

Die Ölfeuerungstechnik

Von

Dr.-Ing. O. A. Essich

Mit 168 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1919

Die Ölfeuerungstechnik

Von

Dr.-Ing. O. A. Essich

Mit 168 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1919

Alle Rechte,
insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen,
vorbehalten.
ISBN 978-3-662-42234-2 ISBN 978-3-662-42503-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-42503-9
Copyright 1919 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg
Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1919.

Vorwort.

Die Ölfeuerungstechnik, in den Rohöl erzeugenden Ländern so alt wie die Ölgewinnung selbst, hat im 19. Jahrhundert äußerst langsame Fortschritte gemacht. Dies lag vor allem daran, daß der Ölpreis sehr niedrig war und infolgedessen selbst technisch unvollkommene Feuerungen immer noch wirtschaftlich wettbewerbsfähig waren. Dies wurde erst anders, als sich die Ölfeuerung auch in denjenigen Ländern einfuhrte, welche selbst kein Rohöl erzeugten. Wenn auch dort, speziell in Deutschland, als Ersatz Steinkohlenteeröle und andere ähnliche Öle zur Verfügung standen, so war doch die Menge derselben nicht so groß, daß die rasch wachsende Nachfrage den Preis nicht in die Höhe getrieben hätte. Dieser Preis ließ zwar in vielen Fällen noch eine wirtschaftliche Anwendung der Ölfeuerung zu, er führte aber dazu, daß, während in den Rohölländern auf geringen Ölverbrauch vielfach überhaupt kein Wert gelegt wurde, wenn nur die Feuerung selbst einfach und billig war und zuverlässig arbeitete, in den rohölarmen Ländern, speziell Deutschland, von der Feuerung außerdem verlangt wurde, daß der Brennstoff höchstmöglich ausgenutzt würde und die Zerstäubungseinrichtung möglichst geringe Betriebskosten verursache. Die deutsche Ölfeuerungsindustrie hat sich diesen Forderungen rasch angepaßt und Konstruktionen herausgebracht, die zum Teil mit Pressungen bis herab zu 150 und 100 mm WS. arbeiten, also mit in vielen Betrieben vorhandenen Schmiedeventilatoren betrieben werden können und den Brennstoff gut zerstäuben und mit geringstem Luftüberschuß verbrennen. Diese Erfolge haben denn auch dazu beigetragen, daß sich die Ölfeuerung rasch in vielen Betrieben einfuhrte, und es ist über Ölfeuerungsanlagen in einer Reihe deutscher Zeitschriften und sonstigen Einzeldarstellungen eingehend berichtet worden. Eine zusammenhängende, ausführliche und zeitgemäße Darstellung des heutigen Standes der Ölfeuerungstechnik fehlte jedoch bisher. Ich habe es mir daher zur Aufgabe gemacht, in vorliegendem Buche die Lücke auszufüllen, und habe diese Aufgabe für um so wichtiger gehalten, als zurzeit Versuche im Gange sind, den wichtigsten aller Brennstoffe, die Kohle, in wirtschaftlicher Weise durch Anreicherung mit Wasserstoff auf chemischem Wege zu verflüssigen. Mit der Erreichung dieses Zieles würde die Ölfeuerungstechnik zum wichtigsten Teil der Feuerungstechnik überhaupt.

Die theoretischen Erörterungen der vorliegenden Arbeit beruhen teils auf in der Praxis beim Bau von Ölfeuerungsanlagen gesammelten Erfahrungen, teils auf besonders hierzu angestellten Versuchen. Dasselbe gilt von vielen der wiedergegebenen Ofen- und Düsenkonstruktionen. In übrigen habe ich es mir zur Aufgabe gemacht, aus den wichtigsten Einzelveröffentlichungen in den technischen Zeitschriften der letzten Jahre (insbesondere »Feuerungstechnik«, »Zeitschrift für Dampfkessel- und Maschinenbetrieb«, »Glückauf«, »Petroleum«, »Stahl und Eisen« das für die Allgemeinheit Wissenswerte zu zitieren (s. Literaturverzeichnis). Endlich und nicht zum wenigsten verdanke ich einen Teil des veröffentlichten Materials den Ölfeuerungsfirmen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, die mich in entgegenkommendster Weise mit Zeichnungen und Mitteilungen unterstützten, wofür ich ihnen auch an dieser Stelle meinen Dank ausspreche. Ich hoffe in dem vorliegenden Buche gleichermaßen Anregungen für die Konstruktion wie für die Anwendung der Ölfeuerungen zu geben.

Breslau, Januar 1919.

Der Verfasser.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Vorwort.	III
Literaturverzeichnis	VI
I. Die Heizöle	1
II. Die Grundlagen der Wirtschaftlichkeit der Ölfeuerung	4
III. Die Technik der Ölfeuerung	6
1) Die physikalischen Vorgänge bei der Ölverbrennung.	6
2) Die gebläselosen Ölfeuerungen	11
3) Die Zerstäuberbrenner	15
a. Die Grundlagen der Zerstäubungsverfahren	15
b. Die Druckzerstäuber	16
c. Die Luft- und Dampfzerstäuber	20
4) Die Hilfsmaschinen und Apparate der Ölfeuerungstechnik	39
Ölbehälter	39
Ölleitungen	40
Ölventile.	41
Ölpumpen	42
Ölfilter	42
Ölvorwärmer	44
Gebläse	45
Luftleitungen.	45
IV. Die Anwendungsgebiete der Ölfeuerung.	46
1) Dampfkesselfeuerungen	46
Schiffskesselölfeuerungen	46
Lokomotivkesselölfeuerungen	48
Ortsfeste Kessel mit Ölfeuerung	53
2) Industrieofenfeuerungen	55
Allgemeine Einbaugrundsätze	55
Muffelöfen	57
Glühöfen.	61
Topfglühöfen.	65
Salzbadhärteöfen	68
Wärmöfen	68
Warmpreßöfen	69
Wärmöfen für Stangenmaterial	70
Schmiedeöfen.	72

	Seite
Schweißöfen	75
Zinkschmelzöfen und Verzinkungspfannen	76
Tiegelschmelzöfen.	78
Tiegellose Schmelzöfen	82
Martinöfen.	85
Schmelz- und Röstöfen	90
Tauchlötöfen	91
Trockenkammern	91
Glasschmelzöfen	91

Literatur.

- Hausenfelder**, Teerölverwertung für Heiz- und Kraftzwecke. (Stahl u. Eisen, 1912.)
- Roßmäßler**, Die flüssigen Heizmaterialien und ihre Anwendung.
- Sußmann**, Ölfeuerungen für Lokomotiven.
- Essich**, Über Ölfeuerungen mit besonderer Berücksichtigung der Zerstäuberbrenner. (Petroleum, 1915.)
- Essich**, Über Öldruckzerstäuber. (Feuerungstechnik, 1915.)
- Essich**, Zerstäuberbrenner für Öl. (Feuerungstechnik, 1915.)
- Meier**, Öl- und Gasfeuerungen. (Technische Mitteilungen, 1915.)
- Ring**, Anlage und Betrieb eines Kleinmartinofens mit Teerölfeuerung. (Stahl und Eisen, 1914.)
- Schweitzer**, Rohölfeuerung in mexikanischen Hüttenwerken. (Stahl u. Eisen.)
- Krafft**, Residuenfeuerungen bei den rumänischen Staatsbahnen. (Feuerungstechnik, 1912.)
- Hartmann**, Versuch mit einem Calorex muffelfeuer bei Kesselausbesserungen. (Z. d. V. d. I., 1911.)
- Schmitz**, Die flüssigen Brennstoffe.

I. Die Heizöle.

Mit Heizöl bezeichnet man diejenigen flüssigen Brennstoffe, welche in der Hauptsache aus Kohlenstoff und Wasserstoff, daneben Schwefel, Sauerstoff und Stickstoff bestehen, im allgemeinen bei niederen Temperaturen dickflüssig sind und bei der Verdampfung einen festen Rückstand, im wesentlichen Kohlenstoff, hinterlassen. Für die Beurteilung der Verwendbarkeit für Heizzwecke sind hauptsächlich folgende Eigenschaften maßgebend:

Chemische Zusammensetzung,
Heizwert,
Luftbedarf,
Flammpunkt,
Viskosität,
spezifisches Gewicht.

Der Heizwert kann aus der chemischen Zusammensetzung nach der Verbandsformel $H_u = 8100 C + 29000 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2500 \cdot S - W$ berechnet werden, wobei H_u den unteren Heizwert von 1 kg Öl, C den darin enthaltenen Kohlenstoff, H den darin enthaltenen Wasserstoff, S den darin enthaltenen Schwefel, W das darin enthaltene Wasser bedeutet. Diese Berechnung gibt jedoch den Heizwert nur annähernd wieder. Seine genaue Bestimmung kann nur durch die kalorimetrische Bombe erfolgen.

Der Luftbedarf läßt sich aus der Formel¹⁾

$$L = \frac{\frac{8}{3} C + 8 H + S - O}{0,23} \text{ kg}$$

berechnen.

Unter Flammpunkt versteht man die niedrigste Temperatur, bei der die dem Öl entweichenden Dämpfe mit der Luft ein brennbares Gemisch bilden; unter Viskosität den Quotienten der Ausflußzeiten von 200 cm³ der betreffenden Flüssigkeit und reinem Wasser unter gleichen Bedingungen. Die Viskosität ändert sich mit der Temperatur, es sollte daher stets angegeben werden, bei welcher Temperatur sie gemessen ist.

Die Heizöle, welche für die Verfeuerung in industriellen Betrieben in Betracht kommen, lassen sich in der Hauptsache in zwei Gruppen einteilen:

- 1) das Erdöl und seine Verarbeitungsprodukte,
- 2) der Steinkohlenteer und der Braunkohlenteer und ihre Verarbeitungsprodukte.

¹⁾ Schmitz, Die flüssigen Brennstoffe, S. 14.

1) **Das Erdöl und seine Verarbeitungsprodukte.** Das Erdöl (Rohöl, Naphtha) findet sich in einer Reihe von Ländern, hauptsächlich den Vereinigten Staaten, Kanada, Rußland, Galizien, Rumänien, Indien, Japan, Mexiko, Peru, Deutschland, Italien. Die Weltproduktion wird für 1917 auf rund 60 Millionen Tonnen angegeben. Die Tabelle der Heizöle gibt über spezifisches Gewicht, Flammpunkt und Zusammensetzung Aufschluß.

Der Heizwert des Rohöls schwankt zwischen 9500 und 11500 WE. Das Rohöl wird durch fraktionierte Destillation in folgende Bestandteile zerlegt: Benzin, Petroleum, Gasöl, als Rückstand verbleibt Masut.

Die ersten beiden Destillationsprodukte kommen als Heizöle nicht in Betracht. Der Masut beträgt etwa 50 % des Rohöls und stellt das am meisten verfeuerte Heizöl dar.

2) **Der Steinkohlenteer und seine Verarbeitungsprodukte.** Der Steinkohlenteer entsteht bei trockener Destillation der Steinkohle. Man unterscheidet je nach der Art der verwendeten Öfen Horizontalofenteer, Vertikalofenteer, Kammerofenteer und Koksofenteer¹⁾. Der Teer wird durch fraktionierte Destillation zerlegt in

- | | | | |
|----------------|-----|------------|--------------|
| 1) Leichtöl | bis | 170° | Siedegrenze, |
| 2) Mittelöl | » | 230° | » |
| 3) Schweröl | » | 270° | » |
| 4) Anthrazenöl | mit | 320° | » |
| 5) Pech | als | Rückstand. | |

Das Mittelöl enthält bis zu 40 %, das Schweröl bis zu 20 % Naphthalin. Das in Deutschland in großem Maßstabe zu Heizzwecken benutzte Teeröl besteht aus Mittelöl, Schweröl und Anthrazenöl.

Das Naphthalin²⁾ kann insofern zu den flüssigen Brennstoffen gerechnet werden, als es vielfach über seinen Schmelzpunkt von 80° erhitzt wie Heizöl verfeuert wird. Zur Verfeuerung eignet sich insbesondere Rohnaphthalin infolge seines niedrigen Preises. Reines Naphthalin schmilzt bei 80°, Rohnaphthalin enthält Teeröl; je größer der Teerölgehalt, desto niedriger der Schmelzpunkt. Bei 50 % Teerölgehalt beträgt derselbe 52° C, bei 75 % Teerölgehalt 25° C. Der Heizwert des Naphthalins beträgt etwa 9400 WE. Das Naphthalin ist zur Verfeuerung auf 100° bis 120°, die Verbrennungsluft auf 100° vorzuwärmen. Die Naphthalinleitungen sind durch Dampfleitungen mit gemeinsamer Isolierung zu heizen. Kalte Zerstäubungsluft läßt das Naphthalin leicht gefrieren und führt zur Verstopfung der Düsen. Daher ist beim Anheizen zur Erwärmung der Luft derselben Dampf zuzusetzen und der Zerstäuber mit einer Lötlampe anzuwärmen.

Ebenso kann geschmolzenes Pech in Zerstäubern verfeuert werden.

¹⁾ Schmitz, Die flüssigen Brennstoffe, S. 17.

²⁾ Bruhn, Rohnaphthalin als Ersatz für Teeröl, St. u. E., 1914, S. 1691.

Übersicht der wichtigsten Heizöle.

Heizöle	Spez. Gewicht	Chemische Zusammensetzung				Größter Wassergehalt %	Freier Kohlenstoff bis %	Unterer Heizwert WE/kg	Theor. Luftbedarf cbm/kg	Flamm- punkt °C	Viskosität
		C %	H %	O+N %	S %						
Rohöl											
Pennsylvanisches	0,805	83,6	12,9	3,0	3,0					< 15	
Kalifornisches	0,962	86,9	11,8	1,3	1,3		9 500			82	
Russisches	0,880	86,0	13,0	1,0	1,0		—	11		31	
Galizisches	0,862	85,3	12,6	2,1	2,1		11 500			< 15	
Rumänisches	0,840	85,3	14,2	0,5	0,5					< 15	
Mexikanisches	0,943	82,7	11,47	3,56 · 2,27	2,0					24	
Deutsches (Wietze)	0,939	86,0	11,0	2,0	2,0		9 900	11		102	
Gasöl	0,85—0,87	86,2	12,65	1,15	1,15		10 700	10,5		53—109	
Masut (Pakura)	0,89—0,93	86,3	12,5	1,2	1,2					70—140	
Horizontalofenteer	1,1—1,2	89,3	4,95	5,3	0,34	5	8150—8350	9,1		65—100	
Vertikalofenteer	1,09—1,18	89,45	6,95	3,46	0,5	3	8750	9,42		40—70	
Kammerofenteer	1,08—1,09	88,7	6,8	4,15	0,35	1,3—1,6	8750	9,3		50—60	
Koksofenteer	89,0	89,0	6,1	4,5	0,4	5	8700	9,2			
Teeröl	1,04—1,06	90,0	7,0	2,7—2,3	0,3—0,7	1	8800—9200	10		65—85	bei 20° 1,4
Naphthalin	1,15	93,75	6,25	—	—	—	9600	10		80	
Braunkohlenteer	0,85—0,91										
Solaröl	0,825—0,83	85,5	12,3	1,38	0,83		9980	10,8		45—50	1,05—1,1
Paraffinöl	0,85—0,92	85,7—86,4	11,1—11,6	0,7—1,5	0,8—1,2		9750—9825	10,7		66—120	1,1—2,65
Kreosotöl	0,94—0,98	80,1	9,7	8,9	1,3		8700			90	1,82

†*

Über die hauptsächlichsten Eigenschaften der Steinkohlenteere und ihrer Destillationsprodukte gibt die nachstehende Tabelle Aufschluß. Der Teer ist bei gewöhnlicher Temperatur außerordentlich zähflüssig und bedarf daher zur Verfeuerung einer Vorwärmung auf etwa 70 bis 80°. Wird die Vorwärmung zu hoch getrieben, so kann wegen teilweiser Verdampfung der leicht siedenden Bestandteile in der Rohrleitung ein ungleichmäßiges Brennen der Zerstäuber stattfinden. Ist die Vorwärmung zu niedrig, so kann infolge der großen Zähflüssigkeit des Teers ein ungenügender Durchfluß und selbst ein Verstopfen der Rohrleitungen und Düsen eintreten.

3) **Der Braunkohlenteer und seine Verarbeitungsprodukte.** Der Braunkohlenteer entsteht bei der trockenen Destillation der Braunkohle. Er hat ein spezifisches Gewicht von 0,85 bis 0,91. Seine hauptsächlichsten Destillationsprodukte sind Braunkohlenteerbenzin, Solaröl, Paraffinöl, Kreosotöl. Über die wichtigsten Eigenschaften des Braunkohlenteers und seiner Verarbeitungsprodukte gibt die vorstehende Tabelle Aufschluß.

II. Die Grundlagen der Wirtschaftlichkeit der Ölfeuerung.

Auf die Wirtschaftlichkeit der Ölfeuerung sind eine Reihe einzelner Faktoren von Einfluß, die nachstehend erörtert werden.

Brennstoffkosten, Heizwert und Wirkungsgrad.

1000 WE. kosten in Deutschland im Durchschnitt

im Generatorgas bei Nebenproduktengewinnung	0,1—0,3 Pf.
in gewöhnlichem Generatorgas	0,4—0,5 »
in der Kohle.	0,2—0,25 »
im Teeröl.	0,75 »
im Koksofengas	1 »
im Leuchtgas	2—3 »

Diese Zahlen dürfen natürlich nicht ohne weiteres als Vergleichszahlen für die Brennstoffkosten bei den verschiedenen Feuerungsarten benutzt werden, vielmehr muß die Wärmeausnutzung, der Wirkungsgrad der Feuerungsanlage bzw. der pyrometrische Effekt berücksichtigt werden. Der Wirkungsgrad aber ist im allgemeinen um so höher, je höher der Heizwert des Brennstoffs ist. Da nun von den angegebenen Brennstoffen Heizöl den höchsten Heizwert besitzt, ist auch unter gleichen Umständen der Wirkungsgrad bei Ölfeuerung am höchsten. Dies hat zur Folge, daß in vielen Fällen trotz der höheren Kosten pro 1000 WE. die Ölfeuerung schon in bezug auf die Brennstoffkosten anderen Feuerungen, insbesondere der Kohlenfeuerung, überlegen ist.

Anlagekosten. Die Anlagekosten sind bei reiner Kohlenfeuerung im allgemeinen niedriger als bei Ölfeuerung, sofern es sich bei letzterer um eine Anlage mit Gebläse handelt. Die höheren Verzinsungs- und Amortisationsunkosten einer Ölfeuerungsanlage werden jedoch unter Umständen durch den überlegenen Wirkungsgrad mehr als ausgeglichen. Im Vergleich zur Generatorgasfeuerung stellt sich die Ölfeuerung auch in bezug auf Anlagekosten wesentlich günstiger. Letztere betragen für eine Generatoranlage, insbesondere eine solche mit Nebenproduktengewinnung, ein Vielfaches der Anlagekosten einer Ölfeuerung. Die hohen Anlagekosten bei Generatorgasfeuerung haben daher zur Folge, daß, wenn die stündlich zu vergasende Brennstoffmenge unterhalb einer gewissen Grenze bleibt, die Betriebskosten durch Amortisation und Verzinsung wesentlich erhöht werden, unter Umständen so sehr, daß dieselben trotz des billigeren Brennstoffs höher werden als bei Ölfeuerung. Letzteres kann insbesondere dann der Fall sein, wenn zwar große stündliche Wärmemengen gebraucht werden, dieser Bedarf aber nur auf wenige Tagesstunden sich erstreckt, so daß sich ein geringer Ausnutzungsfaktor der Anlage ergibt. In solchen Fällen ist daher die Anlage einer Ölfeuerung gegeben, welche geringe Anlagekosten erfordert und eine kurze Anheizdauer aufweist.

Abbrand. Von weit größerem Einfluß auf die Betriebskosten als der Brennstoffverbrauch kann unter Umständen der Abbrand sein. Bei einem Tiegelschmelzofen z. B., in welchem Material im Werte von 2 Mark das kg mit einem Ölverbrauch von 8 % niedergeschmolzen wird, entspricht ein Abbrand von $\frac{1}{2}$ % einem Betrage von 1 Mk. je 100 kg, d. h. dem doppelten Betrag der Brennstoffkosten. Mit anderen Worten, wenn es (was tatsächlich der Fall ist) durch Verwendung der mit geringerem Luftüberschuß arbeitenden Ölfeuerung an Stelle der Koksfeuerung gelingt, den Abbrand um auch nur $\frac{1}{4}$ % herabzudrücken, so sind damit die Brennstoffkosten vollständig gedeckt, während die bisher für Koks ausgegebenen Brennstoffkosten gespart werden. Tatsächlich ist beim Ölschmelzofen die Ersparnis an Abbrand gegenüber dem Koksofen noch wesentlich höher, und ähnliche Verhältnisse treten auch bei anderen Ofenarten mehr oder weniger zutage.

Bedienungskosten. Ein wesentlicher Vorteil der Ölfeuerung ist die geringere Bedienung, die sie erfordert. Das Anheizen wird erheblich abgekürzt. Die Überwachung der Verbrennung, die ständige Zufuhr von Brennstoff durch Handarbeit, der Aschen- und Schlackentransport, die Erneuerung von Roststäben usw. fällt weg. Außerdem ergibt sich ein rauchfreier, sauberer Betrieb. Alle diese Faktoren lassen sich von Fall zu Fall mehr oder weniger zahlenmäßig bewerten.

Regelbarkeit. Während die Regelung von mit festen Brennstoffen betriebenen Feuerungen insofern schwierig ist, als sich nicht ohne weiteres erkennen läßt, ob die Verbrennung mit oder ohne Luftüberschuß erfolgt, ist dies bei einiger Erfahrung bei der Ölfeuerung unschwer mög-

lich. Außerdem erfolgt die Verbrennung bei festem Brennstoff nicht so gleichmäßig, wie dies bei Ölfeuerung der Fall ist, da die Verbrennung wesentlich von der sich dauernd verändernden Schütthöhe abhängig ist. Dieser Vorteil der Ölfeuerung ist aber gerade dann besonders wichtig, wenn es sich um die Erzielung hoher Temperaturen handelt, da hierbei schon eine wenig falsche Einstellung die Temperatur wesentlich herabdrückt. Dies ist der Grund, weshalb sich bei mit hohen Temperaturen arbeitenden Öfen eine große Brennstoffersparnis durch Anwendung der Ölfeuerung ergeben hat. Ein Beispiel dafür ist der tiegellose Stahlschmelzofen, welcher überhaupt erst durch die Ölfeuerung möglich wurde.

Qualität des erzeugten Materials. Auch diese ist in hohem Maße von Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Feuerung. Wenn sich durch Anwendung einer Feuerungsart ein besseres und im Preise wertvolleres Material erzielen läßt als durch eine andere Feuerungsart, so ist der Mehrwert des Materials beim Vergleich der Gestehungskosten als Ersparnis zugunsten der ersteren zu berücksichtigen. In vielen Fällen trifft dies für die Ölfeuerung zu. Der Grund hierfür kann sowohl darin liegen, daß es mit der Ölfeuerung möglich ist, durch dauernde Einhaltung ein und derselben Temperatur ständig ein und dasselbe Material zu erzeugen, oder darin, daß sich in der neutralen bzw. reduzierenden Flamme der Ölfeuerung eine geringere Zunderbildung ergibt; oder darin, daß der geringere Schwefel- und Sauerstoffgehalt der Ölflamme die Zusammensetzung des im Ölofen erschmolzenen Materials günstig beeinflusst. Die Bewertung dieser Möglichkeiten muß von Fall zu Fall erfolgen. Ebenso ist bei keramischen Brennöfen die dauernde Rußfreiheit einer guten Ölfeuerung von großer Wichtigkeit.

Brennstoffgewicht und Aktionsradius. Die Vorteile des hohen Heizwertes sowie des besseren Wirkungsgrades der Ölfeuerung gegenüber der Kohlenfeuerung kommen bei den beweglichen Feuerungen, wie sie die Kesselfeuerungen der Schiffe und Lokomotiven darstellen, zur Geltung. Bei Lokomotiven gestattet die Ölfeuerung das Zurücklegen wesentlich größerer Strecken ohne Brennstoffaufnahme. Die Rußbelastigung und der Funkenwurf fallen weg, was besonders in stark bewohnten Gegenden von Wichtigkeit ist. Bei Schiffskesseln ist der durch Ölfeuerung erreichbare hohe Aktionsradius und die Möglichkeit einer starken Kesselforcierung von Wichtigkeit.

III. Die Technik der Ölfeuerung.

1. Die physikalischen Vorgänge bei der Ölverbrennung.

Bei der Verbrennung von Heizöl ist es wie bei jedem Brennstoff von Wichtigkeit, dasselbe vollständig und mit geringstem Luftüberschuß zu verbrennen. Der erste Teil der Aufgabe ist bei den meisten Heiz-

ölen insofern besonders schwierig, als dieselben nicht verdampfende Rückstände enthalten, welche, wenn die Verdampfung in Berührung mit festen Gegenständen erfolgt, sich an denselben festsetzen, verkoken und zu einer Betriebsstörung führen, wenn diese Rückstände (in der Hauptsache reiner Kohlenstoff) nicht in regelmäßigen Zeiträumen entfernt werden. Es gilt daher, entweder die Ausscheidung dieser Rückstände überhaupt zu vermeiden oder durch die Möglichkeit regelmäßiger Reinigung diese Schwierigkeit zu überwinden. Der zweite Teil der Aufgabe, die Verbrennung mit geringstem Luftüberschuß, ist verhältnismäßig einfacher zu erfüllen. Er erfordert lediglich eine sorgfältige Mischung von Luft und Brennstoff. Diese beiden Aufgaben haben konstruktiv drei Lösungen gefunden :

- 1) durch Tropffuerungen mit hoch erhitzter Luft,
- 2) durch Verdampferbrenner,
- 3) durch Zerstäuberbrenner.

Die Tropffuerung in hoch erhitzter Luft macht die Kohlenstoffausscheidung dadurch unschädlich, daß der Kohlenstoff im Entstehungszustande von einem Strom hochvorgewärmter Luft (bis zu 1000°) getroffen und restlos verbrannt wird. Bei Verdampferbrennern geeigneter Konstruktion wird die Kohlenstoffausscheidung zwar nicht vermieden, aber durch regelmäßige Reinigung oder Auswechslung des Verdampfers unschädlich gemacht. Am vollkommensten jedoch wird das Problem der restlosen Ölverbrennung durch Zerstäubung gelöst, weil hierbei in der Flamme Verdampfung und Verbrennung größtenteils räumlich zusammenfallen und der bei der Verdampfung sich ausscheidende Kohlenstoff im Entstehungszustand im Luftstrom frei schwebend verbrennen kann, während im Gegensatz zur Tropffuerung gleichzeitig eine fast völlig gleichmäßige Mischung von Luft und Öl schon vor der Verbrennung erzielt wird.

Jedes der drei Verfahren hat gewisse Vorteile und Nachteile. Das Tropffverfahren erfordert zwar kein Gebläse, ist aber nur mit hoch erhitzter Luft durchführbar, da bei ungenügend erhitzter Luft der ausgeschiedene Kohlenstoff nicht verbrennt. Die Luftherhitzung erfolgt durch Rekuperation oder Regeneration. Da beide bei kaltem Ofen unmöglich sind, so ergibt sich, daß die Verbrennung anfänglich nicht nur mit starker Rußentwicklung und unvollkommener Brennstoffausnutzung arbeitet, sondern auch, daß das Anheizen verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch nimmt. Diese Öfen eignen sich daher nur für ununterbrochenen Betrieb. Während der Betriebspausen müssen sie, wenn auch mit verringertem Ölverbrauch, durchgefeuert werden.

Die Verdampferbrenner haben, wie die Tropffuerungen, den Vorteil größter Einfachheit und Wegfalls jeglichen Gebläses. Die Verdampfung erfolgt durch die Ölflamme selbst. Daher ist zum Anheizen ein Hilfsfeuer notwendig. Außerdem erfordern diese Brenner eine tägliche Reinigung, die den Betrieb verteuert, wenn nicht die Konstruktion

des Brenners eine genügend einfache Art der Reinigung zuläßt. Auch die Regulierbarkeit dieser Brenner läßt zu wünschen übrig. Die Grundsätze, nach denen die Verbrennung des Öldampfes erfolgt, sind dieselben wie bei reiner Gasfeuerung. Es ist daher von besonderer Wichtigkeit, die Öldämpfe rasch und gleichmäßig mit der Luft zu mischen.

Der Hauptvorteil der Zerstäuberbrenner besteht darin, daß sie eine rasche und vollkommene Öl-Luft-Mischung und Verbrennung und damit die denkbar höchste Ausnutzung des Brennstoffs ermöglichen. Dies gilt besonders für die mit Luft arbeitenden Zerstäuberbrenner. Erfahrungsgemäß ist bei der Verfeuerung von Öl zur Erzielung eines geringen Luftüberschusses besonders wichtig, die Mischung vor der Verbrennung zu beenden. Zu diesem Zweck muß das Gemisch mit einer die Zündgeschwindigkeit erheblich überschreitenden Strömungsgeschwindigkeit in die Feuerung eingeführt werden. Zur Erreichung einer so hohen Strömungsgeschwindigkeit reicht jedoch der natürliche Zug nicht aus, weshalb das Ziel der vollkommenen Mischung vor der Verbrennung nur durch Verwendung von Gebläseluft erreicht werden kann. Bei mit Gebläseluft arbeitendem Zerstäuberbrenner liefert die Düse ein Ölluftgemisch gleichmäßigster Zusammensetzung, welches, durch die Flamme vergast, ein explosives Gasluftgemisch bildet und daher eine vollkommene Verbrennung ohne nennenswerten Luftüberschuß gewährleistet.

Die sich bei der Verbrennung von zerstäubtem Heizöl abspielenden Vorgänge lassen sich in drei einzelne Vorgänge zerlegen: Zerstäubung, Vergasung, Verbrennung. Die Zerstäubung findet in der Düse bzw. an deren Mundstück statt. Zur Zerstäubung des Öls, d. h. zur Überwindung der Kohäsion der Flüssigkeitsteilchen, ist mechanische Arbeit erforderlich, welche der Strömungsenergie der in der Düse entspannten Verbrennungsluft bzw. des Dampfes entnommen wird. Bei sog. Druckzerstäubern, d. h. Zerstäubern, welche nicht durch entspannte Luft oder Dampf, sondern durch Druck des Öles selbst zerstäuben, wird diese Arbeit von der Strömungsenergie des ausströmenden Öles selbst geleistet.

Die Vergasung erfolgt durch die Hitze der Flamme selbst bzw. der die Flamme umgebenden glühenden Wände. Sobald die mit zunehmender Temperatur rasch steigende Zündgeschwindigkeit die Strömungsgeschwindigkeit im Düsenkanal überschreitet, tritt die Verbrennung ein. Abb. 1 stellt diese Vorgänge schematisch dar. Der obere Teil der Abbildung zeigt links die Düse, rechts den anfänglich sich konisch erweiternden Düsenkanal, unten rechts das Diagramm der Strömungs- und Zündgeschwindigkeit. Die Strömungsgeschwindigkeit nimmt infolge der Ausbreitung des Strömungsquerschnitts rasch ab, während die Zündgeschwindigkeit infolge Zunahme der Temperatur rasch zunimmt. Vom Schnittpunkt beider Kurven nach rechts erstreckt sich die Flamme. Links des Schnittpunkts liegt die Vorwärmzone, in welcher das Ölluftgemisch teils direkt durch die Rückstrahlung der Flamme, teils indirekt (s. Pfeil) durch die Strahlung der durch die Flamme hoch erhitzten Kanalwände

vorgewärmt wird. Diese Vorwärmung bewirkt eine teilweise Verdampfung der kleinsten Flüssigkeitsteilchen. Diese Verdampfung oder Vergasung ist jedoch am Ende der Vorwärmungszone noch nicht beendet, erstreckt sich vielmehr bis in die Flamme hinein, und zwar um so weiter, je größer die Öltröpfchen, d. h. je unvollkommener die Zerstäubung ist. Bei der Verdampfung jedes Öltröpfchens verdampfen zuerst die leicht flüchtigen Bestandteile, dann die schwer flüchtigen, schließlich bleibt ein feines Kohlenstoffteilchen übrig, welches durch den Luftsauerstoff verbrannt wird. Trifft daher ein solches Ölteilchen vor seiner Verdampfung auf die glühenden Kanalwände auf, so wird durch die Hitze dieser Wände eine Verdampfung der flüchtigen Bestandteile stattfinden und ein Kohlenstoffteilchen als Rückstand sich an der Wand festsetzen, welches erfahrungsgemäß auch bei großem Luftüberschuß nicht mehr verbrennt, vielmehr bei weiterem Betrieb sich zu einem Koksneß von unter Umständen beträchtlicher Größe auswächst. Es muß daher beachtet werden, daß bei Zerstäuberbrennern kein unverdampftes Öl mit den heißen Ofenwänden in Berührung kommt.

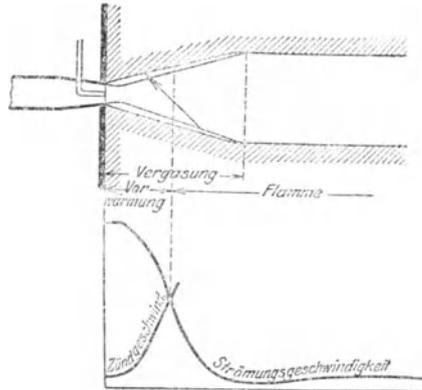


Abb. 1.

Von Wichtigkeit ist auch die Form des Düsenkanals. Wird derselbe nach Abb. 2 ausgeführt, so entsteht am Anfang desselben ein toter Raum, in welchem bei Beginn des Anheizens verbrannte Gase, durch die kalten Kanalwände abgekühlt, dem eintretenden Ölluftgemisch sich beimischen, die Zündgeschwindigkeit herabsetzen und dadurch die Flamme zum unruhigen Brennen oder zum Abreißen bringen. Erfahrungsgemäß ist das Ingangsetzen einer Düse bei derartiger Kanalausführung wesentlich schwieriger als bei richtiger Ausführung nach Abb. 1.

Von Wichtigkeit ist auch die Form des Düsenkanals. Wird derselbe nach Abb. 2 ausgeführt, so entsteht am Anfang desselben ein toter Raum, in welchem bei Beginn des Anheizens verbrannte Gase, durch die kalten Kanalwände abgekühlt, dem eintretenden Ölluftgemisch sich beimischen, die Zündgeschwindigkeit herabsetzen und dadurch die Flamme zum unruhigen Brennen oder zum Abreißen bringen. Erfahrungsgemäß ist das Ingangsetzen einer Düse bei derartiger Kanalausführung wesentlich schwieriger als bei richtiger Ausführung nach Abb. 1.

Vielfach wird in Luftzerstäubern der austretenden Luft durch Leitvorrichtungen außer der axialen auch eine tangentiale Geschwindigkeitskomponente erteilt, welche zu einer lebhaften Wirbelung im Düsenkanal und dementsprechend zu einer besonders guten Durchmischung von Luft und Öl führt.

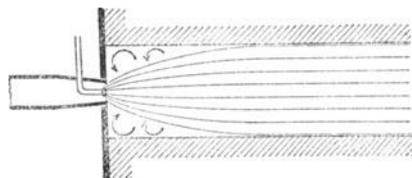


Abb. 2.

Die Flamme eines derartigen Brenners zeigt die Neigung, sich kegelartig auszubreiten, dadurch den sich erweiternden Düsenkanal vollständig auszufüllen und damit ihre axiale Geschwindigkeit zu verringern. Daraus

ergibt sich die Möglichkeit, den Düsenkanal wesentlich kürzer zu halten, die Flamme neigt nicht mehr zum Abreißen und die Bildung von Stichflammen wird vermieden. Bei Verwendung solcher Brenner mit tangentialer Bewegung der Luft hat es sich als vorteilhaft erwiesen, durch einen ringförmig die Düse umgebenden Luftschlitz den Ölluftnebel beim Verlassen der Düse mit einem dünnen Luftmantel zu umhüllen. Die günstige Wirkung dieses Zusatz-Luftmantels ist in der Hauptsache darauf zurückzuführen, daß sich zunächst am Umfang der Flamme, d. h. an den Kanalwänden, ein großer Luftüberschuß ergibt, welcher durch vereinzelte Öltröpfchen an den Kanalwänden gebildeten Koks sofort verbrennt, nachher aber infolge der guten Durchwirbelung der Flamme durch den Ölüberschuß im Kern derselben ausgeglichen wird.

Bisweilen wird nur ein Teil der zur Verbrennung erforderlichen Luft am äußeren Ende des Düsenkanals zugeführt, der Rest als Sekundärluft, meist durch einen Rekuperator oder Regenerator vorgewärmt, an einer weiter innen gelegenen Stelle. In diesem Falle tritt im vorderen Teil des Düsenkanals eine nur teilweise Verbrennung des Öls auf; es stellt also der vordere Teil des Düsenkanals gewissermaßen einen Generator dar, bei dem jedoch der Kohlenstoff in Rußform im Gas enthalten ist. Diese Art der Verfeuerung von Heizöl hat den Vorteil, daß die Temperatur im Düsenkanal erniedrigt wird und dementsprechend die Abkühlungsverluste hier geringer sind. Die höchste Temperatur kann an derjenigen Stelle erzielt werden, wo sie gebraucht wird. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch, daß die Mischung von Luft und Öl niemals so vollkommen wird, wie bei der Zuführung der gesamten Verbrennungsluft durch die Düse. Infolgedessen tritt ein Nachbrennen der Flamme, unter Umständen bis in den Abzug hinein, ein. Das Verfahren wird daher nur bei größeren Öfen angewandt, wo ein hinreichend langer Entwicklungsraum für die Flamme zur Verfügung steht.

Die Verbrennung bzw. Vergasung eines Ölteilchens erfordert eine gewisse Zeit, welche um so größer ist, je größer der Durchmesser des Ölteilchens. Schreibt man

$$t = c_1 \cdot d,$$

wobei t die Verbrennungszeit, c_1 eine Konstante, d den Durchmesser eines Ölteilchens bedeutet, so ergibt sich der Weg, den das Ölteilchen, von der Verbrennungsluft mit der Geschwindigkeit v getragen, vom Beginn bis zum Ende seiner Verbrennung zurücklegt, zu

$$s = v \cdot t = v \cdot c_1 \cdot d.$$

Ist ferner f der Querschnitt des Verbrennungskanals, so ergibt sich einerseits die in der Zeiteinheit verbrannte Ölmenge zu

$$Q = f \cdot v \cdot c_2,$$

wobei c_2 wiederum eine Konstante bedeutet, andererseits der Raum, in dem diese Ölmenge verbrannt wird, zu

$$V = f \cdot s = f \cdot v \cdot c_1 \cdot d.$$

Hieraus ergibt sich

$$V = \text{Konst. d. } Q,$$

d. h. der zur Verbrennung erforderliche Raum wächst mit der Größe der zu verbrennenden Ölmenge und wird um so kleiner, je kleiner die einzelnen Öltröpfchen. Wenn auch die oben gemachte Annahme $t = c_1 \cdot d$ quantitativ nicht genau zutrifft, so wird doch qualitativ an dem Resultat der Berechnung nichts geändert.

Bei sehr guter Zerstäubung durch Preßluft läßt sich pro dm^3 Verbrennungsraum bis zu 2 kg Öl stündlich verbrennen, bei Verwendung von Gebläsewind von 500 mm WS. bis zu 1 kg stündlich.

Wird der Verbrennungsraum zu klein bemessen, so tritt eine Koks-ausscheidung ein.

2. Die gebläselosen Ölf Feuerungen.

Gebläselose Ölf Feuerung nennt man die Tropf- und Verdampferbrenner. Diese Bezeichnung ist eigentlich unrichtig, insofern auch die sog. Druckzerstäuber ohne Gebläse arbeiten können. Richtiger wäre die Bezeichnung »langsame Ölverbrennung«, da die Verbrennung wesentlich langsamer erfolgt als bei den Zerstäuberbrennern. Der Vorteil des Wegfalls der Gebläseanlage wird jedoch erkauft durch gewisse Nachteile, welche bereits im vorigen Abschnitt erwähnt wurden.

Die gebläselosen Ölf Feuerungen lassen sich einteilen in Tropff Feuerungen und Verdampferbrenner. Bei den Tropff Feuerungen (Abb. 3) erfolgt die Verbrennung derart, daß die durch einen Rekuperator oder Regenerator möglichst hoch vorgewärmte Luft in einem senkrechten Schacht hoch steigt und durch einen wagerechten Kanal in den Ofenraum tritt. Über diesem wagerechten Kanal ist eine Tropfvorrichtung angeordnet. Es tritt zwar bei diesem Verfahren eine regelmäßige Ausscheidung von festem Kohlenstoff ein, welcher

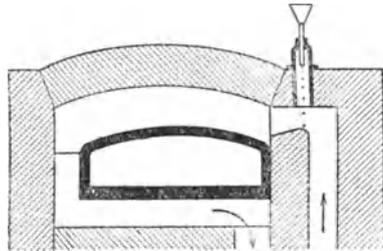


Abb. 3.

jedoch durch die hoch vorgewärmte Luft im Entstehungszustande verbrannt wird. Die Verbrennung des Öldampfes erfolgt nicht augenblicklich, ist vielmehr erst mit der vollständigen Mischung von Öldampf und Luft beendet. Es ist klar, daß bei den verhältnismäßig geringen Geschwindigkeiten, die der natürliche Zug ermöglicht, und durch die Art der Verdampfung selbst die Durchwirbelung von Luft und Öldampf sehr langsam erfolgt. Infolgedessen wird auch die Verbrennung nur sehr langsam erfolgen. Es muß durch mehrfachen Richtungswechsel der Flamme dafür gesorgt werden, daß durch Wirbelbildung die Mischung nach Möglichkeit beschleunigt und die Verbrennung beendet wird.

Eine zweite Ausführungsart zeigt Abb. 4 und 5 in Verbindung mit einem Muffelofen. *c* ist der Sammelkanal des Regenerators, von dem aus die Luft in mehreren Kanälen *a* und *b* hoch steigt. Am oberen Ende der Kanäle *a* sind Tropfvorrichtungen angeordnet; das herab-tropfende Öl wird durch die glühenden Kanalwände verdampft und der sich ausscheidende Kohlenstoff im Entstehungszustand durch die hoch erhitzte Luft verbrannt. Durch die Kanäle *a* wird jedoch nur ein Teil der Verbrennungsluft zugeführt, der Rest der Verbrennungsluft, die Sekundärluft, steigt durch die Kanäle *b* hoch und tritt am oberen Ende durch Düsensteine, welche eine Anzahl runder Bohrungen enthalten, in die Verbrennungskanäle über. Die Anordnung dieser Düsen in den Düsensteinen gewährleistet im Gegensatz zur Ausführung nach Abb. 3 eine wesentlich raschere Mischung von Ölluftgas und Luft, so daß durch die wagerechten Kanäle eine verhältnismäßig kurze und heiße Flamme in den Ofen tritt.

Die bereits im vorigen Abschnitt erwähnten Schwierigkeiten beim Anheizen derartiger Öfen können durch Anheizen mittels Generator-

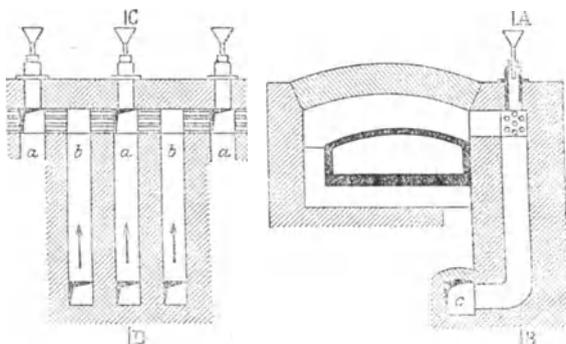


Abb. 4 u. 5.

oder Koksogas überwunden werden. Steht billiges Gas nicht zur Verfügung, so werden diese Öfen zweckmäßig mit geringem Ölverbrauch in den Betriebspausen durchgeheizt. Bei hoher Luftvorwärmung ist die Brennstoffausnutzung eine gute; es wurde bei Schmelzöfen ein Verbrauch von 40 bis

50 Kilo pro Tonne Einsatz erzielt bei einer Arbeitstemperatur von 1200—1250° C.

Die zweite Ausführungsart der gebläselosen Ölfeuerung ist der Verdampferbrenner. Sein Hauptnachteil ist, wie bereits früher erwähnt wurde, der Umstand, daß er nicht dauernd im Betriebe sein kann, sondern regelmäßig gereinigt werden muß. Er muß daher so ausgeführt werden, daß diese Reinigung in möglichst einfacher Weise vorgenommen werden kann. Da beim Verdampferbrenner eine räumlich getrennte Verdampfung der Verbrennung des Öls vorhergeht, so stellt eine derartige Ölflamme nichts anderes als eine Gasflamme dar, auf welche alle für die Verbrennung von Gas geltenden Grundsätze anzuwenden sind. Insbesondere ist es zweckmäßig, zur Erzielung einer vollkommenen Verbrennung mit geringstem Luftüberschuß das den Verdampfer verlassende

Ölgas in eine große Anzahl einzelner Ströme zu unterteilen, um die Mischung mit der Luft zu begünstigen.

Die Abb. 6—9 zeigen verschiedene Ausführungsformen. Abb. 6 und 7 zeigen eine sog. Rostfeuerung. Dieselbe besteht aus einem rechteckigen Rahmen von winkelförmigem Querschnitt, welcher an den zu beheizenden Ofen angebaut ist. Der Rahmen besitzt auf seiner Innenseite eine Anzahl Vorsprünge *a*, auf welchen Rinnen *b* gelagert sind, die nach vorn herausgezogen werden können. Zwischen diesen einzelnen Rinnen verbleiben nur schmale Zwischenräume. Jede dieser Rinnen besitzt an einem Ende eine untere Ausflußöffnung. Diese Ausflußöffnungen sind gegeneinander versetzt angeordnet, so daß das von oben durch einen Trichter zufließende Öl auf zickzackförmigem Wege bis in die untersten Rinnen gelangt, wobei jede Rinne durch die Flamme der darunterliegenden beheizt wird. Die sich entwickelnden Öldämpfe verbrennen in Berührung mit der in die Rostspalten eintretenden Luft. Ist die Verdampfung infolge niedrig eingestellten Ölzufusses bereits vor der untersten Rinne zu Ende, so werden durch einen nicht gezeichneten,

von unten nach oben hochziehbaren Schieber die nicht benutzten Rostspalten abgedeckt. Die einzelnen Ölfammen werden gezwungen, sich in einer hinter dem Rost gelegenen Verengung zu vereinigen, wo eine vollständige Durchmischung stattfindet. Die verdampfende Wirkung der Flammen wird durch die Rückstrahlung der glühenden

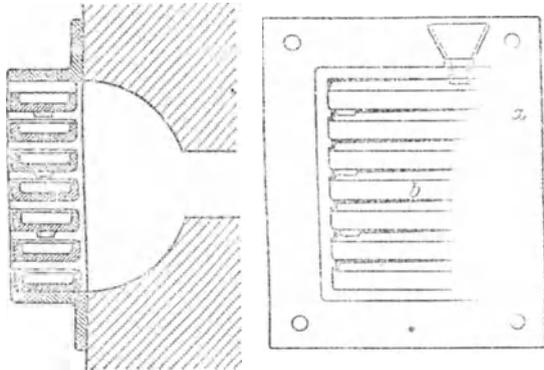


Abb. 6 u. 7.

Innenwände auf die Rinnen unterstützt. Diese Rostfeuerung hat den großen Vorteil, daß die einzelnen Rostglieder mit dem gebildeten Rückstand während des Betriebes ohne weiteres ausgewechselt werden können.

Abb. 8 zeigt den Verdampferbrenner von Irinyi. Derselbe ist in eine in den Ofen hineinragende Muffel eingebaut. Er besteht aus dem eigentlichen birnen- oder kegelförmigen Verdampfer, unterhalb dessen eine Anheizschale angeordnet ist. Das beim Anheizen in dieser Schale enthaltene Öl dient zum Beheizen des eigentlichen Verdampfers. Der den Verdampfer verlassende Öldampf verbrennt in Berührung mit der zutretenden Luft. Durch die weiter rückwärts liegende in den Ofen mündende Öffnung in der Muffel wird die Flamme gezwungen, um den Verdampfer herum nach hinten zu streichen und denselben auch dann

auf Temperatur zu halten, wenn die Anheizschale ausgebrannt ist. Da bei diesem Brenner nur in unvollkommener Weise für gleichmäßige Mischung von Luft und Öldampf gesorgt ist, läßt sich eine starke Rauchentwicklung nur schwer vermeiden.

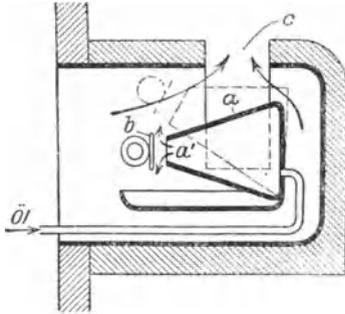


Abb. 8.

Abb. 9 zeigt den Verdampferbrenner von Essich. Derselbe besteht aus einem Schacht *a*, von dessen unterem Ende ein horizontaler Kanal *b* in den Ofen führt. Im oberen Ende dieses Schachtes ist der kegelförmige eigentliche Verdampfer *c* angeordnet, welcher den oberen Teil des Schachtes stark verengt. An der engsten Stelle *d* ist eine Reihe von Löchern angeordnet, aus welchen der Öldampf austritt. Das dem Verdampfer von oben durch einen Trichter *e* zufließende Öl fließt durch eine Reihe von Öffnungen *f* an den Innenwänden des Verdampfers herab, wobei es verdampft. Die sich entwickelnden Öldämpfe treten durch die Löcher aus, und da diese sich an der Stelle geringsten Luftquerschnitts, also größter Strömungsgeschwindigkeit, befinden, tritt eine schnelle und gute Mischung von Luft und Öl und infolgedessen eine rasche Verbrennung ein, wobei der Verdampfer durch die nach unten schlagende Flamme in dunkler Rotglut gehalten wird. Durch Höher- und Tieferschrauben des konischen Verdampfers läßt sich

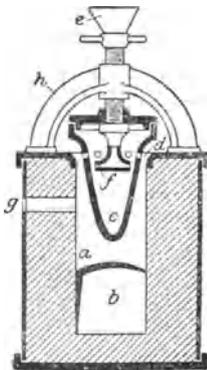


Abb. 9.

der Luftquerschnitt regeln. Das Anheizen erfolgt mittels einer Lötlampe durch eine seitliche Öffnung *g*. Nach längerem Betriebe kann der auf einem bügelartigen Dreifuß *h* stehende Verdampfer zwecks Reinigung abgehoben und durch einen anderen ersetzt werden.

Der Verdampferbrenner erfordert zu rauchlosem Betrieb einen Schornsteinzug von mindestens 5 mm WS. Bei richtiger Einstellung ist dann die Geschwindigkeit an der Austrittsstelle des Öldampfes so groß, daß die Flamme hier abreißt und erst weiter unten brennt, wo infolge der kegligen Form des Verdampfers sich der Querschnitt erweitert.

Die Anwendung gebläseloser Ölfeuerungen ist nur bei Ölmengen von weniger als 40—50 kg stündlich angebracht. Bei höherem stündlichen Ölverbrauch werden vorteilhafter Druckzerstäuber verwendet.

3. Die Zerstäuberbrenner.

a. Die Grundlagen der Zerstäubungsverfahren.

Zur Zerstäubung des Öls, d. h. zur Auflösung des aus der Ölaustrittsöffnung austretenden Flüssigkeitsfadens in eine große Anzahl kleinster Tröpfchen (deren Durchmesser etwa $1/100$ mm und weniger beträgt), ist die Aufwendung einer gewissen mechanischen Arbeit erforderlich. Die absolute Größe dieser Arbeit ist zwar nicht bekannt, jedoch steht fest, daß die Größe dieser Arbeit zunimmt mit der Viskosität des Heizöls. Da die Viskosität mit zunehmender Temperatur abnimmt, ist eine Vorwärmung des Öls von günstigem Einfluß auf die zur Zerstäubung erforderliche Arbeit.

Die Verfahren zur Zerstäubung des Öls lassen sich in der Hauptsache in zwei Gruppen einteilen:

- 1) die Druckzerstäubung,
- 2) die Zerstäubung durch strömende Gase (Preßluft, Dampf).

Bei dem Druckzerstäubungsverfahren wird die zur Zerstäubung erforderliche Arbeit von dem unter Druck stehenden Öl selbst geleistet, während bei den Luft- und Dampfzerstäubern die Zerstäubungsarbeit durch die kinetische Energie des strömenden Zerstäubungsmittels gedeckt wird. Die Zerstäuberdüse stellt also gewissermaßen eine Maschine dar, und man könnte von einem größeren oder kleineren Wirkungsgrad derselben sprechen, je nachdem eine größere oder kleinere Arbeit zur Zerstäubung von 1 kg Öl notwendig ist. Die absolute Größe dieses Wirkungsgrades ist zwar nicht festzustellen, da, wie oben erwähnt, die Größe der theoretisch notwendigen Zerstäubungsarbeit unbekannt ist. Es ist jedoch interessant, die Wirkungsgrade der beiden genannten hauptsächlichen Zerstäubungsverfahren zu vergleichen.

Ein Körtingscher Zentrifugalzerstäuber erfordert zur Zerstäubung einen Öldruck von 5 kg/cm^2 . Die zur Zerstäubung von 1 l Öl aufgewendete Arbeit beträgt daher 50 mkg.

Ein gut konstruierter Niederdruckzerstäuber vermag Heizöl mit günstigenfalls 100 mm WS. Windpressung vollkommen zu zerstäuben, wenn die Zerstäubungsluft mindestens 50 % der gesamten Verbrennungsluft beträgt. Da für 1 l Heizöl rund 10 cbm Luft erforderlich sind, so beträgt bei einem derartigen Niederdruckzerstäuber die Zerstäubungsarbeit für 1 l Öl 500 mkg, d. h. der Wirkungsgrad der Körtingschen Düse ist etwa 10mal besser als derjenige eines guten Niederdruckzerstäubers.

Da aber, wie später ausgeführt, Druckzerstäuber im allgemeinen nur von etwa 50 kg Stundenleistung an aufwärts ausgeführt werden können, so ist für geringere Leistungen Luft- bzw. Dampfzerstäubung erforderlich. Vom rein feuerungstechnischen Standpunkt aus betrachtet, ist die Luftzerstäubung der Dampf- und der Druckzerstäubung vorzu-

ziehen, weil sie am vollkommensten eine der wichtigsten Forderungen bei der Verbrennung flüssiger und gasförmiger Brennstoffe erfüllt, nämlich diejenige, daß Luft und Brennstoff vor der Verbrennung möglichst vollkommen gemischt werden. Der wichtigste Nachteil der Luftzerstäubung gegenüber den beiden anderen Verfahren ist jedoch der, daß für die Wind- bzw. Preßluftherzeugung und -zuführung besondere Gebläse und Rohrleitungen erforderlich werden. Die Zerstäubung durch Dampf vermeidet zwar ein besonderes Gebläse, jedoch setzt der Dampfzusatz die Flammtemperatur herab und ist insbesondere bei hohen Temperaturen, wie sie beim Schmelzen von Stahl auftreten, auch deshalb von Nachteil, weil der durch die Dissoziation freiwerdende Wasserstoff die chemische Zusammensetzung des Schmelzgutes schädlich beeinflusst.

Auch die Druckzerstäubung hat trotz ihrer großen Einfachheit gewisse Nachteile. Der wichtigste ist, daß die zwangsläufige Luftzuführung und damit die gleichmäßige und ideale Regulierbarkeit der Verbrennung, wie sie bei Luftzerstäubern besteht, verloren geht, wenn nicht die Verbrennungsluft durch Gebläse zugeführt wird.

Aus dieser Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der einzelnen Zerstäubungsverfahren ergibt sich Folgendes: Bei zu zerstäubenden Ölmengen von (bei kleinster Belastung der Düse) über 50 kg pro Stunde ist die Verwendung von Druckzerstäubern gegeben. Handelt es sich darum, die Verbrennung dauernd mit kleinstem Luftüberschuß durchzuführen, so wird man nicht darauf verzichten, die Verbrennungsluft zwangsläufig zuzuführen, d. h. man wird in diesem Falle einen Ventilator aufstellen, welcher die erforderliche Verbrennungsluft zuführt. Der Druck dieser Luft kann jedoch in diesem Falle wesentlich geringer gehalten werden als bei Luftzerstäubern, da die Zerstäubungsarbeit durch die Ölpumpen geleistet wird. In der Praxis werden schon 25—50 mm WS. vollkommen genügen, um eine schnelle und innige Durchmischung der Verbrennungsluft und des Ölnebels zu erreichen.

Beträgt die zu zerstäubende Menge weniger als 50 kg pro Stunde, so muß zur Luft- bzw. Dampfzerstäubung gegriffen werden. Dampfzerstäubung wird man im allgemeinen da verwenden, wo die durch die Vermehrung der Abgase um die Dampfmenge bedingte Herabsetzung der Flammentemperatur ohne nennenswerten Einfluß auf den Arbeitsprozeß ist. Insbesondere trifft dies für die Kesselheizung zu, da hier durch die Abgase ein wesentlich kleinerer Teil der Brennstoffwärme abgeführt wird, als bei industriellen Öfen. In allen übrigen Fällen wird man Luftzerstäuber verwenden, wobei die Frage, ob Hochdruck oder Niederdruck oder kombinierter Zerstäuber nach den weiter unten festzustellenden Grundsätzen zu lösen sein wird.

b. Druckzerstäuber.

Wie bereits erwähnt, ist es zur Zerstäubung des Öls notwendig, daß durch gewisse Kräfte der zusammenhängend aus der Ölauftritts-

öffnung ausfließende Ölstrom in eine große Anzahl kleinster Flüssigkeitströpfchen zerlegt wird. Daraus geht hervor, daß diese Kräfte senkrecht zur Bewegungsrichtung des Ölstroms wirken müssen. Die wichtigste und wirksamste der senkrecht zur Strahlachse wirkenden Kräfte ist die Zentrifugalkraft: Wird dem Ölstrahl außer seiner axialen Bewegung durch geeignete Leitvorrichtungen gleichzeitig eine drehende Bewegung von genügender Größe erteilt, so wird die Zentrifugalkraft die Kohäsion der Flüssigkeitsteilchen überwinden und den Ölstrom zum Auseinanderfliegen bringen. Je höher das Öl vorgewärmt ist, desto dünnflüssiger ist es und desto leichter wird die Zentrifugalkraft die Kohäsion überwinden. Gleichzeitig hat die Ölvorwärmung noch eine zweite, die Zerstäubung fördernde Wirkung zur Folge: Die meisten Heizöle stellen ein Gemisch von Ölen verschiedenen Siedepunkts dar. Wird daher das Heizöl auf eine Temperatur vorgewärmt, die zwischen dem Siedepunkt der leichtest siedenden Bestandteile bei Atmosphärendruck und dem Siedepunkt derselben bei dem in der Düse herrschenden Druck (5—6 Atm.) liegt, so tritt bei Entspannung des Öls im Zerstäuber eine explosionsartige Dampfbildung ein, welche den Ölstrahl auseinanderreißt und die Wirkung der Zentrifugalkraft unterstützt. Diese Wirkung wird um so höher sein, je höher das Öl vorgewärmt ist. Als obere Grenze für die Vorwärmung muß diejenige Temperatur gelten, bei der gerade noch eine Dampfbildung in der Rohrleitung unterbleibt.

Die rotierende Bewegung des Ölstrahls kann auf verschiedene Weise erzielt werden. Die einfachste Form eines derartigen Zerstäubers zeigt Abb. 10¹⁾. Der Zerstäuber besteht aus einem Rohr, dessen eines Ende durch eine vermittels einer Überwurfmutter gehaltene Platte aus 0,5 mm Blech verschlossen ist. In der Mitte dieser Platte befindet sich ein kreisrundes Loch von 1,5 mm \odot auf der Innenseite, das sich nach der Außenseite der Platte zu stark konisch erweitert. Eine derartige Öffnung hat einen sehr geringen Ausflußkoeffizienten, d. h. die in der Zeiteinheit ausfließende Menge bleibt wesentlich hinter der theoretischen zurück oder mit anderen Worten, die tatsächliche Ausflußgeschwindigkeit ist kleiner als die theoretische.

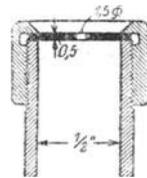


Abb. 10.

Gleichzeitig tritt eine starke Drehung des Ölstrahls auf. Die Differenz zwischen der aus der theoretischen Ausflußgeschwindigkeit errechneten kinetischen Energie und der aus der tatsächlichen axialen Ausflußgeschwindigkeit sich ergebenden kinetischen Energie stellt die Rotationsenergie des austretenden Strahles dar. Je kleiner also der Ausflußkoeffizient, desto stärker die Rotation des Strahles und desto stärker die zerstäubende Wirkung. Versuche mit einem derartigen Zerstäuber von den angegebenen Abmessungen ergaben, daß derselbe bei einem Druck

¹⁾ S. Essich, Über Öldruckzerstäuber, Feuerungstechnik 1915, S. 67.
Essich, Die Ölfeuerungstechnik.

von nur $2,5 \text{ kg/cm}^2$ stündlich 30 kg Teeröl von 15° C zu zerstäuben vermochte. Eine zweite Ausführung zeigt Abb. 11. Auch hier ist das Ende des Zerstäubers durch eine eingeschweißte Platte mit sich stark erweiterndem, innen scharfkantigem Loch verschlossen. Die Drehbewegung des Ölstrahles wird hier dadurch gefördert, daß das Öl bereits vor dem Durchtritt durch dieses Loch eine Drehbewegung erhält, indem das Öl in tangentialer Richtung in den vor dem Loch befindlichen kreisrunden Raum eintritt. Das Zerstäuberrohr sitzt axial im Konus eines Hahns, durch dessen Drehung der Ölzufluß reguliert bzw. abgesperrt werden kann.

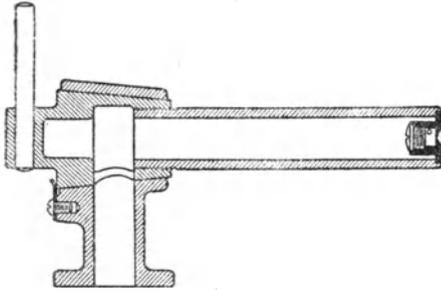


Abb. 11.

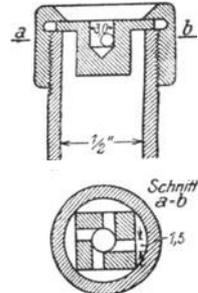


Abb. 12 u. 13.

Eine weitere Ausführung zeigen Abb. 12 und 13¹⁾. Der Zerstäuber besteht aus einem durch eine Überwurfmutter im Zuleitungsrohr gehaltenen Einsatzstück, welches eine nach außen offene Bohrung von 3 mm Durchmesser enthält. Tangential in diese Bohrung münden vier Bohrungen von $1,5 \text{ mm}$ Durchmesser vom Zuführungsrohr her. Das durch diese Bohrungen in die Düse eintretende Öl erteilt dem Ölstrom innerhalb derselben eine lebhaftere Drehbewegung, welche ihn nach Verlassen der Düse zum Auseinanderfliegen bringt.

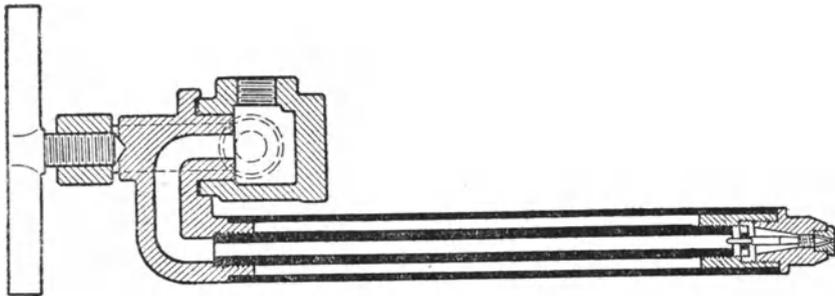


Abb. 14.

Abb. 14 zeigt die Konstruktion des Zentrifugalzerstäubers der Westfälischen Maschinenbau-Industrie (Lizenz Körting), welcher im wesent-

¹⁾ S. Essich, Über Öldruckzerstäuber, Feuerungstechnik 1915, S. 67.

lichen mit dem Körtingschen Zentrifugalzerstäuber übereinstimmt. Der Zerstäuber enthält in seinem Mundstück einen zentrischen, mit Schraubengängen versehenen Dorn. Das durch die Düse strömende Öl wird durch die Schraubengänge zu einer Drehbewegung gezwungen, welche nach dem Verlassen der Düse den Ölstrahl zerstäubt. Das Ölzuführungsrohr ist außen durch einen Wärmeschutzmantel gegen Überhitzung geschützt. Der Zerstäuber ist durch einen aufklappbaren Bügel mit Druckschraube gehalten und nach Lösen dieser Schraube leicht auszuwechseln. Die Reinigung erfolgt durch Abschrauben des Düsenkopfes und Herausnehmen der Schraubenspindel. Im Betriebe kann der Zerstäuber durch Ausblasen mittels Dampf gereinigt werden.

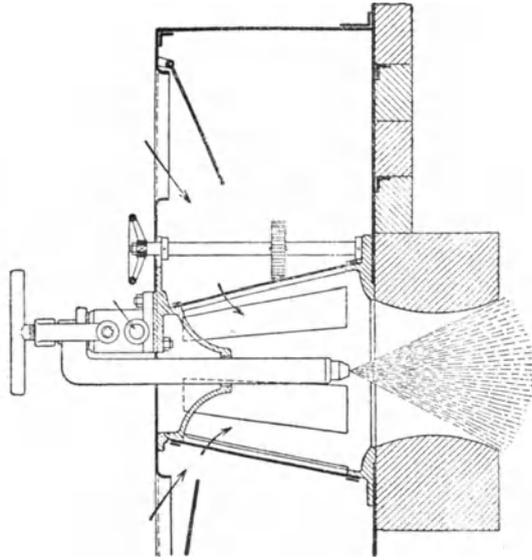


Abb. 15.

Abb. 15 zeigt die Anbringung eines derartigen Zentrifugalzerstäubers bei einer Kesselfeuerung. Die Luftzuführung wird durch Verstellung der Luftschlitze in einem kegelstumpfförmigen Zerstäuber umgebenden Blechmantel mittels Handrad und Zahnkranz geregelt.

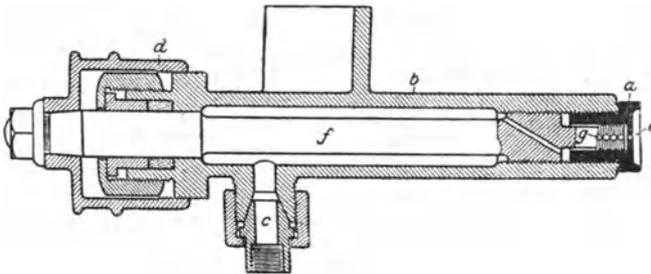


Abb. 16.

Abb. 16 zeigt den Babcock und Wilcox-Zerstäuber. Derselbe besteht aus einem Gehäuse *b*, welchem das Öl bei *c* zugeführt wird. An dem Gehäuse *b* befindet sich das Mundstück *a* mit der Ölaustrittsöffnung *e*. Zentrisch im Gehäuse ist eine bei Drehung einer Kappe *d*

axial verschiebbare Spindel f angeordnet. Diese besitzt an ihrem vordersten Ende Gewindegänge, durch welche das Öl eine Drehbewegung erhält. Durch diese Gewindegänge hindurch sind Längsnuten g gefräst, welche ebenfalls dem Öl Durchtritt gewähren. Durch die sich nahezu im Winkel von 90° kreuzenden Ströme soll eine besonders gute Zerstäubungswirkung erreicht werden. Die Regulierung erfolgt durch Drehung der Spindel f , indem die Stirnfläche dieser Spindel der Öffnung e

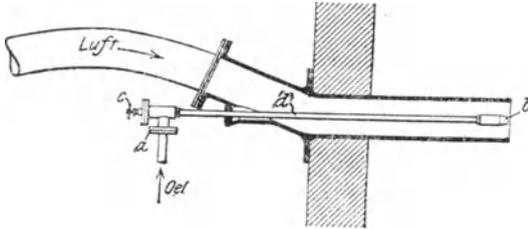


Abb. 17.

mehr oder weniger genähert wird und sie dadurch mehr oder weniger verschließt.

Die Verbindung eines Zentrifugalzerstäubers mit künstlicher Luftzufuhr zeigt Abb. 17. Diese Feuerung ist besonders als Reserve für eine Kohlenstaub-

feuerung gedacht. Bei Nichtbenutzung kann die Ölfeuerung aus der Luftzuführung herausgezogen werden ¹⁾.

c. Luft- und Dampf-Zerstäuber.

Bei diesen Zerstäubern kommt die Zerstäubungswirkung dadurch zustande, daß der Flüssigkeitsstrom durch die mit einer wesentlich größeren Geschwindigkeit strömende Luft (bzw. Dampf) in viele kleine Flüssigkeitsteilchen zerrissen wird. Man unterscheidet

Hochdruckzerstäuber (mit über 0,3 Atm. Luftpressung),

Niederdruckzerstäuber (unter 0,1 Atm. Luftpressung),

Dampfzerstäuber.

Hierbei wird die Bezeichnung »Zerstäuber« im allgemeinen dann gewählt, wenn das Zerstäubungsmittel nur einen kleinen bzw. überhaupt keinen Teil der Verbrennungsluft darstellt, während die Bezeichnung »Brenner« für diejenigen Vorrichtungen benutzt wird, bei welchen die Zerstäubungsluft den überwiegenden Teil der Verbrennungsluft ausmacht. Eine weitere Einteilungsart ist diejenige in Rundbrenner und Schlitzbrenner, je nach der runden oder flachen Form der Austrittsöffnungen. Die Rundbrenner sind die am meisten verbreitete Ausführungsart. Die Schlitzbrenner werden im allgemeinen dann verwendet, wenn es sich darum handelt, eine möglichst starke Ausbreitung der Flamme zu erzielen. Dieser Zweck wird jedoch durch eine schlitzförmige Ausbildung der Düse allein nicht erreicht, wenn die einzelnen Luftfäden die Düse parallel verlassen. In diesem Falle nähert sich die Flamme trotz des ursprünglich flachen Querschnitts schließlich mehr und mehr dem runden

¹⁾ St. u. E., 1915, S. 969.

Querschnitt. Zur dauernden Beibehaltung einer geringen Flammendicke ist es vielmehr erforderlich, daß, wie dies Abb. 51 und 52 zeigen, die einzelnen Luftströme bereits in bzw. beim Verlassen der Düse auseinander streben.

Die an einen Zerstäuberbrenner zu richtenden Anforderungen sind folgende:

- 1) die Zerstäubung soll eine vollkommene sein,
- 2) der Brenner soll eine möglichst weitgehende Regulierbarkeit aufweisen,
- 3) die Verbrennung des Öls soll eine vollkommene und rauchfreie sein,
- 4) das Auftreten einer Stichflamme soll vermieden werden,
- 5) die Inbetriebsetzung soll eine einfache und sichere sein,
- 6) der Brenner soll mit geringem Öldruck arbeiten, da sich bei hohem Öldruck kleine Ölausflußquerschnitte ergeben, welche sich leicht verstopfen,
- 7) die zur Zerstäubung erforderliche Arbeit soll möglichst gering sein.

Die Zerstäubungsarbeit kann entweder (beim Hochdruckbrenner) durch eine kleine Luftmenge von großer Pressung oder (beim Niederdruckbrenner) durch eine große Luftmenge von kleiner Pressung geleistet werden. Jede der beiden Bauarten hat ihre Vor- und Nachteile. Der Vorteil des Hochdruckbrenners ist seine größere Regulierbarkeit. Ein Hochdruckbrenner, der z. B. mit einer Preßluftmenge von 10% der Verbrennungsluft arbeitet, läßt die Ölzufuhr ohne Veränderung der Zerstäubungsluftmenge auf $\frac{1}{10}$ seiner Leistung, mit Veränderung der Zerstäubungsluftmenge noch weiter drosseln. Der Niederdruckbrenner dagegen, bei welchem meist die gesamte Verbrennungsluft zur Zerstäubung herangezogen wird, läßt sich nur in beschränktem Maße drosseln, da bei zu starker Drosselung die Windpressung in der Düse unter diejenige Pressung sinkt, bei welcher noch eine genügende Austrittsgeschwindigkeit der Luft und demgemäß eine genügende Zerstäubung sich ergibt. Die Regulierfähigkeit nach unten in Prozenten der vollen Brennerleistung ist

$$x = 100 \sqrt{\frac{p}{p_{\min}}},$$

wobei p den zur Verfügung stehenden Luftdruck, p_{\min} den kleinsten Luftdruck bedeutet, mit dem die Düse noch einwandfrei arbeitet. Eine Verbesserung des Niederdruckbrenners in bezug auf die Regulierbarkeit läßt sich daher nur dadurch erreichen, daß man die Regulierung nicht durch Veränderung des Winddrucks, sondern der Größe der Ausflußöffnung herbeiführt. Ein Vorteil des Niederdruckbrenners dagegen gegenüber dem Hochdruckbrenner ist seine infolge der geringeren Strömungsgeschwindigkeit leichtere Inbetriebsetzung, die Möglichkeit der Verwendung von einfachen und billig arbeitenden Ventilatoren und die verringerte Stichflammenbildung, sowie das geringere Geräusch, mit dem dieselben arbeiten.

Man kann die Vorteile von Hoch- und Niederdruckbrennern dadurch miteinander kombinieren, daß man zur Erzielung einer guten Regulierfähigkeit und besonders guten Zerstäubung einen Teil der Verbrennungsluft als Preßluft mit hoher Spannung zuführt, während der Hauptteil der Luft mit niedriger Spannung als Gebläsewind (25—50 mm WS.) zugeführt wird. In dieser Weise wird man besonders dann verfahren, wenn entweder Preßluft bereits zur Verfügung steht oder eine so große Anzahl von Ölfeuerstätten erstellt werden soll, daß sich die Errichtung einer getrennten Ventilatoren- und Kompressoranlage lohnt. Der Hauptteil der Verbrennungsluft wird dann durch die Ventilatorenanlage zugeführt. Die Zuführung der gesamten Verbrennungsluft als Preßluft würde die Betriebskosten beträchtlich steigern und wird daher kaum noch angewendet.

Die Verwendung von Niederdruckbrennern erfolgt im allgemeinen bei größeren Anlagen dann, wenn nicht allzu große Regulierfähigkeit erforderlich ist, oder, falls die Regulierfähigkeit durch Düsen mit veränderlicher Austrittsöffnung erzielt wird, sowie, wenn bereits Gebläsewind von niedrigem Druck zur Verfügung steht und die Errichtung einer besonderen Gebläseanlage vermieden werden soll.

Die Anbringung des Brenners am Ofen kann entweder offen oder geschlossen erfolgen. Während früher die offene Anbringung bevorzugt wurde, bei welcher gleichzeitig durch die Injektorwirkung der Düse Nebenluft angesaugt wird, bevorzugt man neuerdings die geschlossene Anordnung des Brenners. Letztere erfordert zwar die Zuführung der gesamten Verbrennungsluft durch den Brenner, soweit sie nicht an einer späteren Stelle als Sekundärluft zugeführt wird. Diese Anordnung hat aber den Vorteil, daß der Brenner gleichmäßiger brennt, da die Verbrennung nicht von Zufälligkeiten der Nebenluftzuführung und des Schornsteinzugs abhängig ist. Gleichzeitig ist der Betrieb sauberer und geräuschloser. Allerdings erfordert er eine Brennerkonstruktion, welche trotz der größeren Erhitzung bei der geschlossenen Anbringungsart dauernd betriebssicher arbeitet.

Die offene Anbringung von Ölbrennern wird bisweilen so durchgeführt, daß der Brenner zwecks Reinigung und Abkühlung bei Nichtbenutzung ausgeschwenkt werden kann (s. Abb. 47). Die Lage des Brenners ist im allgemeinen so, daß seine Achse, d. h. die Richtung der austretenden Flamme, horizontal ist. Diese Anordnung ist diejenige, welche am einfachsten durchzuführen ist. Die stehende Anordnung, wobei der Brenner von unten nach oben bläst, hat vor allem den Nachteil, daß bei nicht vollkommenster Zerstäubung Öltröpfchen in die Düse zurückfallen und in die Luftleitung zurückfließen, so daß sich in derselben im Laufe der Zeit beträchtliche Ölmengen ansammeln können, welche den Luftdurchtritt erschweren und den Brenner verschmutzen. Bei hängender Anordnung ergibt sich der Nachteil, daß bei abgestellter Düse die im Ofen befindlichen heißen Gase aufsteigen, den Brenner aus-

glühen und in demselben etwa enthaltene Ölrreste zum Verkoken bringen. Auch im Betriebe ist die Erhitzung des Brenners bedeutend stärker als bei liegender Anordnung.

Ein Verkoken von Öl tritt unter Umständen, d. h. bei starker Rückstrahlung der glühenden Ofenwände, in den abgestellten Brenner, auch bei horizontaler Brenneranordnung ein. Deswegen werden gewisse Brennerkonstruktionen mit einem besonderen Preßluft- oder Dampfanschluß ausgerüstet, welcher es gestattet, nach Außerbetriebsetzung des Brenners die Ölkäle auszublase. Vor allem ist dies wichtig bei solchen Brennerkonstruktionen, welche eine veränderliche Austrittsöffnung aufweisen und daher bewegliche Teile enthalten. Die Anordnung dieser beweglichen Teile soll hierbei derart sein, daß sowohl im Betriebe wie im Stillstand ein Benetzen mit Öl der aneinander gleitenden Flächen der beweglichen Teile ausgeschlossen ist, da sonst mit der Zeit ein Festbrennen dieser Teile unvermeidlich ist.

Bei der Anbringung und der Konstruktion der Brenner muß auch der ungleichmäßigen Wärmeausdehnung derselben Rechnung getragen werden. Die Wärmeausdehnung ist naturgemäß besonders stark an der Mündung, welche durch die strahlende Wärme der Flamme und der glühenden Ofenwände stark erhitzt wird.

Als Material für die Konstruktion der Zerstäuber wird Grauguß, Temperguß, für gewisse Teile Schmiedeeisen, ferner Bronze verwendet. Bei solchen Heizölen, welche einen starken Säuregehalt aufweisen, ist es erforderlich, demselben durch eine geeignete Legierung des Materials der ölführenden Teile Rechnung zu tragen; evtl. müssen solche Teile, welche durch die Säure oder die starke Erhitzung einer besonderen Abnutzung unterworfen sind, auswechselbar gemacht werden. Neuerdings wird im allgemeinen als Material für den Brenner selbst Gußeisen, für die ölführenden Teile Bronze bevorzugt.

Zweckmäßigerweise wird der Brenner mit einem Luftanschluß versehen, von welchem aus ein Schlauchhahn eine Verbindung mit einem Manometer gestattet. Dieser Anschluß ist bei Brennern mit nicht regelbarer Austrittsöffnung, welche in der Zuleitung eine Drosselklappe oder ein sonstiges Regelorgan besitzen, zwischen diesem Organ und der Düse anzuordnen, weil dann die Größe der Pressung im Brennergehäuse sich mit der veränderten Stellung des Drosselorgans verändert, also einen genauen und rechnerisch zu ermittelnden Anhalt für die Leistung des Brenners gibt. Bei Brennern mit regelbarer Ausflußöffnung ist eine Skala anzuordnen, welche die Größe der Öffnung in Prozenten der vollen Öffnung abzulesen gestattet.

Bei Niederdruckbrennern kann der Düsendurchmesser in Millimetern ermittelt werden nach der Formel

$$d = \frac{K \cdot \sqrt{Q \cdot a}}{\sqrt[4]{p_0}},$$

wobei p_0 den Druck vor der Düse in mm WS., Q die stündliche Ölmenge in kg, α das Verhältnis der durch die Düse gehenden zur gesamten Verbrennungsluft bedeutet. Der Faktor K ist bei stoßfreier Luftführung in der Düse mit 35, bei Düsen mit tangentialer Luftbewegung mit bis zu 38 einzusetzen.

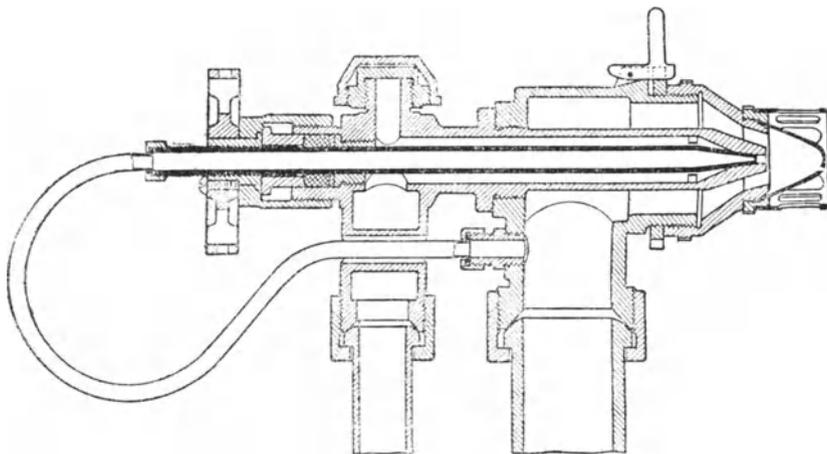


Abb. 18.

Die nachstehenden Abbildungen geben eine größere Anzahl von ausgeführten Brennerkonstruktionen wieder. Abb. 18 zeigt den Bueßbrenner, eine der ältesten deutschen Konstruktionen. Derselbe besteht im wesentlichen aus drei ineinandergesteckten Düsen. Die innerste ist axial verstellbar und regelt dadurch den Ölzufluß. Sie ist durch ein biegsames Rohr mit dem an die äußerste Düse angeschlossenen Hauptluftanschluß verbunden. Die Anordnung ist also derart, daß der Ölstrom von innen und außen durch die Luft erfaßt und zerstäubt wird. Der Brenner ist an seinem Mundstück mit einem kegelartig geformten Drahtsieb ausgestattet, welches eine Dämpfung des infolge der hohen Luftpressung starken Geräusches bewirkt. Dieses Sieb ist an einem Ring

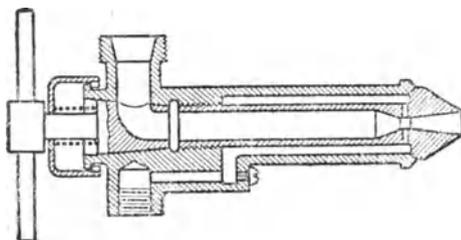


Abb. 19.

befestigt und abschraubbar. Wenn der Brenner gereinigt werden soll, wird die Siebkappe durch eine geschlossene Kappe ersetzt, die Luft tritt dadurch in die Ölleitung zurück und bläst dieselbe aus. Der Brenner arbeitet mit Luftpressungen von 0,3 Atm. aufwärts.

Eine weitere Konstruktion eines Hochdruckbrenners zeigt Abb. 19. Derselbe besteht aus einem inneren Luftrohr, welches in eine Laval-Düse

mündet. Das mantelförmig das Luftrohr umgebende Öl fließt dieser Düse an der engsten Stelle durch kleine Bohrungen radial zu. Die Regulierung der Preßluftzufuhr erfolgt durch einen in der Brennerachse angeordneten Hahnkonus. Dieser Konus wird durch eine Feder in seine Bohrung gepreßt. Die Feder wiederum ist durch eine vermittels eines Bajonettverschlusses in einfachster Weise gesicherte Überwurfkappe gehalten. Durch einfaches Drehen des Bajonettverschlusses kann der Hahnkonus herausgenommen und die Düse gereinigt werden. Der Zerstäuber arbeitet mit Pressungen von 0,1 Atm. aufwärts.

Abb. 20¹⁾ zeigt einen Dampfzerstäuber der Westfälischen Maschinenbau-Industrie. Durch den unteren Anschluß wird Dampf zugeführt.

Der Dampf tritt in einem rechts angeordneten Düsenkopf, welcher auswechselbar ist, durch einen schmalen, horizontalen Schlitz aus. Oberhalb desselben tritt das Öl ebenfalls durch einen Schlitz aus; die Öltröpfchen werden von dem Dampfstrahl erfaßt und zerstäubt. Ein in der Achse der Ölzuleitung ange-

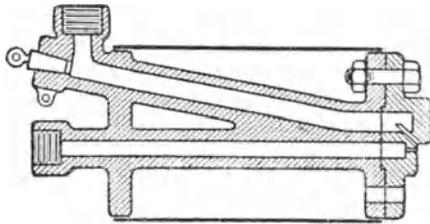


Abb. 20.

ordneter eingeschliffener Stopfen gestattet eine Reinigung der Düse. Der Zerstäuber ist durch einen Wärmeschutzmantel gegen Überhitzung geschützt.

Eine zweite Konstruktion derselben Firma zeigt Abb. 21. Diese Konstruktion enthält zunächst einen Injektor, vermittels dessen der Dampf

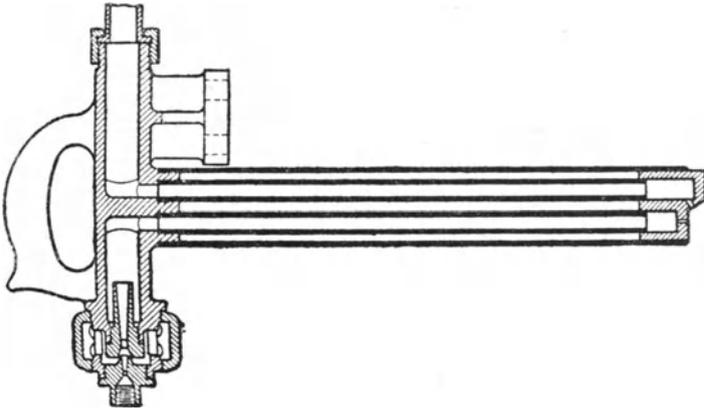


Abb. 21.

ein gewisses Quantum Luft ansaugt und komprimiert. Dieses Dampf-luftgemisch tritt wieder in einem schmalen Schlitz aus, wodurch das von

¹⁾ Meier, Gas- und Ölfuerungen, Techn. Mitteilungen, 1915.

oben auf diesen flachen Dampfstrahl auftreffende Öl zerstäubt wird. Die Luftzutrittsöffnungen sind zur Schalldämpfung mit einem gelochten Mantel umgeben. Dampf- und Ölzuführung sind mit einem Wärmeschutzmantel geschützt. Dieser Zerstäuber erfordert natürlich eine wesentlich höhere Dampfpressung, da ein großer Teil des Drucks im Injektor verlorengeht.

Eine weitere Zerstäuberkonstruktion zeigt Abb. 22. Das Öl strömt, durch ein Nadelventil regelbar, zentral dem Zerstäuber zu. Dieses zen-

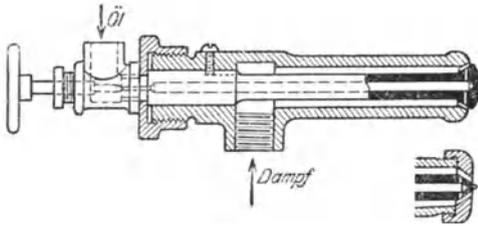


Abb. 22 u. 23.

trale Rohr läßt sich durch eine Überwurfmutter, welche in eine Ringnut des Ölrohres eingreift, axial verschieben, da das Ölrohr durch eine Schraube und Längsnut an einer Drehung verhindert ist. Hierdurch läßt sich vermit-

tels des konischen Kopfes am Ölrohr der Dampfaustritt regeln. In den konischen Ventilsitz münden eine Anzahl feiner Bohrungen, durch welche das Öl an der Stelle größter Dampfgeschwindigkeit austritt. Durch diese Ausbildung des Düsenkopfes erhält die Flamme eine hohlkegelige Form.

Durch eine zweite Ausbildung des Düsenkopfes nach Abb. 23, welche nach einem ähnlichen Prinzip erfolgt, wird ebenfalls eine kegelige Form der Flamme erzielt. Der Zerstäuber kann auch mit Luft betrieben werden, er arbeitet mit Luftpressungen von 0,08 Atm. aufwärts.

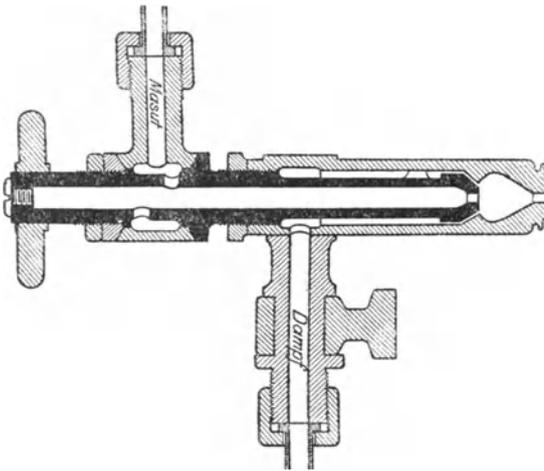


Abb. 24.

einen vor dem Ölaustritt befindlichen Raum und von da, mit dem feinerstäubten Öl gemischt, durch einen flachen Schlitz in die Feuerung.

¹⁾ Glasers Annalen, 15. 1. 1918.

Der Dampfbedarf beträgt etwa 0,235 kg pro kg Öl. Er wird um so niedriger, je höher Dampfpressung und Überhitzung.

Abb. 25 zeigt eine mit Preßluft oder Dampf arbeitende Zerstäuberdüse, welche infolge Rotation des Dampf- bzw. Preßluftstrahls eine stark streuende Flamme ergibt. Der Zerstäuber besteht aus einem Gehäuse, an welches eine Preßluft- oder Dampfleitung angeschlossen ist. Axial im Gehäuse befindet sich ein vorn erweitertes Ölrohr, dessen Ölzufluß durch ein Nadelventil regulierbar ist. Unmittelbar hinter der Erweiterung

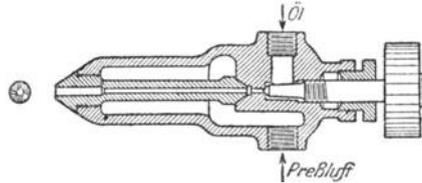


Abb. 25.

des Ölrohrs münden in dieses vom Luftraum her vier tangentielle Bohrungen, so daß in dieser Erweiterung ein stark wirbelnder Preßluft- bzw. Dampfstrahl entsteht, welcher nicht nur eine äußerst feine Zerstäubung herbeiführt, sondern auch sich nach Verlassen der Düse schnell ausbreitet und dadurch eine kurze, heiße Flamme erzeugt. Zum Betriebe genügt Preßluft von 0,15—0,25 Atm.

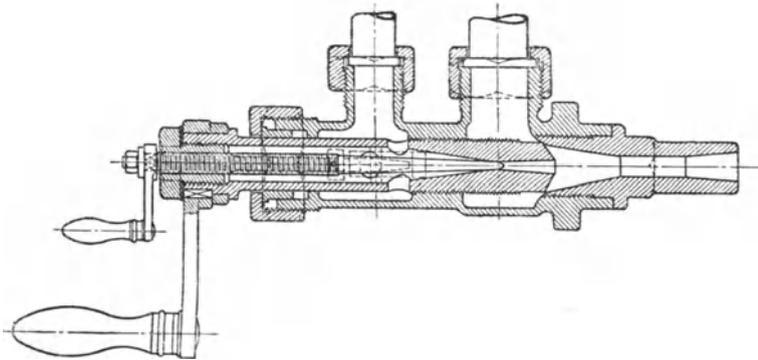


Abb. 26.

Abb. 26¹⁾ zeigt den Dragu-Zerstäuber, welcher in großem Maßstabe bei Lokomotivfeuerungen der rumänischen Staatsbahnen Verwendung gefunden hat. Der Zerstäuber gehört zu den Konstruktionen mit regelbarer Dampf- und Ölaustrittsöffnung. Er besteht aus einer Dampfduße, welche mit einem Außengewinde im Gehäuse drehbar gelagert ist und daher durch Drehung in axialer Richtung verschoben werden kann, wodurch eine Regelung des Ölausflusses bewirkt wird. Die Dampfmenge wird durch eine in der Dampfduße zentral angeordnete Nadel, deren hinteres Ende ebenfalls mit Gewinde versehen ist, geregelt. Die Aus-

¹⁾ Sußmann, Ölfeuerung für Lokomotiven.

nutzung der kinetischen Energie des Dampfes im Dragu-Zerstäuber ist verhältnismäßig günstig, da die Düse auf weitestgehende Umsetzung des Drucks in Geschwindigkeit berechnet ist.

Anstatt den Brenner so auszubilden, daß er eine Reinigung der verschiedenen feinen Öffnungen während des Betriebes ermöglicht, ist es unter Umständen richtiger, ihn bzw. die ganze Ölfeuerungsanlage so auszuführen, daß ein Verstopfen überhaupt nicht möglich ist. Der Zerstäuber hat dann den Vorteil, daß er überhaupt keiner Wartung bedarf.

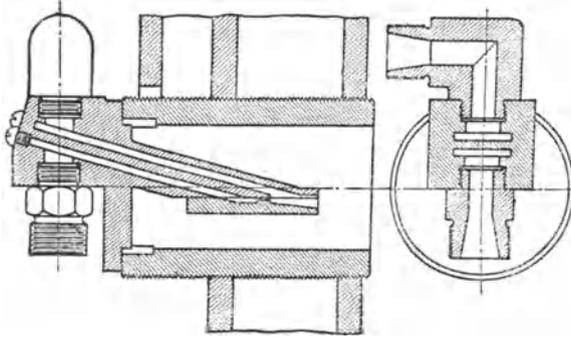


Abb. 27 u. 28.

Ein Beispiel einer derartigen Ausführung zeigen Abb. 27 und 28¹⁾. Der Sußmann-Zerstäuber besteht aus einem Düsenkörper, in welchem übereinander zwei Kanäle von rechteckigem Querschnitt liegen. Durch den unteren strömt Dampf, durch den oberen Öl. Auf der

Mündungsseite ist der Zerstäuber durch eine Platte verschlossen, welche, wenn sie abgenutzt ist, ausgewechselt werden kann. Durch einen schmalen Schlitz tritt der Dampf aus und erfäßt das von oben auf ihn herabfließende Öl.

Mit diesem Brenner hat Sußmann eine größere Anzahl von Versuchen an preussischen Staatsbahnlokomotiven ausgeführt und gute Ergebnisse erzielt.

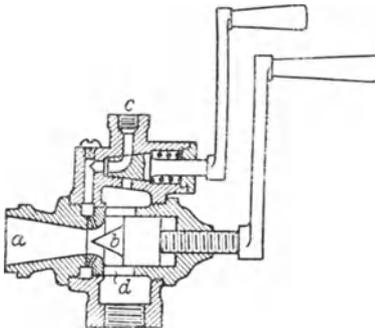


Abb. 29.

Abb. 29 zeigt einen Preßluft- bzw. Dampfzerstäuber von Essich. Derselbe besteht aus einer Laval-Düse *a* und gestattet durch einen kegelförmigen Ventilkörper *b* die Dampfmenge zu regeln. Im oberen Teil ist die Ölzufuhr *c* angeordnet. Durch einen Hahn gelangt das Öl in einen ringförmig die engste Stelle

der Laval-Düse umgebenden Raum, von wo es durch eine große Anzahl radialer Bohrungen in die Düse eintritt und zerstäubt wird. Die Regelung des Ölzufusses erfolgt durch den erwähnten Hahn. Wird der Hahn gegenüber der in der Abbildung wiedergegebenen Stellung um

¹⁾ Sußmann, Ölfeuerung für Lokomotiven.

90° gedreht, so ist der Ölzufluß abgesperrt. Erfolgt eine Drehung um annähernd 180°, so tritt die im Hahnkonus befindliche Bohrung durch die nach unten führende Öffnung mit dem Dampfraum in Verbindung, so daß die Ölkanäle im Brenner ausgeblasen und vor einem Verschmutzen gesichert werden. Der Zutritt des Dampfes zur Laval-Düse erfolgt durch tangentielle Schlitze *d*, so daß der Dampfstrahl außer einer axialen gleichzeitig eine tangentielle Geschwindigkeitskomponente erhält. Dadurch wird erreicht, daß die Flamme eine stark kegelige Form erhält. Die offene Länge der Schlitze wird durch den Regulierkörper gleichzeitig und proportional dem Düsenquerschnitt geregelt, so daß das Verhältnis Axialgeschwindigkeit zu Tangentialgeschwindigkeit und damit der Streuwinkel der Flamme konstant bleibt.

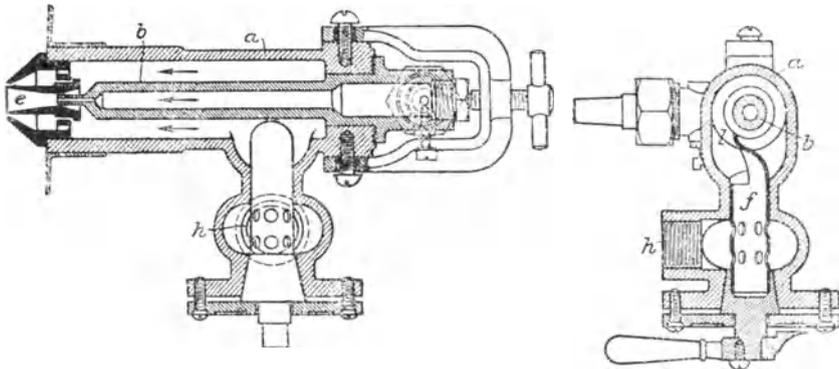


Abb. 30 u. 31.

Abb. 30 und 31 zeigen den Selas-Brenner. Derselbe besteht aus einem Gehäuse *a*, in welchem zentral eine Öldüse *b* angeordnet ist, welche eine enge Austrittsöffnung *e* enthält. Die bei *h* zugeführte Luft tritt durch ein gelochtes Rohr *f*, welches drehbar angeordnet ist, in das Gehäuse ein. An der Austrittsseite des Zerstäubers sind konzentrisch zwei Düsen angeordnet; durch die innere Düse, in welcher die Zerstäubung erfolgt, tritt ein Ölluftgemisch aus, welches durch die äußere Düse mit einem reinen Luftmantel umgeben wird. Wenn das Rohr *f* die in der Abbildung gezeichnete Stellung hat, so erhält die Luft im Gehäuse durch die Zunge *l* eine rotierende Bewegung, so daß sich eine stark streuende Flamme ergibt. Wird das Rohr *f* um 90° gedreht, so hört diese rotierende Bewegung der Luft auf und es ergibt sich eine langgezogene Flamme. Das Ölrohr *b* ist zwecks Reinigung der Düse *e* herausnehmbar, nachdem ein Bügel mit Druckschraube gelöst ist. Der Brenner arbeitet mit Luft von 1500 mm WS.

Abb. 32 zeigt den De Fries-Brenner. Derselbe besteht aus einem auswechselbaren Mundstück, in welchem zentral eine durch ein Nadel-

ventil regelbare Öldüse angeordnet ist. Der Brenner arbeitet mit einem Luftdruck von 1500 mm WS.

Eine zweite Konstruktion derselben Firma zeigt Abb. 33. Diese

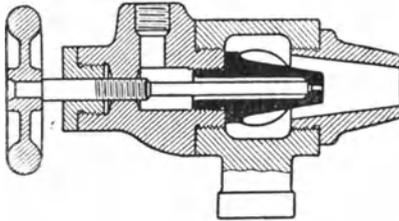


Abb. 32.

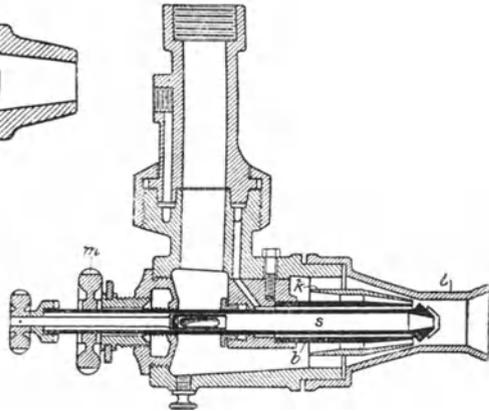


Abb. 33.

Konstruktion besitzt mehrere ineinander liegende Düsen l , k , b und s , zwischen welchen drei ringförmige und ein innerer kreisförmiger Querschnitt verbleiben. Durch das innerste Rohr sowie durch die beiden

äußeren ringförmigen Querschnitte tritt Luft aus, durch den zwischen den Rohren b und s befindlichen ringförmigen Raum Öl. Das Luftrohr s besitzt an seinem äußeren Ende einen mit einer scharfen Kante versehenen Kopf. Durch Drehung des Handrades m läßt sich dieser Kopf verschieben und die Ölmenge regeln. Durch Drehung des Handrades v wird die durch das zentrale Luftrohr strömende Luftmenge verändert. Die Mischung von Luft und Öl findet im vordersten Teil der Düse statt.

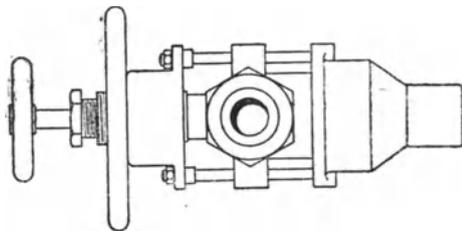
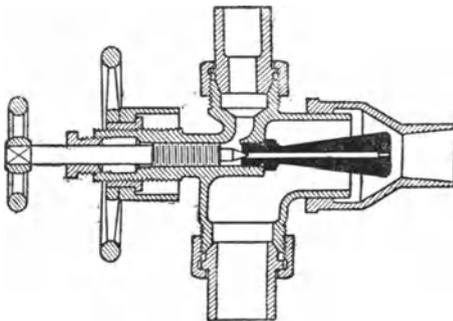


Abb. 34 u. 35.

Abb. 34 und 35 zeigen den Boye-Brenner. Derselbe besteht aus einem

durch ein Handrad regelbaren Nadelventil, an welches sich ein nach der Düse führendes Ölrohr anschließt. Dieses Ölrohr ist an seinem äußersten Ende stark verdickt und mit einer konischen Dichtungsfläche versehen, welche sich beim Zurückziehen des Brennermundstücks gegen dieses legt. Hierdurch kann die austretende Luftmenge geregelt werden. Diese Verschiebung des Brennermundstücks erfolgt durch das größere Handrad, welches durch zwei Zugstangen seine axiale Bewegung auf das Mundstück überträgt. Der Brenner arbeitet mit Preßluft von 1000 bis 2000 mm WS. und ist besonders zur Beheizung kleinerer Öfen vielfach ausgeführt worden.

Abb. 36 zeigt den Poetter-Brenner. Er besteht aus einem winkelförmigen Gehäusestück *a*, an welches sich ein zylindrischer Teil *b* anschließt. Letzterer besitzt an seinem vorderen

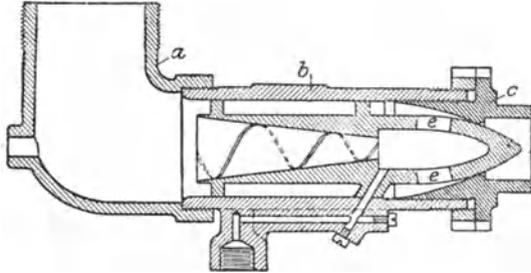


Abb. 36.

Ende ein Mundstück *c*, welches mit Gewinde eingesetzt ist und durch Drehung in axialer Richtung verschoben werden kann. Im Gehäuse *b* befindet sich eine sich konisch verengende und mit Innengewinde versehene Büchse *d*, in der die Luft eine schraubenförmige Bewegung erhält. In den vorderen weiteren Teil dieses Einsatzes tritt von unten her Öl ein und wird in lebhaftem Wirbelung versetzt und zerstäubt. Der Ölluftnebel tritt durch Schlitze *e* in den äußeren Ringraum aus, wo er von einem äußeren Luftmantel erfaßt wird und sich mit diesem mischt. Der Brenner arbeitet mit einer Luftpressung von 400 mm WS.

Abb. 37 zeigt den Pierburg-Brenner. Die Konstruktion ist ähnlich wie diejenige des Boye-Brenners. Sie ist lediglich einfacher gehalten, insofern die axiale Verschiebung des Mundstücks und damit die Regulierung der Luftmenge durch einfaches Drehen des mit Gewinde versehenen Mundstücks erfolgt. Der Brenner arbeitet mit 1000 mm WS. Windpressung.

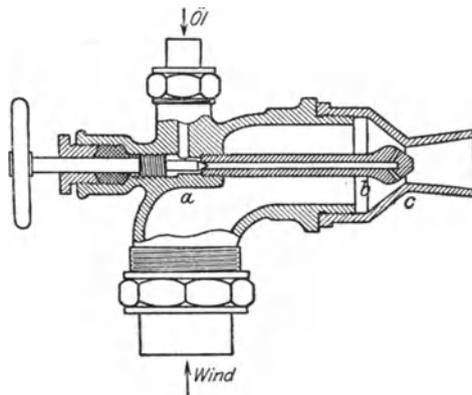


Abb. 37.

Eine weitere Brennerkonstruktion zeigt Abb. 38. Dieselbe besitzt ein um ein zylindrisches Gehäuse angeordnetes Spiralrohr, welches der Luft im Gehäuse eine rotierende Bewegung erteilt. Im Gehäuse befindet sich eine zweite konzentrische Düse. In dieser inneren Düse ist eine Öldüse angeordnet. Die Ölmenge wird durch ein Nadelventil reguliert. Das in der inneren Düse zerstäubte Öl wird bei seinem Austritt durch einen Mantel von reiner Zusatzluft umgeben, durch welchen das vom Rande der inneren Düse etwa abtropfende Öl in die Flamme geblasen wird.

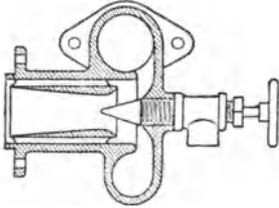


Abb. 38.

Abb. 39—41 zeigen den Schmidt-Brenner. Derselbe besteht aus einem Gehäuse *k*, welchem die Luft durch eine Drosselklappe *g* regulierbar zugeführt wird. Im Gehäuse befindet sich eine äußere Düse *p* und eine innere Düse *n*. Letzterer strömt die Luft durch Tangentialschlitze *r* zu. In den zwischen beiden Düsen befindlichen Ringraum tritt die Luft

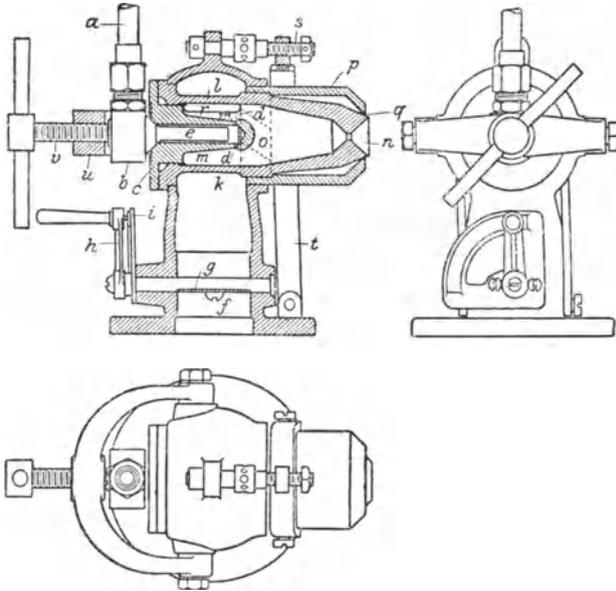


Abb. 39—41.

durch Kanäle *o*. Das bei *a* zugeführte Öl tritt nach Passieren eines Filters *e* durch eine Anzahl feiner Bohrungen *d* in den inneren Düsenraum, wo es durch die wirbelnde Luft erfaßt und zerstäubt wird. Der bei *n* austretende Ölnebel wird durch den ringförmigen Schlitz *q* mit einem Zusatzluftmantel umgeben. Die Größe dieses Schlitzes und damit

die Menge der Zusatzluft läßt sich durch axiale Verschiebung der Düse p mittels Drehung der Schraube s regeln. Nach Lösung der Knebelschraube v und Zurückklappen des Bügels n kann die Ölzuleitung samt dem Ölsieb e , der Öldüse m und der inneren Luftdüse l herausgezogen und gereinigt werden.

Abb. 42—44 zeigen den Haßler-Brenner. Derselbe besteht aus einem Gehäuse a , welches ein axial verschiebbares Düsenrohr e enthält.

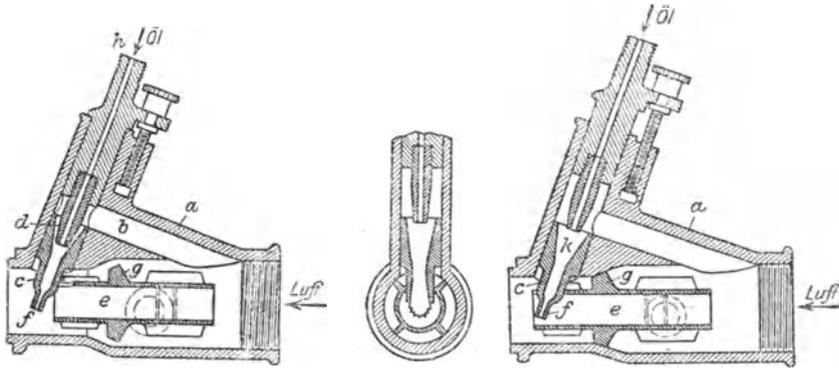


Abb. 42—44.

Letzteres ist außen mit einem ventilartigen Flansch g versehen. Durch das Rohr e wird der Luftstrom in einen äußeren und inneren Strom unterteilt. Der äußere Strom kann mittels axialer Verschiebung des Düsenrohres e geregelt werden. Vor dem Ende des Düsenrohres e befindet sich ein Rohr c , dessen Ende f flachgedrückt und fächerartig abgeschnitten ist. Das bei h zutretende Öl wird mittels der durch den Umföhrungskanal b und den ringförmigen Düsenraum d strömenden Luft injektorartig angesaugt. Die im Düsenrohr e strömende Luft wird durch das vor der Öffnung befindliche Rohr f auseinandergetrieben, ergibt also, wenn das Ventil g (s. Abb. 44) geschlossen ist, eine stark streuende Flamme. Ist g geöffnet, so werden die auseinanderstrebenden Luftströme durch den axial gerichteten ringförmigen Luftstrom wieder der axialen Richtung genähert, so daß sich eine lange, wenig streuende Flamme ergibt.

Abb. 45 zeigt eine einfache Brennerkonstruktion, bei welcher die Zerstäubung dadurch erfolgt, daß das aus der Ölaustrittsöffnung austretende Öl gegen ein Sieb spritzt, wo es von der Luft erfaßt und zerstäubt wird. Durch die gleichachsige Anordnung von Öl- und Luftanschluß läßt sich der Brenner leicht schwenkbar anordnen.

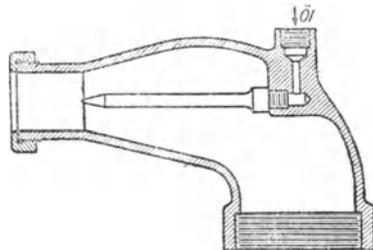


Abb. 45.

Abb. 46 zeigt den Humboldt-Brenner. Derselbe besitzt eine regelbare Luftaustrittsöffnung. Das der zentral angeordneten Öldüse zufließende Öl kann durch ein Nadelventil geregelt werden.

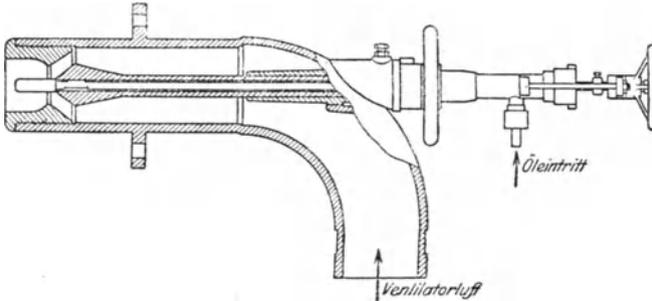


Abb. 46.

Abb. 47—50 zeigen den Custodis-Brenner. Derselbe ist als Flachbrenner ausgebildet. Er besteht im wesentlichen aus einem feststehenden und einem beweglichen Teil. Durch seitliches Ausschwenken des oberen,

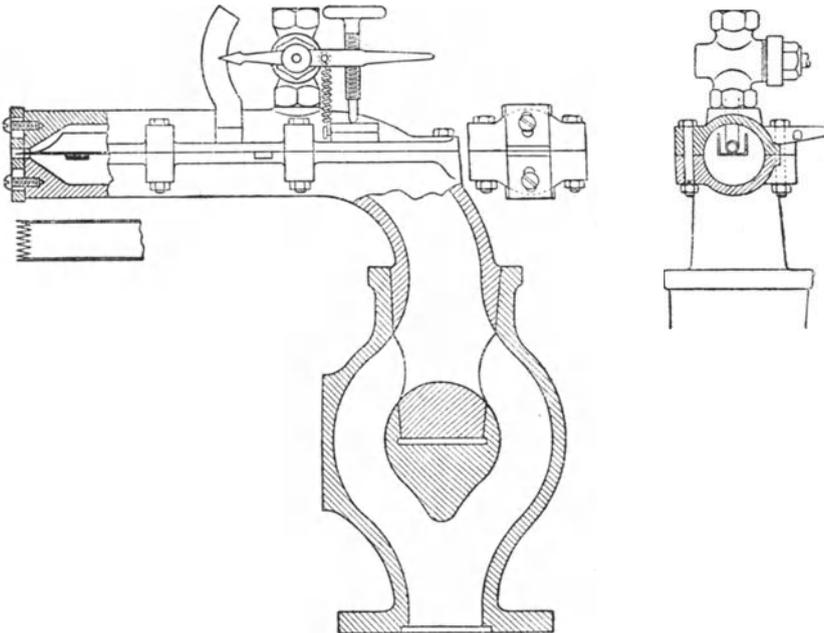


Abb. 47—50.

die eigentliche Düse enthaltenden beweglichen Teils wird gleichzeitig die Luftzufuhr abgesperrt. Die von oben erfolgende Ölzufuhr kann durch einen Hahn mit Feinregulierung geregelt werden. Die Zerstäubung er-

folgt durch eine in eine Zunge mit feinen Spitzen auslaufende und bis in die Mündung hineinragende Rinne, welcher das Öl von oben zuläuft. Die Größe der Austrittsöffnung kann durch Verstellen der an der Mündung angeordneten Platten geregelt werden.

Eine weitere Konstruktion eines Flachbrenners zeigen die Abb. 51 und 52. Vom Anschlußflansch des Brenners ausgeht der Querschnitt allmählich aus der runden Form in die flachrechteckige Form über, wobei sich der Querschnitt in der Austrittsöffnung auf $\frac{1}{3}$ des runden Querschnitts verringert. Dadurch, daß, von oben gesehen, die beiden äußersten Fäden des die Düse verlassenden Luftstroms einen Winkel von etwa 60° miteinander bilden, wird erreicht, daß, im Gegensatz zu der vorher erwähnten Brennerkonstruktion, sich tatsächlich hier eine fächerförmig sich ausbreitende Flamme ergibt. Die gleichmäßige Verteilung des Öls über die ganze Breite erfolgt durch einen über der Düse liegenden Kanal, welcher eine größere Anzahl feiner, schräg nach unten gerichteter Austrittsöffnungen besitzt.

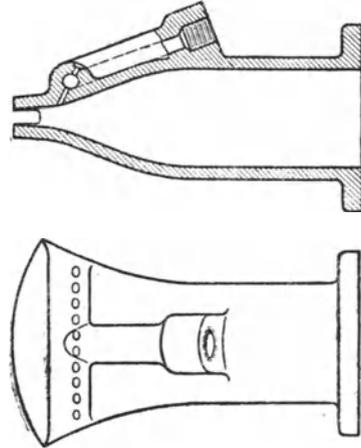


Abb. 51 u. 52.

Den Niederdruckbrenner von Essich mit regelbaren Düsenöffnungen zeigt Abb. 53. Derselbe besteht aus dem Hauptgehäuse, welches in seinem der Feuerung zugekehrten Teil eine feuerfeste Ausfütterung besitzt, um eine zu starke Erhitzung des Brenners zu vermeiden. Diese feuerfeste Ausfütterung schließt gleichzeitig den Düsenkanal nach außen ab. Durch eine Öffnung in der feuerfesten Ausfütterung, welche gewöhnlich durch einen Deckel verschlossen ist, kann zur Ingangsetzung des Brenners eine Lunte eingeführt sowie die Flamme beobachtet werden. Inner-

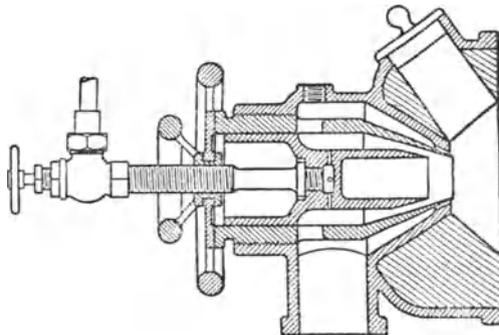


Abb. 53.

halb der eigentlichen Düse befindet sich eine zweite, welche an ihrem hinteren Ende in eine mit Gewinde versehene Buchse ausläuft, die mittels des großen Handrades gedreht und somit in der Längs-

richtung verstellt werden kann. Diese Buchse besitzt mehrere am Umfang angeordnete tangentiale Schlitz, durch welche die Luft in tangentialer Richtung in diese Düse eintritt. Die Austrittsöffnung dieser inneren Düse wird geregelt durch einen in derselben zentrisch geführten Ventilkörper, welcher innerhalb der Düse durch Drehung des kleineren Handrades axial verschiebbar ist.

Die Ölzuführung erfolgt zentral in den Ventilkörper, in welchem das Öl durch mehrere radiale Bohrungen gleichmäßig verteilt wird. Die Arbeitsweise des Brenners ist derart, daß die von unten eintretende Luft zum Teil durch die tangentialen Schlitz in die innere Düse eintritt, wo sie infolge ihrer lebhaften Rotation das Öl mitreißt und zerstäubt und als kegelförmiger Strahl die innere Düse verläßt. Der übrige Teil der Luft tritt unmittelbar durch den zwischen der inneren und äußeren Düse verbleibenden ringförmigen Spalt aus. Durch Drehung des großen Handrades kann die Stärke dieses Luftmantels, durch Drehung des kleineren Handrades die Menge der die innere Düse verlassenden Luftmenge geregelt werden. Da durch Verschiebung des Ventiltellers nach der Düsenöffnung zu nicht nur die Austrittsöffnung der inneren Düse, sondern auch im gleichen Verhältnis die tangentialen Schlitz verengt werden, so ist das Verhältnis der axialen Geschwindigkeit zur tangentialen Geschwindigkeit bei allen Belastungsverhältnissen des Brenners konstant, so daß sich auch der Winkel, unter dem die Flamme sich ausbreitet, nicht ändert, was für die Wärmeverteilung bei vielen Öfen von Vorteil ist.

Da dieser Brenner infolge seiner regelbaren Öffnung auch bei Teilbelastung mit dem vollen zur Verfügung stehenden Druck arbeiten kann, so ist es möglich, mit dem Zerstäubungsdruck sehr weit herunterzugehen. Bei einer Vorwärmung von Teeröl auf 50° ergibt ein Winddruck von 80 mm WS. noch eine befriedigende Zerstäubung.

Abb. 54 zeigt den Teerbrenner von Lipinski, welcher besonders für die Verfeuerung minderwertiger, zähflüssiger Brennstoffe bestimmt

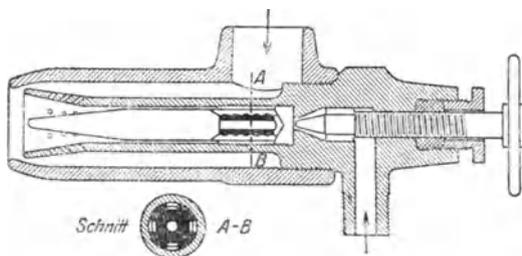


Abb. 54.

ist. Derselbe besteht aus zwei ineinander angeordneten Rohren, von denen das äußere sich verengt, das innere sich nach der Mündung zu erweitert. Durch Zwischenräume zwischen dem äußeren und dem inneren Rohr strömt der Gebläsewind. Im inneren Rohr ist mit geringem

Spiel ein spitz zulaufender Dorn zentrisch befestigt. Durch den verbleibenden engen ringförmigen Querschnitt strömt, durch ein Nadelventil regelbar,

das Heizöl. Im vorderen sich erweiternden Teil des inneren Rohres sind mehrere zur Achse des Brenners geneigte Öffnungen angeordnet, durch welche der größte Teil der Verbrennungsluft in den Ölkanal übertritt. Durch die starke Unterteilung des Luftstroms wird der Luft eine künstlich stark vergrößerte Angriffsfläche auf das Öl geschaffen und selbst bei niedriger Windpressung eine befriedigende Zerstäubung des Öls erreicht. Der erforderliche Winddruck beträgt bei einer Vorwärmung von Teer auf 70°C 500 mm WS.

Einen Brenner mit getrennter Zuführung von Zerstäubungs- und Verbrennungsluft zeigt Abb. 55. Der Brenner besteht aus einem Gehäuse, welches an einem feuerfest ausgefütterten, zum Abschluß des Düsenkanals dienenden gußeisernen Stutzen befestigt ist.

In dieses sich konisch verengende Gehäuse, dem die Verbrennungsluft durch eine seitliche Öffnung zugeführt wird, ist der eigentliche Zerstäuber, welcher mit Preßluft oder Dampf betrieben wird, eingebaut. Der Zerstäuber besteht aus einem verhältnismäßig engen, geraden Rohr, in welches, durch ein nicht gezeichnetes Nadelventil regelbar, von oben das Öl eintritt. Die Preßluft tritt von unten ein; die Preßluftmenge wird ebenfalls durch ein Nadelventil geregelt. Auf der Spindel dieses Nadelventils sind Gewindegänge angeordnet, durch welche die Preßluft in lebhafte Rotation versetzt wird. Dies hat zur Folge, daß sich der Ölnebel beim Verlassen des Zerstäubers rasch über den ganzen Querschnitt der Verbrennungsluftdüse ausbreitet. Die Zündung der Flamme erfolgt durch eine oben in dem gußeisernen Stutzen angeordnete Zündöffnung.

Der Ardelt-Brenner (Abb. 56 und 57) hat mit der vorerwähnten Konstruktion die Trennung von Zerstäubungs- und Verbrennungsluft gemeinsam. Der Brenner besteht aus einem Gehäuse, in welchem

eine Buchse mit tangentialen Schlitzern angeordnet ist, welche sich nach der Feuerung zu düsenartig verengt. Durch die tangentialen Schlitz-

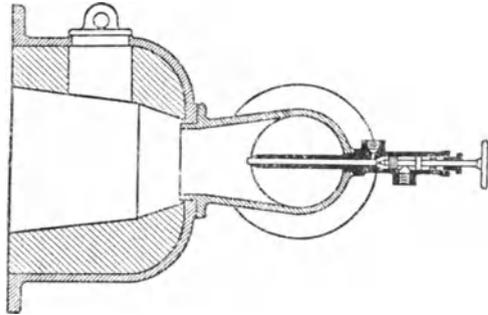


Abb. 55.

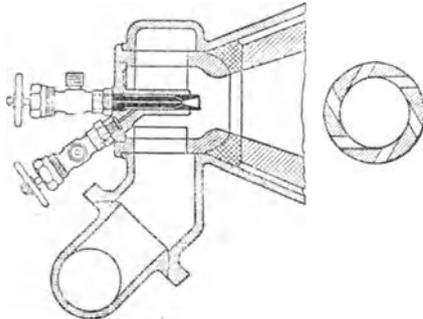


Abb. 56 u. 57.

erhält die Verbrennungsluft eine wirbelnde Bewegung. Zentral in dieser Buchse ist der eigentliche Zerstäuber angeordnet. Derselbe besteht aus zwei ineinandergesteckten Rohren, von denen das innere, welches sich

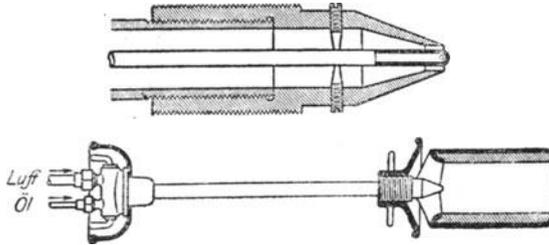


Abb. 58 u. 59.

nach der Feuerung zu konisch erweitert, die Preßluft, das äußere das Heizöl zuführt. Der Eintritt des Öls in die Luftdüse erfolgt an der Stelle, wo die konische Erweiterung der letzteren beginnt.

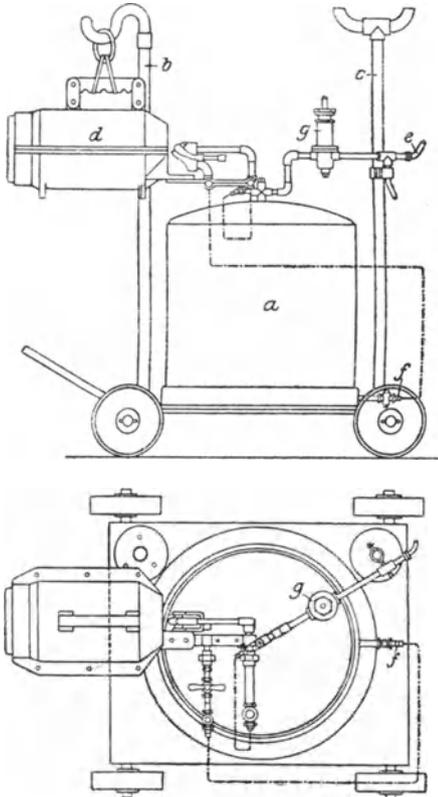


Abb. 60 u. 61.

Abb. 58 und 59 geben die Konstruktion eines tragbaren Brenners wieder. Dieses sog. Muffelfeuer besteht aus einem feuerfest ausgefütterten Zylinder, an dessen einem Ende sich die Düse befindet. Durch einen langen hohlen Schaft ist die Düse mit den Regulierorganen verbunden. Der links oben sichtbare Hahn dient zur Regelung der Luftmenge, der untere Hahn zur Regelung der Ölmenge. Öl und Luft sind durch biegsame Schläuche angeschlossen. Durch eine Glocke von halbkugelförmiger Form sind die Regulierorgane vor Beschädigungen geschützt. Der Zerstäuber saugt sich durch das offene hintere Ende der Muffel Zusatzluft an, deren Menge durch ein Tellerventil, welches mit Gewinde auf dem Zerstäuber befestigt ist, geregelt werden kann. Die Konstruktion des Zerstäubers selbst zeigt Abb. 58. Er besteht im wesentlichen aus einer Luftdüse, in deren Mündung

das Ölrohr hineinragt. Das Ölrohr ist am Ende verschlossen und mit vier seitlichen kleinen Ölaustrittsöffnungen versehen. Durch drei Schrauben wird das Ölrohr in der Luftdüse zentriert.

Eine zweite Konstruktion eines transportablen Muffelfeuers zeigen Abb. 60 und 61. Dieses Muffelfeuer, welches von der Firma Brüder Boye in Berlin hergestellt wird, besteht aus einem Ölbehälter *a*, welcher durch eine Ölleitung *f* mit dem Zerstäuber verbunden ist. Diesem Zerstäuber wird vermittels des beweglichen Schlauchanschlusses *e* Preßluft zugeführt. Die Preßluft dient gleichzeitig dazu, das Öl aus dem Behälter *a* in die Düse zu fördern. Die Flamme der Düse entwickelt sich in der feuerfest ausgefütterten Muffel *d*, wobei die Flamme gleichzeitig injektorartig Nebenluft ansaugt; *g* ist ein Druckreduzierventil. Mit einem derartigen Muffelfeuer hat Hartmann ¹⁾ Vergleichsversuche zur Erwärmung von Kesselblechen vorgenommen, welche ergaben, daß sich die Kosten für die Erwärmung von 1 qcm Blech von 16 mm Stärke bei Verwendung von Gaskoks auf 0,25 Pf., von Holzkohle auf 0,3 Pf., von Öl auf 0,2 Pf. stellten, wobei sich außerdem bei Ölfuehrung eine wesentliche Abkürzung der für die Erwärmung notwendigen Zeit ergab.

4. Die Hilfsmaschinen und Apparate der Ölfuehrungstechnik.

Ölbehälter. Die Hauptmenge des Öls wird zweckmäßig in unterirdisch angeordneten Behältern gelagert, deren Größe so zu bemessen ist, daß sie auch beim Ausbleiben der Öllieferung eine genügende Reserve gegen Betriebsstörungen ergeben. Bei Kesselwagenbezug ist eine Mindestgröße von etwa 20 cbm erforderlich. Die Lage der Behälter ist so zu wählen, daß das Heizöl durch eine einfache Rinne mit natürlichem Gefälle aus dem Kesselwagen in die Behälter fließen kann. Die Behälter selbst sind, falls sie nicht verzinkt ausgeführt werden, mit säurefestem Anstrich zu versehen, da viele Öle einen gewissen Gehalt an Säure besitzen.

Da speziell Teeröl einen größeren Gehalt an Naphthalin aufweist, welches sich bei Abkühlung in Kristallform ausscheidet, so sind die Behälter mit einer Heizung, möglichst auch mit einem Rührwerk zu versehen, damit eine Ausscheidung des Naphthalins im Behälter vermieden und ein gleichmäßig auf alle Jahreszeiten verteilter Naphthalin gehalt erreicht wird.

Bei kleinen Anlagen wird zweckmäßig außer dem Hauptbehälter ein kleinerer Behälter, welcher den Tagesbedarf faßt, über der betreffenden Feuerstelle angeordnet. Die Versorgung dieses Behälters mit Heizöl kann durch eine einfache Handpumpe erfolgen. Bei größeren Anlagen wird in einer gewissen Höhe über den Feuerstellen ein Zwischenbehälter angeordnet, welcher durch eine maschinell betriebene Pumpenanlage

¹⁾ Hartmann, Versuch mit einem Calorex-Muffelfeuer, Z. d. V. d. I., 1911, S. 311.

ständig mit Heizöl versehen wird, wobei der Flüssigkeitsspiegel durch eine von diesem Zwischenbehälter zum Hauptbehälter zurückführende Überlaufleitung geregelt wird. Derartige Zwischenbehälter werden, wenn sie nicht allzu große Dimensionen aufweisen, zweckmäßig geschweißt und verzinkt ausgeführt. Auch sie müssen mit einer Heizung versehen werden, um eine Ausscheidung von Naphthalin, welches die Rohrleitungen schließlich verstopfen würde, zu vermeiden.

An jeder Stelle, wo Öl aus der Leitung in einen Behälter übertritt, ist ein herausnehmbares Sieb anzuordnen, dessen Maschenweite etwa 1 mm beträgt.

Bei Verfeuerung von Naphthalin, welches in festem Zustand in den Behälter gegeben wird, ist eine besonders kräftige Heizung des Behälters auszuführen und derselbe außerdem nach außen mit Wärmeschutzmasse zu umkleiden.

Die Höhe, in welcher solche Zwischenbehälter angeordnet werden, ist nach folgenden Grundsätzen zu bemessen: Bei großen Gefällhöhen und kleinen in der Zeiteinheit zu verfeuernden Ölmengen ergeben sich für die zur Ölregelung dienenden Nadelventile so kleine Durchgangsverschnitte, daß diese durch die im Öl frei schwebenden kleinen Naphthalinkristalle, welche an der Stelle engsten Querschnitts anwachsen, immer mehr verengt werden, so daß mit der Zeit eine starke Verringerung der Ölzufuhr eintritt, welche unter Umständen zu einem Erlöschen der Flamme führen kann. Aus diesem Grunde soll je nach der betreffenden stündlichen zu verfeuernden Ölmenge das Gefälle eine gewisse Höhe möglichst nicht überschreiten. Umgekehrt ergeben sich bei größeren zu verfeuernden Ölmengen und kleinem Gefälle unnötig große Ventilquerschnitte. Zweckmäßig wird die Gefällhöhe nach folgender Formel bemessen:

$$h = 0,05 Q,$$

wobei h in m, die stündliche Ölmenge Q in kg gemessen ist. h soll nicht kleiner als 0,2 m gewählt werden. Bei einer großen Ölföuerungsanlage mit mehreren Feuerstellen ergibt sich hieraus für jede Feuerstelle eine andere Gefällhöhe, was praktisch nicht ausgeführt werden wird. Es wird hier zweckmäßig sein, die kleinste errechnete Gefällhöhe auszuführen und damit zugunsten der Betriebsicherheit der kleineren Feuerstellen eine etwas teurere Ausführung der Regulierungsorgane der größeren Brenner in Kauf zu nehmen.

Ölleitungen. Die Weite der Ölleitungen soll möglichst nicht unter $\frac{3}{8}$ " betragen. Diese Abmessung genügt für bis zu 40 kg Öl stündlich. Diese natürlich nicht allgemein gültige Zahl ist zu erhöhen, wenn es sich um besonders schwerflüssige Brennstoffe mit mangelhafter Vorwärmung handelt. Es ist mit Rücksicht auf die kalte Jahreszeit vorteilhaft, Ölleitungen auf ihre ganze Länge dadurch zu beheizen, daß parallel zu ihnen Dampfleitungen verlegt werden und eine gemeinsame Isolierung um beide gelegt wird.

An Verbindungsstellen werden Rohrverschraubungen mit Metallkonus ohne sonstige Dichtungen verwendet. Als Dichtungsmittel für Muffen hat sich Seifenpulver, sowie eine Mischung von Bleioxyd und Glyzerin bewährt. Zu biegsamen Leitungen, die für transportable oder bewegliche Brenner gebraucht werden, wird bisweilen mit Draht umflochtener Gummischlauch verwendet. Derselbe wird jedoch durch das Heizöl, besonders Teeröl, stark angegriffen und schnell zerstört. Vorteilhafter ist die Verwendung von nahtlosem, biegsamem Messingrohr der Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken in Karlsruhe.

Ölventile. Zur Regelung des Ölzuflusses werden bei kleineren Ölmenngen unter 50 kg pro Stunde, welche die überwiegende Mehrzahl bilden, Nadelventile mit einem Erzeugungswinkel des Dichtungskegels von 20—45° verwendet. Als Material für die Ventilsitze empfiehlt sich Bronze, für die Nadel Stahl.

Wenn die Bemessung des Ölgefälles nach der oben erwähnten Formel $h = 0,05 Q$ erfolgt, so ist die lichte Weite des Ölventils in mm nach folgender Formel zu bemessen:

$$d = \sqrt[4]{Q}$$

Um nicht zu kleine Öffnungen, welche aus den früher erwähnten Gründen leicht einem Verstopfen ausgesetzt wären, zu erhalten, empfiehlt es sich, bei kleinen Ölmenngen auch kleine Ölgefälle zu verwenden. Bei sehr geringen Ölmenngen (unter 3 kg pro Stunde) werden bisweilen, um eine Rückwirkung der Niveauschwankung des Behälters auf die Ausflußmenge zu vermeiden, in der Ölleitung Schwimmer mit selbsttätiger Niveauregulierung nach Abb. 62 angeordnet, und zwar so, daß der Spiegel des Schwimmtopfs auf dem Niveau der Ölausflußöffnung des Zerstäubers liegt. Der Regler besteht aus einem Gehäuse, in welchem ein Schwimmer angeordnet ist, dessen Nadel, wie bei einem Vergaser, bei erreichtem Niveau den Ölzufluß absperrt. Wird dann der in der Abbildung rechts oben sichtbare Anschluß mit dem unter Luftdruck stehenden Gehäuse des Zerstäubers verbunden, so wirkt der Druck, dessen Größe durch ein Nadelventil geregelt werden kann, auf den Flüssigkeitsspiegel, so daß, wenn vermittels des Nadelventils die Ölzufuhr zum Zerstäuber einmal eingestellt ist, das Verhältnis Luft zu Öl bei jeder Veränderung des Winddrucks konstant bleibt. Es genügt also in diesem Falle, zur Regulierung der Leistung

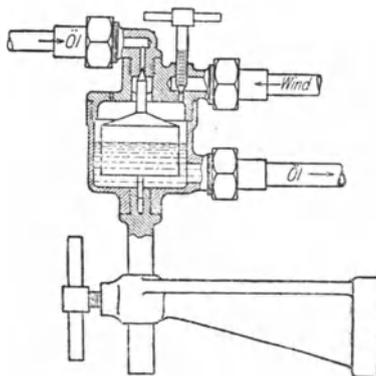


Abb. 62.

des Brenners den Luftdruck zu verändern, während sich die Ölmenge selbsttätig der Luftmenge anpaßt.

Bei solchen Feuerungsanlagen, welche eine genaue Einstellung erfordern, die möglichst dauernd beibehalten werden soll, empfiehlt es sich, die Regelung von der Absperrung der Ölzufuhr zu trennen, d. h. für beide Zwecke gesonderte Organe zu verwenden. Es kann dann die einmal eingestellte Größe der Ölzufuhr, welche möglichst aus einer Skala zu ersehen sein soll, dauernd beibehalten werden. Die Außerbetriebsetzung erfolgt dann nicht durch des Regelventil, sondern durch das Absperrventil.

Ölpumpen. Für kleinere Anlagen werden von Hand betätigte sog. Allweiler Pumpen verwendet. Bei mit Preßluft oder Gebläsewind von mehr als 500 mm WS. arbeitenden Anlagen wird bisweilen der Winddruck dazu benutzt, das in einem geschlossenen Behälter unter der Feuerstelle befindliche Öl in den Zerstäuber zu drücken. Es kann daher auch verdichtete Kohlensäure oder Sauerstoff in Verbindung mit einem Reduzierventil, wie es bei autogenen Schweißanlagen benutzt wird, zur Förderung des Öls benutzt werden. Bei größeren Anlagen, insbesondere solchen mit Druckzerstäubern, werden mit Dampf betriebene Plungerpumpen verwendet. Zentrifugalpumpen haben mit Rücksicht auf die vielfach im Öl enthaltenen Unreinlichkeiten und den Säuregehalt sich nicht einzuführen vermocht. Die Verwendung von mit Preßluft betriebenen Injektoren, welche mit Rücksicht auf die Vermeidung aller bewegten Teile ideal erscheint, ist wegen der hohen Betriebskosten undurchführbar. Die bei allen Ölpumpen auftretende Schwierigkeit, daß das Öl das in Lagern und sonstigen bewegten Maschinenteilen enthaltene Schmieröl auflöst, wird bei gewissen Anlagen dadurch vermieden, daß Pumpvorrichtungen verwandt werden, bei denen der Druck des Kolbens auf die Flüssigkeit durch den Druck komprimierter Luft ersetzt wird. Eine derartige Anlage hat das Kabelwerk der A.E.G. in Oberschöne-weide für eine große Schmelzofenanlage ausgeführt. Die Anlage besteht aus einem Hauptbehälter, von welchem das Öl mit natürlichem Gefälle einem tiefer angeordneten, kleinen Zwischenbehälter zufließt. Durch eine elektrisch angetriebene Steuerung geregelt, wird dieser Behälter abwechselnd entlüftet und von einem Windkessel aus unter Druck gesetzt. Bei Entlüftung tritt durch ein Rückschlagventil Öl in den Behälter, worauf es bei Unterdrucksetzung desselben durch ein Steigrohr mit Druckventil zu einem Zwischenbehälter hochgedrückt wird, von dem aus es unter natürlichem Gefälle zu den Verbrauchstellen läuft. Eine Überlaufleitung läßt das zuviel geförderte Öl in den Hauptbehälter zurückfließen.

Ölfilter. Von großer Wichtigkeit für dauernd störungsfreies Arbeiten einer Ölfeuerungsanlage ist die Anordnung von Filtern zur Zurückhaltung des in dem Öl enthaltenen Schmutzes und etwaiger

Naphthalinkristalle. Man unterscheidet Grobfilter, Mittelfilter und Feinfilter. Die Grobfilter werden überall da angeordnet, wo das Öl aus Kesselwagen oder Fässern in die Hauptbehälter eingefüllt wird. Diese Grobfilter müssen in einfacher Weise herausnehmbar und zu reinigen sein.

Die Mittelfilter werden in den Hauptleitungen oder in den Zweigleitungen angeordnet. Es ist von großer Wichtigkeit, daß dieselben möglichst während des Betriebes gereinigt werden können. In diesem Falle müssen sie paarweise angeordnet und durch entsprechende Ventile oder Hähne abwechselnd aus- und einzuschalten sein. Die Konstruktion eines solchen Filters zeigt Abb. 63. Der Filter besteht aus einem Gehäuse, welches einen kegelförmigen Siebeinsatz enthält. Das Gehäuse ist durch einen eingeschliffenen Deckel mit konischem Sitz, welcher durch einen Bügel mit Druckschraube abgedichtet wird, verschlossen. Eine weitere Konstruktion eines Mittelfilters zeigt Abb. 64. Der Abschlußdeckel, welcher gleichzeitig an seinem unteren Ende das zylindrisch geformte Sieb trägt, ist durch einen Bügel, welcher nach Lösung einer Knebelschraube zur Seite geklappt werden kann, angepreßt. Das Öl tritt rechts unten ein, Unreinlichkeiten setzen sich also an der Außenseite des Filters ab, das gereinigte Öl tritt im oberen Teil des Gehäuses aus. Ein unterer durch einen Stopfen oder Hahn verschlossener Anschluß dient zum Ablassen des Schmutzes.

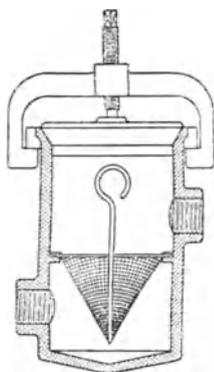


Abb. 63.

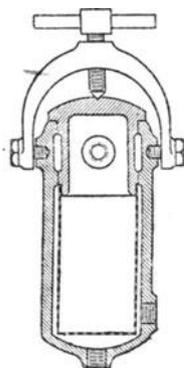


Abb. 64.

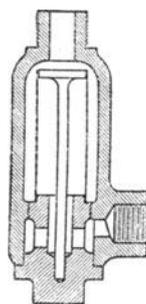


Abb. 65.

Feinfilter werden zweckmäßig vor jedem Brenner angeordnet. Ihre Maschenweite soll 70—100 pro Zoll betragen. Abb. 65 zeigt die Konstruktion eines derartigen Feinfilters. Das Gehäuse ist nach unten verschlossen durch einen Stopfen, welcher an seinem innersten Ende mit Gewinde versehen ist. In diesem Stopfen befindet sich ein Stift, welcher an seinem oberen Ende einen Teller trägt. Der Teller ist mit dem Stopfen durch ein aufgelötetes zylindrisches Sieb verbunden. Das Öl tritt von oben in den Filter ein, durchströmt das Sieb von außen nach innen und strömt durch eine in dem Stopfen angeordnete Bohrung nach

einem zwischen Gehäuse und Stopfen befindlichen Ringraum, welcher mit der Abflußöffnung durch eine Bohrung in Verbindung steht. Der Stopfen ist an seinem unteren Ende mit einem Vierkant versehen; nach Herausrauben des Stopfens nebst Sieb läuft der angesammelte Schmutz nach unten ab.

Die Anordnung einer Filter- und Pumpenanlage für Ölfeuerung System Körting an einem Schiffskessel zeigt Abb. 66.

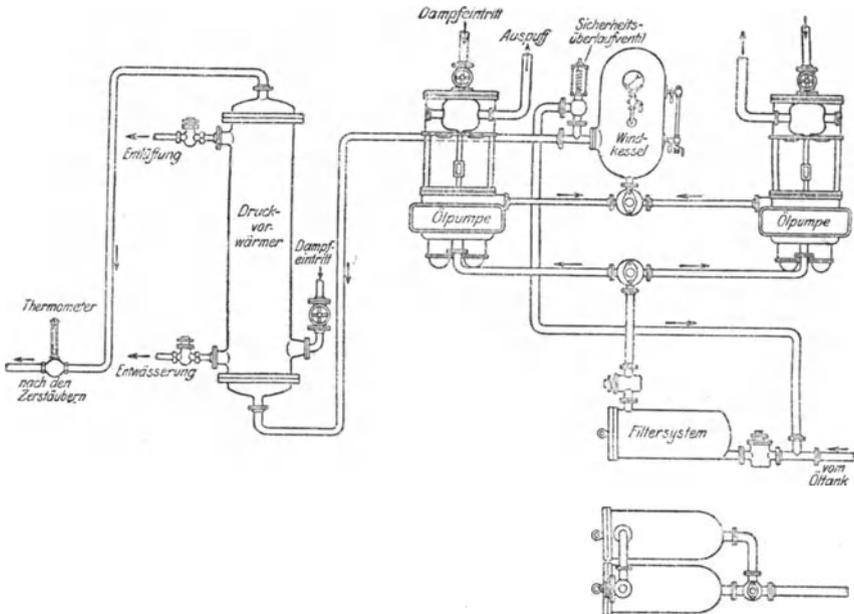


Abb. 66.

Vermittels einer durch Dampf angetriebenen Plungerpumpe wird das Öl vom Tank durch einen Filter gesaugt und nach dem Windkessel gedrückt. Von dort strömt es durch einen mit Dampf geheizten Vorwärmer zu den Zerstäubern. Zu viel gefördertes Öl fließt durch ein Überlaufventil vom Windkessel nach der Saugleitung zurück. Zur Erhöhung der Betriebssicherheit sind Pumpen und Filter doppelt ausgeführt und können durch Dreiweghähne eingeschaltet bzw. zur Reinigung ausgeschaltet werden.

Ölvorwärmer. Bei Ölfeuerungsanlagen, bei denen es sich um die Notwendigkeit schneller Inbetriebsetzung handelt, wird vor dem Anheizen zweckmäßig nicht das gesamte im Behälter enthaltene Öl vorgewärmt, sondern lediglich die jeweils zum Brenner fließende Menge. Abb. 67 zeigt die Konstruktion eines derartigen Anheizvorwärmers der Westfälischen Maschinenbau-Industrie in Neubeckum. Der Vorwärmer

enthält in seinem unteren Teil die Heizflamme und wird mit Petroleum beheizt. Der wesentliche Teil desselben besteht aus zwei ineinandergesteckten Rohren, von denen das innere mit einer gewindeartig eingeschnittenen Spirale versehen ist, durch welche das vorzuwärmende Öl strömt. Ist der Vorwärmer verschmutzt, so können die beiden Rohre auseinandergezogen und gesäubert werden.

Die Gebläse. Als Gebläse zur Lieferung der Zerstäubungs- und Verbrennungsluft finden je nach der Größe der zu erzeugenden Luft-
 Drückung und der Luftmenge Ventilatoren, Rootsblower, Kapselgebläse und Kompressoren Verwendung. Ventilatoren werden im allgemeinen nur für Pressungen bis 700 mm WS. benutzt und dann meist mit direktem elektrischem Antrieb bei einer Drehzahl von 2900—3000 pro Minute ausgeführt. Bei kleineren Luftmengen und bei größeren Pressungen werden auch Kapselgebläse und Rootsblower verwendet. Der Nachteil dieser Gebläse ist, daß sie bei konstanter Tourenzahl eine konstante Luftmenge ergeben und die nicht benötigte Luftmenge durch einen Ablufthahn entweichen muß. Der Kraftverbrauch ist daher gegenüber Ventilatoren verhältnismäßig größer. Kompressoren finden im allgemeinen nur bei Anlagen größten Umfangs Verwendung. Bei der Bemessung der Größe der Gebläse ist ein Verbrauch von mindestens 15 cbm Luft pro kg Öl zugrunde zu legen.

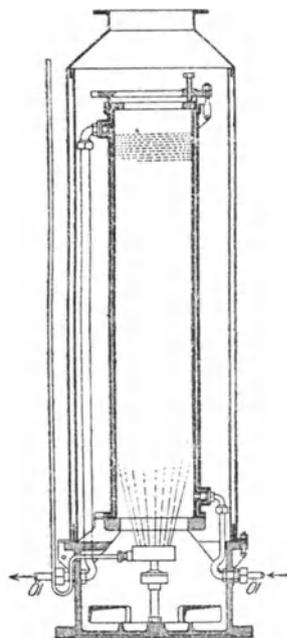


Abb. 67.

Besonders vorteilhaft ist bei mittleren und kleinen Anlagen die Verwendung solcher Zerstäuberbrenner, welche mit einer Pressung von ≤ 100 mm WS. arbeiten, weil Ventilatoren mit derartigen Pressungen fast in jedem größeren industriellen Betriebe für Schmiedefeuerverwendung finden und sich daher in solchen Fällen die Aufstellung besonderer Gebläse für die Ölfeuerungs-technik erübrigt.

Luftleitungen. Für mittlere und große Pressungen finden Gasrohre und nahtlose Stahlrohre Verwendung. Für Ventilatorwindleitungen werden gefaltete oder autogen geschweißte Blechrohre handelsüblicher Beschaffenheit verwendet, welche entweder ineinandergesteckt und verlötet oder stumpf aneinandergeschweißt werden. Die lichte Weite der Windleitung kann, sofern der Winddruck 200 mm WS. nicht übersteigt, einfach gleich dem doppelten Durchmesser der Düse gewählt werden. Unter derselben Voraussetzung gestattet die nachstehende Faustformel den lichten Durchmesser d in mm einer Luftleitung zu berechnen. Es sei

Q die stündliche Ölmenge in kg, p der Druckverlust in der Rohrleitung in mm WS, a das Verhältnis der durch die Düse gehenden Luft zur gesamten Verbrennungsluft. Dann ist

$$d = K \frac{\sqrt{Q \cdot a}}{\sqrt[4]{p}} \text{ mm}$$

Hierbei ist der Faktor K bei kurzer, gerader Leitung mit 60, bei langer Leitung mit Krümmern mit 80 einzusetzen. Der Druckverlust kann bei Ventilatoren mit 15–30%, bei Rootsblowern mit 20–60% der Pressung im Zerstäuber gewählt werden.

Zur Regelung der Luftmenge werden sowohl Hähne wie auch Drosselklappen und Ventile verwandt. Die Konstruktion derselben ist, insbesondere bei niedrigen Pressungen, so zu wählen, daß sich bei voller Öffnung ein möglichst geringer Druckverlust durch das Regel- bzw. Absperrorgan ergibt.

IV. Die Anwendungsgebiete der Ölfuerung.

1. Dampfkesselfuerungen.

Schiffskessel. Während die Verwendung der Ölfuerung bei ortsfesten Kesseln in Ländern, in welchen der Preis für die Wärmeeinheit im Öl wesentlich höher ist als in der Kohle, im allgemeinen nennenswerte Vorteile nicht gewährt und daher nur in Sonderfällen ausgeführt wird, bietet bei Schiffskesseln die Ölfuerung trotz des hohen Ölpreises unter Umständen so große Vorteile, daß sie der Kohlenfuerung vorzuziehen ist. Ein solcher Vorteil ist insbesondere die wesentlich höhere Leistung (es wurden mit Ölfuerungen Verdampfungsziffern bis zu 120 kg pro qm Heizfläche erzielt). Ein weiterer Vorteil ist der infolge des höheren Heizwertes des Öls erhöhte Aktionsradius, die erheblich geringere Bedienung sowie die Möglichkeit, den Kessel wesentlich längere Zeit ohne Reinigung im Betriebe zu halten als bei Kohlenfuerung.

Von ganz besonderer Wichtigkeit sind diese Vorteile bei der Beheizung von Kriegsschiffkesseln, weshalb sich die Ölfuerung in den Kriegsmarinen fast aller Länder schnell eingeführt hat. Speziell bei Kriegsschiffkesseln, welche mit Ventilatorluft arbeiten, tritt bei Kohlenfuerung schnell ein Verrußen der Querschnitte und damit eine Verringerung der Kesselleistung ein, welche nur bis zu einem gewissen Grade durch Erhöhung des Ventilationsdrucks ausgeglichen werden kann. Mit dieser Erhöhung des Ventilationsdrucks ist aber auch eine verstärkte Ablagerung von Flugasche verbunden, welche dann in kurzer Zeit dahin führt, daß der Kessel stillgesetzt, die Fuerung abgestellt und die Rauchkanäle von Flugasche gereinigt werden müssen. Diese für Kriegsschiffe

unter Umständen sehr unangenehme Notwendigkeit fällt bei der Ölfuehrung weg, da es bei dieser möglich ist, dauernd mit rußfreier Verbrennung zu arbeiten.

Bei den großen zu zerstäubenden Ölmen- gen werden heute fast ausschließlich Druckzer- stäuber verwandt. Bei der deutschen Kriegs- marine ist der Körting- sche Druckzerstäuber sehr verbreitet Abb. 66 zeigt die Anordnung einer Körting- schen Ölfuehrungsanlage für Schiffskessel, Abb. 68 zeigt eine Anlage der West- fälischen Maschinenbau- Industrie. In der Mitte dieser Anlage ist der Anheiz- vorwärmer (siehe auch Abb. 67) sichtbar, welcher beim Anheizen des ersten Kessels, wenn kein Dampf zur Öl- vorwärmung zur Ver- fügung steht, in Be- trieb genommen wird. Rechts unten sind zwei Filter angeordnet, von denen jeweils einer ver- mittels zweier Dreiwege- hähne eingeschaltet ist, während der andere aus- geschaltet und gereinigt werden kann. Auch die Ölpumpen, welche als mit Dampf betriebene Kolbenpumpen ausgeführt sind, sind in doppelter Ausführung vorhanden. Links sind vier zur Beheizung des Kessels angeordnete Zerstäuber sichtbar.

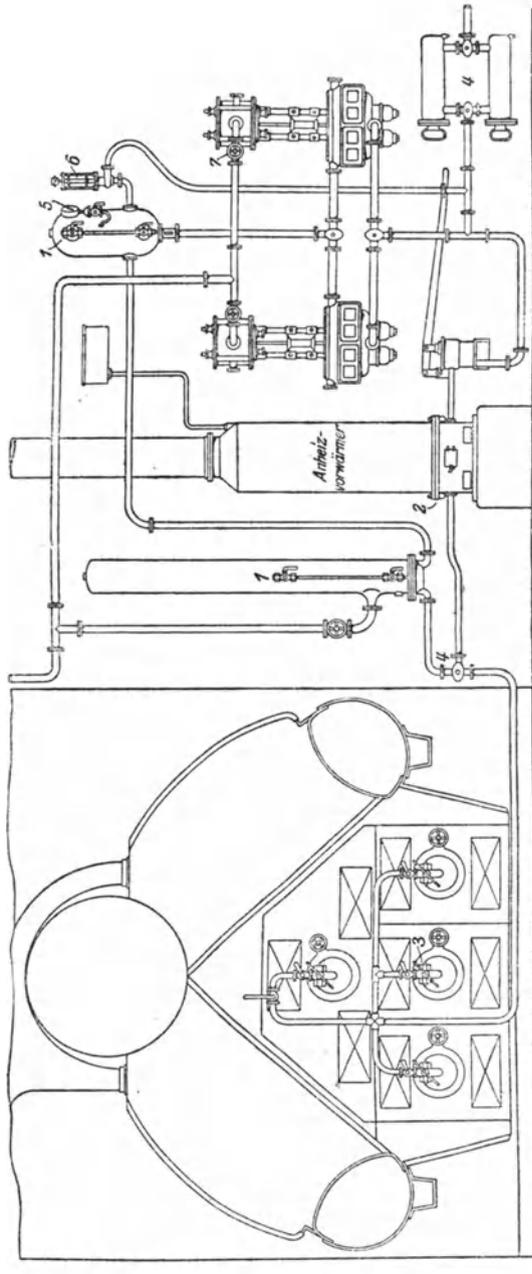


Abb. 68.

Links sind vier zur Beheizung des Kessels angeordnete Zerstäuber sichtbar.

Lokomotivfeuerungen. Die Verwendung von Heizöl zur Befeuerung von Lokomotiven hat sich hauptsächlich in Amerika, Rußland, Österreich, Rumänien, Indien und Japan eingeführt. In Deutschland hat Sußmann eingehende Versuche mit Zusatzölfeuerung zur Kohlenfeuerung an Schnellzug- und Güterzuglokomotiven gemacht. Der Hauptvorteil der reinen Ölfeuerung ist die Möglichkeit größter Kesselleistungen, wie sie bei Handbeschickung mit Kohle nicht erreicht werden können. Ölfeuerung kommt ferner in Betracht bei Lokomotiven, welche in Gegenden verkehren, wo die Rauchbelästigung der Umgebung oder die Gefährdung derselben durch Funkenwurf vermieden werden muß; außerdem bei Lokomotiven, welche starke Steigungen zu überwinden haben, zur zeitweisen Erhöhung der Kesselleistung.

Die Zusatzölfeuerung weist nach Sußmann¹⁾ folgende Vorteile auf:

- 1) Die Kesselleistung kann durch Teeröl-Zusatzfeuerung dauernd um 15—20% erhöht werden, und zwar bis an die Grenze der Zylinderleistung und ohne Mehrbeanspruchung des Heizers.
- 2) Dadurch ist eine höhere Belastung der Lokomotiven zulässig, die bei den meisten Lokomotivtypen bis an die Grenze der Maschinen- bzw. Schleppeistung gesteigert werden kann.
- 3) Störungen infolge Dampf- und Wassermangel, infolge schlechter Kohle, Verschlacken der Roste, Verlegung der Rohre werden verhindert, sofern die Zusatzfeuerung in gut arbeitendem Zustande erhalten wird.
- 4) Infolge Verringerung der Schlackenbildung und des Verlegens der Rohre und der Rauchkammer durch Zinder und Flugasche fallen Zwischenreinigungen fort; es sind kürzere Wendezeiten möglich, somit höhere kilometrische Leistungen, bessere Ausnutzung der Lokomotiven (besonders Güterzuglokomotiven) und Durchfahren längerer Strecken ohne Lokomotivwechsel (Schnellzuglokomotiven).
- 5) Qualm wird eingeschränkt und kann auf Bahnhöfen und bei Durchfahrt von Tunnels durch geeignete Behandlung des Feuers ganz vermieden werden.
- 6) Beschädigung der Feuerkiste und der Feuerlochumgrenzung durch hohes Feuer werden vermieden, eine größere Schonung der ganzen Feuerkiste ist zu erwarten, der Rost bleibt gut erhalten.
- 7) Der Einbau der Zusatzfeuerung läßt sich im allgemeinen einfach und mit verhältnismäßig niedrigen Kosten durchführen.
- 8) Die gesamten Feuerungsmaterialkosten stellen sich im Durchschnitt nicht bzw. nicht wesentlich höher als bei reiner Kohlenfeuerung, ausgenommen für die unmittelbare Nachbarschaft der Kohlenreviere.

¹⁾ S. Literaturverzeichnis.

Eine reine Ölfeuerung für Lokomotiven, wie sie von Dragu für die rumänischen Staatsbahnen ausgeführt wurde, zeigt Abb. 69. Die Bauart der Feuerkiste ist dieselbe wie bei Kohlenfeuerung, sie enthält aber in ihrem unteren Teil eine feuerfeste Ausfütterung. In diese feuerfeste Ausfütterung schlägt die Flamme, welcher die Luft von rechts und links unten zugeführt wird. Durch die feuerfeste Ausfütterung wird die Flamme gezwungen umzukehren, um über die Ausfütterung hinweg zu

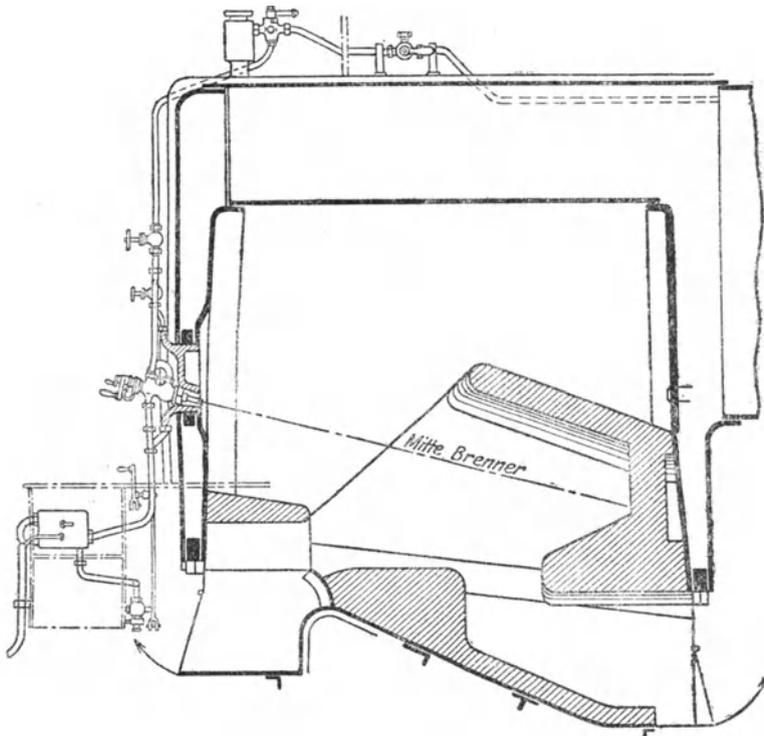


Abb. 69.

den Siederöhren zu gelangen. Durch diese Anordnung wird erreicht, daß einerseits im unteren Teil der Feuerbuchse glühende Massen von hoher Temperatur vorhanden sind, welche eine vollkommene Verbrennung des Öls gewährleisten, nach Betriebspausen ein Wiederentzünden der Flamme ermöglichen und nach Abstellen der Feuerung eine zu scharfe Abkühlung der Rohreinwalzstellen verhindern, andererseits daß die Siederöhrenden vor einem Verbrennen durch Stichflammen geschützt werden.

Abb. 70 und 71 zeigen die Anordnung einer Zusatzfeuerung für eine Schnellzuglokomotive nach Sußmann¹⁾. Hierbei sind zwei Zerstäuberdüsen angeordnet, deren flache Flammen sich unmittelbar über der glühenden Kohlschicht entwickeln. Auch hier ist zum Schutz der Rohrwand eine Feuerbrücke vorgesehen, welche jedoch an ihrem unteren Ende durchbrochen ist und einem Teil der Flamme den Durchtritt zur Rohrwand gestattet.

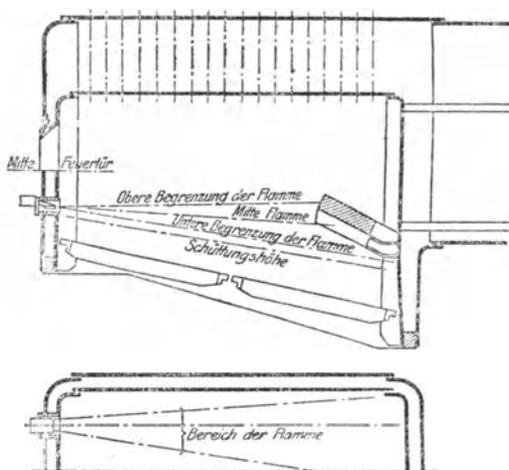


Abb. 70 u. 71.

beibehalten wurde, wie sie auch für Kohlenfeuerung sich als zweckmäßig herausgestellt hat. Es liegt nun nahe, der veränderten Feuerungsart die Form der Feuerbuchse anzupassen. Die Verwendung eines Flammrohrs mit anschließenden Rauchrohren gestaltet sich konstruktiv wesentlich einfacher, hat aber immerhin gewisse Nachteile. Der erste Nachteil ist, daß sich bei gleichem Rauminhalt eine größere Länge der Feuerbuchse ergibt. Ein zweiter Nachteil ist der, daß die Flamme eher die Möglichkeit hat, unmittelbar mit der Rohrwand in Berührung zu kommen und diese zu beschädigen, während dies bei der Feuerbuchse nach Art der mit Kohle gefeuerten Lokomotiven leicht zu vermeiden ist, indem hier eine Stichflamme nur im unteren Teil auftritt.

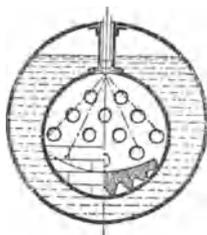


Abb. 72.

Eine konstruktive Lösung, welche die erwähnten Schwierigkeiten auch bei Verwendung einer runden Feuerbuchse zu vermeiden gestattet, zeigt Abb. 72. Die Zerstäuberdüse ist im oberen Teil des Kessels angeordnet. Die Luft tritt durch eine größere Anzahl von in der Kesselstirnwand befindlichen Öffnungen in die Feuerbuchse ein, durch diese Unterteilung wird eine gute und schnelle Durchmischung des Ölnebels und der Luft erzielt. Zur Förderung der vollkommenen Verbrennung, sowie zum Wiederentzünden der Flamme

¹⁾ Sußmann, Ölfeuerungen für Lokomotiven.

nach Betriebspausen dient eine am Boden der Feuerbuchse befindliche Ausfütterung mit feuerfesten Formsteinen, deren Form es der Flamme gestattet, bis zum Boden der Feuerbuchse vorzudringen, so daß durch

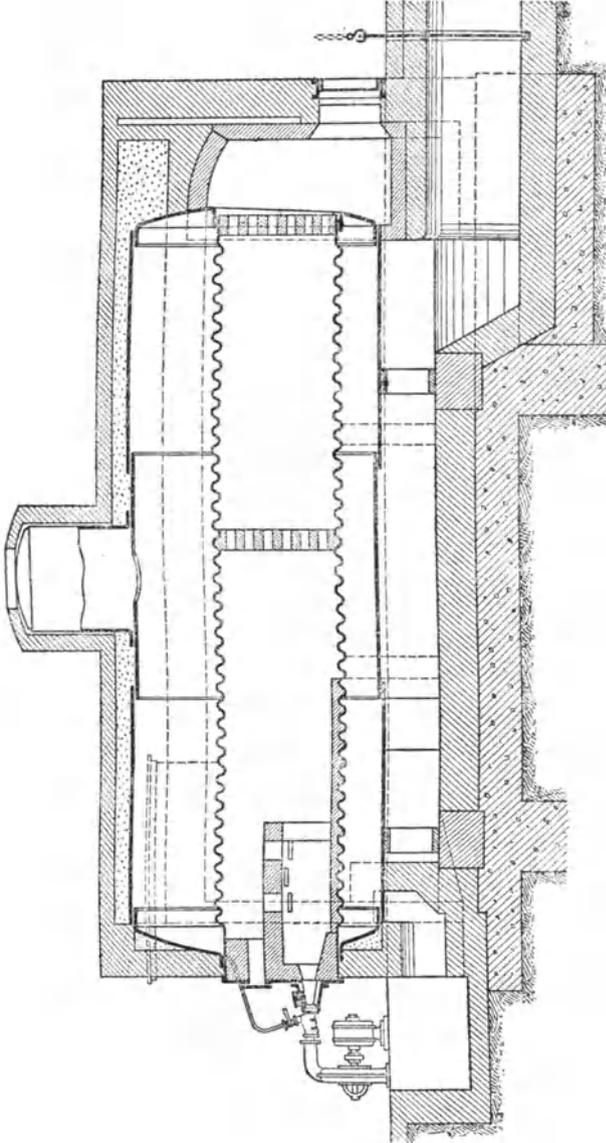


Abb. 73.

diese Anordnung keine Heizfläche verlorengieht. Durch eine vor der Rohrwand angeordnete Feuerbrücke wird verhindert, daß die Rohrwand in unmittelbare Berührung mit der Stichflamme kommt.

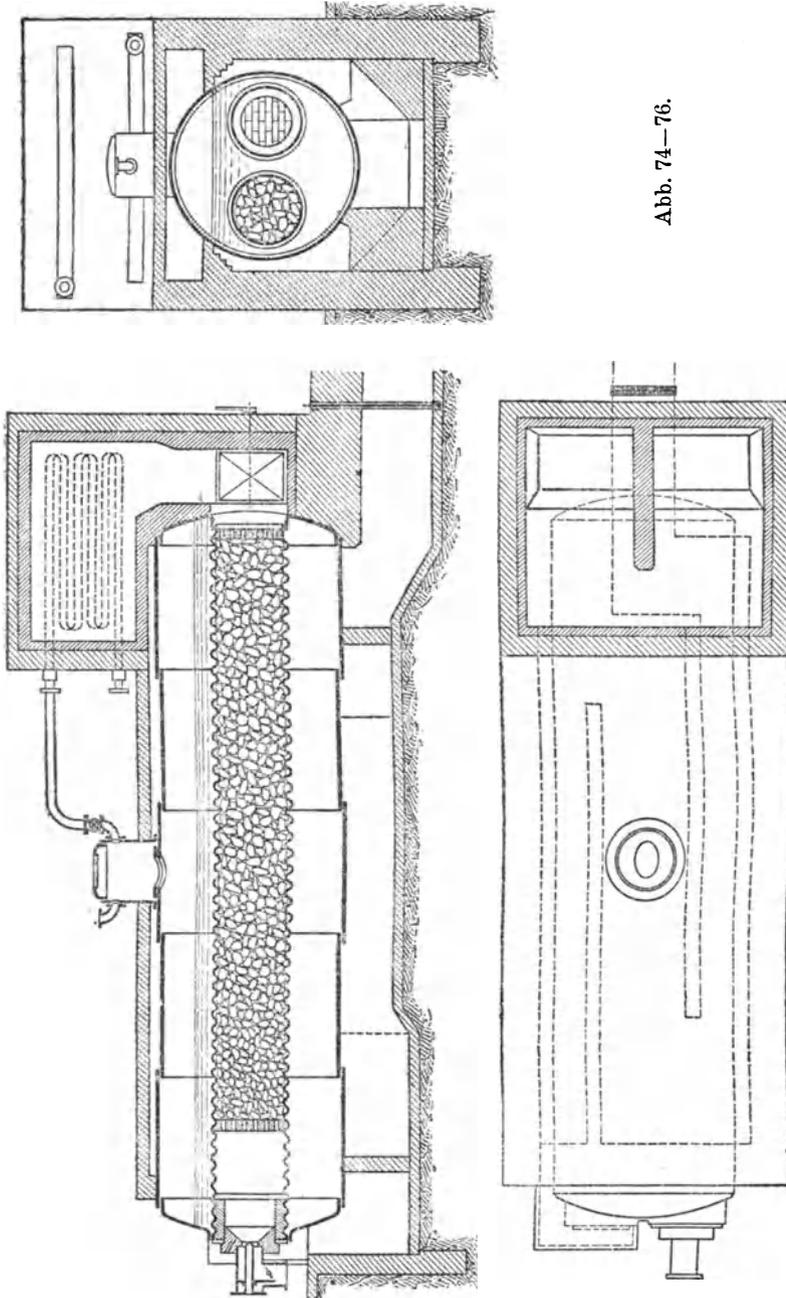


Abb. 74—76.

Ortsfeste Kessel mit Ölfeuerung. Abb. 73 stellt einen Flammrohrkessel mit Ölfeuerung nach Huber & Autenrieth dar. Zur Erzielung einer vollkommenen Verbrennung ist im vorderen Teil des Flammrohrs ein Gewölbe aus feuerfesten Steinen angeordnet, unterhalb dessen sich eine Flamme von hoher Temperatur entwickelt. Zur Durchwirbelung der Gase und Vermeidung eines heißen unausgenutzten Kernes ist im mittleren Teil des Flammrohres ein Gitter aus feuerfesten Steinen angeordnet.

Abb. 74—76 zeigen einen mit Schnabel-Bone-Feuerung ausgerüsteten Flammrohrkessel der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-A.-G.¹⁾ Das Flammrohr besitzt in seinem vorderen Teil eine zylindrische feuerfeste Ausfütterung und ist mit einem zentral angeordneten Brenner versehen. In einiger Entfernung von der Düse befindet sich ein Gitterwerk aus feuerfesten Steinen, hinter welchem eine Füllung aus unregelmäßigen Stücken von feuerfester Masse angeordnet ist. Durch diese Füllung wird zwar der Widerstand der Heizgase wesentlich vergrößert, andererseits aber bei guter Ausnutzung der Heizgase eine erheblich gesteigerte Verdampfung (bis zu 100 kg pro qm) erzielt.

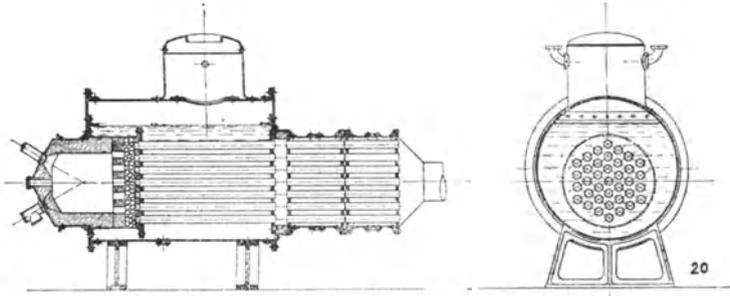


Abb. 77 u. 78.

Einen Versuchskessel derselben Firma mit Ölfeuerung zeigen Abb. 77 und 78. Der Kessel ist als kleiner Lokomotivkessel mit einer Feuerbuchse und dreizölligen Heizrohren ausgeführt. Die Feuerbuchse ist mit hochfeuerfestem Material ausgekleidet und mit drei Zerstäubern versehen. Die Heizrohre sind mit unregelmäßigen Schamottestücken gefüllt, ebenso die Heizrohre der beiden hintereinander angeordneten Vorwärmer. Mit diesem Kessel wurden von Döbelstein mehrere Versuche angestellt, deren Resultate nachstehend wiedergegeben sind:

¹⁾ Mitteilungen der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-A.-G. April 1914.

Datum des Versuchs		5.1. 1914	7.1.1914	9.1. 1914
Dauer des Versuchs St.		8	7	8
Öl	Verbrauch insgesamt kg	846	821	928
	Verbrauch stündlich kg	105,75	117,3	116
	Heizwert WE./kg	8742	8775	8866
Wasser	Speisetemperatur. °C	10	9,6	9,4
	Temp. hinter dem Vorwärmer I . °C	39,4	38,4	37,1
	Temp. hinter dem Vorwärmer II . °C	93,3	94,3	82,6
	Dampfdruck kg/cm ²	11,3	11,3	11,3
	Verdampfung insgesamt kg	10260	9815	11380
	Verdampfung stündlich kg	1282,5	1402	1422,5
	desgl. bez. auf Normaldampf von 637 WE. kg/St.	1317	1440,7	1462
desgl. desgl. für jeden qm . . . kg/St.	109,7	120	121,8	
Verdampfungs- verhältnis	effektiv	12,12	11,96	12,27
	bez. auf Normaldampf	12,45	12,28	12,60
Abgase	Temp. hinter dem Kessel °C	380	375	371
	Temp. hinter den Vorwärmern . . °C	196	145	175
	CO ₂ -Gehalt v. H.	14,3	15,3	16
	O-Gehalt v. H.	4	2,7	1,8
	CO-Gehalt v. H.	—	0,9	0,7
Wind	vor den Düsen. mm/WS.	865	794	768
	in der Vergaserkammer . . mm/WS.	525	427	419
	vor den Vorwärmern mm/WS.	248	151	123
	Mittlerer Luftbedarf	1,23	1,15	1,09
	Kraftverbrauch KW.	9,56	8,41	7,77
	desgl. KW./St. für jede Tonne Normald.	7,26	5,84	5,3
Thermischer Wirkungsgrad		90,6	89,2	90,5

Beim zweiten Versuch wurden die Schamottestücke im zweiten Vorwärmer durch regelmäßig geformte Schamottesteine nach Abb. 79 und 80 ersetzt, beim dritten Versuch wurden auch die Rohre des ersten Vorwärmers sowie diejenigen des Kessels bis

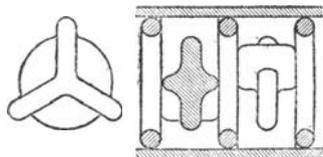


Abb. 79 u. 80.

auf die vordersten 200 mm mit diesen Formsteinen versehen. Die Formsteine selbst bestehen abwechselnd aus Ringwulsten von kreisförmigem Querschnitt und Platten mit Rippen, welche die Distanz sowohl der einzelnen Stücke voneinander, wie auch die Lage der Platten in der Rohrmitte gewährleisten. Durch diese abwechselnde Anordnung von Ringen und Platten werden die heißen Gase gezwungen, immer

wieder gegen die Rohrwandungen zu prallen. Durch diese von Essich angegebene Rohrfüllung wurde, wie die Versuche ergaben, trotz wesentlich geringeren Luftwiderstandes, eine höhere Verdampfung bei gleichem Wirkungsgrad erzielt.

Eine andere Ausführungsart eines ölgefeuerten Kessels derselben Firma zeigen Abb. 81 und 82. Hierbei ist ein einziges Flammrohr von großem Durchmesser angeordnet. Innerhalb desselben befindet sich ein Schamotterrohr; der Zwischenraum zwischen diesem und dem Flammrohr,

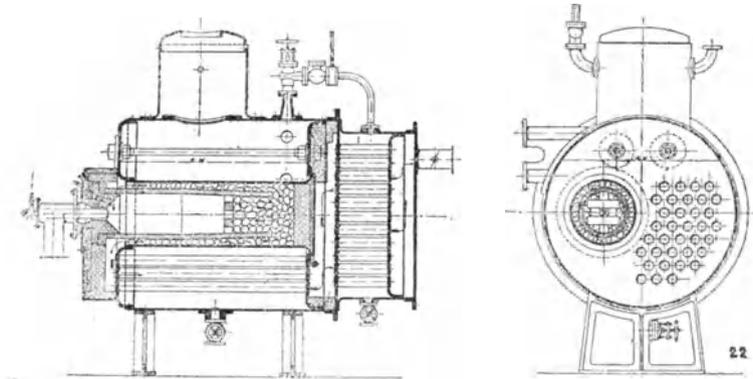


Abb. 81 u. 82.

sowie das hintere Ende des Schamotterrohres sind mit Stücken aus feuerfester Masse ausgefüllt. Am vorderen Ende des Schamotterrohres ist ein Brenner angeordnet. Die im vorderen Teil des Schamotterrohres entwickelte Flamme wird gezwungen, durch die feuerfeste Masse hindurch und um das Rohr herumzuwandern, wobei sie den größten Teil ihrer Hitze abgibt. Hierdurch kommen die Einwalzstellen der Siederohre, durch welche nunmehr die heißen Gase nach dem hinteren Teil des Kanals geführt werden, mit einer Stichflamme nicht mehr in Berührung, so daß ein dauerndes Dichthalten des Kessels gewährleistet wird.

2. Industrieofenfeuerungen.

Allgemeine Einbaugrundsätze. Die beiden wichtigsten bei der praktischen Ausführung von Ölfeuerungsanlagen zu beachtenden Grundsätze sind gute Wärmeausnutzung und richtige Temperaturverteilung. Die Forderung einer guten Wärmeausnutzung bedingt in erster Linie eine zweckmäßige Brennerkonstruktion, außerdem ergibt sich hieraus die Forderung, die zu beheizenden Körper möglichst nicht indirekt, d. h. durch die Abgase, zu beheizen, sondern der Einwirkung der Flamme selbst auszusetzen. Diese Forderung kann nicht in allen Fällen erfüllt werden, vor allem weil die Flammentemperatur zwischen 1600° und 1800° C liegt, während die zu beheizenden Teile in den meisten Fällen

wesentlich niedrigere Temperaturen verlangen. Es ergeben sich hieraus zwei Möglichkeiten. Entweder läßt man die Flamme in einem von dem eigentlichen Heizraum getrennten Verbrennungskanal von genügender Ausdehnung brennen, der durch eine größere Anzahl von Öffnungen mit dem Heizraum verbunden ist, so daß die Beheizung nicht durch die Flamme selbst, sondern durch die Abgase erfolgt, wobei die Temperaturverteilung im Heizraum durch die Lage und den Querschnitt der Verbindungskanäle geregelt werden kann. Eine derartige Anordnung, welche sich in manchen Fällen nicht vermeiden läßt, ist jedoch mit erheblichen Wärmeverlusten verbunden. In vielen Fällen ist es aber möglich, die Flamme im Heizraum selbst anzuordnen. Allerdings muß sie, wenn die Temperatur der zu beheizenden Gegenstände wesentlich niedriger sein soll als die Flammentemperatur, so angeordnet sein, daß diese Gegenstände nur durch die Strahlung der Flamme und die verbrannten Gase beheizt werden. Auch hier ist natürlich darauf zu achten, daß die Anordnung der Flamme und die Führung der Heizgase die gewünschte Temperaturverteilung gewährleistet.

Weiter ergibt sich aus der Forderung einer guten Wärmeausnutzung die Notwendigkeit eines kleinen Luftüberschusses, welcher in erster Linie durch die Wahl des Brenners erreicht wird. Eine weitere Forderung ist die, daß die Verbrennung beendet sein muß, wenn die heißen Gase in den Abzug treten. Es ist daher im allgemeinen nicht zweckmäßig, den Abzug gegenüber dem Brenner anzuordnen, da bei der großen Geschwindigkeit, mit der die Flamme eines mit Gebläseluft betriebenen Brenners den Ofenraum durchheilt, ein Hineinschlagen der Flamme in den Abzug begünstigt. Um dies zu verhindern, ist es zweckmäßig, entweder genügend lange Flammenwege vorzusehen oder den Abzug neben, über oder unter dem Brenner anzuordnen, so daß die Flamme zur Umkehr gezwungen wird.

Eine gleichmäßige Temperaturverteilung bei mit verschiedener Heizraum- und Flammentemperatur arbeitenden Öfen, bei denen die Flamme im Heizraum selbst anzuordnen ist, kann z. B. dadurch erreicht werden, daß die zu beheizenden Gegenstände sich auf dem Herd des Ofens befinden, während die Flamme unmittelbar unter dem Gewölbe in der Längsrichtung desselben brennt. Bei nicht zu geringer Höhe des Ofens wird die Wärmestrahlung auf alle Teile des Herdes ziemlich gleichmäßig sein. Es gilt dann lediglich auch die Verteilung der heißen Gase so zu regeln, daß die Temperatur möglichst gleichmäßig ausfällt. Dies kann z. B. dadurch erfolgen, daß die Abgase durch vier in den Ecken befindliche Öffnungen in einen unter dem Herd befindlichen Sammelkanal treten. Durch von außen zugängliche Abdecksteine können diese Öffnungen so eingestellt werden, daß die Temperaturverteilung die gewünschte Gleichmäßigkeit aufweist. Die einmal gewählte Einstellung wird dann im allgemeinen beibehalten werden können. Die Anordnung der Flamme im oberen Teil und des Abzugs im unteren Teil des Ofens

hat gleichzeitig den Vorteil, daß die Strömung der heißen Gase, welche durch die Gebläseluft vom Brenner aus ununterbrochen zwangsläufig erneuert werden, entgegengesetzt ihrem Auftrieb erfolgt, so daß die heißen Gase gezwungen werden, den ganzen Ofenraum auszufüllen, und im Ofen ein Überdruck entsteht, welcher das Eindringen falscher Luft verhindert. Gleichzeitig wird dadurch ein Schornstein überflüssig.

Bei großer Ausdehnung des zu beheizenden Raumes, insbesondere bei großer Längsausdehnung, ist es unter Umständen notwendig, zur Erzielung einer gleichmäßigen Temperatur mehrere Brenner anzuwenden. Bei runden Öfen werden zur Erzielung einer gleichmäßigen Temperatur häufig ein oder mehrere Brenner in tangentialer Richtung angewandt, so daß im Ofen eine kreisende Flamme entsteht.

Endlich ergibt sich aus der Forderung einer guten Wärmeausnutzung die Notwendigkeit, möglichst auch die Abgase auszunutzen, indem sie in einem Rekuperator oder Regenerator zur Vorwärmung der Verbrennungsluft benutzt werden. Bei den Tropff Feuerungen ist, wie dies früher ausgeführt wurde, die Luftvorwärmung unbedingt notwendig. Sie soll in diesem Falle nicht unter 600° , möglichst 1000° C betragen. Die Verwendung hoch vorgewärmter Luft in Zerstäuberbrennern ist im allgemeinen nicht möglich, da dies zur Verkokung des Öls in den ölführenden Kanälen des Brenners führen würde. In diesem Falle muß ein Zerstäuber verwandt werden, welcher mit einem möglichst kleinen, mäßig vorgewärmten Teil der Verbrennungsluft das Heizöl zerstäubt, während die Hauptmenge der Verbrennungsluft als hochehitze Zusatz- oder Sekundärluft zugeführt wird. Aus der Notwendigkeit, nur einen kleinen Teil der Verbrennungsluft zur Zerstäubung zu benutzen, ergibt sich, daß eine verhältnismäßig hohe Luftpressung angewandt werden muß. Im Betriebe wird zwar der Zerstäuber durch die Zerstäubungsluft gekühlt, bei Stillstand jedoch würde er durch die hoch vorgewärmte Verbrennungsluft, in deren Zuführungskanal zum Ofen er eingebaut sein muß, zerstört. Solche Brenner müssen daher entweder ausschwenkbar eingerichtet oder mit Wasserkühlung versehen werden.

Muffelöfen werden im allgemeinen in solchen Fällen verwandt, wo es sich um die Verarbeitung von Qualitätsmaterial handelt, welches mit den Flammgasen nicht in Berührung kommen soll. Für derartige Öfen ist es meist von Wichtigkeit, die Temperatur genau regeln zu können. Die Ölfeuerung vermag diese Forderung in einfachster Weise vollkommen zu erfüllen. Ein weiterer Vorteil der Ölfeuerung bei Beheizung von Muffelöfen besteht darin, daß die Ölflamme über der Muffel angeordnet werden kann, während dies bei Kohlenfeuerung nicht möglich ist. Mit Kohle beheizte Muffelöfen besitzen im allgemeinen einen unter dem Herd liegenden und von dem Innenraum der Muffel durch eine dicke Mauer-schicht getrennten Verbrennungsraum, der mit den seitlich und über der Muffel befindlichen Heizräumen nur durch enge Kanäle in Verbindung steht. Es wird daher im unteren Teil des Ofens ein Hitzezentrum ge-

schaffen, welches nur durch eine dicke Mauerschicht hindurch wirken kann, während die auf die eigentliche dünne Muffel wirkenden Heizgase wesentlich kälter als die Flamme sind. Infolgedessen ist die Ausnutzung der Wärme in einem mit Kohle gefeuerten Muffelofen erheblich ungünstiger. Ein weiterer Vorteil der Ölfeuerung gegenüber der Kohlenfeuerung besteht darin, daß in solchen Fällen, in denen bei Kohlenfeuerung Schamottemuffeln verwandt werden müssen, bei Ölfeuerung gußeiserne Muffeln verwandt werden können, da die Abgase der Ölflamme das Eisen wesentlich weniger angreifen als diejenigen der Kohlenflamme.

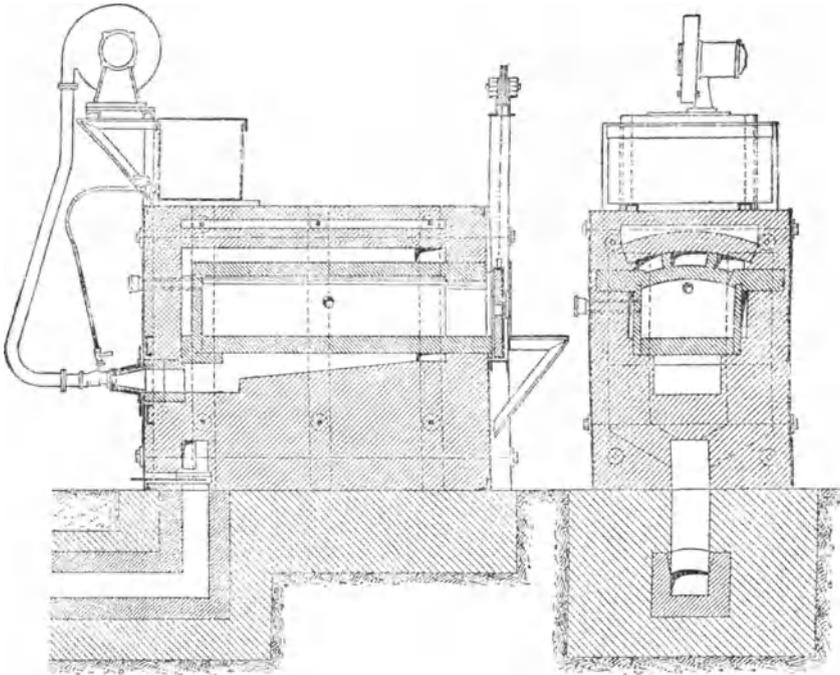


Abb. 83 u. 84.

Die Wärmeübertragung durch eine gußeiserne Muffel ist aber bedeutend günstiger als durch eine Schamottemuffel. Schließlich wird die Wärmeübertragung durch die Muffel bei der Ölfeuerung auch noch dadurch gefördert, daß bei Anordnung der Flamme über der Muffel ein wesentlicher Teil der Wärme durch Strahlung übertragen wird. Die folgenden Abbildungen geben eine Anzahl ausgeführter Konstruktionen.

Abb. 83 und 84 zeigen einen Muffelofen von Huber und Autenrieth. Unter der Herdplatte ist der Verbrennungskanal angeordnet, an dessen einem Ende die Düse sitzt. Durch die Heizkanalführung wird die Flamme gezwungen, die Muffel allseitig zu umspülen und mehrfach

umzukehren, wodurch eine gute Ausnutzung der Heizgase erzielt wird. Eine auf dem Boden des Verbrennungskanals befindliche Stufe dient dazu, die anprallende Flamme nach oben abzulenken, um zu verhindern, daß dieselbe infolge ihrer großen Geschwindigkeit am größten Teil der Herdplattenunterseite unausgenutzt vorbeistreicht.

Eine Konstruktion eines Durchlaufofens zum Glühen von Draht und Band zeigen Abb. 85—87¹⁾. Der über 13 m lange Ofen besitzt eine gußeiserne Muffel, welche durch sieben unter derselben angeordnete, in der Quer- richtung blasende Brenner beheizt wird. Ungünstig erscheint bei dieser Anordnung die große Anzahl der zu regulierenden Düsen. Erfahrungsgemäß kann man auch bei sehr langen Öfen mit zwei in der Längsrichtung über der Muffel blasenden Brennern auskommen, wie dies Abb. 88 im Querschnitt zeigt. Auch diese Abbildung stellt einen Durchlaufofen für Draht und Band mit einer gußeisernen Muffel dar. An den beiden Stirnseiten des Ofens ist unter dem Gewölbe je ein in der Längsrichtung blasender Brenner angeordnet. Unter dem Herd des Ofens ist ein ebenfalls in der Längsrichtung durch-

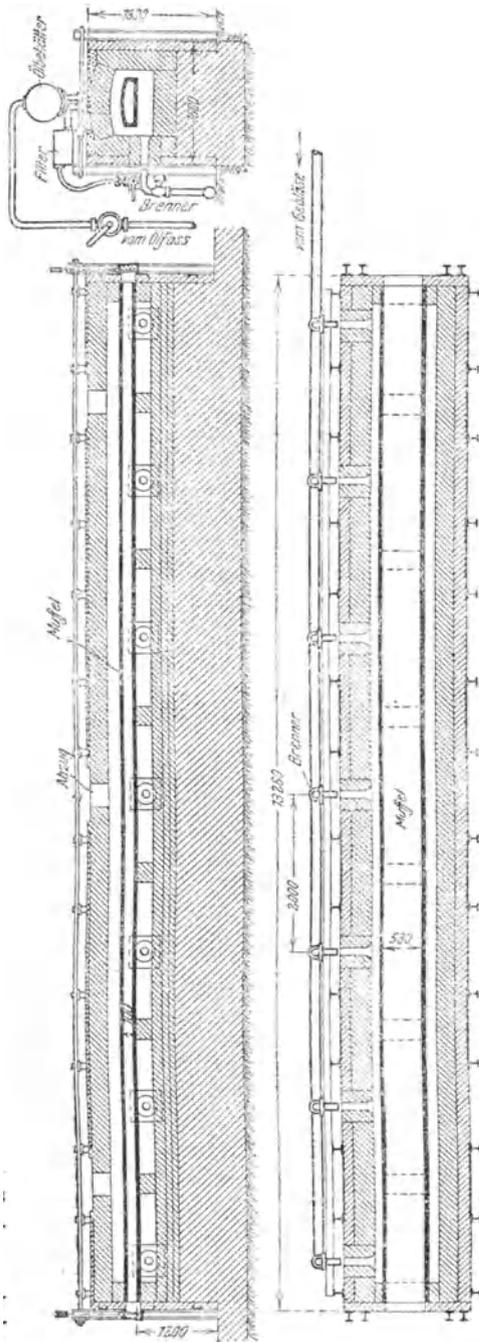


Abb. 85—87.

¹⁾ Hausenfelder, Teeröl-
verwertung für Heiz- und Kraft-
zwecke, St. u. E., 1912, Nr. 19.

laufender Sammelkanal für die Abgase vorgesehen, welcher mit dem Ofenraum durch eine große Anzahl in der Mitte des Querschnitts angeordneter Kanäle in Verbindung steht. Jeder dieser Kanäle ist mit einem verschiebbaren Abdeckstein versehen. Durch geeignete Einstellung der Abdecksteine kann jede beliebige Temperaturverteilung im Ofen erreicht werden. Die Anordnung der Düse im oberen Teile und des Abzugs im unteren Teile des Ofens hat gleichzeitig den Vorteil, daß die Heizgase gezwungen werden, den ganzen Ofenraum auszufüllen.

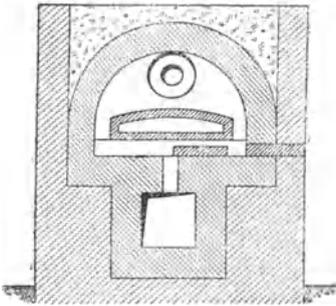


Abb. 88.

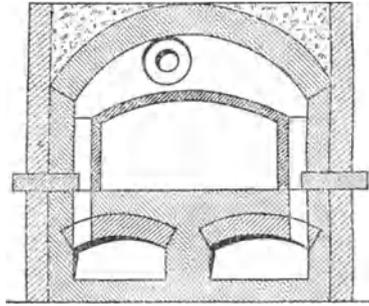


Abb. 89.

Nach demselben Prinzip ist der in Abb. 89 im Querschnitt dargestellte Muffelofen beheizt. Auch hier ist an jeder Stirnseite des Ofens unter dem Gewölbe ein Brenner angeordnet. Die beiden Brenner sind

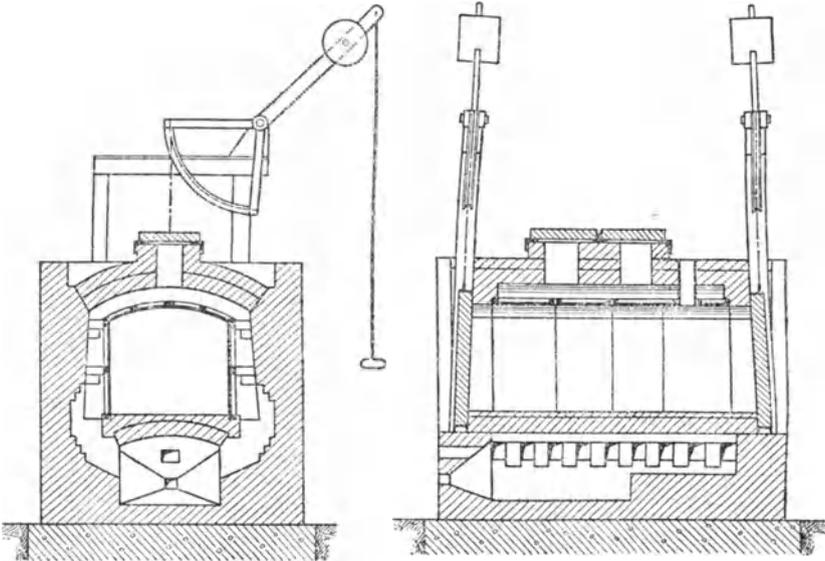


Abb. 90 u. 91.

jedoch aus der Mitte gegeneinander versetzt. Die Abgase sammeln sich in zwei unter dem Herd liegenden Kanälen. Auch hier kann die Wärmeverteilung durch Schieber in diesen Kanälen geregelt werden.

Abb. 90 und 91 zeigen einen Emaillofen mit Ölfeuerung für Temperaturen bis 1200°C von Pierburg. Der Ofen besitzt eine Muffel, welche beiderseits durch Arbeitstüren verschlossen ist. Unter der Muffel ist ein Verbrennungskanal mit einer die Flamme verteilenden Stufe angeordnet, während sich zwei Abzüge im oberen Teile des Ofens befinden. Der Nutzraum des Ofens ist $2000 \cdot 1000 \cdot 800$ mm.

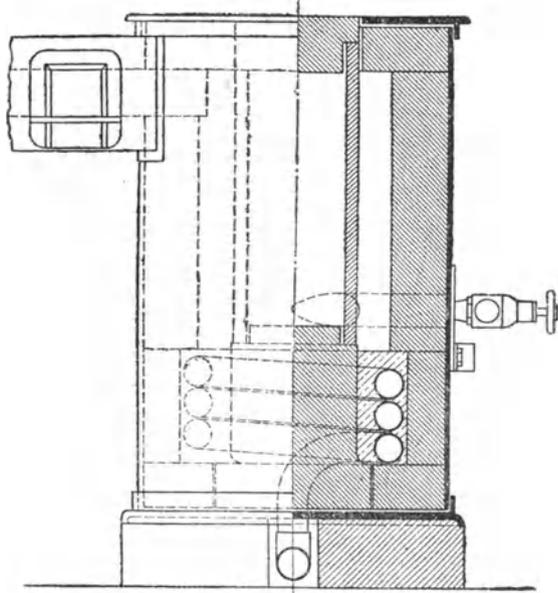


Abb. 92 und 93 zeigen einen stehenden Ofen mit zylindrischer Muffel von de Fries. Der Brenner ist tangential und offen angeordnet und saugt sich injektorartig Zusatzverbrennungsluft an. Die Abgase entweichen im oberen Teile des Ofens, im Sockel befindet sich in Schamotte eingebettet eine Vorwärmchlange für die Zerstäubungsluft.

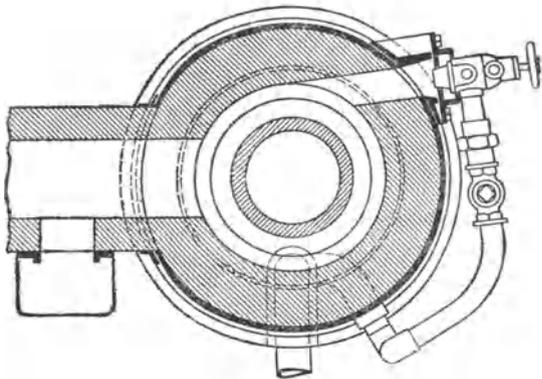


Abb. 92 u. 93.

Glühöfen. Ein besonderer Vorteil der Ölfeuerung bei Glühöfen ist die Möglichkeit, die Heizgase nach Bedarf oxydierend, neutral oder reduzierend einzustellen, ferner die völlige Schwefelfreiheit der Heizgase bei Wahl des geeigneten Heizöls, insbesondere bei Teeröl. Aus diesem Grunde kann bei Ölfeuerung vielfach ein offener Glühofen verwandt werden, wo Kohlenfeuerung einen Muffelofen bedingt. Hierdurch kann nicht nur eine schnellere Erwärmung des Heizguts, sondern auch trotz

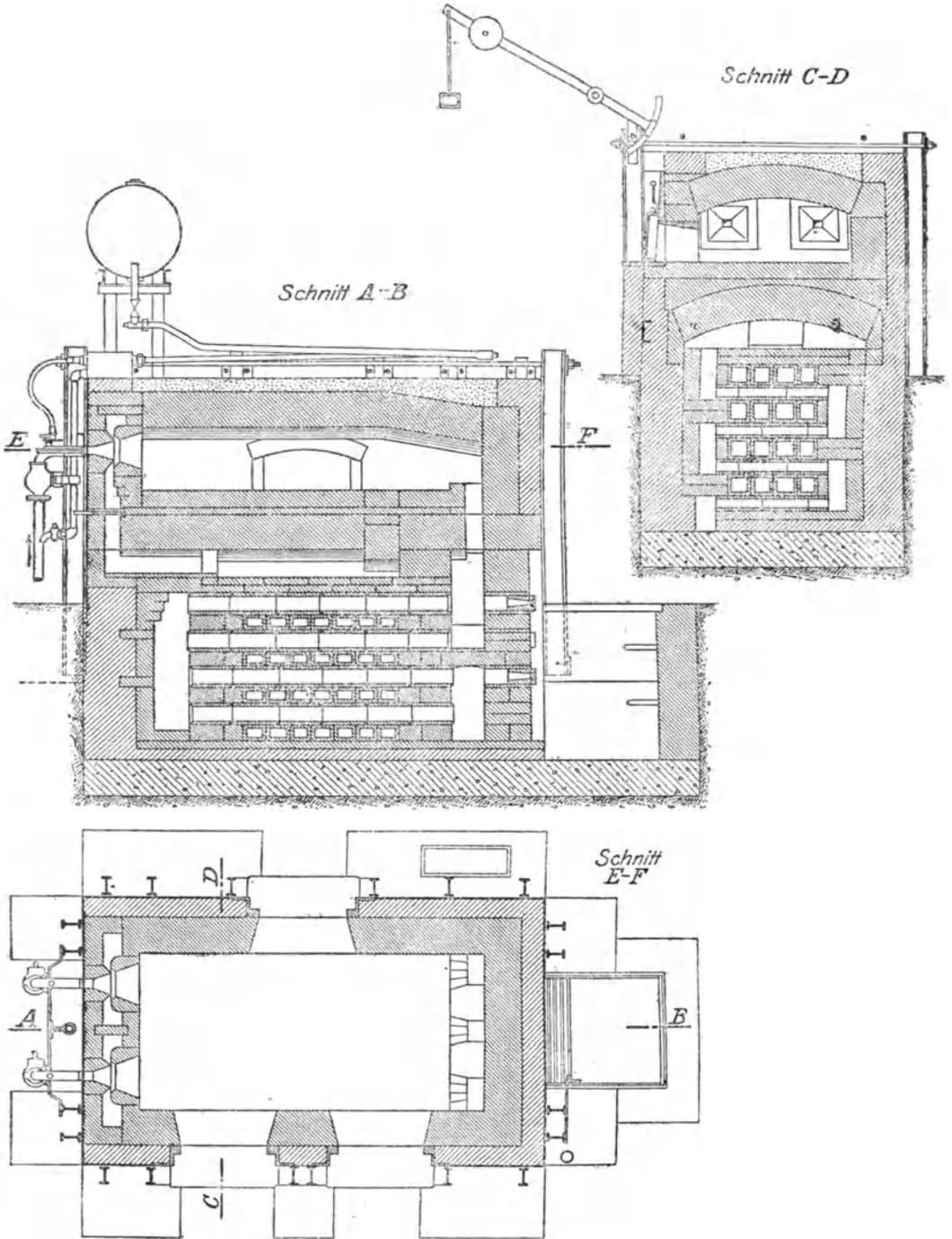


Abb. 94—96.

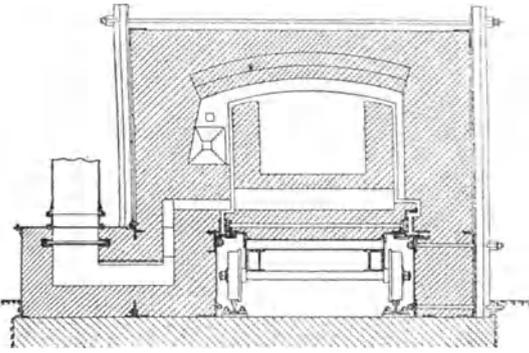
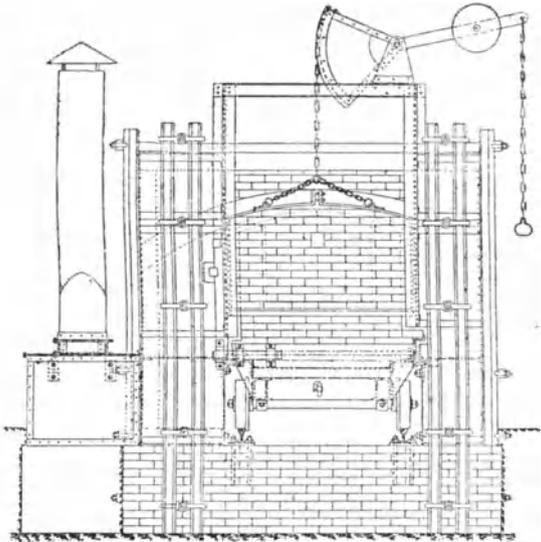
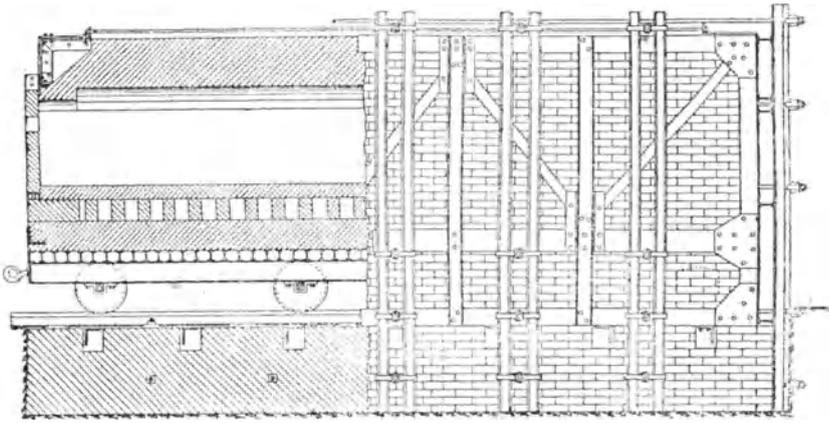


Abb. 97—99.

höheren Preises der Wärmeeinheit im Öl ein wesentlich geringerer Gestehungspreis pro Tonne verarbeitetes Material erreicht werden.

Abb. 94—96 zeigen die Konstruktion eines Glühofens von Custodis. Der Ofen ist mit zwei ausschwenkbaren Custodis-Brennern ausgestattet, durch welche ein kleiner Teil der Verbrennungsluft geführt wird. Der größere Teil der Verbrennungsluft wird durch einen Rekuperator im unteren Teile des Ofens vorgewärmt und den Düsenkanälen am ganzen Umfang als Zusatzluft zugeführt. Durch die eigenartige Ausbildung dieser Zuführung wird eine injektorartige Saugwirkung des Verbrennungsluftstrahls auf die vorgewärmte Zusatzluft erreicht. Die Vorwärmung der Verbrennungsluft im Rekuperator unter dem Herd gewährleistet eine gute Brennstoffausnutzung.

Abb. 97—99 zeigen die Konstruktion eines Wellenglühofens mit fahrbarem Herd von Pierburg. Der Herd hat einen Uförmigen Querschnitt und ist mittels Laufrädern auf Schienen gelagert. Neben dem Herd befindet sich der Düsenkanal, welchen die Flamme in der Längsrichtung des Ofens durchstreicht. Die heißen Gase werden gezwungen, über den Uförmigen Herd hinweg auf der dem Düsenkanal gegenüberliegenden Seite nach abwärts zu strömen, worauf sie durch quer durch den Herd angeordnete Kanäle in den Abzug treten. Der Ofen hat einen Nutzraum von 7000 mm Länge, 1500 mm Breite und 600 mm Höhe.

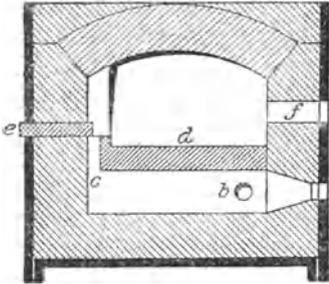


Abb. 100.

Abb. 100 zeigt den Querschnitt eines sog. Plattenglühofens, bei welchem unter der eigentlichen Herdplatte ein durch einen Brenner beheizter Verbrennungsraum angeordnet ist. Die Flamme tritt bei c in

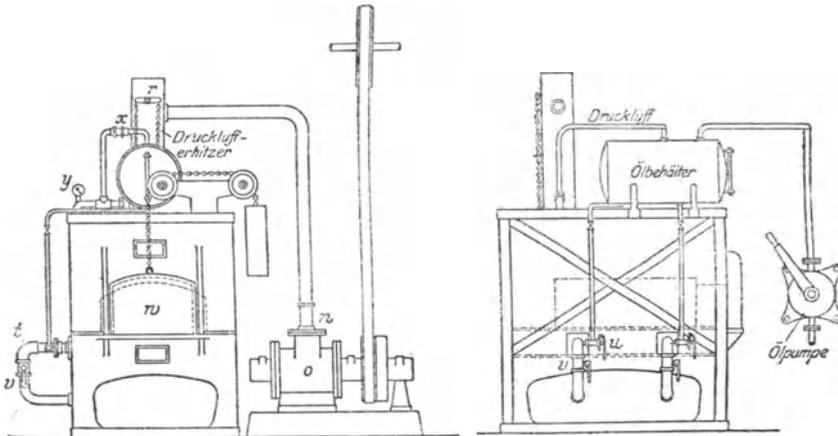


Abb. 101 u. 102.

den über der Herdplatte *d* befindlichen Heizraum ein, die Abgase verlassen bei *f* den Ofen. Die Durchtrittsöffnung *e* für die Heizgase ist mehrfach unterteilt, jede dieser einzelnen Öffnungen ist durch einen Schieber *e* einstellbar, wodurch die Temperaturverteilung geregelt werden kann. Eine Zündöffnung *b* dient zur Inbetriebsetzung des Ofens.

Abb. 101 und 102 zeigen die Außenansicht eines transportablen Plattenglühofens mit zwei Brennern und Gebläse der Poetter G. m. b. H. Der Ofen ist mit einer Luftvorwärmung durch die Abgase ausgerüstet. Das in einem Behälter über dem Ofen befindliche Öl wird durch die Hitze des Ofens selbst vorgewärmt.

Topfglühöfen. Ein besonderer Vorteil der Ölfuerung bei Topfglühöfen ist die Möglichkeit, die Töpfe wesentlich schneller auf Temperatur zu bringen und infolgedessen mit derselben Ofenzahl die $1\frac{1}{2}$ fache bis doppelte Produktion zu erreichen. Außerdem werden erfahrungsgemäß bei Ölfuerung die Töpfe erheblich weniger abgenutzt als bei Kohlenfuerung. Unter Umständen wird selbst bei einem Ölpreis, welcher das Dreifache des Kohlenpreises beträgt, infolge der guten Brennstoffausnutzung der Betrieb billiger als bei Kohlenfuerung.

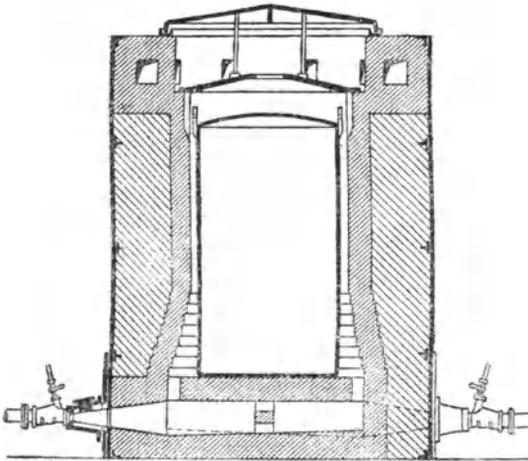


Abb. 103.

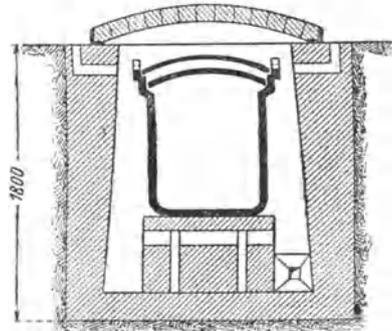


Abb. 104.

Abb. 103 zeigt den Längsschnitt eines Topfglühofens von Huber und Autenrieth. Der Topf steht auf einer Herdplatte, unterhalb deren sich ein mit zwei Brennern ausgerüsteter Verbrennungsraum befindet. Die Heizgase durchziehen den zwischen Topf und Ofen verbleibenden schmalen Raum und treten über dem Topf zwischen einem gußeisernen doppelten Deckel hindurch in den Abzug.

Ähnlich ist die Konstruktion des Topfglühofens von Pierburg (Abb. 104). Auch hier ist der Topf nicht unmittelbar beheizt. Er steht im kreisrunden Ofenschacht auf einem zylindrischen Sockel, um welchen

herum die Flamme des tangential angeordneten Brenners kreist. Die heißen Gase steigen nach oben und treten im oberen Teile des Ofens in den Abzug.

Bei diesen beiden Öfen ist die Gefahr, daß durch die hohe Temperatur der Ölflamme der Topf lokal überhitzt wird, zwar vermieden, doch bedingt die Vermeidung der unmittelbaren Einwirkung der Flamme durch Strahlung auf den Topf eine verhältnismäßig ungünstige Wärmeausnutzung. Auch hat die Erfahrung gezeigt, daß die Rotation der Flamme im Ofenschacht insofern nachteilig ist, als dadurch die außenliegenden Teile, also die Schachtwand, stärker beheizt wird als der Topf.

Diese Nachteile werden vermieden durch die in Abb. 105 und 106 wiedergegebene Konstruktion eines Topfglühofens von Essich.

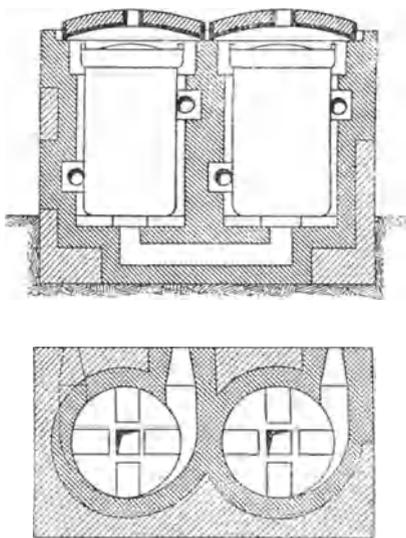


Abb. 105 u. 106.

Der Ofen besteht aus zwei nebeneinander angeordneten zylindrischen Schächten, welche durch mit Schamotte ausgefüllte gußeiserne Deckel verschlossen sind. Wie der Grundriß zeigt, sind in jedem Schacht tangential und in der Höhe versetzt zwei Brenner angeordnet. Um eine direkte Berührung der Flamme mit der Topfwand zu vermeiden, sind die Düsenkanäle zur Hälfte seitlich aus dem Mauerwerk ausgespart. In der Mitte jedes Deckels ist eine Abzugsöffnung vorhanden. Durch einen am Boden angeordneten Kanal sind beide Ofenschächte miteinander verbunden. Die Betriebsweise des Ofens ist derart, daß jeweils ein Ofen direkt befeuert wird, wobei der obere Abzug desselben geschlossen ist und die Abgase unter dem Boden des Topfes

durch den Verbindungskanal in den zweiten Schacht übertreten, wo sie den zweiten Topf vorwärmen und durch den Deckel entweichen. Ist ein Topf fertig geglüht, so wird er herausgenommen und durch einen kalten ersetzt, während der vorgewärmte Topf durch direkte Feuerung auf Temperatur gebracht wird und die Abgase zur Vorwärmung des kalten Topfes benutzt werden. Durch diese Ausnutzung der Abgase zur Vorwärmung wird ein sehr geringer Brennstoffverbrauch erzielt; er beträgt nur etwa 2 % des Gewichts von Topf und Einsatz, während bei Glühung ohne Vorwärmung sich der Brennstoffverbrauch auf 3 % und mehr beläuft.

Durch den entgegengesetzten Drehsinn der beiden Flammen wird erreicht, daß die Drehwirkung beider sich aufhebt und die früher erwähnten Nachteile der Rotation vermieden werden.

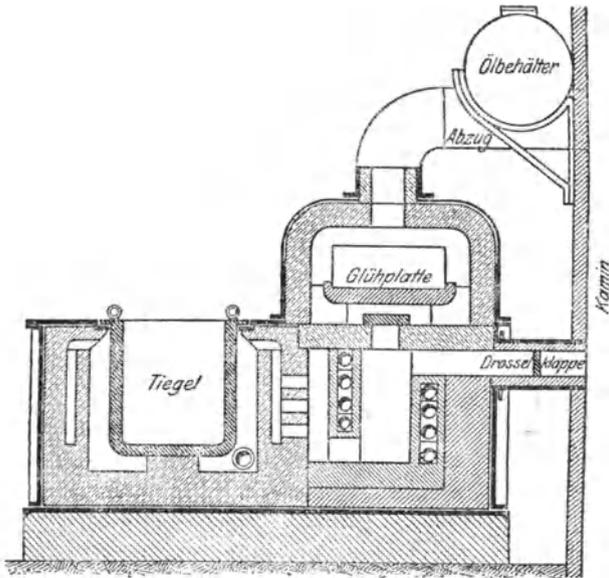


Abb. 107.

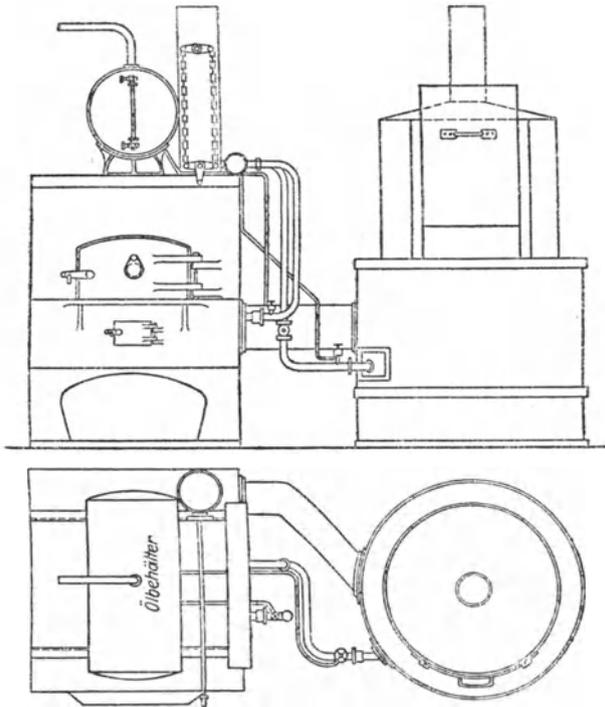


Abb. 108 u. 109.

Salzbadhärteöfen werden vielfach mit Ölfeuerung ausgerüstet, da diese eine schnelle Inbetriebsetzung und dauernde genaue Innehaltung der gewünschten Temperatur gestattet. Meist werden hierbei die Abgase zur Vorwärmung der zu härtenden Teile benutzt, um durch Eintauchen vorgewärmter Stücke dem Salzbad möglichst wenig Wärme zu entziehen. Abb. 107 zeigt die Konstruktion eines Salzbadhärteofens von de Fries. Der Ofen enthält einen herausnehmbaren Stahlgußtiegel, um welchen die Flamme des tangential angeordneten Brenners kreist. Die Abgase treten in einen neben dem Schmelztiegel angeordneten Vorwärmofen, welcher als Plattenglühofen gebaut ist. Bevor sie in diesen Ofen eintreten, werden sie zur Vorwärmung der Verbrennungsluft mittels einer in Schamotte gebetteten Heizrohrschlange benutzt.

Abb. 108 und 109 zeigen die Außenansicht eines Salzbadhärteofens von Poetter. Auch dieser Ofen ist mit einem durch die Abgase beheizten Vorwärmofen ausgerüstet. Letzterer besitzt außerdem eine unabhängige direkte Beheizung durch einen Zerstäuber.

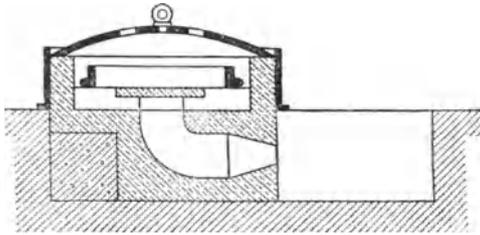


Abb. 110.

Wärmöfen. Abb. 110 zeigt die Konstruktion eines Bandagenwärmofens. Die Bandage liegt in einem kreisrunden, durch einen gußeisernen Deckel abgeschlossenen Ofen von geringer Tiefe auf einem sternförmigen

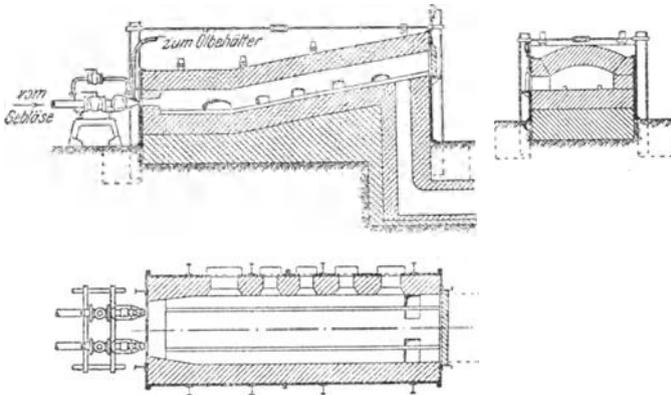


Abb. 111—113.

Rost. Im unteren Teile des Ofens ist ein mit einem Ölbrenner versehener Verbrennungskanal angeordnet. Die nach oben in den eigentlichen Heizraum tretenden Heizgase prallen gegen eine Verteilungsplatte und werden hierdurch gezwungen, in unmittelbare Berührung mit der Bandage zu treten. Im Deckel angeordnete Löcher dienen als Abzug.

Abb. 111–113 zeigen die Konstruktion eines Wärmeofens mit geneigtem Herd von Kerpen und Klöpffer¹⁾. Am unteren Ende des Herdes sind zwei Flachbrenner angeordnet. Das von oben nachrollende Material wird am oberen Ende durch die Abgase vorgewärmt und am unteren Ende des Ofens herausgezogen.

Warmpreßöfen. Bei Öfen, welche Massenteile zur Verarbeitung in Pressen erwärmen, wird Ölfeuerung mit Vorteil deswegen verwandt, weil infolge der Möglichkeit, die Flamme reduzierend oder neutral einzustellen, eine nahezu zunderfreie Ware erzielt wird, wobei die direkte Einwirkung der Flamme auf das Arbeitsgut eine außerordentlich günstige Wärmeausnutzung und eine wesentlich gesteigerte Leistung des Ofens mit sich bringt. Der Brennstoffverbrauch derartiger Öfen beläuft sich je nach der Konstruktion des Ofens und der Temperatur des zu verarbeitenden Materials auf 5–8 % des Einsatzes.

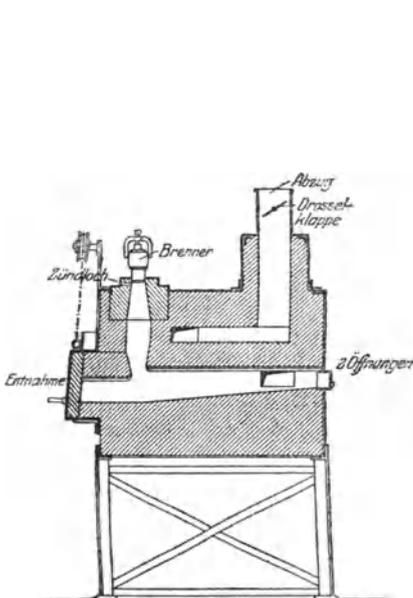


Abb. 114.

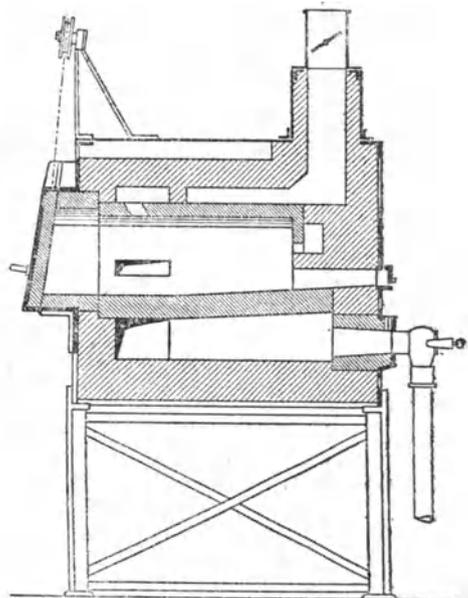


Abb. 115.

Abb. 114 zeigt den Schnitt eines Wärmeofens für Massenteile der Deutschen Ölfeuerungswerke. Der Ofen besitzt einen geneigten Herd.

¹⁾ Hausenfelder, Teerölverwertung für Heiz- und Kraftzwecke, St. u. E., 1912, Nr. 19.

Die zu erwärmenden Teile werden von hinten eingeführt und rollen nach vorn, während die von oben auftreffende Flamme von vorn nach hinten strömt und das Material im Gegenstrom erwärmt. Die Abgase werden durch ihre Führung gezwungen, das Gewölbe zu beheizen.

Eine andere Konstruktion eines Ofens derselben Firma zeigt Abb. 115. Der Ofen ist nach Art eines Muffelofens gebaut, er ist für solche Zwecke gedacht, bei denen das zu erwärmende Material nicht in Berührung mit der Flamme selbst kommen soll.

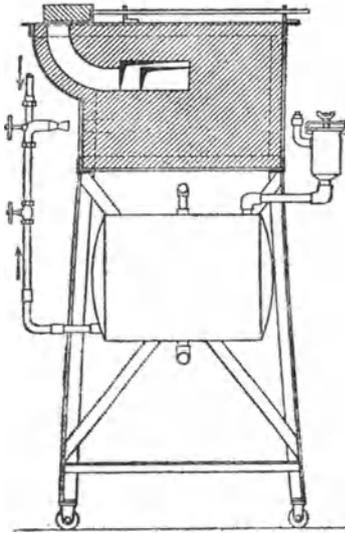


Abb. 116.

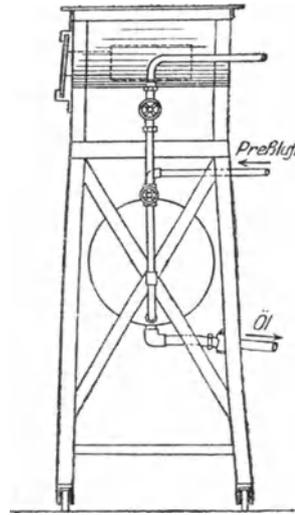


Abb. 117.

Abb. 116 und 117 zeigen die Außenansicht und den Schnitt durch einen transportablen Nietwärmofen von Pierburg. Der Ofen enthält einen unter dem eigentlichen Heizraum angeordneten Verbrennungsraum, so daß die Niete durch die indirekte Einwirkung der Flamme fast zunderfrei erwärmt werden. Das in einem unter dem Ofen gelagerten Behälter befindliche Öl wird durch Luftdruck zur Düse hochgedrückt.

Wärmeöfen für Stangenmaterial, welche hauptsächlich in Verbindung mit Mutterpressen und ähnlichen Maschinen arbeiten, verlangen eine hohe Temperatur und eine rasche Erwärmung des Arbeitsgutes. Es ist daher erforderlich, die Flamme unmittelbar auf die zu erwärmende Stange wirken zu lassen.

Abb. 118 und 119 zeigen die Konstruktion eines derartigen Ofens von de Fries. Der Ofen wird beheizt durch drei nebeneinanderliegende Brenner. Die Verbrennungsluft wird durch eine über dem Gewölbe liegende Heizschlange vorgewärmt. Durch die Form des Ofenraumes

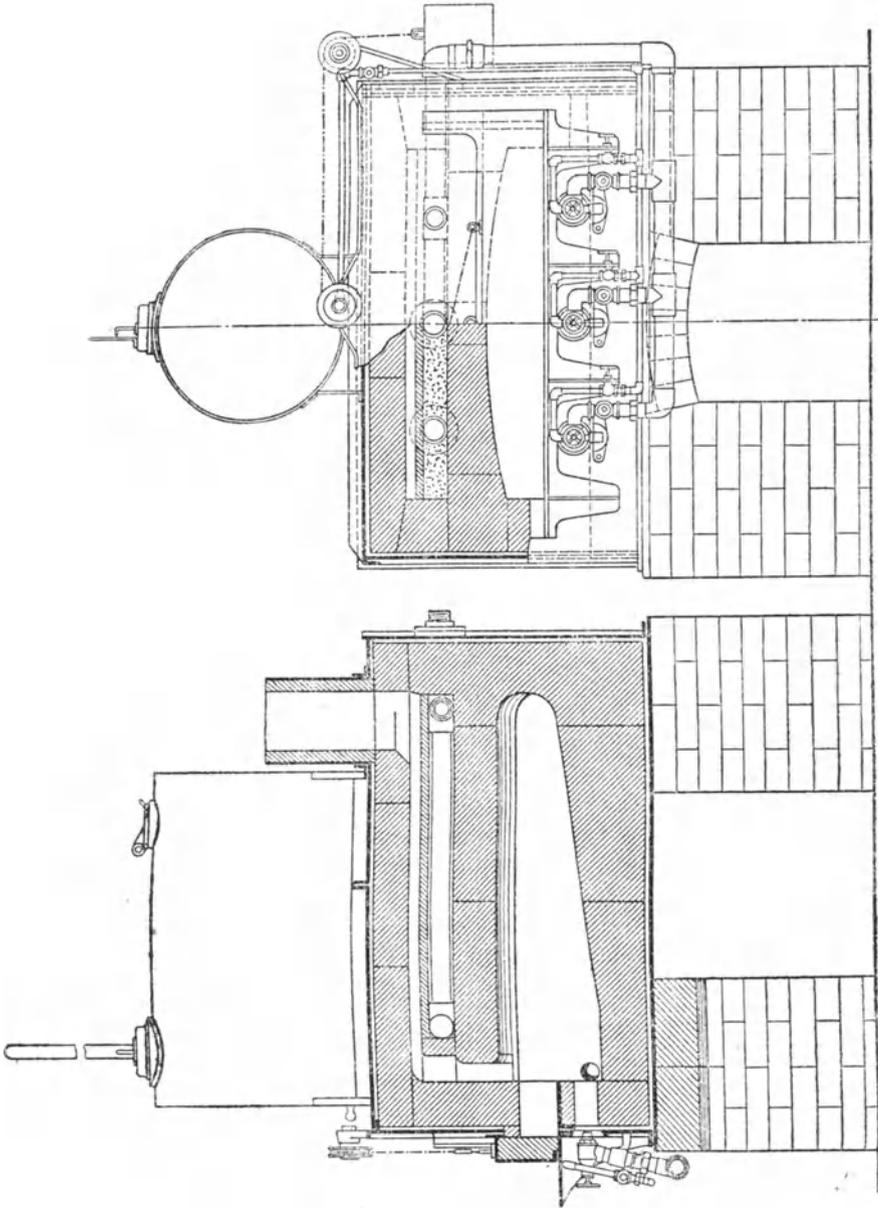


Abb. 118 u. 119.

und die Anordnung des Abzuges wird die Flamme zur Umkehr gezwungen, wobei sich eine ziemlich gleichmäßige Hitze im ganzen Ofenraum entwickelt.

Eine zweite Konstruktion eines Stangenwärmofens zeigen Abb. 120 und 121. Der Ofen hat den Vorteil leichterer Regulierbarkeit, da er durch einen einzigen Brenner beheizt ist. Dieser ist quer zur Einführungsrichtung der Stange angeordnet, und zwar im vorderen Teile des Ofens.

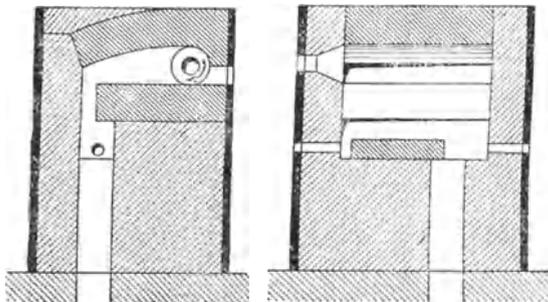


Abb. 120 u. 121.

Die Hitze ist also im vorderen Teile des Ofens größer als im hinteren Teile, eine Anordnung, die aus der Überlegung heraus gewählt wurde, daß, um eine gleichmäßige Temperatur des zu erwärmenden Teiles der Stange zu erreichen, die frisch zu erwärmenden Teile stärker erhitzt werden müssen als die bereits vorgewärmten.

Um eine rasche Ausbreitung der Flamme durch den ganzen Raum zu erreichen, ist der Brenner zur Erzeugung einer wirbelnden Flamme eingerichtet. Es ist darauf zu achten, daß die Drehrichtung der Flamme im Sinne des Pfeils der Abbildung erfolgt, da andernfalls ein Herausschlagen der Flamme durch die Einführungsöffnung der Stangen unvermeidlich wäre. Durch einen am Abzug des Ofens angeordneten Abdeckstein wird der Zug des Ofens so geregelt, daß im oberen Teile weder Unter- noch Überdruck herrscht, d. h. daß weder kalte Luft in den Ofen eintritt, noch daß die Flamme zur Einführungsöffnung heraustritt.

Schmiedeöfen. Die Verwendung von Ölfeuerung an Stelle von Kohlenfeuerung bringt um so größeren Vorteil, je höhere Temperaturen erzeugt werden müssen. Dies trifft insbesondere zu für Schmiedeöfen. Schmiedeöfen mit Ölfeuerung ermöglichen die Erreichung von Schweißhitze ohne jede Luftvorwärmung, was besonders für kleine, transportable Öfen von Vorteil ist. Bei größeren ortsfesten Öfen sollte man jedoch auch bei Ölfeuerung im Interesse eines geringen Ölverbrauchs auf Luftvorwärmung durch einen Rekuperator oder Regenerator nicht verzichten.

Abb. 122 und 123 zeigen den Querschnitt und Grundriß eines Schmiede-

ofens von Custodis. Die Abgase werden gezwungen, den Ofenherd von unten her zu beheizen. Durch die Anwendung eines Flachbrenners wird die Ausbreitung der Flamme über die ganze Ofenbreite begünstigt.

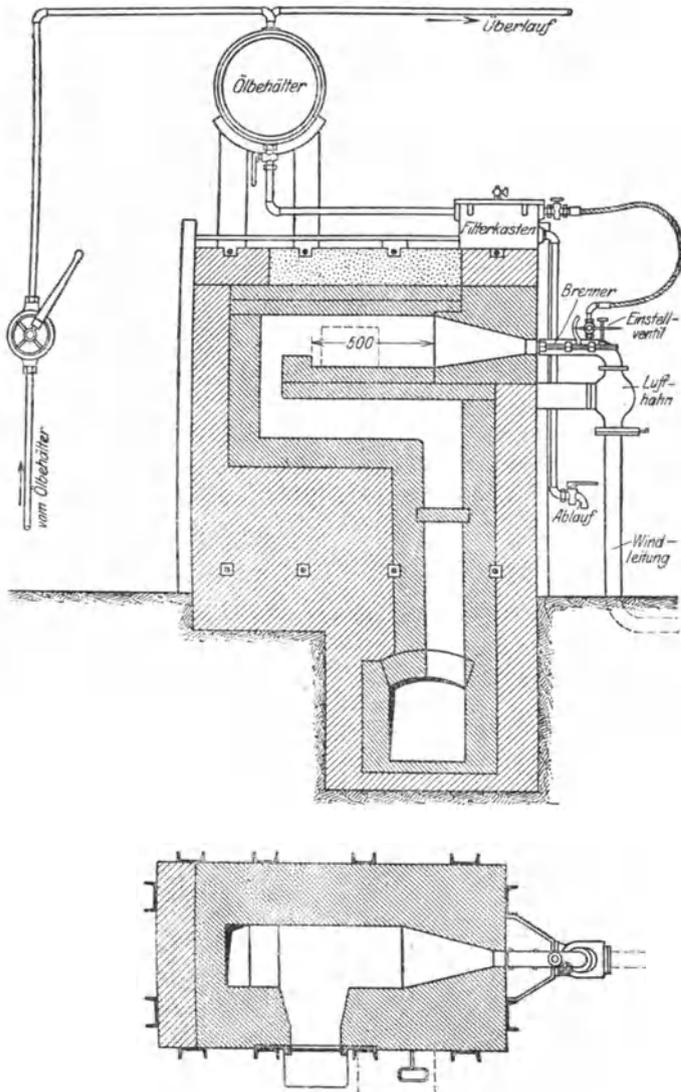


Abb. 122 u. 123.

Abb. 124 und 125 zeigen Längs- und Querschnitt eines Schmiedeofens von Lochner¹⁾. Der Ofen ist mit zwei ausschwenkbaren Flach-

¹⁾ Hausenfelder, St. u. E., 1912, Nr. 19.

brennern ausgerüstet. Der Ölverbrauch beträgt bei einer Temperatur von 1000° 40 kg pro Tonne Einsatz, bei 1200° 50 kg und bei 1400° 70 kg.

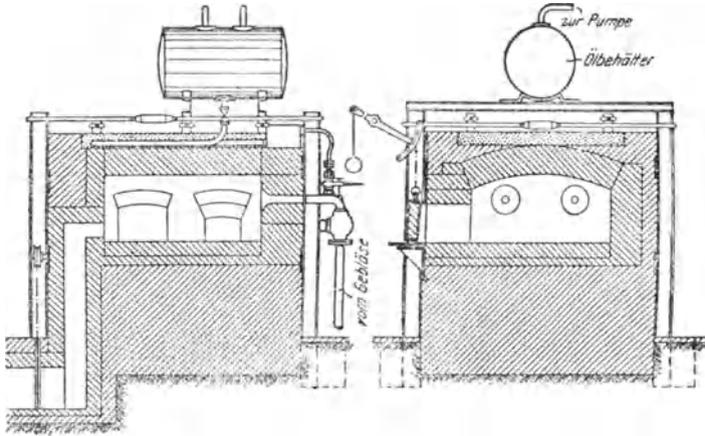


Abb. 124 u. 125.

Abb. 126 und 127 zeigen Längs- und Querschnitt eines mit zwei Brennern ausgerüsteten Schmiedeofens von Pierburg. Durch die Anordnung

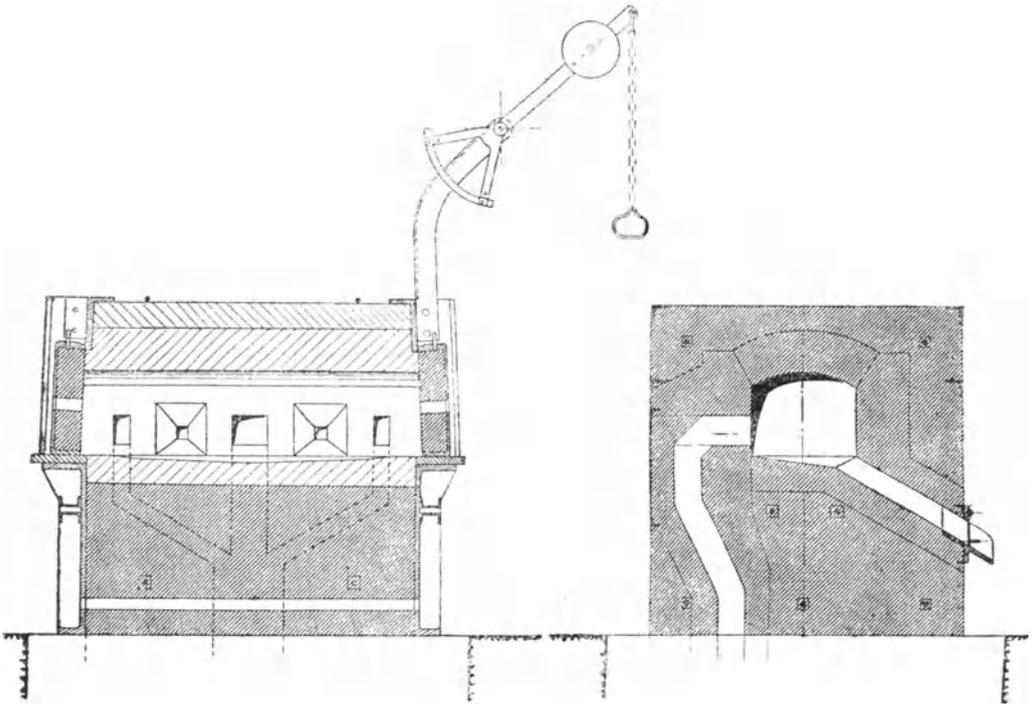


Abb. 126 u. 127.

der Abzüge auf derselben Seite wie die Brenner werden die Flammen gezwungen, umzukehren, was eine gute Verbrennung und Wärmeausnutzung ergibt.

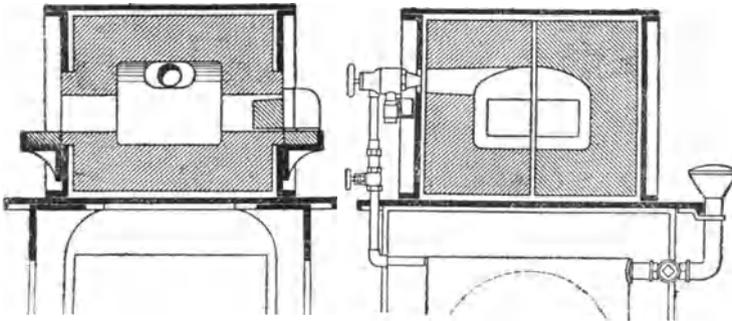


Abb. 128 u. 129.

Abb. 128 und 129 zeigen Längs- und Querschnitt eines transportablen kleinen Schmiedeofens von de Fries. Der Ofen ist mit einem unten angeordneten Ölbehälter ausgestattet, von dem das Öl durch Luftdruck in die Düse gefördert wird. Der Ofen ist mit zwei gegenüberliegenden Arbeitsöffnungen versehen.

Schweißöfen. Über die Betriebskosten eines für Ölfeuerung umgebauten Schweißofens macht Hausenfelder in »Stahl und Eisen, 1912, Nr. 19« folgende Aufstellung:

Ausgaben	Kohlenfeuerung M.	Teerölfeuerung M.
Zweimal jährlich eine Erneuerung der Feuerung und Gewölbe	220	176
Kleine Ausbesserungen (Erneuerung der Feuerbrücke usw.)	275	—
Erneuerung der Roststäbe alle 3 Wochen im Gewichte von 215,5 kg = 22.70 M. .	385	—
Anfahren des Brennstoffes	360	} 24
Abladen des Brennstoffes	120	
Ausschlacken der Öfen und Abfahren von Asche und Schlacke	360	—
	1 720	200
Verbrauch von Brennmaterial 600 t je 13.40 M.	8 040	120 t je 42.50 5 100
	9 760	5 300
Beschaffung von Düsen, Öltank, Ölleitung, Armaturen		1 400
Beschaffung eines Gebläses, wenn notwendig		400
		7 100

Ersparnis durch Verwendung von Teerölfeuerung im ersten Jahre:

Kohlenfeuerung	9 760 M.
Teerölfeuerung	7 100
	<u>2 660 M.</u>

Aus dieser Aufstellung ergibt sich, daß der Verbrauch an Wärmeinheiten pro Tonne Arbeitsgut bei der Ölfeuerung $3\frac{1}{2}$ mal geringer war als bei der Kohlenfeuerung. Die Konstruktion dieses Ofens zeigen Abb. 130 und 131. Der Ölverbrauch beträgt 14–16 % des Einsatzes und steigt bei kleinen Stücken auf 31–36 %.

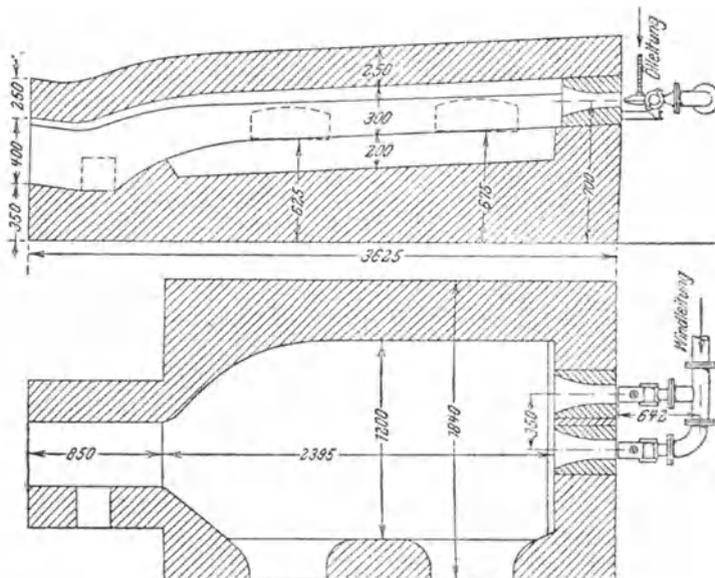


Abb. 130 u. 131.

Zinkschmelzöfen und Verzinkungspfannen. Für die Beheizung von Verzinkungspfannen wird Ölfeuerung vielfach angewandt, da diese die hierfür erforderliche genaue Regelbarkeit der Temperatur gewährleistet. Weiter ergibt sich bei Ölfeuerung die Möglichkeit, die Pfanne

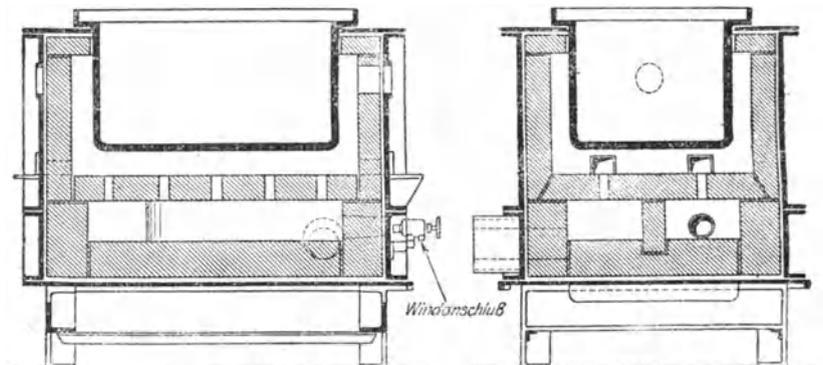


Abb. 132 u. 133.

bei richtiger Flammenanordnung direkt zu beheizen, während sie bei Kohlenfeuerung vor der direkten Einwirkung der Flamme geschützt werden muß, um dem Entstehen von sog. Hartzink, welcher sich durch Überhitzung des Zinks bildet, vorzubeugen. Die Einrichtung einer Verzinkungspfanne von de Fries zeigen Abb. 132 und 133. Der Ofen ist aus gußeisernen Platten zusammengesetzt und feuerfest ausgemauert. Im unteren Teile des Ofens befindet sich eine durch eine Zwischenwand geteilte Verbrennungskammer, an welcher ein Brenner angeordnet ist, dessen Flamme durch die Zwischenwand gezwungen wird, einen U-förmigen Weg zurückzulegen. Durch von dieser Kammer nach oben führende kleine Kanäle treten die Heizgase in den eigentlichen, die Verzinkungspfanne aufnehmenden Heizraum. Die Abgase entweichen am vorderen und hinteren Ende des Ofens an dessen Oberseite.

Abb. 134 und 135 zeigen eine Verzinkungspfanne System Urbscheit mit einem Nutzraum von 2000 · 300 · 350 mm. Auch hier ist die Flamme von der Pfanne durch eine Platte aus feuerfestem Material getrennt. Die Heizgase treten aus dem unten liegenden Verbrennungskanal in den oben liegenden länglichen Heizraum, an dessen einem Ende sie heraustreten.

Eine Verzinkungspfanne mit besonders guter Wärmeausnutzung zeigen Abb. 136 bis 138. Unter der Verzinkungspfanne *a*, welche auf den Mauerwerksvorsprüngen *b* ruht, ist ein Verbrennungsraum *d* angeordnet, dessen Ende bei *c* durch einen Brenner befeuert wird. Bei *e* treten die Heizgase nach oben, um dann nacheinander die drei übrigen Seitenwände der Pfanne zu beheizen und schließlich durch einen senkrechten Kanal *f* in den Fuchs zu fallen. Der bei dieser Anordnung besonders lange Weg der Heizgase gewährleistet eine gute Wärmeausnutzung. Um eine Überhitzung des unteren Teiles der Pfanne durch direkte Berührung mit der Flamme selbst zu vermeiden, wird

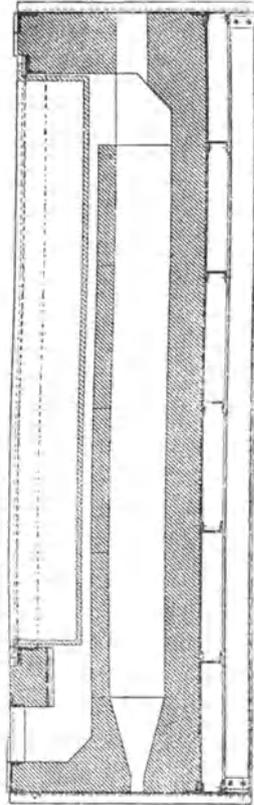
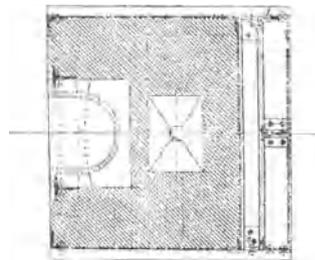


Abb. 134 u. 135.



zweckmäßig die Düse etwas schräg nach abwärts gerichtet, so daß sie gegen den Boden des Verbrennungskanals *d* bläst und die Pfanne nur durch Strahlung heizt.

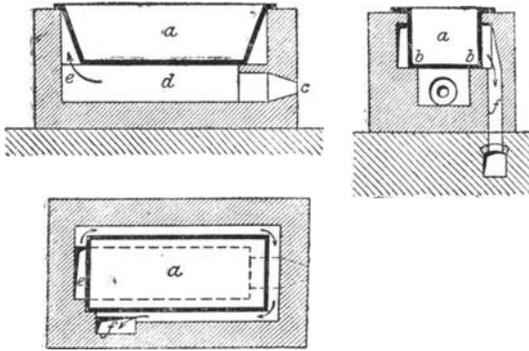


Abb. 136—138.

Der Brennstoffverbrauch von Verzinkungspfannen beträgt je nach der Art der Beheizung 1—3 % des zu verzinkenden Materials.

Tiegelschmelzöfen. Die Verwendung der Ölfuerung zur Beheizung von Tiegelschmelzöfen bietet eine Reihe wichtiger Vorteile. Trotz des im allgemeinen höheren Ölpreises gegenüber dem Kokspreise ist bei richtiger Wahl des Brennersystems und der Ofenausmauerung die Schmelzung durch Öl billiger, weil die Wärmeausnutzung eine wesentlich bessere ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß der Koks verhältnismäßig viel Schwefel enthält, während Steinkohlenteeröl und eine große Anzahl von Mineralölen nur Spuren von Schwefel enthalten. Das im Ölofen erschmolzene Produkt ist daher von wesentlich besserer Qualität, auch aus dem Grunde, weil die Ölfuerung das Arbeiten mit reduzierender Flamme gestattet und daher nicht nur einen geringen Abbrand ergibt, sondern auch etwa vorhandene Oxydteilchen, welche Verunreinigungen im Schmelzgut ergeben würden, zu Metall reduziert. Bei mit Koks gefeuerten Öfen ist der Abbrand deshalb wesentlich größer, weil sich der Koksgehalt des Ofens dauernd verändert und es nicht möglich ist, durch eine andauernde Regulierung die Luftzufuhr entsprechend mit zu ändern. Der Abbrand ist aber von ganz wesentlichem Einfluß auf die Gesteinskosten des Gusses. Bei Zugrundelegung eines Metallwertes von 2 M. pro kg bedeutet eine Verringerung des Abbrands von nur $\frac{1}{2}$ % eine Ersparnis von 1 M. pro 100 kg Schmelzgut, wogegen die Brennstoffkosten, welche sich z. B. beim Schmelzen von Rotguß mit 8 % Ölverbrauch und einem Ölpreis von 6 Pf. pro kg auf 48 Pf. belaufen, überhaupt nur die Hälfte dieser Summe ausmachen. Ein weiterer Vorteil des mit Öl betriebenen Schmelzofens ist eine gegenüber anderen Feuerungsarten um etwa 50—100 % größere Leistungs-

fähigkeit, ferner die wesentlich einfachere Bedienung, da sich der Öfen viel leichter als kippbarer Ofen ausbilden läßt als der mit Koks gefeuerte Ofen, und da das dauernde Aufgeben von Brennstoff wegfällt.

In gut konstruierten Tiegelschmelzöfen mit Ölfeuerung beläuft sich der Ölverbrauch bei Messing auf 6 %, Bronze 8 %, Kupfer 10—12 %, Stahl 15—20 % des Schmelzgutes.

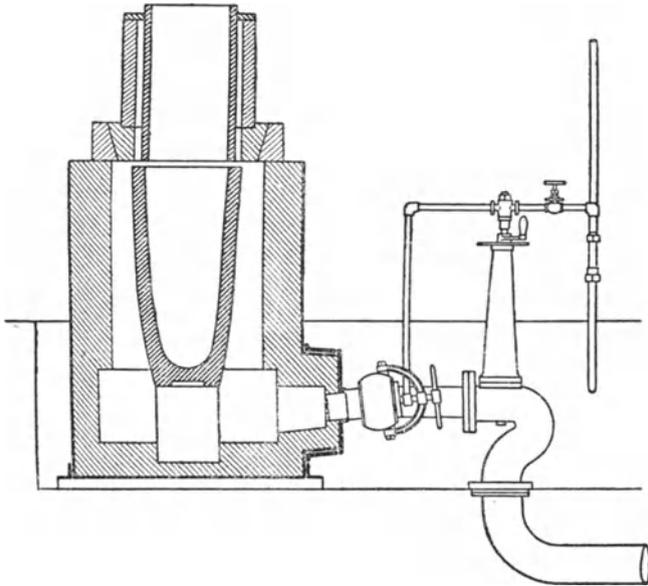


Abb. 139.

Abb. 139 zeigt einen feststehenden Tiegelschmelzofen der Deutschen Ölfeuerungswerke. Der Ofen besteht aus einem schmiedeisernen, feuerfest ausgefütterten Mantel mit durch Gegengewicht ausbalanciertem abhebbarem Deckel. Im Ofenschacht steht auf einem runden Sockel der Tiegel, der Brenner ist tangential angeordnet. Die um den Tiegel kreisende Flamme tritt über demselben durch ein kreisrundes Loch im Deckel aus. Eine im unteren Teil des Schachtes angeordnete Öffnung gestattet den Ausfluß des Materials bei Tiegelbruch.

Abb. 140—142 zeigen den kippbaren Tiegelschmelzofen derselben Firma. Der Ofen ist in einer durch die Schnauze gehenden Achse gelagert und an einer in einem Kreisbogenabschnitt geführten Kette, welche durch Handrad und Schnecke aufgewunden werden kann, aufgehängt. Im übrigen ist die Einrichtung des Ofens im Prinzip dieselbe wie diejenige des feststehenden Ofens. Auf dem Deckel befindet sich ein abnehmbarer zylindrischer Aufsatz, welcher bestimmt ist, die sperrige Beschickung des Tiegels zum Teil aufzunehmen, vorzuwärmen und niederzuschmelzen.

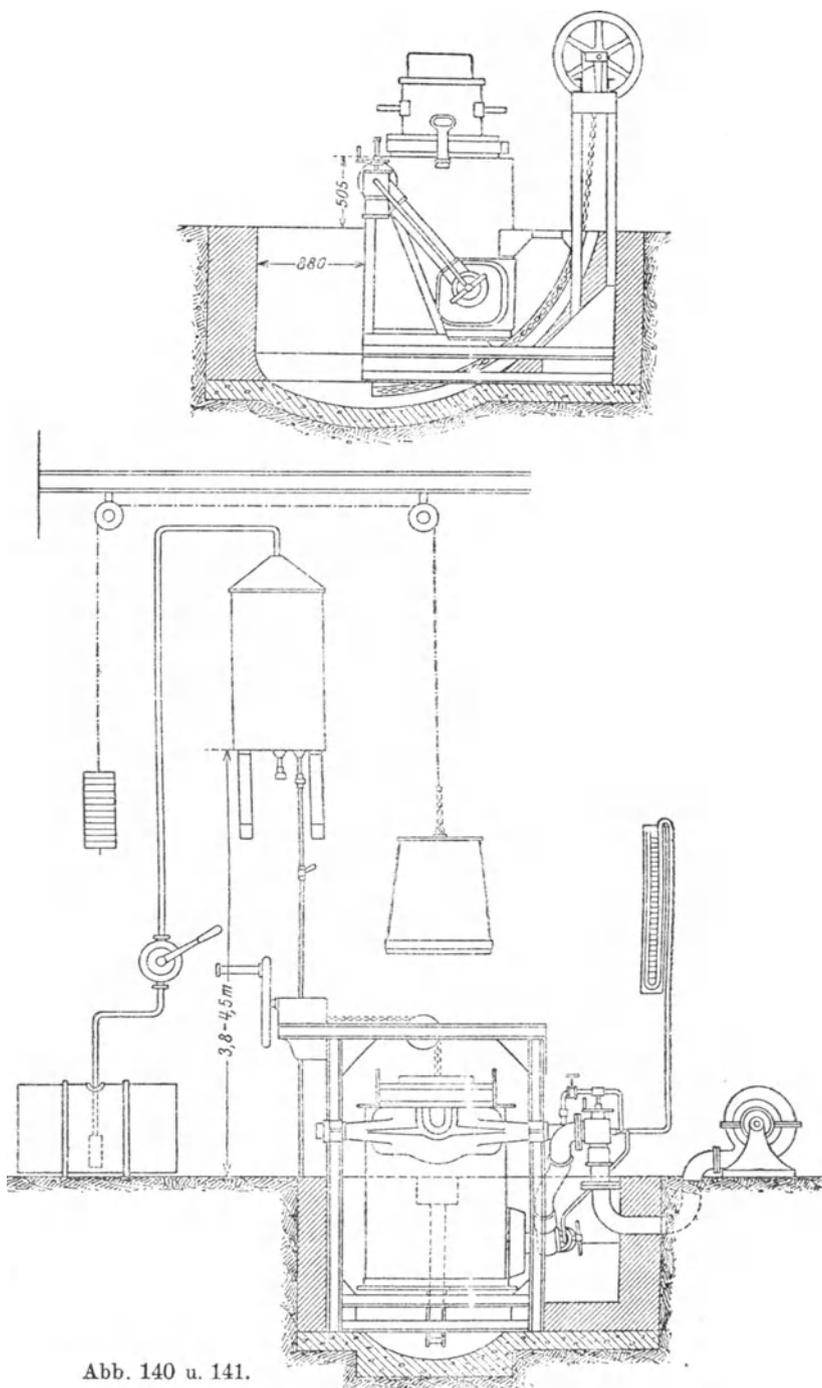


Abb. 140 u. 141.

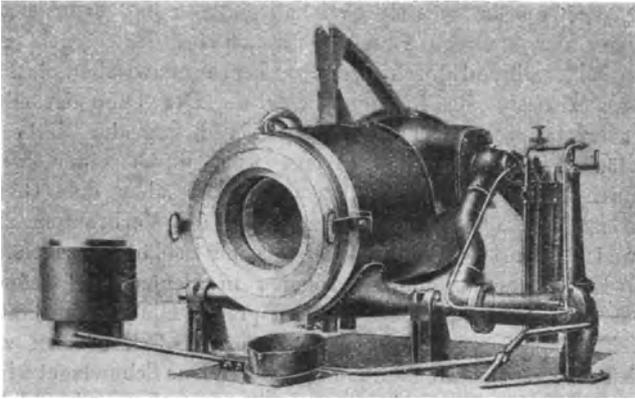


Abb. 142.

Abb. 143 und 144 zeigen den Tiegel-schmelzofen der Ardelt-Werke. Auch dieser Ofen besteht aus einem zylindrischen Schacht aus feuerfestem Material, in welchem zentral der Tiegel angeordnet ist, welcher durch die um ihn kreisende Flamme beheizt wird. Über dem

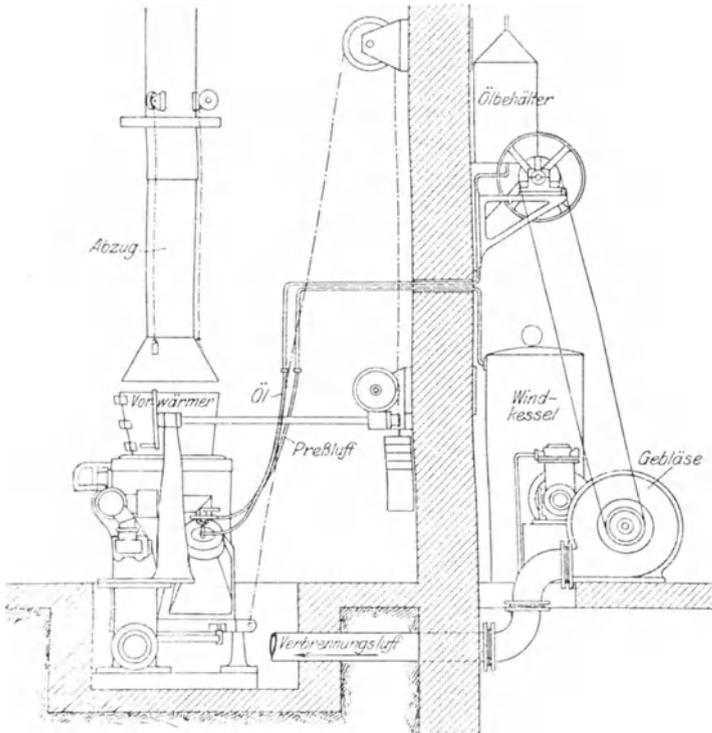


Abb. 143.

Essich, Die Ölfeuerungs-technik.

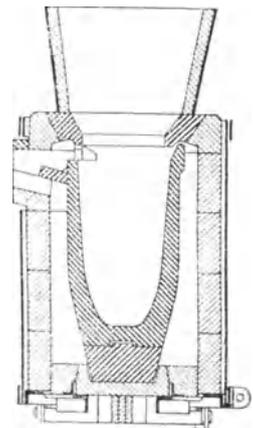


Abb. 144.

Deckel des Ofens befinden sich zwei konzentrisch angeordnete Aufsätze, deren innerer das sperrige Beschickungsmaterial des Tiegels zum Teil aufnehmen soll, während durch den Zwischenraum zwischen dem inneren und äußeren Aufsatz die Flamme austritt. Der Ofen ist mit einem Brenner ausgestattet, welcher getrennte Zuführung der Verbrennungs- und Zerstäubungsluft besitzt. Erstere wird durch einen Ventilator, letztere durch einen Kompressor erzeugt. Eine über dem Ofen angeordnete Abzugshaube führt den Rauch und die Verbrennungsprodukte ab. Öl und Preßluft werden durch biegsame Schläuche zugeführt.

Eine der größten Ölfuerungsanlagen in Deutschland befindet sich im Betriebe der A.E.G. Kabelwerk Oberspree. Die Anlage besteht aus 26 in zwei Reihen angeordneten kippbaren Tiegelschmelzöfen, zwischen welchen sich eine Beschickungsbühne befindet. Das Schmelzgut wird durch eine Elektrohängebahn zugeführt. Die Öfen werden elektrisch gekippt und in die vor denselben auf Drehscheiben stehenden Kokillen ausgegossen. Eine große Exhaustoranlage dient zum Absaugen von Abgasen und Qualm. Die Leistungsfähigkeit der Anlage beträgt über 100 t täglich.

Kippbare tiegellose Schmelzöfen. In den letzten Jahren ist die Verwendung von tiegellosen Schmelzöfen zum Schmelzen von Stahl sowie

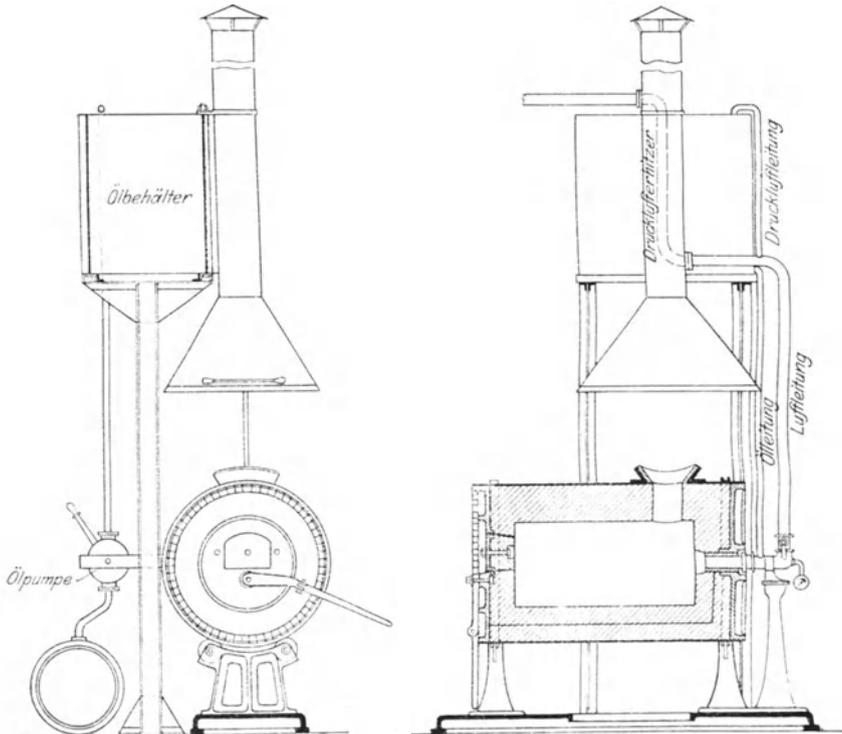


Abb. 145 u. 146.

von Kupfer und seinen Legierungen stark in Aufnahme gekommen. Der Grund hierfür liegt vor allem darin, daß der tiegellose Schmelzofen die Möglichkeit bietet, mit reduzierender neutraler oder oxydierender Flamme zu arbeiten, hohe Temperaturen zu erzeugen und schnell anzuheizen. Der Abbrand eines derartigen Ofens ist allerdings größer als der eines Tiegelschmelzofens, jedoch fällt der Brennstoffverbrauch wesentlich geringer aus, der Tiegelverbrauch fällt weg und der Ofen läßt sich für wesentlich größere Chargen als ein Tiegelschmelzofen bauen. Bei einem richtig konstruierten tiegellosen Ofen ist darauf zu achten, daß die Verbrennung möglichst weit vorgeschritten bzw. beendet sein muß, wenn die Heizgase mit dem Bad in Berührung treten. Man unterscheidet in der Hauptsache zwei Ofenkonstruktionen: die eine besteht aus einer feuerfest ausgefütterten, um ihre wagerechte Achse drehbaren Trommel, an welcher auf der einen Seite axial ein Brenner angeordnet ist, während der Abzug auf der anderen Seite oder im oberen Teile des Ofens liegt. Letztere Anordnung ist deswegen vorteilhafter, weil dadurch die Flamme zur Umkehr gezwungen und besser ausgenutzt wird.

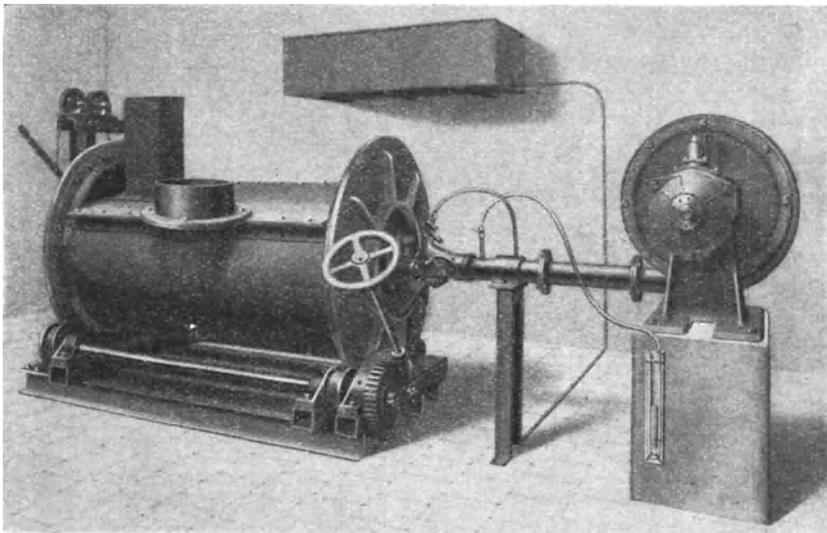


Abb. 147.

Abb. 145 und 146 zeigen einen derartigen tiegellosen 500 kg-Schmelzofen der Poetter G. m. b. H. Düsseldorf, Abb. 147 einen ähnlichen Ofen von Huber & Autenrieth, Stuttgart. Bei beiden Öfen ist der drehbare, trommelartige Ofenkörper auf Rollen gelagert. Für ersteren wird der Abbrand bei Kupferlegierungen mit 2—3 % angegeben, der Ölverbrauch mit 7—12 %. Für Stahlguß beträgt der Ölverbrauch 20—35 %, der Abbrand 4—6 % vom Einsatz.

Die zweite Bauart des kippbaren tiegellosen Schmelzofens, diejenige der Deutschen Ölföuerungswerke (Abb. 148 – 152) besitzt einen niedrigen Schacht von kreisförmigem Grundriß, dessen untere Hälfte durch das Bad ausgefüllt wird, während in der oberen Hälfte die Flammen zweier

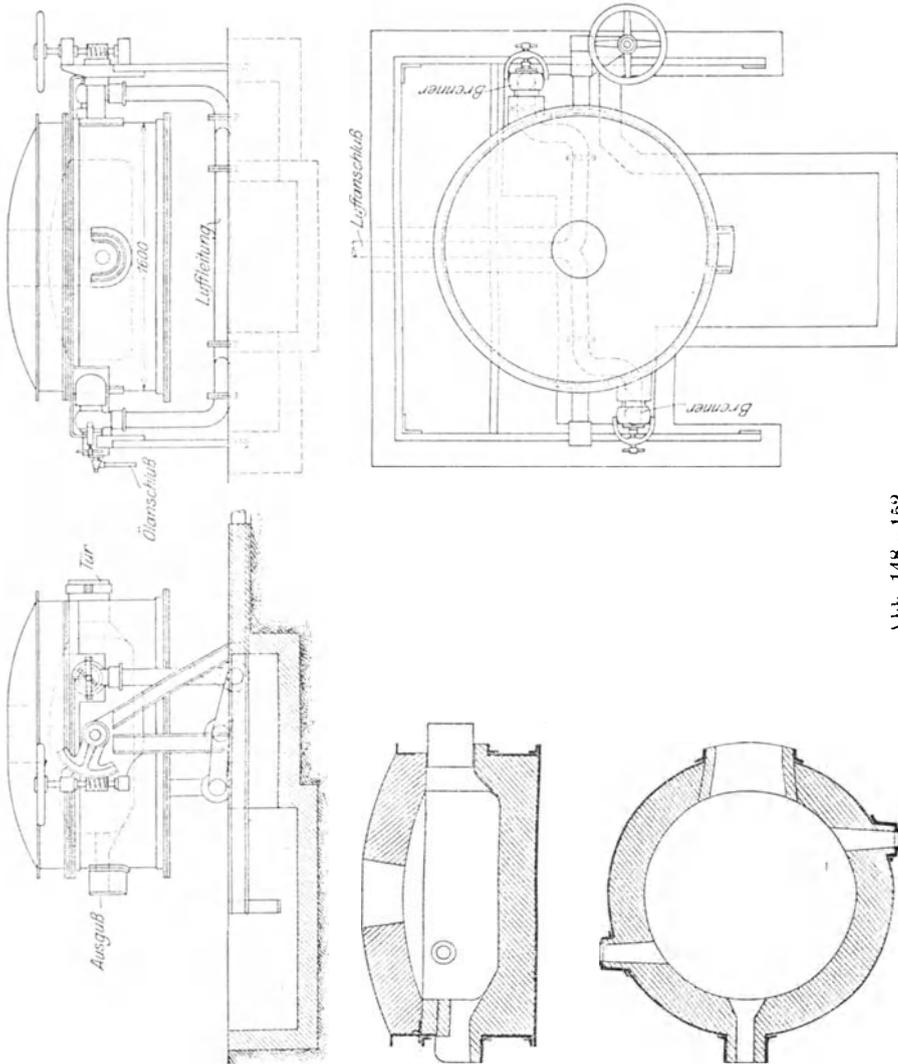


Abb. 148 - 152.

tangential angeordneter Brenner kreisen. Der Abzug befindet sich in der Mitte des Deckels. Infolge der Rotation der Flammen und der Anordnung des Abzuges werden die Heizgase gezwungen, einen sehr langen Weg zurückzulegen, bevor sie aus dem Ofen austreten. Infolge-

dessen wird eine vollständige Verbrennung, eine gute Durchmischung der Heizgase und eine gute Wärmeausnutzung erzielt.

Der Ofen ist mittels Handrad und Schnecke und Zahnradsegment kippbar. Gegenüber der Ausgußöffnung befindet sich eine zum Beobachten sowie beim Kupferschmelzen zum Raffinieren dienende Öffnung.

Künscher¹⁾ gibt den Ölverbrauch eines 1 t-Ofens der Deutschen Ölfeuerungswerke für Kupfer auf 7—8 % bei 1½ Stunden Schmelzdauer an. Beim Schmelzen von Rotguß und Bronze beläuft sich derselbe auf 5—6 %, bei Kupfer auf 6—8 %. Der Abbrand beträgt hierbei für Blöcke 1,7 %, für Altmetall bis 3 %, für Späne brikettiert bis 5 %, beim Schmelzen von Reinkupfer 1—2 %. Die Schmelzdauer für Bronze und Rotguß beträgt im 500 Kilo-Ofen 50—70, im 1000 Kilo-Ofen 70—90 Minuten, im 2000 Kilo-Ofen 110—130 Minuten. Für Reinkupfer ist die Schmelzdauer 10 % höher. Das Anwärmen des Ofens dauert 30—60 Minuten.

Brasseur²⁾ gibt den Ölverbrauch beim Schmelzen von Stahl folgendermaßen an:

Ofeninhalt:	Ölverbrauch pro Charge:	Schmelzdauer Min.:
75 kg	10—12 kg	30—45
100 »	12—14 »	30—45
150 »	12—15 »	30—45
200 »	15—18 »	30—45
300 »	25—30 »	60—75

Bei großen Öfen beträgt der Abbrand 2—2,5 %.

Die Vereinigten Hüttenwerke Burbach-Eich-Düdelingen geben den Verbrauch ihres tiegellosen Schmelzofens beim Schmelzen von Stahl auf 12 % Teer an. Das Futter soll 2—3 Monate halten und die Schmelzung von 400—1000 t Material ermöglichen. Der Abbrand beträgt hierbei 1,5—2 %.

Martinöfen. Ein Nachteil des kippbaren tiegellosen Schmelzofens ist seine beschränkte Größe sowie vor allem der Umstand, daß die mit kalter Luft erreichbare Verbrennungstemperatur für gewisse schwer schmelzbare Legierungen entweder überhaupt nicht ausreicht oder aber eine lange Schmelzdauer und einen hohen Brennstoffverbrauch ergibt. Diese Lücke füllt der mit Luftvorwärmung arbeitende Martinofen mit Ölfeuerung aus. Er eignet sich zum Schmelzen von Grauguß, Temperguß, Stahl, Ferromangan, Ferrosilizium usw. Die Luftvorwärmung kann hierbei durch Rekuperation oder Regeneration erfolgen. Zur Beheizung wird entweder eine mit Preßluft betriebene Zerstäuberdüse, durch welche ein möglichst kleiner Bruchteil kalter Verbrennungsluft zu schicken ist, oder eine gebläselose Tropffeuernng verwandt.

¹⁾ Feuerungstechnik 1915.

²⁾ St. u. E., 1913. S. 1281.

Abb. 153 und 154 zeigen die Konstruktion des Klein-Martinofens von Poetter. Der Ofen ist mit einem Rekuperator ausgerüstet. Die hoch

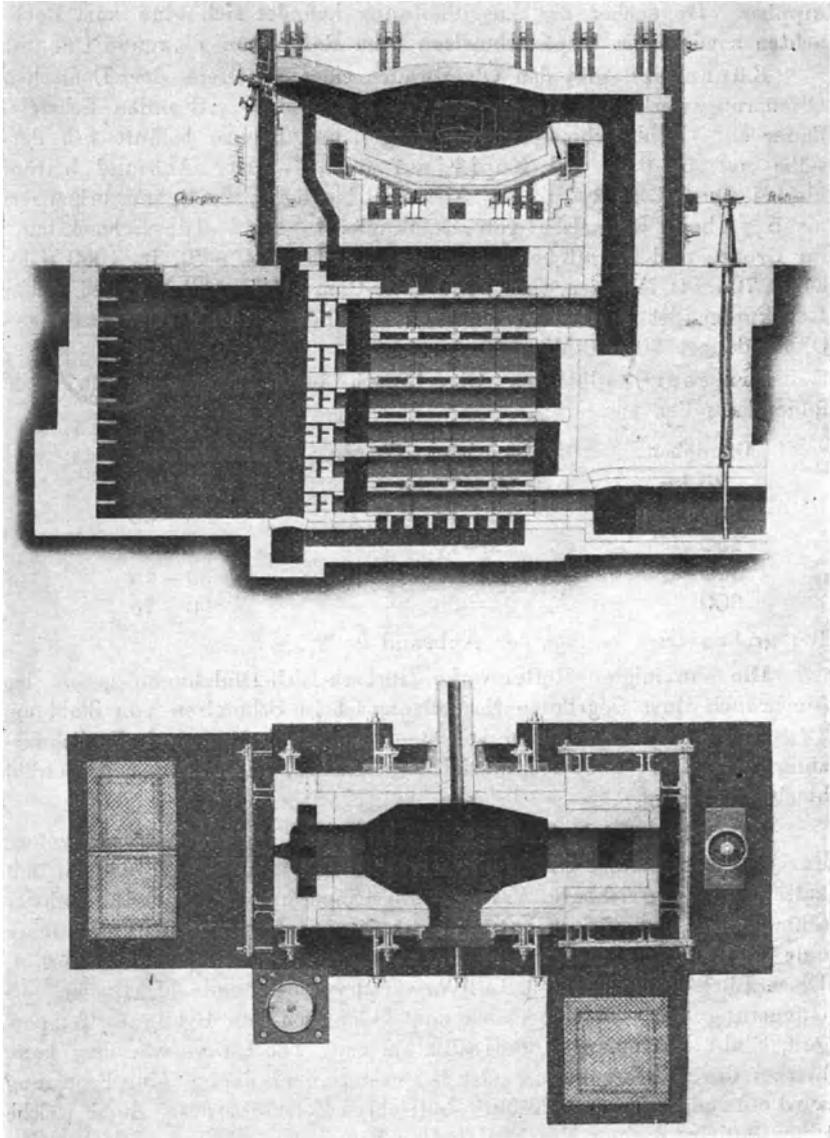


Abb. 153 u. 154.

vorgewärmte Luft steigt auf der linken Seite zum Ofenkopf, an welchem ein Zerstäuber angeordnet ist. Auf der gegenüberliegenden Seite be-

findet sich der Abzug. Der Zerstäuber wird mit Preßluft von 1,5–2 Atm. betrieben und verbraucht nur 0,5 cbm pro kg Öl, d. h. 5 % der Verbrennungsluft, so daß 95 % durch den Rekuperator gehen, welcher eine Vorwärmung auf 700 bis 900° C bewirkt.

Abb. 155 und 156 zeigen einen Kleinmartinofen von Eckardt, dessen Betriebsergebnisse Ring in »Stahl und Eisen, 1914« veröffentlicht hat. Der Ofen hat ein Fassungsvermögen von 1 t. Er besitzt einen Schornstein von 650 mm \ominus und 20 m Höhe. Unter dem Ofen ist zur Luftherhitzung ein Regenerator angeordnet; über den Ofenköpfen befinden sich Zerstäuberdüsen, von denen die nicht benutzte jedesmal beim Umschalten des Regenerators ausgeschwenkt wird. Während des Arbeitens herrscht im Schmelzraum geringer Überdruck, im Schornstein 12 mm WS. Unterdruck, in den Kammern über dem Gitterwerk 6–8 mm, in den Zügen 6 mm Unterdruck. Die Düsen sind unter 65° gegen die Badoberfläche geneigt. Das Anheizen, zu welchem 150 kg Öl

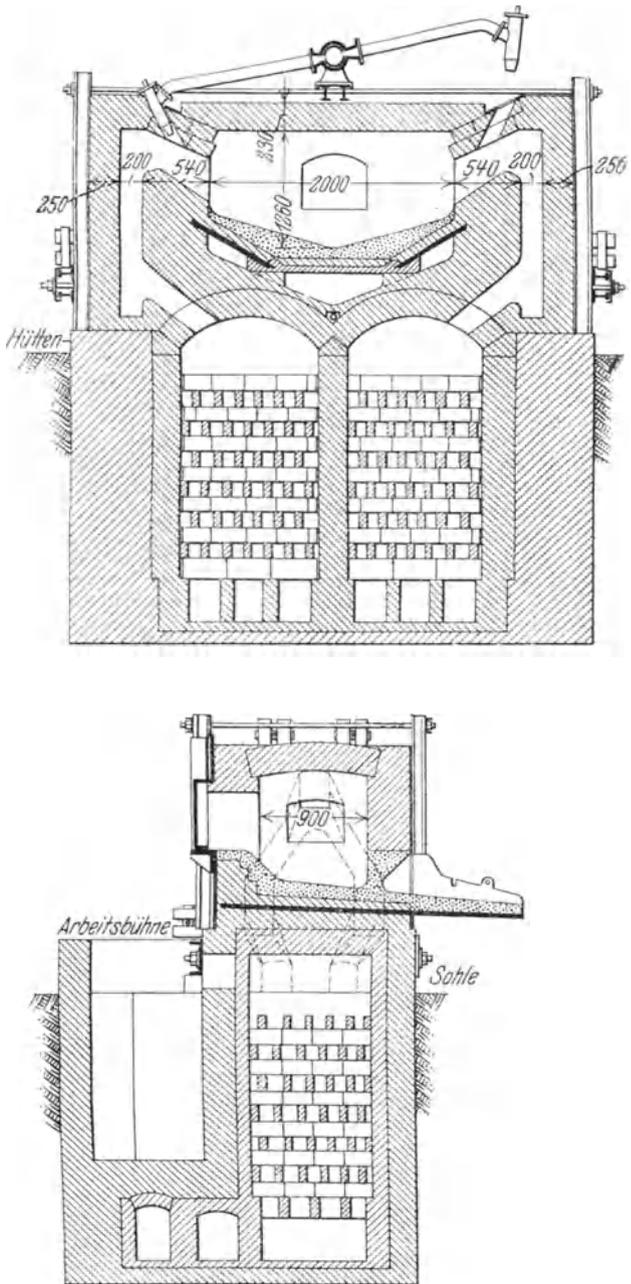


Abb. 155 u. 156.

erforderlich sind, dauert 3 Stunden. Die darauf folgende erste Charge dauert von Beginn des Einsetzens bis zum Abstich $3\frac{1}{2}$, die zweite 3 Stunden, die folgenden $2\frac{1}{2}$ Stunden. Der Ölverbrauch beträgt 50—55 kg stündlich. Das Fertigmachen der Schmelze erfolgt mit 0,7 % Ferromangansilizium und 0,2 % hochprozentigem Ferrosilizium. Das erzeugte Material hatte eine Festigkeit von 33—54 kg bei bis zu 25 % Dehnung. Die Analyse ergab:

0,1	—	0,45	% C.
0,45	—	0,58	% Mn.
0,036	—	0,055	% S.
0,34	—	0,43	% Si.
0,04	—	0,08	% P.

Die Gesteungskosten für die t Stahl werden folgendermaßen angegeben:

Einsatz

400 kg	Hämatit	M.	33.20
1600 »	Trichter und Schrott	»	80.—
16 »	Ferromangansilizinm {		
4 »	Ferrosilizium }	»	7.30

Ölverbrauch:

535 kg je M. 6.—%	kg	»	32.10
-------------------	--------------	---	-------

Stromkosten für Winderzeugung und Kran. » 2.—

Löhne:

1 Mann	1 Tag	»	8.—
1 »	1 »	»	6.—
1 Junge	2 Std.	»	0.50
		»	8.—

Abschreibungen 15 % von M. 7000.—

bei 250 Arbeitstagen	»	4.20
--------------------------------	---	------

Erzeugungskosten M. 181.30

Erzeugung 2000 kg — 15 % = 1700 kg, somit Ge-

stehungskosten pro Tonne Stahl	$\frac{181,3}{1,7} =$	M.	106.50
--------------------------------	-----------------------	----	--------

Bei Kokstiegelöfen beliefen sich die Gesteungskosten für die t Stahl auf M. 247.—.

Für einen 4 t Martinofen wird der Brennstoffverbrauch auf 137 kg/St von 11200 W.E. angegeben bei einem Einsatz von 1300 kg Roheisen und 2700 kg Schrott sowie einer Chargendauer von 4 Stunden. Für einen anderen Ofen dieser Größe mit einer kalten Beschickung mit Hämatitroheisen und Schrott wird der Ölverbrauch auf 13 % angegeben, wobei die Ofenausmauerung 1700 Chargen aushält.

Einen 25 t Martinofen nach Ploehm¹⁾ zeigen Abb. 157 und 158. Der Ofen besitzt zwecks guter Ausnutzung der Flamme eine große

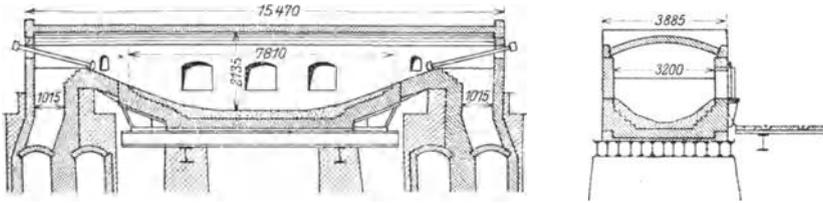


Abb. 157 u. 158.

Längsausdehnung. Die Zerstäuber sind mit Wasserkühlung ausgerüstet und bleiben auch während der Außerbetriebsetzung im Ofen. Die Bad-

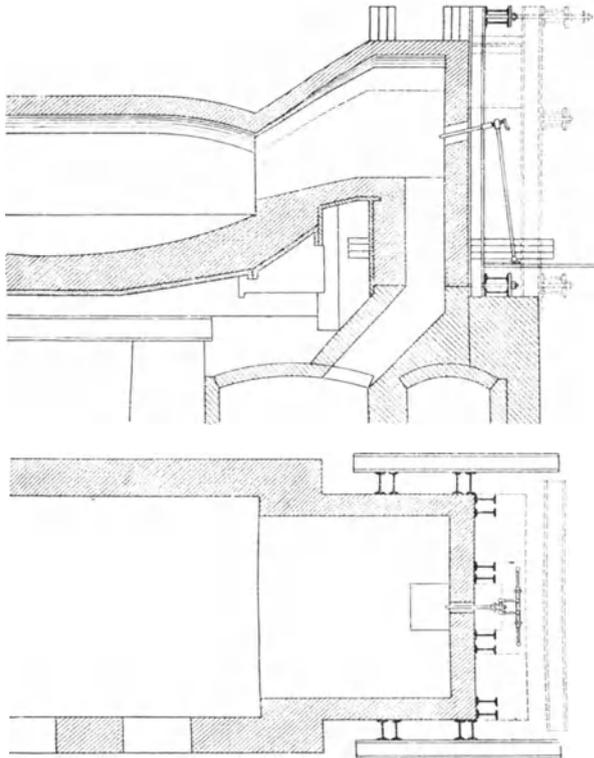


Abb. 159 u. 160.

tiefe beträgt 0,4—0,45 m. Die Zerstäuber arbeiten mit 4,2 Atm. Luft-
 pressung beim Schmelzen, mit 3 Atm. während der Arbeitsperiode. Das

¹⁾ Glasers Annalen, 1918.

vom Ofen erzeugte Produkt hat folgende Zusammensetzung: 0,205 % C., 0,315 % Si., 0,68 % Mn., 0,018 % P., 0,024 % S. Die Dauer einer 25 t Charge beträgt $5\frac{1}{2}$ Stunden. Die Ausmauerung des Ofens hielt 1062 Chargen.

Abb. 159 und 160 zeigen einen Martinofen mit Rohölföuerung nach Schweitzer¹⁾. Der Ofen ist mit ausschwenkbaren Brennern ausgerüstet.

Bei Martinöfen wird Ölföuerung bisweilen als Zusatzföuerung zur Hochofengasbeheizung angewandt, um gegenüber dem minderwertigen Hochofengas einen Ausgleich zu schaffen und die Erzielung höherer Temperaturen zu ermöglichen.

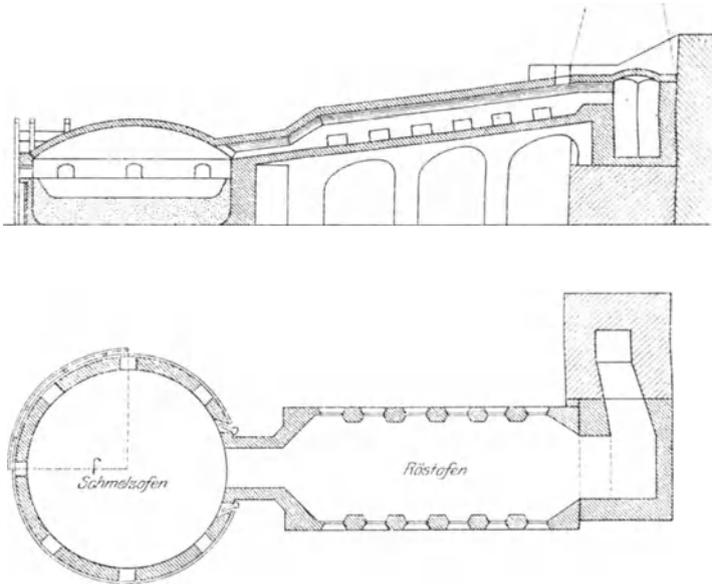


Abb. 161 u. 162.

Schmelz- und Röstöfen. Abb. 161 und 162 zeigen einen Schmelz- und Röstofen nach Siemens, wie er in Süd-Rußland zur Kupfergewinnung benutzt wird. Der Ofen besteht aus dem kreisrunden Schmelzofen und dem länglichen geneigten Röstofen. Das Erz wird am oberen Ende des letzteren aufgegeben. Zwei neben dem Verbindungskanal vom Röstofen zum Schmelzofen tangential in letzteren blasende Brenner halten das geschmolzene Material auf Temperatur. Die im Schmelzofen umkehrende Flamme tritt in den Röstofen über, wobei die Abgase zum Rösten benutzt werden.

¹⁾ Schweitzer, Über Rohölföuerungen in Hüttenwerken, St. u. E. 1916, S. 1174.

Tauchlötöfen. Abb. 163 und 164 zeigen den Längs- und Querschnitt eines Tauchlötofens von Pierburg, wie er zum Löten von Fahrradrahmen benutzt wird.

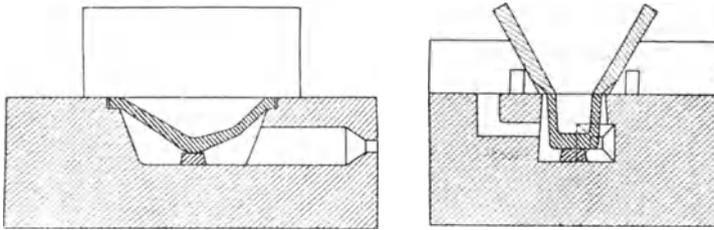


Abb. 163 u. 164.

Trockenkammern. Abb. 165 und 166 zeigen den Längs- und Querschnitt einer Trockenkammer mit Ölfeuerung. Zwischen den Schienen, auf denen die zu trocknenden Wagen ein- und ausgefahren werden, sind Verbrennungskanäle angeordnet, welche durch je einen Brenner beheizt werden.

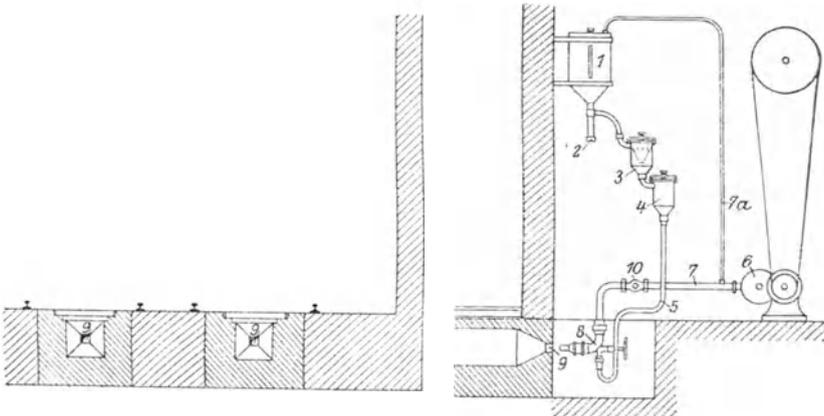


Abb. 165 u. 166.

Glasschmelzöfen. Abb. 167 und 168 zeigen einen Glasschmelzofen von Wolf¹⁾ mit über dem Schmelzraum angeordneter Feuerung.

¹ Glasers Annalen. 1918.

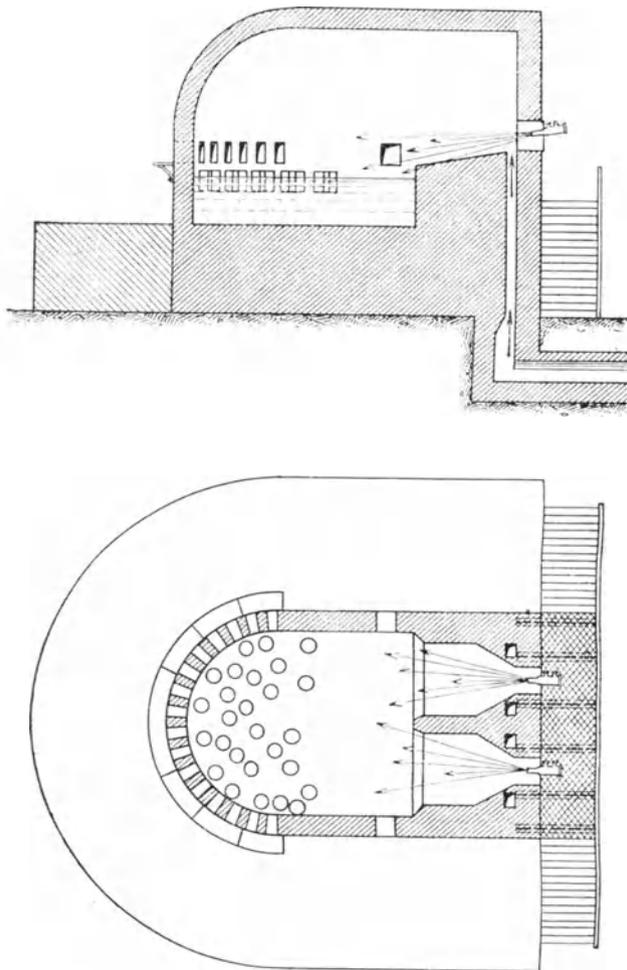


Abb. 167 u. 168.

Dies stellt eine wesentliche Verbesserung gegenüber der Kohlenföuerung dar, welche unter dem Schmelzraum angeordnet werden muß und daher mit erheblich größerem Brennstoffverbrauch arbeitet.

Die flüssigen Brennstoffe, ihre Gewinnung, Eigenschaften und Untersuchung. Von Chemiker Dr. **L. Schmitz**. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 56 Textabbildungen. Preis gebunden M. 10.—

***Ölfeuerung der Lokomotiven** unter besonderer Berücksichtigung der Versuche mit Teerölzusatzfeuerung bei den preußischen Staatsbahnen. Nach einem im Verein Deutscher Maschinen-Ingenieure zu Berlin gehaltenen Vortrage. Von Regierungsbaumeister **L. Sussmann**. Mit 41 Textabbildungen. Preis M. 3.—

Benzin, Benzinersatzstoffe und Mineralschmiermittel, ihre Untersuchung, Beurteilung und Verwendung. Von Dr. **J. Formánek**, Professor an der böhmischen technischen Hochschule in Prag. Mit 18 Textabbildungen. Preis M. 12.—

Die Treibmittel der Kraftfahrzeuge. Von **Ed. Donath** und **A. Gröger**, Professoren an der Deutschen Technischen Franz Joseph-Hochschule in Brünn. Mit 7 Textabbildungen. Preis M. 6.80

***Wissenschaftliche Grundlagen der Erdölbearbeitung**. Von Dr. **L. Gurwitsch**, Laboratoriumschef bei der Verwaltung der Naphtaproduktionsgesellschaft Gebr. Nobel in St. Petersburg. Mit 12 Textabbildungen und 4 Tafeln. Preis M. 9.—, gebunden M. 10.—

Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette sowie der ihnen verwandten Stoffe. Von Professor Dr. **D. Holde**, Geheimer Regierungsrat, Dozent an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage, bearbeitet unter Mitwirkung von Dr. **G. Meyerheim**, Assistent am Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde. Mit 136 Abbildungen. Preis gebunden M. 36.—

***Taschenbuch für die Mineralöl-Industrie**. Von Dr. **S. Aisinmann**. Mit 50 Textabbildungen. Preis gebunden M. 7.—

Technische Thermodynamik. Von Prof. Dipl.-Ing. **W. Schüle**.

***Erster Band: Die für den Maschinenbau wichtigsten Lehren nebst technischen Anwendungen**. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 214 Textabbildungen und 7 Tafeln. Preis gebunden M. 16.—

***Zweiter Band: Höhere Thermodynamik mit Einschluß der chemischen Zustandsänderungen, nebst ausgewählten Abschnitten aus dem Gesamtgebiet der technischen Anwendungen**. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 155 Textabbildungen und 3 Tafeln. Preis gebunden M. 10.—

***Leitfaden der technischen Wärmemechanik**. Kurzes Lehrbuch der Mechanik der Gase und Dämpfe und der mechanischen Wärmelehre von Prof. Dipl.-Ing. **W. Schüle**. Mit 91 Textabbildungen u. 3 Tafeln. Preis geb. M. 6.—

***Technische Wärmelehre der Gase und Dämpfe**. Eine Einführung für Ingenieure und Studierende von **Franz Seufert**, Ingenieur und Oberlehrer an der höheren Maschinenbauschule in Stettin. Mit 25 Abbildungen und 5 Zahlentafeln. Preis gebunden M. 2.80

***Die Messung hoher Temperaturen.** Von G. K. Burgess, Bureau of Standards und H. Le Chateller, Membre de l'Istitut. Nach der dritten amerikanischen Auflage übersetzt und mit Ergänzungen versehen von Professor Dr. G. Leithäuser, Dozent an der technischen Hochschule in Hannover. Mit 178 Textfiguren. Preis M. 15.—, in Leinwand gebunden M. 16.—

Schiffs-Ölmaschinen. Ein Handbuch zur Einführung in die Praxis des Schiffs-Ölmaschinenbetriebes von Dr.-Ing. Wm. Scholz, Oberingenieur der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg. Zweite, verbesserte und erheblich vermehrte Auflage. Mit über 100 Textabbildungen. Unter der Presse.

Ölmaschinen, ihre theoretischen Grundlagen und deren Anwendung auf den Betrieb unter besonderer Berücksichtigung von Schiffsbetrieben. Von Max Wilhelm Gerhards, Marine-Oberingenieur. Mit 65 Textabbildungen. Preis gebunden M. 9.—

***Ölmaschinen.** Wissenschaftliche und praktische Grundlagen für Bau und Betrieb der Verbrennungsmaschinen von Dr. St. Löffler, Professor, Privatdozent, und Dr. A. Riedler, Professor, beide an der Technischen Hochschule zu Berlin. Mit 288 Textabbildungen. Preis gebunden M. 16.—

Der Bau des Dieselmotors. Von Ing. Kamillo Körner, o. ö. Professor an der deutschen Technischen Hochschule in Prag. Mit 500 Textabbildungen. Preis gebunden M. 30.—

***Bau und Berechnung der Verbrennungskraftmaschinen.** Eine Einführung von Franz Seufert, Ingenieur und Oberlehrer an der höheren Maschinenbauschule in Stettin. Mit 90 Textabbildungen und 4 Tafeln. Preis gebunden M. 5.60

***Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen und Kraftgas-Anlagen.** Von Hugo Güldner, Maschinenbaudirektor, Vorstand der Güldner-Motoren-Gesellschaft in Aschaffenburg. Dritte, neu bearbeitete und bedeutend erweiterte Auflage. Mit 1282 Textabbildungen, 35 Konstruktionstafeln und 200 Zahlentafeln. Preis gebunden M. 32.—

***Die Steuerungen der Verbrennungskraftmaschinen.** Von Dr.-Ing. Julius Magg, Privatdozent an der Technischen Hochschule in Graz. Mit 448 Textabbildungen. Preis gebunden M. 16.—

***Die neuere Entwicklung im Schiffsmaschinenbau.** Von Ingenieur W. Kaemmerer, Berlin. Mit 148 Textabbildungen. Preis M. 3.—

Die flüssigen Brennstoffe, ihre Gewinnung, Eigenschaften und Untersuchung. Von Chemiker Dr. **L. Schmitz**. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 56 Textabbildungen. Preis gebunden M. 10.—

***Ölfeuerung der Lokomotiven** unter besonderer Berücksichtigung der Versuche mit Teerölzusatzfeuerung bei den preußischen Staatsbahnen. Nach einem im Verein Deutscher Maschinen-Ingenieure zu Berlin gehaltenen Vortrage. Von Regierungsbaumeister **L. Sussmann**. Mit 41 Textabbildungen. Preis M. 3.—

Benzin, Benzinersatzstoffe und Mineralschmiermittel, ihre Untersuchung, Beurteilung und Verwendung. Von Dr. **J. Formánek**, Professor an der böhmischen technischen Hochschule in Prag. Mit 18 Textabbildungen. Preis M. 12.—

Die Treibmittel der Kraftfahrzeuge. Von **Ed. Donath** und **A. Gröger**, Professoren an der Deutschen Technischen Franz Joseph-Hochschule in Brünn. Mit 7 Textabbildungen. Preis M. 6.80

***Wissenschaftliche Grundlagen der Erdölbearbeitung**. Von Dr. **L. Gurwitsch**, Laboratoriumschef bei der Verwaltung der Naphtaproduktionsgesellschaft Gebr. Nobel in St. Petersburg. Mit 12 Textabbildungen und 4 Tafeln. Preis M. 9.—, gebunden M. 10.—

Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette sowie der ihnen verwandten Stoffe. Von Professor Dr. **D. Holde**, Geheimer Regierungsrat, Dozent an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage, bearbeitet unter Mitwirkung von Dr. **G. Meyerheim**, Assistent am Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde. Mit 136 Abbildungen. Preis gebunden M. 36.—

***Taschenbuch für die Mineralöl-Industrie**. Von Dr. **S. Aisinmann**. Mit 50 Textabbildungen. Preis gebunden M. 7.—

Technische Thermodynamik. Von Prof. Dipl.-Ing. **W. Schüle**.

***Erster Band**: Die für den Maschinenbau wichtigsten Lehren nebst technischen Anwendungen. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 214 Textabbildungen und 7 Tafeln. Preis gebunden M. 16.—

***Zweiter Band**: Höhere Thermodynamik mit Einschluß der chemischen Zustandsänderungen, nebst ausgewählten Abschnitten aus dem Gesamtgebiet der technischen Anwendungen. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 155 Textabbildungen und 3 Tafeln. Preis gebunden M. 10.—

***Leitfaden der technischen Wärmemechanik**. Kurzes Lehrbuch der Mechanik der Gase und Dämpfe und der mechanischen Wärmelehre von Prof. Dipl.-Ing. **W. Schüle**. Mit 91 Textabbildungen u. 3 Tafeln. Preis geb. M. 6.—

***Technische Wärmelehre der Gase und Dämpfe**. Eine Einführung für Ingenieure und Studierende von **Franz Seufert**, Ingenieur und Oberlehrer an der höheren Maschinenbauschule in Stettin. Mit 25 Abbildungen und 5 Zahlentafeln. Preis gebunden M. 2.80
