seiner Lage nötige Entgegenkommen des Auftraggebers.

Mögen diese Zeilen zur Förderung einer größeren gegenseitigen Verständigung beider Teile zum Nutzen der feuerfesten Industrie beitragen!

## Die Prüfung der feuerfesten Baustoffe.

Wir besitzen bis jetzt noch kein allgemein anerkanntes und überall gleichmäßig ausgeführtes Verfahren zur Prüfung der feuerfesten Baustoffe. Bei der Verschiedenartigkeit ihrer Zusammensetzung, Herstellungsweise und Verwendung ist es sehr schwer, Vorschriften für ihre Prüfung aufzustellen, durch welche die Belange beider Teile, der Hersteller und der Verbraucher, in jeder Weise sachgemäß und gleichmäßig gewahrt werden. In jedem Falle können sie nur für jede einzelne Art der feuerfesten Baustoffe getrennt aufgestellt werden. Es würde eine der ersten und wichtigsten Arbeiten für den auf S. 12 gedachten



Arbeitsausschuß sein, solche Vorschriften auszuarbeiten und ihre allgemeine Ausführung durchzusetzen.

Dr.-Ing. Canaris hat vom Standpunkte des sachverständigen und der feuerfesten Industrie wohlwollend gegenüberstehenden Hüttenmannes durch einen Vortrag vor der Hauptversammlung des Bundes deutscher Fabriken feuerfester Erzeugnisse im Jahr 1914 wertvolle Vorschläge für die Prüfung der feuerfesten Baustoffe gemacht, welche als Grundlage endgültiger Bestimmungen dienen können.

Canaris weist vor allem darauf hin, daß das Verhalten eines einzelnen Steines, wie er bisher häufig zur Prüfung benutzt wurde, in vielen Fällen ein ganz anderes ist als das eines aus derselben Steinsorte hergestellten Ofenmauerwerkes. Die Untersuchung einzelner Steine kann für bestimmte Zwecke nützlich sein, maßgebende Prüfungen für die Verwendbarkeit einer Steinsorte soll man aber möglichst nicht mit einzelnen Steinen, sondern mit ganzem daraus hergestelltem Mauerwerk (Pfeilern) im Betriebe selbst oder unter demselben möglichst nahekommenden Bedingungen vornehmen. Solche Prüfungen können natürlich nicht unter den beschränkteren Verhältnissen eines Laboratoriums ausgeführt werden, sondern wir müßten dafür eine besondere Anstalt, nach Art der von mir auf S. 12 vorgeschlagenen, besitzen.

Als die wichtigsten zu untersuchenden Eigenschaften führt Canaris die folgenden an.

Die äußere Form der Steine durch Nachmessen einzelner Steine.

Die Feststellung der Zusammensetzung durch die chemische Analyse. Dieselbe besitzt nicht die Bedeutung, welche man ihr früher allgemein beilegte, sie ist aber in den Fällen wichtig, wo es sich um den Nachweis gewährleisteter Mengen von Tonerde oder anderer Bestandteile und der Flußmittelmengen handelt.

Die mikroskopische Untersuchung, unter Umständen daran anschließend die Prüfung der Wachstumsgeschwindigkeit für die Beurteilung der Verwendbarkeit der Quarzite und Quarzkalksteine.

Die Bestimmung des Schmelzpunktes, zu welcher die Proben nicht pulverisiert und zu besonderen Probekörpern geformt, sondern in Stücken aus den zu prüfenden Gegenständen herausgeschlagen werden müssen. Vergleiche mit Segerkegeln ergeben nur schätzungsweise Bestimmungen des Schmelzpunktes. Genaue Zahlen lassen sich nur durch Ausführung der Untersuchung im elektrischen Ofen und Bestimmung des Wärmegrades durch Elektropyrometer erhalten.

Das Schwinden oder Wachsen wird am zuverlässigsten dadurch festgestellt, daß man in einem Betriebsofen eine frei durch das Gewölbe hindurchgehende Säule aus den zu prüfenden Steinen baut, deren Länge genau festgestellt wird. Während der Ofen im Feuer steht, wird die Bewegung der Säule durch ein Hebelwerk auf ein Zeigerwerk oder eine

Selbstschreibevorrichtung übertragen, mit deren Hilfe sie leicht gemessen werden kann.

Die Widerstandsfähigkeit gegen Wärmeschwankungen soll durch Erhitzen einzelner Steine und nachheriges Abkühlen durch Anblasen eines kalten Luftstromes oder durch Eintauchen in Wasser geprüft werden. Ich halte eine so gewaltsame Behandlung der Steine nicht für erforderlich, da sie wohl in keinem metallurgischen Betriebe vorkommt. Selbst beim Besprengen des aus dem Ofen herausgedrückten Kokskuchens kommt das Kühlwasser nur in einzelnen Tropfen mit dem Koksofenmauerwerk in Berührung, die sofort verdampfen. Die Abkühlung der hochoverhitzten Steine in der freien Luft an vor Zug geschützter Stelle wird zur Ausführung dieser Probe genügen.

Die Sprödigkeit der Steine wird sich durch ein Schlagwerk mit einem bestimmten Gewicht des Hammers bei gleichmäßiger Fallhöhe feststellen lassen und so zuverlässiger bestimmt werden als durch Behauen der Steine von Hand mit dem Maurerhammer.

Die Druckfestigkeit ist durch die bisher übliche Untersuchungsweise leicht und in zuverlässiger Weise zu ermitteln. Canaris bestätigt, daß der Druck, den die feuerfesten Baustoffe auszuhalten haben, viel geringer ist, als im allgemeinen angenommen wird. Nach seiner Angabe beträgt der höchste Druck auf die Steine im Winderhitzer nicht mehr als 10 kg/qcm und im Martinofen nicht mehr als 2 kg/qcm. Diesen Druck hält jeder scharf gebrannte, nicht besonders als porös hergestellter, feuerfester Stein mit 10facher Sicherheit aus, und demgegenüber erscheint es als überflüssig, die Druckfestigkeit sonst gut hergestellter Steine noch besonders zu prüfen.

Die Festigkeit und Tragfähigkeit in höheren Wärmegraden ist dagegen in manchen Fällen von großer Wichtigkeit, weil z. B. jeder Schamottestein bei einem bestimmten Wärmegrade anfängt, langsam zu erweichen. Die Ausführung dieser Prüfung läßt sich leicht in derselben Weise vornehmen, wie die Prüfung des Schwindens, indem man den Probefeiler mit Gewichten belastet. Die Schwindung steht in engster Verbindung mit dem Erweichen bzw. der Tragfähigkeit der Steine.

Die Porosität der Steine wird in der üblichen Weise durch Prüfung der Wasseraufnahme bestimmt. Von Wichtigkeit dürfte auch die durchschnittliche Größe und Form der einzelnen Poren sein, welche vielleicht durch stets unter gleichen Verhältnissen auszuführende photographische Aufnahmen geprüft werden kann.

Die Widerstandsfähigkeit gegen schmelzende Beschikungen und flüssige Metalle und Schlacken kann nur durch Schmelzproben und darauf folgende Prüfung festgestellt werden, in welcher Weise und wie tief der Stein hierbei durch den Schmelzvorgang angegriffen ist.

Die Widerstandsfähigkeit gegen den Angriff von Gasen und Staub kann dadurch geprüft werden, daß aus den Probesteinen hergestelltes Mauerwerk in entsprechenden Wärmegraden diesen Einflüssen ausgesetzt wird, wonach die Steine dann eingehend zu untersuchen sind.

Über die Untersuchung der Wärmeleitfähigkeit und Gasdurchlässigkeit hat Dr. Philips in Stahl und Eisen 1909, S. 1221/24, ausführliche Angaben gemacht. Danach steigt die Wärmeleitfähigkeit mit der Erhöhung der Erwärmung und mit dem Wärmegrade, bei welchem die Steine gebrannt sind. Magnesitsteine haben eine doppelt so hohe, Kohlenstoffsteine eine 5mal größere Wärmeleitfähigkeit als Schamottesteine, auch die der Quarzkalksteine ist nach den neuesten Untersuchungen aus den Koksöfenbetrieben größer. Die Gasdurchlässigkeit wird durch die Luftmenge festgestellt, die in der Zeiteinheit durch eine bestimmte Fläche von bestimmter Stärke durch die Steine hindurchgesogen werden kann. Sie hängt von der Größe der Poren ab, denn Kohlenstoffsteine, die sehr porös sind, aber sehr kleine Poren besitzen, sind für Gase fast undurchlässig.

Die Gewährleistung für eine bestimmte Lebensdauer der feuerfesten Baustoffe kann kein Hersteller übernehmen, weil diese zum großen Teil von der Bauart der damit hergestellten Anlagen, von deren Bauausführung, von der Betriebsweise und der mehr oder weniger sachgemäßen Behandlung im Betriebe abhängig ist, alles Dinge, die seinem Einblick und seiner Einwirkung entzogen sind.

## Die Ausbildung der technischen Angestellten.

Die Ausübung eines jeden Berufes erfordert eine sachgemäße Vorbildung, und je besser und gründlicher diese gewesen ist, um so besser wird der damit Ausgerüstete den Anforderungen seines Berufes entsprechen können. Es dürfte gerade jetzt besonders zeitgemäß sein, über die Ausbildung der technischen Angestellten der feuerfesten Industrie zu sprechen.

Bereits in früheren Abschnitten (S. 127) ist darauf hingewiesen, daß die beste Vorbildung für den späteren Besitzer, Leiter und Vertreter einer feuerfesten Fabrik die des Hüttenmannes sein muß. Ebenso wie in vielen anderen Gebieten der Industrie haben wir auch hier hervorragend tüchtige Männer in leitenden Stellungen, welche diese Vorbildung nicht besitzen und aus dem Kreise der Chemiker hervorgegangen sind. Ich bin aber überzeugt, daß gerade diese nach ihren eigenen Erfahrungen mit mir einverstanden sein werden. Auch ist zu berücksichtigen, daß in der Leitung eines großen Unternehmens die Tätigkeit des an erster Stelle stehenden Mannes selten eine rein technische, sondern viel mehr

die eines technisch und kaufmännisch beschäftigten höheren Verwaltungsbeamten ist, dem für den eigentlichen Betrieb die rein technischen Beamten zur Seite stehen, und die hierfür erforderlichen Fähigkeiten können zwar bis zu einem gewissen Grade erworben werden, in der Hauptsache sind sie aber angeboren und nur im Laufe der Jahre weiter entwickelt. In jedem Falle findet der spätere höhere Angestellte der feuerfesten Industrie reichlich Gelegenheit, sich die für ihn erforderliche Vorbildung zu erwerben, wozu neben dem technischen Teile auch der Besitz kaufmännischer Kenntnisse gehört, damit er seine Selbstkostenberechnungen richtig aufstellen, den schriftlichen und mündlichen Verkehr mit Lieferanten und Abnehmern übernehmen und die Jahresabschlüsse bearbeiten kann.

In weitgehender Weise ist aber jeder höhere Angestellte von der Sachkenntnis seiner technischen Unterbeamten, der Meister, abhängig. Wie sieht es nun mit deren Vorbildung aus? Wir haben viele sehr tüchtige Meister in unserem Fache, die meistens in ihrem Betriebe aufgewachsen, die Stelle, in die sie hineingewachsen sind, zur vollsten Zufriedenheit ihrer Vorgesetzten ausfüllen; ebenso viele finden wir aber, die ihrer Stellung nur recht wenig gewachsen sind, sich nur mit Mühe darin erhalten, und die in einer anderen Stellung auf einem anderen Werke leicht vollständig versagen. Der Grund hierfür liegt darin, daß die ersteren sich durch besondere Begabung und eigenen Fleiß in ihre Tätigkeit eingearbeitet haben, während die anderen nur das Handwerksmäßige beherrschen und nicht viel mehr als gute Arbeiter sind; eine wirklich sachgemäße Vorbildung für ihren Beruf besitzen aber nur wenige. Entweder stammen sie aus einer Meisterfamilie und haben dann wenigstens die Erfahrungen ihrer Väter übernehmen können, oder sie sind aus der Stellung eines tüchtigen Arbeiters gelegentlich in eine Meisterstelle emporgestiegen, und haben das dazu Nötigste ihren Kameraden abgesehen, bzw. sind sie von ihren Vorgesetzten allmählich angelehrt. Wenn sie nicht Gelegenheit gefunden haben ihre Stellung im Laufe der Jahre öfter zu wechseln und dadurch andere Verhältnisse kennen zu lernen, bleibt ihr Gesichtskreis beschränkt und einseitig. Es ist von größter Wichtigkeit, daß die feuerfeste Industrie diesen Zuständen ein Ende macht und für eine sachgemäße Vorbildung ihrer Meister sorgt.

Die feuerfeste Industrie bildet einen wichtigen und umfangreichen Teil der Baukeramik. Ihr Arbeitsfeld ist in den vorstehenden Abschnitten geschildert; ich möchte es als den technischen Teil der Baukeramik bezeichnen, da sie ausschließlich für die Technik tätig ist, während man den anderen, welcher den Bedarf des gewöhnlichen bürgerlichen Lebens an Mauerziegeln aller Art, Dachziegeln, Klinkern, Verblendern, Platten, Ton- und Steinzeugröhren u. a. mehr

herstellt, wohl als den bürgerlichen Teil der Baukeramik bezeichnen kann.

Wir besitzen einige Fachschulen, welche die Ausbildung von Meistern für die Baukeramik bezwecken, z. B. in Frankfurt a. O., in Chemnitz, Sternberg i. M. und Detmold. Die bekannteste dieser Fachschulen war lange Jahre die Zieglerschule in Lauban. Nach dem Tode ihres Begründers wurde ihre Leitung einem Manne übertragen, der es in keiner Weise verstanden hat, sie weiter zu entwickeln. Nachdem dieser sich schließlich aus verschiedenen Gründen unmöglich gemacht hatte, mußte er endlich entfernt werden. Die Stadt Lauban war durch die jahrelangen ungünstigen Ergebnisse der Schule verärgert, die Einwohner besaßen kein Verständnis für den Vorteil, den ihnen eine gut geleitete derartige Fachschule bringen konnte, und die Schule mußte deshalb geschlossen werden. Ich habe mich damals zusammen mit Mitgliedern des Vereines ehemaliger Laubaner Zieglerschüler bemüht, die Wiedereröffnung dieser Schule in Görlitz herbeizuführen. Görlitz bildet ungefähr den Mittelpunkt der niederschlesischen sehr umfangreichen und verschiedenartigen baukeramischen Industrie, deren einzelne Werke von dort aus leicht besucht werden können. Daneben besitzt es sowohl eine kaufmännische Fachschule als auch eine Maschinenbau- und Baugewerkschule, bekannte Maschinenfabriken für die baukeramische Industrie und in einer derselben eine hervorragend schöne Sammlung von für die Baukeramik wichtigen Gesteinen und sonstigen Rohstoffen. Alle diese Gründe ließen Görlitz als einen viel geeigneteren Ort für eine baukeramische Fachschule erscheinen als Frankfurt a. O., wo sie im vergangenen Jahre neu eröffnet ist. Die dortigen Einrichtungen sind mir nicht bekannt, die Schule scheint sich aber nicht in der erwarteten Weise zu entwickeln, denn ihre Schließung ist bereits wieder in Aussicht genommen, wenn die Industrie nicht die zu ihrer Erhaltung nötigen Mittel aufbringt, was bei deren jetziger Lage kaum anzunehmen ist. Hätte man die Zieglerschule in Lauban zur rechten Zeit in der richtigen Weise eingerichtet und die dazu nötigen Mittel bereits vor Jahren durch die jetzt veranstalteten Sammlungen aufgebracht, dann könnte diese dort eine blühende Anstalt geworden sein. Auf Grund der hier gemachten Erfahrungen lassen sich aber Vorschläge für die Einrichtung einer guten baukeramischen Fachschule machen, die wir heute mehr als je dringend nötig haben. Nachdem die Schule einmal in Frankfurt a. O. eingerichtet ist, muß die gesamte baukeramische Industrie, auch die feuerfeste, alles aufbieten, um sie am Leben zu erhalten und lebensfähig zu gestalten.

Für einen Fehler halte ich den Anschluß dieser Schule an die Baugewerkschule. Abgesehen von den Hilfswissenschaften, die von Lehrern einer jeden anderen Schule vorgetragen werden können, kann die Bau-

gewerkschule dem Baukeramiker nichts bieten. Wenn jemand eine baukeramische Fabrik besitzt und sich daneben mit Bauausführungen befassen will, dann wird er beide Fachschulen nacheinander besuchen. Abgesehen davon ist es dem Baukeramiker vollkommen gleichgültig, was mit seinen Erzeugnissen später geschieht, nachdem er dieselben in vorschriftsmäßiger Güte abgeliefert hat, und es ist vollständig überflüssig, ihn mit Baukonstruktionslehre, Zeichnen von Gebäuden und bunten Fassaden zu belästigen, wie es in Lauban geschah. Dagegen wird, abgesehen vom Ofenbetriebe, die gesamte Herstellung der baukeramischen Erzeugnisse in weitgehendstem Sinne mit Hilfe der verschiedenartigsten Kraft- und Arbeitsmaschinen ausgeführt. Wenn also eine baukeramische Fachschule überhaupt an eine andere angegeschlossen werden soll, dann ist die geeignetste dafür eine Maschinenbauschule, die, soweit ich unterrichtet bin, auch in Frankfurt a. O. besteht.

Weiter ist die richtige Aufsicht und Beratung der baukeramischen Fachschule von Wichtigkeit. Als ein besonderer Grund für die Verlegung von Lauban nach Frankfurt wurde ausgeführt, daß die Aufsicht von Berlin aus leichter erfolgen könne. Die hat in Lauban, wenn überhaupt, jährlich einmal stattgefunden! Je weniger diese Aufsicht und Beratung einseitig von Berlin und je mehr sie aus allen Teilen Deutschlands ausgeübt wird, um so besser wird sie sein können. Mit in Berlin am grünen Tisch gesammelten Erfahrungen ist hier, bei allem ihrem sonstigen theoretischen Wert, nichts anzufangen. Die rein schultechnische Aufsicht über die Schule kann und muß hier wie überall von dem dazu bestellten staatlichen Schulfachmann ausgeübt werden. Zur technischen Beratung und Beaufsichtigung muß ein Ausschuß von in der Praxis tätigen Männern bestellt werden. Hierfür eignen sich vor allen anderen in ihren Kreisen angesehene und erfahrene Männer, welche dafür von den verschiedenen Ziegelmeisterverbänden vorgeschlagen werden müßten, gleichgültig, ob sie selbständig oder als Angestellte tätig sind. Ebenso sehr sind hierfür Mitglieder der älteren Jahrgänge ehemaliger Besucher der Fachschule geeignet. Diese Männer stehen alle in der praktischen Arbeit, sie wissen am besten zu beurteilen, wo ihre Vorbildung mangelhaft gewesen ist, was der junge Baukeramiker für seine spätere Tätigkeit wissen muß und was überflüssig ist, deshalb sind sie am besten geeignet, der Fachschule beratend zur Seite zu stehen. Da sie nicht immer genügende Zeit haben, müssen sie berechtigt sein zu jeder beliebigen Zeit Einblick in die Einrichtungen und die Arbeitsweise der Schule zu nehmen, einmal im Jahre muß dies wenigstens von jedem derselben geschehen, und er muß verpflichtet sein, darüber der vorgesetzten Behörde, seinem Verbands und der Schule selbst einen Bericht einzureichen. Auf diese Weise werden gerade die Kreise, für welche die Schule be-

stimmt ist, in regerer Verbindung mit ihr gehalten, und diese werden ihr dadurch auch Besucher in größerer Zahl zuführen.

Ein Fehler der Laubaner Zieglerschule bestand darin, daß die Schüler viel zu viel mit der handwerksmäßigen Ausübung in der Versuchsanlage beschäftigt wurden. Die hierfür nötige Handfertigkeit muß der Schüler mitbringen. Schon in jedem mittelgroßen Betriebe findet man unter den jugendlichen Arbeitern körperlich gewandtere und geistig gewecktere junge Leute, die gern Gelegenheit nehmen würden, sich weiter zu bilden und damit eine bessere Lebensstellung zu finden. Bei Söhnen von den in der Baukeramik tätigen Meistern wird dies besonders der Fall sein. Solche jungen Leute sollten richtig vorgebildet und dann zum Besuch der Fachschule veranlaßt, nötigenfalls dazu unterstützt werden. Wenn sie ein Jahr lang gearbeitet haben, also 15 Jahr alt geworden sind, und die erforderlichen Eigenschaften zeigen, sind sie körperlich so weit entwickelt, daß ihre weitere Ausbildung bereits mit Hilfe der Fachschule beginnen kann. Sie können dieser schon jetzt gemeldet werden, welche ihrerseits mit einer größeren Zahl von verschiedenartigen baukeramischen Werken in Verbindung steht, die bereit sind, Lehrlinge zu einer planmäßigen Ausbildung einzustellen, wie es z. B. die Hüttenwerke tun. Die Fachschule überweist den späteren Schüler zuerst einer Fabrik, welche Mauerziegel, Dachziegel und Dränröhren herstellt. Hier wird der Lehrling unter der besonderen Aufsicht und Anleitung des Meisters der Reihe nach, vielleicht jedesmal 4 Wochen lang, mit der Tongrube beginnend bis zum Brennen und Kesselheizen, als Arbeiter eingestellt. Die nötigen Handgriffe sind in allen baukeramischen Betrieben in wenigen Tagen erlernt, das andere ist Sache der Übung; die Arbeit wird überall nach den bestehenden Tarifen so bezahlt, daß der Lehrling davon seinen Unterhalt bestreiten und noch für den späteren Schulbesuch Geld sparen kann. Hat er diese Betriebe genau kennen gelernt, dann kann die Fachschule seinen Eintritt in die anderen Betriebe der Plattenfabriken, Steinzeugröhren- und feuerfesten Fabriken vermitteln. Auf diese Weise kann der Lehrling im Laufe von 2 Jahren die Arbeitsweisen sämtlicher baukeramischen Betriebe unter sachgemäßer Aufsicht und Anleitung genau kennen und überall die vorkommenden Arbeiten und Handfertigkeiten als Arbeiter ausüben lernen. Er ist jetzt 17 Jahre alt und für den Besuch der Fachschule gut vorbereitet. Hier erhält er nun den für seinen späteren Beruf erforderlichen theoretischen Unterricht, wobei ihm alles das, was er bisher in praktischer Arbeit kennen gelernt hat, erklärt und begründet wird. Seine Fachlehrer für die Baukeramik und das Maschinenwesen müssen selbstverständlich eigene langjährige Erfahrungen aus den baukeramischen Betrieben besitzen, und da es ganz ausgeschlossen ist, daß ein Mann diese verschiedenartigen Betriebe sämtlich aus eigener praktischer Tätigkeit vollkommen be-

herrscht, müssen an der Fachschule wenigstens 2 Lehrer für die baukeramischen Fächer und einer für das Maschinenfach vorhanden sein. Mit dem theoretischen Unterricht eng verbunden müssen praktische Übungen vorgenommen werden. Diese dürfen aber nicht, wie es in Lauban geschah, darin bestehen, daß im Laufe des Jahres aus 2 bis 3 Tonsorten alle nur möglichen Erzeugnisse der Keramik hergestellt werden, wobei die Schüler mit den rein handwerksmäßigen Herstellungsarbeiten, die sie längst kannten, gelangweilt wurden. Hier ist der Fachschule Gelegenheit gegeben, eine wichtige Lücke auszufüllen, sich durch die Tätigkeit ihrer Lehrer und Schüler für das allgemeine Wirtschaftsleben nützlich zu machen, gleichzeitig aber auch sich eine lohnende Einnahmequelle zu eröffnen. Sie soll ihre Schüler nicht zu Analytikern ausbilden, kann sich auf diesem Gebiete auf das unbedingt Nötige beschränken und die Ausführung wissenschaftlicher Laboratoriumsuntersuchungen den dafür bestehenden Fachlaboratorien überlassen. Die dort ausgeführten Untersuchungen haben aber in vielen Fällen nur den Wert von Vorarbeiten, denen in größerem Maßstabe auszuführende, den Verhältnissen des Fabrikbetriebes möglichst entsprechende, weitere Versuche nachfolgen müssen. Es wird niemandem, der nicht sehr leichtsinnig oder unerfahren ist, einfallen, auf Grund der in einem Fachlaboratorium in kleinem Maßstabe angestellten Untersuchungen ein Rohstofflager zu erwerben oder zu seiner Ausnutzung eine Fabrik zu errichten, sondern er wird stets bemüht sein, daraus zuerst in normaler Herstellungsweise irgendwo verkaufsfähige Erzeugnisse herstellen zu lassen, um festzustellen, ob die Verarbeitung des betreffenden Rohstoffes auch wirtschaftlich ausführbar ist. Solche Versuche müssen unter Verarbeitung von mehreren 1000 kg vorgenommen werden, wozu in einem Fachlaboratorium die Möglichkeit fehlt. Eine Stelle zu ihrer Ausführung für die baukeramische Industrie besitzen wir bis jetzt noch nicht, und wenn sie geschaffen würde, dann würde sie reichliche Beschäftigung aus dem In- und Auslande finden können. Die dazu erforderlichen Einrichtungen sind nicht bedeutend und brauchen nicht groß sein. Die Maschinen werden von den verschiedenen Maschinenfabriken gern kostenlos zur Verfügung gestellt. Für die Ausführung der Brennversuche genügen einige kleinere Versuchsöfen von wenigen Kubikmetern Inhalt, wie sie z. B. in der Fachschule in Höhr bequem in den Kellerräumen aufgestellt sind. Die Arbeiten können von den Schülern unter Anleitung der Fachlehrer ausgeführt werden, und gerade diese Arbeiten, bei denen es sich darum handelt, die Eigenschaften der verschiedenartigsten Tone und anderen Rohstoffe, die wichtigste Art ihrer Aufbereitung, Verarbeitungsweise und Verwendbarkeit für bestimmte Erzeugnisse für den wirtschaftlich arbeitenden Betrieb festzustellen, sind so lehrreich wie nur möglich.



In neuerer Zeit wird vielfach die Angliederung einer Lehrziegelei an eine baukeramische Fachschule gewünscht, wie es in Schweden geschehen ist. Ich halte das sowohl für überflüssig als auch für unausführbar. Die in einer Lehrziegelei zu erlernenden Handfertigkeiten sollen die Schüler vor dem Besuche der Fachschule in längerer Zeit gründlich erlernt haben und mitbringen. Alles andere lernen sie viel besser durch die Ausführung der vorstehend beschriebenen Arbeiten. In Schweden werden in der Hauptsache, abgesehen von einigen großen Werken in Südschweden, nur Mauerziegel, Dachziegel und Dränröhren hergestellt. In Deutschland haben wir eine vielseitigere baukeramische Industrie, und deshalb ist sie mit der schwedischen nicht zu vergleichen. Eine Lehrziegelei müßte schon räumlich möglichst eng mit der Fachschule verbunden sein, was sich kaum irgendwo verwirklichen läßt. Für den Betrieb der Lehrziegelei müßte eine größere Zahl der verschiedenartigsten Roh- und Brennstoffe zur Herstellung der verschiedenartigsten Erzeugnisse zur Verfügung gehalten werden. Dazu müßten wieder die verschiedenartigsten Anlagen und Einrichtungen für die Aufbereitung, Zerkleinerung, das Mischen und die Formgebung und schließlich eine Reihe der verschiedenen Trockenanlagen und Brennöfen aller Art, mit Schütt-, Rost- und Gasfeuerung vorhanden sein. Nur eine so mit allem ausgestattete Anlage könnte den Anspruch machen, wirklich die den deutschen Verhältnissen entsprechende Lehrziegelei einer baukeramischen Fachschule zu sein. Für eine solche wird aber nirgends das für den Bau sowie für die Unterhaltung und den Betrieb erforderliche Geld aufzubringen sein, und dies um so weniger, als ihre Einrichtungen niemals gleichmäßig und voll ausgenützt werden und nicht daran gedacht werden kann, daß durch den Verkauf ihrer Erzeugnisse auch nur ein Teil der entstehenden Unkosten gedeckt werden wird.

Ein weiterer in Lauban gemachter Fehler war die Abhaltung einer Abschlußprüfung und die Ausstellung von Zeugnissen. Wie mir von einem der Fachlehrer dort mitgeteilt ist, wurden die Schüler hier wochenlang vorher wie die Papageien auf die Schlußprüfung abgerichtet, damit Lehrer und Schüler in der öffentlichen Prüfung glänzen konnten, was natürlich mit leichter Mühe zu erreichen war und die Zuhörer verblüffte. Nach dem glänzenden Examen, im Besitz des Abgangszeugnisses, glaubten die Schüler die Weisheit mit Löffeln gegessen zu haben und nun fähig zu sein, ohne weiteres jede Betriebsstellung ausfüllen zu können. Ich möchte sagen trotzdem ist mancher tüchtige Beamte aus der Schule hervorgegangen, in sehr vielen Fällen ist aber die gründliche Enttäuschung nicht ausgeblieben, und nach gemachten Erfahrungen gab es nicht wenige Werksbesitzer, welche grundsätzlich keinen Laubaner Zieglerenschüler kurz nach seinem Abgange von der Fachschule anstellten. Deshalb ist eine Schlußprüfung an der Fachschule vielleicht ganz über-

flüssig. Die Lehrer sind täglich in engster persönlicher Föhlung mit den Schölern, sie haben die beste Gelegenheit, jeden einzelnen genau zu beobachten und kennen zu lernen, und es wird vollständig genügen, wenn die Fachschule ihre Schüler mit einer Bescheinigung darüber entläßt, daß sie die Schule besucht und ob sie an dem Unterricht mit Aufmerksamkeit, Fleiß und Verständnis teilgenommen haben. Sie soll ihnen zum Abschied klarmachen, daß sie jetzt gewissermaßen als ausgelernnte Gesellen wieder ins Leben hinein und auf die Wanderschaft gehen müssen, um zu zeigen, daß sie das, was sie bisher praktisch und theoretisch gelernt haben, auch anzuwenden und sich damit eine Lebensstellung zu erwerben wissen. Die so vorgebildeten jungen Leute werden in jedem Betriebe gern aufgenommen werden, weil man von ihnen voraussetzen kann, daß sie strebsam sind und sich durch Tüchtigkeit emporarbeiten wollen. Auch jetzt soll der junge Mann Gelegenheit suchen — wozu ihn die Fachschule durch ihre Verbindungen wieder unterstützen kann —, seine Stellung noch einige Male zu wechseln, wodurch er seinen Gesichtskreis erweitert und Gelegenheit findet, sich zu entscheiden, welchem Zweige der baukeramischen Industrie er sich endgültig widmen will. Hat er sich so weitere 3 Jahre lang in der Welt umgesehen und seine Kenntnisse erweitert, dann kann die Fachschule ihm Gelegenheit geben, zu ihr zurückzukehren, um eine Prüfung abzulegen, durch die er sich das Zeugnis eines geprüften Meisters der Baukeramik erwerben kann.

Auf diese Weise wird die baukeramische Industrie in absehbarer Zeit in den Besitz sachgemäß ausgebildeter Werkmeister kommen, die ihr selbst von größtem Nutzen sein werden, und es wäre dringend zu wünschen, daß sich auch die feuerfeste Industrie eingehend mit dieser wichtigen Frage beschäftigte. Dem dazu Geeigneten muß eine gute Ausbildung geboten werden können, die freie Bahn wird der Tüchtige dann schon zu finden wissen, ebenso der so Vorgebildete die ihm zukommende Stellung im Leben.

Dazu muß alles geschehen, um die baukeramische Fachschule in Frankfurt am Leben zu erhalten und weiter auszubauen. Das richtigste würde vielleicht sein, eine Verständigung mit den anderen, nur weniger besuchten baukeramischen Fachschulen herbeizuföhren und, um die bisherige auch wirtschaftliche Zersplitterung zu vermeiden, sie zu einer deutschen baukeramischen Fachschule in Frankfurt a. O. zu vereinigen.

Die Leitung der Städtischen Zieglerschule in Frankfurt a. O. hat von dem Inhalte dieses Abschnittes Kenntnis erhalten. Sie teilt mir dazu mit, daß sie meine Ansichten und Vorschläge als berechtigt anerkennt, und daß sie in jeder Weise bestrebt ist, die Schule zu einer Lehranstalt zu machen, welche nach jeder Richtung hin alle berech-

tigten Anforderungen der Industrie erfüllt, um sich dadurch den Ruf, „die“ baukeramische Fachschule zu sein, zu erwerben. Demgegenüber ist es nun gradezu eine Ehrenpflicht für die gesamte baukeramische Industrie auch ihrerseits alles, was nur in ihren Kräften steht, zu tun, um den Fortbestand dieser für sie selbst außerordentlich wichtigen Fachschule zu sichern.

Der Name „Zieglerschule“ läßt nur einen beschränkten Teil ihrer Tätigkeit erkennen; es wird deshalb richtiger sein, ihn durch die Worte „baukeramische Fachschule“ zu ersetzen, welche sich auf das gesamte Arbeitsgebiet der Baukeramik beziehen.

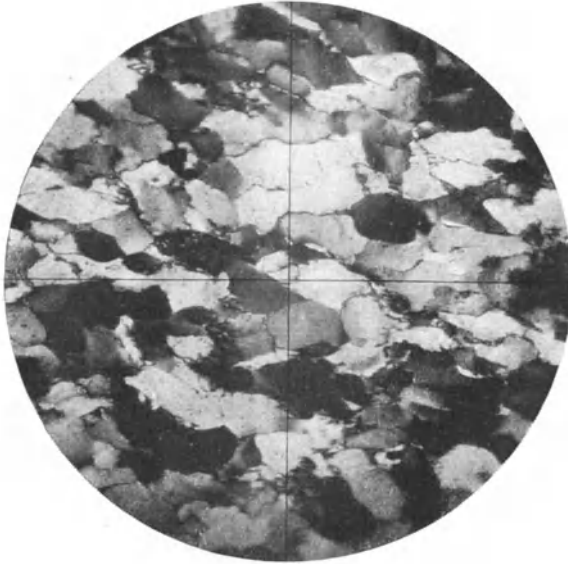


Bild 1. Kristallinischer Quarzit  
zu Seite 25

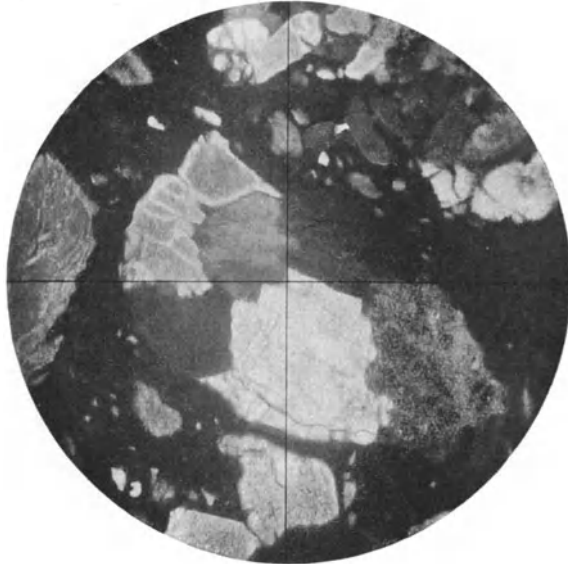


Bild 2. Aus kristallinischem Quarzit hergestellter  
Quarzkalkstein  
zu Seite 25

Tafel 2.

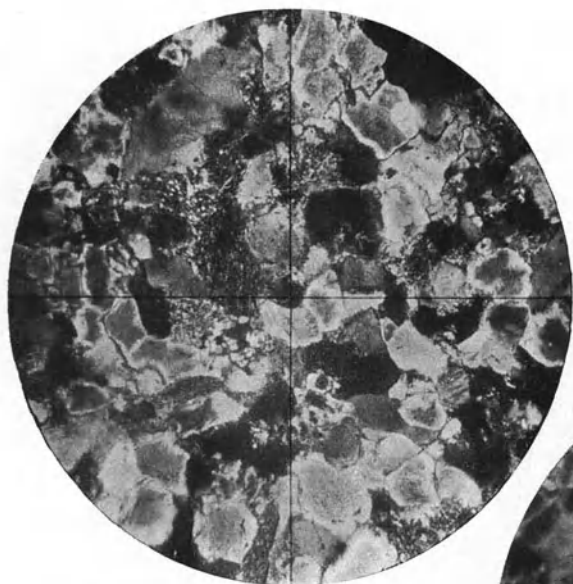


Bild 3. Kohlensandstein  
zu Seite 26

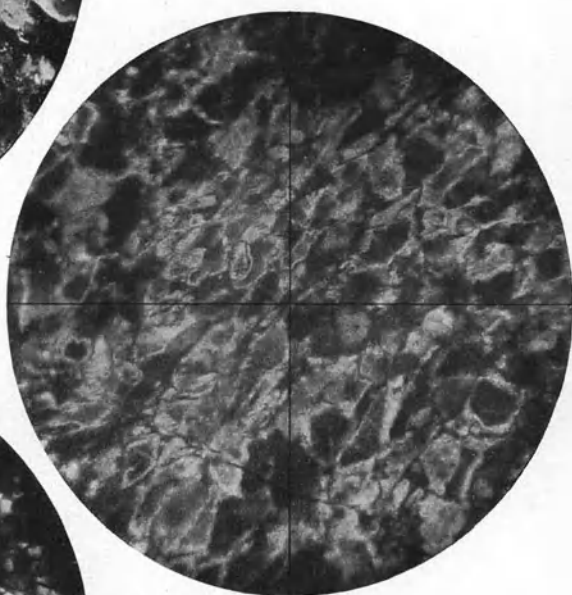


Bild 4. Aus Kohlensandstein  
hergestellter Quarzkalkstein  
zu Seite 30

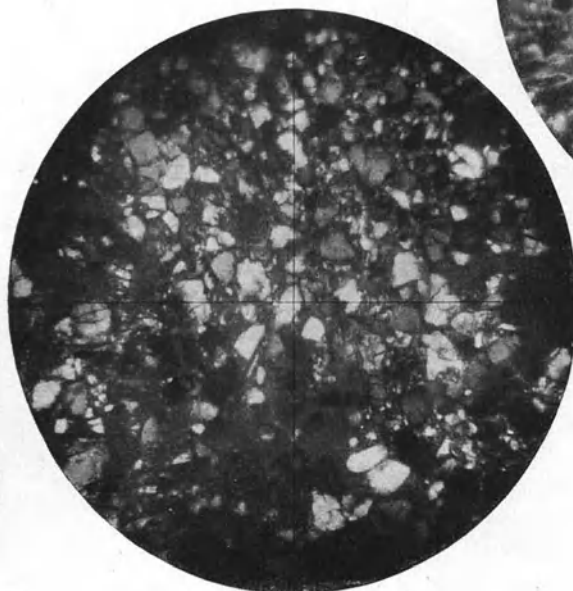


Bild 5. Amorpher Quarzit  
zu Seite 31

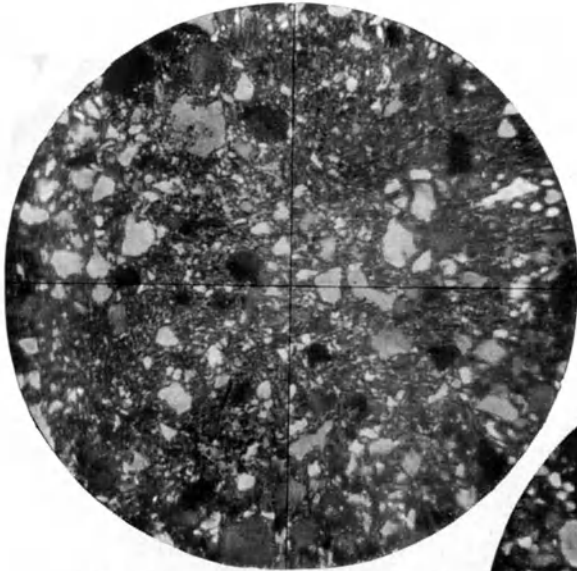


Bild 6. Aus amorphem Quarzit  
hergestellter Quarzkalkstein  
zu Seite 30

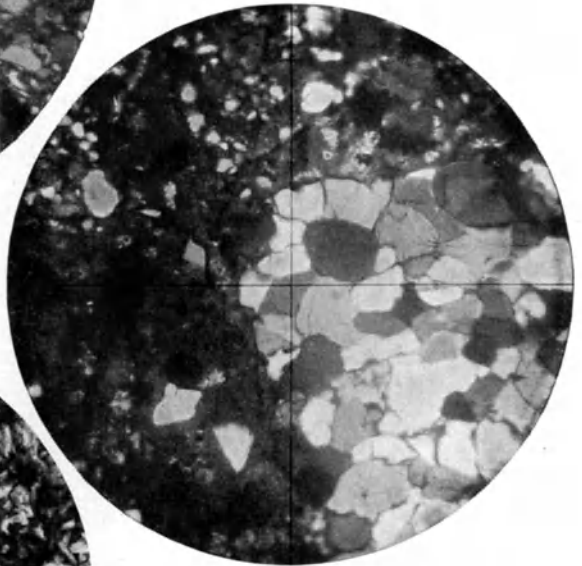


Bild 7. Aus einer Mischung von  
kristallinischem und amorphem  
Quarzit hergestellter Quarz-  
kalkstein  
zu Seite 30



Bild 8 (nach Endell). Quarzkalkstein,  
dessen Quarz vollständig in Tridymit  
umgewandelt ist  
zu Seite 31

Tafel 4.

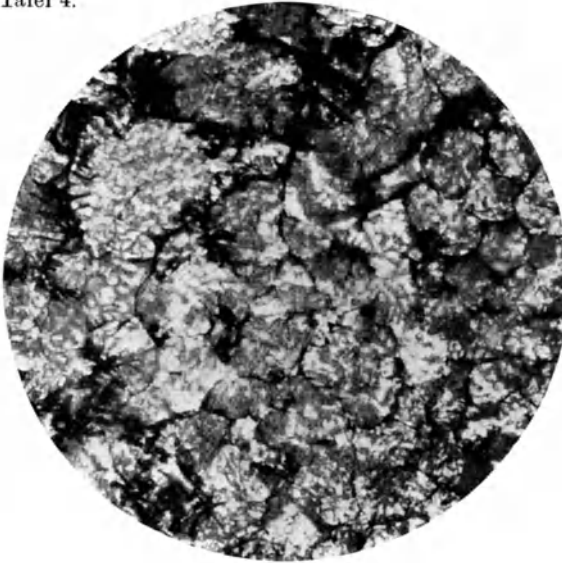


Bild 9 (nach Endell)  
in Cristobalit um-  
gewandelten Quarz  
zu Seite 31



I Zone I zu einer schwam-  
mig porösen Masse ge-  
schmolzen = Cristobalit

II Zone II äußerlich unver-  
ändert = Tridymit mit  
amorphem Quarzit

III Zone III = unverän-  
deter amorpher Quarzit

zu Seite 31

Bild 10 (nach Endell). Quarzkalkstein  
nach 50 Chargen im Martinofen

# F. HOFFMANN

Maschinenfabrik und Eisengießerei

G. M. B. H.

Fernruf:  
Finsterwalde 2



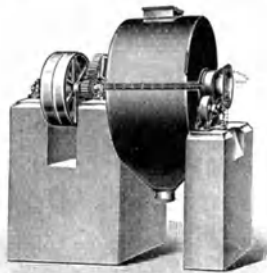
Drahtanschrift:  
Maschinenfabrik

**FINSTERWALDE N./L.**

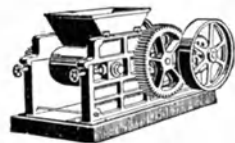
**Maschinen für Hartzerkleinerung,  
Ziegelei und Transport**



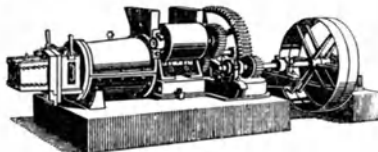
Schlagkreuzmühle



Kugelmühle



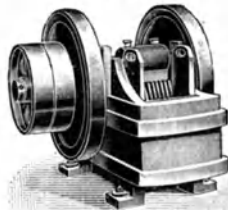
Walzwerk



Ziegelpresse

◇  
**Trommel-  
mühlen**

◇  
**Neu! Spezial-  
schlackenbrecher**



Steinbrecher

◇

◇





# Emil Grothe

Hagen Westf.

Telephon Nr. 103

Telegraphen-Adresse: Hüttengrothe

liefert in anerkannter Güte:

## Silicasteine

für Siemens-Martin-Öfen und ähnliche Öfen-Systeme

**Stopfen, Ausgüsse, Trichter  
und Rohre**

## Pfannensteine

**Viertwegsteine, Kanalsteine**

**Ia Graphit-Stopfen und Ausgüsse, Graphit-Schmelztiegel**

## Gebannter Ton

für Stahlformguß

## Ia Schamottesteine

für Hochofen und Winderhizer

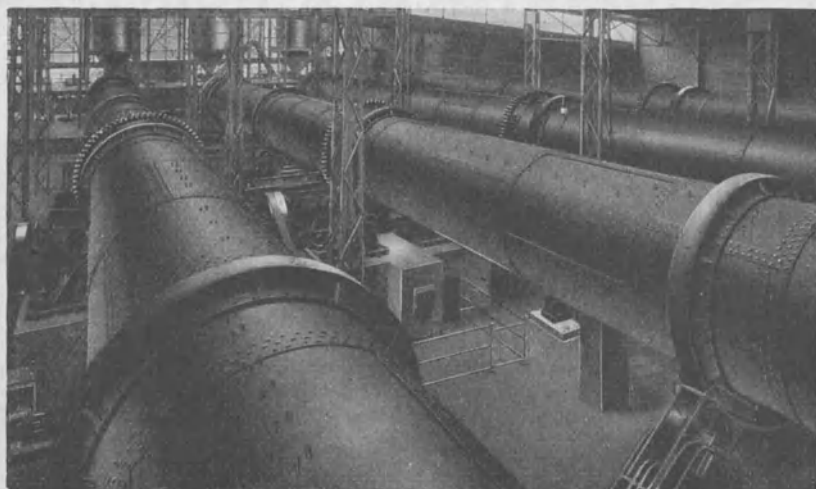
## Ia Magnesitsteine

**Sinter- und Lauffischgebr.  
Magnesit**

**Krist. und amorphen  
Rohmagnesit**

# **FELLNER & ZIEGLER**

## **FRANKFURT A.M. WEST**



**DREHROHRÖFEN**  
**FÜR DIE GESAMTE**  
**CHEMISCHE "HÜTTEN" UND**  
**KERAMISCHE "INDUSTRIE**  
**MIT JEDER ART FEUERUNG.**

**LAGERUNG - D.R.P. 212274.**

**EIGENE VERSUCHSTATION - LABORATORIUM.**

**Hennefer Maschinenfabrik  
C. Reuther & Reisert m. b. H.  
Hennef a. d. Sieg (Rheinland)**

empfiehlt ihre patentierten

**Automatischen Waagen**

für Betriebskontrolle und zum staubfreien Absacken

Spezialität seit über 40 Jahren: **Automatische Waagen**

*Über 30 000 in Betrieb*

Angebote, Besuche und Zeichnungen kostenlos

**Esch & Stein · Duisburg 6**

liefern vollständige Einrichtungen für

**Schamotte- u. Dinasfabriken**

insonderheit:

**Quarzit-Aufbereitungen**

mit unseren Spezial-Maschinen:

Kreiselbrecher  
Kollergänge  
Elevatoren

Backenbrecher  
Walzenmühlen  
Siebtrommeln

**Sonder-Bauart für allerschwerste**

**Beanspruchung und größte Betriebssicherheit**

Feinste Referenzen :: Zahlreiche Ausführungen



## VERSUCHS ÖFEN

sowie sämtliche Appa-  
rate und Geräte für Be-  
trieb u. Laboratorium.

Tonindustrie Abt. A · Berlin NW 21

# Neuroder Schieferton

## Schieferschamotte von höchster Feuerfestigkeit

(durchschnittlich SK 36) aus echtem Steinkohlenton übertrifft alle anderen Schieferschamotten an Härte und Schärfe der Substanz, an Ausgiebigkeit des Mahlgutes (viel Korn, wenig Mehl), an Tonerdegehalt (45—48%  $Al_2O_3$ ), durch äußerst geringe, stets gleichbleibende Schwindung.

## Größte Schamotteerzeugung der Welt

Leistungsfähigkeit 450 t je Tag nur von eigenen Gruben — Ständige Vermehrung der Leistungsfähigkeit — Zuverlässigste Belieferung der deutschen und österreichisch-ungarischen Rüstungsindustrie während des Krieges — Schächte und Tonrösterei unmittelbar an der preußischen Staatseisenbahn. — Erfinder und erste Hersteller der gekörnten, magnetisch enteisenen

## Spezial-Schieferschamotten

Magnetscheider eigener patentierter Bauart von stärkster Wirkung. Keine eigene Schamottefabrik; daher keine Konkurrenz für die feuerfeste Industrie.

Größe der eigenen Grubenfelder über 59 qkm.

Belegschaft: über 4300 Köpfe.

**Gewerkschaft**  
**Neuroder Kohlen- u. Thonwerke**  
Neurode, Bez. Breslau

**FRIED. KRUPP**  
Aktiengesellschaft  
**GRUSONWERK**  
Magdeburg - B.



**Zerkleinerungs-  
maschinen**

mit Zubehör zur Herstellung  
feuerfester Baustoffe

**Vollständige Einrichtungen**  
zum Aufbereiten  
der Rohstoffe für

**Schamottefabriken**

Einrichtungen  
für Gemengehäuser  
in Glashütten

Gewerkschaft der Tonzeche  
**„Guter Trunk-Marie“**

Fabrik feuerfester Produkte

**Köln, Sachsenring 79**

Drahtanschrift: Gutertrunk Köln :: Betriebe: Oberdreis, Kreis Neuwied



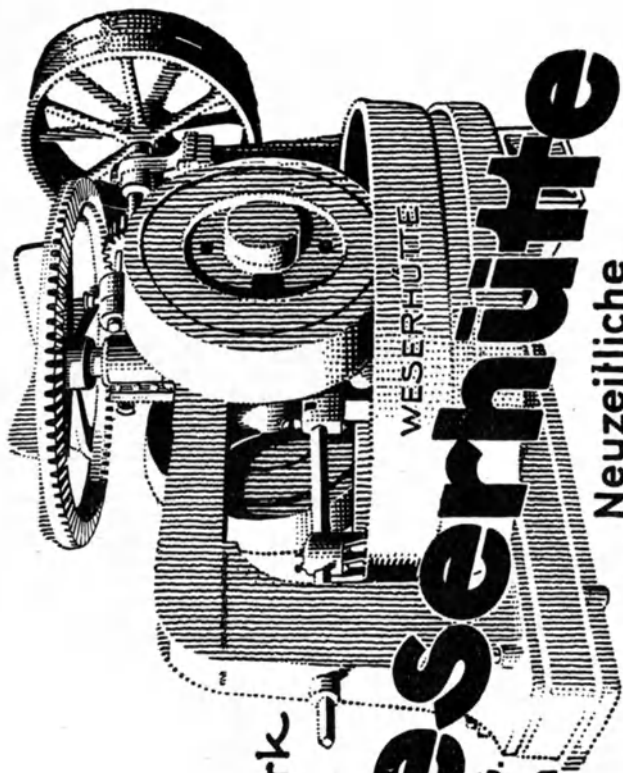
**Anfertigung**

jedweden

**feuerfesten  
Erzeugnisses**

Speziell wird den Wünschen des Käufers,  
in bezug auf dessen Ansprüche für den  
jeweiligen Verwendungszweck,  
Rechnung getragen





Eisenwerk

# Weserhütte

Bad  
Oeynhausen  
i. w.

Neuzeitliche

Einrichtungen für Schamotte-u. Dinasfabriken  
Dampfziegeleien, Tonwarenfabriken, Schotteranlagen u.s.w



## Brennöfen für die Tonindustrie

insbesondere **Rundöfen** mit Druckgasfeuerung

## Kanalöfen mit Druckgasvorfeuerung

und homogener Atmosphäre in der Brennzone

## Gaskammeröfen

zum Schnellbrennen

## Gasschachtöfen

zum Brennen von Schamotte

## Einzel muffelöfen, Kanalmuffelöfen

## Muffelringöfen

*baut auf Grund fünfzigjähriger Erfahrung*

## Zivilingenieur Meiser / Nürnberg

Sulzbacher Straße 9

# Reichert Mikroskope

Mikroskope für mineralog., metallogr. und alle sonstigen wissensch. Untersuchungen, Polarisations- und Projektionsapparate

## Optische Werke C. Reichert

Gegründet 1876 **Wien VIII/2** Bennogasse 24/26  
60 000 Mikroskope geliefert

Vertretung:

**Berlin:** P. Altmann, NW 6, Luisenstraße 47  
**München:** Dr. Bender & Dr. Hobein, Lindwurmstr. 73  
**Hamburg:** „Date“ Laboratoriumsbedarf, Deichstr. 36  
*Filialen in Budapest und Prag*



# **Schamottewerke Klönne G.m.b.H., Volmarstein-Ruhr**



## **Hochfeuerfeste Steine für alle Beanspruchungen**

### **Hochbasische Steine**

besonders dicht und hervorragend widerstandsfähig gegen basische Schlacken und Schmelzen



### **Halbsaure Steine**

für Schweißöfen und Converter



### **Silikasteine**

für Martinöfen und die Glasindustrie

### **Besonderheit:**

**Kammer- und Retorteneinbauten für  
Leuchtgasöfen, Koksofenmaterial**

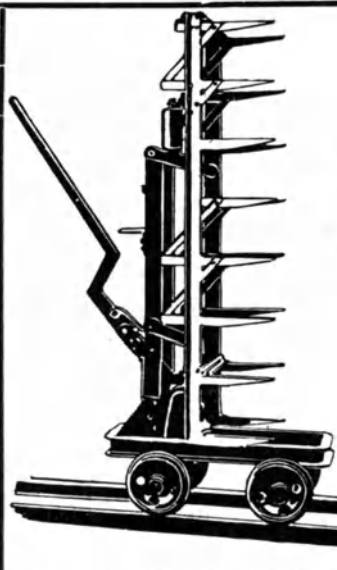
## W. Schottler, Ehrenbreitstein a. Rh.

Emser Straße 16

1a hochfeuerfeste Tone (Tonerdegehalt bis 43%)  
Schamotte in Stücken und gekörnt. Amorphe Quarzite  
(Findlingsquarzite). Krystallinische Quarzite (Feldquarzite),  
eigene Brüche im Rheinlande, Sachsen und Schlesien.

# SILIKANIT

bestes Bindemittel und unentbehrlich als Zusatz bei der  
Herstellung guter Quarzkalksteine



Künstliche

## Trocknereien

mit Ausnutzung aller verfügbaren Wärme-  
quellen (s. Besprechung S. 155 dieses Buches)

Automatische

## Transport-Anlagen

Automatische

## Abschneide- Apparate

von höchster Zuverlässigkeit und Leistung

**Baugesellschaft für künstliche Trocknereien m.b.H.**  
Duderstadt i. Hann.



Gegründet 1870

Wir entwerfen und bauen:

Betriebsfertige Chamottefabriken modernster Art, Ringöfen,  
Kammerringöfen und Kammeröfen mit Gas- und direkter Feuerung,  
moderne Generatoren für Rohbraunkohle zur Erzeugung von Gas  
bis 1400 WE pro cbm, Fabrikschornsteine und Kesseleinbauten.

# Eckardt & Hotop, G.m.b.H.

Köln a. Rh. — Berlin W 30 — Budapest VII — Wien IV

# Bamag-Dessau

liefert

## **Triebwerke**

aller Art

**Bamag-Sparlager**

**Reibungs-Kupplungen**  
System J. Dohmen-Löblanc

**Elastische  
Bolzenkupplung**  
D. R. P.

**Kraftausgleich-Kupplung**  
„Ohnesorge“

„Lenix“-Spannrollen

**Riemen-Hanf-  
und Drahtseilscheiben**  
u. a. m.

## **Schiffshilfs- maschinen**

für alle Zwecke der Handels-  
flotte

**Winden aller Art**  
für Dampf- oder elektrischen  
Antrieb

**Rudermaschinen**

**Handsteuerapparate**  
**Telemotoren - Axiometer**

**Gangspills**

**Ladeblöcke**

**Schiffsfenster**  
u. a. m.

## **Feuerungen**

**Mechanische Wander-  
roste**  
D. R. P.

**Mechanische  
Unterschub-Feuerungen**  
D. R. P.

**Planroste**  
mit Unterwind- oder Dampf-  
strahl-Gebläse

**Bamag-Bessert-Vorrost**  
zur Umstellung von vorhande-  
nen Wander- und Ketten-  
rostfeuerungen auf Braun-  
kohlen- und Braunkohlen-  
brikettbetrieb

**Bamag-Feuerbrücke**  
mit pendelndem, rollendem  
Stauer. D. R. P.

**Berlin-Anhaltische  
Maschinenbau-A.-G., Dessau**

**Bauch & Friese G. m. b. H.**

**Gera-Reuß**

**Zerkleinerungs - Maschinen**

modernster, hundertfach  
bewährter Konstruktion

**Schotter- und Sandmahanlagen**

**Komplette Zerkleinerungsanlagen aller Art, Ziegelei-  
maschinen, Steinbrecher stationär und fahrbar, Sieb-  
trommeln rund und sechseckig, Walzwerke, Kugel-  
mühlen, Elevatoren, Winden.**

**Ersatzteile, Hartguß, Hartstahl, Gelochte Bleche.**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

**Die Formstoffe der  
Eisen- und Stahlgießerei**

Ihr Wesen, ihre Prüfung und Aufbereitung

Von

**Carl Irresberger**

Mit 241 Textabbildungen

Preis M. 24.—

Hierzu Teuerungszuschlag

RHEINISCH - HESSISCHE QUARZITWERKE  
**G. WESTERMANN jr.**  
OBERCASSEL (SIEGKR.)

---

LIEFERN AUS EIGENEN,  
UMFANGREICHEN GRUBEN:

Ia AMORPHEN  
FINDLINGS-QUARZIT

RAUMBESTÄNDIG, SEGERKEGEL 36

Ia HESSISCHEN  
GANGQUARZIT

SEGERKEGEL 36

HOCHFEUERFESTE  
TONE

42%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; S. K. 34-35

JÄHRLICHE LEISTUNG  
60 000 TONNEN QUARZIT

# Krüger, Hagemann & Co.

Basalt-, Porphyr- und Quarzitwerke  
G. m. b. H.

**HALLE (Saale), Friedenstraße Nr. 13**

Fernsprecher: Halle (Saale) 6461. Tel.-Adr.: Krühaco Hallesaaale

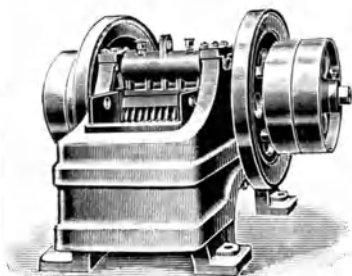
Lieferanten erstklassiger

## **amorpher Quarzite**

aus eigenen Gruben / Segerkegel über 36

Größte Leistungsfähigkeit. Wertvollster Dinasquarzit

# Joseph Vögele A.=G. Mannheim



liefert

## **Zerkleinerungs- maschinen**

für alle Arten Hartmaterialien

Spezialität:

## **Steinbrecher**

mit Idealbrechbacken D.R.P.  
für Vor- und Fertigbruch

*(Beachten Sie Beschreibung auf Seite 38/39 dieses Werkes)*

Sonstige Erzeugnisse:

Ziegeleimaschinen :: Apparate für die chemische Industrie :: Weichen  
Drehscheiben :: Schiebebühnen :: Rangierwinden :: Spills

# Vereinigte Chamottefabriken

vorm. C. Kulmiz G. m. b. H.

Stammfabrik:

**Saarau, Kr. Schweidnitz**

Gegründet 1850

Filialfabriken:

**Markt - Redwitz, Bayern**

**Halbstadt, Böhmen**

Telegramm-Adresse: „FEUERFEST“ :: Telephon: AMT SAARAU Nr. 4,9 u. 61

Auf zahlreichen Ausstellungen prämiert

## Feuerfeste Produkte jeglicher Art

### Chamotte- und Dinas-Steine

hochbasische Marke  $\times\times$  und hochsaure Steine; feuerfeste Tone  
Säurebeständige Steine, Platten und Röhren

### Fassonsteine, Retorten

Ausgüsse, Stöpsel, Röhrensteine usw. für Stahlgießereien, Kupolofen-  
steine, Kaolin zum Ausschmieren von Kupolöfen

### Feuerfeste poröse Steine

bis zu 1,0 spez. Gewicht

Vollständige Zustellung sämtlicher Ofen- und Feuerungs-Anlagen der  
Hütten-, Gas- und chemischen Industrie, speziell Retortenöfen, Hochöfen  
mit Winderhitzern, Kalköfen, Koksöfen, mit eigenen geübten Maurern

Jährl. Leistungsfähigkeit 120 Millionen Kilo geformter feuerfester Produkte

## Keram. Tunnelofenbau-Gesellschaft m. b. H. Saarau i. Schlesien

empfeht sich auf Grund 15jähriger Erfahrung zum Bau ihrer

### Tunnelöfen System Faugeron

In- und Auslandspatente

Größte Kohlenersparnis bis 50 % u. mehr.  
Einfachster, angenehmster Betrieb.  
Kürzeste Brenndauer, 50 bis 54 Stunden.  
Regelmäß. Ausbringen tadelloser Ware.  
Leichte Regulierbarkeit. — — — — —  
Kapselersparnis bis 35 % und darüber.

Beseitigung der Rauchplage.  
Geringste Unterhaltungskosten an Feuer-  
ungen, Ofenwänden und Brennwagen,  
welche überall, zum Teil seit 15 Jahren, noch  
unausgesetzt laufen.

Ausführung für alle Brennstoffe mit  
Rost-, Halbgas- oder Generatorgasfeuerung.

Einige 20 Öfen im Betriebe, zur Zeit zahlreiche Projekte für Porzellan-, Steingut-,  
Mosaikplatten-, Schamotte- u. Silikawerke :: Übernahme ganzer Anlagen :: Vermittle-  
lung zur Besichtigung bestehender Öfen ||||||| Goldene Medaille Berlin 1918/19

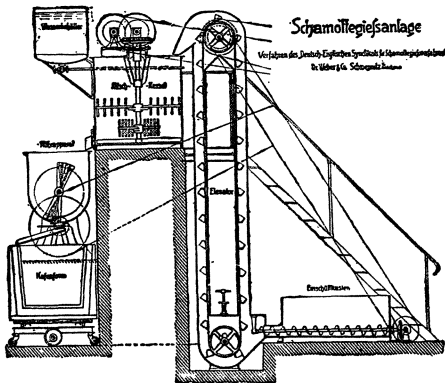


# Syndikat für Schamottegießverfahren

Dr. Weber & Komp.

Schwepnitz, Bez. Dresden. Eisenbahnlinie: Schwepnitz-Klotzsche-Dresden

(Patente für Deutschland und andere Staaten)



Jeden Wochentag nachm.  
1 $\frac{1}{2}$  Uhr wird unser patentiertes

## Kafengießverfahren

welches sich auch zur Herstellung aller anderen Ton- und Schamottewaren eignet, in den Glaswerken von Aug. Leonhardi in Schwepnitz praktisch zur Vorführung gebracht.

Die Herren Besucher werden um vorübergehende Anmeldung gebeten.

(Siehe Artikel in Nr. 4/1905, Seite 123 und Techn. Notiz in Nr. 7/1905, S. 255 des Sprechsaal, sowie Nr. 24/1905, Seite 733 der Chem. Industrie. Zentralblatt für Baukeramik Nr. 710 S. 2331 und Nr. 6 S. 69 der Baukeramik.) — Transactions of the English Ceramic Society 1908/9, Part. I, Vol. VIII. — Loesers Berichte, Heft III. Dr. Zschimmer, Die Glasindustrie in Jena S. 84. (Sch)

## Neuzeitliche Ziegeleianlagen

mit vollautomatisch  
zu beschickenden Trocknereien

:: Entwurf neuer Werke ::  
Rekonstruktion alter Werke

**C. Keller & Co., Maschinenfabrik**  
Laggenbeck in Westf.

Feuerfeste  
**Dinatonsteine**  
**Stampf- und Klebmasse**  
**Schamottemörtel**

für Konverter-  
Kupol- und Ölofenfutter  
bis 90%  $\text{SiO}_2$ , Segerkegel 35/36, Stahlformsand  
Schleif- und Gebläsesand  
liefern,

**Dörentruper Sand- & Thonwerke G. m. b. H.**  
Dörentrup (Lippe)

**Vollständige Einrichtungen**

Fabriken feuerfester Produkte  
**für Chamotte- und Dinaserzeugung**

in modernster Ausführung  
bei größtmöglicher Ersparnis an Arbeitskräften  
**Umbau bestehender Anlagen — Einrichtung von Kalkwerken**  
Sofort lieferbare Kugelmühlen, Brecher, Kollergänge, Elevatoren usw.

Patentamtlich gesch. Spezialitäten:  
Leistungsfähige automatische Chamottestein-Nachpressen  
Spindel-Frictionspressen für Stopfen, Ausgüsse usw.  
Liegende Tonröhrenpressen mit rotierendem Dorn  
Beste Referenzen — Schnellste Lieferung

**BERGER & CO., G. M. B. H.**  
MASCHINENFABRIK U. EISENGIESSEREI  
**BERG-GLADBACH (RHLD.) 20**

S A A L B U R G



HÄRTER UND FÄHLER  
ALS GRANIT IST  
GRÜN-WEISSER

TAVNUS QUARZIT  
WERKE KÖPPERN  
G M B H

Abteilung 3:

# Fels-Quarzite

in allen Körnungen u. Sortierungen

Abteilung 4:

Rollensteine für Grubenzwecke  
Alle Sorten Natursteine

Bei Anfragen genaue Aufgabe  
des Verwendungszweckes erbeten.

**Brüche b. Saalburg im Taunus**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

**Lunge-Berl, Taschenbuch für die anorganisch-chemische Großindustrie.** Herausgegeben von Dr. E. Berl, ord. Professor der Technischen Chemie und Elektrochemie an der Techn. Hochschule zu Darmstadt. Sechste, umgearbeit. Auflage. Mit 16 Textfiguren und 1 Gasreduktionstafel. 1921. Gebunden Preis M. 64.—

**Quarzglas.** Seine Geschichte, Fabrikation und Verwendung. Von Dipl.-Ing. Paul Günther, Assistent an der Badischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Augustenberg. Mit 10 Textfiguren. 1911. Preis M. 1.40

**Die industrielle Keramik.** Ein chemisch-technologisches Handbuch. Von Dr. Albert Granger, Professor der Chemie und keramischen Technologie an der Fachschule der Staatsmanufaktur zu Sèvres. Deutsche Übersetzung von Raymond Keller, Chemiker an der Porzellanmanufaktur Nymphenburg. Mit 185 Textfiguren. 1908. Preis M. 10.—; gebunden M. 11.20

**Die Chemie des Fluors.** Von Dr. Otto Ruff, o. Professor am anorganisch-chemischen Institut der Technischen Hochschule Breslau. Mit 30 Textfiguren. 1920. Preis M. 14.—

**Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei.** Unter Mitarbeit hervorragender Fachmänner herausgegeben von Dr.-Ing. C. Geiger in Düsseldorf.

- I. Band: **Grundlagen.** Mit 171 Figuren im Text und auf 5 Tafeln. Unveränderter Neudruck 1920. Gebunden Preis M. 160.—
- II. Band: **Betriebstechnik.** Mit 1276 Figuren im Text und auf 4 Tafeln. Unveränd. Neudruck 1920. Gebunden Preis M. 220.—
- III. (Schluß-)Band: **Anlage, Einrichtung und Verwaltung der Gießerei.** In Vorbereitung

Hierzu Teuerungszuschläge

# HÄNDLE

Komplette Einrichtungen für  
Ziegeleien und Chamottewarenfabriken.

wie:

## **automatische Misch- und Beschickungs-Apparate**

**D. R. P., System Händle**

zum Mischen und Beschicken beliebig vieler  
Materialsorten in jedem gewünschten Verhältnis  
Einziger Kastenbeschicker, bei welchem das schichten-  
weise Übereinanderlagern der Tonstränge patentiert ist

## **Ein- und mehrfache Naß- und Mischkollergänge**

## **Fein- und Brechwalzwerke Strangpressen mit einer und zwei Speisewalzen**

## **Revolver- und Schlittenpressen Tonschneider**

## **Abschneide-Apparate usw.**

## **Transport-Anlagen**

**Ring- (Schaukel-) Transporteure / Blechschuppen-  
transporteure / Stahlbandtransporteure / Wagen-  
Aufzüge / Seil- und Kettenbahnen / Elevatoren  
Becherwerke usw.**

Referenzen erster und größter Werke des In- und  
Auslandes

## **KARL HÄNDLE & SÖHNE**

Spezialfabrik für Ziegeleimaschinen und Transport-Anlagen

Gegründet  
1870

**MÜHLACKER (Württbg.)**

Fernsprecher  
12 und 107

Telegr.-Adresse: Händlesöhne

**Friedrich Illgen, früher E. Leinbaas A.-G., Freiberg i. Sa.**

liefert

**Kollergänge, Walzwerke, Beschicker, Pressen**  
speziell für Schamotte und feuerfestes Material geeignet.

Beste Referenzen. — Billigste Preise

Geschäftsgründung 1870

**O E F E N**

für die feuerfeste, keramische und Kalk-Industrie

Spezialität:

**Brennöfen mit Gasfeuerung**

**GAS-Kammeröfen**  
**Ringöfen**  
**Kanalöfen**

für Schamotte-, Silika- und Magnesitsteine

Zahlreiche Ausführungen im In- und Auslande

**Georg Mendheim, Zivil-Ing.**

Römerstraße 6

**München**

Römerstraße 6

Geschäftsgründung 1870

**Möller & Pfeifer, Berlin W 10**

Friedrich-Wilhelm-Str. 19

**Trockenanlagen**

für rohe und geformte Materialien jeder Art; Beheizung direkt und indirekt für feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe; Ausnutzung verfügbarer Abhitzen

**Kanalbrennöfen bewährter Bauart. — Komplette Ziegelei-Anlagen.**  
**Rotierende Glühtrömmeln. — Rotierende Trommelfeuerungen für**  
Abfälle und minderwertige Brennstoffe

# Varresbecker Eisenwerk

**Döring & Hartog, Elberfeld-V.**

Telegramm-Adresse: K e r a m i k

Fernrufe: Nr. 1306 und 1307

---

**Bau und Lieferung sämtl. Maschinen**

für

**Ziegeleien, Chamotte-  
und Dinaswerke  
sowie Schotteranlagen**

in anerkannt bester Ausführung und modernster Konstruktion. Anwendung von Zahnrädern mit gefrästen Zähnen, Kugelfstützlagern, gemeinschaftlichen Grundplatten, daher

**geringster Kraftverbrauch, genaue Montage**

---

**Stufenstrangpressen, Trockenpressen, Vor- und  
Feinwalzwerke, Naß- und Trockenkollergänge,  
autom. Rund- und Kastenbeschicker, Aufzüge  
für schiefe Ebene, Transporteure, Steinbrecher,  
Kegelbrecher, Walzenmühlen, Siebtrommeln,  
Schwingsiebe, Förderrinnen, Dinaskollergänge  
mit automatischem Ausräumer.**

# ⌘ Halleschen Kapselton ⌘

beste, hochfeuerfeste Qualität

Pa. Glassand

aus eigener elektr. Förderung jede Menge für In- und Ausland lieferbar

**Hallesche Tongruben Fritz Stief, Nietleben b. Halle a. S.**

## Jakob Bühler, Konstanz (Deutschland)

Gegr. 1863 **Ziegeleitechnisches Bureau** Gegr. 1865



### Ältestes Konstruktionsbureau

für den Bau kompletter

#### Ziegelei-Anlagen u. Chamottefabriken

nach eigenem System, Zickzack- und Langöfen mit Ventilator- und Kaminzug.

**Kammer-, Kanal-, Ring- u. Gebäudetrocknereien** mit automatischer Beschickung und Entleerung für die Trocknung selbst des empfindlichsten Rohmaterials, sowie aller Warengattungen vorzügl. geeignet.

#### Trockenanlagen

mit Feuchtluftanwendung, D. R. P. und Auslands-Patente, vielfach bewährt.

#### Bühlers Spezialventilatoren und Schnellbrennverfahren

erhöhen die Leistungsfähigkeit bestehender Anlagen um 50—100%, verbessern die Warenqualität, sparen Arbeitslöhne und Brennmaterial.

#### Bühlers Gasöfen

liefern bis zu 95% erstklassige Klinker, ff. Steine und Dachziegel.

#### Prima Referenzen stehen zur Verfügung. Auf Wunsch Fachingenieurbesuch.

Mustergültige Betriebe von 2—100 Millionen Jahresleistung stehen zur Besichtigung und Vornahme großer Proben für meine Kundschaft offen.

## Stahlwerke Buderus-Röchling A.-G. Abt. Schamottefabrik / Dorsten i. W.

liefern vorteilhaft und in bester Qualität

### Feuerfeste Materialien

Normalsteine sowie Formsteine jeglicher Abmessungen und für jeglichen Verwendungszweck in der gesamten Industrie

Jede gewünschte Menge Normalsteine mit S. K. 28—33 ab Lager lieferbar

# Stettiner Chamotte-Fabrik

Akt.-Ges. vorm. Didier

Niederlahnstein a. Rh. — Stettin — Bodenbach a. d. Elbe

---

## Chamotte — Silika und säurefestes Material

für alle Zweige der Industrie in jeder Form  
und Art in zweckentsprechender Güte

---

Bauausführungen von:

Gaswerksanlagen — Gaserzeugungsöfen — Müllverbrennungsöfen  
Fäkalien- und Klärschlamm-Verwertungsanlagen

---

## Öfen für die gesamte Industrie

wie:

Metallschmelz- und Glühöfen, Temperöfen für ununterbrochenen  
und unterbrochenen Betrieb, Tiegel- und Herdschmelzöfen, Hafens-  
und Wannöfen für die Glaserzeugung, Eindampf- und Kalzinier-  
öfen für Holzstofffabriken, Muffelöfen für die Metall- und kera-  
mische Industrie, Feuerungen für die verschiedensten Zwecke

## Elektro-Muffelöfen für Versuchszwecke

## Laboratoriumsbedarf



# **Industrielle Ofenanlagen**

*für die gesamte keramische und chemische Industrie*

*Moderne Gasgeneratoren für alle Zwecke*

*Zahlreiche Ausführungen / Erste Referenzen*

**Wilhelm Ruppmann, Stuttgart**

*Hüttentechnisches Büro und Industrieofenbau*

## **Gewaschenen Quarz und Quarzsand**

in vielen Korngrößen, auch gebrochen,  
Kieselsäure rd. 99%, Segerkegel 36,  
ferner Klebsand und Bruchquarzit  
liefern in bewährter Güte

**Westerwälder Sandwerke**  
Niederzeuzheim

## **Pfälzische Chamotte und Thonwerke** **(Schiffer und Kircher) A.-G., Grünstadt (Pfalz)**

### **Chamottefabriken in Eisenberg (Pfalz)**

Fabrikation von feuer- und säurefesten Produkten für allerhöchste Beanspruchung für alle Industrien

### **Tongruben in Eisenberg, Heppenleidelheim und Lautersheim**

Förderung der weltbekannten la blauen Glashafen- und Tiegeltonen und von la Kaolintonen

Zweigniederlassung Grünstadt d. Pfalz-Bayerischen Tonwerke G.m.b.H., Teublitz

Förderung von allerhöchst feuerbeständigen Tonen

Schutzmarke „Palatina“

Telegramm-Adr.: Palatina Grünstadtpfalz



**Bender & Fraembs**

G. m. b. H.

**Hagen-Westfalen**

---

**Industrieöfen**

**aller Art**

arbeiten am wirtschaftlichsten

mit

**Rekuperator**

„Bauart Hecker“ D. R. P. und Auslandspatente

Die einfachste und vollkommenste  
Konstruktion

**Generatoren**

für alle Brennstoffe

**Verdampfer**

für Gaserzeuger

# **Hochfeuerfeste Tone** **bis S. K. 33**

für  
**feuer- und säurefeste Produkte**

## **Leichtsinternde Tone**

für  
**Steinzeugröhren und chemische Apparate usw.**

## **Prima Kapseltone**

## **Krugtone**

für  
**Krüge und Einmachttöpfe**

## **Mahltrockene Tone**

### **Weißbrennender, leichtsinternder Osmoton K.**

**maschinenfeucht, getrocknet und feinst gemahlen**

unter Garantie steter Gleichmäßigkeit auf elektro-osmotischem Wege von grobem Sand, Schwefelkies, Glimmer, Eisen u. sonstigen schädlichen Bestandteilen befreiter Ton für die Fabrikation von **Steingut, Porzellan, Wandplatten, Öfen, Isolatoren, elektrotechnischen Stanzartikeln, Emailwaren, Schleifsteinen, Glashäfen usw.**

Größere Proben kostenlos.

## **Westerwälder Elektro- Osmose Tongewerkschaft** **Staudt, Post Montabaur i. Westerwald**

Telegramm-Adresse: „Westosmose“, Montabaur. Telephon: 43 Montabaur  
Schiffsverladung: Vallendar a. Rhein. Bahnversand: Bannberscheid-Staudt  
und Goldhausen

# **Th. Groke Akt.-Ges.**

**Merseburg**

liefert seit langen Jahren als Sonderheit Einrichtungen jeder Art für die  
Schamotteindustrie, und zwar:

***Kollergänge***

*für Naß- und Trockenaufbereitung*

***Brech-, Vor-  
u. Feinwalzwerke***

***Tonschneider u. Mischer***

*besonders kräftiger Bauart mit Vor- u. Nachmischung*

***Nachpressen***

*hydraulische, mechanische und  
für Handbetrieb*

***Kapselpressen***

***Strangpressen***

*verschiedener Bauart*

***Kugelmühlen***

***Steinbrecher***

***Schlagkreuzmühlen***

***Aufgabeapparate u. Beschicker***

*für trockne und feuchte Materialien*

# Maschinenfabrik Roscher

G. m. b. H.

## Görlitz

### Spezialfabrik

moderner Maschinen für die feuerfeste  
Baustoffindustrie

\*

Trocken-, Nass-  
und Silika-Kollergänge  
Kugel- und Schleudermühlen  
Vorbereitungs- und Formgebungsmaschinen  
Elevatoren, Aufzüge sowie  
Transport-Maschinen  
aller Art

\*

Eigene bewährte Konstruktionen und Systeme  
Langjährige Erfahrungen im Bau kompletter  
Anlagen sowie Umbau veralteter Einrichtungen