

Zeitschrift für angewandte Chemie

und

Zentralblatt für technische Chemie.

XXV. Jahrgang.

Heft 40.

4. Oktober 1912.

Neuere Fortschritte und Erfahrungen in der technischen Verwendung der Teerprodukte für Heiz-, Kraft- und Lichtzwecke¹⁾.

Von Dr. ALEXANDER DAHM, Essen-Ruhr.

(Eingeg. 17. 6. 1912.)

M. H! Unter den vielen Verwendungsgebieten, die der Steinkohlenteer im allgemeinen und besonders die daraus durch Destillation gewonnenen Öle und festen Körper haben, hat sich seit einiger Zeit mehr und mehr dasjenige Gebiet ausgebildet, welches darauf hinausgeht, die den organischen Verbindungen innewohnende Energie in Arbeit umzusetzen.

Das Bedürfnis, einerseits die in der Kohle enthaltenen Schätze besser auszunutzen, als es früher durch einfache Verbrennung geschah, die Notwendigkeit andererseits, für die jährlich in großen Mengen produzierten Teere geeignete Absatzgebiete zu schaffen, sind die Veranlassung gewesen, die zur Erschließung dieser neuen Gebiete geführt haben.

Wenn man die Mengen Teeröl vergleicht, welche in den letzten zwei Jahren für Kraftzwecke umgesetzt worden sind, und welche 1910: 29 000 t für Heizzwecke und 400 t für Treibzwecke, im Jahre darauf bereits 45 000 t für Heiz- und 4000 t für Treibzwecke betragen, so wird man ersehen, welche Entwicklung dieses Verwendungsgebiet in den letzten Jahren erfahren hat. Es ist dies eine Entwicklung, die noch lange nicht als abgeschlossen betrachtet werden kann, da von den in Deutschland hergestellten 1 380 000 t Teer jährlich vielleicht 1 200 000 t destilliert werden, und von dieser Menge erst ein Bruchteil der daraus hergestellten Öle in wirtschaftlich nutzbringender Weise umgesetzt wird.

Die Ursache, weshalb die Verwendung des Steinkohlenteeröls so schnell als Heiz- und Treibmittel in die Technik Eingang gefunden hat, ist in einer Reihe von glücklichen Umständen zu suchen, welche in der physikalischen und chemischen Natur dieses Öles begründet sind.

Möglichst vollständige Umwandlung der dem Brennstoff innewohnenden Energie in Kraft, wirtschaftlicher und einfacher Betrieb, Rauchlosigkeit der Verbrennung, Unabhängigkeit in Kriegszeiten von anderen Staaten im Bezug des Brennstoffes, das sind diejenigen Bedingungen, welche man allgemein an einen guten Brennstoff stellen muß und die durch Mineralöle, insbesondere aber durch das in Deutschland selbst in großen Mengen gewonnene Steinkohlenteeröl erfüllt werden.

Die Eigenschaften, die das Steinkohlenteeröl

für Heizzwecke besonders geeignet gemacht haben, sind in kurzen Worten: hoher Heizwert, der über 8900 Calorien beträgt, vollständige Verbrennung bei genügender Luftzufuhr, geringer Aschen- und Schwefelgehalt, einfache Bedienung, Verladung und Transport, sichere Aufspeicherung und Verausgabung an die Maschinen und endlich Verminderung der Inanspruchnahme der körperlichen Menschenkraft.

Trotz aller dieser auf der Hand liegenden Vorteile hat es aber auch bei der Einführung des Steinkohlenteeröls als Heiz- und Treibmittel mancherlei Erfahrungen bedurft, ehe an eine rationelle Verwertung desselben in der Praxis gedacht werden konnte. Gegenwärtig ist der Stand der Sache so, daß in weiten Kreisen, wie man allein aus der großen Menge der Veröffentlichungen über Ölfeuerung in den letzten Jahren sehen kann, dieser modernen Energiequelle reges Interesse entgegengebracht wird.

Die folgenden Ausführungen sollen zeigen, welche Form die Maschinen, die Teeröl als Heiz- und Treibmittel benutzen, im Laufe der Zeit angenommen haben.

Die erste und wichtigste Frage, welche an die Maschinenfabriken herantrat, war die Konstruktion geeigneter Brenner für die Benutzung des Teeröls. In den letzten Jahrzehnten waren in all den Ländern, in denen reiche Erdölläger vorhanden waren, wie Amerika, Rußland und Österreich-Ungarn, bereits Brenner für Erdölfeuerung konstruiert und mit Erfolg in der Praxis angewandt worden. In Deutschland selbst sind bei dem geringen Vorkommen von Erdölen, die für eine Versorgung des heimischen Marktes mit Öl für Beleuchtungszwecke nicht genügen, wenige Versuche mit Düsen gemacht worden, diejenigen aber, die damit gearbeitet hatten, vermieden jede Veröffentlichung ihrer Ergebnisse. Es kam hinzu, daß eine Anwendung der Brenner für Erdölfeuerung auf Steinkohlenteeröl nicht ohne weiteres möglich war wegen der physikalischen und chemischen Unterschiede der beiden Ölsorten.

Der erste Brenner, der von der Firma Gebr. Körting A.-G., Hannover-Körtingsdorf für Teerölfeuerung konstruiert und in den Handel gebracht wurde, ist der wohl allgemein bekannte Druckluft- oder Zentrifugalzersetzer. So gut er sich in der Praxis für große Kesselanlagen, wie z. B. bei Torpedobootskesseln bewährt hat, so ist er doch durch die Notwendigkeit der Anbringung einer Druckpumpe und sonstiger Armaturen für kleinere Anlagen zu teuer. Infolgedessen konstruierte man später neue Brenner, die mit Hilfe eines Zerstäubungsmittels arbeiten und so eingerichtet sind, daß sie sowohl für Luft als auch für trockenen Wasserdampf zu gebrauchen sind. Ihre Zahl ist heute so groß, daß ich Ihnen bei der Kürze

¹⁾ Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung zu Freiburg i. B. am 31. Mai 1912 (vgl. S. 1184).

der Zeit unmöglich alle Typen vorführen kann. Ich beschränke mich daher darauf, Ihnen die folgenden 3 Lichtbilder von Zerstäubern zu zeigen, welche sich für verschiedene Zwecke besonders gut bewährt haben.

Bild I stellt einen alten Körting'schen Zentrifugal- oder Druckzerstäuber dar.

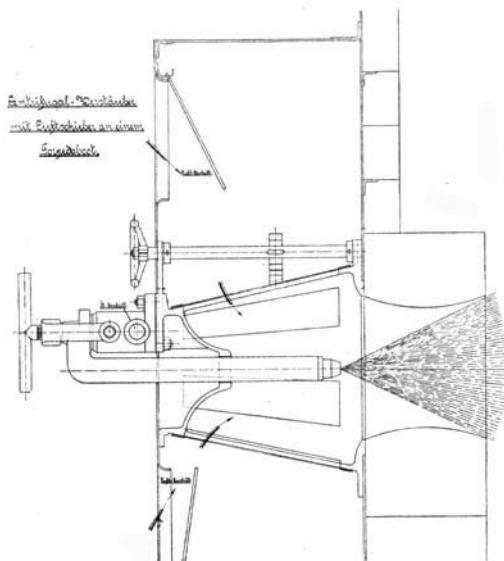


Fig. 1.

Bild II einen Zerstäuber von der Gewerkschaft König Ludwig, Recklinghausen-Süd, der für Öl- und Naphthalinverbrennungen bei Destillationsöfen, wie z. B. Flammrohrkessel, Teerblasen und Öfen, welche eine lange Flamme benötigen, benutzt wird.

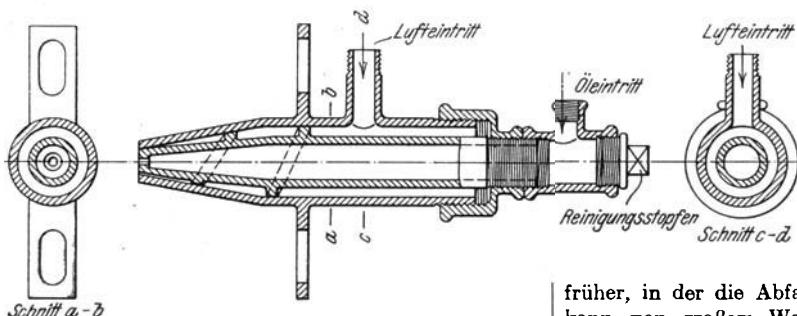


Fig. 2. Düse König Ludwig.

Bild III stellt einen Lohner'schen Brenner für Gebläseluft dar, welcher an einem Tiegelschmelzofen angebracht ist. Die Luft dient zur Zerstäubung des Öles, das von oben tropfenweise in eine kleine Schale fließt. Der Brenner wird hauptsächlich bei metallurgischen Öfen benutzt.

Die mannigfachsten Typen von Brennern werden heute auf Grund der erwähnten Vorteile in den verschiedensten Zweigen der Industrie benutzt. Wir sehen sie eingeführt bei der Befeuerung von Dampfkesseln, bei metallurgischen Öfen im weitesten Sinne des Wortes und last not least in der

chemischen Industrie mit ihren meist speziellen Zwecken dienenden Ofenformen.

Die ersten mit der Befeuerung von Dampfkesseln vorgenommenen Versuche hatten in einwandfreier Weise die Überlegenheit des Steinkohleterrols gegenüber der Kohlenfeuerung bewiesen. Während man mit 1 kg Kohle im Durchschnitt 6,5 kg Wasser in Dampf überführen konnte, gelang es, mit 1 kg Öl 11,4 kg Dampf und gegenwärtig durch Verwendung besserer Brenner sogar 13 kg Dampf zu erzeugen. Zum Zerstäuben von 1 kg Öl braucht man im allgemeinen 0,25 cbm Dampf bzw. Luft, so daß sich der Nutzeffekt der wirklich in Arbeit umgesetzten Menge Brennstoff bei Öl auf über 82 bzw. 90% stellt, während man bei Kohle nur mit einer Höchstleistung von 72—73% rechnen konnte.

Bei einem Preise von 20 M für 1 t Kohle und einem Durchschnittspreis von etwa 45 M für dieselbe Menge Öl, bedeutet die Steinkohleterrolfuhrung bei Dampfkesseln unter gewissen Bedingungen eine Ersparnis an Betriebskosten, wenn man noch dazu die einfache Bedienung der Kessel, die Verringerung des Brennstoffes- und Schlackenlagers, den einfacheren Transport des Brennstoffs und die Vermeidung jeglicher Rußplage in Betracht zieht.

Trotz dieser Vorteile werden heute nur wenige Dampfkessel mit Teeröl befeuert. Zu diesen wenigen gehört zunächst ein Teil der Schiffskessel der Kaiserlichen Marine. Die Erwägung, die Maschine in möglichst kurzer Zeit auf die Höhe ihrer Leistungsfähigkeit zu bringen, verbunden mit der schnellen Beschickung von Booten mit Öl und der Raumersparnis bei dessen Lagerung, haben die Kaiserliche Marine veranlaßt, die Teerölfeuerung an einem großen Teil ihrer Torpedoboote einzuführen.

Nach Versuchen, welche von Herrn Regierungsbaumeister Sußmann, Limburg, mit Teerölfeuerung vorgenommen wurden, gelingt es,

einen Kessel in einem Drittel der Zeit, die bei Kohlenfeuerung erforderlich ist, unter vollen Dampf zu bringen. Dies bedeutet einen großen Fortschritt für die Kriegsbereitschaft unserer Marine, wenn man bedenkt, daß jede Minute

früher, in der die Abfahrt eines Schiffes erfolgen kann, von großem Wert für den Ausgang einer Schlacht sein kann.

Es sind noch Versuche angestellt worden die Steinkohleterrolfuhrung auf der Eisenbahn einzuführen; sie haben auch in gewissen Fällen die Rentabilität dieser Verbrennungsart bewiesen. Eingeführt für bewegliche Maschinen, wie für Lokomotiven, ist sie bis heute in Deutschland, abgesehen von einigen Versuchsstrecken, noch nicht. Es besteht aber Aussicht, daß in absehbarer Zeit dem Beispiele anderer Staaten, insbesondere Österreichs, gefolgt wird, um in gebirgigen Gegenden die Lokomotiven mit Zusatzfeuerung von Steinkohleteröl einzurichten, um so die Belästigung durch den Rauch bei der Durchfahrt größerer Tun-

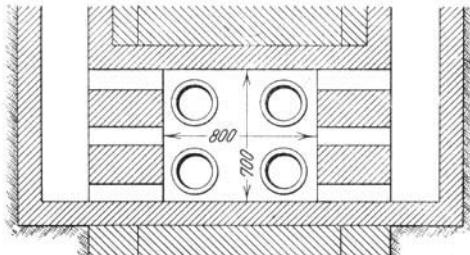
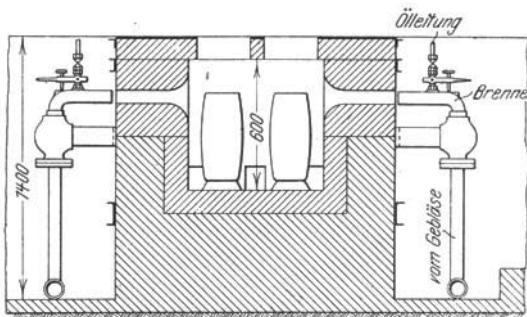
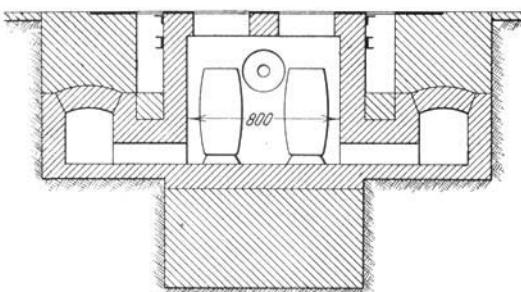


Fig. 3. Tiegelofen mit Lochnerscher Düse.

nels zu beseitigen. Bis zu der Zeit, in der unsere Natur nicht mehr durch Rauchbildung weder durch ortsfeste, noch durch bewegliche Maschinen ver- düstert wird, wird allerdings noch manches Jahr vergehen; daß sie aber nicht ausgeschlossen ist, dafür spricht die Entwicklung unserer ganzen modernen Industrie.

Derjenige Zweig der Industrie, in der heute wohl am meisten mit Teeröl gefeuert wird, ist die Metallurgie. Von dem Augenblick an, wo das Eisen den Hochofen verläßt, bis zu dem Zeitpunkte, in dem es als fertige Ware in den verschiedensten Formen in den Handel kommt, wird es durch Erhitzen bearbeitet, und in den meisten Öfen, die es auf seinem Wege passiert, kann es in einfacher und wirtschaftlicher Weise durch Teerölfeuerung bearbeitet werden.

Aus der großen Zahl der Öfen, welche heute bereits mit Teeröl befeuert werden, wie Schmiede, Glüh-, Härte-, Salzbad-, Tauchlöt-, Raffinier-, Schmelz- u. Tiegel- schmelzöfen, Glashafen und Glaswannen will ich Ihnen drei Beispiele an

Hand drei Lichtbilder hier vorführen, welche besonders anschaulich den Wert der Teerölfeuerung für die

Groß- und Kleinindustrie zeigen, und die einer Abhandlung des Herrn Oberingenieur Hauserfelder²⁾ entnommen sind.

Als erstes Beispiel möchte ich Ihnen einen größeren metallurgischen Ofen, einen Schweißofen Fig. 4, vorführen, der dazu dient, Radscheiben, welche die erste Presse bereits verlassen haben, für die weitere Bearbeitung in der zweiten Presse auf Schweißhitze zu bringen. Der Ofen wurde früher mit Generatorgas betrieben. Die jährlichen Betriebskosten stellten sich auf 28 200 M, wobei für die täglichen Ausgaben die folgenden Zahlen als Unterlagen benutzt wurden:

	M
Amortisation 1% pro Tag	30,—
Kohlenverbrauch 5000 kg zu 12 M pro Tonne	60,—
Bedienungsarbeiter	4,—
Summa	94,—

Der Ofen erwärmt in 10 Stunden 25 000 kg Eisen von 800° auf 1450°. Bei einem Vergleichsofen mit Ölfeuerung, der von der Firma Ernst Lochner, Jena, für Ölfeuerung gebaut wurde, stellten sich die täglichen Kosten auf 57,50 M, und zwar wie folgt:

2) Stahl u. Eisen. 32. Nr. 19.

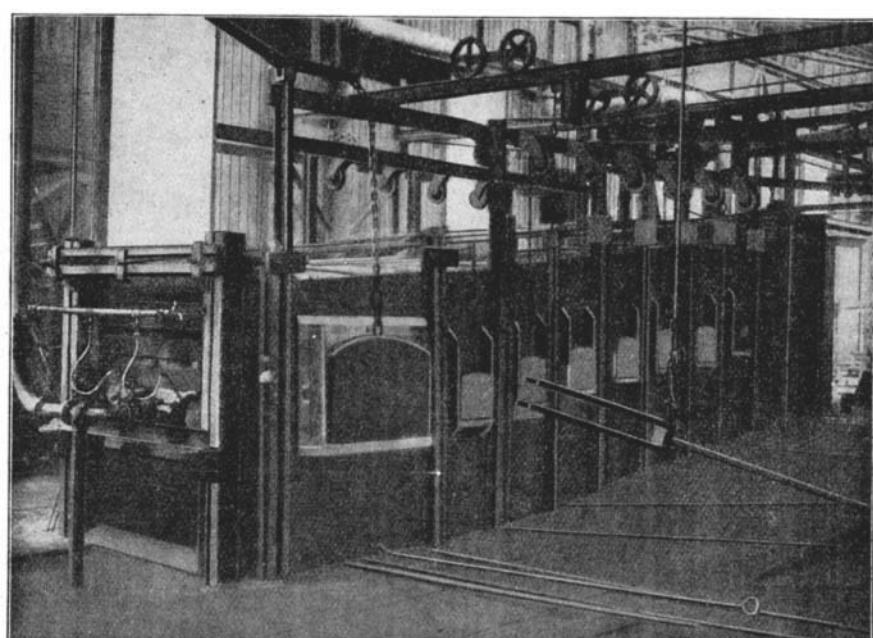


Fig. 4.

	M
Amortisation 15%	6,—
Ölverbrauch 1200 kg zu 4,25 M	51,—
Bedienung: Füllen des Tagesbehälters, Inbetriebsetzung, wozu eine halbe Stunde erforderlich ist	0,50.
Summa	57,50

Der so befeuerte Ofen erwärmte in derselben Zeit 39 000 kg Eisen auf dieselbe Temperatur wie

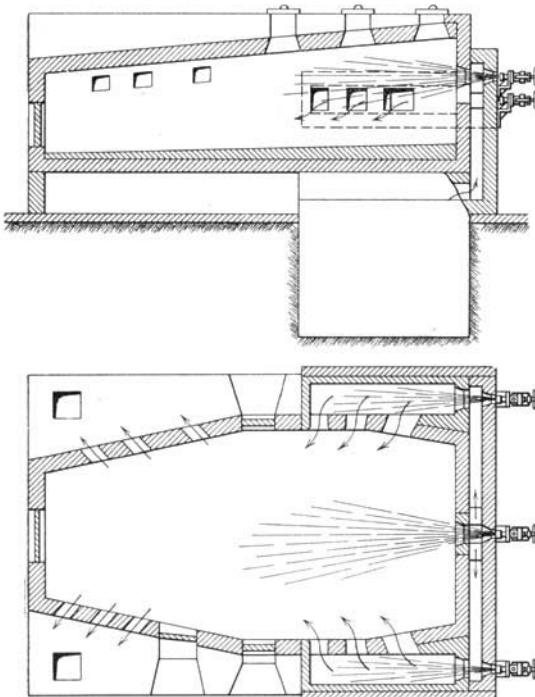


Fig. 5. Kupferschmelzofen.

der oben erwähnte. Rechnen wir die beiden Zahlenanlagen auf 1000 kg Eisen um, so ergibt sich die Tatsache, daß das Erhitzen von 1000 kg Eisen von 800 auf 1450° bei der alten Feuerungsweise 3,76 M, bei der Ölfeuerung jedoch nur 1,48 M kostet.

Dieselben günstigen Ergebnisse zeigt auch ein Tiegelofen Fig. 3, der für die Gießerei von Flußeisen benutzt wird. Der Ofen mit der alten Feuerungsweise besaß vier Tiegel, die 160 kg Eisen fassen konnten. Um diese 160 kg Eisen zu schmelzen, benötigte der Ofen etwa 280 kg Koks, die bei einem Preise von 3 M pro 100 kg einen Verbrauch von 8,40 M an Schmelzkosten darstellten. Ein zweiter Ofen mit Ölfeuerung, der in demselben Betriebe aufgestellt wurde, faßt vier Tiegel à 75 kg und erfordert, um diese zu schmelzen, 120 kg Öl. Dies ergibt bei einem Preise von 4,50 M für je 100 kg Öl 5,40 M an Schmelzkosten. Rechnen wir diese beiden Zahlenangaben wieder auf 1000 kg Eisen um, so sehen wir, daß bei dem alten Ofen das Schmelzen 5,25 M, bei dem neuen dagegen nur mit 1,93 M kostete.

Das dritte Beispiel bezieht sich auf einen Glasfenofen, welcher früher mit Generatorgas befeuert wurde. Die Kosten stellten sich bei diesem Ofen wie folgt:

	M
Anlagekosten für einen Ofen mit Generator	45 000
Amortisation und Verzinsung der Anlage	10%
Kohlenverbrauch für 1 kg geschmolzenes Glas 1,40 kg, d. i. im Jahre 1386 t Kohle à 15 M (für 990 000 kg geschmolzenes Glas)	20 790
Bedienung: 3 Mann in 24 Stdn. 10,80 M, d. i. im Jahre	3 240
Ausgaben für Roststäbe, Handwerkszeug usw.	670
Reparatur an Gewölben, Mauerwerk, Generator, Gaskanälen usw.	3 500
Summa	32 700

	M
anlagekosten infolge Fortfall des Generators	20 000
Teerölbekälter, Rohrleitungen, Düsen und Zubehör	2 000
Summa	22 000

	M
Amortisation und Verzinsung der Anlage	10%
Teerölvverbrauch 0,5 kg für 1 kg geschmolzenes Glas, d. i. im Jahre 450 t Teeröl . . .	19 125
Bedienung: 2 Mann in 24 Stdn. à 3,80 M	2 280
Ausgaben für Roststäbe, Handwerkszeug usw.	00 000
Reparatur an Gewölben, Mauerwerk usw. im Jahre	1 800
Summa	25 405

d. i. für 100 kg geschmolzenes Glas 0,73 M Ersparnis durch Teerölfeuerung.

Abgesehen von diesen an und für sich schon großen wirtschaftlichen Vorteilen für unsere Industrie kommt aber auch bei der Ölfeuerung noch eine Reihe mehr ideeller Vorteile in Betracht, welche bisher noch wenig hervorgehoben sind.

Die Entwicklung der Chemie und der damit aufs engste verbundenen Metallurgie der letzten Jahre zeigt, daß wir es heutzutage mehr und mehr bei den meisten chemischen und metallurgischen Prozessen mit Gleichgewichtszuständen zu tun haben, d. h. mit Umsetzungen, die in hohem Maße von Temperatur und Druck abhängig und in ihrer Reaktion nichts anderes als Funktionen dieser beiden Faktoren sind. Wir wissen z. B. heute bereits, daß nicht allein Eisen je nach der Temperatur, auf die es erhitzt wird, in verschiedenen Modifikationen existiert, sondern daß auch die Verhältnisse, die zwischen Eisen einerseits und zwischen Kohlenstoff andererseits bestehen, sehr stark von der Temperatur, dem jeweilig herrschenden Druck und von der Zusammensetzung der Gase abhängig sind.

Die Art der chemischen Zusammensetzung ist nun weiterhin die Ursache für das physikalische Verhalten der verschiedenen Eisensorten, Elastizität, Festigkeit usw. Die Ölfeuerung ist dabei aus den folgenden Gründen bei allen metallurgischen Prozessen als ideal zu bezeichnen. Zunächst gelingt es mit ihr, durch genaue Regulierung der Luft- und Ölzufluhr eine und dieselbe Temperatur auf längere Zeit hinaus festzuhalten und so einen Zustand,

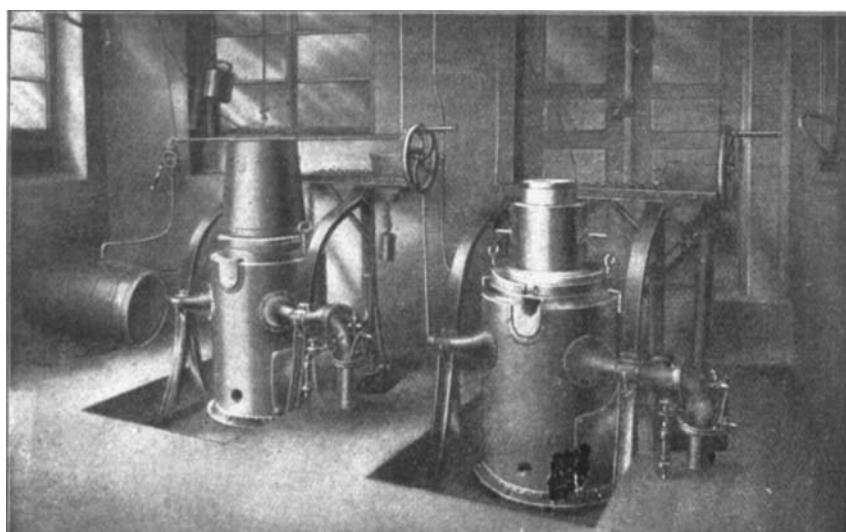


Fig. 6. Metall-schmelzofen.

welcher für das betreffende Temperaturintervall charakteristisch ist, festzulegen. Es gelingt aber auch weiterhin, je nach Bedarf, die Zusammensetzung der Gase zu variieren.

Will man bei einer Schmelze ein oxydreiches Material erhalten, so arbeitet man mit einem Überschuß von Luft, will man dagegen einen reduzierenden Prozeß vornehmen, so läßt man das Öl gerade so verbrennen, daß die entstehenden Gase in der Hauptsache aus Kohlenoxyd bestehen und so reduzierend auf das zu schmelzende Material wirken.

Diese allgemeinen Ableitungen sind durch verschiedene Tatsachen, die sich bei Benutzung der Ölfeuerung herausgestellt haben, bewiesen worden. Eine Schmelze von Kupfer, Fig. 5, die mit Ölfeuerung vorgenommen wird, liefert ein bedeutend reineres Material als es früher der Fall war. Da bei der Schmelze durch Regulierung der Luftzufuhr zunächst jegliche Oxydation vermieden werden

konnte, so entstand ein oxydfreies Material. Die schädliche Einwirkung von Schwefel, welche früher ebenfalls bei Kupfer beobachtet worden war, fiel fast ganz fort, da das Steinkohle-teeröl einen geringen Prozentsatz an Schwefel, etwa 0,5%, aufweist. Weiterhin hat sich auch gezeigt, daß die Metallgießerei, Fig. 6, 7, 8, 9, und das ist wohl der Hauptbeweis für die obigen Ausführungen, mit Ölfeuerung heutzutage jeden beliebigen Guß herstellen kann. Die lästige Schlackenbildung und der Abbrand können teilweise oder ganz vermieden werden, und das gelingt nur, weil heute durch Ölfeuerung die beste Möglichkeit gegeben ist, die für jeden Prozeß günstigsten Bedingungen, die Temperatur und Zusammensetzung

der Verbrennungsgase eindeutig festzulegen.

Hiermit eröffnet sich aber auch mancher weitere Ausblick für die Erschließung neuer Gebiete in der Anwendbarkeit der Ölfeuerung. Ich denke dabei hauptsächlich an die anorganische und organische Großindustrie, welche mehr und mehr im Laufe der Zeit dazu übergehen wird, eine weitere Verfeinerung in der Art der chemischen Prozesse vorzunehmen, um dafür mit günstigerer

Ausbeute der verschiedenen Produkte rechnen zu können.

Destillationsprozesse mit Dampf, mit Über- oder Unterdruck, Schmelz- und Trockenanlagen, sie alle können in einfacher Art und Weise wie es bei den Farbwerken vorm. Meister Lucius & Brüning, Höchst a. M., Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co., Elberfeld, Chemische Fabrik Goldschmieden H. Bergius & Co., G. Goldschmieden b. Deutsch-Lissa in Schl. und I. D. Riedel A.-G., Berlin N. 39 bereits der Fall ist, mit Teeröl befeuert werden, und jederzeit liegt es bei wirtschaftlicher, schneller und einfacher Bedienung der Heizanlage in der Hand, die für den speziellen Zweck günstigste Temperatur herzustellen.

Hiermit möchte ich das Gebiet der Ölfeuerung verlassen und zu dem zweiten Abschnitt meines Vortrages, welcher die Verwendung von Steinkohlenteeröl als Treibmittel behandelt, übergehen.

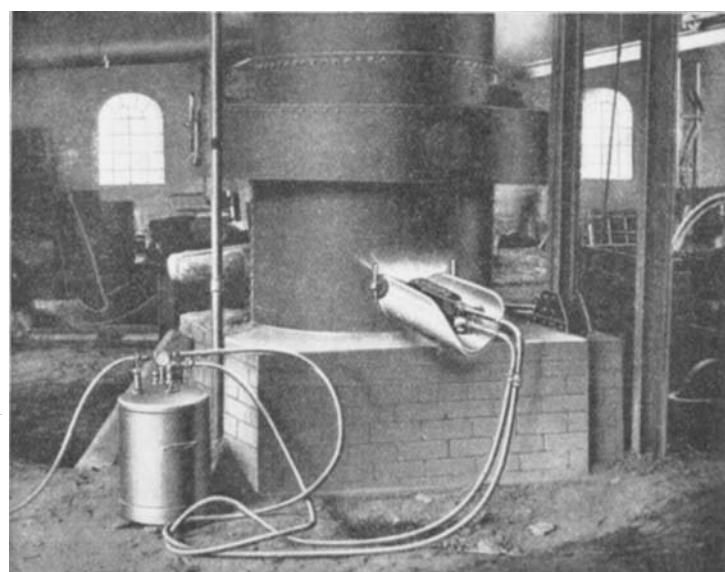


Fig. 7. Muffelfeuer zum Anheizen eines Kupolofens.

Wie Ihnen, m. H., bekannt ist, ist auf Grund eingehender wissenschaftlicher Untersuchungen, welche sich mit der Frage beschäftigen, „wie viel äußere Arbeit vermag die Verbrennung eines jeweils benötigten Brennstoffes bestenfalls zu liefern“, dahin entschieden worden, daß von allen gegen-

brannten Gase abgeführt werden, sollen möglichst klein gestaltet werden.

Durch die leichte Entzündlichkeit aller organischen Verbindungen bei höherer Temperatur waren der Ausführung dieser Theorie gewisse Grenzen gesetzt, bis Diesel das Problem dadurch löste, daß

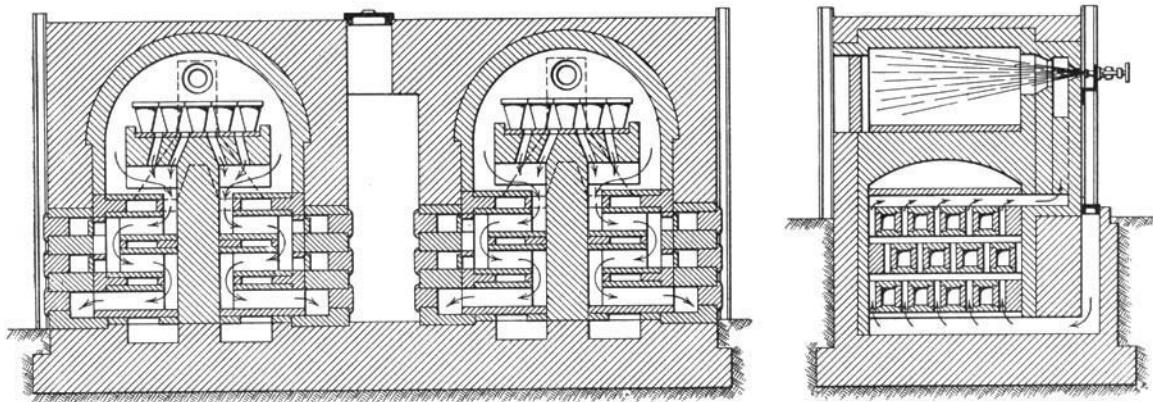


Fig. 8. Tiegelofen zum Schmelzen von Wolfram.

wärtig in Gebrauch stehenden Motoren der nach seinem Erfinder Diesel genannte Dieselmotor der Lösung dieser Aufgabe am nächsten kommt. Das Prinzip aller Gasmaschinen, zu denen auch der Dieselmotor gehört, beruht darauf, möglichst viel Gas vor der Zündung auf ein möglichst kleines

er im Gegensatz zu allen früheren Motoren die Luft für sich komprimierte und den Brennstoff erst dann in die Zündkammer brachte, wenn die Luft einen Druck von etwa 35 Atm. erreicht hatte, wobei ihre Temperatur auf über 500° gestiegen war. Dies hatte, abgesehen von der erhöhten Leistungsfähig-

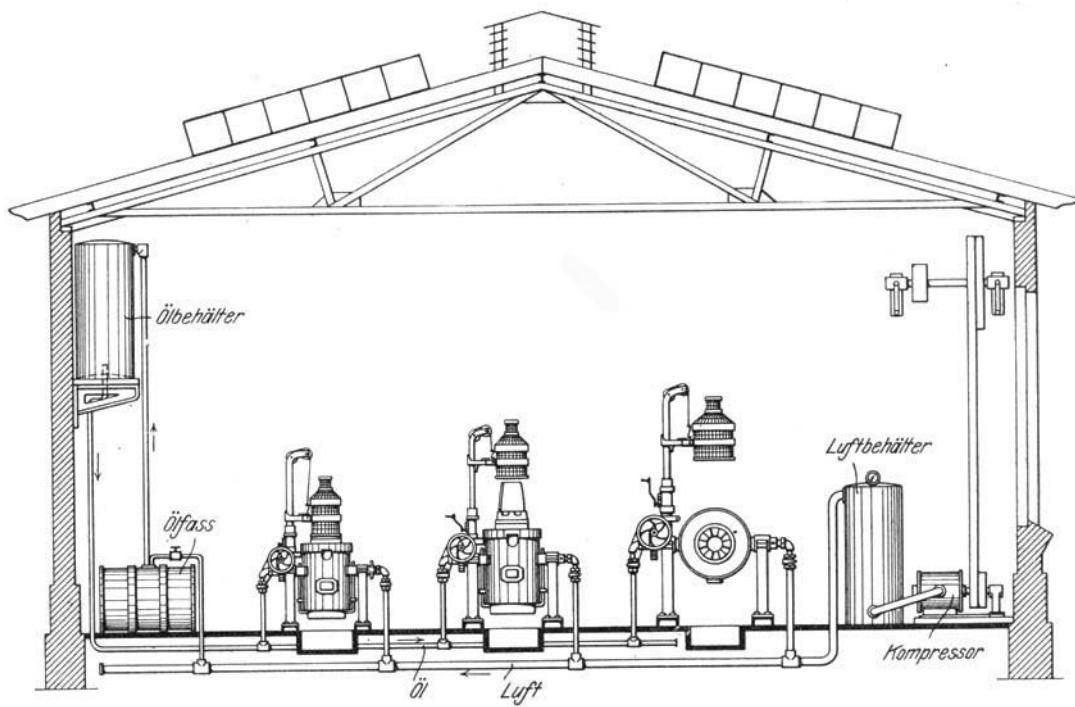


Fig. 9. Schmelzofenanlage.

Volumen zu komprimieren, um auf diese Weise nicht nur eine möglichst schnelle Fortpflanzung der Zündung, sondern auch einen geringen Verlust von Wärme an die Umgebung zu erreichen; in anderen Worten: die Differenz der Energien, die in Arbeit umgesetzt werden, und die durch die ver-

keit der Maschine, den Vorteil, daß im Gegensatz zu den Explosionsmotoren sich die Verbrennung langsam durch den Raum fortpflanzte und durch Regulierung der Menge zugeführten Öles ein Weg gegeben war, die Leistungsfähigkeit der Maschine innerhalb gewisser Grenzen regulieren zu können.

Der Gedanke, Steinkohlenteeröl dabei als Treibmittel zu benutzen, ist wohl ebenso alt, wie der Dieselmotor selbst, gelangte aber nicht zur Einführung in die Praxis, da die Zollermäßigung auf ausländisches Gasöl im Jahre 1908 und verschiedene Fehlschläge, die teils durch die wechselnde Beschaffenheit des Teeröles, teils durch die Unkenntnis von dessen Eigenschaften veranlaßt wurden, weitere Versuche nutzlos erscheinen ließen.

Erst durch die Arbeiten Rieppels³⁾ über die Entzündbarkeit der verschiedenen organischen Körperklassen wurde die allgemeine Aufmerksamkeit wieder auf das Teeröl gelenkt. Diese Arbeiten hatten den einwandfreien Nachweis erbracht, daß an und für sich alle organischen Verbindungen bei höherem Druck sich selbst entzünden, die aromatischen Körper dieser Entzündung aber größere Schwierigkeiten entgegensezten als die aliphatischen, wie sie in den Erdölen enthalten sind. Hiermit war die Ursache der früheren Fehlschläge festgestellt, und es handelte sich darum, Mittel und Wege zu finden, um entweder die Entzündungstemperatur des Teeröls durch Zusatz anderer Öle herabzudrücken oder die Temperatur in der komprimierten Luft durch Vermeidung von Wärmeverlusten bis zum Entzündungspunkt des Teeröles zu erhöhen.

Diese Probleme finden ihre Lösung in drei verschiedenen Arten von Dieselmotoren, deren Prinzip kurz das folgende ist.

Der erste Motor mit Teeröl als Treibmittel, der im Jahre 1905 von Gebr. Sulzer in Ludwigshafen auf den Markt gebracht wurde, stimmte im Prinzip mit den früheren Erdölmotoren überein. An Stelle einer Brennstoffpumpe waren zwei vorhanden, von denen die eine zur Zufuhr des Gasöles, die andere zur Zufuhr des Teeröles diente. Beide mündeten mit ihrem Ausflußrohr in den Raum, in dem sich die komprimierte Zerstäubungsluft befand, und zwar vor der Zerstäubungsplatte. Bei Zurücktreten des Zündnadelstiftes wurde durch den Übertritt der Druckluft ein inniges Gemisch beider Treibmittel in die Zündkammer gepreßt. Je nach der Belastung stellte man die Erdöl- bzw. Teerölfuhr ab.

So einfach die Frage der Entzündung des Teeröls auf diese Art und Weise gelöst war, so konnte diese Lösung doch nicht als eine endgültige betrachtet werden, da der Verbrauch an Gasöl sich ziemlich hoch stellte. Das nächste Bestreben war daher, auch für kleinere Maschinen den Betrieb mit Teeröl zur Ausführung zu bringen, und dieses Bestreben führte zu der Einführung des sog. „Zündölverfahrens“, das von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. und der Gasmotorenfabrik Deutz zu gleicher Zeit in verschiedener Weise gelöst worden ist.

Die folgende Fig. 10 zeigt Ihnen das Bild des Einspritzgehäuses, wie es von der Gasmotorenfabrik Deutz bei stehenden Ölmaschinen bei dem Zündölverfahren angewandt wird. Wir sehen daran zunächst den Nocken, der von komprimierter Luft (etwa 60 Atm.) umgeben ist; weiterhin eine Zerstäubungsplatte und davor einen kleinen Ringkanal, in den die Zuführungsleitung des Gasöles

mündet. Wird der Nocken gelockert, dann strömt die Luft unter inniger Mischung mit dem Teeröl durch die Zerstäubungsplatte hindurch, kommt an die Dichtungsstelle des Nockens und reißt hier aus dem dort befindlichen Ringkanal das Gasöl mit, das die Entzündung des nachfolgenden Teeröles einleitet.

Das dritte Verfahren, das in der Praxis sich bis jetzt noch wenig eingebürgert hat, umgeht vollständig das zur Zündung notwendige Gasöl und benutzt nur noch Teeröl.

Wie ich bereits erwähnte, wird der Brennstoff mit einem Druck von etwa 60 Atm. in die Zündkammer, in der eine Temperatur von etwa 500° herrscht, gepreßt. Durch die hierbei plötzlich auftretende Entspannung der Luft kommt eine starke

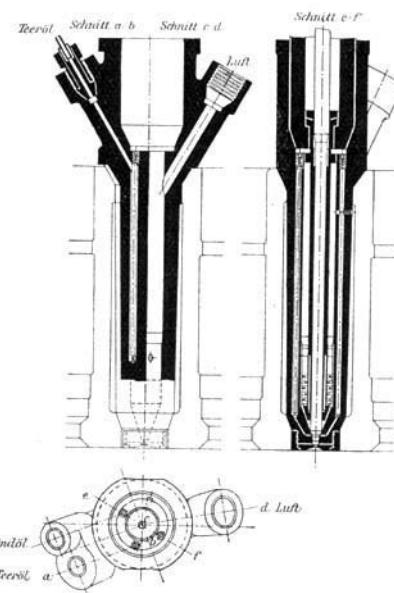


Fig. 10.

Abkühlung zustande, welche die Entzündung des Teeröls verhindert, während sie auf die Entzündung des Gasöles keinen Einfluß ausübt. Diese starke Abkühlung läßt sich durch langsames Öffnen des Nockens vermeiden, und es gelingt so nach den Angaben des Herrn Prof. Nägele⁴⁾, Teeröl ohne Benutzung von Gasöl beim Anlassen des Motors zu verwenden. Die Versuche mit diesem Verfahren sind nach einer Privatmitteilung bereits so weit gediehen, daß in kurzer Zeit zwei solcher reiner Teerölmotore auf dem Markt erscheinen werden. Ihre Einführung in die Praxis bedeutet eine außerordentliche Ersparnis in den Anlagekosten eines Dieselmotors, da für die Maschine nur 1 Vorratsbehälter, 1 Brennstofffilter, 1 Brennstoffleitung und für jeden Zylinder nur 1 Brennstoffpumpe notwendig ist.

Hand in Hand mit diesen Fortschritten auf dem Gebiete der Maschinenkunde sind nun auch diejenigen Bestrebungen gegangen, die ein für den Dieselmotor besonders brauchbares und billiges Teeröl herstellen wollten. Die wechselnde Zusammensetzung der Öle, welche die Ursache des Abbruches der ersten Versuche mit Teeröl als Treiböl waren, kommt heute nicht mehr in Betracht.

³⁾ Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 1908. Heft 55.

⁴⁾ Z. Ver. d. Ing., Jahrgang 1911.

Als Treibmittel wird durch die Deutsche Teerprodukteneinigung G. m. b. H. in Essen-Ruhr ein Öl in den Handel gebracht, das nicht allein bei gewöhnlicher Temperatur vollkommen satzfrei ist und aschefrei verbrennt, sondern auch noch einen für Teeröl außerordentlich hohen Heizwert, der über 9000 Calorien beträgt, besitzt. Zwar kommen auch heute noch bei dem Treiböl bei niedrigeren Temperaturen hauptsächlich im Winter Ausscheidungen von Naphthalin und anderen festen Kohlenwasserstoffen vor, aber bei sachgemäßer Behandlung sind solche kleinen Übel ohne Belang.

Da die Ölbehälter alle mit Heizschlangen versehen sind, so lassen sich die Ausscheidungen sehr

nicht von Teeröl angegriffen werden. Die früheren Kautschukringe werden heute durch Ringe aus mit Leim getränktem Pappdeckel, Asbest oder durch Mennigekitt mit reinem Glycerin vollständig ersetzt.

Und nun zum Schluß dieses Abschnittes noch einen Vergleich der Kosten zwischen dem Betriebe eines Dieselmotors mit Gasöl und Teeröl. Am besten können Sie diesen Vergleich aus den folgenden beiden Diagrammen ersehen, welche bei einem Dieselmotor, der im Jahre 100 000—2 000 000 PS lieferte, aufgenommen worden sind. Sie sind einer Abhandlung des Herrn Oberingenieur Bauer⁵⁾ entnommen.

Das Diagramm Fig. 11 zeigt Ihnen allgemein die Brennstoffkosten verschiedener Anlagen, wobei auf der Abszisse die Kilowattstunden, auf der Ordinate der Preis pro eff. Pferdestunde in Pfennigen ausgedrückt ist.

Das zweite Diagramm, Fig. 12, zeigt Ihnen als Fortsetzung des ersten die gesamten Betriebskosten der Maschine, wobei die Kurve I diejenige des Gasöles, Kurve II diejenige des Teeröles darstellt. Aus beiden Diagrammen geht hervor, daß von allen Brennstoffen in bezug auf Leistung das Teeröl das billigste ist. Natürlich hat diese Aufstellung, wie ich bereits erwähnte, nur Gültigkeit für einen größeren Dieselmotor. Bei kleineren Motoren verschiebt sich dieses Bild zugunsten des Gasölbetriebes, da sich durch die vereinfachte Anlage der Maschine, welche nur mit einem Öl betrieben wird, die Anlagekosten verringern.

Diese Verbilligung der Betriebskosten eines Dieselmotors wird wohl auch noch weiterhin dazu führen, daß auch bei kleinen Motoren das Erdöl vollständig durch Steinkohlenteeröl ersetzt werden wird. Die Vorteile bei der Verwendung sind zu groß, um nicht auch dieses letzte Problem zu einem glücklichen Abschluß zu bringen, zumal von allen in Deutschland gewöhnlichen Ölen, die zum Treiben von Dieselmotoren benutzt werden können, das Teeröl das einzige ist, welches in größeren Mengen zur Verfügung steht.

Inländische Gasöle, Paraffinöle der Braunkohle und Schiefer schwelereien werden heutzutage bereits in so großen Mengen für die Gasölfabriken der Eisenbahnen und für die Wassergasfabriken der Gasanstalten benutzt, daß allein im Jahre 1909 30 000 t ausländisches Gasöl eingeführt werden mußten, um den Bedarf dieser Konsumenten zu decken.

Das ausländische Gasöl selbst, wie es heute in großen Mengen von Amerika, Rußland, Galizien und Rumänien eingeführt wird, wird, abgesehen von der Unsicherheit einer regelmäßigen Lieferung, durch die Transportkosten und Zölle stets ein teures Produkt gegenüber dem Steinkohlenteeröl bleiben, zumal dem Preise des letzteren durch das Gasöl eine gewisse Grenze gesetzt bleiben wird.

5) Bauer, Mitteilungen der Elektrochemischen Gesellschaft. Köln, Nr. 7.

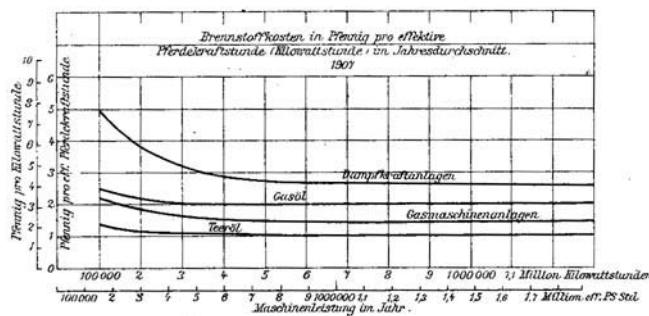


Fig. 11.

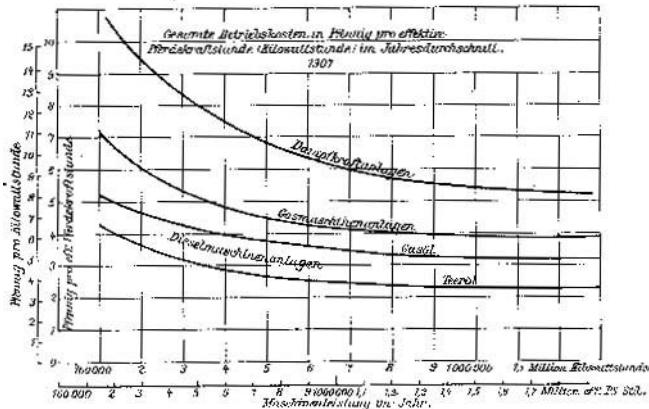


Fig. 12.

leicht und innerhalb kurzer Zeit durch Anwärmen und kräftiges Umrühren in Lösung bringen. Durch erstes erreicht man auch zugleich, daß das Öl einen geringeren Grad der Viscosität annimmt und so gebrauchsfähiger für den Betrieb des Motors wird.

Ein weiterer Grund, der früher oft gegen Teeröl geltend gemacht wurde, war in seinem Verhalten gegenüber den Metallen und Dichtungsringen zu suchen. Es liegt auf der Hand, daß ein Öl, welches Phenole und Kohlenwasserstoffe, die als Lösungsmittel benutzt werden, enthält, nicht dasselbe Verhalten in den obigen Fällen zeigen kann, wie die von Natur weder stark sauren, noch stark basischen Erdöle. Das Material für die Maschinenteile, die mit dem Öl in Berührung kommen, muß daher mit besonderer Sorgfalt ausgesucht werden. Die Erfahrung hat dagezeigt, daß 25%iger Nickelstahl, Gußeisen und Reinnickel wenig oder gar-

Die Verwendung der Destillationsprodukte der Steinkohle als Treibstoff ist nun aber nicht allein auf Kompressionsmotoren beschränkt geblieben, auch bei den Zündölmotoren, bei den Benzin- und Gasmaschinen ist in neuerer Zeit mehr und mehr ein weiteres Destillationsprodukt der Kohle, das „Benzol“, in Gebrauch gekommen.

Die schon erwähnten teureren Preise für Erdöle und für Benzin sicherten dem Benzol von vornherein eine größere Wirtschaftlichkeit in der Praxis. Natürlich war auch hier ein direkter Übergang von Benzin zum Benzol mit einigen konstruktiven Neuerungen verknüpft, die ihre Ursache in der geringen Dampftension des Benzols und dem größeren Luftbedarf bei einer vollständigen Verbrennung hatten. Während es gelingt, einen Gewichtsteil Benzin mit 16-19 Gewichtsteilen Luft vollständig zu verbrennen, stellt sich dieses Verhältnis bei Benzol etwas höher, etwa auf 1:22. Da

die Menge des vergasten Benzens oder Benzols bei den Zündölmotoren sehr stark mit der Schnelligkeit des Motors wechselt, so waren bereits bei den Benzinmotoren Zusatzventile eingeführt worden, die so beschaffen waren, daß sie bei erhöhter Saugwirkung des Motors sich von selbst öffneten und schlossen und so den notwendigen Überschuß an Luft lieferten. Diese Ventile krankten an der Größe der zu verwendenden Massengewichte und den zu starken Federn. Durch ein einfaches Zusatzventil, das der Deutschen Benzolvereinigung patentiert wurde, ist dieser Übelstand überwunden worden. Im Gegensatz zu den alten Zusatzventilen wird dieses Ventil direkt an dem Vergaser befestigt, und es gelingt so, je nach der Belastung des Motors eine rauch- und rußlose Verbrennung durchzuführen. Die Vergasung des Benzols selbst ist dann noch weiterhin erhöht worden durch Anwärmen dieses

Treibstoffes, entweder durch direktes Anheizen oder durch die warmen Abzugsgase. Eine größere Anzahl von ortsfesten und beweglichen Maschinen laufen heutzutage ohne irgendwelche Beanstandung mit Benzol mit einer Brennstoffkostenersparnis von etwa 35% gegenüber dem Benzin.

Unter Erwähnung der Tatsache, daß in neuerer Zeit auch Naphthalin als Treibmittel für Motoren benutzt wird, welche von der Gasmotorenfabrik Deutz gebaut werden, möchte ich zum Schluß meines Vortrages übergehen und Ihnen an Hand von zwei Bildern kurz die Beschreibung eines Benzolbrenners und einer Benzollampe geben.

Fig. 13 zeigt Ihnen die Konstruktion eines Oxybenzolbrenners, wie er zum Schneiden und Schweißen von Metallen benutzt wird und von der Firma Werke für autogenische Schweißmethoden G. m. b. H., Berlin, in den Handel gebracht wird.

Durch das Rohr a wird das Benzol zum Ver-

gaser e geleitet und tritt von hier aus teils in den Bunsenbrenner, teils in das Rohr b, wo es sich mit dem aus einer Bombe zugeführten Sauerstoff mischt und an dem Mundstück h verbrennt.

Bei einem Preise von 28 Pf für 1 kg Benzol gelingt es, eine Wärmemenge von etwa 10.500 Cal. zu erzeugen. Bei den früheren Acetylenbrennern stellte sich der Preis derselben Wärmemenge auf etwa 1 M.

Fig. 14 zeigt Ihnen die Konstruktion einer Fernholzlampe von 3000 Hefnerkerzen. Durch das Absperrventil h gelangt das Benzol in den Vergaser a, der durch die Abwärme der Lampe l angeheizt wird. Aus dem Vergaser gelangt der Brennstoff in Dampfform zunächst in das Regulierventil c und von dort durch eine Düse in das Luftzuführungs- und Mischrohr d.

Ebenso wie bei dem Bunsenbrenner wird auch hier die Luft durch die ausströmenden Dämpfe mitgerissen und verbrennt in dem Brennerkopf o, wodurch der Glühkörper zum Glühen gebracht



Fig. 18.
Oxybenz-Schweißbrenner.

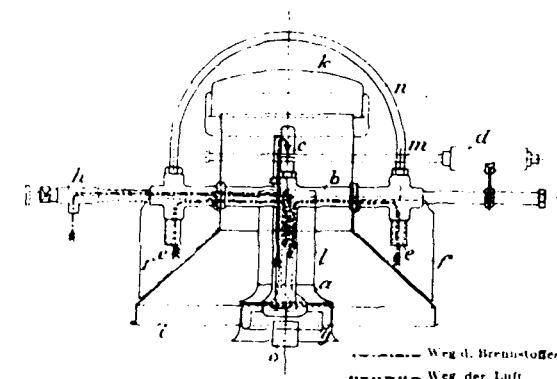


Fig. 14. 3000 H. K. Fernholz-Lampe (1/2 natürliche Größe).

a = Vergaser	h = Brennstoffventil
b = Luftzuführungs- und Mischrohr	i = Gehäuse
c = Regulierventil	k = Kappe
d = Kleinstellpumpe	l = Wärmesammler
e = Luftregulierschrauben	m = Kolbenstange d. Kleinstellpumpe
f = Windeschutzbüchse	n = Aufhängebügel
g = Anheizschale	o = Brennerkopf

wird. Die Lampe wird in Betrieb gesetzt durch eine geringe Menge Spiritus, welche in dem Behälter g des Wärmesammlers angezündet wird. Die Lampe hat den Vorteil, daß es gelingt, die Kleinstellung der Flamme durch die Kolbenstange einer kleinen Luftpumpe, die mit einem kleinen Regulierventil verbunden ist, durchzuführen, so daß die Lampe nicht jeden Abend angezündet zu werden braucht.

Der Brennstoffverbrauch der Fernholzlampe stellt sich bei einer Lichtintensität von 1000HK auf 3-5 Pf in einer Stunde.

Und nun, m. H., noch einige Worte über eine mehr chemische Verwendungsart der beiden wichtigsten bei der Steinkohlendestillation gewonnenen festen Körper, Naphthalin und Anthracen. Wie Ihnen allen bekannt ist, werden beide in großen Mengen zur Herstellung von künstlichen Farbstoffen verwandt. Türkischrot oder Alizarin, eine Reihe von Azofarbstoffen und vor allen Dingen der König der Farbstoffe, „Indigo“, wurden und werden auch heute noch aus ihnen hergestellt.

Während aber früher Anthracen fast ausschließlich nur zur Gewinnung des Alizarins benutzt wurde, ist in den letzten Jahren eine neue Reihe von Farbstoffen entdeckt worden, die sich von diesem Körper ableiten, und die infolge ihrer leichten Darstellungsart, ihrer Licht-, Luft-, Wasch- und Reibechtheit schnell Eingang in die Technik gefunden haben. Sie sind Küpenfarbstoffe wie der Indigo selbst, und ihre Zahl ist heute bereits so groß, daß man bei ihnen verschiedene Grundtypen unterscheiden kann, von denen Indanthren, Flavanthren und Pyranthron wohl die bekanntesten sind.

Aus den Patentschriften ersieht man, daß sich ihre Zahl auch weiterhin vergrößern wird, zumal Versuche gemacht werden, den Grundkern des Indigos mit dem der Anthrachinonfarbstoffe zu verknüpfen. Es besteht somit auch für die Destillation der Steinkohle Aussicht, daß der große Vorrat von Anthracen, welcher heute noch meist in Lösung mit den Ölen für Heiz- und Treibzwecke in den Handel hinaus wandert, in Zukunft in wirtschaftlicherer Weise umgesetzt werden kann, als es bisher der Fall war.

[A. 142.]

Die Stickstoffquellen der Landwirtschaft und die Verwertung der Sulfitablaage.

Von PAUL NITSCHE.

Aus dem Hygienischen Institut der Kgl. Technischen Hochschule zu Dresden.

Vorstand: Geheimer Rat Prof. Dr. Renk.

(Eingeg. 14.5. 1912.)

Die Kultur des Ackerbodens, welche mit dem Anwachsen der Bevölkerung in den verschiedenen Ländern eine immer intensivere werden muß, bedingte, daß die Bearbeitung des Bodens auch von wissenschaftlicher Seite aus mehr und mehr in Angriff genommen wurde.

Der Mangel an natürlichen Dungstoffen gab bald dazu Anlaß, daß die Landwirtschaft sich nach Ersatzmitteln, welche die Natur selbst bot, oder welche durch die Technik umgearbeitet oder hergestellt wurden, umsehen mußte, um ihren Bedarf an Dungstoffen zu decken.

So kam nach und nach eine immer größere Zahl von Düngemitteln verschiedenster Beschaffenheit in den Handel. Kalk, Kali, Phosphorsäure und auch Stickstoffdünger standen bald in den verschiedensten Arten und Kombinationen zur Verfügung und konnten dem Ackerboden zugefügt werden. Ein großer Teil dieser genannten Dungstoffe kann wohl im Inlande hergestellt werden, der weitaus wertvollste Teil jedoch, der Stickstoffdünger, wird in der Form von Chilcsalpeter, Guano usw. fast ausschließlich vom Auslande bezogen, und ungeheure Kapitalien werden so Jahr für Jahr in das Ausland abgeführt.

War es nun nicht allein der enorme Bedarf an Dungstoffen selbst, so war nicht zuletzt auch die Erhaltung dieser Werte als Grund anzusehen, daß sowohl die Wissenschaft als auch die Technik mit Energie an die Arbeit ging und bald neue Mittel und Wege fand, um den Stickstoffdünger für den Bedarf

der Landwirtschaft im Inlande selbst herzustellen, um immer mehr eine Unabhängigkeit vom Auslande zu erreichen.

Verfahren zur Ausnutzung schon bekannter Stickstoffquellen wurden ausgearbeitet oder verbessert.

Die Abwässer der Gasanstalten, welche reichliche Mengen (1,5—3%) Ammoniak enthalten, kommen zur Aufarbeitung, und der Stickstoff wird als Ammoniumsulfat gewonnen. Ebenso gewinnt man bei der Verkokung der Melasseschlempe neben Cyan große Mengen Ammoniak, welche ebenfalls später als Ammoniumsulfat zu Düngzwecken Verwendung finden.

Die Produktion an Ammoniumsulfat in Deutschland wurde 1910 auf 375 000 t geschätzt, und dieses infolge des hohen Salpeterpreises (100 kg 20—21 M) für Ammoniumsulfat mit 25—26 M pro 100 kg bewertet.

An Salpeter lieferte Chile im Jahre 1910 2,25 Mill. Tonnen, davon bezog Europa 1,65 Mill. Tonnen, und ein Drittel davon brauchte Deutschland, dessen gesamter Stickstoffbedarf jährlich 130 000 t ist. Wenngleich ein Teil des eingeführten Salpeters in der Technik weiter verarbeitet wird, findet der größte Teil des Rohsalpeters doch sofort als Düngemittel Verwendung.

Der Fleischguano, das Tierkörpermehl, Blutmehl, Hornmehl, Ledermehl und die Wollabfälle sind ebenfalls als Stickstoffquellen zu erwähnen, letztere kommen aber der geringen Menge wegen für den Landwirt weniger in Frage.

Die Gewinnung des Fäkalstickstoffes aus den Abwässern der Städte ist bis jetzt noch nicht befriedigend gelöst worden, trotzdem gerade darin die gewaltigsten Mengen an Stickstoff der Landwirtschaft verloren gehen.

Ein Mensch scheidet pro Tag ca. 25 g. Harnstoff aus, 500 000 Menschen im Jahre 2130 t Stickstoff.

Männer der Wissenschaft brachten es zuwege, den so reaktionslosen elementaren Stickstoff der Luft zugänglich und nutzbar zu machen.

Die Verwertung unseres größten Stickstoffvorrates, welche bis vor wenigen Jahren ein ungelöstes Problem war, hat eine Lösung gefunden, und eine unerschöpfliche Stickstoffquelle eröffnet sich der Landwirtschaft.

Beim Überleiten von Stickstoff über Calciumcarbid bei etwa 1000° gewinnt man den Kalkstickstoff, das Calciumcyanamid $\text{CaC}_2 + \text{N}_2 = \text{CaCN}_2 + \text{C}$. Auch dieser Kalkstickstoff mit etwa 20% N eignet sich direkt vortrefflich als Düngemittel und wird im allergrößten Maße im Inlande produziert. Durch hochgespannte elektrische Entladungen werden Stickstoff und Sauerstoff direkt vereinigt, es entsteht NO, welches durch weiteren Sauerstoff zu NO_2 oxydiert wird. Diese nitrosen Gase geben mit H_2O Salpetersäure, welche der Landwirtschaft als basisches Calciumnitrat, sog. Norgesalpeter, mit 8 bis 9% N für Düngzwecke zugeführt wird. Auch von diesem Düngemittel werden bereits recht beträchtliche Mengen erzeugt.

Bei hoher Temperatur, ca. 500°, und 200 Atm. Druck gelang es H a b e r , den Luftstickstoff mit Wasserstoff in lohnendem Maße zu Ammoniak zu vereinigen, und die Technik ist dabei, dieses Verfahren in größten Dimensionen auszuführen, um