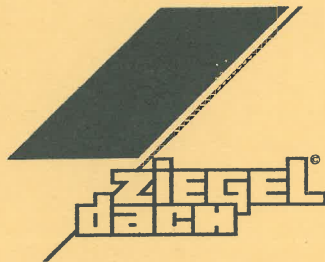
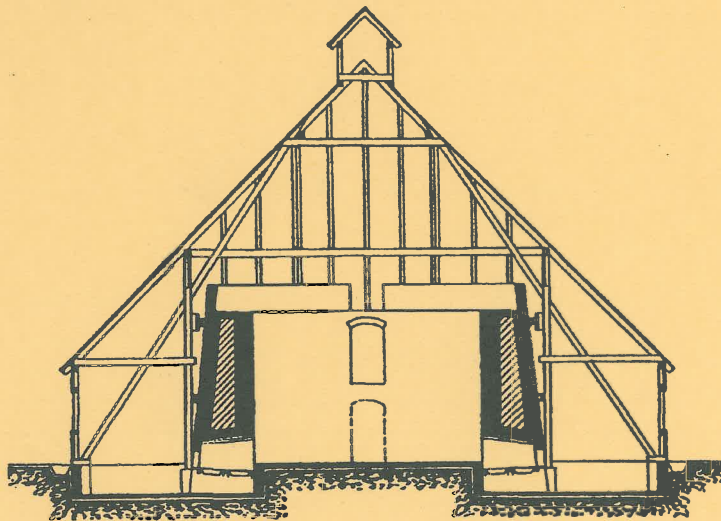


Arbeitsgemeinschaft Ziegeldach e. V., Bonn



Der Ziegelofen

Handbuch für Ziegeleien
bei Einrichtung und Bauausführung von
Brennöfen, Schornsteinen u. Ofengebäuden



Faksimile-Edition 2/2001

Der Ziegelofen

Handbuch für Ziegeleien
bei Einrichtung und Bauausführung von
Brennöfen, Schornsteinen u. Ofengebäuden

Mit einleitenden Abhandlungen über
Brennstoffe, Verbrennung und Feuerungen

von

Ziegelei-Ingenieur A. Nawrath

Inhaber

der Firma Otto Bock, Technisches Büro, Berlin

Fünfte verbesserte und erweiterte Auflage

von

Otto Bock: Der Ziegelofen

Mit 85 Abbildungen

5. Auflage

1928



Carl Scholtze
Verlag für Architektur, Technik und Gewerbe
Leipzig C1

Vorwort.

Das jetzt in fünfter Auflage vorliegende Buch hat bei der Neubearbeitung eine wesentliche Erweiterung dadurch erfahren, daß in demselben Abhandlungen über die Brennstoff- und Feuerungskunde aufgenommen wurden. Diese enthalten nicht nur einen vollständigen Überblick über alle für das Brennen von Ziegelwaren in Betracht kommenden festen, gasförmigen und flüssigen Brennstoffe, sondern auch Erklärungen der Vorgänge, die sich nach chemischen und physikalischen Gesetzen bei der Verbrennung im Feuer abspielen, wobei die verschiedenen zur Anwendung kommenden Feuerungen eine ausführliche Behandlung fanden.

Die sich daran anschließenden Abschnitte sind der letzten Auflage des Buches entnommen, jedoch haben diese einige Vervollkommnungen erfahren und ihr Inhalt ist reichhaltiger geworden. Die Zahl der Abbildungen hat sich von 54 auf 85 erhöht.

Ich war bemüht, den Inhalt des Buches so leicht verständlich zu machen, daß auch der nicht wissenschaftlich vorgebildete Leser den Beschreibungen gut folgen und die gewünschte Belehrung daraus schöpfen kann.

Berlin, im April 1928.

A. Nawrath.

Inhaltsübersicht.

I. Einleitung

Die bei Errichtung eines Brennofens erforderlichen Bedachtnahmen. — Die gebräuchlichsten Brennstoffe beim Brennen von Ziegelwaren. — Wärmeeffekt und Wärmehinleit. — Heizwert der Brennstoffe. — Entzündungstemperatur, Flammbarkeit und Brennbarkeit der Brennstoffe. — Verbrennungsvorgänge, Luftbedarf und Einfluß der Luft bei der Verbrennung. — Reduzierende und oxydierende Flamme. — Seite 7—11

II. Verbrennung und Feuerungen

Entasungs- und Vergasungsprozeß. — Verbrennungsprozeß. — Vollkommene und unvollkommene Verbrennung. — Erschöpfende Ausnutzung der entwickelten Wärmemenge. — Temperaturmessungen. — Pyrometer, Segerkegel. — Bemessung der Rostflächen und des Feuerraumes. — Richtige Bedienungen der Feuerungen. — Planrostfeuerungen. — Schrägrostfeuerung. — Treppenrostfeuerung. — Halbgasfeuerung. — Gasfeuerung. — Gasgeneratoren. — Teerwasserabscheidung. — Prüfung des Generatorgases. — Richtige Gas- und Luftmischung. — Heizwert verschiedener Gase. — Erforderliche Luftmengen. — Erd- oder Naturgas. — Flüssige Brennstoffe (Erdöl, Teer). — Seite 11—25

III. Beschreibung verschiedener Ziegelbrennöfen

Einteilung der Brennöfen. — Feldofen oder Meiler. — Offener oder Deutscher Ofen. — Kasseler Flammofen. — Doppelter Flammofen. — Einzelofen mit überschlagender Flamme. — Blaudämpfofen. — Verbundofen mit überschlagender Flamme. — Ringofen. — Eigentümlichkeit des ununterbrochenen Ringofenbetriebes. — Abhängigkeit der Leistung eines Ringofens von seinen Abmessungen und der Zugkraft des Schornsteins. — Fassungsfähigkeit verschiedener Ziegelformate in einem cbm Ofenraum. — Grundrißform der Ringöfen. — Zickzack-Ringöfen. — Teilringofen. — Ringofen mit unterem Rauchabzug. — Ringofen mit oberem Rauchabzug. — Schmauchkanal. — Ringofen ohne Gewölbe. — Ringofen mit überschlagender Flamme. — Kammerringofen mit überschlagender Flamme. — Gasringofen. — Gas-Kammerringofen. — Ringofen mit Tropfölfеuerung. — Ringofen mit Rohöl-Zerstäuberfeuerung. — Teerfeuerung. — Kanal- oder Tunnelofen. — Muffelöfen. — Seite 25—59

IV. Wahl der Baustelle u. Schutz gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit

Geeignetste Lage für eine Ziegelei. — Wichtigkeit der Bodenuntersuchung vor Errichtung einer Ziegelei. — Schädlichkeit feuchten Baugrundes für den Ofenbetrieb. — Einfluß der in die Erde dringenden Ofenwärme. — Höhenlage der Brennofensohle über dem Gelände. — Empfindlichkeit verschiedener Ringofenarten gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit. — Verschiedene Isoliermittel. — Ausführung von Isolierungen gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit. — Nachteile felsigen Baugrundes für Ringofenbauten. — Seite 60—68

V. Ausführung des Ofenmauerwerkes

Ansprüche an Ofenmauerwerk in bezug auf Haltbarkeit und Schutz gegen Wärmeverluste. — Ausführung der Grundmauern — Anwendung von Erdbögen. — Ausführung des aufgehenden Ofenmauerwerkes. — Nachteile der Sandfüllungen in den Hohlräumen der Ofenwände. — Lehmfüllungen. — Hitzewiderstandsfähige Ziegel für innere Ofenverkleidungen. — Fugenmörtel. — Ofenverankerungen. — Trockenfugen. — Dehnungsfugen. — Ofenpflaster. — Ausführung des Ofengewölbes. — Halbkreisbogen. — Segmentbogen. — Formziegel. — Seite 69—80

VI. Ausführung der Schornsteine

Bemessung der Höhe und Mündungsweite eines Schornsteins. — Entstehung des Schornsteinzuges. — Verschiedene Einflüsse auf die Zugkraft eines Schornsteins. — Blitzableiter. — Formziegel. — Doppelte Schornsteinwände. — Der Mantelschornstein. — Zerstörung des Schornsteinmauerwerkes durch Witterungseinflüsse und Verwendung ungeeigneter Ziegel. — Bauausführung. — Behördliche Vorschriften für die Standfestigkeitsberechnung von Schornsteinen. — Seite 80—88

VII. Bau und Einrichtung der Ofengebäude

Zweck eines Ofengebäudes. — Regeln für die sachgemäße Ausführung von Ofengebäuden. — Verschiedene Ausführungsbeispiele. — Ofengebäude mit Trockeneinrichtung über dem Ringofen. — Vorteile solcher Trockenanlagen. — Ausnutzung vorhandener Wärme. — Bauausführung der Trockengebäude. — Seite 88—94

VIII. Verdingung der Bauausführungen

Bauausführung unter eigener Leitung. — Vergabung der Bauausführung an fremde Unternehmer. — Anfertigung der Bauzeichnungen. — Bauvertrag. — Seite 94—96

Sachverzeichnis Seite 97—99

Bezugsquellen-Nachweis Seite 100—102

I. Einleitung.

Das Brennen von Ziegelwaren stellt bestimmte Anforderungen an die Einrichtung und Ausführung eines Brennofens; er soll nicht nur der gewünschten Mengenleistung gerecht werden, sondern auch den zur Verheizung gelangenden Brennstoffen und den zu brennenden Warengattungen angepaßt sein. Einen für alle Fälle geeigneten Ziegel-Brennofen gibt es nicht; von der richtigen Wahl des Ofens und seiner sachgemäßen Ausführung hängt aber die Wirtschaftlichkeit und das Gedeihen eines Ziegelwerkes wesentlich ab.

Bei der Errichtung eines Brennofens hat man neben der Bedachtnahme auf die Bauart desselben für eine bestimmte Warengattung zwei Erfordernissen Rechnung zu tragen und zwar: erstens, der Erzeugung der überhaupt möglichen Wärmemengen durch Verbrennung eines gegebenen Brennstoffes, zweitens, der größtmöglichen Ausnutzung dieser Wärme für den vorliegenden Zweck. Diese Rücksichtnahmen setzen die Kenntnis von der Zusammensetzung und den Eigenschaften der verschiedenen Brennstoffe, von welchen ihr Heizwert abhängt, sowie von ihrem Verhalten bei der Verbrennung voraus.

Unsere gebräuchlichsten Brennstoffe beim Brennen von Ziegelwaren sind: Holz, Torf, Braunkohle und Steinkohle. Sie bestehen hauptsächlich aus Zellstoff oder sind daraus entstanden und enthalten dementsprechend hauptsächlich Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, zu welchen neben Schwefel noch mineralische Bestandteile wie Kieselsäure, Tonerde, Eisen usw. kommen, außerdem chemisch gebundenes und mechanisch beigemengtes Wasser.

Die fossilen Brennstoffe (Steinkohlen, Braunkohlen und Torf) sind aus den vegetabilischen durch Verwesungs- und Vermoderungsprozesse entstanden. Je länger diese dauerten, umsomehr reicherte sich der Kohlenstoff in den ersteren an; der Sauerstoffgehalt und auch der Wasserstoff nahm ab, letzterer in geringerem Maße.

Ein bestimmtes Gewicht eines Brennstoffes entwickelt bei vollständiger Verbrennung immer dieselbe Wärmemenge, gleichgültig, ob die Verbrennung langsam oder schnell erfolgt. Diese Wärmemenge oder der Wärmeeffekt wird ausgedrückt durch die *W ä r m e e i n h e i t* (WE), das ist die Wärmemenge, die notwendig ist, um die Temperatur von 1 kg Wasser um 1 Grad zu erhöhen.

Den Wert eines Brennstoffes schätzt man nach seinem Gehalt an Kohlenstoff unter Berücksichtigung des Asche- und Wassergehalts. Der Aschegehalt ist ein unverbrennlicher Ballast; der keine Hitze gibt, während der

Wassergehalt sogar noch Hitze verbraucht. Je trockener ein Brennstoff ist, desto größer ist seine Heizkraft. Die von 1 kg Brennstoff entwickelte Wärmemenge heißt sein **Heizwert**. Nachstehende Übersicht gibt den Heizwert und die mittlere chemische Zusammensetzung der wichtigsten Brennstoffe an:

Bezeichnung der Brennstoffe	Heizwert WE im Mittel	In 100 Teilen lufttrockenem Brennstoff sind enthalten:					
		C	H	O + N	S	Asche	Wasser
Buchenholz	4800	49.1	6.1	44.2	—	0.6	—
Eichenholz	4600	50.2	6.0	43.5	—	0.3	—
Fichtenholz	5000	50.3	6.2	43.1	—	0.4	—
Torf	3700	44.0	4.5	25.0	0.5	6.0	20.0
Jüngere Braunkohle (Lignit).	5500	55.5	5.5	28.0	—	7.5	3.5
Rohbraunkohle	2500	40.0	3.0	11.0	2.0	7.0	37.0
Braunkohlenbriketts	5000	52.0	4.0	16.0	2.0	9.0	17.0
Böhmische Braunkohle . . .	4400	45.0	5.0	12.5	2.5	10.0	25.0
Ruhr-Steinkohle	7600	80.0	4.7	6.0	1.5	6.5	1.3
Saar-Steinkohle	7100	75.0	5.0	10.0	1.0	6.5	2.5
Schlesische Steinkohle . . .	7200	76.0	4.5	9.0	1.5	6.0	3.0
Anthrazit	8000	85.4	3.9	4.7	1.2	3.9	0.9
Koks	6500	84.0	0.8	3.4	1.0	9.0	1.8

Die Brennstoffe müssen, um sie zur Entzündung zu bringen, mehr oder weniger vorgewärmt werden, sofern die zugeführte Verbrennungsluft nicht genügend erhitzt ist. Keine chemische Verbindung bildet sich unter einer gewissen niedrigsten Temperatur, ebenso wie es eine gewisse höchste Temperatur gibt, bei deren Erreichung die Verbindung in ihre Bestandteile zerfällt. Die niedrigste Temperatur heißt die **Entzündungstemperatur**; sie ist für die verschiedenen Brennstoffe eine sehr verschiedene und hängt teils von dem Wassergehalte, teils von ihrem dichteren oder loserem Gefüge ab. Wasserstoffreiche, harzige Brennstoffe entzünden sich am leichtesten, Anthrazit schwerer als Holz und Torf, hartes Holz schwerer als weiches. Nachstehende Übersicht gibt die Entzündungstemperatur einiger Brennstoffe an.

Torf	225 Grad	Holzkohle	360 Grad
Nadelholz	295 „	Koks	800 „
Steinkohle	326 „	Generatorgas	600 „

Wird ein Teil einer größeren Brennstoffmenge entzündet, so nimmt der andere die von jenem entwickelte Wärme so lange auf, bis er, ebenfalls auf die Entzündungstemperatur erhitzt, in Verbrennung übergeht. Es bedarf aber nicht immer einer unmittelbaren Entzündung durch Feuer, denn durch genügende Erhitzung des brennbaren Körpers oder der Verbrennungsluft kann die Entzündung gleichfalls eintreten. Andererseits ist es möglich, durch übermäßig große Luftzuführung, oder aber durch Aufschütten nassen Brennstoffes das Feuer zum Erlöschen zu bringen. Wenn Brennstoffe entzündet werden, so werden zunächst die leicht entzündlichen Gase aufgeschlossen, die mit lebhafter Flamme verbrennen. Dieses Stadium der Flammenbildung ist aber bei festen Brennstoffen von nur kurzer Dauer, es tritt alsdann das der Glut ein, wobei der feste Kohlen-

stoff gasförmig wird und bei andauerndem Zutritt von Sauerstoff vollständig verbrennt.

Für die Anwendung der Brennstoffe in der Ziegelindustrie ist ihre *Flammbarkeit*, d. h. ihre Eigenschaft, bei der Verbrennung eine kürzere oder längere Flamme zu geben, sehr wichtig. Da die Flamme nur durch brennbare Gase gebildet wird, so sind besonders die wasserstoffhaltigen Brennstoffe am flammbarsten, wogegen Holzkohle und Koks, welche durch Verkohlung entstanden, beim Verbrennen keine helle Flamme abgeben.

Die *Brennbarkeit* eines Brennstoffes ist abhängig von der Beschaffenheit und Zusammensetzung desselben. Ein poröser, weniger dichter Brennstoff ist leichter brennbar, als ein weniger poröser, und was den Zusammenhang der Brennbarkeit eines Brennstoffes mit seiner chemischen Zusammensetzung betrifft, so ist er um so leichter brennbar, je mehr Wasserstoff er enthält.

Bei vollkommener Verbrennung verbindet sich der freie Wasserstoff (H) unmittelbar mit dem Kohlenstoff (C) entweder zu leichtem Kohlenwasserstoff (Sumpf- oder Grubengas CH_4) oder zu schwerem Kohlenwasserstoff (Aethylen oder ölbildendem Gas C_2H_4), welche beide, leicht brennbar, mit dem Sauerstoff (O) der Luft zu Kohlensäure (CO_2) und zu Wasser (H_2O) verbrennen. Das Wasser des Brennstoffes wird zersetzt, Wassertoff verbindet sich mit dem Kohlenstoff zu einem Kohlenwasserstoff, Sauerstoff mit Kohlenstoff zu Kohlenoxyd (CO); beide Gase verbrennen mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure und Wasser.¹⁾ Bei beschränkter Luftzuführung, also unvollkommener Verbrennung, entstehen neben Kohlensäure auch Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe, während ein Teil des Kohlenstoffes sich als Ruß abscheidet, der als Rauch sichtbar wird. In der Regel tritt diese Rauchbildung dadurch ein, daß die noch nicht vollkommen verbrannten, d. h. mit Sauerstoff in Verbindung getretenen Kohlenwasserstoffe usw. mit Körpern in Berührung kommen, die so kalt sind, daß sie die Temperatur der Gase unter ihre Entzündungstemperatur sinken lassen.

Der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff wird den Brennstoffen mit der atmosphärischen Luft zugeführt. Die Luft besteht, abgesehen von einem geringen Gehalt an Kohlensäure und Wasserdampf, aus 23 Gewichtsteilen Sauerstoff (O) und 77 Gewichtsteilen Stickstoff (N) oder aus 21 Volumteilen Sauerstoff und 79 Volumteilen Stickstoff.

Zur vollkommenen Verbrennung von 1 kg Brennstoff sind bei Rostfeuerungen theoretisch folgende Luftmengen erforderlich:

Holz, trocken	4,2—5,3	cbm
Torf	3,3—5,7	„
Mitteldeutsche erdige Braunkohle	2,3—3,8	„
Braunkohlenbriketts	5,6—6,6	„
Böhmische Braunkohle	4,0—6,7	„
Steinkohle	4,9—9,8	„

¹⁾ Des Ingenieurs Taschenbuch „Hütte“, 1899, I. Seite 313.

Die tatsächlich erforderliche Luftmenge zur vollkommenen Verbrennung beträgt etwa das 2fache der oben angegebenen Luftmengen, weil sonst eine innige Mischung der Luft und der Brenngase nicht eintritt; beim Ringofen ist mit mindestens der 4fachen, im Durchschnitt mit der 7—8fachen Luftmenge zu rechnen.

Wird die Temperatur trockener Luft von 0° bei einem Barometerstande von 760 mm um 1° geändert, so ändert sich ihr Volumen um 1/273 des ursprünglichen Volumens. Die Ausdehnung der Luft und Gase bei verschiedenen Temperaturen zeigt folgende Zusammenstellung:

1 cbm Luft von 0° wiegt 0,773 kg und nimmt ein

bei 50° C . . .	1,183 cbm	bei 400° C . . .	2,468 cbm
„ 100° C . . .	1,367 „	„ 500° C . . .	2,835 „
„ 150° C . . .	1,550 „	„ 600° C . . .	3,202 „
„ 200° C . . .	1,734 „	„ 700° C . . .	3,569 „
„ 250° C . . .	1,917 „	„ 800° C . . .	3,936 „
„ 300° C . . .	2,191 „	„ 900° C . . .	4,303 „
„ 350° C . . .	2,284 „	„ 1000° C . . .	4,670 „

Da ein Raumteil Sauerstoff bei der Verbrennung einen Raumteil Kohlensäure liefert, so ist der Rauminhalt nach der Menge der trockenen Verbrennungsgase in abgekühltem Zustande annähernd gleich der zugeführten Luftmenge. Dazu kommt noch der Wasserdampf und unter Umständen die aus dem Ziegelgut ausgetriebene Kohlensäure.

Die Eigenschaft der Brennstoffe, bei ihrer Verbrennung eine kürzere oder längere Flamme zu geben, ist, wie bereits erwähnt, beim Brennen von Ziegelwaren sehr wichtig, weil sich danach die Bauart des Brennofens richtet. Langflammige Brennstoffe, d. h. solche, die eine große Menge brennbarer Gase entwickeln, erfordern ausgedehnte Verbrennungsräume (Feuerstellen). Ob die Flamme mehr oder weniger stark leuchtend ist, hängt von ihrem Gehalt an festen, ins Glühen versetzten Bestandteilen ab; in den Feuerungen ist meistens Kohlenstoff vorhanden, welcher sich bei der Verbrennung der Kohlenwasserstoffe, falls denselben nicht genügend Sauerstoff zur Verfügung steht, in sehr feinen Teilchen ausscheidet. Eine Flamme, in der sich noch viel fester Kohlenstoff in feinst verteilter Form befindet, wird bestrebt sein, zu seiner Verbrennung weiteren Sauerstoff zu erlangen. Dies kann durch Zutritt frischer Luft erfolgen, es kann aber ebensogut auf Kosten des Sauerstoffs geschehen, der in Verbindung mit Metallen in den Ziegelwaren enthalten ist, die sich zum Brennen im Ofen befinden. Der teilweise oder völlige Austritt des Sauerstoffes hat zur Folge, daß die in höheren Oxydationsstufen befindlichen Metalle in solche einer niedrigeren, bezw. in das reine Element übergeführt werden; man nennt dies eine Reduktion und bezeichnet demgemäß eine Flamme, welche eine solche Wirkung hervorbringt, als eine *reduzierende Flamme*.¹⁾

Obwohl eine leuchtende Flamme beweist, daß in derselben Mangel an Sauerstoff vorhanden ist, deutet eine nicht leuchtende Flamme doch nicht

¹⁾ Dämmeler, Handbuch der Ziegelfabrikation, 1900, Seite 307.

in allen Fällen auf das Gegenteil hin. Manche Gase, z. B. Kohlenoxyd, Wasserstoff, scheiden beim Verbrennen feste Körper nicht aus und zeigen daher eine nichtleuchtende Flamme, unbeeinflusst durch die Menge des zur Verfügung stehenden Sauerstoffs. Dieses Nichtleuchten der Flamme findet aber auch dann statt, wenn alle in den Gasen enthaltenen, brennenden Stoffe, dank dem reichlich und im Überfluß vorhandenen Sauerstoff, sofort vollständig verbrannt werden. Ist ein solcher Überschuß vorhanden, so wird er befähigt sein, die im Bereich der Flamme befindlichen Metalle zu oxydieren, evtl. Oxyde in höhere Oxydationsstufen überzuführen. Eine Flamme, bei welcher noch freier Sauerstoff vorhanden ist, nennt man im Gegensatz zu der reduzierenden eine *oxydierende Flamme*.

Durch die reduzierende oder oxydierende Wirkung der Feuergase auf die Bestandteile des Tones, namentlich des Eisens, können oberflächlich Färbungen auf den Ziegelsteinen hervorgerufen werden. Früher nahm man im allgemeinen an, daß die rote Farbe gebrannter Ziegel von Eisenoxyd, gelbe von Eisenoxydul herrühre, und daß durch Zutritt von Luft zu den glühenden Steinen letzteres in ersteres übergeht und gelbe Steine wieder rot werden.¹⁾ Nach Segers Untersuchungen ist aber ein geringer Gehalt von 0,1 bis 0,3 v. H. Eisenoxydul in normal gebrannten Ziegeln ohne Einfluß auf die Färbung, und wenn aus kalkhaltigen Tonen erzeugte Ziegel, die gelb ausfallen sollen, rot erscheinen, so hat dies seinen Grund in der Anwesenheit schwefliger Säure oder darin, daß die Ziegel bei so niedriger Temperatur gebrannt sind, daß der Kalk auf das Eisenoxyd nicht chemisch wirken konnte. Hat unter dem Einflusse reduzierender Gase eine Bildung von Eisenoxydul stattgefunden, so kann eine teilweise Rückbildung von Eisenoxyd bei langsamen Erkalten unter dem Einflusse eines Stromes erhitzter Luft allerdings stattfinden, indem die oxydierende Wirkung nach dem Innern des Ziegels immer mehr abnimmt.

Eine rauchige Flamme wirkt kräftig reduzierend, welches Verhalten man benutzt, um den Ziegeln eine gewisse Färbung zu geben. Rote Ziegelsteine können bei rauchiger Flamme durch Bildung von Eisenoxydul schiefergrau bis blauschwarz werden, worauf das sogen. Dämpfen der Ziegelware beruht. (Siehe Seite 33.) Mit erhöhtem Gehalt an Eisenoxydul nimmt die Dunkelfärbung zu, die durch Ablagerung von Kohlenstoff in den Poren des Ziegels noch unterstützt wird.

II. Verbrennung und Feuerungen.

Bei der Umsetzung der Brennstoffe in Wärme durch die Verbrennung spielen sich drei Vorgänge neben bzw. hintereinander ab: erstens der *Entgasungsprozeß*, bei welchem die in den festen Brennstoffen enthaltenen flüssigen und gasförmigen Körper entfernt werden, zweitens der *Vergasungsprozeß*, der vorwiegend chemischer Natur ist und

¹⁾ Bruno Kerl, Handbuch der gesamten Tonwarenindustrie, 1907, Seite 476.

bei welchem die bituminösen Stoffe des Brennstoffes sich in brennbare Gase verwandeln, während Koks zurückbleibt, und drittens der eigentliche *Verbrennungsprozeß*, bei welchem sowohl die entwickelten Gase, als auch der Koks mit dem Sauerstoff der Luft bei der Verbrennungstemperatur in Verbindung gebracht und dadurch Wasser und Kohlensäure gebildet wird. Bei letzterem Vorgang werden Wärmemengen, entsprechend den entstehenden Gasmengen erzeugt, während bei den beiden vorerwähnten Vorgängen keine Wärme entwickelt, wohl aber solche gebunden wird.

Bei der Verbrennung auf dem Rost liegen Gasentwicklung und Gasverbrennung ganz nahe beieinander; sie vollzieht sich zunächst an den Stellen, an denen das Gas entwickelt wird, und zwar an der Oberfläche der Kohlenschüttung und in den Hohlräumen, welche dieselbe auf dem Rost bildet. In unmittelbarer Berührung mit der intensiv glühenden Kohle wird ein inniges Gemenge von Gas und Luft gebildet, das sich leicht entzündet, so daß damit den Bedingungen des Verbrennungsprozesses scheinbar völliges Genüge geschieht.

Die Verbrennungstemperatur hängt innigst mit der Verbrennungswärme zusammen, also mit der Anzahl der Wärmeeinheiten, die bei der Verbrennung erzeugt werden. Die Menge der erzeugten Wärme ist abhängig sowohl von der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Brennstoffes, als auch von der Art der Verbrennung. Der Verbrennungsprozeß ist in stetiger Veränderung begriffen, denn sein eigentlicher Höhepunkt, der sich durch rauchfreie Verbrennung auszeichnet und die als reines Kohlenstofffeuer bezeichnet werden kann, wird nur erreicht, um sogleich wieder verlassen zu werden. Dies geschieht beim Aufgeben neuen Brennstoffes oder durch die fortschreitende Abnahme der Bildung von Brenngasen bei gleichbleibender oder — bewirkt durch den geringen Widerstand der schwächer werdenden Kohlschicht — bei noch vermehrter Luftzufuhr. Dabei kann schließlich ein Erlöschen des Feuers eintreten, wenn nicht neuer Brennstoff aufgegeben wird.

Die vorteilhafteste Verbrennung findet statt, wenn die Temperatur im Verbrennungsraum immer in solcher Höhe erhalten wird, daß die auf tretenden Destillationsprodukte in einfache Verbindungen zerlegt werden und diese letzteren, sowie auch die Vergasungsprodukte in Verbindung mit dem Sauerstoff treten, d. h. vollkommen verbrennen.

Unter gewöhnlichen Umständen hat die Verbrennung bei der Ausnützung der Brennstoffe mit zwei Schwierigkeiten zu kämpfen. Ist sie nämlich eine *v o l l k o m m e n e*, so bedarf sie dazu großen Luftüberschusses, und die Folge davon ist niedrige Verbrennungstemperatur; ist sie eine *u n v o l l k o m m e n e* bei nicht ausreichender Luft, so entstehen zwar hohe Temperaturen, aber auch große, bis zu $\frac{1}{3}$ steigende Wärmeverluste.¹⁾

¹⁾ Dr. Hermann Zwick, Die Ziegelfabrikation der Gegenwart, 1894, Seite 415.

Bei der Ausbildung der Verbrennungsapparate kommt es nun darauf an, diese Schwierigkeiten möglichst zu überwinden, also die Luftzufuhr so zu regeln, daß die Verbrennung eine möglichst vollkommene und die Temperatur die verlangte ist. Am vollkommensten gelingt diese Regelung bei der Gasfeuerung, bei welcher aus dem Brennstoff durch unvollkommene Verbrennung zunächst brennbares Gas (Kohlenoxyd) erzeugt und dieses dann unter Zuführung hinreichender Mengen erhitzter Luft zur vollkommenen Verbrennung gebracht wird.

Soll bei Anwendung fester Brennstoffe die Verbrennungstemperatur gesteigert werden, so erfolgt dies durch Vorwärmen der zur Speisung des Feuers notwendigen Luft; denn führt man kalte Luft zu, so muß diese sich erst auf die Entzündungstemperatur des Brennstoffes erwärmen, ehe sie diesen zu verbrennen vermag. Führt man hingegen warme Luft zu, wie dies z. B. bei allen ununterbrochen betriebenen Brennöfen, den Ringöfen, der Fall ist, so kommt dieselbe unmittelbar, also schnell im eigentlichen Heizraume zur Wirkung, dabei vollständigere Verbrennung und eine erhebliche Steigerung der Temperatur erzeugend.

Bei den Brennöfen kommt es nicht allein auf die vollständige Entwicklung der Wärme aus den Brennstoffen, sondern auch, wie bereits betont, ebensowohl auf *e r s c h ö p f e n d e A u s n u t z u n g d i e s e r W ä r m e m e n g e* für das Brennen einer bestimmten Ware an. Jedes Tonwarenerzeugnis stellt gewisse Anforderungen an die zu erreichende Temperatur, die innerhalb des Brennraumes wirken soll. Diese Temperatur wird bald eine hohe, bald eine niedrigere sein, gewöhnlich aber sich innerhalb einer nicht zu überschreitenden Grenze halten, auch eine gewisse Zeit, also länger andauernd wirken; bald hat sie sich auf einen kleinen Heizraum, bald auf einen größeren mit einer beträchtlichen Zahl von Brennobjekten zu erstrecken, wozu in jedem Falle besondere Vorkehrungen zu treffen sind. So sollen auch die Ziegelbrennöfen nicht bloß jenen allgemeinen Grundsätzen vollkommener Wärmeausnutzung Rechnung tragen, sondern auch dem vorliegenden Zwecke gemäß, eine zwischen enge Grenzen eingeschlossene, weder zu hohe, noch zu niedrige Temperatur erzeugen, die sich gleichmäßig auf eine große Zahl von Brennobjekten erstreckt. Sie sollen gestatten, die Temperatur mit Leichtigkeit zu regulieren und den geringsten Brennstoffaufwand zu erzielen, ohne Schaden für die Brennobjekte.

Während des Brennens sind die Tonwarenerzeugnisse einer Reihe von pyrochemischen Prozessen unterworfen, die durch ein Übermaß von Hitze wohl beschleunigt, andererseits aber bei Obwalten niedrigerer Temperaturen, durch längere Einwirkung derselben, gleichfalls zum Abschluß gebracht werden. Würde man die Tonwaren also nur nach angezeigten Hitzegraden abbrennen, so würde man Gefahr laufen, bald überbrannte, bald ungarere Waren zu erzeugen.

Die Temperaturen, die zum Brennen von Ziegelwaren nötig sind, bewegen sich je nach Beschaffenheit und Art der zu brennenden Ware zwischen 850 bis 1300 Grad. Zum Messen dieser Temperaturen ist es not-

wendig, sich besonderer Hilfsmittel zu bedienen, denn bis jetzt ist es noch nicht gelungen, Thermometer herzustellen, die so hohe Temperaturen mit Sicherheit und immer gleichmäßig anzeigen. Man hat wohl Meßinstrumente konstruiert, die entweder auf der Anwendung elektromotorischer Kraft, wie die Pyrometer von Le Chatelier und Siemens, oder wie die Wannerschen Pyrometer auf photometrischem Wege durch Polarisierung des bei der Verbrennung entstehenden Lichtes beruhen. Diese Instrumente sind jedoch kompliziert und daher wenig zur Benutzung durch gewöhnliche Arbeiter geeignet. Man bedient sich daher in der Tonwarenindustrie fast ausnahmslos zum Beobachten der Temperaturunterschiede in den Brennöfen, bzw. des Garbrandes der Waren der Segerkegel. Diese nach ihrem Erfinder, Professor Seger, benannten und in der Staatlichen Porzellanmanufaktur Berlin hergestellten Kegel sind abgestumpfte dreiseitige Pyramiden von etwa 6 cm Höhe.¹⁾ Sie bestehen aus einer Reihe systematisch zusammengesetzter, nach Nummern geordneter Silikatgemische, die an Schwerschmelzbarkeit von Nummer zu Nummer zunehmen. Stellt man, wie Abb. 1 zeigt, drei Kegel einer aufeinanderfolgenden Nummernreihe, deren Schmelztemperatur in der geschätzten Höhe der zu messenden Temperatur liegt, in den Brennraum ein, so läßt sich aus der Nummer des letzten niedergeschmolzenen und der des ersten stehengebliebenen Kegels auf den Hitzegrad schließen, welchem diese Kegel ausgesetzt waren. Die Mittelwerte für die Schmelzpunkte der Segerkegel enthält die folgende Tafel:

Nr.	Nr.	Nr.	Nr.
022 —600°	07a— 960°	9—1280°	29—1650°
021 —650	06a— 980	10—1300	30—1670
020 —670	05a—1000	11—1320	31—1690
019 —690	04a—1020	12—1350	32—1710
018 —710	03a—1040	13—1380	33—1730
017 —730	02a—1060	14—1410	34—1750
016 —750	01a—1080	15—1435	35—1770
015a—790	1a—1100	16—1460	36—1790
014a—815	2a—1120	17—1480	37—1825
13a—835	3a—1140	18—1500	38—1850
12a—855	4a—1160	19—1520	39—1880
11a—880	5a—1180	20—1530	40—1920
10a—900	6a—1200	26—1580	41—1960
09a—920	7 —1230	27—1610	42—2000
08a—940	8 —1250	28—1630	

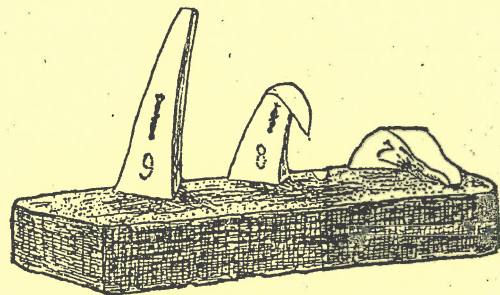


Abb. 1. Segerkegel.

Jeder Brennstoff erfordert eine seiner besonderen Eigenschaft angepaßte Ausbildung der Feuerstelle. Ihr wichtigster Teil ist der Rost, der in drei Hauptgestaltungen und zwar als Planrost, Schrägrost und Treppenrost, von denen der erste für fast alle Brennstoffe, der zweite für kleinstückige Stein- und Braunkohle, der dritte für Braunkohle von noch feinerer Körnung, sowie für Sägemehl zur Anwendung gelangt. Man bezeichnet die Rostfläche als freie und totale; unter ersterer versteht man die zwischen

¹⁾ Segerkegel werden lediglich von dem Chemischen Laboratorium für Tonindustrie, Prof. Dr. Seger & E. Cramer, G. m. b. H., Berlin NW 21, Dreysestraße 4, geliefert.

den Rosten befindlichen Spalten, durch welche die Verbrennungsluft an den Brennstoff gelangt. Nach Erfahrungsregeln soll die freie Rostfläche betragen:

bei Steinkohlen	$\frac{1}{4}—\frac{1}{2}$	} der totalen.
„ Braunkohlen	$\frac{1}{5}—\frac{1}{3}$	
„ Holz, Torf	$\frac{1}{7}—\frac{1}{5}$	

Der die Roste umschließende Raum, die sogenannte Feuerung, muß ebenfalls dem zu verheizenden Brennstoffe angepaßt sein. Kohlen gebrauchen einen kleineren Feuerraum als Holz und Torf, erstere aber eine intensivere Luftzuführung.

Zur guten Ausnutzung eines Brennstoffes genügt nicht allein eine richtige Bemessung der Rostfläche und des Feuerraumes, sondern es muß auch die Verbrennung so geleitet werden, daß sich die meiste Wärme dabei entwickelt. Zur richtigen Durchführung des Verbrennungsprozesses sind daher nachstehende Bedingungen zu erfüllen: erstens, die frische Luft soll in einer dem Bedarf entsprechenden Menge durch den Rost eintreten und sich über ihm mit den entwickelten Gasen innerhalb des Wirkungsbereiches der hohen Temperatur der Verbrennungszone innig mischen können, zweitens, die Zumischung überschüssiger Luft ist auf das geringste Maß zu beschränken.

Die beste Verbrennung des Brennstoffes bei geringstem Sauerstoff-Überschuß ist bedingt durch die Schichthöhe des Brennstoffes bei gegebener Zugstärke, d. h. durch die Menge der in der Zeiteinheit durch die Brennstofflächeneinheit strömenden Luft. Kann die Luft den Brennstoff doppelt so rasch durchstreichen, so muß der Brennstoff etwa doppelte Schichthöhe besitzen, damit kein Überschuß abkühlender Luft in die Verbrennungsprodukte gelangt. Würde man hingegen bei schwachem Zuge die Luft durch eine hohe Brennstoffschicht führen, so bliebe die Verbrennung unvollkommen und in dem Verbrennungsprodukt befänden sich noch unverbrannte Teile.

Der Rost in einer Feuerung muß von dem Brennstoff stets gut bedeckt sein, wenn kein Überschuß von Luft einströmen und abkühlend auf die weiterziehenden Verbrennungsprodukte wirken soll, andererseits darf der Brennstoff in nicht zu dicker Schicht auf dem Roste liegen. Die Schütthöhe richtet sich nach der Stückengröße des Brennstoffes; ist dieser kleinstückig, so wird man die Schicht niedriger halten müssen, als wenn man es mit größeren Stücken zu tun hat, weil kleine Stücke sich dichter aufeinander legen und dem Durchgang der Luft daher größeren Widerstand entgegensetzen als größere. Die Schütthöhe soll bei Steinkohle etwa 6—10 cm, bei Braunkohle etwa 9—12 cm und bei Torf etwa 12—16 cm betragen.

Bei richtiger Bedienung der Feuerungen und nicht zu starker Brennstoffschicht verbindet sich bei der Verbrennung, wie schon erwähnt, der Sauerstoff der Luft mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure. Die untere Schicht des auf dem Roste liegenden Brennstoffes befindet sich dabei in

starker Glut, da ein Teil der entwickelten Wärme sich zunächst den Kohlenstücken mitteilt. Wenn der Heizer eine neue Schicht Kohle in größerer Menge darauf wirft, so treibt die von unten emporsteigende Glut aus der frisch aufgeworfenen Kohle die in derselben enthaltenen Gase (Kohlenwasserstoffe usw.) aus, wobei sich Rauch entwickelt. Finden diese unverbrannten Gase nicht genügenden Sauerstoff zur Verbrennung, d. h. werden die Gase nicht auf eine höhere Temperatur gebracht, die deren Verbrennungstemperatur übersteigt, so entweichen sie unausgenutzt, wenn man die nicht mehr Gase entwickelnde glühende Kohle auf den hinteren Teil des Rostes schiebt und die frische Kohle auf den vorderen Teil des

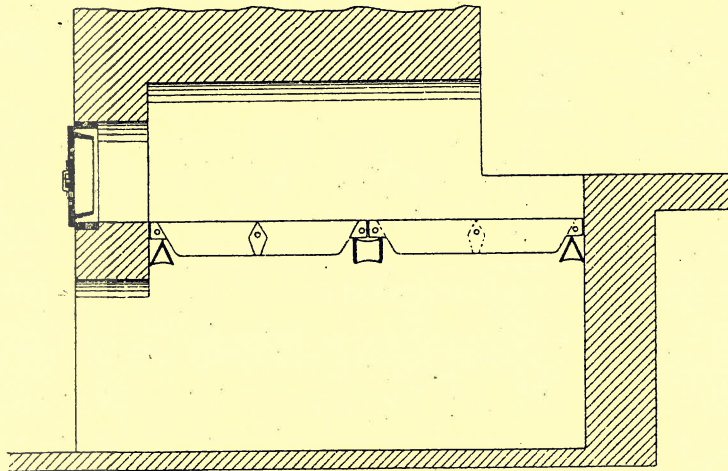


Abb. 2. Planrostfeuerung. Längsschnitt.

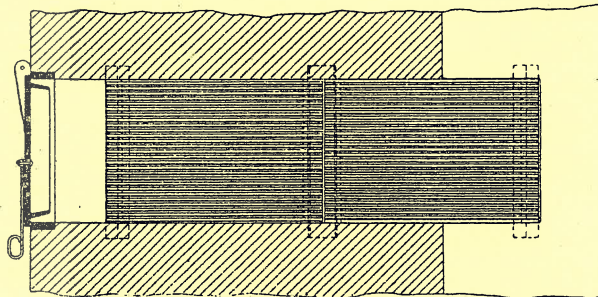


Abb. 3. Planrostfeuerung. Grundriß.

Rostes wirft. Die sich aus letzterer entwickelten Gase müssen nun über die glühende, verhältnismäßig dünne Kohlschicht streichen, wobei hier ein Überschuß von Luft, die noch ungebundenen Sauerstoff enthält, in den Feuerraum eintritt und den größten Teil der Rauchgase zur Verbrennung bringt.

Die Planrostfeuerung besteht im wesentlichen aus dem Feuerraum und dem unterhalb des Planrostes befindlichen Aschenraum. Abb. 2 und 3 zeigen eine solche Feuerung im Längsschnitt und Grundriß. Der Feuerraum ist an seinem vorderen Ende mittels einer gußeisernen Tür verschließbar, die man zum Schutze gegen die Einwirkung der Hitze, die von dem auf dem Roste entwickelten Feuer zurückstrahlt, mit einem

Schamottefutter versieht. Der Rost selbst besteht aus einer Anzahl schmaler, aber hoher gußeiserner Stäbe, die an den Enden auf Rostbalken ruhen. Die Enden der Stäbe sind etwas verstärkt, damit die Stäbe beim Nebeneinanderlegen Schlitz zwischen sich freilassen, durch welche die Verbrennungsluft an den Brennstoff gelangen kann. Gewöhnlich erhalten die Roststäbe, besonders wenn sie eine Länge von 80 cm überschreiten, auch in der Mitte noch eine Verstärkung, durch die sich die Stäbe hier gegenseitig gegen ein Krummwerden schützen. Zu dem Zweck werden oft mehrere Stäbe zu einem Bündel durch Nieten miteinander verbunden.

Hohe Roststäbe erwärmen die Verbrennungsluft beim Vorbeistreichen an den Stabflächen mehr als niedrige; sie erfahren dabei gleichzeitig eine gewisse Abkühlung, sie werden also weniger heiß und bleiben folglich länger haltbar. Um die Stäbe gleichmäßig abzukühlen, sollen sie von gleicher Höhe sein, also sich nicht nach den Enden zu verjüngen. Zweckmäßig ist es aber, bei langen Feuerungen zwei oder drei dicht hintereinander gereichte Roste anzuwenden und sie unterhalb der Stoßstellen durch eiserne Rostbalken zu unterstützen.

Die Schlitzweiten zwischen den Roststäben richten sich nach der Art und Beschaffenheit des zur Verwendung gelangenden Brennstoffes. Besteht z. B. die Steinkohle aus Würfeln oder Stücken, so können die Rostschlitze breiter und die Roststäbe etwas dicker sein, als bei Verwendung feinkörniger Kohle oder eines Brennstoffes, der, wie manche Braunkohlen, die Eigenschaft hat, im Feuer in kleinste Teile zu zerbröckeln und dann zum Teil unverbrannt durch die Rostschlitze zu fallen. Im ersteren Falle darf die Weite der Luftschlitze 1—2 cm betragen, im zweiten nur $\frac{1}{2}$ —1 cm.

Bei Planrostfeuerungen richtet sich auch die Größe der Gesamtrostfläche nach der Art des verwendeten Brennstoffes, ferner nach der Zugstärke. Ist guter Zug vorhanden, so kann man annehmen, daß für die stündliche Verbrennung von 100 kg Brennstoff eine Rostfläche erforderlich ist:

bei Steinkohle von durchschnittlich	. 1,50 qm
„ Braunkohle von durchschnittlich	. 1,30 „
„ Holz und Torf von durchschnittlich	1,10 „

Bei Öfen, die ohne Schornsteinzug brennen, wie z. B. der sogenannte deutsche Ziegelofen, muß man die Rostfläche erheblich größer, etwa bis zu doppelter Größe wählen.

Die Schrägrostfeuerung kommt zur Anwendung, wenn das Zuströmen kalter Luft in den Feuerraum verhindert werden soll. Bekanntlich muß bei der Planrostfeuerung während der Beschickung der Feuerung mit Brennstoff, sowie während des Abschlackens des Rostes die Feuertür geöffnet sein, wobei viel kalte Luft in den Ofen strömt, die nicht nur eine Abkühlung der Brenntemperatur verursacht, sondern zuweilen auch Schaden an den stark erhitzten Brennobjekten anrichtet.

Abb. 4 zeigt eine Schrägrostfeuerung im Längsschnitt. Am oberen Ende des schräg gestellten Rostes befindet sich ein Kohlenfülltrichter, aus dem

die Kohle selbsttätig in dem Maße, wie sie abbrennt, nachrutscht. Mittels eines im Fülltrichter befindlichen Schiebers läßt sich die Kohlendurchgangsöffnung je nach Beschaffenheit der Kohle so regeln, daß nur eine bestimmte Menge davon aus dem Trichter nachrutschen und den Rost in einer gleichmäßigen Schicht bedecken kann. Die Kohle im Trichter, der

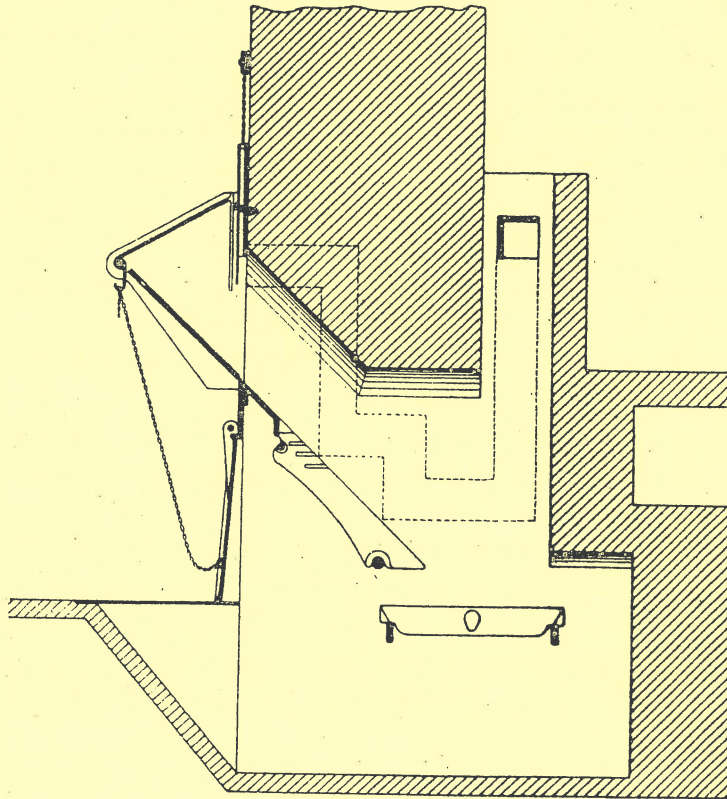


Abb. 4. Schrägrostfeuerung.

immer gefüllt sein muß, bildet dabei einen natürlichen Abschluß gegen das Eindringen kalter Luft. Am unteren Ende des Schrägrostes sammelt sich die Asche und die abgestoßene Schlacke auf einem kurzen Planrost an, von dem sie mittels einer Krücke abgezogen oder nach hinten in den Aschengraben geschoben werden kann. Der Neigungswinkel des schrägen Rostes zur Ebene richtet sich nach dem Schüttwinkel des Brennstoffes und beträgt etwa $35\text{--}40^\circ$.

Die Treppenrostfeuerung wendet man an, wenn es sich darum handelt, feinkörnige oder mulmige Brennstoffe, z. B. erdige Braunkohle oder Sägemehl zu verbrennen. Die Treppenrostfeuerung hat, wie Abb. 5 zeigt, Ähnlichkeit mit der Schrägrostfeuerung, indem auch bei ihr der Brennstoff selbsttätig aus einem Fülltrichter schräg nach unten gleitet, nur sind statt schräg gestellter Roststäbe wagerecht in gußeisernen Wänden gelagerte Platten nach Art einer Treppe angeordnet. Mulmige Brennstoffe würden bei Anwendung schräg gestellter Roststäbe durch die Rostspalten rieseln, wogegen sie auf den Platten liegen bleiben. Zwischen den

Abständen der einzelnen Platten kann die Verbrennungsluft zum Brennstoff gelangen. Den am unteren Ende eines Schrägrostes angeordneten kleinen Planrost läßt man beim Treppenrost zuweilen fehlen, so daß Asche und Schlacken unmittelbar in die Aschengrube fallen. Der Neigungswinkel bei einer Treppenrostfeuerung beträgt etwa $30\text{--}35^\circ$.

Die Schrägrostfeuerung sowohl als auch die Treppenrostfeuerung lassen sich als Halbgasfeuerung verwenden, wenn man, wie in den Abbildungen 4 und 5 angedeutet, in dem Seitenmauerwerk der Feuerungen kleine Kanäle zur Einführung von Zweitluft (Sekundärluft) anordnet,

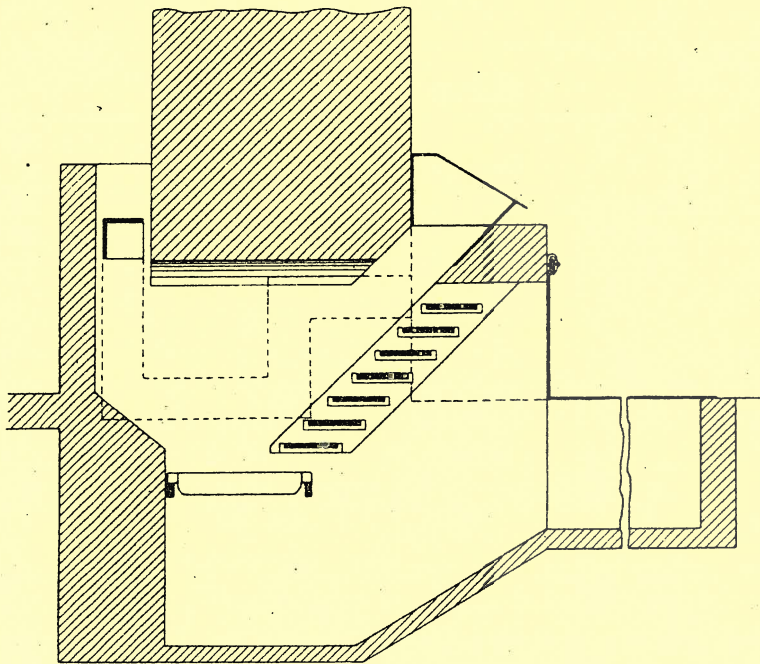


Abb. 5. Treppenrostfeuerung.

deren Lufteintrittsöffnungen mit Regulierverschiebern versehen werden. Beim Vorbeistreichen der eingeführten Luft an den glühend heißen Wänden der Feuerungen erwärmt sie sich und gelangt am Austrittsende der Kanäle heiß in den Feuerraum.

Die Halbgasfeuerung bildet den Übergang von der gewöhnlichen Rostfeuerung zu der Gasfeuerung. Werden die Roste mit einer so starken Brennstoffschicht bedeckt, daß die sogenannte Erstluft (Primärluft), die durch die Rostschlitze dringt, zur vollkommenen Verbrennung des Brennstoffes nicht genügt, so bilden sich über der Brennstoffschicht brennbare Gase und zwar Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffgas. Führt man diesen Gasen erwärmte Zweitluft durch die oben erwähnten Kanäle zu, so entzünden sie sich und gelangen als Flamme in den sich unmittelbar an die Feuerung anschließenden Brennraum.

Während bei der Halbgasfeuerung die Gaserzeugung und Gasverbrennung in ein und demselben Raume erfolgt, bedient man sich zur Erzeugung des für die Gasheizung ununterbrochen brennender Öfen (Gasring-

öfen, Gaskammerringöfen) erforderlichen Gases besonderer Gaserzeuger, der Gasgeneratoren. Von diesen wird das Gas in Kanälen zu den Brennöfen und aus diesen Hauptkanälen durch kleinere Stichkanäle in die einzelnen zu beheizenden Ofenkammern geleitet, in denen es unter Zuführung heißer Luft zur Verbrennung gelangt. Näheres hierüber enthält die Beschreibung der genannten Öfen auf Seite 51.

Zur Vergasung in einem Generator sind fast alle festen Brennstoffe geeignet. Es kommen für die Vergasung hauptsächlich Steinkohle, Braunkohle, Braunkohlenbriketts, Lignit (jüngere Braunkohle) und Torf in Betracht. Auch Brennstoffe, die bei unmittelbarer Verbrennung keine Flamme entwickeln, wie Koks und Anthrazit, sind zur Gaserzeugung bestens geeignet, wogegen sehr stark backende Kohle, wie z. B. Schmiedekohle, die zu wenig Kohlenwasserstoff entwickelt und auch zu übermäßiger Schlackenbildung neigt, nicht verwendbar ist.

Die Bauart der Generatoren richtet sich nach der Art und Beschaffenheit des zu vergasenden Brennstoffes. Abb. 6 zeigt beispielsweise einen Generator für Holz oder Torf, und Abb. 7 einen solchen für Rohbraunkohle, die eines großen Rostes bedarf, weil diese Kohle leicht zerfällt und sich dann dicht übereinander legt, namentlich, wenn sie von erdiger Beschaffenheit ist. Es muß deshalb der Verbrennungsluft mehr Zutrittsfläche gewährt werden. Sehr feinkörnige Kohle erfordert gewöhnlich noch die Anwendung gepreßten Unterwindes unter den Rost des Generators. Zur Erzeugung des Unterwindes bedient man sich meistens des Dampfstrahlgebläses, durch welches die Gaserzeugung gesteigert wird, wobei der mit der Luft mitgeführte Wasserdampf auch die Bildung flüssiger Schlacke verhindert. Außerdem wird das Gas durch die Zersetzung des Wasserdampfes mit Wasserstoff angereichert und dadurch sein Heizwert erhöht.

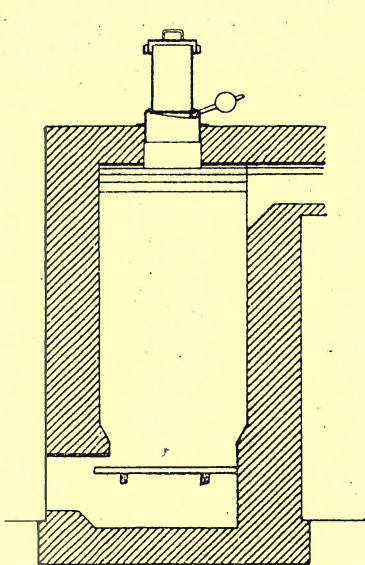


Abb. 6. Generator für Vergasung von Holz oder Torf.

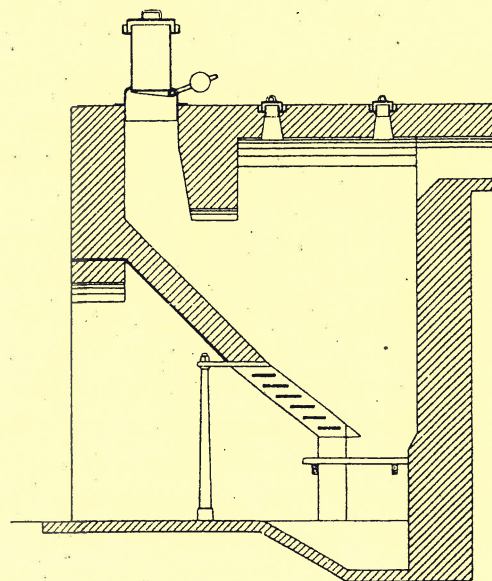


Abb. 7. Generator für Vergasung von Braunkohle.

Die Vergasung im Generator hat bei hoher Brennstoffaufschüttung unter einer gewissen Beschränkung des Luftzutritts zu geschehen, weil bei niedriger Schütthöhe und zu reichlicher Luftzuführung kein verwendbares Gas erzeugt würde. Der Vergasungsprozeß vollzieht sich in der Weise, daß ein Teil der im Generator unmittelbar über dem Rost befindlichen Kohle verbrennt, wobei sich Kohlensäure bildet, die in der höher befindlichen glühenden Brennstoffschicht durch Abgabe von Sauerstoff in brennbares Kohlenoxyd reduziert wird. In der obersten Schicht, wo auch schon eine verhältnismäßig hohe Temperatur herrscht, die 100°C beträchtlich übersteigt, erfolgt neben der Verdampfung des in dem Brennstoffe befindlichen Wassers eine Veränderung des Brennstoffes, die Entgasung, indem die drei Elemente: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff aufeinander einzuwirken beginnen, wobei sich durch die Einwirkung des Wasserstoffes auf den Kohlenstoff Kohlenwasserstoffe bilden, die zusammen mit dem durch die Einwirkung des Sauerstoffes auf den Kohlenstoff gebildeten Kohlenoxyd und dem chemisch entstandenen Wasser entweichen. Durch Verzehung des unmittelbar auf dem Rost ruhenden Brennstoffes und regelmäßiges Nachfüllen frischen Brennstoffes von oben vollzieht sich der Vergasungsprozeß in ununterbrochener Weise.

In der keramischen Industrie, in der die Menge der täglich zur Vergasung gelangenden Kohle 5000 kg kaum übersteigt, bedient man sich der Generatoren mit festem Rost, wie solche in den Abb. 6 und 7 dargestellt sind, im Gegensatz zu den Generatoren mit mechanisch bewegtem Rost, den sogenannten Drehrostgeneratoren, von welchen es eine große Zahl verschiedener Arten gibt. Abb. 8 zeigt als Beispiel einen Drehrostgenerator, dessen Wirkungsweise im wesentlichen darin besteht, daß infolge Drehung seines Unterteiles, der mit Wasser gefüllten Aschenschüssel, in deren Mitte sich eine auf- und abbewegende Rosthaube befindet, den Brennstoff im Generator nicht nur gleichmäßig verteilt, sondern auch auflockert, wodurch ein Hängenbleiben der Brennstoffsäule und ein Entstehen von Hohlräumen vermieden wird. Unterhalb der Aschenschüssel gelangt die zur Verbrennung nötige Luft durch einen Schacht zum Haubenrost und zwar wird die Luft bei Drehrostgeneratoren ausnahmslos mittels Gebläses eingeführt. Die Entleerung der in der Schüssel sich ansammelnden Asche und Schlacke erfolgt selbsttätig. Der Antriebsmechanismus zum Drehen der Schüssel besteht aus einem Schaltwerk mit Klinke, das durch einen Exzenter von einem Getriebe aus mittels motorischer Kraft betätigt wird. Die Benutzung eines Drehrostgenerators erweist sich nur dann von wirtschaftlichem Vorteil, wenn in 24 Stunden die zu vergasende Kohlenmenge mindestens 10 000 kg beträgt.

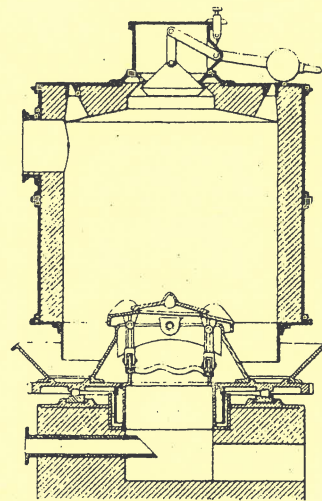


Abb. 8
Drehrostgenerator.

Die Größe eines Generators soll der beabsichtigten Leistung möglichst angepaßt, vor allem nicht zu reichlich bemessen sein, da andernfalls die Gasentwicklung zu langsam erfolgen müßte, wobei die Temperatur im Generator nicht hoch genug ginge, um die Kohlensäure völlig zu Kohlenoxyd zu reduzieren; das Gas würde zu viel unverbrennbare Kohlensäure enthalten und daher minderwertig sein. Im Interesse einer leichteren Beschürung und damit verbundenen guten, gleichmäßigen Gasentwicklung ist es nicht ratsam, daß Maß von 2 qm für die totale Rostfläche zu überschreiten. Auf einem qdcm freier Rostfläche kann nach Schmatolla¹⁾ ungefähr 1 kg Steinkohle in der Stunde verbrannt werden. Am zweckmäßigsten ist es, statt eines großen Generators zwei kleinere für einen Ofen anzulegen. Man ist dann unter Umständen in der Lage, nur einen betreiben zu können, z. B. wenn vorübergehend weniger Gas gebraucht wird, oder wenn an einem oder dem anderen Generator eine Ausbesserung vorgenommen werden muß. Auch erfordert der Generatorbetrieb ein öfteres Abschlacken der Roste, namentlich bei Vergasung backender Kohle, bei welcher sich innerhalb des Generators Kanäle oder Gewölbe bilden, durch welche Luft unzersetzt hindurch geht und sich mit dem Gas zu einem explosiven Gemenge mischt. Während des Abschlackens liefert der Generator weniger und schlechteres Gas. Bei Anwendung zweier kleinerer und zusammenarbeitender Generatoren können weniger Störungen im Ofenbetriebe eintreten.

Die Höhe des Generators richtet sich sowohl nach der Beschaffenheit des Brennstoffes, als auch nach den Zugverhältnissen, unter welchen der Generator arbeitet. Lockere und leichte Brennstoffe, wie Torf und Holz, müssen höher aufgeschüttet werden als dichte und schwere, und bei Anwendung von Druckluft höher als bei natürlichem Zug. Feinkörnige Kohle von 1—2 cm Korngröße wird nicht mehr als 0,55 m hoch aufgeschüttet, Kohle, die in der Hitze leicht zerfällt, etwa 1—1,5 m hoch, Förderkohle bis zu 2 m Höhe, Koks je nach Stückgröße 0,75—1,80 m hoch, Holz und Torf bis zu 3 m Höhe. Die Schütthöhe muß stets so hoch sein, daß niemals Flammen durch die oberste Schicht des Brennstoffes hindurchschlagen, da sonst statt Gas viel Kohlensäure entwickelt würde.

Stark wasserhaltige Brennstoffe, wie z. B. Braunkohle, Lignit und Torf entwickeln bei der Vergasung große Mengen Wasserdampf, der die Heizkraft des Gases wesentlich herabsetzt, seine Entzündung erschwert und außerdem die Brandfarbe der Ziegelfabrikate nachteilig beeinflusst. Wasserhaltiges Gas muß daher entwässert werden, bevor man es in den Brennofen einführt. Es geschieht dies am einfachsten durch Abkühlung, indem man den Generator etwas abseits vom Brennofen aufstellt, so daß das Gas durch lange Kanäle zum Ofen geleitet werden muß. Hierbei kühlt es sich ab und der darin enthaltene Wasserdampf scheidet sich durch Niederschläge als Wasser aus unter Mitführung von Teer. Um dieses Teerwasser zu beseitigen, gibt man dem Gaskanal vom Generator ab ein wenig Gefälle

¹⁾ Schmatolla. Die Gaserzeuger und Gasfeuerungen, 1901, Seite 11.

und ordnet im Kanal eine ausgemauerte Grube an, in die das Teerwasser fließt und aus welcher es von Zeit zu Zeit ausgepumpt werden kann. Das Gas verliert zwar durch die Abkühlung die Wärme, mit der es den Generator verläßt, dieser Verlust wird aber reichlich aufgewogen durch die erheblich größere Heizkraft des entwässerten Gases.

Die Reife, d. h. die Gebrauchsfähigkeit des im Generator entwickelten Gases, erkennt der Fachmann an der dichten, gelbgrünlichen Färbung, mit der es bei Öffnung des oberhalb des Generators befindlichen Stochloches ausströmt. Will man sich von der Brennbarkeit des Gases genau überzeugen, bevor man es in den Brennofen leitet, so entzündet man es am Stochloch des Generators und löscht es dann wieder aus, indem man das Loch schließt. Am sichersten erfolgt die Prüfung des Gases jedoch durch den Orsatschen Gasprüfungsapparat, durch welchen der Gehalt des Gases an brennbaren und nicht brennbaren Bestandteilen genau festgestellt werden kann. Allgemein muß bei der Vergasung erstrebt werden, daß der Gehalt an unverbrennbarer Kohlensäure 4 v. H. des Gasvolumens nicht übersteigt.

Die Zuführung des Gases in den Brennofen hat so zu geschehen, daß es sich an der Austrittsstelle mit der Verbrennungsluft sofort innigst mischen kann, da andernfalls eine unvollkommene Verbrennung des Gases stattfindet, die Verlust von unverbranntem Gas und starke Rauchbildung zur Folge hat. Je inniger man das Gas mit der Luft mischt, desto energischer und besser verbrennt es. Gas und Luft mischen sich sehr schwer und es kann vorkommen, daß bei unsachgemäßer Einrichtung das Gas und die Luft getrennt in parallelen Strömen nebeneinander herziehen und sich zu spät mischen, weshalb die Mischung erzwungen werden muß. Es geschieht dies dadurch, daß man Gas und Luft wie in Abb. 9 dargestellt seitlich gegeneinander führt, oder daß man die Luft, wie Abb. 10 zeigt, über

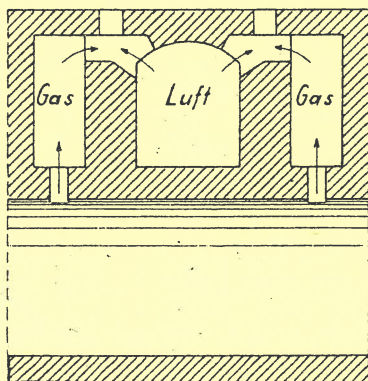


Abb. 9.

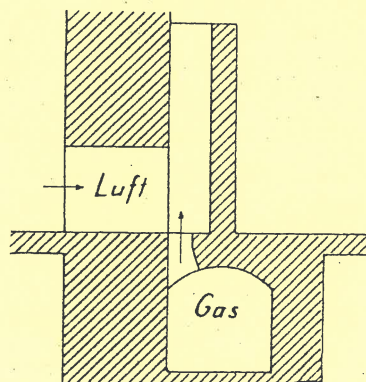


Abb. 10.

den Gasaustritt leitet. Es findet in diesem Falle eine schnellere und innigere Vermischung von Luft und Gas statt, als im umgekehrten Falle, weil Luft spezifisch schwerer ist als Gas.

Das Gas entzündet sich nur dann, wenn die ihm entgegengeführte Verbrennungsluft stark erhitzt ist, d. h. diejenige Temperatur besitzt, die es zu seiner Entzündung braucht und die bei etwa 600° und darüber liegt. Die Erhitzung der Verbrennungsluft in Gasringöfen erfolgt in der Weise, daß kalte Außenluft durch die im Entleeren begriffenen Ofenkammern streicht, wobei sie sich an den bereits gebrannten, aber noch glühenden Ziegeln so hoch erhitzt, daß sie das Gas an seinen Austrittsöffnungen sofort entzündet.

Zur Verbrennung des Gases ist eine gewisse Luftmenge erforderlich, die in einem bestimmten Verhältnis zum Heizwert des Gases steht, und zwar bedürfen Gase mit höherem Heizwert größere Mengen Verbrennungsluft, um eine Verdünnung des Gases herbeizuführen, als geringwertigere. Daraus ergibt sich bei der Verbrennung höherwertigerer Gase auch ein größerer Luftüberschuß, während die Brennwerte der Gasluftgemische, die für den praktischen Feuerbetrieb sehr wichtig sind, nur wenig von einander abweichen. Nachstehende Übersicht gibt den Heizwert der verschiedenen Gase, ferner die nötigen Luftmengen, sowie den Heizwert der Gasluftgemische an.¹⁾

Bezeichnung der Gasarten	Unterer Heizwert	Theoretische Luftmenge für 1 cbm Gas	Praktische Luftmenge für 1 cbm Gas	Üblicher Luftüberschuß	Heizwert von 1 cbm Gas-Luftgemisch	Wasserstoffgehalt von 1 cbm Gas-Luftgemisch
	WE	cbm	cbm	%	WE	%
Generatorgas aus nasser Braunkohle	1000	0,98	1,23	20	450	5,4
Generatorgas aus vorge-trockn. Rohbraunkohle	1400	1,43	1,71	20	520	10,3
Generatorgas aus Braunkohlen-Briketts	1360	1,23	1,48	20	550	4,4
Generatorgas aus Anthrazit	1250	1,08	1,30	20	540	6,5
Generatorgas aus Koks	1050	0,87	1,04	20	520	4,9
Gichtgas aus Hochöfen.	900	0,69	0,83	20	490	1,6
Koksofengas	4000	4,20	6,30	40—50	550	7,5
Leuchtgas	5000	5,20	7,80	40—50	570	5,5

Zu den gasförmigen Brennstoffen gehört auch das in verschiedenen Ländern aus der Erde strömende Erd- oder Naturgas, das gewöhnlich in der Nähe von Petroleumfeldern vorkommt. Die nutzbringende Verwendung des natürlichen Gases ist schon seit mehreren Jahrhunderten in China, Indien, Japan, Persien und Kleinasien bekannt. Eine große Ausbeutung des Naturgases für Leucht- und Heizzwecke hat es in Nordamerika seit dem 19. Jahrhundert gefunden, wo bedeutende Gasquellen erschlossen wurden. Ebenso ist in Europa seit Jahrzehnten das Vorkommen von Naturgas festzustellen, wie z. B. auf den Petroleumfeldern in Rumänien, Galizien, Oberösterreich und Österreich-Schlesien, sowie in Dänemark, England, Italien und Deutschland. Die Ergiebigkeit einer Erdgasquelle ist begrenzt. So beträgt sie z. B. in Amerika etwa

¹⁾ Hubert Hermanns, Generatoren und Gasfeuerungen, 1924, Seite 2.

2 Jahre; es kommen jedoch auch Quellen mit 10jähriger und längerer Dauer vor. Der Druck des aus der Erde strömenden Gases ist gewöhnlich ein sehr hoher; er schwankt zwischen 20 bis 30 Atmosphären und muß deshalb an der Verbrauchsstelle mittels Gasdruckminderer bzw. Gasdruckregler auf den für die Verwendung geeigneten Druck herabgesetzt werden. Das Naturgas besteht aus etwa 70 v. H. Methan, 20 v. H. Wasserstoff und 10 v. H. unbrennbaren Gasen; sein Heizwert beträgt 8000 bis 9000 WE. Es findet deshalb in Ländern mit reichlichem Gasvorkommen auch zum Brennen von Ziegelwaren Verwendung.

Flüssige Brennstoffe haben für die Ziegelindustrie in Deutschland weniger Bedeutung, weil es hier an anderen billigeren Brennstoffen nicht fehlt. Dagegen finden sie in Gegenden, in welchen Erdöl in großen Mengen gewonnen wird, als Heizstoff in industriellen Öfen vielfache Anwendung, so z. B. auch zum Brennen von Ziegelwaren. Aus dem aus der Erde strömenden Rohöl wird durch Reinigung zunächst das eigentliche Brennöl (Petroleum) gewonnen, während die dicköligen Rückstände zum Heizen industrieller Öfen Verwendung finden. Die Zusammensetzung dieser Rohölrückstände (in Rußland „Masut“, in Rumänien „Pacura“ genannt) besteht aus 82—85 v. H. Kohlenstoff, 12—15 v. H. Wasserstoff und 0,8—5 v. H. Sauerstoff, und ihr Heizwert beträgt etwa 10 000 Wärmeinheiten. Die Petroleum-Rückstände entzünden sich schwer und verbrennen unter gewöhnlichen Umständen mit stark qualmender Flamme. Durch Erwärmen auf geeignete Weise und Zerstäuben der dickflüssigen Masse mittels besonderer Vorrichtungen läßt sich aber eine rauchlose Verbrennung erzielen.

Ähnlich verhält es sich mit der Verfeuerung von wasserfreiem Teer, der bei der Vergasung von Kohlen, namentlich Braunkohlen, durch Destillation des Teerwassers gewonnen wird. Auch dieser Brennstoff ist dickflüssig und muß vor seiner Verwendung durch Erwärmung dünnflüssig gemacht werden. Näheres über die bei der Verfeuerung der flüssigen Brennstoffe zur Anwendung kommenden Einrichtungen enthalten die Ofenbeschreibungen auf Seite 53.

III.

Beschreibung verschiedener Ziegelbrennöfen.

Ihrer Betriebsweise nach lassen sich die im Ziegelgewerbe zur Anwendung gelangenden Brennöfen in drei Gattungen einteilen, und zwar in

1. Einzelöfen mit zeitweisem Betrieb,
2. Gruppenöfen mit Wärmeüberführung,
3. Ringöfen mit ununterbrochenem Betriebe.

Zu den Einzelöfen gehören der entweder offene oder mit Gewölbe versehene Deutsche Ofen, der Kasseler Flammofen, der Teilringofen, der

Ofen mit überschlagender Flamme und verschiedene Öfen für besondere Zwecke. Zu der Gattung der Einzelöfen wäre auch der sogenannte Feldofen oder Meiler zu zählen. Das Kennzeichnende beim Betriebe aller Einzelöfen ist, daß jeder ein in sich abgeschlossenes Ganzes bildet. Der kalte Ofen wird gefüllt, geschlossen, angesteckt, langsam vorgewärmt, nach und nach bis zur Vollglut beheizt, dann meistens, behufs möglichst gleichmäßiger Verteilung der Hitze, eine Zeitlang in Nachglut stehen gelassen, dann langsam abgekühlt und entleert. Die Verbrennungsluft tritt immer kalt zur Feuerstelle, die Rauchgase verlassen, besonders gegen Ende des Brandes, den Ofen stark erhitzt, und die nach dem Garbrande noch vorhandene, im Brenngut und in den Ofenwandungen aufgespeicherte Wärme geht verloren; es findet also eine unvorteilhafte Ausnutzung des aufgewendeten Brennstoffes statt. Das Anwendungsgebiet dieser Öfen ist daher in den meisten Fällen auch nur auf Betriebe beschränkt, bei welchen es darauf ankommt, entweder Ziegel für einen nur vorübergehenden Bedarf zu brennen, oder wo die Menge der zu erzeugenden Ziegel so gering ist, daß es sich nicht lohnen würde, die höheren Kosten für einen sparsamer brennenden Ofen aufzuwenden. Sie kommen in Betracht für Jahresleistungen von 150—200 Tausend Ziegel.

Die Gruppenöfen bestehen aus zwei oder mehreren Einzelöfen, die so miteinander verbunden sind, daß die Abgangswärme des einen Ofens in den benachbarten hinübergeleitet und hier zum Vorwärmen der darin befindlichen ungebrannten Waren ausgenutzt wird. Hierfür kommen besonders der doppelte Kasseler Flammofen und die gekuppelten Öfen mit überschlagender Flamme in Betracht. Die Wahl dieser Öfen bezweckt Ersparnis an Brennstoff den Einzelöfen gegenüber. Man verwendet sie daher mit Vorteil in Fällen, wo die Brennleistung bereits 300 bis 500 Tausend Ziegel jährlich betragen soll, die Anwendung eines ununterbrochen brennenden Ofens (Ringofen) sich aber noch nicht lohnen würde.

Bei den Ringöfen findet die beste Ausnutzung der aus den Brennstoffen erzeugten Wärme statt. Das, was den Betrieb der zeitweilig brennenden Öfen, wie oben näher dargelegt, kostspielig macht, kommt bei den Ringöfen in Wegfall. Der Bau eines Ringofens lohnt sich aber erst dann, wenn die Jahresleistung der Ziegelei wenigstens 800 Tausend Stück Ziegel beträgt. Bei kleinerer Leistung könnte der Ringofen nur kurze Zeit während der Kampagne in Betrieb gehalten werden, wobei keine wirtschaftliche Ausnutzung des für den Ofenbau aufgewendeten Kapitals stattfände.

Wie aus Vorstehendem ersichtlich, hängt die Wahl eines Brennofens zunächst von dem Umfang der Leistung ab, welche die Ziegelei haben soll. Zuweilen können auch andere Gründe für die Wahl des Ofens bestimmend sein. Liegt z. B. der Fall vor, daß ein hügeliges Lehmgelände abgegraben werden soll, um es für die Anlage von Wohngebäuden und Straßen verwendbar zu machen, oder soll an einem Orte ein Bauwerk errichtet werden, für welches Mauerziegel aus weitabgelegenen Ziegeleien

und gegebenenfalls auf schlechten Wegen mit hohen Kosten beschafft werden müßten, brauchbarer Lehm aber in unmittelbarer Nähe der Ziegelei vorhanden ist, so wird man für solchen vorübergehenden Bedarf keine moderne Ziegelei mit einem ortsfesten Brennofen errichten, sondern vorziehen, die Ziegel durch Handstrich herzustellen und sie in einem sogenannten Feldofen oder Meiler zu brennen, sofern die sonstigen örtlichen Verhältnisse die Anlage einer solchen einfachen Ziegelei zulassen.

Abb. 11 zeigt im Aufriß und Abb. 12 in mehreren Grundrissen den Aufbau eines Meilers, der aus den zu brennenden Ziegeln selbst aufgebaut wird, also keiner festen Mauern aus gebrannten Ziegeln und keines Schornsteins bedarf. Man gibt dem Meiler, zu dessen Aufbau die höchste Stelle eines freien Platzes zu wählen ist, und den man sorgfältig ebnet, in der Regel eine länglich viereckige Grundform, wobei die Breite etwa 80 bis 120 Ziegelköpfe beträgt, während die Länge sich nach der Anzahl der vorhandenen Formlinge richtet. Gewöhnlich erhält der Meiler eine Höhe von 4 m oder 28 hochkantig gestellten Ziegelschichten. Beim Beginn des Aufbaues werden auf einer flachen Ziegelschicht in Abständen von drei Ziegellängen $\frac{1}{2}$ Stein breite Kanälchen angelegt, die als Luftzüge für die Zuführung der Speiseluft dienen, und die man unter Aussparung von 4—5 cm breiten Schlitzten mit flach gelegten Ziegeln bedeckt, so daß ein Rost entsteht. Beim weiteren Aufbauen läßt man über den Rosten Feuerkanäle von etwa 1 Stein Breite frei, die in der vierten Schicht etwas zusammengezogen und in der fünften ganz zugedeckt werden. Während des Aufbaues füllt man die Feuerkanäle, sowie die Hohlräume zwischen den geschränkt stehenden Ziegeln, mit größeren Steinkohlenstücken vollständig aus und beschüttet die wagerechten Ziegelschichten mit je einer etwa $1\frac{1}{2}$ cm starken Lage magerer, kleinkörniger Steinkohle, aus der die größeren Stücke vorher abgeseibt worden sind. Von etwa der zehnten Schicht ab verringert man die Kohlenschüttung bis auf 8 bis 10 mm, läßt sie aber von der zwanzigsten Schicht ab wieder etwas stärker werden. Die letzten drei bis vier Ziegelschichten erhalten keine Kohlenschüttung mehr. Da man während des Brennens des Meilers auf die sich darin entwickelnde Hitze fast gar keinen Einfluß ausüben kann, so ist auf die geeignete Kohlenverteilung das Hauptaugenmerk zu legen, wobei die Heizkraft der Kohle, sowie der Hitzebedarf der zu brennenden Ziegel nicht unbeachtet gelassen werden darf.

Über den weiteren Aufbau des Meilers oberhalb der Feuerkanäle geben die Grundrißskizzen genügend Aufschluß. Es ist vor allem darauf zu achten, daß die Ziegel einer jeden folgenden Schicht mit denen der unteren sich kreuzen, damit der Meiler Verband erhält. Vor dem Aufbau des Meilers gibt man dem zu ebennenden Erdboden ein wenig Neigung nach der Mitte des Ofens. Außerdem läßt man an den Außenseiten jede Schicht um etwa 15 mm zurücktreten, wodurch ein Lostrennen und Herabstürzen von Ziegeln bei der während des Brennens erfolgenden Ausdehnung des Meilers vermieden wird. Die Seitenflächen des Meilers

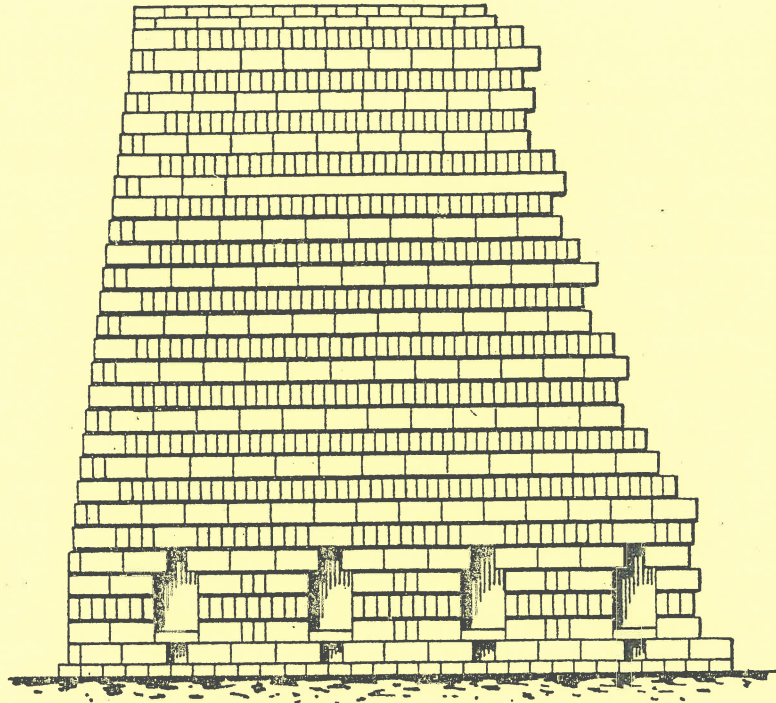


Abb. 11. Feldbrand oder Meiler. Aufriß.

erhalten, mit Ausnahme der Zuglöcher, einen Lehmbewurf; zuweilen versieht man sie auch, namentlich nach der sogenannten Wetterseite hin, mit einem Schutzmantel aus minderwertigen Formlingen oder schwach gebrannten Ziegeln. Auch die obere Fläche des Meilers wird zum Schutz gegen Regen mit gebrannten Ziegeln bedeckt.

Das Inbrandsetzen des Meilers erfolgt durch Anzünden der in den Schürkanälen eingelagerten Stückkohlen; er bleibt sich dann selbst überlassen, bis alle Kohle verbrannt ist. Der Brennstoffverbrauch ist hierbei verhältnismäßig gering, er beträgt etwa 250 bis 300 kg Steinkohle für 1000 Ziegel, jedoch liefert der Meilerbrand neben einer gewissen Menge

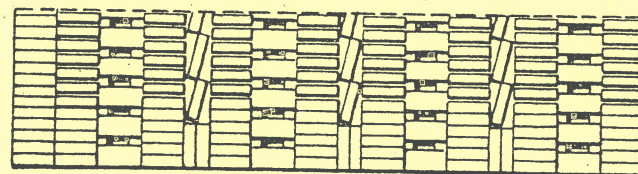
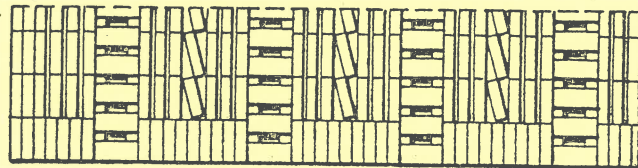
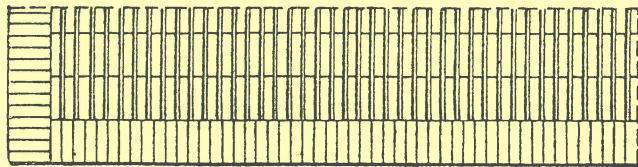
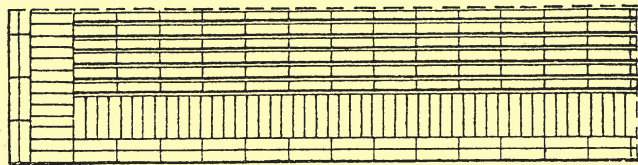


Abb. 12. Feldbrand oder Meiler. Grundrisse.

Abb. 12. Feldbrand oder Meiler. Grundrisse.

brauchbarer Ziegel viel Ausschuß, bestehend aus teils überbrannten, verschlackten und rissigen, teils nicht völlig gebrannten Ziegeln.

Zum Brennen der Ziegel im Meiler eignet sich nur Steinkohle. Braun-

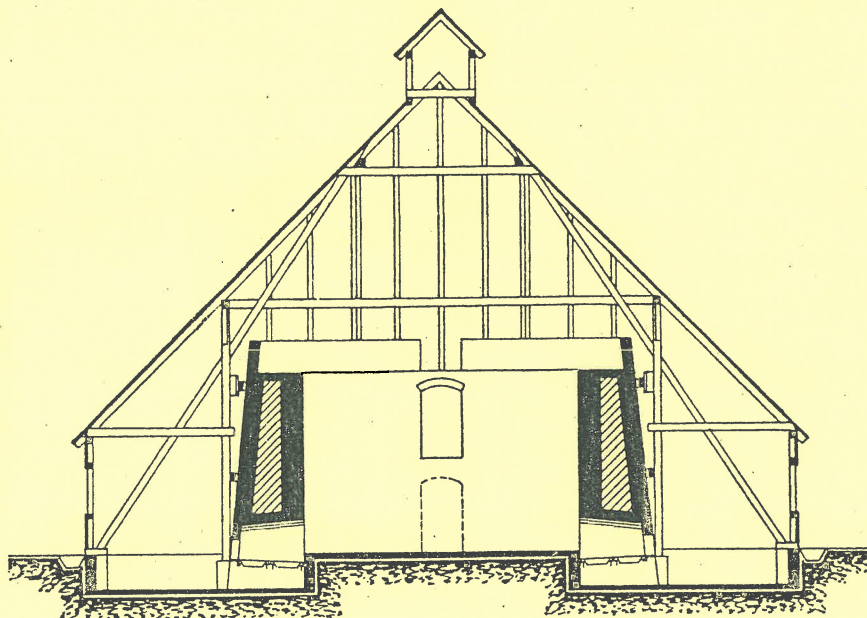


Abb. 13. Deutscher Ofen. Querschnitt.

kohle ist ihrer geringen Heizkraft und ihres meist großen Wasser- und Aschengehalts wegen nicht verwendbar. Auch Holz kann man nicht ge-

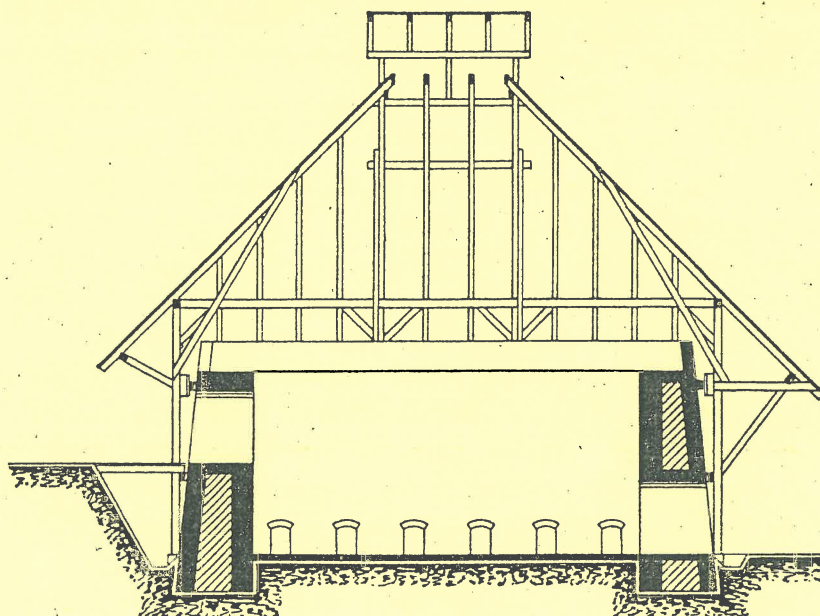


Abb. 14. Deutscher Ofen. Längsschnitt.

brauchen, weil es sich nicht wie die Kohle zwischen die Ziegel verteilen läßt. Steht nur Braunkohle, Torf oder Holz als Brännstoff zur Verfügung, und will man die beim Meilerbrand entstehende große Menge Ausschußziegel vermeiden, so bedient man sich bei vorübergehendem Ziegelbedarf

des sogen. Offenen oder Deutschen Ofens, wie ein solcher in den Abbildungen 13 bis 15 dargestellt ist. Er besteht aus vier gemauerten Wänden, die bei kurzer Verwendungsdauer des Ofens aus ungebrannten Ziegeln hergestellt werden können. Zuweilen versieht man den Ofen auch mit einem Gewölbe, in welchem Falle die Wände kräftiger und aus gebrannten Ziegeln, gegebenen Falles auch aus Bruchsteinen mit innerer Ziegelverblendung hergestellt werden. Die Grundform des Ofens ist meistens rechteckig, wobei die Breite davon abhängt, ob der Ofen nur von einer Seite oder von zwei Seiten befeuert werden soll, und welcher Brennstoff zur Anwendung kommt. Von letzterem ist auch die zu wählende Höhe abhängig. Bei einseitiger Befuerung muß der Ofen schmaler sein, als bei zweiseitiger, und bei langflammig brennendem Heizstoff kann er breiter und höher sein als bei kurzflammig brennendem. Erfahrungsgemäß gibt man dem Ofen folgende Abmessungen:

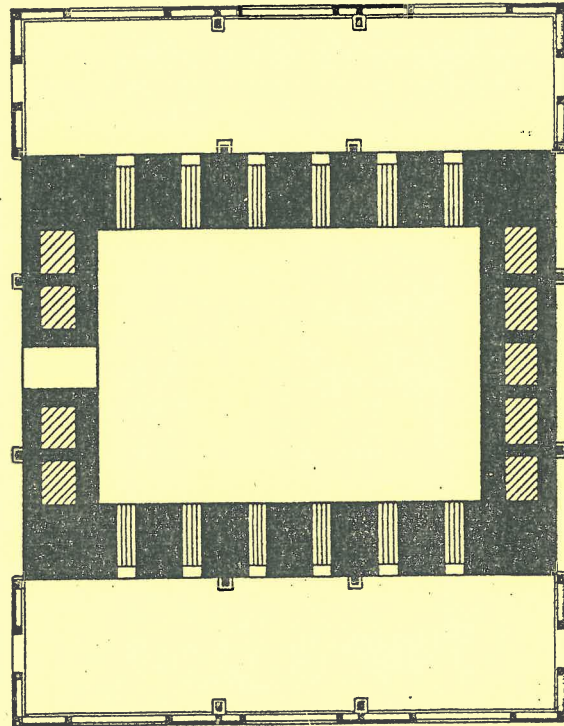


Abb. 15. Deutscher Ofen. Grundriß.

	Einseit. Feuerung		Zweiseit. Feuerung	
	breit m	hoch m	breit m	hoch m
Für Holzfeuerung	3,50—4,00	4,00—4,25	7,00—8,00	4,00—4,50
„ Torf	3,00—3,50	3,50—3,75	6,00—7,00	3,50—4,00
„ Braunkohle	3,00—3,50	3,50—3,75	6,00—6,50	3,50—4,00
„ Steinkohle	2,50—3,00	3,00—3,25	5,00—5,50	3,00—3,50

Die Länge ist weniger Beschränkungen unterworfen, jedoch ist es ratsam, den Ofen nicht über das Maß von sechs Schürlochentfernungen lang zu machen, da bei größerer Länge das Bedienen und Beaufsichtigen des Feuers beschwerlich wird. An die Schürlöcher schließen sich im Ofen Schürgassen an, die etwa 15—20 cm tiefer liegen, als der eigentliche Ofenherd, so daß in letzterem Bänke entstehen, auf denen der Einsatz aufgebaut wird. Die Breite der Bänke bzw. die lichte Entfernung zwischen zwei Schürgassen richtet sich nach dem zur Verheizung kommenden Brennstoff und beträgt:

- bei Steinkohlenfeuerung 0,60—0,80 m
- „ Braunkohlenfeuerung 0,90—1,10 m
- „ Torffeuerung 1,00—1,20 m
- „ Holzfeuerung 0,50—0,55 m

Die seitlich an den Ofenwänden befindlichen Bänke macht man etwa halb so groß wie die Mittelbänke.

Die Breite der Schürgassen soll sein:

bei Steinkohlenfeuerung	0,30—0,35 m
„ Braunkohlenfeuerung	0,35—0,40 m
„ Torffeuerung	0,40—0,45 m
„ Holzfeuerung	0,50—0,55 m

Die Schüröffnungen macht man so breit wie die Schürgassen und ihre Höhe etwa einhalb mal größer als ihre Breite.

Die Brennstoffe sollen auf Rosten verbrennen, zu denen von unten durch den sogenannten Aschengraben Speiseluft hinzutreten kann. Bei Holz- und Torffeuerung können die Roste aus Ziegeln hergestellt werden, bei Kohlenfeuerung müssen sie aus gegossenen Eisenstäben bestehen. Die Größe der Roste richtet sich nach der Menge des stündlich zu verbrennenden Brennstoffs. Zur Verbrennung von 100 kg der verschiedenen mittelwertigen Brennstoffe sind an Herdraum erforderlich:

Für Steinkohle	1,60—1,80 qm
„ Braunkohle	1,00 qm
„ Torf	1,40—1,60 qm
„ Holz	1,60 qm

Zum Brennen von 1000 Ziegeln sind durchschnittlich erforderlich: etwa 500 kg Steinkohle, 1000 kg Torf, 850 kg Braunkohle, 5 Raummeter Holz, während die Brennzeit je nach der Natur des Brenngutes und der Größe des Ofens 5—8 Tage beträgt, wovon 3—4 Tage auf das Schmauchen, 2—4 Tage auf das Vollfeuer entfallen.

Obwohl die Baukosten dieses Ofens, der zu seinem Betriebe keines Schornsteins bedarf, gering sind, so ist der sehr hohe Brennstoffverbrauch doch nicht geeignet, den Ofen auf Ziegeleien zu verwenden, die dauernd betrieben werden sollen. Man bedient sich daher auf Kleinziegeleien vorteilhafter des Kasseler Flammofens, den man seiner heutigen praktischeren Ausführung wegen kurz „Flammofen“ nennt. Abb. 16

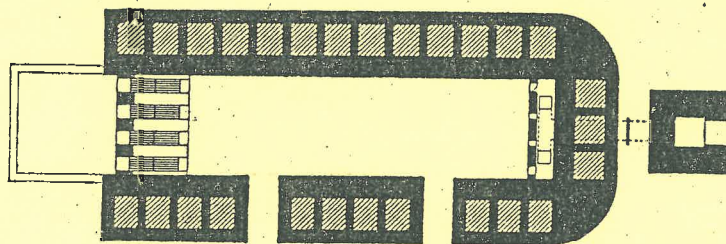


Abb. 16. Einfacher Flammofen. Grundriß.

zeigt einen solchen Flammofen im Grundriß. Er unterscheidet sich von dem vorher beschriebenen Ofen durch die längliche Form des Brennraumes, der mit einem Gewölbe versehen ist, in dem sich eine Anzahl kleine, mit eisernen Deckeln verschließbare Öffnungen befinden, die, wie bei einem Ringofen, zum Nachstreuen von Brennstoff zwischen den Ofeneinsatz dienen, weshalb man diesen Ofen auch als Teilringofen be-

zeichnet. An einem Ende des Brennraumes besitzt der Ofen Roste zum Anheizen und am anderen Ende Abzugsöffnungen, die in einen Kanal münden, der zu einem niedrigen Schornstein führt. Unter der Wirkung der auf den Rosten sich entwickelnden und infolge des Schornsteinzuges

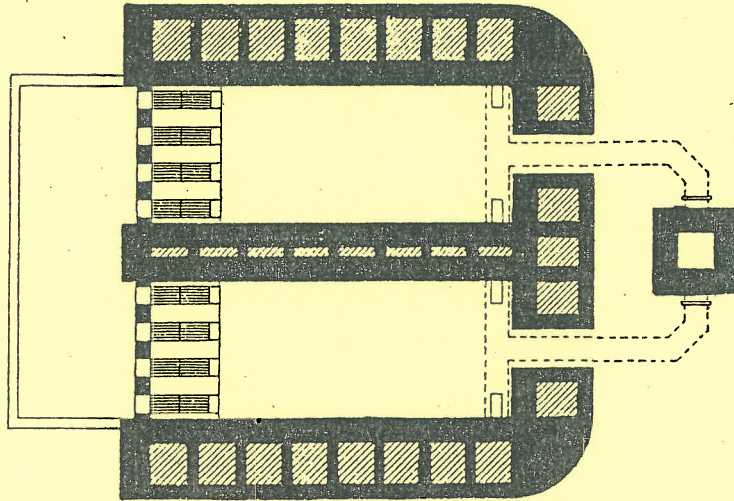


Abb. 17. Doppelter Flammofen. Grundriß.

durch den Einsatz hindurchziehenden Flammen erhitzt sich letzterer und das Feuer erhält vermöge des Nachstreuens von Brennstoff durch die Heizöffnungen im Gewölbe Nahrung zum Weiterfortschreiten, bis es an das andere Ende des Brennraumes angelangt und der Einsatz fertig gebrannt ist. Den Ofeninhalt von den Rosten aus allein, also von vorn bis an das andere Ende des Ofens durchzubrennen, wäre nicht nur nachteilig für die in der Nähe der Roste befindlichen Ziegel, wegen des zu anhaltend auf sie einwirkenden Feuers, sondern es ergäbe sich dadurch auch ein zu hoher Brennstoffverbrauch.

Der Flammofen liefert infolge seiner Beheizungsweise bei aufmerksamer Bedienung durchweg gut gebrannte Ware bei einem Brennstoffverbrauch von durchschnittlich 200—300 kg Steinkohle für 1000 Ziegel. Es lassen sich in dem Ofen außer Mauerziegel auch Dachziegel und Drainrohre mit gutem Erfolg brennen. Länge und Breite des Ofens richten sich nach der

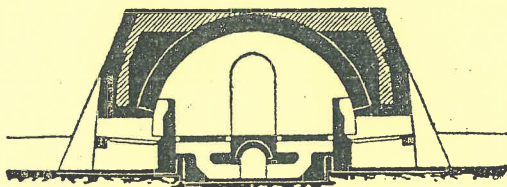


Abb. 18. Ofen mit überschlagender Flamme. Querschnitt.

Menge der im Laufe der Kampagne zu erzeugenden Ziegel. Steigt die Erzeugung auf etwa 300 bis 500 Tausend Stück, dann wählt man besser einen **Doppel-Flammofen** mit gemeinsamer Trennwand und gemeinsamem Schornstein. Abb. 17 zeigt einen solchen Ofen. Die beiden

Brennabteilungen werden abwechselnd in Betrieb genommen und zwar derart, daß, wenn die eine Abteilung fertig gebrannt ist, die andere mit ungebrannten Ziegeln besetzt sein muß. Durch eine geeignete Einrichtung läßt sich die in den fertig gebrannten Ziegeln aufgespeicherte Wärme zum

Schmauchen und Vorwärmen der Ziegel in der anderen frisch besetzten Abteilung ausnutzen und man erzielt dadurch eine weitere wesentliche Brennstoffersparnis, sowie Wegfall des Arbeitsaufwandes für ein besonderes Schmauchfeuer.

Wie bereits erwähnt, lassen sich in den beiden vorher beschriebenen Öfen außer Mauerziegeln auch Dachziegel und Drainrohre brennen. Sollen ausschließlich Dachziegel, Drainrohre oder andere bessere Ziegelwaren gebrannt werden, dann benutzt man den Einzelofen mit überschlagender Flamme. Abb. 18 zeigt den Typus eines solchen Ofens im Querschnitt. Der Vorzug dieses Ofens den anderen gegenüber besteht darin, daß die Brennstoffe mit den Waren nicht in Berührung kommen, weil die Feuerherde durch gemauerte Ständer von der Ware getrennt sind, Kohle und Asche also zurückgehalten werden und nur die Flammen in den Brennraum gelangen. Sie nehmen ihren Weg zwischen Ständer und Ofenwand zunächst bis unter das Gewölbe, um dann, das Brenngut von oben nach unten durchstreichend, durch die Abzüge in der Ofensohle in den Schornstein zu gelangen. Für viele Waren, die eine hohe Brennhitze verlangen und bei welchen es auf Erzielung eines möglichst gleichmäßigen Brandes ankommt, wie z. B. beim Brennen von glasierten Tonrohren, Steinzeug, Klinker, Fußboden- und Wandbekleidungsplatten ist der Ofen mit überschlagender Flamme fast unentbehrlich.

Zum **Blaudämpfen** von Dachziegeln, welches Verfahren im Rheinlande und in Holland vielfach angewendet wird und den Zweck hat, den Dachziegeln eine blaugraue oder schwarze Farbe zu geben, ist dieser Ofen ebenfalls sehr geeignet und zwar besser, als der bislang dazu angewendete sogenannte **Blaudämpfofen**, der dem vorher beschriebenen einfachen Flammofen ähnlich ist, denn beim Blaudämpfen kommt es ganz besonders darauf an, daß die Dachziegel durchweg gleichmäßig hart gebrannt sind, bevor man sie dämpft, weil später an den gedämpften Dachziegeln die Unterschiede in der Brandhärte nicht mehr leicht erkennbar sind. Es kommt vor, daß nicht genügend hart gebrannte Dachziegel, wenn sie schon einige Zeit auf dem Dache liegen, abblättern und dadurch Veranlassung zur Erhebung von Ansprüchen auf Schadenersatzleistung geben.

Das Dämpfen besteht darin, daß nach beendetem Garbrand des Brenngutes der Ofen zunächst gegen Eindringen von Luft dicht geschlossen wird.

Als dann erfolgt, nachdem die Hitze im Ofen sich verteilt bzw. ausgeglichen hat, die Einführung stark rauchentwickelnder Stoffe, entweder in Gestalt von grünem, noch mit Laub versehenem Holz, oder in Form flüssiger Kohlenwasserstoffe, wie Rohöl oder Teer. Durch die Zersetzung dieser Stoffe tritt eine Reduktion des im Ton enthaltenen Eisen-

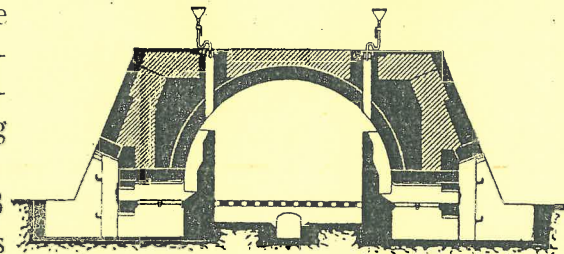


Abb. 19. Blaudämpfofen. Querschnitt.

oxydes ein, so daß an Stelle der roten Farbe des Eisenoxydes die schwarze bzw. graue des Eisenoxyduls tritt. Nebenbei scheidet sich beim Abkühlen der Ziegel Kohlenstoff als Graphit in den Poren derselben ab, die den Ziegeln einen eigenartigen Glanz, den sogen. Silberglanz, geben. Abb. 19 zeigt im Schnitt einen Blaudämpf-

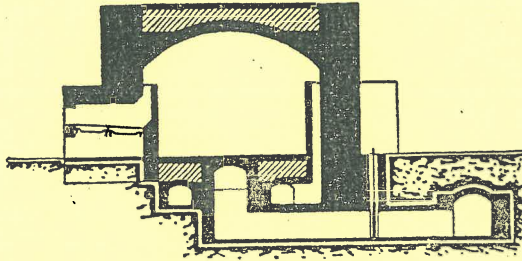


Abb. 20. Verbundofen mit überschlagender Flamme. Querschnitt.

ofen neuerer Bauart zum Dämpfen mittels flüssiger Dämpfstoffe.

Je nach Art der zu brennenden Ware und der erforderlichen Brennhitze sowie nach der Beschaffenheit der zur Verwendung kommenden Brennstoffe richtet sich auch die Ausgestaltung des Ofens und der

Feuerherde. An Stelle der Planroste treten in gewissen Fällen, z. B. beim Brennen von Waren, die empfindlich gegen Luftzutritt beim Schüren der

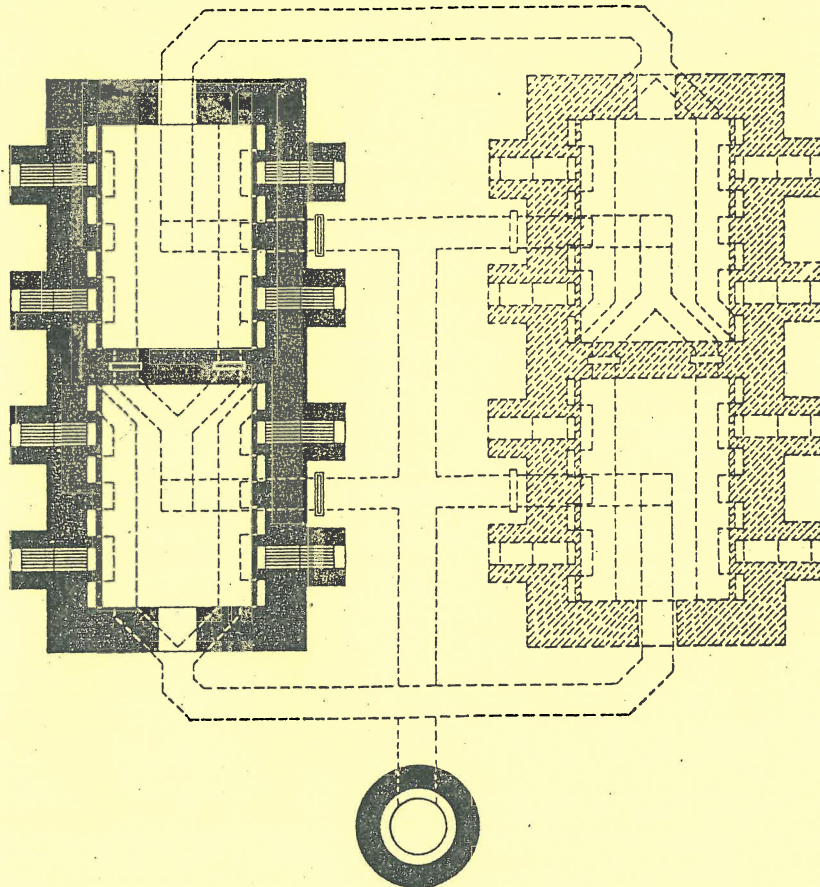


Abb. 21. Verbundofengruppe mit Wärmeüberführungskanälen. Grundriß.

Feuerungen sind, Treppen- oder Schrägroste und Halbgasfeuerungen, wie solche auf Seite 18 und 19 beschrieben sind.

Der Brennstoffverbrauch im Einzelofen mit überschlagender Flamme ist, wie bei allen Öfen mit zeitweisem Betrieb, nicht gering. Um ihn

herabzusetzen, werden zwei oder mehrere Öfen derart miteinander verbunden, daß die abziehenden heißen Gase eines im Feuer befindlichen Ofens in einen zweiten mit frischen Waren besetzten Ofen geleitet und hier zum Schmauchen und Vorwärmen der Waren ausgenutzt werden können.

Abb. 20 und 21 zeigen einen Verbundofen mit überschlagender Flamme im Querschnitt und Grundriß. Mehrere solcher Verbundöfen lassen sich, wie aus

Abb. 21 ersichtlich, zu einer Gruppe vereinigen. Wenn die Temperatur, mit welcher in diesen Öfen gebrannt werden soll, nicht zu hoch ist, dann kann mit einer Gruppe von vier Kammern bereits ein ununterbrochener Betrieb und dadurch eine Brennstoffersparnis bis zu 33 v. H. gegenüber dem zeitweisen Betrieb im Einzelofen erzielt werden. Ge-

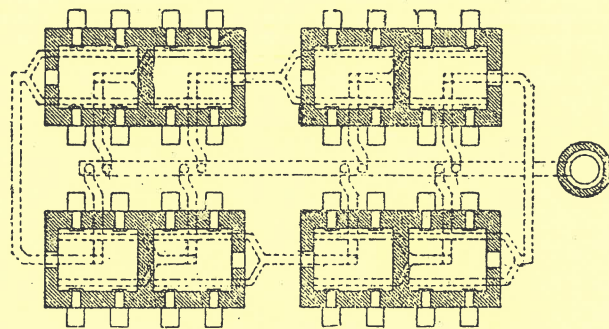


Abb. 22.
Gruppe von acht Verbundöfen. Grundriß.

nügt diese Kammerzahl nicht für einen größeren Betrieb, so lassen sich, wie Abb. 22 zeigt, in gleicher Weise weitere Verbundöfen hinzubauen und miteinander verbinden.

Am vorteilhaftesten für jeden Ziegeleibetrieb ist der Ringofen in seinen verschiedenen Arten, weil in ihm die vollkommenste Ausnutzung der aus den Brennstoffen erzeugten Wärme stattfindet.

Das dem Ringofen Eigentümliche ist der ununterbrochene Betrieb, in dessen Verlauf nicht allein das Feuer dauernd vorwärts schreitet, sondern auch Einsetzen, Vorwärmen, Vollglut, Nachglut, Kühlen und Ausfahren unausgesetzt vor sich gehen, und nur, regelmäßig vorrückend, ihre Stelle verändern. Zum besseren Verständnis für diesen Vorgang diene folgendes:

Denkt man sich, wie in Abb. 23 dargestellt, den Brennkanal durch einen Schieber an einer Stelle abgesperrt, zur rechten Seite desselben zwei offene Türen und zur linken Seite in der den Türen gegenüberliegenden Wand einen geöffneten Rauchabzug, alle übrigen Türen und Rauchabzüge aber geschlossen, so wird infolge des durch den Schornstein ausgeübten Zuges Luft von außen durch die offenen Türen in den Brennkanal eintreten, denselben seiner ganzen Länge nach bis zur anderen Seite des Schiebers durchstreichen und dort durch den geöffneten Rauchabzugskanal in den Schornstein gelangen. Denkt man sich ferner den Brennkanal mit den zu brennenden Ziegeln gefüllt und den Betrieb schon so weit vorgeschritten, daß die Luft beim Durchstreichen der ersten Hälfte des Kanals schon fertig gebrannte und in Abkühlung begriffene Ziegel trifft, so wird sie sich auf ihrem Wege an dem noch glühenden Einsatze erhitzen und heiß an die Stelle gelangen, wo durch Einstreuen von Brennstoff durch die im Gewölbe befindlichen Heizlöcher die Ziegel befeuert werden, und hier die Verbrennung in der wirksamsten Weise unterstützen. Auf ihrem weiteren

Wege zum Abzuge nimmt die durch das Feuer gegangene stark erhitzte Luft nicht nur die gasförmigen Verbrennungserzeugnisse mit, sondern gibt auch Wärme an die noch ungebrannten Ziegel ab, diese dabei bis zu einem solchen Grade erheizend, daß nur noch eine kurze Brennzeit und eine verhältnismäßig geringe Menge Brennstoff erforderlich ist, um sie vollständig gar zu brennen. Da nun die der offenen Tür zunächst stehenden Ziegel durch die in den Brennkanal eintretende Luft sich abkühlen, so kann man sie, ohne den Fortgang des Feuers zu stören, herausnehmen und an die leergewordene Stelle wieder ungebrannte Ziegel einsetzen. Ist die Strecke des Brennkanals bis zur nächstfolgenden Tür ausgefahren und mit frischen

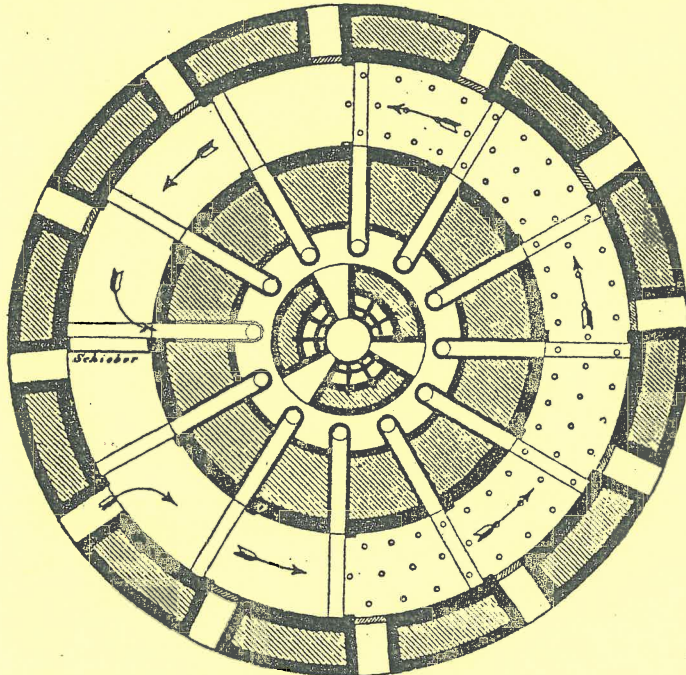


Abb. 23.

Kreisrunder Hoffmann'scher Ringofen. Grundriß

Ziegeln besetzt, so wird der Abschußschieber nach hier verlegt, die daneben gelegene Tür geöffnet und die vorher gehende geschlossen. Ferner wird der nächstfolgende, dem Schieber jetzt naheliegende Rauchabzug geöffnet und der vorhergehende geschlossen. Infolge des vom Schornstein ausgeübten Zuges und Nachstreuens von Brennstoff in den glühenden Ofeneinsatz durch die im Ofengewölbe befindlichen Heizlöcher wandert das Feuer langsam im Brennkanal vorwärts, während gleichzeitig das Einfahren und Ausfahren der Ziegel ununterbrochen vonstatten geht. Da der Brennkanal sich als Ring schließt, kann der Betrieb eines Ringofens so lange aufrecht erhalten werden, als Formlinge zum Einsetzen vorhanden sind. Dieser unausgesetzte Betrieb mit seiner idealen Ausnutzung der aus dem Brennstoff erzeugten Wärme besitzt einen so außerordentlich hohen wirtschaftlichen Wert, wie ihn keine Feuerungsanlage eines anderen Gewerbes aufzuweisen hat.

Die Leistung eines Ringofens, d. h. die Menge der Ziegelwaren, die derselbe innerhalb 24 Stunden liefern soll, ist von dem Querschnitte des Brennkanals, von der Schnelligkeit, mit der das Feuer vorschreiten kann und von der beabsichtigten Güte der zu brennenden Waren abhängig. Danach bestimmt sich dann die Länge des Brennkanals, die bei kleinen Öfen nicht unter 50 m, bei größeren 80—100 m, unter Umständen auch noch mehr betragen soll. Auch die Beschaffenheit des zur Verfeuerung gelangenden Brennstoffes, sowie die Zugkraft des Schornsteins ist von

Abb. 23. Kreisrunder Hoffmann'scher Ringofen. Grundriß

erheblichem Einfluß auf das Fortschreiten des Feuers, bzw. auf die Leistung des Ofens. Zuweilen bedient man sich als Zugerzeuger eines mechanisch angetriebenen Saug-Ventilators, um durch Anwendung starken Zuges eine größere Leistung zu erzielen. Waren, die zu ihrem Garbrande geringe Brennhitze erfordern, lassen sich in kürzerer Zeit, daher schneller brennen, als solche, die bei höherer Temperatur gebrannt werden müssen. Mit je größerer Geschwindigkeit das Feuer im Ringofen vorwärts getrieben wird, desto länger muß der Brennkanal gewählt werden, weil sonst hinter dem Feuer eine zu rasche Abkühlung der Waren eintreten und Veranlassung zum Rissigwerden derselben geben würde. Überhaupt muß die Anwendung starken Zuges mit Vorsicht erfolgen, denn nicht jeder Ton und jede Warengattung verträgt rasche Anwärmung und rasche Abkühlung. Für manche Waren, z. B. Klinker, die beim Brennen große Härte und Zähigkeit erlangen sollen, ist langsames Anwärmen und Kühlen Bedingung.

Die Breite des Brennkannels ist gewissen Beschränkungen unterworfen, weil mit ihrer Zunahme es schwieriger wird, einen gleichmäßigen Brand im gesamten Ofenquerschnitt zu erzielen. Allgemein zutreffende Regeln zur Berechnung der Ofenabmessungen für eine bestimmte Leistung lassen sich nicht aufstellen; es muß dies in jedem einzelnen Falle dem erfahrenen Ofentechniker überlassen bleiben.

Die Anwendung eines Ringofens lohnt sich, wie bereits erwähnt, erst dann, wenn jährlich etwa 800 000 Ziegel gebrannt werden sollen. Im übrigen sind seiner Benutzung, was Leistung anbetrifft, keine Grenzen gesetzt, doch wird man aus baulichen Gründen immer gut tun, die Abmessungen eines Ringofens nicht zu groß zu wählen, denn mit jeder weiteren Verbreiterung des Brennkannels nehmen die Schwierigkeiten in bezug auf die dauerhafte Herstellung des Ofens zu. Soll die Tagesleistung mehr als 40 000 Stück Ziegel betragen, dann empfiehlt es sich, entweder mehrere Ringöfen oder einen einzigen mit schmalere aber längerem Brennkanal zu bauen und ihn mit mehreren hintereinander laufenden Feuern zu betreiben.

Unter Anwendung natürlichen Zuges mittels eines genügend groß bemessenen Schornsteins beträgt der tägliche Feuerfortschritt in kleinen Ringöfen etwa 5—8 m, bei größeren etwa 9—15 m. Wie viel Formlinge von bestimmter Art und Größe ein Kubikmeter Ofenraum ungefähr zu fassen vermag, gibt nachstehende Übersicht an.

a) Mauerziegelformlinge.

300 Ziegel, deutsches Reichsmaß	250 · 120 · 65 mm
250 Verblendziegel D. R. M. $\frac{3}{4}$	252 · 122 · 69 "
350 Verblendziegel D. R. M. $\frac{3}{4}$	187 · 122 · 69 "
500 Verblendziegel D. R. M. $\frac{1}{2}$	122 · 122 · 69 "
900 Verblendziegel D. R. M. $\frac{1}{4}$	57 · 122 · 69 "
180 Ziegel, preußisches Klostermaß	285 · 135 · 85 "
210 Ziegel, bayrisches Maß	290 · 140 · 65 "
290 Ziegel, sächsisches Maß	250 · 120 · 70 "
450 Hamburger Geestziegel, große	220 · 105 · 65 "

600 Hamburger Geestziegel, kleine	180 · 86 · 46 mm
460 Hamburger Elbziegel	230 · 110 · 52 "
450 Holsteiner Maß	230 · 110 · 55 "
450 Kieler Maß	230 · 110 · 55 "
460 Oldenburger Maß	220 · 105 · 50 "
300 Elsässer Maß	250 · 120 · 65 "
320 Elsässer Maß	250 · 120 · 60 "
135 Elsässer Maß	360 · 180 · 65 "
210 Oesterreichisches Maß	290 · 140 · 65 "
180 Oesterreichisches Maß	300 · 145 · 70 "
320 Schweizer Maß (Ringofen)	250 · 120 · 60 "
300 Schweizer Maß (Zickzackofen)	250 · 120 · 60 "
470 Holländisches Maß, groß (Waalziegel)	215 · 107 · 56 "
600 Holländisches Maß, Friesland	180 · 90 · 45 "
460 Holländisches Maß (Waalziegel)	220 · 105 · 55 "
470 Holländisches Maß (Waalziegel)	216 · 108 · 58 "
450 Holländisches Maß, Utrecht und Veetsche Steene	235 · 115 · 45 "
500 Holländisches Maß, Utrecht oder Veetsche Drieling	200 · 100 · 40 "
600 Holländische Rijnsteene	180 · 95 · 40 "
600 Holländische Venlosche Klinker	180 · 87 · 50 "
340 Holländisches Roermonder Maß	240 · 118 · 60 "
450 Holländische Friesland (Prov. Groningen) Steene	230 · 112 · 45 "
700 Holländische Yselsteene	160 · 80 · 40 "
600 Belgisches Maß (im flämischen Teile)	180 · 85 · 50 "
620 Belgisches Maß	176 · 85 · 45 "
340 Belgisches Maß (im wallonischen Teile)	240 · 120 · 60 "
450 Dänisches Maß	230 · 110 · 55 "
460 Französisches Maß	220 · 110 · 54 "
450 Bourgogne	220 · 110 · 55 "
490 Marseille	220 · 110 · 50 "
420 Marseille	220 · 110 · 70 "
475 Paris (Vaugirard)	220 · 110 · 60 "
450 Paris	220 · 110 · 65 "
380 Paris, groß	230 · 110 · 70 "
460 Paris, klein	220 · 100 · 50 "
475 nach Vorschlag der Union céramique	220 · 105 · 55 "
460 nach Vorschlag der französischen Architekten im Norden	220 · 105 · 60 "
420 Ziegel Englisches Maß, R. I. B. A.	229 · 109 · 65 "
350 Ziegel Englisches Maß, Norden	229 · 115 · 76 "
400 Ziegel Englisches Maß, Süden	229 · 110 · 68 "
400 Ziegel Englisches Maß, Staffordshire	229 · 117 · 63 "
300 Schwedisches Maß, Süden	250 · 120 · 65 "
180 Schwedisches Maß, Norden	300 · 145 · 75 "
400 Schwedisches Maß, Westen	235 · 112 · 60 "
500 Italienisches Maß, Oberitalien	250 · 122 · 50 "
320 Italienisches Maß, Oberitalien	260 · 127 · 90 "
250 Italienisches Maß, Cremona	280 · 137 · 68 "
220 Italienisches Maß, Toskana, Rom	300 · 147 · 50 "
230 Italienisches Maß, Neapel	300 · 147 · 40 "
400 Italienisches Maß, Neapel	300 · 147 · 30 "
420 Italienisches Maß, Neapel	300 · 147 · 25 "
340 Italien, verschiedene Maße, meist	240 · 120 · 60 "
250 Spanisches Maß	280 · 140 · 50 "
300 in Spanien = deutsches Maß	250 · 120 · 65 "
330 Russisches Maß, klein	250 · 120 · 60 "
180 Russisches Maß, groß	290 · 180 · 80 "
180 Norwegisches Maß	300 · 145 · 75 "
480 Amerikanisches Maß (Vereinigte Staaten)	205 · 100 · 60 "
500 Amerikanisches Maß (Vereinigte Staaten)	200 · 100 · 50 "
280 Mexikanisches Maß	260 · 130 · 65 "
250 Mexikanisches Maß	280 · 140 · 50 "
500 Amerikanisches, sogenanntes römisches Maß	300 · 100 · 40 "

b) Dachziegelformlinge.

500 bis 600 Biberschwänze deutsches Reichsmaß	360 · 150 · 15 mm
600 bis 700 Biberschwänze	360 · 150 · 12 „
450 Biberschwänze, österreichisches Maß	400 · 180 · 13 „
400 holländische Pfannen	350 · 230 · 15 „
380 rheinische Pfannen	380 · 240 · 15 „
300 Falzziegel	405 · 250 · 13 „
400 Falzziegel, kleines holländisches Maß	300 · 290 · 13 „

c) Ungebrannte Drainrohre.

1000 Rohre 33 cm lang, 4 cm innere Weite
600 Rohre 33 cm lang, 5 cm innere Weite
450 Rohre 33 cm lang, 6 cm innere Weite
300 Rohre 33 cm lang, 8 cm innere Weite
140 Rohre 33 cm lang, 10 cm innere Weite
70 Rohre 33 cm lang, 15 cm innere Weite

Man steckt aber möglichst die kleinen Rohre in die größeren und nützt dadurch den Ofenraum besser aus.

Der im Jahre 1858 von Hoffmann konstruierte Ringofen hatte eine kreisförmige Grundrißform (vgl. Abb. 23), von der die Bezeichnung „Ringofen“ abgeleitet wurde. Die runde Form bot im Betriebe des Ofens mancherlei Schwierigkeiten, namentlich beim Einsetzen der Ziegel. Man ging später dazu über, die kreisrunde Form in eine längliche, wie sie Abb. 24 zeigt,

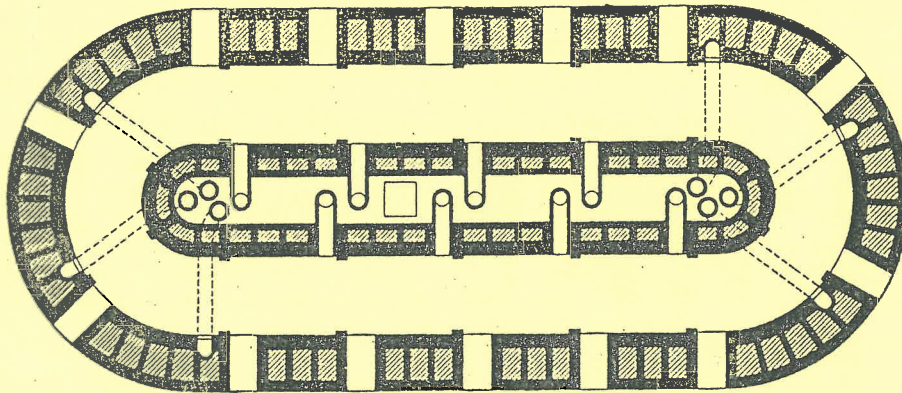


Abb. 24. Länglicher Ringofen mit runden Endkammern. Grundriß.

zu ändern. Damit waren aber die Schwierigkeiten noch nicht völlig behoben, weshalb dem Ofen vom Jahre 1880 ab, als durch die Ingenieure Siehmon & Rost der Ringofen mit oberem Rauchabzug entstand, die in Abb. 25 dargestellte eckige Grundrißform gegeben wurde. Nur zum Kalkbrennen bedient man sich noch der abgerundeten Form.

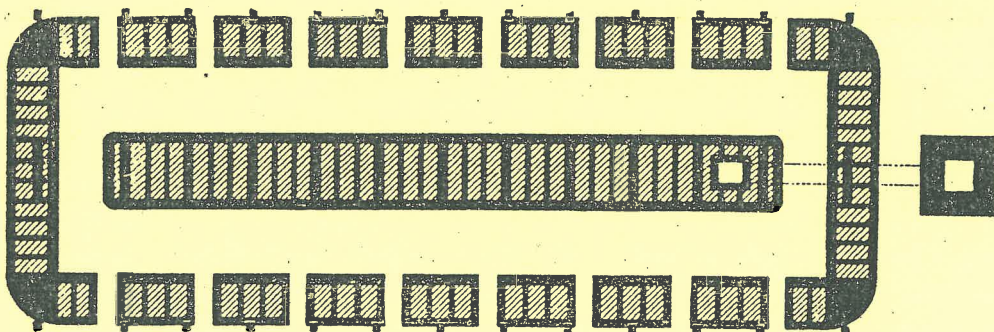


Abb. 25. Länglicher Ringofen mit eckigen Endkammern. Grundriß.

Für kleine Tagesleistungen, bei denen die Breite des Brennkanals weniger als 2 m betragen müßte, so daß ein Wenden der Karren beim Einsetzen und Ausfahren der Ziegel nicht möglich wäre, hat sich eine, zuerst von Bühner angegebene Grundrißform, der sogenannte Zickzack-Ringofen, gut bewährt. Die Abb. 26—28 zeigen drei solcher Öfen mit

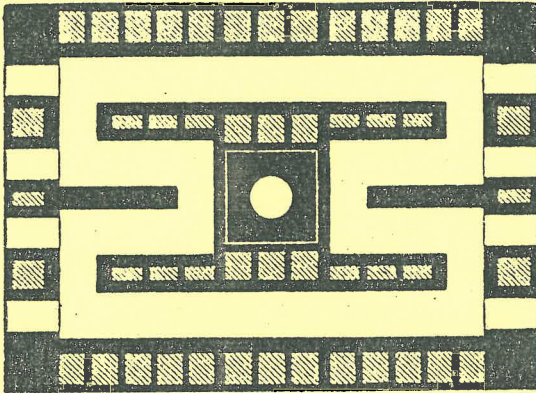


Abb. 26. Zickzack-Ringofen mit 8 Kammern. Grundriß.

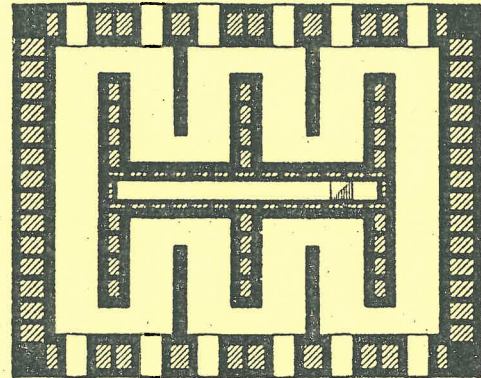


Abb. 27. Zickzack-Ringofen mit 12 Kammern. Grundriß.

verschiedener Kammeranzahl und Brennkanallänge. Diese Öfen beanspruchen einen verhältnismäßig kleinen Bauplatz, sind auch entsprechend billig im Bau und haben den Vorteil, daß man beim Einsetzen und Ausfahren mit den Ziegelkarren bis unmittelbar an den Einsatz gelangen kann,

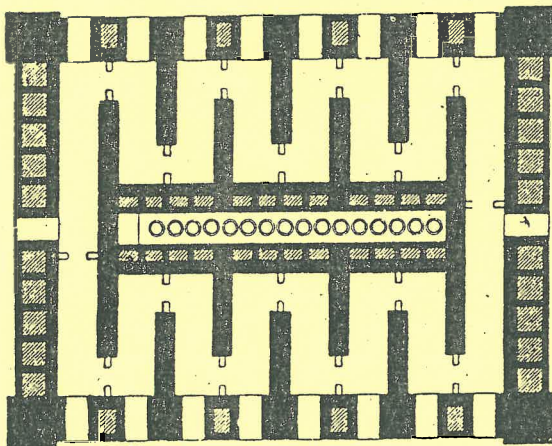


Abb. 28. Zickzack-Ringofen mit 16 Kammern. Grundriß.

was bei der gewöhnlichen Grundrißform, bei welcher die Türen rechtwinklig zur Brennrichtung liegen, in einem so schmalen Brennkanal nicht möglich wäre. Jedoch verlangt ein solcher Ofen, wenn er nicht bald ausbesserungsbedürftig werden soll, eine sehr gute und sorgfältige Ausführung, da infolge der Stauung des Feuers an den Übergängen der Kammern die Ecken der Wände sowohl als auch die Gewölbe stark beansprucht werden.

In neuerer Zeit findet der Zickzack-Ringofen auch in Großbetrieben Anwendung. Der Brennkanal erhält dann eine Breite bis zu 2,50 m bei einer Länge von 20 und mehr Kammern, und um die erwünschte hohe Leistung zu erzielen, die nur durch Beschleunigung des Feuerfortschritts zu erlangen ist, bedient man sich des künstlichen Zuges mittels eines Ventilators, denn die vielen Ablenkungen des Feuers durch den im Zickzack geführten Brennkanal bieten dem Feuerlauf erhebliche Widerstände, die nur durch sehr starken Zug überwunden werden können. Da bei dem schnellen Feuerfortschritt, dem

natürlich das Ausfahren und Wiederbesetzen der Kammern ebenso rasch folgen muß, die Kammerwände zu wenig Zeit bekommen, sich abkühlen zu können, so herrscht in den entleerten Kammern große Hitze, die das Arbeiten für die Ofenleute sehr erschwert. Man saugt deshalb die heiße Luft ab und nutzt sie zum Trocknen in künstlichen Trockenanlagen aus,

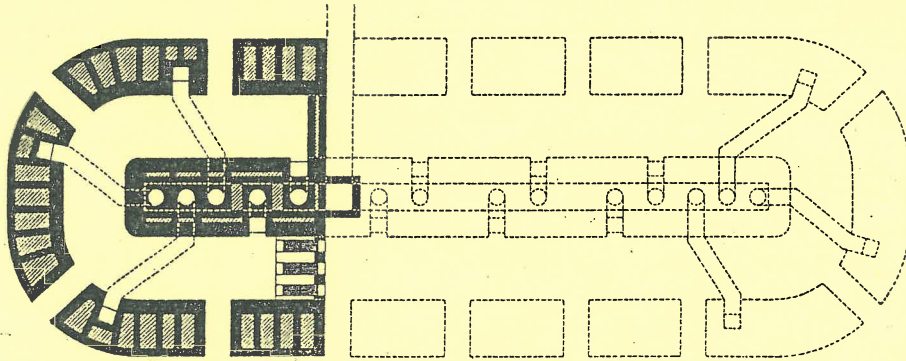


Abb. 29. Teilringofen für in Aussicht genommene Vergrößerung zu einem vollständigen Ringofen, Grundriß

ohne deren Anwendung der Schnellbrennbetrieb überhaupt nicht durchzuführen wäre, weil er völlig trockenen Ziegeleinsatz beansprucht, wenn rissefreie Ziegel aus dem Ofen kommen sollen.

Es kommt zuweilen vor, daß die zum Bau eines Ringofens nötigen Mauerziegel fehlen und deshalb zu hohen Preisen angeschafft werden müssen. Um an Kosten für diese Anschaffungen zu sparen, läßt sich der Ringofen zunächst nur zum Teil ausführen, in welchem man die zum Weiterbau des Ofens erforderlichen Ziegel selbst brennen kann, wenn vorher Ziegel geformt und getrocknet werden.

Abb. 29 zeigt einen solchen Teilringofen. An dem einen Ende des Brennkanals befinden sich die Anfeuerungsröste, von denen aus der Ofen-

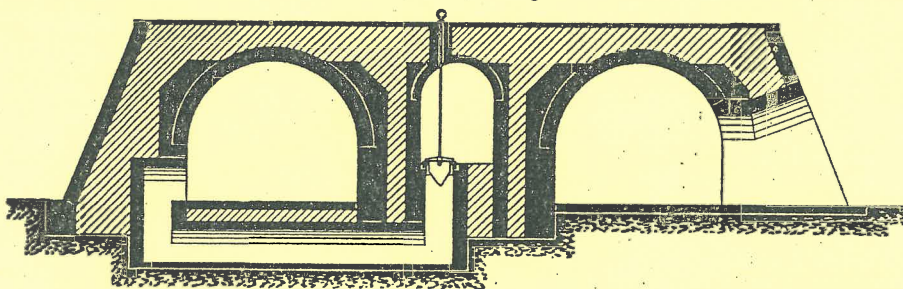


Abb. 30. Ringofen mit unterem Rauchabzug. Querschnitt.

inhalt auf eine Strecke von $1-1\frac{1}{2}$ Kammern in Glut versetzt wird, worauf das Weiterbrennen durch Einschütten des Brennstoffes durch die im Gewölbe befindlichen Heizlöcher erfolgt. Ist das Feuer am anderen Ende des Brennkanals angelangt und die Ware daselbst fertig gebrannt, so wird das Heizen eingestellt.

Die Abführung der Rauchgase aus einem Ringofen erfolgt meistens an der Sohle des Brennraumes durch Kanäle, die sogenannten Füchse (vgl. die Abb. 24, 29 und 30). Man bezeichnet einen Ringofen dieser Bauart als

Ringofen mit unterem Rauchabzug. Die Abzugskanäle werden bis in die Mittelwand des Ofens geleitet und hier als Schacht bis zu einem größeren Kanal, dem sogenannten Rauchsammler, hochgeführt. Dort erhält jede Schachtmündung einen glockenartigen Verschuß, dessen Ränder in einen mit Sand gefüllten Teller tauchen, wodurch ein dichter Abschluß bewirkt werden soll. Leider erfüllen die Glockenventile diesen Zweck nicht immer. Ist der Sand sehr fein und herrscht im Rauchsammler starker Zug, so saugt dieser beim jedesmaligen Anheben des Ventiles, wenn es geöffnet werden soll, etwas Sand aus dem Teller einseitig hinaus. Beim späteren Niederlassen des Ventils taucht es nicht mehr mit seinen Rändern rings herum in den Sand. Es verbleibt ein Spalt zwischen Ventilrand und Teller, durch den die heißesten Feuergase unmittelbar aus der befeuerten Ofenabteilung entweichen können. Es kommt zuweilen auch vor, daß zum Füllen der Ventilteller statt gewaschenen groben Sandes tonhaltiger Sand verwendet wird, der Neigung zum Zusammenbacken besitzt. Wird dieser Sand durch Heruntertröpfeln von Wasser, das sich beim Abziehen feuchter Rauchgase an den anfangs noch kühlen Ventilen niederschlägt, feucht, und später beim Abziehen heißerer Gase trocken, so bildet sich aus dem Sande ein fester Klumpen, in den das Ventil beim Niederlassen nicht mehr eintaucht, sondern auf der meist nicht ebenen Fläche des hartgewordenen Sandes aufsitzt und so Öffnungen zum Entweichen heißer Gase freiläßt. Sind die Undichtigkeiten groß, dann kommt es vor, daß das Ventil rotglühend wird und mit der Zeit verbrennt. Meistens wird das Prüfen der Ventile auf ihren dichten Verschuß und das etwa notwendige Nachfüllen von Sand erst am Schluß der Kampagne vorgenommen, wenn der Ofen außer Betrieb gesetzt ist. Das genügt aber nicht, denn nach den ersten paar Umbränden können die Ventile bereits wieder undicht geworden sein. Aus Scheu vor dem Besteigen des heißen Rauchsammlers wird das öftere Prüfen während der Betriebszeit gewöhnlich unterlassen.

Diese Nachteile des unteren Rauchabzuges brachten im Jahre 1882 die Ingenieure Siehmon & Rost auf den Gedanken, die Heizlöcher des

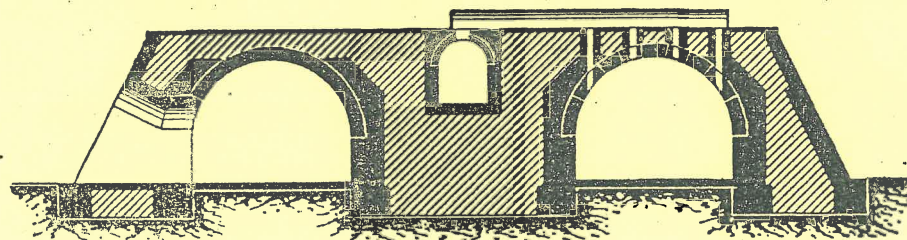


Abb. 31. Ringofen mit oberem Rauchabzug. Querschnitt.

Ringofens auch als Abzugsöffnungen für die Rauchgase zu benutzen; letztere werden also oben am Gewölbe, statt unten an der Ofensohle, abgezogen. Abb. 31 zeigt im Querschnitt den Ringofen mit oberem Rauchabzug. Die Verbindung des Brennraumes mit dem Rauchsammler geschieht hier durch Auflegen eiserner Rohre oder halbrunder Blechtröge über die geöffneten Heizlöcher und die Öffnung im Rauch-

sammler. Nach Wegnahme eines solchen Überführungsrohres und Schließen der Öffnungen ist die Trennung zwischen Brennkanal und Rauchsammler eine vollständige; Wärmeverluste können somit hierbei nicht vorkommen. Die anfänglich gegen dieses Ringofensystem gehegten Bedenken, daß bei ihm das Feuer nicht, wie beim Hoffmannschen Ringofen, an der Sohle entlang vorwärts laufen könne, sondern das Bestreben haben würde, zum Gewölbe

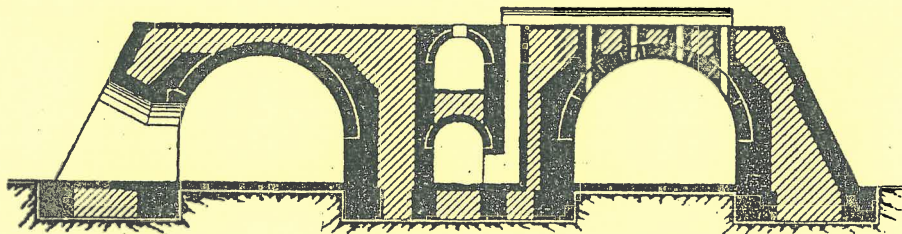


Abb. 32. Ringofen mit oberem Rauchabzug und Schmauchkanal. Querschnitt.

emporzusteigen und dort nicht genügend ausgenützt zu entweichen, haben sich nicht bestätigt. Die Abführung der Rauchgase erfolgt ja bekanntlich bei jedem Ringofen, der Wärmeausnutzung wegen, weitab von der Feuerstelle; es hat daher die Lage der Abzüge nur geringen Einfluß auf den Lauf des Feuers, das sich seinen Weg stets dort sucht, wo es am wenigsten Widerstand findet, und zwar durch die an der Ofensohle aus dem Ziegelsätze selbst gebildeten Feuerkanäle. In einem Ringofen mit oberem Rauchabzug läuft das Feuer, wie die Praxis ergeben hat, an der Ofensohle genau so gut vorwärts, wie in einem Ringofen mit unterem Rauchabzug.

Jeder Ringofen sollte mit einem Schmauchkanal versehen sein, denn in den fertig gebrannten Waren sind so große Mengen Wärme aufgespeichert, daß man sie mit Vorteil zum Ausschmauchen und Vorwärmen der frisch in den Ofen eingesetzten Waren oder zum Trocknen in einer künstlichen Trockenanlage ausnutzen kann. Das Schmauchen bezweckt, mittels der warmen Luft das in den ungebrannten Ziegeln noch befindliche hygroskopische Wasser in Dampfform zu entfernen, ohne daß die Dämpfe sich in irgendeinem Teile des Ofens abkühlen und in Verbindung mit Flugasche und den in den Rauchgasen enthaltenen Säuren niederschlagen und dadurch Verfärbungen, die sogenannten Schmauchanflüge, an den gebrannten Ziegeln hervorrufen können.

Die günstigste Stelle für den Einbau eines Schmauchkanals ist die in der Ofenmittelwand über dem Rauchsammler, wo er geschützt gegen Ofenbewegungen und Wärmeverluste liegt (vergl. Abb. 32). Das Überführen der Wärme aus den kühlenden Ofenkammern durch die geöffneten Heizlöcher in den Schmauchkanal und aus diesem in die frisch besetzten Ofenkammern geschieht am einfachsten durch Auflegen von Blechhauben, die man an den Seiten mit Sand abdichtet. Es lassen sich zwar auch gemauerte Überführungskanäle anwenden, doch sind diese auf die Dauer nicht dicht zu halten, weil das Ofengewölbe während des Brennbetriebes andauernd in Bewegung ist, auch verursacht ihre Anlage erhebliche Kosten, da jede Heizlochreihe mit einem solchen Kanal verbunden sein müßte.

Wo es auf möglichste Ermäßigung der Anlagekosten ankommt, z. B. bei kleinen Handstrichziegeleien, findet der in Abb. 33 im Querschnitt dargestellte Erdringofen ohne Gewölbe oft Anwendung. Auch in Tropenländern, wo das Arbeiten in gewölbten Ringöfen der darin herrschenden Hitze wegen fast zur Unmöglichkeit wird, ferner in Gegenden, wo intelligente Bauhandwerker rar und Baustoffe nur mit großen Kosten heranzuschaffen sind, ist der Bau eines solchen Ofens von Nutzen. Der

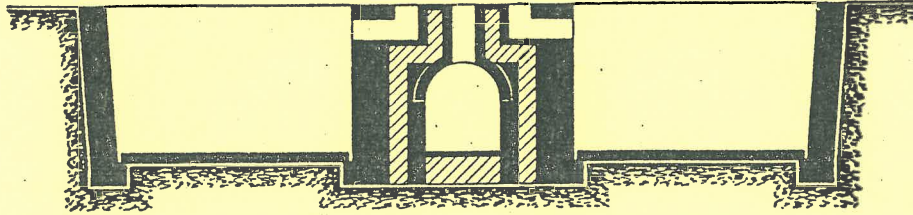


Abb. 33. Ringofen ohne Gewölbe, in der Erde liegend. Querschnitt.

Ofen wird so tief in die Erde gebaut, daß seine Decke, die aus zwei flach über dem Ziegeleinsatz gelegten Ziegelschichten und einer Sandauffüllung besteht, mit der umliegenden Bodenfläche eine Ebene bildet. Der Ofen bedarf also keiner starken Umfassungsmauern. Wenn auch die dünne Ofendecke zwar größere Wärmemengen ausstrahlt, als die Decke eines gewölbten Ofens, so bietet doch andererseits das den Ofen umschließende Erdreich, sowie das Fehlen von meist nicht völlig abgedichteten Ofentüren, wiederum Schutz gegen Wärmeverluste. Das Abdichten der Ofendecke besorgt der Brenner nebenbei und es verursacht dieses weniger Mühe, als das meist mit Extrakosten verbundene Zumauern und Abdichten der Einfahrtüren bei einem gewölbten Ringofen. Voraussetzung für die

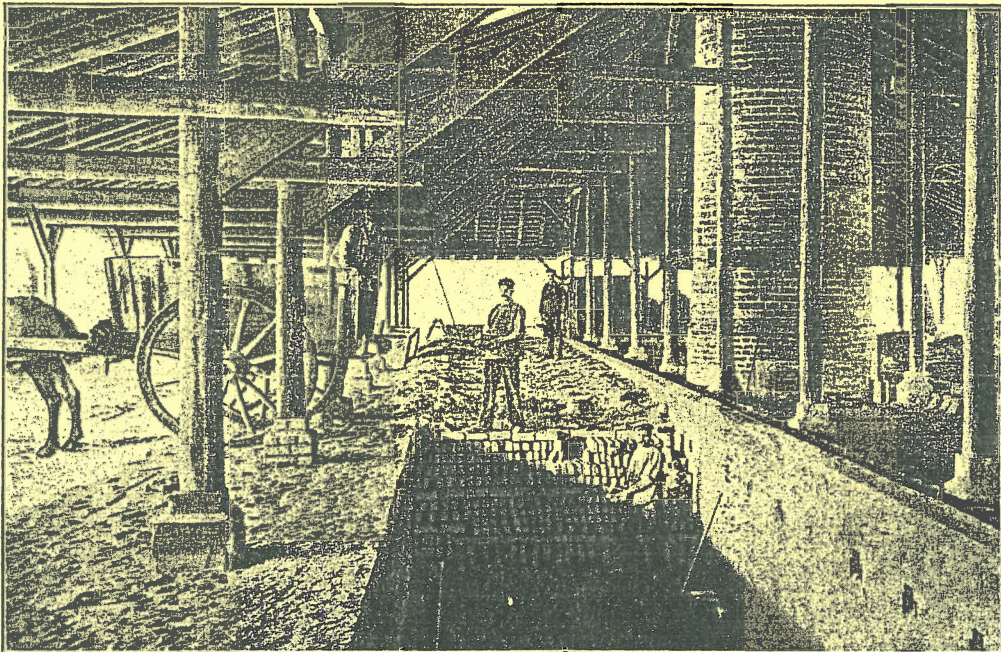


Abb. 34. Erdringofen ohne Gewölbe. Innenansicht.

Anwendung dieses Ofens ist natürlich das Vorhandensein völlig trockenen Baugrundes. Die Beheizung des Erdringofens geschieht genau wie beim gewölbten Ringofen durch in die Ofendecke eingelegte eiserne Schürkapseln. Das Arbeiten in dem oben offenen Brennkanal, bei welchem,

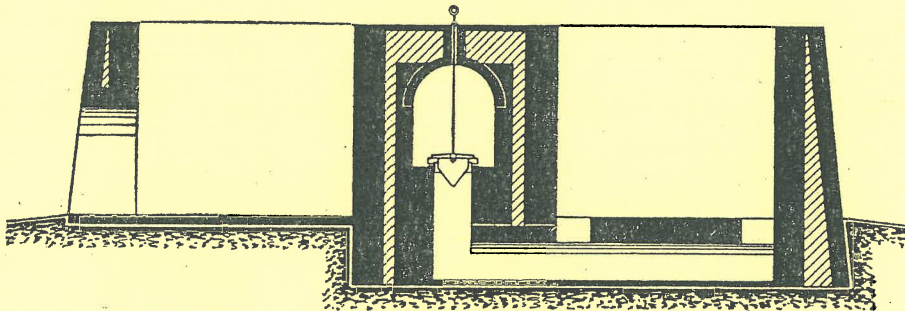


Abb. 35. Ringofen ohne Gewölbe, auf der Erde stehend. Querschnitt.

wie aus Abb. 34 und 36 ersichtlich, Licht und Luft unbehindert von allen Seiten hinzutreten kann, ist für die Ofenleute angenehm, und wenn auch beim Abnehmen und Wiederaufbringen der Sanddecke Staub entsteht, so läßt sich dieser durch Lüftung leichter beseitigen, als der auch in einem gewölbten Ringofen durch Niederfallen der Kohlenasche beim Abtragen der gebrannten Ziegel niemals fehlende Staub.

Dieser Ofen, der alle Vorteile eines gewölbten Ringofens gewährt, kann, wenn es die Grundwasserverhältnisse nicht zulassen, ihn in die Erde zu bauen, auch, wie Abb. 35 zeigt, auf der Erde stehend errichtet werden.

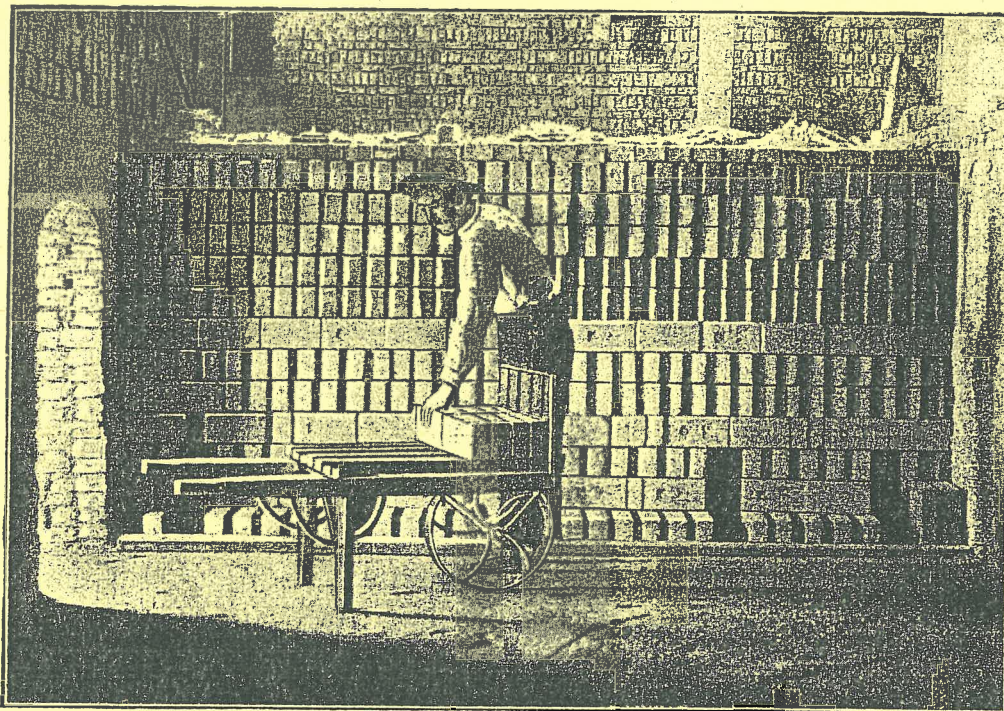


Abb. 36. Einsetzen der Ziegel in einem oberhalb der Erde errichteten Ringofen ohne Gewölbe.

Seine Anwendung wird sich aber nur für Gegenden empfehlen, wo des heißen Klimas wegen ein gewölbter Ringofen nicht gut geeignet ist. Da der Ofen kein Gewölbe besitzt, das einen Druck auf die Außenwände ausübt, so können diese erheblich schwächer ausgeführt werden, als bei einem gewölbten Ringofen. Abb. 36 zeigt das Einsetzen der Ziegel in einem oberhalb der Erde errichteten Ringofen ohne Gewölbe.

Die bisher beschriebenen Ringöfen lassen sich nicht ausschließlich mit Dachziegeln, Drainröhren oder anderen dünnwandigen Waren besetzen,

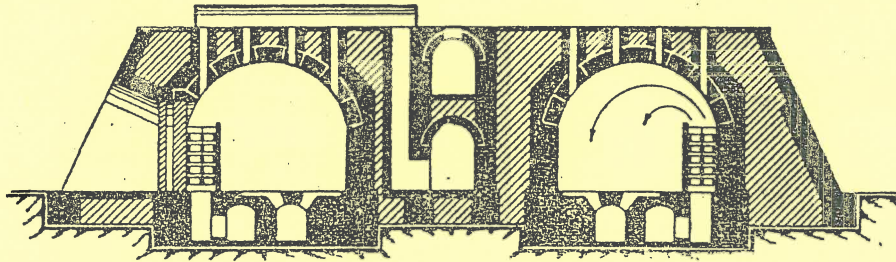


Abb. 37. Ringofen mit einseitig überschlagender Flamme. Querschnitt.

sondern man ist gezwungen, zu deren Schutze gegen starke Belastung, sowie gegen die Berührung mit dem Brennstoffe und dessen Rückständen, ferner zum Setzen der Feuerzüge und der Heizschränke eine beträchtliche Menge Mauerziegel mit einzusetzen. Es läßt sich beispielsweise nur etwa ein Drittel oder im besten Falle die Hälfte des Ofenraumes mit Dachziegeln besetzen, während der übrige Einsatz aus Mauerziegeln bestehen muß. Die Erzeugung großer Mengen Mauerziegel ist aber zuweilen gar nicht erwünscht, weil sie zu wenig Nutzen abwerfen und ihr Absatz, der hohen Beförderungskosten wegen, nur auf die nächste Umgebung beschränkt ist, und weil die Werke, die wertvollen Rohstoff haben, diesen lieber zur Erzeugung von Dachziegeln und anderen besseren Waren, die sich auf weite

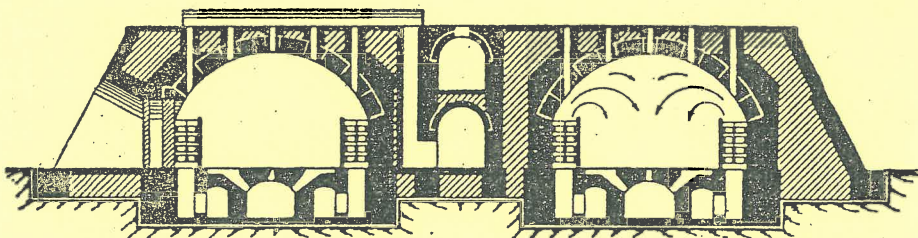


Abb. 38. Ringofen mit zweiseitig überschlagender Flamme. Querschnitt.

Entfernung mit gutem Nutzen versenden lassen, verwenden möchten. Oft zeigt sich beim gleichzeitigen Brennen von Dachziegeln und Mauerziegeln auch der Uebelstand, daß entweder die Dachziegel zu viel Hitze bekommen, wenn die Mauerziegel genügend hart werden sollen, oder daß die Mauerziegel zu schwach gebrannt ausfallen, wenn auf den guten Brand der Dachziegel Rücksicht genommen wird. Wie schon früher erwähnt, eignen sich zum Brennen besserer Ziegelwaren Öfen mit überschlagender Flamme, bei denen die Waren mit den Brennstoffen nicht in Berührung kommen. Dies führte dazu, auch im Ringofen Einrichtungen zu treffen,

durch die es möglich ist, darin mit überschlagender Flamme zu brennen. Die Abb. 37 und 38 zeigen zwei Ausführungen von Ringöfen mit überschlagender Flamme. Die an den Wänden befindlichen Feuerherde bilden treppenrostartig aufgebaute Längsheizwände, auf welchen die von oben aufgeschüttete Kohle verbrennt und die sich daraus entwickelnden Flammen den Einsatzraum, in dem sich die zu brennenden Waren befinden, von oben nach unten durchstreichen. Die Kammern sind durch eingemauerte Querwände voneinander getrennt; unterhalb der Brennkanalsole stehen sie aber so miteinander in Verbindung, daß die

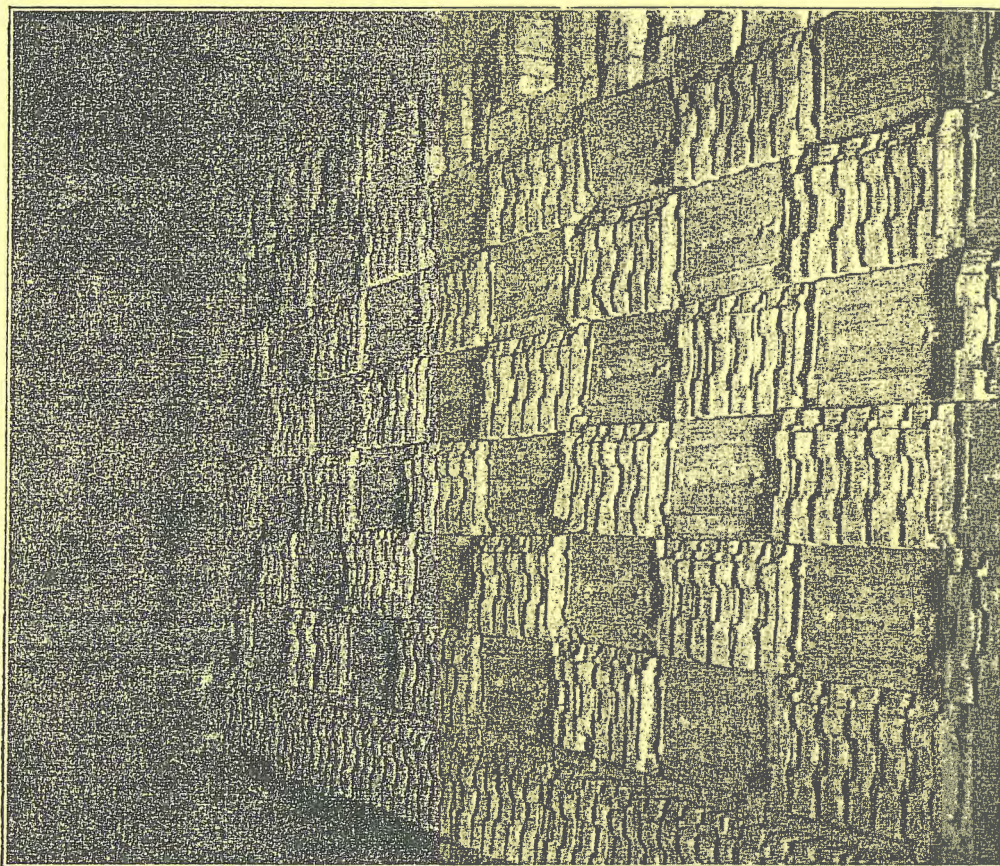


Abb. 39. Dachfalzziegeleinsatz im Ringofen mit überschlagender Flamme.

abziehenden heißen Gase beim Eintritt in die nächstfolgende Kammer unter die Heizroste derselben treten. Hierbei erhitzen sie nicht nur die Heizroste bis zur Rotglut, sondern wärmen auch den Einsatz der betreffenden Kammern stark vor. Die nachher bei Beheizung dieser Kammer auf den Rost aufgeworfenen Kohlen gelangen sofort zur Entflammung und das Fertigbrennen des schon gut vorgewärmten Kammerinhaltes geht dann rasch von statten.

In gewöhnlichen Ringöfen hat man meistens schwächer gebrannte Dachziegel in der Nähe der Einkarrtüren, weil diese, selbst bei sorgfältigster Zumauerung, nie ganz dicht schließen und die eindringende kalte Luft hier

ihren schädlichen Einfluß geltend macht. Bei der eben beschriebenen Einrichtung stehen die Feuerstände unmittelbar vor den Einkarrtüren, so daß etwa eintretende Luft durch ihren höheren Sauerstoffgehalt allenfalls die Feuerwirkung unterstützt, den Einsatz selbst aber nicht unmittelbar trifft. Hierzu kommt noch, daß die Dachziegel nicht mehr nur in der



Abb. 40. Biberschwanz-Einsatz im Ringofen mit überschlagender Flamme.

Längsrichtung des Ofens eingesetzt werden müssen, sondern, da die Flamme von oben nach unten streicht, kreuzweise übereinander aufgestapelt und infolgedessen wesentlich härter gebrannt werden können, als in einem gewöhnlichen Ringofen. Abb. 39 und 40 zeigen diese Setzweise.

Die Ringöfen mit überschlagender Flamme besitzen gegenüber den einfachen Ringöfen den Vorzug, daß die Vorwärtsbewegung des Feuers im Brennkanal zwangsläufig geschieht, wodurch eine intensivere und günstigere Verbrennung erzielt wird wegen der innigeren Berührung der Verbrennungsluft mit dem Brennstoff, und weil nicht ein so großer Luftüberschuß vorhanden ist, als in den Ringöfen. Die Kühlluft kann infolge der Trennung der Kammern durch Wände nicht so unmittelbar an die fertig gebrannten Waren herantreten wie in gewöhnlichen Ringöfen. Aus diesem Grunde eignet sich der Ringofen mit überschlagender Flamme ganz besonders zum Brennen von Klinkern, die bekanntlich ein langsames und vorsichtiges Kühlen beanspruchen. Für das Brennen von Eisenklinkern,

die behufs Erzielung der erwünschten dunklen Färbung zeitweise einer reduzierenden, d. h. sauerstoffarmen, rauchigen Feuerwirkung unterzogen werden müssen, wird der Ofen mit einer zuerst von Diesener angewendeten, später vom Verfasser wesentlich vereinfachten Einrichtung versehen, die es gestattet, jede einzelne Kammer nach Erfordern aus dem eigentlichen Brennbetriebe auszuschalten, bzw. die darin befindlichen

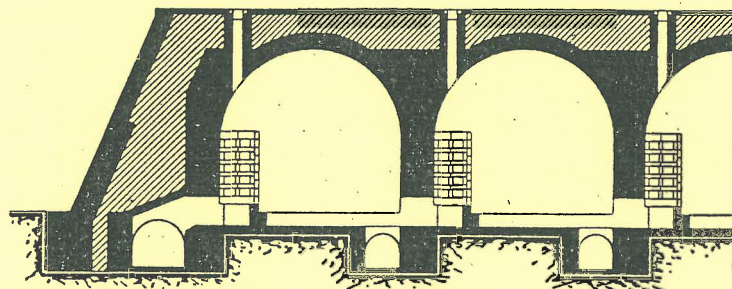


Abb. 41. Kammerringofen mit einseitig überschlagender Flamme. Querschnitt.

Waren der reduzierenden Feuerwirkung beliebig oft und lange zu unterziehen, ohne den übrigen Brennbetrieb zu stören.

Während bei den vorherbeschriebenen Einrichtungen davon ausgegangen ist, dieselben gegebenen Falles auch in jedem gewöhnlichen Ringofen anbringen zu können, wobei die Richtung des Ofengewölbes bestimmend für die Anordnung der Roste ist, indem letztere längs der Ofenwände anzubringen sind, geht man bei dem in Abb. 41 dargestellten Kammerringofen mit einseitig überschlagender Flamme davon aus, die Kammern in entgegengesetzter Richtung zu überwölben, so daß die Kammertrennwände gleichzeitig die Widerlager für die Gewölbe bilden. Der Rostaufbau erfolgt im übrigen in ähnlicher Weise wie bei den

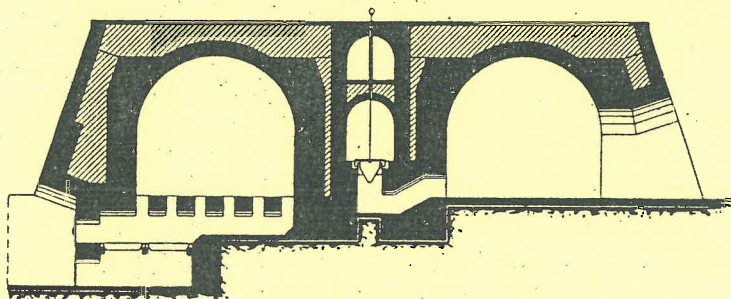


Abb. 42. Ringofen mit Planrost-Unterfeuerung. Querschnitt.

vorherbeschriebenen Öfen, jedoch nur an einer Seite jeder Kammertrennwand. Der Abzug der Feuergase geschieht durch eine Anzahl in der Ofensohle ausgesparter offener Kanäle, die man lose mit Ziegelsteinen überdeckt, wobei durch engeres oder weiteres Aneinanderrücken der Deckziegel die Hitzeverteilung in der Kammer reguliert werden kann. Nach beendetem Brande lassen sich die Kanäle durch Abheben der Deckziegel bequem reinigen. Die abgehenden Gase einer in Befeuernng befindlichen Kammer treten durch die Kammertrennwand unmittelbar unter den Rost der näch-

sten Kammer, diesen dabei allmählich bis auf Rotglut erheizend, so daß beim Aufschütten von Brennstoff dieser sofort zur Entzündung gelangt und unter fortwährendem Nachströmen heißer Verbrennungsluft aus der fertig gebrannten Kammer vollkommen verbrennt und hohe Brennhitze erzeugt. Da kein Mauerwerk unterhalb der Ofensohle mit zu erwärmen ist, stellt sich der Brennstoffverbrauch in diesem Ofen nicht wesentlich höher, als in einem gewöhnlichen Ringofen.

Die Breite der Kammern darf ein gewisses Maß nicht überschreiten, wenn die Wirkung des Feuers vom Rost bis zur gegenüberliegenden Kammerwand eine gleichmäßige bleiben soll, wogegen die Tiefe der Kammern beliebig groß sein kann, ohne die Gleichmäßigkeit des Feuers zu beeinflussen. Natürlich ist beim Einsetzen der Ziegelwaren auch Rücksicht auf den Gang der Flammen zu nehmen, die Ware also dort weniger eng aufzustellen, wo die Flammen nicht von selbst hinziehen wollen.

In besonderen Fällen, z. B. wenn man beim Brennen von Dachziegeln oder anderen besseren Ziegelwaren den Miteinsatz von Mauerziegeln ganz

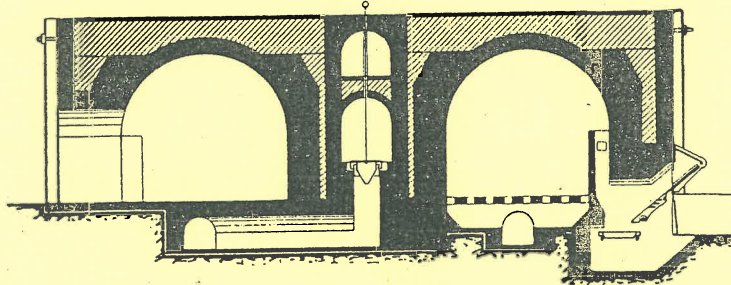


Abb. 43. Ringofen mit Schrägrost-Seitenfeuerung. Querschnitt.

vermeiden will, oder wenn es sich um die Verwendung von Brennstoffen handelt, die sich ihrer physikalischen Eigenschaften wegen, z. B. leichten Zerfalls oder starker Schlackenbildung, nicht gut auf Ziegelrosten verheizen lassen, bedient man sich der Ringöfen mit von der Seite zu bedienenden Feuerungen, die entweder, wie Abb. 42 zeigt, als unterhalb der Ofensohle angeordnete Planrostfeuerungen oder, wie in Abb. 43 dargestellt, als Schrägrostfeuerungen für überschlagendes Feuer ausgebildet sein können. In keinem dieser beiden Öfen kommt der Brennstoff mit den zu brennenden Waren in Berührung und die Roste lassen sich leicht von Schlacken befreien. Neben den Vorzügen, die diese beiden Ofenarten demnach in gewisser Hinsicht besitzen, haben sie andererseits den Nachteil, daß sich die Bedienung der Feuerungen umständlicher gestaltet und daß, namentlich bei der Planrostfeuerung, der Brennstoffverbrauch sich durch die Zuführung kalter Speiseluft erhöht.

Handelt es sich um das Brennen von Erzeugnissen, die eine so hohe Temperatur erfordern, daß sie bei der direkten Verfeuerung der Brennstoffe nicht zu erzielen ist, ohne daß die Asche dabei zum Fließen kommt, oder stehen nur minderwertige Brennstoffe, wie Lignit, erdige Braunkohle oder Torf, zur Verfügung, die bei direkter Verfeuerung nicht genügend Hitze

entwickeln, so kommt Beheizung mit Gas in Betracht. Die Brennstoffe werden in außerhalb des Brennofens angeordneten Generatoren vergast und das Gas alsdann in Kanälen zum Ofen geleitet.

Das Brennen mit Gas findet auf Ziegeleien in der Regel nur bei Öfen mit ununterbrochenem Betriebe Anwendung, und zwar im Gas-Ringofen und Gas-Kammerringofen. Die Bauart des Gas-Ring-



Abb. 44. Gas-Ringofen. Querschnitt.

ofens entspricht genau der des gewöhnlichen Ringofens, nur unterscheidet er sich von diesem dadurch, daß er die für das Brennen mit Gas erforderlichen Einrichtungen erhält. Abb. 44 zeigt den Querschnitt eines Gas-Ringofens. An beiden Seiten des Ofens befindet sich der mit dem Gasgenerator in Verbindung stehende Hauptgaskanal, während in jeder Ofenabteilung mehrere kleine Kanäle unter der Ofensohle angeordnet sind, die vom Hauptkanal aus durch Aufsetzen eiserner Ueberführungsröhre mit Gas gespeist werden. Auf die kleinen Gaskanäle werden die Gasbrenner aufgestellt; es sind dies Schamotterrohre, die seitlich eine Anzahl kleiner Löcher haben, durch die das Gas in den Ofenraum ausströmt, wobei es sich an der vorbeiziehenden heißen Luft entzündet, so daß kleine längliche Flämmchen an den Brennern entstehen, deren Länge und Heizwirkung durch Gasventile reguliert werden kann. Diese Brenner vertreten somit die Stelle der Heizschränke des gewöhnlichen Ringofens mit Schüttfeuerung. Die Generatorgasfeuerung erfordert zwar einen um 25 bis 30 v. H.

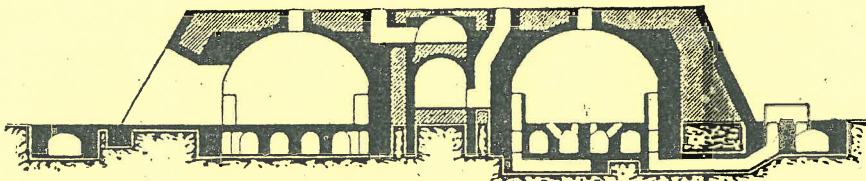


Abb. 45. Gas-Kammerringofen mit zweiseitig überschlagender Flamme. Querschnitt.

höheren Brennstoffverbrauch als die direkte Beheizung mit Brennstoffen, sie gewährt aber mancherlei Vorteile. So lassen sich z. B. Brennstoffe, die ihres geringen Heizwertes und hohen Wasser- und Aschengehaltes wegen zur unmittelbaren Verfeuerung nicht geeignet wären, durch Vergasung nutzbar machen. Das Gas hinterläßt bei der Verbrennung weder Asche noch Schlacken, die Waren werden also durch Rückstände nicht verunreinigt; die bei der Streufeuerung erforderlichen Heizschränke fallen beim Gas-Ringofen fort, wodurch sich beim Brennen besserer Ziegelwaren das Miteinsetzen von Mauerziegeln ganz wesentlich einschränken läßt.

Während das Feuer im Gas-Ringofen in wagerechter Richtung durch die Ofenabteilungen zieht, geschieht im Gas-Kammerringofen das Brennen mit überschlagendem Feuer, d. h. die Flammen durchziehen die Ofenkammern von oben nach unten. Der in Abb. 45 dargestellte Gas-Kammerringofen entspricht in seiner Bauart dem auf Seite 38 beschriebenen Ringofen mit zweiseitig überschlagender Flamme, nur tritt an die Stelle der Heizroste die Einrichtung für Gasfeuerung. Der Brennkanal ist auch hier durch Wände in einzelne Kammern geteilt. In jeder Kammer befinden sich, je nach deren Größe, 4, 6 oder 8 Brenner, die als Schächte ausgebildet sind. Diesen Schächten wird von außen her Gas zugeführt, während von innen die aus den fertig gebrannten Ofenkammern in den Sohlkanälen heranströmende, hochehitze Luft in die Schächte eintritt und das Gas zur Entzündung bringt, so daß breite Flammen aus den Brennern emporschlagen, die dann ihren Weg durch den Ofeneinsatz zu den in der Ofensohle befindlichen Abzügen nehmen. Der Gas-Kammerringofen kommt hauptsächlich

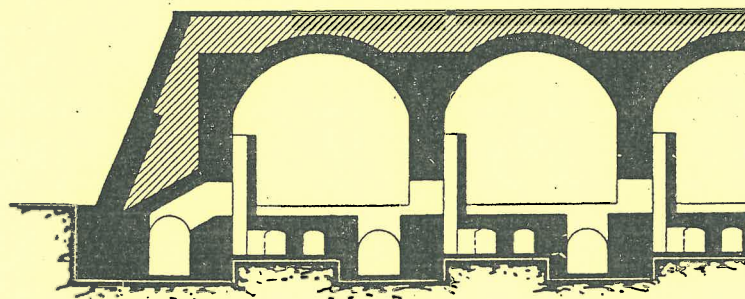


Abb. 46.

Gas-Kammerringofen mit einseitig überschlagender Flamme. Querschnitt.

für Waren in Betracht, die zu ihrem Garbrande großer Hitze bedürfen, namentlich für Schamottewaren, Straßenklinker, Steinzeugrohre, Wand- und Fußbodenplatten.

Soll ein Gas-Kammerringofen geringere Abmessungen erhalten, so genügt es, die Flammen nur von einer Seite in den Brennraum treten zu lassen. Abb. 46 zeigt einen Gas-Kammerringofen mit einseitig überschlagender Flamme, der dem in Abb. 37 dargestellten Ringofen in Bauart und Betriebsweise ähnelt, nur daß an Stelle der Kohlenfeuerung die Gasfeuerung tritt. Gas und erhitzte Verbrennungsluft werden vor ihrem Eintritt in den Brennraum zusammengeführt, wobei ersteres sich zur Flamme entzündet, die hinter dem Feuerständer emporschlägt und dann den Ofeneinsatz von oben nach unten durchstreicht.

In Ländern, wo Erdöl (Naphtha) gewonnen wird, haben die bei der Destillation desselben verbleibenden Rückstände (in Rußland „Masut“, in Rumänien „Pacura“ benannt) zur Beheizung von Ringöfen Verwendung gefunden. Das Rohöl wird entweder tropfenweise oder mittels Zerstäuber durch die Heizlöcher in den Ofen eingeführt. Da das Rohöl dickflüssig ist, bedarf es vor der Verfeuerung der Erwärmung, um es dünnflüssig zu machen. Das in Zisternenwagen zur Ziegelei herangefahrene Öl wird hier

in eine unter Erdhöhe befindliche gemauerte Zisterne abgelassen, woselbst mittels Dampfes, den man durch in die Zisterne eingelegte Schlangenrohre leitet, die Erwärmung stattfindet. Von der Zisterne wird das Öl mittels einer Pumpe in einen hochgestellten eisernen Behälter gedrückt. Bevor es in diesen gelangt, durchfließt es einen Seiher, der die im Öl befindlichen Unreinigkeiten zurückhält. Von diesem Behälter fließt es in einen zweiten

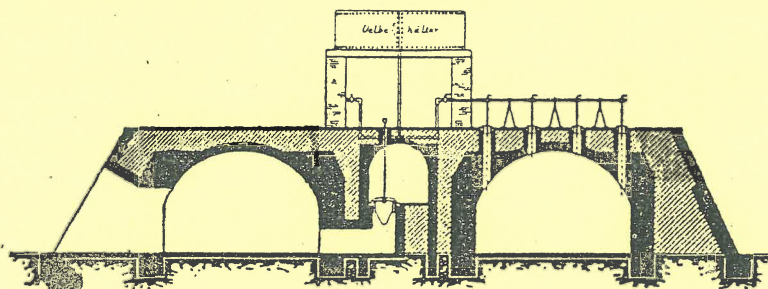


Abb. 47. Ringofen mit Tropföfheizung. Querschnitt.

über dem Ofen aufgestellten Behälter und aus diesem in die eigentliche Speiserohrleitung, die man zweckmäßig unter das Pflaster der Ofendecke bettet, um das Öl ständig warm, bzw. flüssig zu erhalten. Abb. 47 zeigt diese Anordnung. Von der Hauptleitung zweigen in bestimmten Abständen senkrechte Steigeleitungen ab und über das Pflaster empor, die mittels eines Hahnes verschließbar gemacht sind. An das Ende einer solchen Steigeleitung wird die Tropfvorrichtung mittels eines Schlauches angeschlossen. Dieselbe besteht aus einem einzölligen, auf Böcken gelagerten Rohr, an das sich je nach Anzahl der in einer Reihe befindlichen Heiz-

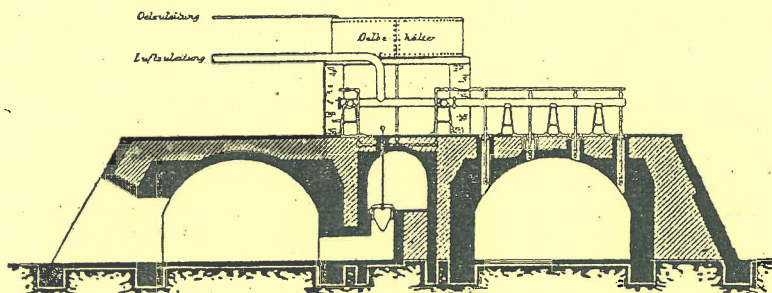


Abb. 48. Ringofen mit Rohöl-Zerstäuberheizung. Querschnitt.

löcher rechts und links halbzöllige Abzweigungen anschließen, so daß von einem Hauptrohre aus zwei Heizlochreihen gespeist werden können. Jedes der Abzweigrohre besitzt einen Hahn, um die Ölzuleitung bei jedem einzelnen Heizloche regulieren zu können. Das Öl fällt tropfenweise auf den glühenden Ofeneinsatz und gelangt sofort zur Entzündung. Durch verschließbare Schaulochöffnungen im Deckel des Heizloches läßt sich das Feuer und der Ölzufluß beobachten. Für den Brennbetrieb genügen zwei Tropfvorrichtungen, die beim Fortschreiten des Feuers natürlich umgesetzt werden müssen.

Bei anderen gewerblichen Feuerungsanlagen werden schon seit Jahrzehnten Ölfeuerungen benutzt, bei denen das Öl mittels Druckluft durch Düsen, die eine Zerstäubung des Öles bewirken, in den Verbrennungsraum geblasen wird. Diese Rohöl-Zerstäuberfeuerung läßt sich auch zur Beheizung von Ringöfen verwenden. Nach dem Verfahren von Dr. Schmitz geschieht die Beheizung mittels Niederdruck-Luftbrennern. Je nach der Anzahl der Heizlöcher, die sich in der Breite des Brennkanales befinden, sind eine ebenso große Anzahl Brenner an einem Querrohre befestigt. (Vergl. Abb. 48.) Über diesem Querrohre, das gleichzeitig als Windleitung dient, befindet sich die Ölzuleitung zu den Brennern und an jedem Brenner ein Ventil, sowie eine Luftdrosselklappe, so daß jeder Brenner genau einreguliert werden kann. Zwei solcher Brennergruppen genügen für den Brennbetrieb. Die auf dem Ofen ringförmig angeordnete, aus Blech bestehende Luftleitung und die darüber befindliche Ölleitung ruht auf eisernen Böcken. In bestimmten Abständen haben diese Leitungen Stützen, an die die Brennergruppen angeschlossen werden können. Die Ölringleitung steht mit dem hochgelagerten Ölbehälter in Verbindung, während die Luftringleitung mit einem Hochdruck-Kreiselgebläse verbunden ist, das an beliebiger Stelle stehen kann. Im Brennkana! muß unterhalb der Heizlöcher im Einsatz ein Raum von etwa 60 cm frei bleiben, damit die Flammen sich frei entfalten können. Sie wirken nicht wie Stichflammen, sondern wallen leicht und werden durch die im Ofeneinsatz befindlichen Spalten bzw. durch die Sohlkanäle vom Schornsteinzuge weiter gezogen. Entsprechend dem Fortschreiten des Feuers bzw. dem Garbrande der Waren müssen die Brenner umgesetzt und mit der Öl- und Luftleitung wieder verbunden werden.

Seit man aus dem bei der Vergasung von Braunkohlen sich ergebenden Teerwasser wasserfreien Teer, sogenannten Urteer, gewinnt und diesen

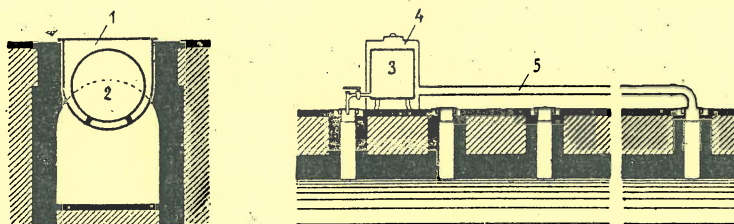


Abb. 49. Teerfeuerungseinrichtung.

technisch verwertet, hat man ihn mit Erfolg auch zur Beheizung der Ringöfen benutzt. Die Verfeuerung des Teeres kann in der gleichen Weise erfolgen, wie die des Rohöles. Eine einfache Art besteht darin, daß man eiserne, mit Handgriffen und einem Deckel versehene Kübel von etwa 40—50 Liter Rauminhalt, die mit Teer gefüllt werden, dicht an die zu befeuernden Heizlöcher aufstellt und den Teer durch ein mit einem Regulierhahn versehenes kurzes, gebogenes Ablaufrohr in das Heizloch einträufeln läßt. Da der Teer in kaltem Zustande starr ist, so muß er vor

dem Gebrauch erwärmt werden, um ihn flüssig zu machen, und zwar in ähnlicher Weise, wie sie oben beschrieben ist. Eine andere von C a e s a r beschriebene Art¹⁾ besteht darin, daß man, wie Abb. 49 zeigt, in den Rauchsammler des Ringofens, wenn er hoch genug unter der Ofendecke liegt, eiserne Wasserbehälter (1) so tief in den Rauchsammler einbaut, daß sie von den heißen Rauchgasen bestrichen werden. In diesen Behälter werden die mit Teer gefüllten eisernen Fässer (2), wie sie angeliefert werden, hineingelegt. Das mit der Zeit zum Sieden gelangende Wasser überträgt seine Wärme durch die Faßwände auf den Teer und macht ihn flüssig. Aus den Fässern wird der Teer mittels einer Pumpe in die Kübel (3) gefüllt und, damit er nicht wieder schwerflüssig werden kann, stülpt man einen Blechmantel (4) von etwas größerem Umfang darüber. Es entsteht so zwischen Kübel und Mantel eine Luft-Isolierschicht, die durch ein Ofenrohr (5) mit einem rückwärtigen, nicht mehr befeuerten Heizloch in

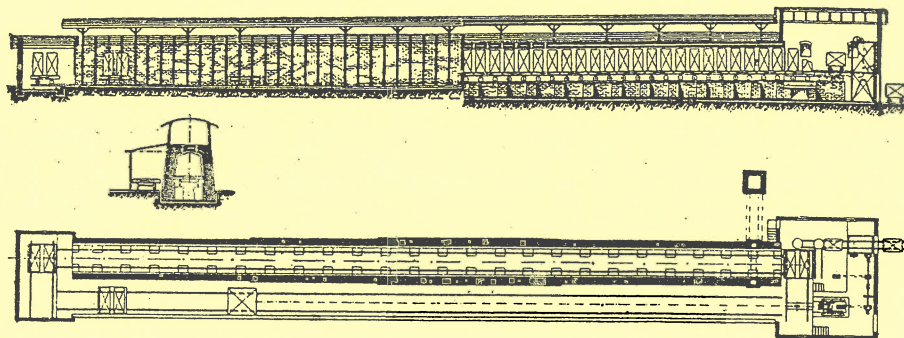


Abb. 50 und 51. Kanal- oder Tunnelofen.

Verbindung gebracht und so mittels der daraus entströmenden Wärme die Luftschicht bzw. der mit Teer gefüllte Kübel erwärmt wird.

Wenn das durch deutsche Chemiker entdeckte und bereits mit Erfolg durchgeführte Verfahren, minderwertige Braunkohle durch Zuführung von Wasserstoff unter Anwendung hohen Druckes und hoher Temperatur gleich am Gewinnungsorte der Kohle zu Öl zu verflüssigen, sich noch so weit entwickeln sollte, daß es gelänge, dieses hochwertige Öl in großen Mengen und so billig herzustellen, daß es als Brennstoff die Kohle verdrängen könnte, so stände der allgemeinen Anwendung der Ölföhrung bei Ziegelbrennöfen und Dampfkesseln jedenfalls eine große Zukunft bevor.

Eine von den bisher besprochenen Dauerbrandöfen völlig abweichende Art ist der Kanal- oder Tunnelofen. Auch dieser ist für ununterbrochenen Betrieb bestimmt; während aber in allen Ringöfen das Feuer im Brennkanal von Kammer zu Kammer wandert und die Waren stillstehen, kommt beim Kanalofen das umgekehrte Verfahren zur Anwendung, d. h. das Feuer brennt an einer bestimmten Stelle, während die auf Wagen aufgebauten Waren durch einen gradlinigen Kanal von 80—100 m Länge langsam hindurchgeschoben werden. Abb. 50 zeigt den Kanalofen in Seitenansicht und Längsschnitt, Abb. 51 im Grundriß. Die zu brennenden Waren

¹⁾ Tonindustrie-Zeitung 1924 Nr. 50.

werden außerhalb des Ofens auf die Wagen aufgesetzt und dann in den Ofen geschoben. Die Beheizungsstelle, die sowohl für Streufeuerung als auch für Halbgas- oder Gasfeuerung eingerichtet sein kann, befindet sich ungefähr in der Mitte des Ofens, und die Einführung der Wagen in den Kanal erfolgt von demjenigen Ende aus, an dem sich der Schornstein befindet. Auf dem Wege zur Brennzone kommen die Waren mit den abziehenden, zunächst mäßig warmen, dann aber immer wärmer werdenden Gasen in Berührung, deren Temperatur sie annehmen, bis sie, zuletzt schon rotglühend geworden, in die Brennzone gelangen, in der sie nun gar gebrannt werden. Nach ihrem Austritt aus der Brennzone findet das Abkühlen statt, wobei die am anderen Kanalende eintretende kühle Luft sich an den heißen Waren erwärmt und glühend heiß zur Verbrennungsstelle gelangt. Die soeben fertig gebrannten Waren werden also nicht unmittelbar von der kühlen, sondern von bereits vorgewärmter Luft bestrichen und verlieren nur ganz allmählich ihre Wärme, bis sie am Ausfahrtsende den Ofen abgekühlt verlassen.

Der Gedanke, die Brennware in einem gradlinigen Kanal auf einer beweglichen Ofensohle einer festliegenden, dauernd beheizten Feuerstelle langsam und ununterbrochen entgegenzuführen, ist schon sehr alt. Die ersten diesbezüglichen Versuche reichen bis zum Jahre 1831 zurück; nachdem sind sie mehrfach wieder aufgenommen worden, denn der Ringofen war noch nicht erfunden und die Idee, einen Ofen für Dauerbrand zu schaffen, hatte viel Verlockendes für sich. Aber keiner von den älteren Kanalöfen hat sich in der Praxis bewährt; ihr Hauptfehler bestand darin,

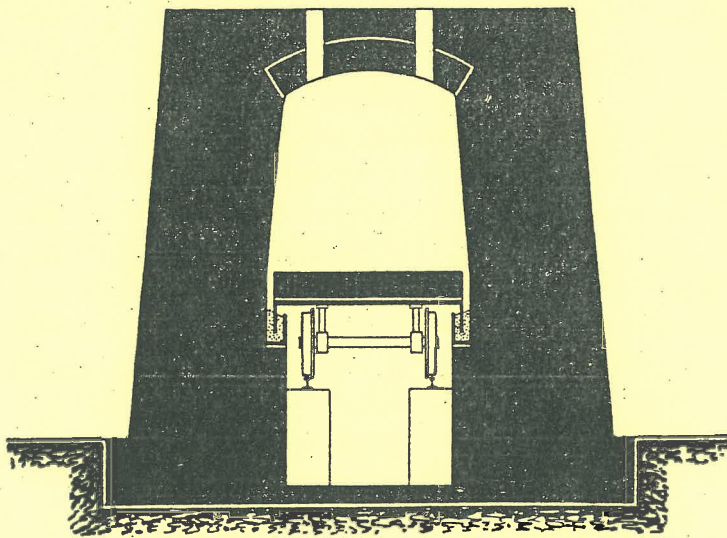


Abb. 52. Bock'scher Kanalofen. Querschnitt.

daß sich das Feuer auch nach unten hin ausbreitete und hier die Wagen zerstörte. Im Jahre 1873 gelang es B o c k , den Kanal- oder Tunnelofen wirklich lebensfähig zu machen, indem er die bewegliche Ofensohle derartig einrichtete, daß sie einen nach unten und seitlich dicht abschließenden Boden bildete, wodurch nicht allein das Räder- und Eisen-

werk der Wagen vor den Einwirkungen der Hitze geschützt, sondern auch ein Zutreten von Luft in den Brennkanal aus dem unteren Teile des Ofens unmöglich gemacht wurde.

Der Wagen besteht, wie aus Abb. 52 ersichtlich, aus einer auf vier Rädern ruhenden eisernen Platte, auf der sich eine aus feuerfesten Ziegeln hergestellte Decke befindet. Seitlich sind die Wagen mit starken, lotrecht herabhängenden Blechrändern versehen, die in Rinnen eintauchen, welche mit Sand gefüllt sind, so daß die Ränder, selbst beim Fortbewegen der Ofensohle, einen immer dichthaltenden Abschluß des oberen Ofenraumes vom unteren bewirken. An den Stirnenden sind die Wagen mit Nut und Feder versehen, die mit Lehm bestrichen werden und beim Aneinanderschieben der Wagen einen dichten Abschluß bilden. Der Ofenkanal selbst wird an beiden Enden mit Schiebetüren abgeschlossen, die man nur dann öffnet, wenn ein Wagen ein- bzw. ausgeschoben wird, was gewöhnlich in Zeiträumen von ein bis zwei Stunden mittels einer mechanischen Vorrichtung geschieht.

Die Vorzüge des Kanalofenbetriebes bestehen hauptsächlich darin, daß das Besetzen der Wagen mit den zu brennenden Waren, sowie das Abtragen der gebrannten von den Wagen, sich in freier Luft und bei vollem Tageslicht abwickeln kann, die Arbeiter also nicht in heißer, staubiger Atmosphäre zu arbeiten brauchen, ferner, daß die Waren den Ofen schon nach 3—4 Tagen verlassen können, während man in den Ringöfen erst nach einem Verlauf von etwa 10—14 Tagen zu den Waren gelangt, schließlich, daß das einmal erhitzte Mauerwerk in der Brennzone dauernd heiß erhalten bleibt und nicht, wie beim Ringofen, immer von neuem erhitzt werden muß. Der Kanalofen ist in neuerer Zeit wieder stark in Aufnahme gekommen, namentlich zum Brennen von Schamottewaren, sowie von Steingut und Porzellan, das man in Kapseln brennt, die sich auf den Brennwagen gut und standsicher aufbauen lassen, wogegen seiner allgemeinen Anwendung zum Brennen von Ziegelwaren, vor allem die hohen Kosten, die das Anschaffen der vielen eisernen Wagen erfordert, noch weiterhin ein Hindernis bereiten werden.

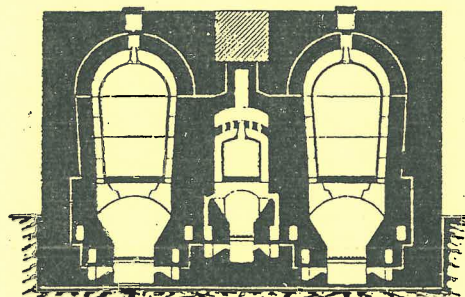
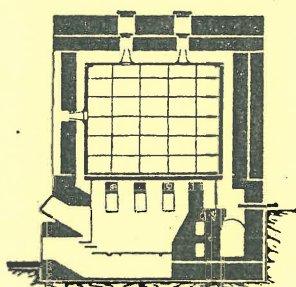


Abb. 53. Muffelofen. Längsschnitt. Abb. 54. Doppelmuffelofen. Querschnitt.

Für besondere Zwecke, z. B. für das Brennen feinerer Tonwaren, wie Terrakotten, Wandbekleidungsplatten, bei denen es auf Erzielung größter Farbenreinheit, oder für Waren, die mit empfindlichen Glasuren versehen werden sollen und vor Flugasche und der unmittelbaren Berührung mit Feuergasen geschützt werden müssen, bedient man sich der Muffel-

öfen. Unter Muffel versteht man einen allseitig geschlossenen Behälter aus dünnen feuerfesten Wänden, der so in einen Ofen eingebaut wird, daß zwischen diesem Behälter, also der Muffel, und den Ofenwänden schmale Kanäle verbleiben, durch welche die Flammen und Feuergase streichen und die Muffel von allen Seiten umspülen können, ohne in die Muffel selbst zu gelangen. Das Einsetzen der zu brennenden Waren in die Muffel erfolgt von einer Stirnseite aus, die mit einer dünnen feuerfesten Wand dicht verschlossen wird, sobald die Muffel gefüllt ist. Abb. 53 zeigt einen Muffelofen im Längsschnitt und Abb. 54 einen Doppelmuffelofen im Querschnitt. Zwischen den beiden größeren Muffeln befindet sich noch eine kleine Probemuffel für Versuchszwecke. Die Wände der Muffeln müssen sehr dünn sein, damit erstens nicht zu viel Masse unnütz zu erwärmen ist, zweitens im Innern der Muffel schneller die zum Brennen der Ware erforderliche Temperatur erzeugt werden kann. Ein an der vorderen

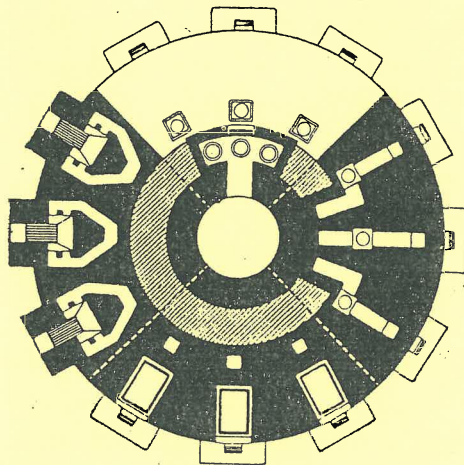


Abb. 55. Muffelofen für ununterbrochenen Betrieb. Grundriß.

Stirnseite der Muffel angeordnetes und mit einem Tonstöpsel verschließbares Schauloch gestattet die Beobachtung der erreichten Garbrandhitze, wobei man sich zur Kontrolle der Brenntemperatur der Seger-Schmelzkegel bedient, die in einem Kanälchen, das man im Einsatz, dem Schauloch gegenüber, freiläßt, eingesetzt werden. In der Decke der Muffel bringt man zweckmäßig Abzugsrohre an, um beim Beginn des Erhitzens die in der Muffel sich entwickelnden Dämpfe entweichen zu lassen. Sobald die Muffel frei von Dünsten ist, wird das Abzugsrohr mit

einem gebrannten Tonstöpsel geschlossen, wogegen die beiden darüber befindlichen Öffnungen mit Schamotteplatten zugedeckt werden.

Das Brennen in diesen Einzelmuffelöfen erfordert, wie leicht erklärlich, viel Brennstoff einmal dadurch, daß die Muffel stark erhitzt werden muß, wenn innerhalb derselben die nötige hohe Temperatur erzeugt werden soll, und dann dadurch, daß die Feuergase noch sehr heiß den Ofen verlassen. Ist die Leistung eines Werkes so groß, daß ständig mehrere Muffeln in Betrieb gehalten werden müssen, dann ordnet man die Muffeln, wie Abb. 55 zeigt, nebeneinander und um einen gemeinsamen Schornstein herum so an, daß die von einer in Befeuerung befindlichen Muffel abziehenden Feuergase mehrere Muffeln nacheinander bestreichen und diese vorwärmen. Inzwischen werden bereits fertig gebrannte Muffeln abgekühlt, entleert und wieder neu besetzt. Auf diese Weise läßt sich ein ununterbrochener Betrieb bei weitgehendster Brennstoffersparnis erzielen.

Während die oben beschriebenen Muffelöfen gewöhnlich nur einen Rauminhalt von 1 bis höchstens 4 cbm erhalten, bedient man sich zum

Brennen großer Mengen glasierter Verblendziegel und Wandplatten, sowie großer Formstücke, wie Gefäße für die chemische Industrie des in Abb. 56 dargestellten Muffelofens mit seitlicher Feuerung und einem Muffelraum von 10—15 cbm Inhalt. Da die Muffel eine gewisse Breite und Höhe nicht überschreiten darf, wenn die durch die Muffelwände strahlende Hitze bis in die Mitte der Muffel dringen soll, so macht man

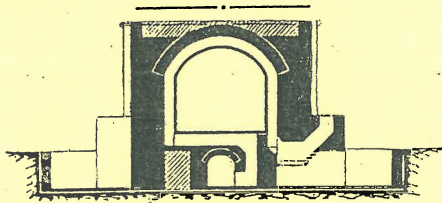


Abb. 56. Langmuffelofen mit seitlichen Feuerungen. Querschnitt.

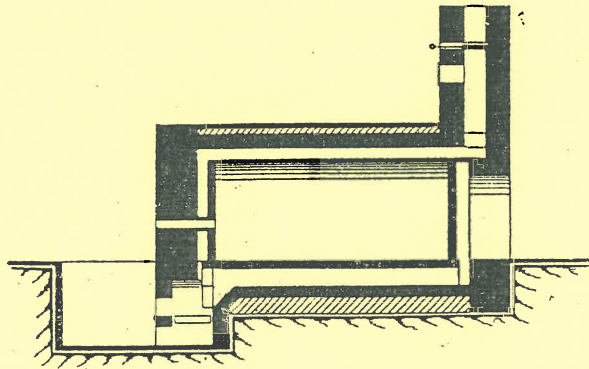


Abb. 57. Muffelofen mit wagerechter Flammenführung. Längsschnitt.

sie lang und ordnet die Feuerungen, die als Halbgasfeuerungen ausgebildet sein können, abwechselnd einmal rechts und einmal links des Muffelofens entlang an.

Schließlich sei noch der Muffelofen mit wagerechter Flammenführung erwähnt (vergl. Abb. 57), wie er zum Brennen glasierter Verblendziegel und in Kachelofenfabriken zum Brennen glasierter Ofenkacheln benutzt wird. Die Feuergase streichen zuerst in Kanälen unter der Muffelsohle entlang, steigen dann an dem der Feuerung entgegengesetzten Ende in die Höhe, verteilen sich daselbst in eine Anzahl seitlich der Muffel entlang führende Kanäle zurück und gelangen zuletzt über die Muffeldecke hinweg zum Schornstein. Wenn der Brand vollendet ist und die Feuerungen geschlossen worden sind, wird auch der im Schornstein befindliche Schieber geschlossen und die unterhalb derselben befindliche Öffnung aufgemacht, um die von der Muffel ausstrahlende Wärme hier austreten zu lassen und damit die in Ofenhöhe befindlichen Arbeits- und Trockenräume zu erwärmen.

Ein näheres Eingehen auf die unterschiedliche Bauart einzelner Brennöfen, wie sie von einzelnen Ofenbaufirmen ausgeführt werden, liegt außerhalb des Rahmens dieses Buches. Diejenigen Leser, die einen Ueberblick über die sonst noch vorhandenen Arten keramischer Brennöfen gewinnen wollen, verweise ich auf die reichhaltige Literatur und die Fachzeitschriften, sowie auf die Kataloge der Ofenbaufirmen.

IV. Wahl der Ofenbaustelle und Schutz gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit.

Eine sehr wichtige Aufgabe bei Erbauung einer Ziegelei bzw. eines Ziegelbrennofens ist die Wahl der geeigneten Baustelle. In der Regel wird man eine Ziegelei dort errichten, wo der Rohstoff für die Ziegelherstellung gewonnen wird; es können jedoch auch Umstände eintreten, die es geboten erscheinen lassen, die Ziegelei, und selbstverständlich auch den Ziegelbrennofen, nicht auf dem Tongelände selbst, sondern in der Nähe eines Bahnhofes oder eines schiffbaren Flusses zu errichten, und zwar erstens des bequemen Verladens der fertigen Waren wegen, wobei sowohl Umladekosten als auch Beschädigungen der Waren wegfallen, besonders wenn letztere auf weiten Strecken mittels Fuhrwerken zur Umladestelle befördert werden müssen, zweitens wegen der Annehmlichkeit, auch die Brennstoffe nicht weit befördern zu brauchen. Soll die Anlage aber auf einem Tongelände errichtet werden, dann ist es ratsam, durch Bohrungen festzustellen, ob in der Umgebung der Baustelle brauchbarer Ton, und dieser noch in genügender Menge vorhanden ist, damit nicht etwa das Ziegelwerk auf dem besten Tone gebaut wird und später bald wahrgenommen werden muß, daß die Mächtigkeit und Güte des Tones im raschen Abnehmen begriffen ist; derartige Überraschungen sind schon vorgekommen.

Als Standort für den Ofen ist möglichst eine erhöhte Stelle auf dem Gelände zu wählen und dieses am Ofen entlang mit Gräben zu versehen, damit die Tagewässer (Regen, Schneeschmelze) rasch abfließen und nicht durch längeres Anstauen in den Erdboden eindringen und unter den Ofen gelangen können. Ist das Gebäude eben, dann lege man die Ofensole etwa 25—30 cm über die Erde. Diese Maßnahme ist besonders auch dann geboten, wenn der Ofen auf Tonboden zu stehen kommt. Durch die vom Ofen nach unten dringende Wärme trocknet der Boden aus und schwindet, so daß mit der Zeit die Ofensole sich senkt. Kommt die Ziegelei in die Nähe eines Flusses zu liegen, dann ordne man sie hoch über dem höchsten, durch Erfahrung festgestellten Wasserstande an, damit sie bei eintretendem Hochwasser nicht durch Überschwemmung gefährdet werden kann.

Die Untersuchung der Baustelle hat sich weiterhin auch darauf zu erstrecken, ob in geringer Tiefe des Erdbodens Grundwasser vorkommt. Das Vorhandensein von Feuchtigkeit im Boden unterhalb eines Brennofens ist bei dessen Betriebe eine Quelle fortdauernder Mehrausgaben für Brennstoff und zugleich die Veranlassung zum Entstehen mattgebrannter, rissiger Waren an der Ofensole, sowie zum Verschmauchen der Waren im ganzen Ofen. Bei Einzelöfen, die meistens nur alle 14 Tage und dann nur verhältnismäßig kurze Zeit in Vollglut stehen, ist der Uebelstand, den ein feuchter Boden mit sich bringt, nicht so auffallend wie bei Oefen, die ununterbrochen brennen. Die Ursache hierzu ist, daß die Einzelöfen an

und für sich schon sehr viel Brennstoff erfordern und auch, daß die Feuchtigkeit aus der Sohle dieser meist kurzen Oefen, ohne sich niederzuschlagen, schneller entweichen kann, als in einem Ringofen. In diesem müssen die entwickelten Wasserdämpfe einen längeren Weg zurücklegen, wobei sie die frisch eingesetzten Waren bestreichen, um endlich mitsamt den Rauchgasen den Ofen durch den Schornstein zu verlassen. Auf diesem Wege durchziehen die mit den Rauchgasen mitgeführten Wasserdämpfe naturgemäß eine Reihe immer kühler werdender Abteilungen, so daß ein Niederschlagen, besonders bei Ringöfen mit unterem Rauchabzuge, niemals ganz ausgeschlossen ist.

Je länger ein Brennofen im Betrieb ist, desto tiefer dringt die Wärme in die Ofensohle hinein. Das Erdreich selbst ist ein schlechter Wärmeleiter, ganz gleich, ob es aus Erde, Sand oder Ton besteht; durch die Hitze erwärmt sich das Erdreich schichtenweise und natürlich am stärksten unter der Mitte des Ofenkanals, weniger an den Seiten. Je stärker die beim Brennen entwickelte Hitze ist und je länger der Ofen ununterbrochen in Betrieb bleibt, desto tiefer wird natürlich die Wärme in das Erdreich eindringen. Es liegen Erfahrungen aus der Praxis vor, daß eine unter einem Gas-Ringofen in etwa 8 m Tiefe gelegene Wasserleitung lauwarmes Wasser lieferte, in einem anderen Falle geriet ein Braunkohlenflöz mehrere Meter unterhalb eines Ringofens in Brand. Der Ofen senkte sich stellenweise um etwa $1\frac{1}{2}$ m, wurde polizeilich gesperrt und mußte abgerissen werden. Beim Abbruche eines Rundofens, der zum Brennen von Tonröhren gedient hatte, war die Erde unterhalb der Grundmauer, also in einer Tiefe von wenigstens 1 m, noch so heiß, daß Bohlen hingelegt werden mußten, damit weiter gearbeitet werden konnte, und die abgebrochenen Ziegel waren so heiß, daß sie nicht angefaßt werden konnten, obwohl der Ofen schon volle drei Monate außer Betrieb stand.

So vorteilhaft dieses Aufspeichern der Wärme im Erdreich auch für den Betrieb des Ofens selbst ist, als so nachteilig kann es sich auch zuweilen erweisen. Durch das Austrocknen des Bodens unterhalb des Ringofens findet, wie schon erwähnt, ein Schwinden des ersteren statt, das sich besonders dann bemerkbar macht, wenn der Boden aus fettem Tone besteht, ein Fall, der auf Ziegeleien natürlich oft eintritt. Hierdurch senkt sich nicht allein die Ofensohle, sondern alle Grundmauern werden in Mitleidenschaft gezogen. Erfahrungsgemäß haben selbst gut gemagerte Ziegel eine Trockenschwindung von etwa 5 v. H. aufzuweisen; bei vollständiger Austrocknung des Bodens in z. B. 7 m Tiefe würde dies ein Sichsenken des Mauerwerks um 35 cm ergeben. Oft konnten bei Ringöfen, die jahrzehntelang in Betrieb gewesen sind, Senkungen von etwa 20 cm nachgewiesen werden. Daß es nicht mehr gewesen ist, liegt wohl daran, daß das Erdreich nie ganz ausgetrocknet war, sondern durch Andrang von Wasser in den unteren Schichten feucht geblieben ist. Dieses Schwinden des Bodens wirkt schon deshalb so ungemein nachteilig, weil es nicht unter dem ganzen Ofen gleichmäßig geschieht, sondern in der Mitte, unter dem Brenn-

kanale selbst, am stärksten auftritt. Infolgedessen müssen die Fundamente von Pfeilern in der mittleren Wand eines Ringofens, besonders wenn Stockwerke mit Trockenanlagen darauf zu ruhen kommen, nicht allein sehr tief und breit angelegt werden, sondern das Holzwerk des Ofengebäudes muß auch so ausgeführt sein, daß man bei fortschreitender Senkung des Untergrundes eine Erhöhung der tragenden Pfeiler neben und über dem Ofen vornehmen kann.

Je magerer das Erdreich ist, desto geringer ist auch die Schwindung desselben, deshalb ist in dieser Beziehung Sandboden als Baugrund für einen Ringofen am günstigsten. Anders wirkt aber die Beschaffenheit des Bodens in bezug auf das Aufsaugen von Feuchtigkeit aus den tieferen Schichten. Bei feinem Sande tritt die Haarröhrchenwirkung, durch die das Aufsaugen von Feuchtigkeit in kleinporigen Körpern stattfindet, in Tätigkeit. Sie ist auch vorhanden, wenn der Sand mit Erde oder Lehm vermischt ist. Fette Tone sind in nassem Zustande nicht wasserdurchlässig; trocknet aber der Ton durch die nach unten gehende Ofenwärme aus oder findet ein Ausglühen desselben bis zu angehendem Schwachbrande statt, dann wird er porös und wassersaugend. Bekanntlich saugen gebrannte Ziegel Wasser an, weshalb Feuchtigkeit im Mauerwerk, das aus solchen Ziegeln hergestellt ist, in die Höhe steigt. Sind die Poren dagegen größer, dann hört die Haarröhrchenwirkung auf, deshalb ist Kies oder Steingerölle ohne Beimischung von feinem Sande, Erde oder Lehm als Unterlage ein vorzügliches Mittel, um das Aufsteigen von Feuchtigkeit aus dem Erdreiche zu verhindern. Dies bezieht sich jedoch nur auf das selbsttätige Aufsaugen infolge der Haarröhrchenwirkung. Steigt das Grundwasser unter dem Ofen oder findet ein Zufluß von Tagewasser unterhalb der Ofensohle statt, dann nützt natürlich auch eine Kiesschüttung nichts; nur wenn der höchste Wasserstand beständig unterhalb der Kiesschüttung bleibt, findet ein Aufsaugen von Feuchtigkeit nicht statt. Hieraus geht hervor, daß man bei Wahl der Baustelle eines Ringofens sehr vorsichtig sein und stets die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens durch Bohrungen eingehend untersuchen muß. Findet man in einer Tiefe von weniger als 2 m Wasser, dann ist die Stelle als ungeeignet zum Ofenbau zu betrachten. Je höher die Sohle eines Brennofens über den Wasserstand gehoben werden kann, desto günstiger ist dieses für den späteren Ofenbetrieb.

Der beste Ausfüllungsstoff unter einem Ringofen ist, wie gesagt, Kies ohne Beimischung von Sand, Erde oder Lehm. Soll ein Ofen auf einer Stelle gebaut werden, wo Ueberschwemmungsgefahr vorhanden ist, dann muß man, wie bereits erwähnt, bezüglich der Höhenlage des Ofens erst recht vorsichtig sein und vor allem dafür sorgen, daß die Unterlage aus Kies besteht. Nur in diesem Falle kann das hochgestiegene Wasser wieder schnellen Abfluß finden. Für die Bedienung eines Brennofens übt die höhere Lage der Ofensohle gewöhnlich keine erschwerende Wirkung aus, man ist meistens imstande, das angrenzende Gelände, die Lagerplätze oder die Trockenschuppen in gleiche Höhe mit der Ofensohle zu bringen, weil

auf allen Ziegeleien der Abraum über dem Tonlager sowieso weggeschafft werden muß, und da gewöhnlich Förderbahnen von der Tongrube nach der Ziegelei angelegt werden, so ist die Benutzung des Abraums zur Anfüllung um den Ofen nur vorteilhaft und mit geringen Kosten verknüpft. Befindet sich die Trockenanlage im Ofengebäude selbst und müssen die getrockneten Waren zum Einsetzen in den Ofen aus den oberen Stockwerken nach unten geschafft werden, dann bietet die höhere Lage der Ofensohle natürlich erst recht kein Hindernis, man erleichtert im Gegenteil auch das Ausfahren der gebrannten Waren dadurch, daß sie auf der flachen Böschung außerhalb des Ofens abwärts bewegt werden. Die durch das Höherlegen der Ofensohle verursachten Kosten machen sich sehr bald durch Kohlenersparnis und Erzielung reinfarbiger Waren bezahlt.

Die verschiedenen Ringofenarten sind nicht alle gleich empfindlich gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit. Am ungünstigsten in dieser Beziehung stellt sich der Ringofen ohne Gewölbe, wenn er in die Erde gebaut wird. Durch das Einbauen in die Erde hat man zwar den großen Vorteil, daß das Ofengebäude zu ebener Erde als Trockenanlage, ohne irgendwelches Hochfördern der Formlinge verwendet werden kann; da die Ofensohle aber hierdurch $1\frac{3}{4}$ —2 m tiefer als die Ofensohle eines oberhalb der Erde gebauten Ringofens zu liegen kommt, da ferner die Seitenwände ebenfalls in der Erde liegen, so ist es natürlich, daß gerade dieser Ofen sehr empfindlich gegen Erdfeuchtigkeit ist und deshalb nur in trockenem Baugrund Verwendung finden darf.

Eine andere Ringofenart, die fast ebenso empfindlich gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit ist, wie der in die Erde gebaute Ringofen ohne Gewölbe, ist der Ringofen mit Rauchabzügen, die in der Ofensohle angeordnet sind. Man sieht zuweilen Ringöfen dieser Gattung, die mit vielen kleinen Abzugsöffnungen in jeder Kammer versehen sind. Diese gehen $\frac{3}{4}$ bis 1 m tief in die Erde und vereinigen sich da in einem oder mehreren Kanälen, durch die sie mit dem Rauchsammler in Verbindung stehen. Solche unterirdischen Abzugsöffnungen sind natürlich wenigstens ebenso gefährlich, wie eine um $\frac{3}{4}$ bis 1 m tiefer liegende Ofensohle, sie sind aber wahrscheinlich noch gefährlicher, weil der Boden der tief liegenden Kanäle niemals so warm werden kann, wie die Ofensohle, sie befördern also das Eindringen von Feuchtigkeit aus den tieferen Schichten und wirken gewissermaßen als Saugrohre. Sie bringen noch dazu die Feuchtigkeit an Stellen hin, wo sie am allergefährlichsten werden kann, nämlich in die in Vollglut und im Schmauchen befindlichen Abteilungen.

Weniger empfindlich gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit ist der Ringofen in seiner ursprünglichen Bauart, so wie er von Hoffmann selbst gebaut worden ist. Hier liegen die Abzugsöffnungen in gleicher Höhe mit der Ofensohle, meistens in der inneren, zuweilen auch in der äußeren Ofenwand. In letzterem Falle ist natürlich

ein unterhalb der Ofensohle gelegener Verbindungskanal nach dem Rauchfuchs unentbehrlich. (Vergl. Abb. 30.) Nun ist es aber nicht ausgeschlossen, daß die aufsteigende Feuchtigkeit durch diesen Verbindungskanal in den Ofen eintreten kann, weil die Unterführungskanäle mit dem Ofeninnern in direkter Verbindung stehen.

Am wenigsten empfindlich gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit ist der Ringofen mit oberem Abzuge der Rauchgase, weil hier die Heizlöcher im Gewölbe des Ofens auch als Abzugsöffnungen für Rauchgase und Wasserdämpfe dienen. Letztere verlassen also den Ofen so heiß, wie sie sich entwickelt haben, sie werden nicht in kühlere Abteilungen hineingebracht und können sich deshalb niemals niederschlagen, die Ofensohle bleibt so warm, wie sie war; die vom letzten Brande in ihr aufgespeicherte Wärme kommt dem frischen Einsatze während des Schmauchens zugute und die unter der Ofensohle vielleicht noch vorhandene Feuchtigkeit hat keine direkte Verbindung mit dem Ofeninnern.

Wenn es nicht angängig ist, einen Ringofen so hoch über dem höchsten Wasserstande zu bauen, daß ein Eindringen von Feuchtigkeit von unten ausgeschlossen ist, so muß man zu künstlichen Mitteln greifen. Bei gewöhnlichen Hochbauten sind viele solcher Mittel im Gebrauch. Am bekanntesten sind Teer-, Asphalt- oder Erdpechanstrich, Asphaltplatten, Dachpappe, Glasplatten, Blech- und Zement- oder Betonzwischenlagen. Alle Isoliermittel, die fette und teerhaltige Bestandteile enthalten, sind jedoch für Brennöfen ungeeignet, weil die Wärme so tief in die Erde eindringt, daß die teerhaltigen Bestandteile verflüchtigen, wodurch die Isolierfähigkeit verloren geht. Alle anderen Isoliermittel haben nur Wert, solange sie ein zusammenhängendes Ganzes bilden, sei es nun, daß sie aus einzelnen Platten, deren Ränder übereinander greifen, bestehen, wie bei Glasplatten und Blech, oder an Ort und Stelle eingestampft worden sind, wie Zement- und Betonzwischenlagen. Sobald jedoch eines dieser Isoliermittel durch die bei Brennöfen unvermeidliche Ausdehnung des Bauwerkes Risse bekommt, geben diese Risse erst recht Veranlassung zum Aufsteigen von Feuchtigkeit, und zwar um so schlimmer, als die Feuchtigkeit dann nur an einzelnen Stellen eintritt und hier in viel ungünstigerer Weise zur Geltung kommt, als wenn die Gesamtfläche die Feuchtigkeit gleichmäßig durchläßt.

Handelt es sich um Grundwasser, das nur vorübergehend so hoch steigt, daß es für den Ofenbetrieb gefährlich werden kann, so hat sich, wie schon erwähnt, eine Kiesschüttung unter der Ofensohle gut bewährt. Abb. 58 stellt eine solche Isolierung im Querschnitt unter der Brennkansohle eines Ringofens von 3 m Breite dar. Der Boden wird festgestampft, mit etwas Gefälle nach der Mitte zu, wo ein Kanal unter dem ganzen Ofen angeordnet ist, durch den das Sammelwasser Abfluß findet. Auf den Boden werden Findlinge, Schotter, Abfall aus Steinbrüchen u. dgl. in einer Höhe von etwa $\frac{1}{2}$ m aufgeschichtet und mit einer Kiesschüttung abgedeckt. Hierüber kommt ein festgestampfter Lehmschlag, dann eine

Sandfüllung und endlich das in Lehm als Rollschicht gemauerte Ofenpflaster aus hart gebrannten Ziegeln. Die ganze Dicke einer solchen Isolierung beträgt etwa 1 m.

Um den ganzen Ringofen herum muß ein offener oder zugedeckter Graben, eine Drainage oder ein Wasserablauf durch Röhren angelegt werden, und zwar so

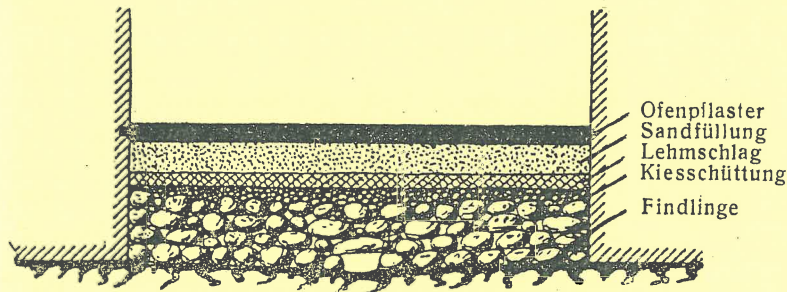


Abb. 58. Isolierung mittels Stein- und Kiesschüttung.

Gefälle haben, daß selbst bei starkem Gewitter oder Wolkenbrüchen ein Anstauen des Wassers bis in den Ofen hinein ausgeschlossen ist, andernfalls würde das Wasser unter der Ofensohle natürlich Schaden verursachen, denn einen vollständigen Schutz gegen aufsteigende Feuchtigkeit gewährt diese Isolierung in solchem Falle nicht. Sobald die Hohlräume der Isolierung sich mit Wasserdämpfen gefüllt haben, dringen diese, durch den Schornsteinzug beeinflusst, durch die infolge Austrocknung der Lehm- und Sandschüttung entstehenden Poren in das Ofeninnere hinein.

Ist die Baustelle, auf der ein Ringofen angelegt werden soll, so feucht, daß eine ständige Gefahr für Entstehung von Schäden durch aufsteigende Erdfeuchtigkeit vorhanden ist, so muß man seine Zuflucht zu einer Isolierung nehmen, durch die die Feuchtigkeit in Dampf- form abgezogen wird, bevor sie in das Ofeninnere gelangen kann. Auch bei alten Ringöfen, die durch aufsteigende Feuchtigkeit zu leiden hatten, sind mit Erfolg solche Abzugseinrichtungen nachträglich zur Anwendung gebracht worden.

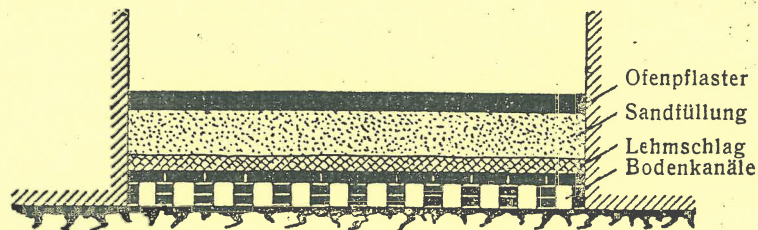


Abb. 59. Isolierung mittels gemauerter Bodenkanäle.

Abb. 59 und 60 zeigen zwei solcher Einrichtungen. Beide bestehen aus einer möglichst großen Anzahl Kanäle, die etwa 60 bis 70 cm unterhalb der Ofensohle angeordnet sind. Sie stehen alle einerseits mit der äußeren Luft in Verbindung, andererseits mit einem Schlot, durch den das Absaugen der Dämpfe bewerkstelligt wird. Abb. 59 und 60 zeigen die Anordnung im Querschnitt unter einem Ringofenbrennkanal von 3 m Breite. Abb. 59 zeigt die Bodenkanäle aus Ziegeln, mit $\frac{1}{2}$ Stein starken Zwischen-

wänden, Abb. 60 aus Drainröhren von etwa 10 cm lichtigem Durchmesser hergestellt. Ueber diesen Kanälen befindet sich eine festgestampfte Schicht aus Lehm oder Ton, darüber eine Sandschüttung und als Deckschicht das Ofenpflaster aus hartgebrannten Ziegeln als Rollschicht in Lehm gemauert. Abb. 61 zeigt die Anordnung der Bodenkanäle im Längsschnitt und Abb. 62 im Grundriß. Die linke Hälfte der beiden Abbildungen zeigt die Verwendung der in Abb. 59 dargestellten gemauerten Bodenkanäle, die rechte Hälfte die in Abb. 60 dargestellten Kanäle aus Drainröhren. An den Giebelenden des Ringofens vereinigen sich die Bodenkanäle in einen gemeinschaftlichen Querkanal, der durch einen schräg ansteigenden Stichkanal mit der äußeren Luft in Verbindung steht. Die Eintrittsöffnung ist mit einer verstellbaren Klappe versehen, so daß man den Eintritt der Luft in bezug auf ihre Menge regeln kann. In der Mitte des Brennkanals münden alle Bodenkanäle in einen Querkanal, durch den die Dämpfe nach außen geleitet und durch den auf jeder Seite des Ofens angeordneten hölzernen Dunstschlot abgeführt werden. Die Anordnung der Schlotte und der Lufteinströmungskanäle kann natürlich, je nach den örtlichen Ver-

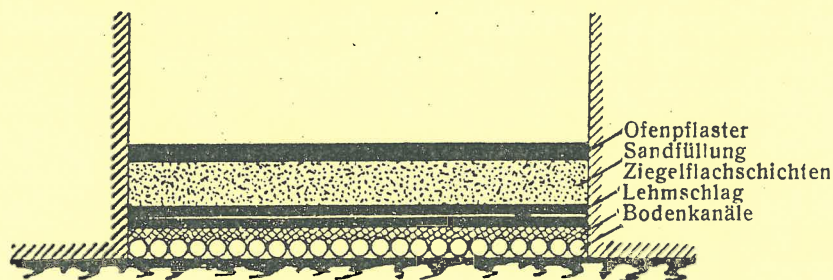


Abb. 60. Isolierung mittels Drainrohr-Bodenkanälen.

hältnissen, auch in anderer Weise stattfinden; statt zweier Schlotte kann an nur einem Ende des Ofens ein solcher aufgestellt werden und die Einführung der Luft kann von der Mitte, von beiden Seiten oder vom andern Ofenende aus geschehen; in allen Fällen muß aber der Grundsatz aufrecht erhalten werden, daß an der einen Stelle mehr oder weniger Luft eingeführt, an einer anderen die mit Wasserdampf gesättigte Luft, bevor sie in den Ofen gelangt, abgezogen wird. Wenn der Ringofenschornstein mehr Zugkraft hat als es für den Ofenbetrieb erforderlich ist, kann man natürlich statt besonderer Schlotte auch diesen zum Abzug der Dämpfe verwenden; ich halte aber besondere Schlotte für besser, weil bei Verwendung des Schornsteines die Zugkraft desselben durch die eingeführten Wasserdämpfe nachteilig beeinflusst werden kann. Auf alle Fälle erfordert die Abzugsanordnung für aufsteigende Erdfeuchtigkeit eine außerordentlich sorgfältige Ausführung der darunter angebrachten Schutzschichten, denn, sollte eine Undichtigkeit dieser Schichten eintreten, so würde eine ungehinderte Verbindung der einzelnen Abteilungen des Ringofens miteinander entstehen; die Wärme könnte aus den in Vollglut stehenden Abteilungen in die Bodenkanäle eindringen und würde dann in die unter Einwirkung

des Schornsteinzuges stehenden, im Schmauchen befindlichen Abteilungen eintreten. Da eine solche Luftbewegung sich jeder Überwachung entzieht,

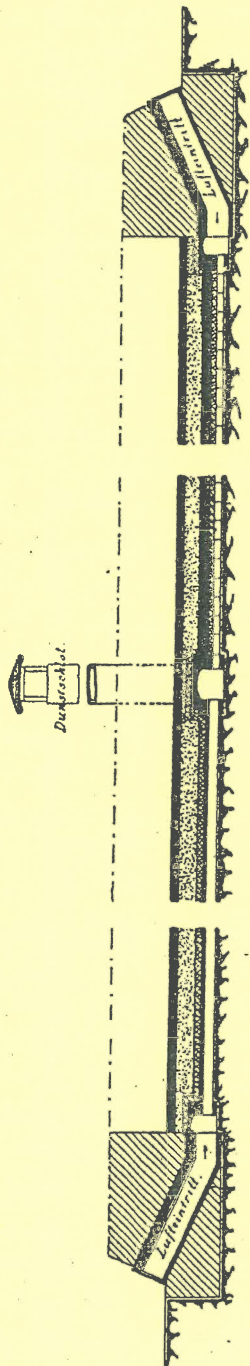


Abb. 61.
Isolierung mittels Bodenkanälen. Längsschnitt.

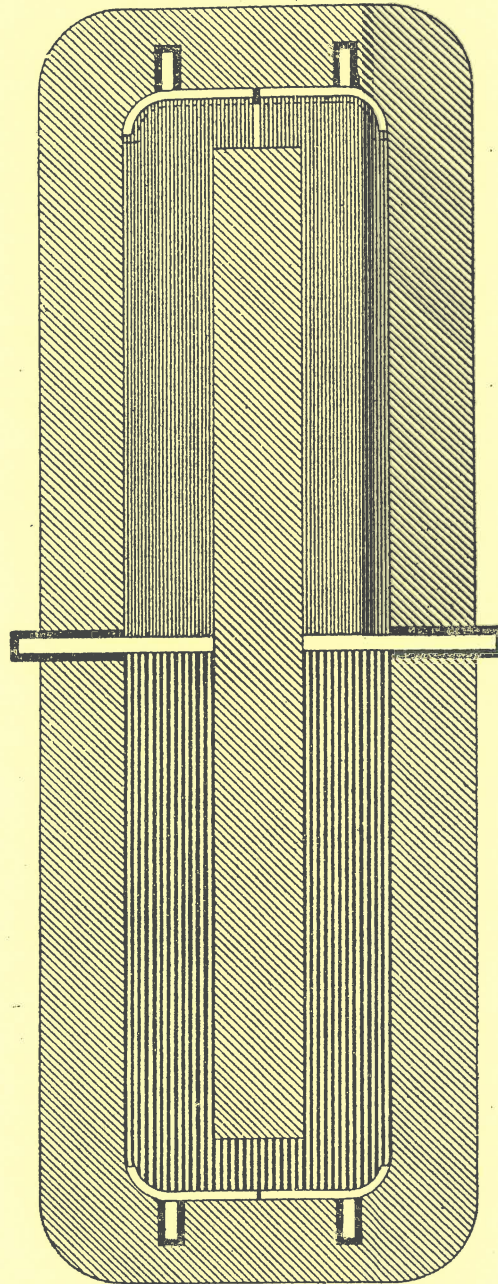


Abb. 62. Grundriß.
Isolierung mittels gemauerten Drainrohr-Bodenkanälen.

so würde sie eine ununterbrochene Wärmeentnahme aus brennenden Abteilungen herbeiführen.

Handelt es sich um Feuchtigkeit, die nicht wie bei Vorhandensein von Grundwasser, das aus der Tiefe nach oben dringt, sondern um Wasser, das bei anhaltendem Regenwetter oder im Frühjahr bei eintretender

Schneeschnmelze sich lange in den oberen Schichten des Geländes aufhält, indem es wegen des tonhaltigen Untergrundes nicht versickern kann, dann ist dieses Schichtwasser nur durch eine Drainage mit möglichst dicht nebeneinander angeordneten Rohrsträngen zu beseitigen. Voraussetzung dafür ist natürlich, daß das in den Drainrohren sich ansammelnde Wasser rasch abfließen kann, daß also die Rohrstränge ein genügend starkes Gefälle erhalten und mit solchem nach einer vorhandenen Vorflut (Graben, Bach oder Fluß) geleitet werden können. Ist solche nicht vorhanden, oder durch Anlegen eines Grabens an der tiefsten Stelle des Geländes zu schaffen, dann empfiehlt sich die Anlage eines Brunnens, der ja auf jeder Ziegelei ohnehin notwendig ist, um das für den Betrieb erforderliche Wasser vorrätig zu halten. Zuweilen kommt man nach Durchbohrung der Tonschicht auf eine Sand oder Kies führende Schicht, die dem von oben zufließenden Wasser hinreichend unterirdischen Abfluß gewährt. Andernfalls muß das Wasser, wenn es sich nicht in den Rohrsträngen anstauen soll, aus dem Sammelbrunnen ausgepumpt werden.

Für Brennöfen mit ununterbrochenem Betrieb gelten im allgemeinen dieselben Grundsätze in bezug auf das Fernhalten von Feuchtigkeit, wie für Ringöfen. Bei Einzelöfen ist die Gefahr, wie schon erwähnt, nicht so groß wie bei allen denjenigen Öfen, in denen die aufgespeicherte Wärme wieder verwendet werden soll. Bei Gruppenöfen, wo es sich meistens um die Verwendung von in der Erde liegenden Kanälen als Wärmeüberführungen handelt, sind es besonders diese, die gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit geschützt werden müssen, andernfalls kann es leicht vorkommen, daß man statt trockner Wärme feuchte Luft in den Nachbaröfen einführt. Am vorteilhaftesten ist es, die Öfen so hoch über dem Grundwasserstande zu bauen, daß ein Aufsaugen der Erdfeuchtigkeit möglichst ausgeschlossen ist.

Im allgemeinen wird man geneigt sein anzunehmen, daß felsiger Untergrund, den man für Hochbauten als den besten betrachtet, auch für den Bau von Ringöfen vorzüglich geeignet sei. Nach Erfahrungen, die in Norwegen gemacht wurden und über die auf der dritten nördischen Versammlung für Tonwaren- und Steinindustrie in Oslo¹⁾ verhandelt wurde, hat es sich ergeben, daß die Außenmauern der auf flachen Felsen errichteten Ringöfen sich nachher beim Betriebe der Öfen verschoben haben und ausgewichen sind, ohne in ihre ursprüngliche Lage zurückzukehren, so daß die Ofengewölbe sich schon nach kurzer Zeit senkten und jedes Jahr erneuert werden mußten. Man war sich in jener Versammlung schlüssig geworden, daß nur Ton und nicht Felsen der geeignetste Baugrund für den Bau eines Ringofens ist.

¹⁾ Tonindustrie-Zeitung 1902, Nr. 6, Seite 43

V. Ausführung des Ofenmauerwerkes.

An das Maurerwerk eines Brennofens werden Ansprüche gestellt, die bei gewöhnlichen Hochbauten entweder gar nicht oder nur in weit unwesentlicherem Maße in Betracht kommen.

Jeder Brennofen, er möge eingerichtet sein wie er will, hat vor allem die Aufgabe, mit möglichst geringem Aufwande an Brennstoff eine den zu brennenden Waren entsprechende starke Hitze zu erzeugen. Zur Lösung dieser Aufgabe ist es notwendig, daß die Wände und Gewölbe des Ofens so ausgeführt werden, daß sie bleibend einen möglichst schlechten Wärmeleiter bilden, so daß einerseits ein Entweichen der erzeugten Hitze nach außen möglichst verhindert, andererseits ein Eindringen der äußeren Luft in das Ofeninnere vermieden wird.

Ein anderer, bei jedem Brennofen in Berücksichtigung zu ziehender Fall ist die unvermeidliche Ausdehnung des Mauerwerkes durch die Hitze und die darauf folgende Zusammenziehung bei der Abkühlung des Ofens. Wenn keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden, um diese ununterbrochene Bewegung im Mauerwerk möglichst unschädlich zu machen, würde dasselbe sehr bald undicht werden.

Endlich muß bei der Ausführung jedes Ofens mit Gewölbe darauf Rücksicht genommen werden, daß die Wandungen so tragfähig sind, daß sie den Gewölbedruck auszuhalten vermögen. Der Druck eines Ofengewölbes weicht in technischer Beziehung wesentlich von dem Drucke eines Gewölbes im Hochbau ab; letzteres hat fast immer neben seiner Eigenlast eine gewisse Nutzlast aufzunehmen, ersteres dagegen übt durch die Ausdehnung des Gewölbes einen beträchtlichen Druck auf die Widerlagsmauern aus.

Jedes Ofenmauerwerk besteht aus einer **G r u n d m a u e r**, dem freistehenden oder **a u f g e h e n d e n M a u e r w e r k e** und dem **G e w ö l b e** mit seiner Abdeckung.

Die Ausführung der Grundmauern bei Ofenbauten weicht nur wenig von der bei gewöhnlichen Hochbauten üblichen ab. Als Baustoffe für die Grundmauern lassen sich außer Mauerziegeln auch Natursteine, d. h. Bruchsteine, besonders Sandsteine, Granit, Basalt, Findlinge u. dgl. verwenden, auch Kalksteine sind überall dort geeignet, wo sie nicht zu nahe an heißwerdende Wände kommen. Zum Mauern der Grundmauern für die inneren Ofenwände benutzt man am besten Lehmörtel, wogegen für die Grundmauern der Außenwände Kalkmörtel zu verwenden ist. Die Sohle der Grundmauern von Ofenwänden, die nicht unter geschlossene massive Gebäude zu stehen kommen, muß tiefer liegen, als der Frost in den Erdboden eindringen kann, weil das Gefrieren des feuchten Erdbodens ein Sichheben und beim Auftauen ein Setzen desselben zur Folge hat, das natürlich nachteilig auf die Ofenwände wirken würde. Die Tiefe der Grundmauer muß für Bauwerke in ungeschützter Lage 0,80 bis 0,90 m betragen; sonst genügt für die Ofengrundmauern eine Tiefe von 50 cm,

weil die Belastung der Grundmauer bei Ringöfen eine verhältnismäßig geringe ist. Selbstverständlich müssen die Grundmauern immer auf gewachsenen Boden zu stehen kommen; findet sich solcher in den oben genannten Tiefen nicht vor, so sind die Mauern bis auf festen Boden hinunterzuführen.

Anders verhält es sich bei Pfeilern eines Ofengebäudes, besonders wenn letzteres aus mehreren Stockwerken besteht, in denen sich stark belastete Trockenböden befinden. In solchem Falle ist der Druck, der auf die einzelnen Pfeiler entfällt, ganz beträchtlich, und die Grundmauern für dieselben müssen daher entsprechend breit gemacht werden, sowie in Berücksichtigung der Schwindung des Erdbodens durch die in denselben eindringende Wärme eine entsprechende Tiefe erhalten, um die Belastung sicher aufzunehmen. Je weniger gut der Baugrund ist, desto breiter und tiefer sind die Grundmauern anzulegen, damit die Last sich auf eine größere Fläche verteilt.

Liegt die feste Bodenschicht in bedeutender Tiefe unter der Erdoberfläche, so ist, um Mauerwerk bei Wänden zu sparen, die Anwendung von Erdbögen zu empfehlen. Meistens wird man ja bei Ziegeleien, die doch gewöhnlich dort gebaut werden, wo Ton vorhanden ist, guten Baugrund haben. Es kommen aber zuweilen Fälle vor, wo man besser tut, die Ziegelei in der Nähe einer Eisenbahn, einer festen Fahrstraße oder eines schiffbaren Wassers anzulegen, weil die leichtere Zufuhr der Brennstoffe und Abfuhr der fertigen Ware dies zweckmäßiger erscheinen läßt, als die Nähe der Tongrube. So kann ich aus meiner Tätigkeit unter anderem zwei Fälle anführen, in denen aus gleicher Ursache die Ziegelei nicht an der Tongewinnungsstelle gebaut werden konnte und auf schlechten Untergrund zu stehen kam. In dem einen Falle ergab sich für den gewählten Bauplatz die Notwendigkeit, die Ziegelei auf aufgeschwemmtem Boden zu errichten, in dem anderen wurde die Fabrik an den Ufern eines Flusses erbaut, die sehr flach waren, während die auf der anderen Seite der Fabrik dicht vorbeiführende Landstraße und die Eisenbahn wesentlich höher lagen. In beiden Fällen war der Baugrund so schlecht, daß die Grundmauern 3—4 m tief werden mußten, und zwar nicht allein für die Gebäudewände, sondern auch für die Ofen selbst. In solchen Fällen führt man die Grundmauern nicht als volles Mauerwerk auf, da dies den Bau sehr kostspielig machen würde, sondern man legt kräftige Pfeiler an, die durch starke Gewölbebogen, sogenannte Erdbogen, unterhalb der Gebäude bzw. Ofensohle miteinander verbunden werden. Auf dieser unten durchbrochenen und oben geschlossenen Grundmauer wird dann das Gebäude oder der Ofen gebaut. Die einzelnen Pfeiler müssen natürlich auf festem Boden stehen und an der Grundlage die für die Uebertragung der Last erforderliche Breite haben, während die Eckpfeiler, die von zwei Seiten den Druck der Gewölbebogen aufzunehmen haben, stark zu verankern sind. Als Mörtel für solche tiefe und breite Grundmauern ist hydraulischer Mörtel, Wasserkalk oder Zementmörtel dem gewöhnlichen Kalkmörtel vorzuziehen, weil letzterer erst nach sehr langer Zeit im Innern

erhärtet. Besonders notwendig ist die Anwendung des hydraulischen Mörtels bei feuchtem Boden oder im Wasser.

Zuweilen ist eine Herstellung von gestampftem Grundmauerwerk aus Beton, d. h. einer Mischung von grobem Kies, Sand und Kalk oder Zement, angebracht, und zwar benutzt man als Bindemittel für Grundmauern, die in feuchtem Boden oder Wasser zu stehen kommen, hydraulischen Kalk oder Zement, während man für trockenstehende Grundmauern, z. B. für die des Ofens, auch gewöhnlichen Kalk anwenden kann. An Stelle von grobem Kies können auch Stein- oder Ziegelbrocken zu Beton verwendet werden. Diese Stoffe sind oft massenhaft auf Ziegeleien vorhanden, und man wird sie daher bei Grundmauerarbeiten gegenüber neuen Ziegeln mit Vorteil benutzen können. Die geeignetsten Mischungen für Beton sind: 1 Teil hydraulischer Kalk, $1\frac{1}{2}$ Teile Sand und 6 Teile Stein- oder Ziegelbrocken, oder 1 Teil Zement, 4 Teile Sand und 8 Teile Steinbrocken. Die Stein- oder Ziegelbrocken müssen, bevor sie in den vorher mit Sand gemischten Mörtel gebracht werden, gewaschen werden, damit sie staub- und schmutzfrei sind. Besonders wichtig ist auch die sorgfältigste Mischung der einzelnen Bestandteile, und zwar zunächst der des Mörtels selbst und sodann des Mörtels mit den Steinbrocken, da hiervon die Haltbarkeit des Betons wesentlich abhängt.

Das **a u f g e h e n d e M a u e r w e r k** eines Brennofens besteht gewöhnlich aus zwei Wänden, und zwar einer äußeren und einer inneren, zwischen welche in Entfernungen von 0,8 bis 1 m Querwände (Rippenmauern) von 25 cm Stärke angelegt werden, die gegen die innere Ofenwand stumpf, d. h. ohne Verband stoßen, wogegen sie mit der äußeren Ofenwand verbunden sein müssen. Der äußeren Wand gibt man in der Regel eine Böschung, deren Neigungswinkel etwa $60\text{—}70^\circ$ betragen soll und der sich danach richtet, welchem Druck durch Gewölbeschub und Ausdehnung die Ofenwand Widerstand leisten soll. Ist z. B. der Brennraum sehr breit und mit einem flachen Gewölbe überdeckt, das einen starken seitlichen Druck auf die Ofenwand ausübt, dann muß diese nicht nur kräftiger, sondern die äußere Mauer auch mit einer größeren Böschung angelegt werden, als bei einem schmalen Brennkanal oder halbkreisförmigen Gewölbe.

Der Raum zwischen dem äußeren und dem inneren Ofenmantel, der durch Rippenmauern in einzelne Kästen geteilt wird, ebenso die in gleicher Weise gebildeten Kästen der Mittelwand wurden früher nach Hoffmanns Vorschlag innerhalb mit Strohlehm beworfen und dann mit Sand gefüllt. Dieses Verfahren hat man verlassen, weil die Sandfüllung sich als nachteilig für die Haltbarkeit des Ofenmauerwerkes erwiesen hat. Durch die unvermeidliche Ausdehnung des Mauerwerkes und das Bewegen desselben rieselt der Sand in die entstandenen Hohlräume, Spalten und Risse nach. Beim Abkühlen kehrt der Sand natürlich nicht wieder in seine ursprüngliche Lage zurück, das Mauerwerk kann sich folglich nicht mehr zusammenziehen, sondern wird, da der nachgerutschte Sand wie ein

Keil wirkt, gezwungen, sich nach innen oder nach außen auszubauchen, wodurch naturgemäß die entstandenen Risse sich weiter öffnen und die Mauern nach mehrmaliger Wiederholung und Vergrößerung der Ausbauchung ihre Haltbarkeit einbüßen.

Ist der Sand sehr fein, so rieselt er durch die kleinsten Risse aus den Kästen heraus; es entstehen hierdurch Hohlräume, die ein Eindringen von kalter Luft in den Ofen ermöglichen und dadurch ungleichmäßigen Brand und erhöhten Brennstoffaufwand verursachen. Man verwende deshalb zur Ausfüllung der Kästen ganz mageren Lehm, lasse denselben über den Boden des Kastens gleichmäßig ausbreiten und Bruchstücke von Ziegeln schichtenweise regelmäßig in die Füllmasse hineindrücken. Sind keine solchen Ziegelbrocken vorhanden, so lasse man Kleinschlag aus alten Ziegeln, Schmolzklumpen, Findlingen oder Abfall aus Steinbrüchen herstellen, vermische diesen sorgfältig mit Lehm und lasse das Ganze als Lehm beton in die Kästen schichtweise einstampfen. Diese Art der Ausfüllung der Hohlräume im Mauerwerk eines Brennofens hat sich vorzüg-

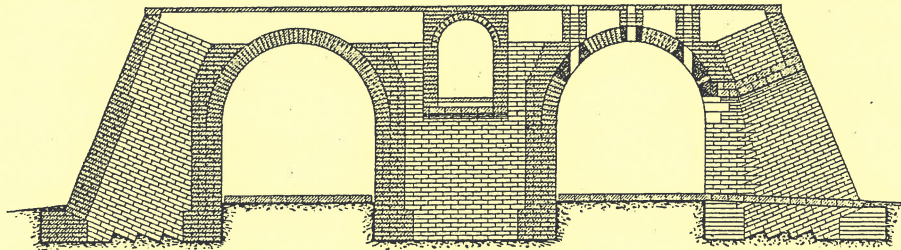


Abb. 63. Anordnung der Ziegelschichten in den Strebemauern.

lich bewährt. Sie ist dichter als eine Füllung von grobem Sand und hat nicht die Fehler der letzteren, sie dehnt sich gleichmäßig mit dem Ofenmauerwerke aus ohne zu reißen und zieht sich in gleicher Weise wieder zusammen, dabei ist sie billig auszuführen, weil es nicht notwendig ist, Maurer hiermit zu beschäftigen; jeder Arbeiter kann, wenn er richtig angelernt wird, die Ausführung übernehmen. Daß das Anfüllen sämtlicher Kästen gleichzeitig stattfinden muß, ist eine Selbstfolge; das Füllen und Feststampfen eines einzelnen Kastens bis oben hin würde ein Ausweichen der frischgemauerten Wände hervorrufen, auch bietet das gleichmäßige Füllen aller Kästen den Vorteil, daß das Füllen mit dem Hochmauern der Wände Schritt halten kann, wodurch ein sorgfältigeres Feststampfen und teilweises Austrocknen des schichtweise eingeführten Füllstoffes stattfindet. Für die Ausfüllung des Raumes zwischen dem Ofengewölbe und dem Pflaster auf dem Ofen darf jedoch nur Sand verwendet werden, weil das Gewölbe bei der Ausdehnung durch die Hitze sich hebt und bei der Abkühlung sich wieder senkt. Diesen Bewegungen muß die Füllmasse nachgeben können.

Die Ziegelschichten der schrägen Außenmauer, sowie diejenigen der Querrippenmauern sind, wie Abb. 63 zeigt, stets winkelrecht zur Böschungslinie zu verlegen, um den Strebewänden nicht nur einen größeren

Widerstand gegen die nach außen gerichteten Schubwirkungen, sondern auch eine gewisse Federkraft zu geben, damit sie beim Erkalten der inneren Ofenwand wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren können.

Zur Ausführung der äußeren Wand und der Rippenwände können außer gebrannten Ziegeln auch lagerhafte Bruchsteine Verwendung finden; das Mauern dieser Wände geschieht am zweckmäßigsten in Kalkmörtel. Kommt der Ofen ganz oder zum Teil im Freien zu stehen, so ist die Verwendung von Kalkmörtel eine Notwendigkeit.

Die innere Mauer muß immer aus gut gebrannten Ziegeln hergestellt werden, die der im Ofen entstehenden Hitze dauernd widerstehen können. Für gewöhnliche Ziegeleierzeugnisse, deren Garbrand etwa 960 °, also den Schmelzpunkt des Segerkegels Nr. 07a nicht wesentlich überschreitet, genügen gewöhnliche, hartgebrannte Ziegel, und zur Vermauerung derselben Lehmörtel. Am besten eignen sich Ziegel, die etwas feuerbeständiger sind als die, die man in dem betreffenden Ofen brennen will. Verklinkerte Ziegel sind nicht für die dem Feuer zugekehrte Seite des inneren Ofenmantels zu gebrauchen, da sie durch ihre Verklinkerung spröde geworden sind und bei oft wiederholtem Hitzewechsel zerspringen und herausfallen. Für Oefen, die stärkere Hitze aushalten sollen, müssen natürlich zur Bekleidung der inneren Wandflächen widerstandsfähigere Ziegel verwendet werden. Bei Temperaturen bis etwa 1200 ° (Segerkegel Nr. 6a) genügen bessere Tonziegel, wie sie von den meisten Ton- oder Verblenderwerken verhältnismäßig billig bezogen werden können, weil sie hier als Unterlage für die besseren Waren mitgebrannt werden. Für noch höhere Temperaturen sind natürlich feuerfeste Ziegel als Ofenfutter anzuwenden, und da die Preise derselben meistens im Verhältnis zu ihrer höheren Feuerfestigkeit steigen, wählt man am besten Ziegel, deren Schmelzpunkt nur etwa 5 bis 6 Segerkegel höher liegt, als die zu brennenden Waren im Durchschnitt bedürfen. Ziegel, die mittels Ziegelmaschinen hergestellt sind, eignen sich für innere Ofenverkleidungen und Ofengewölbe weniger gut, als solche, die in Formen gestrichen wurden, weil erstere meistens Gefügefehler haben, hervorgerufen durch die Schneckendrehungen beim Pressen. Bei derartigen Ziegeln platzen die Köpfe leicht ab und fallen aus den Wandflächen heraus.

Ganz falsch wäre es, für den Bau eines Brennofens ungebrannte Ziegel verwenden zu wollen; nur für einen rein vorübergehenden Betrieb läßt sich solches verantworten, so z. B. wenn in einer entlegenen Gegend ein Ringofen gebaut werden soll und man die zum Bau desselben erforderlichen Ziegelsteine selbst an Ort und Stelle erzeugen will. In diesem Falle lassen sich offene deutsche Oefen oder sogenannte Erdöfen aus ungebrannten Ziegeln bauen. Für jeden Brennofen, der längere Zeit in Betrieb bleiben soll, besonders aber für einen Ringofen, würde die Verwendung von ungebrannten Ziegeln eine übel angebrachte Sparsamkeit sein. Die Vermauerungskosten sind dieselben wie für gebrannte Ziegel, und die Haltbarkeit einer Wand aus ungebrannten Ziegeln ist so gering, daß schon

nach wenigen Umbränden das Mauerwerk und das Gewölbe nachgibt, schadhaft wird und schließlich zusammenfällt. Hauptsächlich trägt hierzu das Schwinden der ungebrannten Ziegel bei. Außer der Schwindung kommt aber auch noch das immer ungleichmäßig bleibende Brennen der eingemauerten Ziegel in Betracht; während die eine Fläche fortwährend vom Feuer bestrichen wird, bleibt die hintere eingemauerte Seite mehr oder weniger ungebrannt, die Folge hiervon ist, daß die Ziegel schon nach kurzer Zeit abbröckeln und herausfallen.

Auf die Haltbarkeit der inneren Ofenwandungen und des Gewölbes hat die Güte des Mörtels und die sorgfältige Ausführung des Mauerwerks einen nicht zu unterschätzenden Einfluß. Als Mörtel kommt für niedrige Hitzegrade bis etwa Segerkegel Nr. 6a nur magerer Lehm, bei höheren feuerfester Mörtel in Betracht. Der Lehm muß mit so viel Sand vermisch

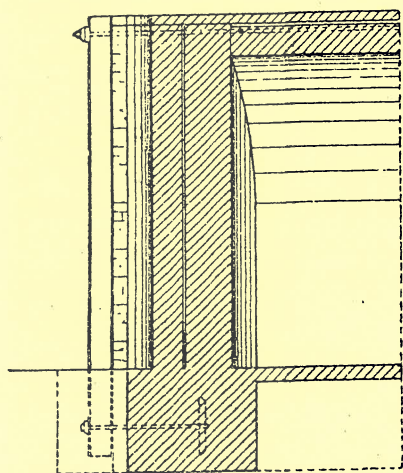


Abb. 64.
Verankerung. Querschnitt.

so empfiehlt es sich, entweder den steinhaltigen Sand in trockenem Zustande zu sieben oder, was sehr zu empfehlen ist, den fertigen Mörtel durch ein Sieb mit etwa 5 mm Maschengröße zu schlagen; hierdurch wird der Mörtel vorzüglich gemischt und gewinnt durch das innige Aufschließen des Lehmes an Güte. Die durch das Sieben entstehenden Kosten werden durch das schnellere Arbeiten beim Mauern reichlich aufgewogen; sind dagegen Steine oder harte Knoten im Mörtel vorhanden, so geht beim Mauern viel Zeit verloren, weil oft schon hingelegte Ziegel wieder entfernt werden müssen, um das durch die Steine u. dgl. am sauberen Verlegen der Ziegel entstandene Hindernis zu beseitigen.

Der feuerfeste Mörtel, der eine ähnliche Zusammensetzung hat wie die feuerfesten Ziegel, wird am besten von derjenigen Schamottefabrik, die die letzteren liefert, bezogen. Zur Verwendung hat man nur nötig, das in Säcken oder Fässern gelieferte trockene Gemisch mit so viel Wasser anzufeuchten, als zur Verarbeitung notwendig ist.

Beim Mauern ist vor allem darauf zu achten, daß die Fugen in den Wänden 10 mm, im Gewölbe 5 mm Dicke nicht überschreiten und vollständig mit Mörtel ausgefüllt werden. Eine dicke, aber volle Fuge ist vorteilhafter als eine dünne, nicht ganz ausgefüllte. In letzterem Falle entsteht undichtes Mauerwerk, das bei Öfen durchaus vermieden werden muß. Das von vielen Maurern bei Hochbauten so beliebte Anschmieren des Ziegels mit etwas Mörtel an der Stoßfuge vor dem Hinlegen ist beim Bau von Ziegelöfen streng zu verbieten. Die vorher von anhaftendem Staub befreiten oder etwas angefeuchtet Ziegel müssen in reichlicher Mörtelmenge verlegt und so kräftig an die Nachbarziegel herangedrückt und in das Mörtelbett gerieben werden, daß der Mörtel die Fugen vollständig füllt und aus denselben herausquillt. Etwa zurückgebliebene Löcher werden nach Vollendung jeder Schicht sorgfältig mit verdünntem Mörtel zugeschlämmt. Die Fugendicke soll bei feuerfesten, vollkantigen, sauber geformten Ziegeln nicht weniger als 7 mm stark sein, bei Verwendung gewöhnlicher Mauerziegel mit nicht ganz ebenen Flächen oder gleichmäßiger Dicke kann man eine Fugendicke bis zu 12 mm Dicke gestatten, vorausgesetzt, daß die Fugen, wie gesagt, ganz voll gemauert werden.

Die Innenfläche eines Brennofens mit einem Mörtelputz zu versehen, ist zwecklos, denn derselbe fällt beim ersten Brande ab, dagegen müssen die Fugen auf der inneren Fläche voll, glatt und sauber sein, und zwar ohne nachträgliche Ausfugung, die, ebenso wie der Putz, abfallen würde. Zuweilen wird empfohlen, dem zum Ausfugen oder Bewerfen der inneren Wände bestimmten Mörtel Sirup, Melasse oder Salz beizumischen, in der Voraussetzung, daß diese Beimischungen in Schmelz übergehen und eine Art Glasur bilden werden; ich habe dies nicht bestätigt gefunden, dagegen halte ich eine Beimischung von etwas Lehm zum feuerfesten Mörtel für vorteilhaft, weil der rein verwendete feuerfeste Mörtel leicht zerbröckelt, wogegen der Lehmzusatz ein festes Zusammenhängen herbeiführt, nur darf er niemals so beträchtlich werden, daß seine Schwindung eine Veränderung des Mauerwerks herbeiführen könnte.

Zur Haltbarkeit der inneren Ofenwände trägt es viel bei, wenn sie während des Betriebes regelmäßig in gutem, baulichen Zustande erhalten werden. Sorgt man dafür, daß nach jedem Brande der vielleicht locker gewordene Fugenmörtel ausgekratzt und die betreffende Stelle mit magerem Lehm so oft überpinselt wird, bis sie vollgeschlämmt ist, die Ziegelfläche selbst aber ohne Putz verbleibt, so ist die Haltbarkeit des Mauer-

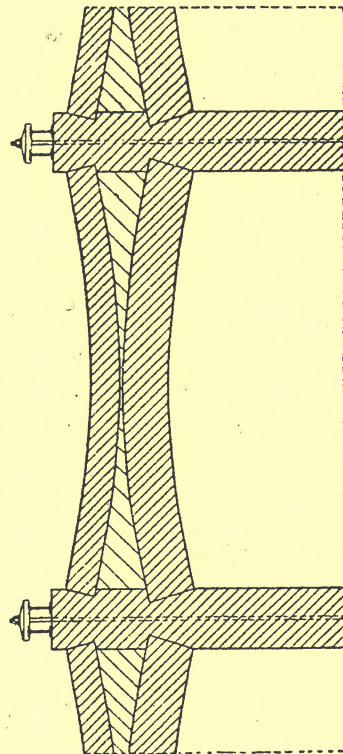


Abb. 65.
Verankerung. Grundriß.

werks fast unbegrenzt; die Einsetzer müssen nur ein für allemal angehalten werden, die geringe Arbeit des Überpinselns der Fugen nie zu unterlassen, und diese kleine Mühe wird sich mit der Zeit reichlich bezahlt machen.

Bei runden Einzelöfen, viereckigen Muffel-, Gas- und Kammeröfen wird der äußere Mantel nicht schräg, sondern gewöhnlich lotrecht aufgeführt und der Ofen dann mit eisernen Ankern zusammengehalten. Zur Er-

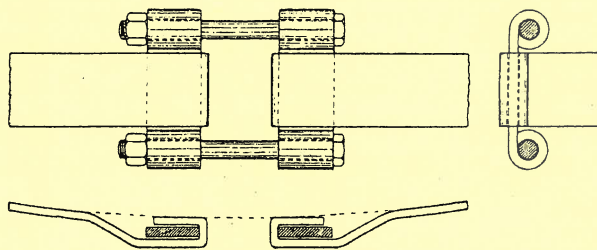


Abb. 66. Ringankerschloß.

höhung der Haltbarkeit wendet man für die Ofenmauern lotrecht aufzuführende Segmentbogen an (vergl. die Abb. 64 und 65) und läßt die verlängerten Kammer-trennwände als Widerlager für diese Bogen dienen. An den Stirnen dieser lotrechten Widerlags-mauern werden eiserne Schienen

aufgestellt, die man unten in der Grundmauer mit kurzen Ankern festhält und oben mit langen Zugankern, die quer über den ganzen Ofen reichen, miteinander verbindet. Zur Verankerung runder Öfen kommen eine Anzahl Flacheisenringe zur Anwendung, die man um den Mantel legt und an den Stoßstellen mittels sogen. Ringankerschlosser, wie Abb. 66 ein solches zeigt, verbindet.

Das Entstehen von Rissen ist jedoch, trotz sorgfältigster Ausführung des Mauerwerks und stärkster Verankerung der Wände, bei Brennöfen niemals ganz zu vermeiden. Die Kraft der Ausdehnung läßt sich nicht aufheben, sie beruht auf dem Naturgesetz, daß alle Körper sich durch Erwärmung ausdehnen. Irgendwo muß die Ausdehnung des Mauerwerks bei Erwärmung sich wahrnehmbar machen; verhindert man ihr Auftreten und die damit verbundenen unliebsamen Folgeerscheinungen an den Außenflächen des Ofens durch die Verankerungen, so wird sie ganz naturgemäß dort zur Geltung kommen, wo ihr kein Hindernis entgegensteht, und zwar im Innern des Ofens, wo sie Ausbauchungen des Mauerwerks hervorruft. Bei Ringöfen in ihrer jetzt gebräuchlichen oblongen Form sind Verankerungen durch Ringe nicht anwendbar. Daraus ergibt sich, daß Risse an den Außenflächen entstehen müssen, wenn nicht andere Vorkehrungen zur möglichsten Vermeidung derselben getroffen werden. Manche Ofentechniker wenden an der äußeren Fläche der Ringöfen sogen. Trockenfugen an, d. h. in Abständen von etwa 5 bis 10 m wird der Verband unterbrochen und eine lotrechte Fuge ohne Mörtel von der Grundmauer bis zur Oberkante des Ofens aufgeführt. Durch diese Trockenfugen erreicht man allerdings, daß die durch die Ausdehnung des Ofens unvermeidlich entstehenden Risse weniger auffallen, indem keine unregelmäßig verlaufenden Zickzackrisse entstehen, sondern die lotrechten Trockenfugen sich einfach verbreitern. Ein Zusammenziehen der Trockenfugen nach erfolgter Abkühlung kann aber hierbei nicht stattfinden, weil der innere Mantel sich ebenfalls ausdehnt, infolgedessen klaf-

fen die Trockenfugen nach und nach immer mehr auseinander und geben dann natürlich Veranlassung zu Undichtigkeiten, durch die die äußere kalte Luft ungehinderten Eintritt in den Ofen findet. Im Jahre 1888 wandte Bock zuerst innere Dehnungsfugen bei Ringöfen an. Es sind dies etwa 3 cm breite Schlitzte, die, wie Abb. 67 zeigt, in den lotrechten Wänden etwas versetzt werden. In den Gewölben läßt man sie glatt durchgehen und deckt sie nur mit einer Flachschiicht ab, damit der darüber ruhende Füllsand nicht durchfallen kann. Sie gewähren dem inneren Mantel eine freie Ausdehnung, ohne den äußeren in Mitleidenschaft zu ziehen, infolgedessen können alle Trockenfugen im äußeren Mantel wegbleiben. Im übrigen Sorge man dafür, daß der äußere Mantel sowohl, als auch der innere während des Betriebes fortwährend in möglichst gutem baulichen Zustande erhalten wird und daß alle trotzdem doch entstehenden Risse mit Mörtel sorgfältig ausgefugt werden. Nachdem 3 bis 4 Umbrände in einem neugebauten Ofen stattgefunden haben und die in den

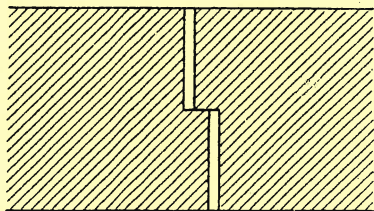


Abb. 67.

Dehnungsschlitz im Ofenmauerwerk.

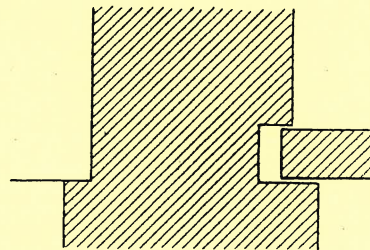


Abb. 68.

Aussparung f. d. Ausdehnung d. Ofenpflasters.

Wänden vorhanden gewesene Feuchtigkeit vollständig verdunstet ist, und nachdem die äußeren Wände in genannter Weise nachgesehen und sorgfältig ausgefugt worden sind, empfiehlt es sich, den ganzen Ofen von außen mit einem Teeranstrich zu versehen. Der Teer bildet eine dehnbare Haut, die kleine, durch Warm- oder Kaltwerden verursachte Bewegungen des Mauerwerks gestattet, jedoch ein Eindringen von Luft verhindert. Diesen Teeranstrich läßt man am besten jährlich erneuern und erzielt hierdurch eine nachweisliche Ersparnis an Brennstoff.

Die Sohle des Brennraumes ist mit einem sorgfältig verlegten, ebenen Pflaster zu versehen, damit darauf später der Aufbau der zu brennenden Ziegel bequem und flott vonstatten gehen kann. Es empfiehlt sich, die Pflasterziegel auf hoher Kante zu verlegen, weil ein flach gelegtes Pflaster dem Verkehr mit Karren und Wagen nicht lange Stand hält. Das Pflaster darf nicht bis dicht an die Ofenwände herangelegt werden, es muß vielmehr an den Wänden ein Schlitz frei bleiben, damit sich das Pflaster, wenn später im Ofen gebrannt wird, beim Erhitzen ausdehnen und keinen Druck auf die Ofenwände ausüben kann. Da aber die Schlitzte sich mit der Zeit mit Ziegelschutt und Asche füllen, ist es zweckmäßig, wenn man, wie Abb. 68 zeigt, in die Ofenwand eine Aussparung macht, in die man das Ofenpflaster nur soweit hineintreten läßt, daß noch ein

Schlitz freibleibt, dieser jedoch vom Ofenmauerwerk gedeckt wird, damit Schutt nicht hineinfallen kann.

Das Gewölbe eines Brennofens bedarf zu seiner Ausführung ganz besonderer Sorgfalt. Dabei ist zunächst auf gute und saubere Einschalung der kräftig unterstützten und gegen Umfallen abgestrebten Lehrbogen zu achten. Die Schalung soll aus nicht zu dünnen und breiten Latten bestehen; diese müssen sich gut der Form der Bogen anpassen lassen, auch dürfen zwischen den Latten keine zu weiten Spalten verbleiben. Die Lehrbögen stellt man in nicht zu großen Entfernungen voneinander auf, damit während des Wölbens keine starken Durchbiegungen in der Schalung entstehen.

Als Baustoff kommen für das Gewölbe entweder Ziegel aus gewöhnlichem oder aus feuerfestem Ton in Betracht, als Mörtel, Lehm oder feuerfeste Masse. Die Fugen müssen, wie beim aufgehenden Mauerwerke, mit Mörtel ganz voll gefüllt sein und ihre Stärke soll an der inneren Seite des Gewölbes etwa 3 mm, aber nicht mehr als 5 mm betragen. Noch engere Fugen verursachen leicht eine Berührung der einzelnen Ziegelkanten miteinander, wodurch ein Abbrechen derselben stattfinden kann, sobald das Gewölbe durch Heißwerden und Abkühlen in Bewegung kommt; außerdem besteht die Gefahr, daß die Ziegel trocken, d. h. ohne das erforderliche Bindemittel, den Mörtel, aneinander zu liegen kommen. Beim Wölben selbst ist darauf zu achten, daß die Ziegel mit ihrer vollen Fläche auf die Schalung aufgelegt werden, so daß, wenn man keine besonders geformten Keilsteine benutzt, die Fugen keilige Form bekommen. Hat man die Wahl zwischen Handstrichziegeln und Maschinenziegeln, so ist den ersteren der Vorzug zu geben, weil Maschinenziegel fast immer Strukturfehler haben, die das Abbrechen der Kopffläche begünstigen. Für Oefen mit weniger als 3 m lichter Brennkanaalweite empfiehlt es sich, Keilziegel zu verwenden, für breite Oefen ist dies nicht unbedingt notwendig, da mit der Verlängerung des Halbmessers der Unterschied zwischen dem dünnen und dem dicken Ende des Keilziegels geringer wird und kleine Abweichungen in den Fugen ausgeglichen werden. Verwendet man Keilziegel, dann empfiehlt es sich, dieselben entweder dicker oder breiter als Normalziegel zu machen, weil dadurch weniger Fugen entstehen. Eine größere Ziegelgröße als 25 cm ist nur bei ganz breiten Oefen erforderlich, und da solche sich in anderer Hinsicht ungünstiger stellen, tut man besser, die Vergrößerung nur auf die Dicke und Breite der Gewölbeziegel auszudehnen, indem man die Kopffläche der Keilspitze entweder 12×12 oder $6,5 \times 25$ cm anfertigt.

Das haltbarste Gewölbe ist das im Halbkreisbogen gewölbte. Zuweilen wird der Halbkreisbogen selbst etwas überhoben, da sich jedes Gewölbe nach dem Brennen infolge Schwindung des Mörtels in den Fugen immer etwas senkt. Da jedoch bei einem Halbkreisgewölbe, besonders bei breiten Oefen von beschränkter Höhe, die Widerlager sehr tief liegen, so schneiden die Einkarretüren so tief in das Ofengewölbe hinein, daß eine halt-

bare Herstellung der ihrer Widerlager beraubten Türbogen fast unmöglich wird. Man ist daher oft gezwungen, solche Oefen mit einem Segmentbogen zu überwölben. Wählt man für die Höhe dieses Bogens wenigstens ein Drittel der Spannweite, so sind Segmentbogen noch anwendbar und bieten den Vorteil, daß die Türbogen noch unterhalb des Widerlagers des Ofengewölbes zu liegen kommen. Bei einem z. B. 3 m breiten Ofen würde ein solcher Gewölbebogen einen Stich von 1 m bekommen, so daß bei einer inneren lichten Ofenhöhe von 2,60 m die Einkarrtüren eine Scheitelhöhe von 1,50 m erhalten können, und immer noch um 10 cm unterhalb des Widerlagers bleiben.

Sollen die Einkarrtüren höher werden, z. B. wenn zum Einfahren der Ziegel in die Ofenkammern sogen. Karussellwagen zur Anwendung ge-

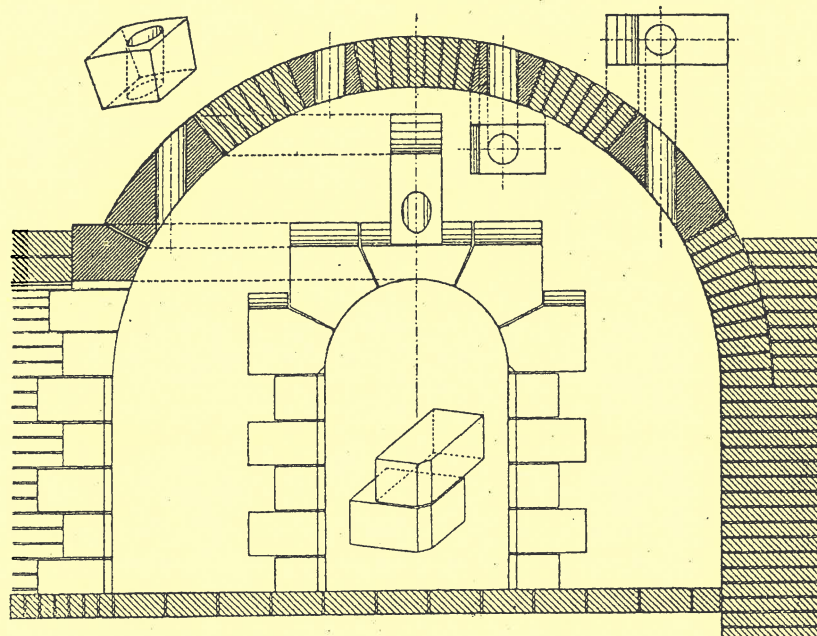


Abb. 69. Feuerfeste Formsteine.

langen, die eine Türhöhe von etwa 1,65 m beanspruchen, so müssen die Türgewölbe in das Brennkanalgewölbe einschneiden. In diesem Falle ist es ratsam, für das Türbogengewölbe an der Innenseite des Ofens größere Formsteine aus Schamotte Masse anzuwenden. Ebenso zweckmäßig ist die Benutzung von Schamotteformsteinen für die Heizlöcher im Ofengewölbe, denn diese Oeffnungen lassen sich aus gewöhnlichen Ziegeln niemals so haltbar mauern, daß nicht bald an diesen Stellen Ziegel herausfallen und daß diese Stellen dann nie wieder sorgfältig in Stand zu setzen sind. Abb. 69 zeigt die Anwendung solcher Formsteine an Tür- und Ofengewölbe.

Die Verwendung möglichst vieler Formziegel ist bei jedem Ofenbau sehr zu empfehlen, bei Neubauten auf bestehenden Ziegeleien sollte man, sobald Zeit genug zur Verfügung steht, immer Formziegel anfertigen lassen; sie erleichtern die Bauausführung und der Ofen wird haltbarer, als

wenn bei Ausführung von Gewölben usw. Normalziegel behauen werden müssen. Als Formziegel, die auf der Ziegelei selbst angefertigt werden können, kommen vor allem Keilziegel für die kleinen Bogen, sowie Widerlagsziegel für flache Ofengewölbe und endlich Einfassungsziegel für die Heizlochdeckel in Betracht (vergl. Abb. 70 und 71).

Ob auch Keilziegel für das Ofengewölbe an Ort und Stelle angefertigt wer-

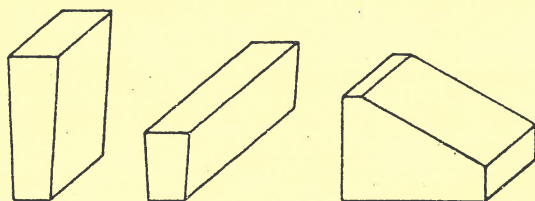


Abb. 70. Keilziegel.

Widerlagsziegel.

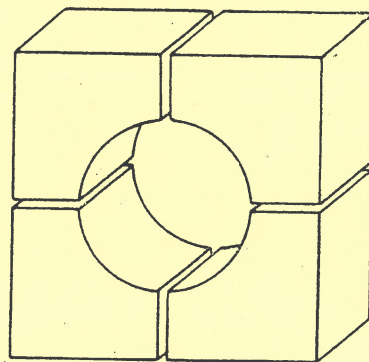


Abb. 71. Heizlocheinfassungsziegel.

den können, hängt natürlich davon ab, ob man einen so feuerfesten Rohstoff zur Verfügung hat, daß die daraus angefertigten Ziegel die im Ofen zu erzeugende Hitze dauernd aushalten können. Ist dies nicht der Fall, so lohnt es sich, für die Bekleidung der inneren Wände und für das Gewölbe feuerfeste Ziegel von einem Werke zu beziehen, das solche herstellt.

VI. Ausführung der Schornsteine.

Obwohl schon viele Tausende von Schornsteinen gebaut worden sind und noch gebaut werden, so fehlt es noch immer bei vielen gewerblichen Anlagen — und zu diesen gehört leider auch der Ringofenbetrieb — an genauen Unterlagen, nach denen das erforderliche Mindestmaß von Höhe und Durchmesser eines Schornsteines zur Erzeugung einer bestimmten Zugkraft festgestellt werden könnte. Bei Verwendung von Rostfeuerungen bedient man sich des naheliegenden Grundsatzes, daß der obere Mündungsquerschnitt eines Schornsteines in einem gewissen Verhältnis zur Rostfläche stehen muß, ein Verhältnis, das sehr häufig wie 1 : 5 gewählt wird, so daß der Mündungsquerdurchschnitt den fünften Teil der Gesamtrastfläche ausmacht. Zur Bestimmung der Höhe hat man es, wie P e t e r s sagt, im allgemeinen noch nicht über die alte Faustregel hinausgebracht, die lautet, daß die Höhe das 25fache des oberen Durchmessers betragen soll; bei kleinen Schornsteinen wählt man auch wohl das 30fache, bei großen Schornsteinen begnügt man sich zuweilen mit dem 20fachen. Es gibt zwar auch Formeln, die ein wissenschaftliches Aussehen haben, aber in letzter Zerlegung steckt doch ein Stück der obigen Faustregel darin.

Diese Regeln sind für Ringöfen nicht anwendbar, weil diese durch Einstreuen des Brennstoffes zwischen den glühenden Ziegeleinsatz befeuert werden und daher keine genau feststellbare freie Rostfläche haben, ferner,

weil größere oder kleinere Hemmungen des Zuges, je nach der Dichte des Einsatzes, entstehen und weil endlich durch die Verdunstung des nie völlig trockenen Ziegeleinsatzes sehr beträchtliche Wassermengen in Dampf- form mit durch den Schornstein entfernt werden müssen.

Man ist daher bezüglich der Maßbestimmung eines Ringofenschorn- steines ausschließlich auf die Erfahrung angewiesen. Als Regel kann man annehmen, daß zwei Drittel der Brennkannlänge für die Höhe und ein Sechstel des Brennkannquerschnitts als oberes Lichtmaß für den Schornstein ausreichen, jedoch wird man immer gut tun, die Höhe und Lichtweite etwas r e i c h l i c h e r zu bemessen, um mit Sicherheit über ausreichende Zugkraft verfügen zu können. Verringern läßt sich dieselbe immer, indem man die Schieber, bzw. Ventile, dementsprechend einstellt; hat aber ein Schornstein zu wenig Zugkraft, dann ist es unmöglich, einen einwandfreien Ofenbetrieb aufrecht zu erhalten.

Bekanntlich entsteht der Schornsteinzug durch den natürlichen Auftrieb der warmen Luft im geschlossenen Raume und beruht auf der Wirkung des Gewichtsunterschiedes zwischen der äußeren kühlen Luft und der erwärmten, die sich auszudehnen strebt. Je höher also die Wärme der unten eingeführten Luft ist, desto besser wird ein Schornstein von gegebener Höhe und bestimmtem Durchmesser ziehen. Zur Erzielung einer größeren Zugkraft bei gegebener Eintrittswärme der Rauchgase genügt eine beliebige Vergrößerung entweder des inneren Durchmessers oder der Höhe nicht; ein Schornstein mit doppelt so großer innerer Querschnitt- fläche zieht z. B. bei gleicher Höhe nicht doppelt so kräftig, wie ein anderer mit halb so großem Querschnitte, ebensowenig läßt sich durch Berechnung die erforderliche Erhöhung eines Schornsteins feststellen; die imstande wäre z. B. die doppelte Zugkraft zu erzeugen, denn sie hängt außer von der Menge und Wärme der abzuführenden Gase noch von ver- schiedenen anderen Umständen ab. Sehr beeinflußt wird z. B. die Zug- kraft eines Schornsteins durch Wind und Wetter. Ist der Schornstein- kopf so ausgebildet, daß der wagerecht streichende Wind eine, wenn auch nur geringe, Ablenkung nach oben bekommt, so wird der Wind immer zugverstärkend wirken, während starke Sonnenhitze bei ruhigem Wetter natürlich zugschwächend wirkt, weil durch die Erwärmung der Austritts- stelle der Wärmeunterschied verkleinert wird. In Küstengebieten, wo fast niemals Windstille eintritt, können die Schornsteine deshalb kleiner be- messen sein, als an Bergabhängen, wo steil ansteigende Anhöhen den Wind brechen und zurückhalten; die Schornsteine müssen hier entspre- chend größer gewählt werden. Auch die Beschaffenheit der inneren Wan- dungsflächen eines Schornsteines bleibt nicht ohne Einfluß auf die Zug- kraft; je glatter die Fläche ist, desto geringer ist die Reibung zwischen Rauchgasen und Mauerwerk. Man hat, um diese Reibung noch geringer zu machen, versucht, Schornsteine nach oben zu kegelförmig zu erweitern, so daß die Austrittsöffnung größer war, als die Eintrittsöffnung. Man hat indessen auf diesem Wege keine nachweisbaren Vorteile erzielt; im Gegen-

teil, die Standfestigkeit des Schornsteines wird geringer und der Einfluß des Windes wird infolge der unverhältnismäßig großen Austrittsöffnung

in ungünstigstem Sinne vergrößert, ja es kann sogar vorkommen, daß der Wind von oben einschlägt und zughemmend, selbst zugabschneidend wirkt.

Als günstigste Form für einen Schornstein ist schon seit Jahren die runde Säule anerkannt, weil sie bei geringstem Gewichte die größte lichte Querschnittsfläche besitzt, beim Aufsteigen der sich drehenden Rauchsäule am wenigsten Störungen verursacht und gleichzeitig dem Winddrucke die geringste Angriffsfläche bietet. Auf Ziegeleien, wo man in der Lage ist, die für runde Schornsteinsäulen erforderlichen Formziegel selbst zu erzeugen, sollte man immer dem runden Schornsteine den Vorzug geben. Nur wenn die Zeit nicht ausreicht, um selbst Formziegel zu fabrizieren und der Bezug solcher von anderen Werken ausgeschlossen ist, kann der Bau eines achtkantigen oder vierkantigen Schornsteines aus Normalziegeln in Betracht kommen.

Die Ausführung eines Schornsteines geschieht, wie Abb. 72 zeigt, in Absätzen oder Trommeln, deren Wandstärken nach oben zu immer dünner werden, um aus Stand- sicherheitsgründen den Schwerpunkt der

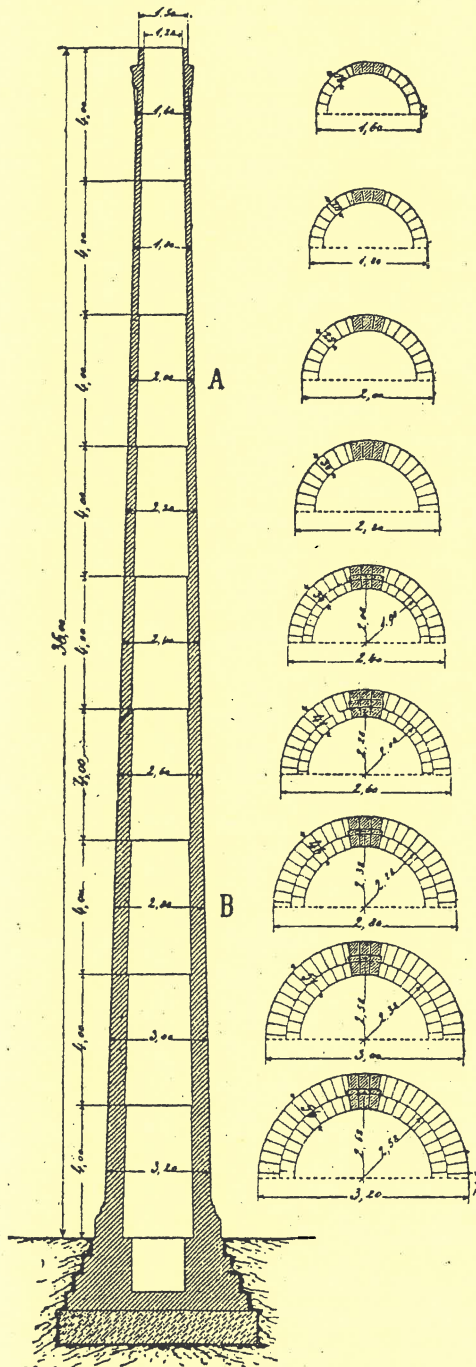


Abb. 72. Runde Schornsteinsäule.

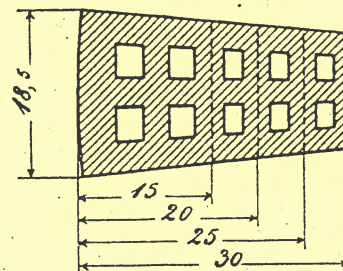


Abb. 73. Schornstein-Formziegel.

Schornsteinsäule möglichst weit nach unten zu verlegen. Aus denselben Gründen erfährt auch die Schornsteinsäule selbst eine Verjüngung nach oben, die etwa 45 bis 50 mm für jeden Meter Höhe beträgt.

Die Meinungen über die Frage, ob das Anbringen eines Blitzableiters notwendig ist oder nicht, sind nicht genügend geklärt; Tatsache ist, daß

ein Ringofenschornstein nur verhältnismäßig selten vom Blitzschlag getroffen wird. Im allgemeinen wird aber ein Blitzableiter stets vorteilhaft sein, vorausgesetzt, daß er gut funktioniert und von Zeit zu Zeit gewissenhaft und gründlich untersucht wird.

Für eigenen Bedarf reicht meistens zu jeder beliebigen runden Schornsteinsäule die Anfertigung von achterlei verschieden großen Formziegeln aus. Dieselben lassen sich in nur zwei Formen anfertigen, indem man beide nach den Abmessungen der größten Ziegel, wie Abb. 73 zeigt, anfertigt und die kleinen in dieselbe Form streicht, bzw. aus der Ziegelpresse heraustreten läßt. Bei Handstrich wird ein entsprechender Holzklotzen in die Form gelegt, sobald die kleineren Ziegel angefertigt werden sollen; bei Maschinenbetrieb wird einfach ein Stahldraht vor das Mundstück gespannt, der den Ziegel in der erforderlichen Länge abschneidet, während der überschüssige Teil des Tonstranges wieder in die Presse zurückgeworfen wird. Man erzeugt hierdurch nach jedem beliebigen Halbmesser vier Formziegel von gleicher Kopfform und gleichem Halbmesser in Längen von 15, 20, 25 und 30 cm. Mit zwei Halbmessern reicht man gewöhnlich aus, und zwar mit dem mittleren Halbmesser A der oberen und B der unteren Hälfte der Säule. (Siehe Abb. 72.)

Um Verwechslungen bei der Vermauerung der Formziegel zu vermeiden versieht man dieselben mit Zahlen oder Buchstaben, und zwar empfiehlt es sich, die Ziegel der oberen Hälfte des Schornsteins mit I₀, II₀, III₀, IV₀ und die der unteren Hälfte mit I_u, II_u, III_u, IV_u zu bezeichnen, wobei man immer mit dem kleinsten Ziegel beginnt.

Die Berechnung der Stückzahl der erforderlichen Formziegel ist sehr einfach. Man trägt zu diesem Zwecke, wie in vorstehender Abb. 72 dargestellt, die Höhe der einzelnen Absätze auf und ermittelt von jedem Absatze den mittleren Durchmesser. Aus diesem berechnet man den Kreisumfang einer Schicht und ermittelt nun, wie viel Formziegel sich in den Umfang der gefundenen Kreislinie unterbringen lassen. Alsdann ist festzustellen, wie viel Schichten man auf 1 m Höhe mit den betreffenden Ziegeln mauern kann und multipliziert die gefundene Zahl mit der Höhe des Schornsteinabsatzes, sowie mit der Anzahl der aus dem Kreisumfang berechneten Ziegel. Die Berechnungsformel ist also folgende:

$$\frac{D \cdot \pi}{b} \cdot z \cdot h$$

d. h. Durchmesser (D) mal π , gleich Länge der Kreislinie, geteilt durch die Kopfbreite (b) mal Zahl der Schichten auf 1 m (z) mal Höhe des Absatzes (h).

Angenommen, der mittlere Durchmesser des obersten Absatzes sei, wie in Abb. 72 angegeben, 160 cm, die Kopfbreite eines Formziegels, einschließlich Fuge, 20 cm, die Anzahl der Schichten auf einem Meter 10 und die Höhe des Schornsteinabsatzes 4 m, so würde die obige Formel in Zahlen ausgedrückt, wie folgt aussehen:

$$\frac{160 \cdot 3,14}{20} \cdot 10 \cdot 4$$

und aus dieser Rechnung sich ergeben, daß zu dem betreffenden Absatz 104 Formziegel erforderlich sind.

Um die Berechnung möglichst einfach zu machen, wählt man die Abmessungen der Formziegel so, daß sie mit Einschluß der Fuge ein rundes Maß ergeben. Gewöhnlich erhalten die Stoß- und Lagerfugen bei Schornsteinmauerwerk eine Dicke von 1,5 cm, deshalb gibt man den Formziegeln am besten eine Kopfbreite von 18,5 cm und eine Dicke von 8,5 cm. Hieraus ergibt sich, daß ein Formziegel mit Einrechnung einer Stoß- oder Lagerfuge 20 cm Breite bzw. 10 cm Höhe im Mauerwerk beansprucht. Bei einer Schichtenhöhe von 10 cm lassen sich 10 Schichten auf einen Meter Höhe mauern.

Bei zusammengesetzten Verbänden, d. h. bei Anwendung von verschiedenen Formziegelgrößen, bei denen der Verband, wie in den fünf unteren Absätzen der Abb. 72 dargestellt, in jeder Schicht wechselt, sind die verschiedenen Durchmesser, die immer in zwei aufeinanderfolgenden Verbänden vorkommen, zu ermitteln und hiernach die Anzahl der Ziegel zu berechnen. Da derselbe Verband nur in jeder zweiten Schicht wiederkehrt, so entfallen jetzt nicht 10, sondern nur 5 Schichten auf jeden Verband eines steigenden Meters.

Die Berechnungsformel sieht dann z. B. für den untersten Absatz folgendermaßen aus:

$$\frac{(320 + 258) \cdot 3,14}{20} \cdot 5 \cdot 4 = 1816, \quad \frac{(320 + 268) \cdot 3,14}{20} \cdot 5 \cdot 4 = 1847.$$

Dieselbe ergibt also, daß von den kleineren Ziegeln 1816 Stück und von den größeren 1847 Stück erforderlich sind.

In den letzten Jahren ist man davon abgekommen, 30 cm lange Formziegel herzustellen, weil ihre Herstellung zuweilen Schwierigkeiten bereitet, und hat an deren Stelle Formziegel von 20 und 10 cm Länge gewählt; die Wandstärke von 30 cm oder richtiger 31 cm wird gewonnen durch Aneinandersetzen der Formziegel von 20 und 10 cm.

Formziegel, die mit der Ziegelpresse angefertigt werden, versieht man am besten mit Löchern, wie in Abb. 73 ersichtlich; es ist dies für den Schornsteinbau sehr vorteilhaft, weil der Mörtel sich beim Verlegen der Ziegel zum Teil in die Löcher hineindrückt, wodurch eine Verschiebung der einzelnen Schichten fast unmöglich gemacht wird. Versuche von Germer über das Verhalten von Mauerwerk ergaben, daß die Haftfestigkeit zwischen Ziegel und Mörtel bei Erwärmungen von 150° und 250° eine äußerst geringe ist, und sie deuten darauf hin, wie nützlich es ist, die Haftfestigkeit durch Verwendung gelochter Ziegel zu verstärken. So brauchen runde Schornsteinsäulen aus gelochten Formziegeln selten verankert zu werden, jedenfalls nicht beim Abziehen von Rauchgasen mit so niedrigen Wärmegraden, wie sie bei Ringöfen in Be-

tracht kommen. Für sehr heiße Rauchgase, wie sie bei einzelnen Öfen mit zeitweisem Betriebe vorkommen können, empfiehlt es sich, den Schornstein mit einem inneren, ohne Verband mit dem äußeren Schornsteinmauerwerke stehenden Ausfütterungsrohr aus feuerfesten Ziegeln zu versehen und eiserne Ringe außerhalb um den Schornstein zu legen.

Außer den aus einfachen massiven Wänden bestehenden Schornsteinen kommen auch solche mit doppelten Wänden und dazwischen befindlicher Isolierschicht zur Anwendung. Hoffmann hat diese Bauart bei seinen Ringöfen fast ausschließlich benutzt; man ist aber von derselben, ihrer schwierigeren und kostspieligeren Ausführung wegen wieder abgekommen. Eine auf ähnlichen Grundsätzen beruhende, jedoch erheblich einfachere Bauart ist der sogenannte Mantelschornstein, der gegenüber dem massiven Schornstein einige Vorzüge besitzt. Wählt man z. B. die Wandstärken eines Schornsteins, wie dies zuweilen vorkommt, aus Rücksicht auf Ziegel- und Mörtelersparnis zu dünn oder arbeitet der Schornsteinmaurer nicht gewissenhaft, indem er die Fugen nicht völlig mit Mörtel ausfüllt, so muß die Zugkraft des Schornsteins Einbuße erleiden. Andererseits treten bei massiven Schornsteinen, wenn heiße Gase abgeführt werden, Wärmespannungen auf, denen dünne Wände nicht widerstehen können. Die Folge davon ist, daß Risse in den Wandungen entstehen und daraus die Notwendigkeit erwächst, den Schornstein gegen weiteres Auseinanderklaffen der Risse mit Eisenbändern zu umgeben. Daß neue Schornsteine schon bei der Ausführung mit Eisen gebunden werden, dürfte wohl sehr selten vorkommen. Den Einbau eines selbständigen Innenfutters von unten bis oben hinauf vermeidet man in der Regel aus Sparsamkeitsrücksichten.

Der Mantelschornstein bildet gewissermaßen den Übergang vom massiven Schornstein zum Schornstein mit selbständigem Innenfutter. Wie Abb. 74 und 75 im Aufsriß und Grundriß zeigen, besteht er aus zwei Mänteln, von denen der äußere nach innen zu mit einer Anzahl Rippen versehen ist, die bis auf eine Dehnungsfuge von 2—3 cm an den inneren Mantel, also unverbunden mit diesem, herangeführt und in bestimmten Höhenabständen durch kleine Gewölbe miteinander verbunden werden. Die entstehenden kastenartigen Hohlräume erhalten eine Ausfüllung mit Schüttstoffen, wie Schlacken, Lehm oder dgl.,

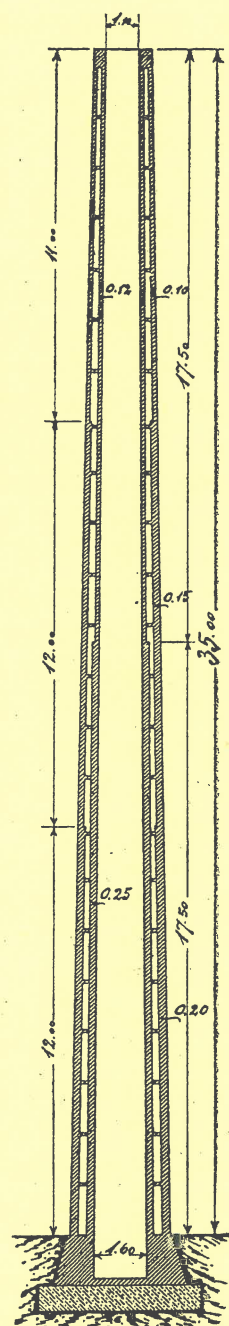


Abb. 74.

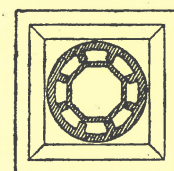


Abb. 75.

die Wärmeverluste nach außen verhindern, zumal ihnen der Innenmantel noch vorgelagert ist. Die Schüttstoffe erhöhen gleichzeitig das Eigengewicht des Schornsteins und dadurch seine Standsicherheit. Der Innenmantel wird mit dem Außenmantel derart verbunden, daß er für die Standfestigkeit ausgenutzt werden kann, ohne dabei seine Ausdehnung in wagerechter und lotrechter Richtung einzubüßen. Formziegel sind nur für den äußeren Mantel in geringer Anzahl erforderlich, während für die Rippen und den inneren Mantel Normalziegel verwendet werden können. Der innere Mantel kann sowohl mit einer nach oben zunehmenden Verjüngung, als auch mit gleicher lichter Weite von unten bis oben ausgeführt werden. Als günstig für die Zugwirkung des Mantelschornsteins kommt noch in Betracht, daß seine Innenflächen vollständig eben sind und der Querschnitt des Rohres durch das Fehlen von Absätzen nicht fortwährenden Erweiterungen und Verengungen unterworfen ist.

Beim Bau von Schornsteinen für Ziegelbrennöfen ist zu berücksichtigen, daß der Ofen und damit auch der Schornstein im Winter während kürzerer oder längerer Zeit außer Betrieb stehen. Ein außer Betrieb stehender Schornstein ist aber den Witterungseinflüssen bedeutend stärker ausgesetzt als ein angewärmter. Der vom Winde gepeitschte Regen dringt, besonders von der Schlagwetterseite her, weit in die Poren hinein und zerstört das Mauerwerk. Infolgedessen findet man auf Ziegeleien oft ausgewitterte und krumme Schornsteine. Auch der Gehalt an löslichen Salzen in den Ziegeln kann sich beim Feuchtwerden der Ziegel als sehr unliebsam bemerkbar machen und zur Zerstörung derselben beitragen. Die Salze treten als weiße Kristalle an die Oberfläche der Ziegel, so daß diese wie mit Schimmel bedeckt aussehen. Es ist daher dringend zu empfehlen, alle Schornsteine nur aus besten, hartgebrannten und wetterbeständigen Ziegeln herzustellen.

Manchmal — allerdings nicht so häufig, wie man gewöhnlich annimmt — kann der Schornstein eines Ringofens Schaden leiden durch saure Gase, die sich beim Brennen entwickeln. Wenn der Brennstoff oder das Brenngut unbeständige Verbindungen des Schwefels enthalten, besonders Schwefelkies, so sind infolge der oxydierenden Luft des Ofens und der reichlichen Gegenwart von Wasserdämpfen die Bedingungen zur Bildung von Schwefeldioxyd und Schwefelsäure vorhanden. Zum Schutz gegen saure Gase verwendet man vielfach einen inneren Anstrich aus Wasser Glas oder ein Ausfugen mit Ton, mit schwerflüssigen Teeren und ähnlichen säurefesten Bestandteilen. Absolut säurefest sind dieselben jedoch auch nicht, und es ist immer noch das vorteilhafteste, den Schornstein, wie beim Mantelschornstein beschrieben, mit einem bis oben hinaufgehenden freistehenden Isolierfutter aus säurebeständigen Ziegeln (Klinkern) zu versehen.

Fast alle Schornsteine werden heutzutage von innen gemauert, also ohne äußeres Stangengerüst. Erklärungen über diese Ausführungsweise hier anzugeben, erscheint überflüssig, da solche Schornsteine doch nur

von damit vertrauten Maurern ausgeführt werden können und diese bei der großen Anzahl von Baufirmen, die sich ausschließlich mit Schornsteinbauten beschäftigen, überall zur Verfügung stehen.

Für jeden Schornsteinbau wird von den Behörden bei Einreichung des Bauerlaubnisgesuches eine Berechnung der Standfestigkeit verlangt, die natürlich für jeden einzelnen Fall besonders aufgestellt werden muß. Ein preußischer Ministerialerlaß vom 30. April 1902 enthält dafür folgende grundsätzliche Bestimmungen:

1. Als maßgebender Winddruck — W — gegen eine zur Windrichtung senkrechte ebene Fläche sollen bei Schornsteinen in der Regel 125 kg auf 1 qm in Rechnung gestellt werden. Etwaiger Einfluß der Saugwirkung auf der Leeseite ist in diesem Werte enthalten. Der durch benachbarte oder umschließende Gebäude gewährte Schutz des Schornsteines gegen Winddruck soll in der Regel unberücksichtigt bleiben. Als Angriffspunkt des gegen eine Schornsteinsäule ausgeübten Winddruckes ist der Schwerpunkt des lotrechten Schnittes dieser Säule anzusehen. Bedeutet F den Flächeninhalt dieses Schnittes, bei eckigen Schornsteinen rechtwinklig zu zwei gegenüberliegenden Flächen gemessen, so ist die Größe des Winddruckes anzunehmen:

bei runden	Schornsteinen zu	0,67 WF,
„ achteckigen	„	„ 0,71 WF,
„ viereckigen	„	„ 1 WF.

Diese Werte des Winddruckes gelten auch dann, wenn der Wind über Eck weht. Letztere Windrichtung ist maßgebend für die Bestimmung der größten Kantenpressung bei eckigen Schornsteinen.

2. Die Druckspannungen im Mauerwerke sind sowohl für den Winddruck von 125 kg/qm, als auch für einen solchen von 150 kg/qm zu berechnen, in beiden Fällen unter Vernachlässigung der Zugspannungen. Die Querschnitte sind außerdem so zu bemessen, daß auf der Windseite die Fugen sich bei dem Winddrucke von 125 kg/qm nicht weiter als höchstens bis zur Schwerpunktachse öffnen.

Bei der Berechnung der Standfestigkeit muß das Gewicht des Schornsteines nach dem wirklichen Einheitsgewichte des zu verwendenden Mauerwerkes ermittelt werden.

3. Der Unternehmer der baulichen Ausführung eines Schornsteines hat die volle Verantwortung dafür zu übernehmen, daß die in die Berechnung der Standfestigkeit eingesetzten Gewichte mit der Wirklichkeit übereinstimmen, sowie dafür, daß die von ihm verwendeten Baustoffe (Ziegel, Mörtel usw.) bezüglich ihrer Güte und Festigkeit seinen Angaben entsprechen und technisch richtig verwendet werden. Der Aufsichtsbehörde bleibt es überlassen, den Nachweis der Richtigkeit des eingesetzten Einheitsgewichtes und der übrigen Angaben zu verlangen oder selbst die Richtigkeit zu prüfen.

4. Die zulässige Beanspruchung der Baustoffe und des Baugrundes wird wie folgt festgesetzt:

Unter der Voraussetzung kunstgerechter und sorgfältiger Ausführung sowie ausreichender Erhärtung des Mörtels ist als Druckbeanspruchung zu rechnen:

- a) für gewöhnliches Ziegelmauerwerk in Kalkmörtel mit dem Mischungsverhältnis von 1 Raumteil Kalk und 3 Raumteilen Sand bis zu 7 kg auf 1 qcm;
- b) für Mauerwerk aus Hartbrandsteinen in Kalk-Zement-Mörtel: 12 bis 15 kg für 1 qcm.

Unter Hartbrandsteinen sind dabei Ziegel zu verstehen, die eine nachgewiesene Druckfestigkeit von mindestens 250 kg auf 1 qcm besitzen und unter Kalk-Zement-Mörtel wird verstanden eine Mischung von 1 Raumteil Zement, 2 Raumteilen Kalk und 6 bis 8 Raumteilen Sand. Wenn die Verwendung von festeren Ziegeln und zementreicherem Mörtel nachgewiesen wird, so können auf Grund einwandfreier Festigkeitsprüfungen an ganzen Mauerkörpern auch höhere Beanspruchungen zugelassen werden. Dabei ist aber mindestens mit einer zehnfachen Sicherheit und auf keinen Fall mit mehr als 25 kg auf 1 qcm bei Annahme des Winddrucks von 150 kg auf 1 qcm zu rechnen.

- c) Falls für die Fundamente Schütt- oder Stampfbeton verwendet wird, sind
 - für geschütteten Beton 6—8 kg auf 1 qcm,
 - für gestampften Beton 10—15 kg auf 1 qcm

Druckbeanspruchung zulässig.

Schüttungsweisen, bei denen der vorausgesetzte Zusammenhang der ganzen Fundamentplatte nicht sicher steht, sind mit Rücksicht auf die entstehenden Biegungsspannungen unzulässig.

- d) Guter Baugrund darf bei Annahme des Winddruckes von 125 bis 150 kg auf 1 qcm in der Regel bis zu 3 kg, in Ausnahmefällen bis zu 4 kg, auf 1 qcm beansprucht werden.

VII. Bau und Einrichtung der Ofengebäude.

Jedes Ofengebäude hat einen doppelten Zweck zu erfüllen, einmal alle Niederschläge vom Ofen selbst fern zu halten, dann die mit der Bedienung des Ofens beschäftigten Leute gegen Wind, Kälte und sonstige Unbilden der Witterung zu schützen. Bei ganz einfachen Ofenanlagen, wie z. B. bei Deutschen Oefen und Kasseler Flammöfen, begnügt man sich zuweilen damit, nur den Heizerstand mit einem Schutzdaché zu versehen, während man den Ofen selbst ganz ohne Bedachung läßt. Bei sämtlichen Oefen zum Brennen besserer Waren müssen die Gebäude natürlich der Eigenart des Ofens angepaßt werden; bei Ringöfen haben sich nach und nach gewisse Regeln ausgebildet. Das Ofengebäude wird, je nachdem es den vorerwähnten Zwecken allein oder zugleich auch als Trockenanlage

dienen soll, vom einfachsten Schutzdach bis zum mehrstöckigen Fabrikgebäude ausgeführt.

Ob ein Ofengebäude in Ziegelbau, in Fachwerk oder einfach als offener Säulenbau ausgeführt, ob es mit Dachziegeln oder mit Dachpappe eingedeckt werden soll, hängt besonders davon ab, ob der Ringofen nur für Sommerbetrieb, oder für sogenannten verlängerten Betrieb, oder für ununterbrochenen Betrieb, also auch den ganzen Winter hindurch, verwendet werden soll.

Als Regel für ein sachgemäß auszuführendes Ofengebäude gilt, daß die äußeren Ofenwände durch tragende Pfeiler oder Säulen nicht belastet werden dürfen. Solange die Ringöfen noch rund gebaut wurden und die Bewegung der äußeren Wände durch die ringförmige Verankerung auf ein Mindestmaß beschränkt war, ließ sich ein Gebäude ohne Gefährdung auf die äußeren Ofenwände stellen, wie es ja auch vielfach geschehen ist. Bei länglichen Ringöfen ist es unmöglich, die äußeren Längswände so zu gestalten, daß ein Bewegen derselben ausgeschlossen ist, es sei denn, daß man die Öfen mit kräftigen eisernen Querverankerungen versehen würde, die, wie bereits früher erwähnt, für gewöhnliche Ringofenbauten viel zu kostspielig sind. Die mittlere Wand eines Ringofens dagegen, die von den Gewölben der Brennkanäle beiderseitig als Widerlage in Anspruch genommen wird, so daß sich hier der Druck aus-

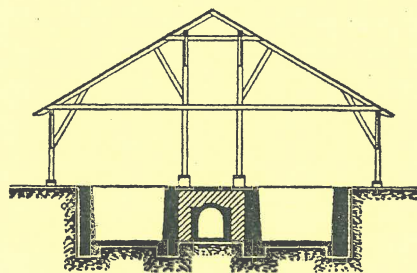


Abb. 76. Gebäude über einem Erdringofen ohne Gewölbe.

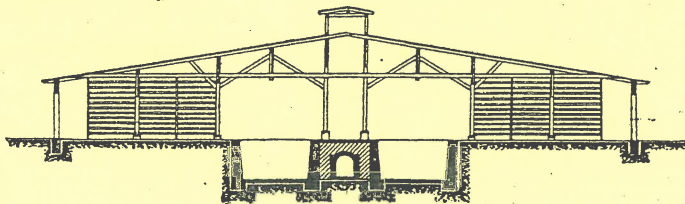


Abb. 77. Gebäude über einem Erdringofen ohne Gewölbe mit seitlichen Trockengerüsten.

gleicht (vergl. Abb. 76 und 85), kann als Unterstützung für das Gebäude verwendet werden. Die äußeren Längswände dagegen werden niemals in ihrer ursprünglichen Lage verbleiben, und gerade die obere äußere Kante derselben, die man am liebsten als Stützpunkt für die tragenden Teile eines Gebäudes benutzen möchte, sind am meisten einer Verschiebung ausgesetzt. Selbst die Aufführung von allein stehenden Pfeilern in den äußeren Ofenwänden ist möglichst zu vermeiden, denn durch das allmähliche Auseinanderdrücken der Wände werden solche Pfeiler unbedingt in Mitleidenschaft gezogen, das Gebäude muß sich mit ausdehnen, der Verband sich lockern, wodurch sich die Standfestigkeit des Gebäudes, infolge des Schiefwerdens der äußeren Umfassungswände, in bedenklichster Weise verringert. Es ist als ein Übelstand zu betrachten, daß trotz dieser Erfahrungen heute noch solche, von unerfahrenen Bauunternehmern, aus falsch angebrachten Sparsamkeitsrücksichten, fehlerhaft entworfene Ofengebäude von Behörden genehmigt werden.

Abb. 76 bis 85 zeigen eine Anzahl Ausführungsbeispiele von Ofengebäuden. Bei allen diesen Gebäuden ist die mittlere Ofenwand zum Tragen des Dachstuhles mit in Anspruch genommen worden, weil diese Ausführungsart haltbarer und billiger ist, als freitragende Dächer, bei denen die Gesamtlast auf die äußeren Stützpunkte verlegt wird.

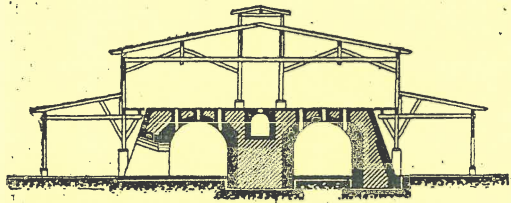


Abb. 78. Ringofengebäude mit Pappdach.

Abb. 76 zeigt die Ausführung eines einfachen Schutzdaches über einem Ringofen ohne Gewölbe. Das Dach ist für Eindeckung mit Dachziegeln gedacht. Es kann zur Anwendung kommen auf Ziegeleien, die Handstrichziegel erzeugen und wo die frischen Ziegel so lange auf den Streichplätzen verbleiben, bis sie so weit vorgetrocknet sind, daß sie sich übereinander stapeln lassen. Dieses Aufstapeln geschieht dann am zweckmäßigsten auf der Decke des Ofens, auf der die Ziegel fertig trocknen. Man richtet sich den Betrieb möglichst so ein, daß die Ziegel sich immer in nächster Nähe derjenigen Stelle befinden, wo sie zum Brennen eingesetzt werden sollen.

Abb. 77 zeigt ein breiteres Gebäude mit Pappdach. Dieses Gebäude ist für eine Ziegelei gedacht, auf der die mittels Maschinen oder Handstrich angefertigten Ziegel in feste Gerüste aufgestellt werden, wo sie so lange bleiben, bis sie genügend steif geworden sind, um ebenfalls zum Fertigtrocknen auf die Ofendecke aufgestapelt werden zu können. Auf der Dachfirst befinden sich Dachreiter, sogenannte Laternen, durch welche die beim Trocknen der Formlinge sich entwickelnden Dämpfe Abzug finden.

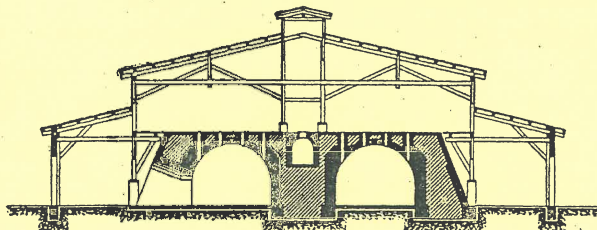


Abb. 79. Ringofengebäude als Plettendach.

Infolge des Auftriebs der über dem Ofen erwärmten Luft wird aber gleichzeitig eine Luftbewegung an den Seiten hervorgerufen, indem von außen her Luft in das Gebäude hereinströmt und durch die Trockengerüste streicht.

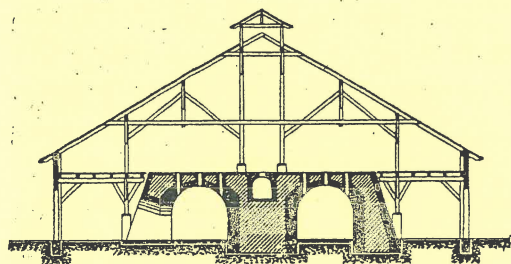


Abb. 80.
Ringofengebäude mit Ziegeldach.

Abb. 78, 79 und 80 zeigen einfache Gebäude über Ringöfen ohne Trockenrichtung, und zwar die beiden ersten solche mit Pappdach, Abb. 80 ein solches mit Ziegeldach. Balken und Fußböden, die in Berührung mit der Bordkante des Ringofens kommen könnten, müssen wenigstens 8 bis 10 cm vom Ofenmauerwerk entfernt bleiben, damit dieses bei seiner Ausdehnung die Gebäudewände nicht herausdrückt.

Das in Abb. 79 dargestellte Dach unterscheidet sich von den übrigen dadurch, daß die Sparren nicht wie gewöhnlich in der Richtung von der Dachfirst bis zur Traufe liegen, sondern wie Pfetten gleichlaufend mit der Dachfirst angeordnet sind. Diese Anordnung gestattet die Anwendung von größeren Binderentfernungen und erweist sich besonders für Pappdächer als vorteilhaft, weil die Schalbretter in der Richtung der Dachneigung aufgenagelt werden, so daß das Regenwasser bei etwaigem Werfen oder Krümmen der Bretter nicht in den dadurch gebildeten Rinnen stehen bleibt, sondern gut abfließt, während die Pappstreifen gleichlaufend mit der Dachfirst aufgelegt werden, wobei man dann die Streifen so aufnagelt, daß immer die obere Kante des unteren Streifens von dem nächstfolgenden höheren überdeckt wird.

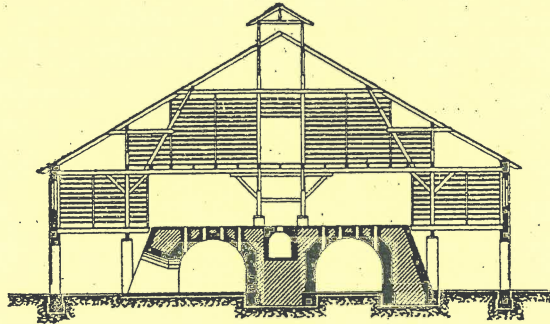


Abb. 81. Ringofengebäude mit Trockeneinrichtung in einem Stockwerk üb. d. Ringofen.

Von größtem Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit einer Ziegelei ist die praktische Einrichtung der Trockenanlagen. Dazu gehört vor allem die Verkürzung der Förderwege und die Ausnutzung vorhandener Wärmequellen zum Trocknen der Ziegel. Jeder Ringofen muß zum Schutze gegen Witterungseinflüsse mit einem Dache versehen sein. Da nun dieser große gedeckte Raum einmal vorhanden ist und von der Ofendecke eine beträchtliche Menge Wärme ausstrahlt, so liegt es nahe, das Gebäude entsprechend zu erhöhen und den über dem Ofen befindlichen Raum mit Trockeneinrichtung zu versehen.

Abb. 81 und 82 zeigen zwei Beispiele solcher Ofengebäude mit Trockeneinrichtung über dem Ringofen. Derartige Anlagen gestatten es, die Gerüste öfter zu belegen und bieten somit die Möglichkeit, mit einem geringeren Belag auszukommen, als bei alleiniger Anwendung

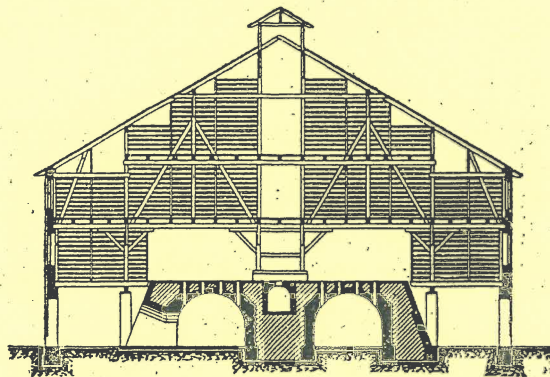


Abb. 82. Ringofengebäude mit Trockeneinrichtung in zwei Stockwerken üb. d. Ringofen.

offener Trockenschuppen zu ebener Erde, denn während letztere je nach der Witterung sechs- bis acht-, günstigsten Falles zehn- bis zwölfmal in den Betriebsmonaten belegt werden können, läßt sich eine Trockenanlage über dem Ringofen während der Betriebszeit zwanzigmal und bei leicht trocknendem Ziegelmaterial noch öfter belegen. Da die gesamte Ziegelherstellung, also das Pressen, Trocknen und Brennen sich in einem einzigen Gebäude und auf verhältnismäßig geringer Baufläche abspielen kann, gewinnt der Betrieb nicht nur an Uebersichtlichkeit, sondern es werden auch

erhebliche Ersparnisse an Förderkosten erzielt. Wird das Gebäude mit massiven Umfassungen versehen und stattet man es mit Einrichtungen aus, um weitere vorhandene Wärmequellen, wie z. B. den Abdampf der Dampfmaschine, sowie die Wärme aus den fertig gebrannten und in Abkühlung begriffenen Ziegelwaren zum Heizen der Trockenräume zu benutzen, dann ist man in einer derartigen Anlage gegen Frost und alle sonstigen Einflüsse der wechselnden Witterung geschützt und das Trocknen geht ungestört und gleichmäßig vonstatten. Der Betrieb in einer solchen Ziegelei kann schon im frühesten Frühjahr eröffnet und bis in den späten Herbst hinein aufrecht erhalten werden, unter Umständen läßt er sich auch den Winter hindurch fortsetzen, sofern es möglich ist, Ton für den Pressenbetrieb zu fördern oder als Vorrat für den Winterbetrieb frostsicher aufzuspeichern.

Die Größe des Trockenraumes richtet sich sowohl nach der Leistung des Ofens, als auch nach der Art der zu trocknenden Waren; Dachziegel beanspruchen mehr Platz als Mauerziegel.

Die Trockeneinrichtung der in den Abb. 81 und 82 dargestellten Gebäude entspricht derjenigen gewöhnlicher Trockenschuppen, d. h. es befinden sich zu beiden Seiten des mittleren Hauptweges Einzelgerüste, die durch schmale Wege voneinander getrennt sind. Senkrechte Schaukel-elevatoren, die unmittelbar neben den Ziegelpressen angeordnet werden, dienen zum Heraufschaffen der Formlinge in die einzelnen Stockwerke, während das Weiterbefördern der Formlinge bis an die Gerüste entweder

auf Gleiswagen, dreirädrigen Karren oder wagerechten, auf Hänigeschienen laufenden Schaukeltransporteuren erfolgen kann.

Bei Anwendung eines sogenannten schwedischen Elevators und automatischer Absetzwagen zum Heben und Befördern der Ziegel, wobei eine sehr wesentliche Arbeitslohnernsparmung erzielt wird und die Waren geschont bleiben, ordnet man die Trockenanlage nur in einem Stockwerk über dem Ofen an und läßt die

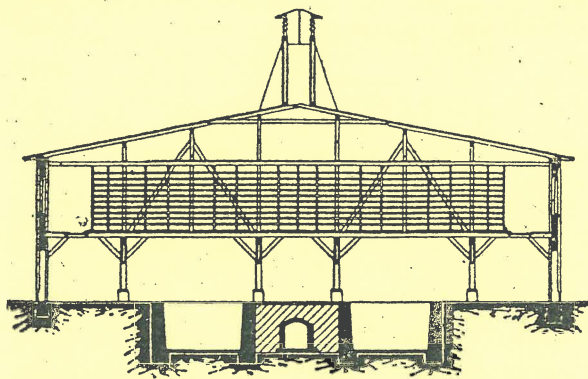


Abb. 83. Ringofengebäude über einem Erd-ringofen ohne Gewölbe mit darüber befindlicher Trockenanlage f. Absetzwagenbetrieb.

Wege zwischen den Gerüsten fehlen. Durch den Fortfall der Zwischenwege findet eine bessere Raumaussnutzung statt und der Aufbau weiterer Stockwerke wird entbehrlich.

Abb. 83 bis 85 zeigen drei Beispiele von Ofengebäuden mit solchen Trockeneinrichtungen. Diese Gebäude müssen, weil die Wärme in den Trockenräumen zusammengehalten werden soll, massive Umfassungen erhalten und die Dächer unterhalb der Sparren mit einer dichten Verschalung versehen sein. Die Trockengänge bzw. Kammern sind nur von

den beiden, an den Außenwänden entlang führenden breiten Korridoren aus zugänglich. Im übrigen liegen die etwa 1,50 m breiten Trockenkammern dicht nebeneinander. Je zwei oder drei mit Türen von außen verschließbare Kammern werden durch dichte, mit Dachpappe bekleidete Bretterwände zu Gruppen eingeteilt, von denen jede für sich einen mit Drosselklappe oder Schieber versehenen, dicht bekleideten, hohen Dunstschlot erhält. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, in jeder Gruppe, der Empfindlichkeit der zu trocknenden Ziegelware entsprechend, beliebig lange Zeit mit geringerer Luftbewegung zu trocknen.

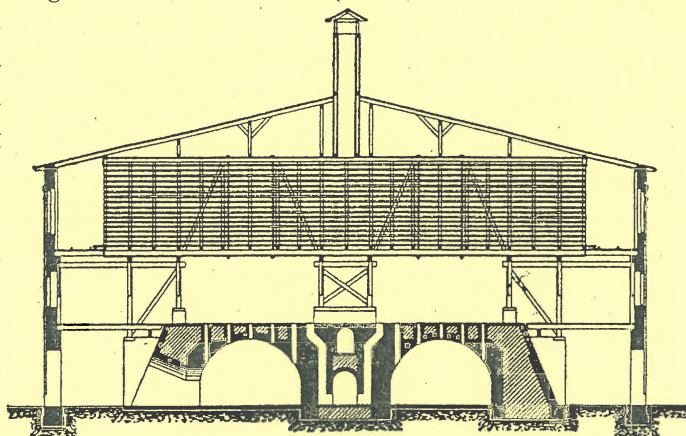


Abb. 84. Ringofengebäude u. Trockenanlage für Absetzwagenbetrieb. Unterstützung in Holzbauart.

Die Abwärme des Ofens steigt vermöge ihres natürlichen Auftriebes in die Trocknerei, zu welchem Zweck der Fußboden unterhalb der Kammern Öffnungen besitzt, die mit verstellbaren Schiebern versehen sind, welche sich von einem Kammerende aus regulieren lassen. Zur Ausnutzung vorhandenen Maschinenabdampfes kann je nach dessen verfügbarer Menge

die Trocknerei auch kammerweise mit einer regulierbaren Abdampfheizung ausgerüstet werden.

In heißen Sommertagen läßt sich ferner die atmosphärische Außenluft zum Trocknen mit heranziehen, indem man die Kammertüren, sowie die Fenster in den Gebäudewänden öffnet und die Luft durch die Kammern streichen läßt.

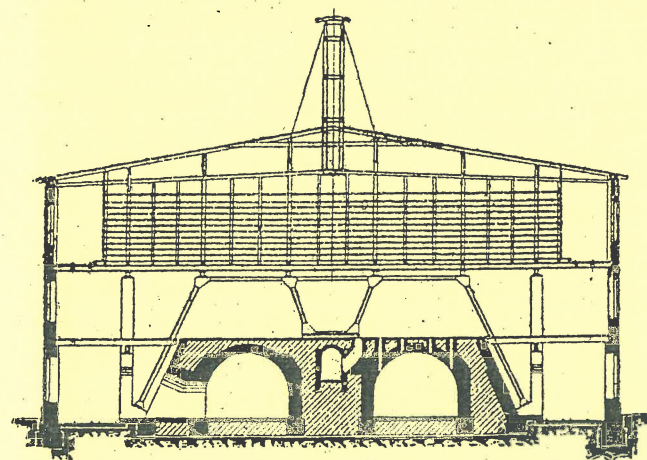


Abb. 85. Ringofengebäude u. Trockenanlage für Absetzwagenbetrieb. Unterstützung in Eisenbauart.

richtung von Trockengebäuden, sowie der gebräuchlichsten Beförderungsmittel für Ziegelwaren in Trockenanlagen über Ringöfen enthält mein Buch „Die Ziegelei“.¹⁾

Die Bauausführung solcher Trockengebäude, auf deren Balkendecken sehr beträchtliche Lasten zu ruhen kommen, verlangt größte Aufmerk-

¹⁾ Bock-Nawrath, Die Ziegelei. Anlage und Betrieb landwirtschaftlicher und gewerblicher Ziegeleien. Verlag Paul Parey, Berlin.

samkeit und Sorgfalt. Die Pfeiler für die Gebäudestützen müssen vollkommen selbständig, also ohne Verbindung mit dem Ofenmauerwerk sein; sie sind bis auf festen Baugrund hinunter zu führen und deren Fundamente so breit zu bemessen, daß der Baugrund die auf ihn zu übertragende Last mit Sicherheit aufnehmen kann. Es ist deshalb nötig, die erforderliche Stärke der tragenden Bauteile, wie Säulen, Träger, Balken und Streben durch statische Berechnungen zu ermitteln. Das zur Verwendung kommende Bauholz muß gesund und trocken sein, alle Verbände sind genau passend herzustellen und mit eisernen Klammern und Schrauben zusammen zu halten, auch die Enden der Träger und Binderbalken durch Anker mit dem Mauerwerk der Gebäudeumfassungen zu verbinden.

VIII. Verdingung der Bauausführungen.

Wenn ein Ziegeleibesitzer nicht selbst Bauunternehmer ist, er aber den Bau eines Ofens oder einer Ziegelei kostensparnishalber in eigener Leitung unter Hinzuziehung eines am Orte wohnenden Maurermeisters oder Bauunternehmers ausführen möchte, weil dieser später Abnehmer der Ziegelerzeugnisse des Bauherrn ist, so empfiehlt es sich, mit dem Bauunternehmer über die Bauausführung und etwaige Lieferung von Baustoffen einen Vertrag abzuschließen.

Die Vergebung der Bauausführung an einen fremden Unternehmer unter Hinzuziehung auswärtiger Handwerker erweist sich nicht immer als zweckmäßig, namentlich, wenn das Bauwerk zu einem festen, gedrückten Preise vergeben wird. Es kann dann leicht vorkommen, daß das Bauwerk, weil der Unternehmer nicht zu Schaden kommen, bzw. nicht zu knapp verdienen möchte, nicht genügend sorgfältig und in manchen Teilen, die äußerlich nicht wahrnehmbar sind, zu schwach ausgeführt wird. Es stellt sich dann sehr bald die Notwendigkeit ein, größere Ausbesserungen am Bauwerk vorzunehmen, die dieses nie wieder in einen tadellosen Zustand zurückversetzen können. Die Unterhaltungskosten wachsen nach wenigen Jahren so hoch an, daß sie die ursprünglich ersparte Summe weit überschreiten, abgesehen davon, daß z. B. eine mangelhaft ausgeführte Ofenanlage dauernd Verluste durch Mehrverbrauch an Brennstoff und Erzielung minderwertiger Ware bringt.

Nirgends erweist sich bei dem wachsenden Wettbewerb die Hinzuziehung eines erfahrenen Fachingenieurs notwendiger und vorteilhafter, als beim Bau eines Brennofens. Zuweilen läßt sich der Bauherr verleiten, weil er selbst nicht Fachmann ist, von einem Unternehmer, der zufällig mal mit Maurerarbeiten beim Bau eines Brennofens beschäftigt war, einen ähnlichen Ofen bauen zu lassen. Später muß er die Wahrnehmung

machen, daß er einen großen Fehler begangen hat, der sich nicht wieder gut machen läßt. Ich rate deshalb dazu, sämtliche Bauzeichnungen von einem anerkannt tüchtigen Ziegelei-Ingenieur anfertigen zu lassen, der durch seine Erfahrungen Gewähr für die richtige Wahl des Ofens und die geeignete Bauart aller Einzelheiten bietet, dann die sachgemäße Ausführung der Anlage, wenn sie an einen Unternehmer vergeben werden oder unter eigener Leitung geschehen soll, von einem Bauführer derjenigen Firma, die die Bauzeichnungen geliefert hat, überwachen zu lassen.

Beim Vergeben der Gesamtausführung sind natürlich mancherlei örtliche und persönliche Rücksichten zu nehmen. Es kann z. B. vorkommen, daß der Bauherr, besonders wenn es sich um die Vergrößerung einer bestehenden Ziegelei handelt, alle Baustoffe oder wenigstens die Ziegel selbst liefert, und daß die Maurerarbeiten von einem Maurermeister, die Zimmerarbeiten von einem Zimmermeister usw. ausgeführt werden sollen; ferner ist es nicht selten, daß der Bauherr seine eigenen Arbeiter als Handlanger beschäftigt haben will usw. Alle diese Fälle müssen im Verträge verzeichnet sein.

Als Unterlage für die Abfassung eines Bauvertrages, wie er sich schon öfters in meiner Tätigkeit bewährt hat, möge folgender Vertragsentwurf dienen:

B a u v e r t r a g.

Zwischen der Firma N. N. als Bauherr und dem Bauunternehmer N. N. als Ausführenden sind heute folgende Bedingungen für den Bau der in beiliegenden Zeichnungen dargestellten Anlage vereinbart worden:

Der Bauunternehmer N. N. übernimmt die zum Bau der Anlage erforderlichen Erd-, Maurer-, Zimmer-, Dachdecker-, Tischler- und Klempnerarbeiten mit Lieferung folgender Materialien zu den in angeheftetem Kostenanschlage angesetzten Einzelpreisen unter folgenden Bedingungen:

§ 1. Die Arbeiten sind am in Angriff zu nehmen und so zu fördern, daß die Gesamtanlage in . . Wochen, also am fertiggestellt ist. Für jede Woche, um die dieser Zeitpunkt überschritten wird, soweit nicht durch Störungen höherer Gewalt Versäumnisse herbeigeführt werden, verfällt der Bauunternehmer N. N. in eine Verzugsstrafe von . . . Mark, um die ihm seine Schlußrechnung gekürzt wird.

§ 2. Sämtliche Arbeiten sind genau nach Zeichnung, bzw. nach den Angaben des Bauführers, den Regeln des Handwerks entsprechend, auszuführen.

§ 3. Sollten tiefere Grundmauern erforderlich sein, als in den Zeichnungen angegeben ist, so ist der Bauunternehmer N. N. zur Ausführung der Mehrarbeiten verpflichtet, und für die Berechnung derselben wird derjenige Einheitspreis zugrunde gelegt, der für die betreffende Arbeit im beigehefteten Kostenanschlage vorgesehen ist.

§ 4. Die zu liefernden Bauhölzer müssen trocken und von gesunder Beschaffenheit sowie fluchtrecht und rechtwinklig geschnitten oder beschlagen sein. Baumkanten an den starken Hölzern dürfen nur an einer Kante vorkommen und bei Balken am Zopfende 5 cm und bei Sparren 3 cm, in der Schräge gemessen, nicht überschreiten. Kleine Abweichungen von diesen Vorschriften sind nur mit Genehmigung des Bauführers zulässig. Beim Vermessen der Hölzer zur Abrechnung werden für Zapfen 5 cm angerechnet, bei allen anderen notwendigen Verbindungen soviel, wie sie wirklich betragen.

§ 5. Die Abnahme der vertraglich ausgeführten Arbeiten soll spätestens acht Tage nach ihrer vorschriftsmäßigen Vollendung erfolgen, und der Bauunternehmer hat bis dahin alle Berechnungen und Zeichnungen einzureichen. Die über die Abnahme mit dem Bauführer erfolgten Verhandlungen sind schriftlich aufzunehmen und vom Bauunternehmer mit zu unterschreiben.

§ 6. Für Arbeiten, die auf Veranlassung des Bauführers im Tagelohn ausgeführt werden, wird folgender Stundenlohn festgesetzt: Polier
Geselle, Lehrling, Handlanger

§ 7. Für Vorhaltung von Rüstungen und Gerätschaften erhält der Bauunternehmer N. N. eine Gebühr von . . . v. H. der Arbeitslöhne.

§ 8. Als Zahlungstermine gelten die folgenden:

§ 9. Die Stempelkosten dieses Vertrages, der in zwei gleichlautenden Ausfertigungen erfolgt, hat der Bauunternehmer N. N. zu tragen.

Sachverzeichnis.

- Abdichten der Erdringofendecke 44.
Abflußgräben für Tagewässer 60, 65.
Abführung der Rauchgase 41, 43.
Abwärmeverwertung bei Trockenanlagen 91—93.
Aethylen 9.
Anfertigung der Bauzeichnungen 95.
Aufbau eines Feldofens 27.
Ausführung der Grundmauern 69, 70.
Ausführung der Ofengewölbe 78.
Ausführung der Ofenwände 71—77.
Ausführung der Schornsteine 80.
Ausführung des Ofenpflasters 77.
Ausnutzung der Ofenwärme 13, 33.
Ausschaltung einzelner Ofenkammern aus dem Brennbetriebe 49.
- Bäuausführung durch Unternehmer 94.
Bäuausführung in eigener Leitung 94.
Baugrund, trockener, für Erdringöfen 45.
Bau und Einrichtung der Ofengebäude 88.
Baustoffe für Ofenaußenwände 73.
Baustoffe für Ofengewölbe 78.
Baustoffe für Ofeninnenwände 73.
Bauvertragsentwurf 95.
Berechnung der Schornsteinformziegel-Stückzahl 83, 84.
Bestimmung der Schornsteinabmessungen 81.
Bierschwanz-Einsatz im Ringofen mit überschlagender Flamme 48.
Blaudämpfofen 33.
Blitzableiter 82.
Brennen feiner Tonwaren 57.
Brennen glasierter Waren 59.
Brennen von Dachziegeln 46, 50.
Brennen von Eisenklinkern 48, 49.
Brennen von Schamottewaren 33, 52.
Brennen von Steinzeugrohren 33, 52.
Brennen von Wand- und Fußbodenplatten 33, 52.
Brennstoffe, Eigenschaften derselben 10.
Brennstoffe, flüssige 25.
Brennstoffe, gasförmige 24.
Brennstoffe, minderwertige 50, 51.
Brennstoffe, mulmige 18.
Brennstoffe, wasserhaltige 22.
- Brennstoff-Schütthöhe auf dem Rost 15.
Brennstoff-Schütthöhe im Generator 22.
Brennstoff-Verbrauch im Deutschen Ofen 31.
Brennstoff-Verbrauch im Feldofen 28.
Brennstoff-Verbrauch im Flammofen 32.
Brennstoff-Verbrauch im Ofen mit überschlagender Flamme 34.
- Dachfalzziegeleinsatz im Ringofen mit überschlagender Flamme 47.
Dämpfen der Ziegelware 11, 33.
Dehnungsfugen im inneren Ofenmauerwerk 77.
Deutscher Ofen 30.
Doppelmuffelofen 57, 58.
Drehrostgenerator 21.
- Eigenschaft der Brennstoffe bei ihrer Verbrennung 10.
Einfluß der in die Erde eindringenden Ofenwärme 61.
Einfluß der Zugkraft auf die Ofenleistung 37.
Einzelöfen 25.
Eisenklinkerbrennen 48.
Eisenoxyd 11, 34.
Eisenoxydul 11, 34.
Empfindlichkeit verschiedener Öfen gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit 63.
Entgasungsprozeß 11.
Entstehen des Schornsteinzuges 81.
Entstehen von Rissen im Ofenmauerwerk 76.
Entzündungstemperatur 8, 9, 13.
Erdbögen bei Grundmauern 70.
Erd- oder Naturgas 24.
Erdöl 25, 52.
Erstluft (Primärluft) 19.
- Färbung auf den Ziegelsteinen 11.
Feldofen oder Meiler 27.
Feuergase, Wirkung derselben 11.
Feuerfortschritt im Ringofen 37.
Feuerraum 16.
Feuerstelle, Ausbildung derselben 14.
Feuerung, Bedienung derselben 15.
Feuerwirkung, reduzierende 49.

Flammbarkeit der Brennstoffe 9.
 Flamme, leuchtende 10.
 Flamme, nicht leuchtende 11.
 Flamme, oxydierende 11.
 Flamme, rauchige 11.
 Flamme, reduzierende 10.
 Flammofen, einfacher 31.
 Flammofen, doppelter 32.
 Flüssige Brennstoffe 25.
 Flüssige Dämpfstoffe 33, 34.
 Fugendicke in Ofenwänden und Gewölben 75, 78.

Gasabkühlung 22.
 Gasarten, verschiedene 24.
 Gas, Brennbarkeit desselben 23.
 Gasbrenner 51, 52.
 Gasentzündung 8, 24.
 Gasentwicklung 22.
 Gasfeuerung 19.
 Gasförmige Brennstoffe 24.
 Gasgeneratoren 20.
 Gaskammerringofen mit einseitig überschlagender Flamme 52.
 Gaskammerringofen mit zweiseitig überschlagender Flamme 51.
 Gaskanalgefälle 22.
 Gasluftgemische 23, 24.
 Gasringofen 51.
 Gas, unvollkommene Verbrennung 23.
 Gasverbrennung 19.
 Gas, wasserhaltiges 22.
 Gebläse 20, 21.
 Gebäude über Erdringöfen 89.
 Generatoren mit bewegtem Rost 21.
 Generatoren mit festem Rost 20.
 Generatorgasfeuerung 51, 52.
 Generatorgröße 22.
 Glockenventile 42.
 Graphit 34.
 Grundmauern für stark belastete Gebäudepeiler 70.
 Gruppenöfen 26.
 Grundwasserbeseitigung 64.
 Günstigste Form für Schornsteine 82.

Halbgasfeuerung 19.
 Heizkraft 8.
 Heizwert und Zusammensetzung der wichtigsten Brennstoffe 8.
 Heizwert verschiedener Gase 24.
 Hitze, große, in entleerten Ofenkammern 41.
 Höhenlage der Brennofensohle 60, 62.

Ideale Wärmeausnutzung im Ringofen 36.
 Inbrandsetzen eines Feldofens 28.
 Instandhaltung von Ofenmauerwerk 75.
 Isolierung mittels Drainrohrkanälen 66.
 Isolierung mittels gemauerter Bodenkanäle 65.
 Isolierung mittels Stein- und Kiesschüttung 65.

Kammerringofen mit einseitig überschlagender Flamme 49.
 Kanal- oder Tunnelöfen 55, 56.
 Kanalöfen von Bock 56.
 Kasseler Flammofen 51.
 Klinkerbrennen 37, 48, 52.
 Kohlenfülltrichter 17, 18.
 Kohlenoxyd 9, 21.
 Kohlenoxydgas 19.
 Kohlensäure 9, 23.
 Kohlenstoff 9, 21.
 Kohlenstoff-Ablagerung 11.
 Kohlenwasserstoff 9, 21.
 Kohlenwasserstoffgas 19.
 Kreiselgebläse 54.

Lage, geeignetste, für eine Ziegelei 60.
 Längsheizwände 47.
 Langmuffelöfen 59.
 Leistung eines Ringofens 36.
 Leuchtende Flamme 10.
 Luftausdehnung 10.
 Luftbestandteile 9.
 Luftmengen, erforderliche, zur Verbrennung 9, 24.
 Luftüberschuß 16, 24, 48.

Mantelschornstein 85.
 Maßbestimmung eines Schornsteins 81.
 Mittel gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit 60, 62, 64—68.
 Mörtel für Grundmauern, Ofenmauerwerk und Gewölbe 71, 74, 78.
 Muffelöfen 57, 58.
 Muffelöfen für ununterbrochenen Betrieb 58.
 Muffelöfen mit wagerechter Flammenführung 59.

Nachteile der Sandfüllung in den Ofenwänden 71, 72.
 Nachteile feuchten Baugrundes für Brennöfen 62.
 Naturgas 24.
 Niederdruck-Luftbrenner 54.
 Nutzbare Verwertung minderwertiger Brennstoffe 50.

Öfen für kleine Leistungen 40.
 Öfen für vorübergehenden Bedarf 27.
 Ölbehälter 53, 54.
 Ölbrenner 54.
 Ölf Feuerungen 53, 54.
 Ölzuleitung 54.
 Ofengruppe mit Wärmeüberführung 33, 35.
 Ofen mit überschlagender Flamme 33.
 Ofensohle, bewegliche 56.
 Ofenverankerungen 76.
 Offener oder Deutscher Ofen 30.
 Oxydierende Flamme 11.

- Petroleum-Rückstände 25.
 Planrostfeuerung 16.
 Pyrochemischer Prozeß 13.
 Pyrometer 14.
- Rauchige Flamme 11.
 Rauchsammler 42.
 Rauchüberführungsrohre 42.
 Reduzierende Flamme 10.
 Ringöfen 26.
 Ringofen, Abführung der Rauchgase 41.
 Ringofen, Abmessungen desselben 36, 37, 40.
 Ringofen, Anwendung desselben 37.
 Ringofen-Brennkanallänge 36, 40.
 Ringofen, Leistung desselben 36.
 Ringofen mit abgerundeten Endkammern 39.
 Ringofen mit eckigen Endkammern 39.
 Ringofengebäude mit Trockeneinrichtungen über dem Ofen 91, 92, 93.
 Ringofengebäude mit Pappdach 90.
 Ringofengebäude mit Pfettendach 90.
 Ringofengebäude mit Ziegeldach 90.
 Ringofen mit oberem Rauchabzug 42.
 Ringofen mit Planrost-Unterfeuerung 49.
 Ringofen mit Rohöl-Zerstäuberfeuerung 50.
 Ringofen mit Schrägrost-Seitenfeuerung 50.
 Ringofen mit unterem Rauchabzug 42.
 Ringofen mit Tropföffeuerung 53.
 Ringofen mit zweiseitig überschlagender Flamme 46.
 Ringofen, kreisrunder 36.
 Ringofen ohne Gewölbe 45.
 Rissigwerden der Ziegel 37.
 Rohöl 25, 52.
 Rohöl-Zerstäuberfeuerung 54.
 Roststäbe 17.
 Runde Schornsteinsäule 82.
- Sandfüllung in den Ofenwänden 71, 72.
 Sauerstoff 9, 16, 21.
 Schädlichkeit feuchten Baugrundes 60, 65.
 Schädlichkeit undichter Sohlisolierung 64.
 Schamottefutter 17, 73.
 Schichtenanordnung in schrägen Ofenwänden 72.
 Schlackenbildung 20, 50.
 Schlitzweiten zwischen Roststäben 17.
 Schmauchen und Vorwärmen 33, 43.
 Segerkegel 14.
 Senkungen durch Austrocknen des Erdbodens 61, 70.
 Sicherung gegen Überschwemmung durch Hochwasser 60, 62.
 Silberglanz 34.
 Standort für den Ofen 60.
 Stauung des Feuerlaufes 40.
 Stickstoff 9.
 Sumpf- oder Grubengas 9.
- Teerfeuerungseinrichtung 54.
 Teerwasser 22, 54.
 Teerwassergrube 23.
 Teilringofen 31, 41.
 Tiefe der Grundmauern 70.
 Temperaturmessung 14.
 Treppenrost 14.
 Treppenrostfeuerung 18.
 Trockenfugen im äußeren Ofenmauerwerk 76.
 Tropföffeuerung 53.
 Tunnelöfen 55, 56.
- Undichtwerden der Glockenventile 42.
 Ungebrannte Ziegel für Ofenbauten 73.
 Untersuchung des Baugrundes auf Vorhandensein von Grundwasser 60, 62.
 Unterwind 20.
 Ursachen der Verwitterung von Schornsteinen 86.
 Ununterbochener Brennbetrieb im Ringofen 35.
- Verbrennung, unvollkommene 9, 12.
 Verbrennung, vollkommene 9, 12.
 Verbrennungsluft 20.
 Verbrennungsprozeß 12.
 Verbrennungstemperatur 12, 13.
 Verbundofen m. überschlagender Flamme 35.
 Verdingung von Bauausführungen 94.
 Vergasungsprozeß 11, 20, 21.
 Verluste durch mangelhafte Bauausführung 94.
 Verschiedene Isoliermittel gegen aufsteigende Erdfeuchtigkeit 64.
 Vorschriften für die Standfestigkeitsberechnung von Schornsteinen 87.
 Vorteile der Trockenanlagen über Ringöfen 91.
 Vorteile der Verwendung von Formziegeln 79, 80.
 Vorteile des Brennens mit überschlagender Flamme 33, 48.
 Vorteile des Kanalofenbetriebes 57.
- Wärmeausnutzung 13, 26.
 Wärmeeinheit 7.
 Wärmeüberführung 33, 35, 43.
 Wahl der geeigneten Baustelle 60, 62.
 Wahl eines Brennofens 26.
 Wasserdampf im Gas 22.
 Wasserstoff 9, 20, 21.
 Widerstände im Feuerlauf 40.
 Windleitung 54.
 Wirkung der Feuergase 11.
- Zickzack-Ringofen 40.
 Zug, künstlicher 40.
 Zug, natürlicher 37.
 Zugerzeuger 37.
 Zweitluft (Sekundärluft) 19.

Bezugsquellen-Nachweis.

(Es empfiehlt sich, den ausführlichen Anzeigenteil besonders zu beachten.)

Abschneideapparate.

Th. Groke A.-G., Merseburg.

Abschneidedraht.

Stahl- und Drahtwerk Rösau, Rösau (Bayern).

Anstreichmaschinen für Ringöfen.

L. Ritter, Kom.-Ges., Wallau/Lahn 19.

Apparate für die moderne Ziegelei-Industrie.

Ziegeleiapparatebau G. m. b. H., Schweigern (Baden).

Armaturen.

Eisenhütten- u. Emaillierwerk Tangerhütte, Franz Wagenführ, Tangerhütte (Pr. Sa.).

von Arnimsches Eisenwerk „Marienhütte“, Groß-Auheim bei Hanau am Main.

Aufbereitungsmaschinen.

Gielow & Schlutius, G. m. b. H., Düsseldorf, Oststraße 128/132.

Baukeramik.

Keramische Zentrale Bruno Gravenhorst G. m. b. H., Düsseldorf, Schadowplatz 14.

Beschicker.

Th. Groke A.-G., Merseburg.

Blaudampföfen.

L. Rabinowicz, Frankfurt a. M., Beethovenstr. 9.

Bleierz.

Hermann Lange, Glasuren-Fabrik und Mineral-Mahlwerke, Cüstrin-Neustadt.

L. Rabinowicz, Frankfurt a. M., Beethovenstr. 9.

Bleiglätte.

Hermann Lange, Glasuren-Fabrik und Mineral-Mahlwerke, Cüstrin-Neustadt.

Braunkohlen.

Gust. Schneider & Co., G. m. b. H., München, Barerstr. 14.

Braunkohlenbriketts.

Ostelbisches Braunkohlensyndikat G. m. b. H., Berlin NW 7, Bunsenstr. 2, Braunkohlenhaus.

Gust. Schneider & Co., G. m. b. H., München, Barerstr. 14.

Braunstein.

Hermann Lange, Glasuren-Fabrik und Mineral-Mahlwerke, Cüstrin-Neustadt.

L. Rabinowicz, Frankfurt a. M., Beethovenstr. 9.

Brennöfen.

Gebrüder Bühler, Uzwil (Schweiz).

Dampfkesselanlagen.

J. A. Topf & Söhne, Erfurt.

Dampfluftheritzer.

Danneberg & Quandt, Abt. 2, Berlin-Lichtenberg, Siegfriedstr. 49/53.

Dieselmotoren.

Motorenfabrik Darmstadt A.-G., Darmstadt.

Eisenbahnmateriale.

Glässig & Schollwer, Feldbahnfabrik, Schüren, Kreis Hörde (Westfalen).

Engoben

ff. gemahlen rot und altfarbig.

L. Rabinowicz, Frankfurt a. M., Beethovenstr. 9.

Dr. Julius Bidtel, Keram. Chemische Fabrik, Meißen.

Engobenton

rot und altfarbig.

L. Rabinowicz, Frankfurt a. M., Beethovenstr. 9.

Erztrocknung.

Möller u. Pfeifer, Berlin W 10, Friedrich-Wilhelm-Straße 19.

Falzziegelformgips

Deutscher und Pariser.

L. Rabinowicz, Frankfurt a. M., Beethovenstr. 9.

Farbtöne.

Gewerkschaft Westend, Bonn.

Feinaufbereitungswalzwerke.

Th. Groke A.-G., Merseburg.

Feinwalzwerke.

Kleemann's Vereinigte Fabriken, Stuttgart-Ober-türkheim.

F. Hoffmann, Maschinenfabrik und Eisengießerei, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Finsterwalde (N.-L.).

Feldbahnen.

Glässig & Schollwer, Schüren, Kreis Hörde (Westfalen).

Feuerfeste Erzeugnisse.

Stettiner Chamotte-Fabrik A.-G. vorm. Didier, Generalverwaltung: Berlin-Wilmersdorf, Westfälische Str. 90.

Gewerkschaft Bernhardsglück, Chamotte- und Dinaswerke, Witten/Ruhr.

Berthold Probst G. m. b. H., Schamottewerk, Möhringen-Stuttgart.

Stellawerk-Aktiengesellschaft vormals Wilisch & Co., Homburg (Niederrhein) — Breslau 18. Fabriken in Berg-Gladbach bei Köln, Niederdollendorf am Rhein, Königswinter am Rhein, Ratibor O.-S., Oppeln-Szczepanowitz, Bad Lausick i. Sa., Weidenau (Schlesien, C. S. R.), Bunzlau i. Schles., Jesau bei Kamenz i. Sa., Dubrauke bei Baruth i. Sa.

Feuerfeste Steine.

C. E. Otto Ackermann, Dresden-A. 1, Plauenscher Platz Nr. 1.

Buca Klinkerwerke A.-G., Buchwäldchen bei Calau (N.-L.).

Feuerungen.

J. A. Topf & Söhne, Erfurt.

Formen.

H. H. Mulder, Maschinenfabrik, Tegelen b. Venlo (Holland).

Form- und Mischsande.

Gewerkschaft Westend, Bonn.

Gasfeuerung.

Georg Mendheim, Zivil-Ingenieur, München, Römerstraße 6.

Gaskoks.

Gust. Schneider & Co., G. m. b. H., München, Barerstr. 14.

Gebläse.

Danneberg & Quandt, Abt. 2, Berlin-Lichtenberg, Siegfriedstr. 49/53.

Gebrüder Kreisel, Keula O.-L. 4.

Gekuppelte Öfen, Rund- und Vierecköfen.

Paul A. F. Schulze, Dresden-A. 28, Malterstr. 44.

Gips- und Kalkbrennöfen.

Otto Bock, Techn. Bureau, Inh. Ziegelei-Ingenieur A. Nawrath, Berlin NW 21, Turmstr. 34.

Glasuren.

L. Rabinowicz, Frankfurt a. M., Beethovenstr. 9. Dr. Julius Bidtel, Keram. Chemische Fabrik, Meißen.

Hammermühlen.

F. Hoffmann, Maschinenfabrik und Eisengießerei, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Finsterwalde (N.-L.).

Heizwände für Klinker im Ringofen.

Feuerungsbau C. Roschmann, Hennigsdorf b. Berlin.

Hochfeuerfester Bindeton.

Gräflich Lippe'sche Steinbruchverwaltung Berlin W 10, Margaretenstr. 1 u. See b. Niesky (O.-L.)

Kalkmühlen.

F. Hoffmann, Maschinenfabrik und Eisengießerei, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Finsterwalde (N.-L.).

Kalkwerke.

Eckardt & Hotop, G. m. b. H., Berlin W 30, Neue Winterfeldstr. 28.

Kalk- und Gipsbrennöfen.

Otto Bock, Techn. Bureau, Inh. Ziegelei-Ingenieur A. Nawrath, Berlin NW 21, Turmstr. 34.

Kammeröfen.

Paul A. F. Schulze, Dresden-A. 28, Malterstr. 44. Georg Mendheim, Zivil-Ingenieur, München, Römerstraße 6.

Kammeröfen für Klinker.

Feuerungsbau C. Roschmann, Hennigsdorf b. Berlin.

Keramische und ff. Tone.

Gewerkschaft Westend, Bonn.

Kesseleinbauten.

Eckardt & Hotop G. m. b. H., Berlin W 30, Neue Winterfeldstr. 28.

Kesseleinmauerungen.

Paul A. F. Schulze, Dresden-A. 28, Malterstr. 44.

Kettenbahnen.

Th. Groke A.-G., Merseburg.

Klinker.

Keramische Zentrale Bruno Gravenhorst G. m. b. H., Düsseldorf, Schadowplatz 14.

Klinkerbrennöfen.

Feuerungsbau C. Roschmann, Hennigsdorf b. Berlin.

Klinkerton.

Gräfling Lippe'sche Steinbruchverwaltung, Berlin W 10, Margaretenstr. 1 und See b. Niesky (O.L.).
Gewerkschaft Westend, Bonn.

Klinkerzusatzton.

L. Rabinowicz, Frankfurt a. M., Beethovenstr. 9.

Kohletrocknung.

Möller & Pfeifer, Berlin W 10, Friedrich-Wilhelm-Straße 19.

Kohlenbeschickungsapparate.

Ingenieur Gairing, Maschinenfabrik G. m. b. H., Riedlingen a. D. (Württemberg).

Kollergangbleche aus S. D. W.-Doppelhartstahl.
Stahl- und Drahtwerk Rösau, Rösau (Bayern).

Kollergänge.

Th. Groke A.-G., Merseburg.

Kontrollgeräte.

„Kosmos“ M. Hochapfel & Co., Göttingen 164 Z.

Kugelmühlen.

Th. Groke A.-G., Merseburg.
F. Hoffmann, Maschinenfabrik und Eisengießerei, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Finsterwalde (N.-L.).

Kupferoxyd.

Hermann Lange, Glasuren-Fabrik und Mineral-Mahlwerke, Cüstrin-Neustadt.

Laboratorium.

Chemisches Laboratorium für Tonindustrie Prof. Dr. H. Seger & E. Cramer, G. m. b. H., Berlin NW 21, Dreysesstr. 4.

Luftherhitzer.

J. A. Topf & Söhne, Erfurt.

Luftherhitzer für Heizungs- und Trockenanlagen.
Akt.-Ges. A. Hering, Nürnberg.

Manganton.

L. Rabinowicz, Frankfurt a. M., Beethovenstr. 9.
Gewerkschaft Westend, Bonn.

Meßgeräte.

„Kosmos“ M. Hochapfel & Co., Göttingen 164 Z.

Mischmaschinen.

Gielow & Schlutius, G. m. b. H.; Düsseldorf, Oststraße 128/132.

Muffelöfen.

Paul A. F. Schulze, Dresden-A. 28, Malterstr. 44.
Georg Mendheim, Zivil-Ingenieur, München, Römerstraße 6.

Nachpressen.

Th. Groke A.-G., Merseburg.

Ofen-Entlüftungen.

Gebrüder Kreisel, Keula O.-L. 4.

Pläne und Projekte für Ziegeleianlagen, Tonwaren-, Schamotte- und Kalkwerke.

Jakob Bühner, Ziegeleitechnisches Büro, Komm.-Ges., Konstanz.

Präzisions-Feuchtigkeitsmesser.

„Kosmos“ M. Hochapfel & Co., Göttingen 164 Z.

Präzisions-Temperaturenmesser.

„Kosmos“ M. Hochapfel & Co., Göttingen 164 Z.

Pyrometer aller Arten.

Pyro-Werk Dr. Rudolf Hase, Hannover.

„Kosmos“ M. Hochapfel & Co., Göttingen 164 Z.

Quarzsand- und -kies.

Gewerkschaft Westend, Bonn.

Rauchgasluftherhitzer zur Abwärmeverwertung.

Danneberg & Quandt, Abt. 2, Berlin-Lichtenberg, Siegfriedstr. 49/53.

Gebrüder Kreisel, Keula O.-L. 4.

Revolverdachziegelpressen.

H. H. Mulder, Maschinenfabrik, Tegelen bei Venlo (Holland).

Ring-Öfen.

Otto Bock, Techn. Bureau, Inh. Ziegelei-Ingenieur A. Nawrath, Berlin NW 21, Turmstr. 34.

Harzer Achsenwerke, Bornum a. Harz.

Paul A. F. Schulze, Dresden-A. 28, Malterstr. 44.
Georg Mendheim, Zivil-Ingenieur, München, Römerstraße 6.

Ring- und Zickzack-Öfen zum Brennen von Ziegelwaren aller Art.

Jakob Bühner, Ziegeleitechnisches Büro, Komm.-Ges., Konstanz.

Rippenrohre.

Akt.-Ges. A. Hering, Nürnberg.

Rohre.

Hannoversche Montanges. m. b. H., Hannover-Linden, Davenstedter Str. 114.

Roststäbe.

J. Kemna, Breslau 5.

Rösau-Stahldraht.

Stahl- und Drahtwerk Rösau, Rösau (Bayern).

Roststäbe.

Harzer Achsenwerke, Bornum a. Harz.

Salztrocknung.

Möller & Pfeifer, Berlin W 10, Friedrich-Wilhelm-Straße 19.

Saugzugventilatoren.

Danneberg & Quandt, Abt. 2, Berlin-Lichtenberg, Siegfriedstr. 49/53.

Gebrüder Kreisel, Keula O.-L. 4.

Schamottemörtel.

Gewerkschaft Westend, Bonn.

Schamottenormal- und Formsteine.

Gebr. Salomon G. m. b. H., Berlin NW 40, Alt-Moabit 139.

Schamottesteine.
 Wilhelm Gail'sche Tonwerke, Aktien-Gesellschaft, Gießen.
 C. E. Otto Ackermann, Dresden-A. 1, Plauenscher Platz Nr. 1.

Schlagkreuzmühlen.
 F. Hoffmann, Maschinenfabrik und Eisengießerei, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Finsterwalde (N.-L.).

Schmauchthermometer.
 Chemisches Laboratorium für Tonindustrie, Prof. Dr. H. Seger & E. Cramer G. m. b. H., Berlin NW 21, Dreysestr. 4.

Schmelzöfen.
 Paul A. F. Schulze, Dresden-A. 28, Malterstr. 44.

Schornsteine.
 Eckardt & Hotop, G. m. b. H., Berlin W 30, Neue Winterfeldstr. 28.
 Paul A. F. Schulze, Dresden-A. 28, Malterstr. 44.

Schulen.
 Baukeramische Fachschule (Zieglerische) Technikum Sternberg (Mecklenburg).

Schürapparate.
 Ingenieur Gairing, Maschinenfabrik, G. m. b. H., Riedlingen a. D. (Württemberg).

Schüttlochsteine.
 Gebr. Salomon G. m. b. H., Berlin NW 40, Alt-Moabit 139.

Segerkegel.
 Chemisches Laboratorium für Tonindustrie Prof. Dr. H. Seger & E. Cramer, G. m. b. H., Berlin NW 21, Dreysestr. 4.

Seilgleisbahnen.
 Th. Groke A.-G., Merseburg.

Steinbrecher.
 Th. Groke A.-G., Merseburg.
 F. Hoffmann, Maschinenfabrik und Eisengießerei, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Finsterwalde (N.-L.).

S'einkohlen.
 Gust. Schneider & Co., G. m. b. H., München, Barerstr. 14.

Steinkohlenbriketts.
 Gust. Schneider & Co., G. m. b. H., München, Barerstr. 14.

Steinzeugton.
 Gräfl. Lippe'sche Steinbruchverwaltung, Berlin W 10, Margaretenstr. 1 u. See b. Niesky (O.-L.), Gewerkschaft Westend, Bonn.

Tonaufzüge.
 Th. Groke A.-G., Merseburg.
 F. Hoffmann, Maschinenfabrik und Eisengießerei, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Finsterwalde (N.-L.).

Ton schwarzbrennend.
 L. Rabinowicz, Frankfurt a. M., Beethovenstr. 9.
 Gielow & Schlutius, G. m. b. H., Düsseldorf, Oststraße 128/132.

Tonmehl.
 Gewerkschaft Westend, Bonn.

Tonreiniger.
 Gielow & Schlutius, G. m. b. H., Düsseldorf, Oststraße 128/132.

Tonwarenfabriken.
 Otto Bock, Techn. Bureau, Inh. Ziegelei-Ingenieur A. Nawrath, Berlin NW 21, Turmstr. 34.
 Eckardt & Hotop G. m. b. H., Berlin W 30, Neue Winterfeldstr. 28.
 Paul A. F. Schulze, Dresden-A. 28, Malterstr. 44.

Trocken-Anlagen.
 Otto Bock, Techn. Bureau, Inh. Ziegelei-Ingenieur A. Nawrath, Berlin NW 21, Turmstr. 34.
 Eckardt & Hotop G. m. b. H., Berlin W 30, Neue Winterfeldstr. 28.
 Keller & Co., Maschinenfabrik, Laggenbeck i. Westf. Akt.-Ges. A. Hering, Nürnberg.
 Gebrüder Bühler, Uzwil (Schweiz).

Trockenanlagen, unter Ausnützung der Abwärme.
 Jakob Bühler, Ziegeleitechnisches Büro, Komm.-Ges., Konstanz.

Trommelmühlen.

Paul A. F. Schulze, Dresden-A. 28, Malterstr. 44.
 F. Hoffmann, Maschinenfabrik und Eisengießerei, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Finsterwalde (N.-L.).

Tunnelöfen.

Paul A. F. Schulze, Dresden-A. 28, Malterstr. 44.
 Georg Mendheim, Zivil-Ingenieur, München, Römerstraße 6.

Keramische Industrie-Bedarfs-Aktien-Gesellschaft, Meißen i. Sa.

Feuerungsbau C. Roschmann, Hennigsdorf b. Berlin.

Unterwindventilatoren.

Danneberg & Quandt, Abt. 2, Berlin-Lichtenberg, Siegfriedstr. 49/53.

Gebrüder Kreisel, Keula O.-L. 4.

Ventilatoren.

Danneberg & Quandt, Abt. 2, Berlin-Lichtenberg, Siegfriedstr. 49/53.

Gebrüder Kreisel, Keula O.-L. 4.

Verblendsteine.

Keramische Zentrale Bruno Gravenhorst G. m. b. H., Düsseldorf, Schadowplatz 14.

Verblendsteinemaillen.

Hermann Lange, Glasuren-Fabrik und Mineral-Mahlwerke, Cüstrin-Neustadt.

Warmluftabsaugungen.

Gebrüder Kreisel, Keula O.-L. 4.

Weiterkundliche Apparate.

„Kosmos“, M. Hochapfel & Co., Göttingen 164 Z.

Zeitungen.

Deutsche Ton- und Ziegelzeitung, Berlin W 10, Genthiner Str. 43.

Süddeutsche Tonindustrie München, Schellingstr. 39/45.
 Der Meister und Betriebsleiter, Petzold-Druck, Hoya-Weser.

Zellen-Trocken-Trommeln.

Möller u. Pfeifer, Berlin W 10, Friedrich-Wilhelm-Straße 19.

Zement ff.

Gewerkschaft Westend, Bonn.

Ziegeleianlagen.

Otto Bock, Techn. Bureau, Inh. Ziegelei-Ingenieur A. Nawrath, Berlin NW 21, Turmstr. 34.

Ing. H. Steinbrück G. m. b. H., Graz.

Georg Zehner, Techn. Büro für Ziegel- u. Kalkwerke, Wiesbaden.

Eckardt & Hotop G. m. b. H., Berlin W 30, Neue Winterfeldstr. 28.

Paul A. F. Schulze, Dresden-A. 28, Malterstr. 44.
 Jakob Bühler, Ziegeleitechnisches Büro, Komm.-Ges., Konstanz.

Ziegeleiapparatebau G. m. b. H., Schwaigern (Bad.).
 Gebrüder Bühler, Uzwil (Schweiz).

Ziegeleimaschinenfabrik.

Ing. H. Steinbrück G. m. b. H., Graz.

Gebrüder Bühler, Uzwil (Schweiz).

Ziegelglasuren.

Hermann Lange, Glasuren-Fabrik und Mineral-Mahlwerke, Cüstrin-Neustadt.

Ziegelpressen.

Kleemann's Vereinigte Fabriken, Stuttgart-Ober-
 türkeim.

Th. Groke A.-G., Merseburg.

F. Hoffmann, Maschinenfabrik und Eisengießerei, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Finsterwalde (N.-L.).

Zimmermannwalzwerke.

Th. Groke A.-G., Merseburg.

Zugmesser.

Chemisches Laboratorium für Tonindustrie Prof. Dr. H. Seger & E. Cramer G. m. b. H., Berlin NW 21, Dreysestr. 4.