

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Handbuch der chemischen Technologie

Unorganischer Theil

Fischer, Ferdinand

1900

I. Abschnitt. Technologie der Brennstoffe

I. Abschnitt.

Technologie der Brennstoffe.

Die Brennstoffe und deren Verarbeitung.

Als Brennstoffe bezeichnet man diejenigen organischen Stoffe, welche — entsprechend erwärmt — sich unter Licht- und Wärmeentwicklung mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft wesentlich zu Kohlensäure und Wasser verbinden¹⁾. Die vorwiegend zur Wärmeentwicklung verwendeten Brennstoffe: Holz, Torf, Braunkohle und Steinkohle (welche von den wesentlich zur Lichtentwicklung verwendeten Fetten, Erdöl u. dgl. gesondert besprochen werden sollen) bestehen hauptsächlich aus Zellstoff: $C_6H_{10}O_5$ oder sind daraus entstanden, indem durch Abspalten von Wasser, Kohlensäure, Methan u. dgl. kohlenstoffreichere Reste zurückblieben²⁾, wie nachfolgende Zusammenstellung — auf wasser- und aschenfreie Stoffe berechnet und abgerundet — zeigt:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff (+ N)	Brennwerth
	Proc.	Proc.	Proc.	w ³⁾
Holz (S. 10)	49	6	45	4100
Torf (S. 16)	55	5	40	4500
Braunkohle (S. 17)	66	5	29	5700
Steinkohle (S. 18)	86	4	10	8000
Anthracit (S. 19)	94	3	3	8200

Deutschland hat 14 Millionen Hektaren Waldfläche⁴⁾. Nun beträgt im Schwarzwalde der jährliche Zuwachs auf 1 ha Bodenfläche im Mittel 3400 k Fichtenholz, in

1) Ausgeschlossen sind also sowohl Chlor in Wasserstoff u. dgl., wie auch Schwefel, Phosphor, die Metalle.

2) Vgl. Ferd. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig, 1897) S. 457.

3) Abkürzungen der Maasse, Gewichte u. s. w.:

Meter	<i>m</i>	Gramm	<i>g</i>	Hektowärmeeinh. (100 w)	<i>hw</i>
Centimeter	<i>cm</i>	Milligramm	<i>mg</i>	Wärmeeinheit (Kilo)	<i>w</i>
Millimeter	<i>mm</i>	Hektoliter	<i>hl</i>	Grammwärmeeinheit	<i>cal</i>
Cubikmeter	<i>cbm</i>	Liter	<i>l</i>	Meterkilogramm	<i>mk</i>
Hektokilogramm (100 k)	<i>hk</i>	Cubikcentimeter	<i>cc</i>	Pferdestärke	<i>Pf.</i>
Kilogramm	<i>k</i>	Tonne (1000 k)	<i>t</i>		

4) Vgl. Zft. f. angew. Chem. 1897, 480.

den Vogesen 3650 k Buchenholz. Der jährliche Zuwachs an Holz in Deutschland beträgt darnach etwa 50 Millionen Tonnen, wovon etwa 40 Millionen früher oder später zur Verbrennung kommen. Die dabei freiwerdende Wärme (bez. das Licht) lieferte die Sonne. Verbrennt z. B. Zellstoff:



so werden für je 1 k Zellstoff 4200 w entwickelt. Umgekehrt müssen zur Bildung von 1 k Zellstoff:



von den Sonnenstrahlen 4200 w gebunden werden. Darnach entzieht 1 qm Waldfläche den Sonnenstrahlen jährlich durchschnittlich etwa 1400 w, somit, da der Baumwuchs sich wesentlich auf etwa 140 Tage beschränkt, täglich durchschnittlich 10 w. Diese 10 w auf 1 qm oder 100 000 w auf 1 ha Wald entsprechen dem durchschnittlichen täglichen Wärmeunterschied zwischen Wald und öder Fläche, aber auch der Grösse der Nutzbarmachung der Sonnenenergie durch den Wald, welche nur etwa 4 bis 5 Proc. der in unseren Breitengraden verfügbaren Sonnenenergie (auf 1 qm etwa 30 000 w jährlich) ausmachen. Könnte der Baum alle Sonnenenergie binden, so würde es im Walde finster und kalt sein.

Wir verbrauchen jetzt aber nicht nur die zur Zeit von der Sonne gelieferte Wärme, sondern auch die vor Jahrtausenden von Jahren in den Pflanzenresten (Braunkohlen, Steinkohlen) aufgespeicherte Sonnenwärme, ein Kraft- bez. Wärme- und Lichtvorrath, welcher zweifellos täglich geringer und allmählich erschöpft werden wird¹⁾. Es sollte dieses eine ernste Mahnung sein, die Brennstoffe nicht so zu verschwenden, wie es bisher meist geschieht, wenigstens so lange auf gute Ausnutzung derselben zu achten, als wir noch keine anderen Mittel kennen, Arbeit, bez. Wärme und Licht in genügender Menge auf andere Weise zu erzeugen. Die Verwendung von Wasserkraften zur Elektrizitätserzeugung ist doch erst ein schwacher Versuch in dieser Richtung.

Die Wichtigkeit, ja Unentbehrlichkeit der Brennstoffe für die ganze Industrie, in unseren Breitengraden sogar für das Leben der Menschen überhaupt, rechtfertigt es, wenn wir hier die Verwerthung der Brennstoffe eingehender berücksichtigen, als es sonst meist geschieht.

Wärmemessung.

Geschichte. Das erste Thermometer soll von Galilei im J. 1556 hergestellt sein, was jedoch bestritten wird, so dass man in der Regel das erste Thermometer dem C. Drebber (1638) zuschreibt. Dasselbe besteht aus einer Kugel mit angeschmolzener Röhre, deren Mündung in ein Gefäss mit einer verdünnten Kupfernitratlösung tauchte. Becher (1680 u. A.²⁾ verbesserten diese Luftthermometer durch Berücksichtigung des Druckes der äusseren Atmosphäre u. dgl. Das erste Weingeistthermometer wurde etwa im J. 1640 von Moriani für die Florentiner Akademie hergestellt. Réaumur (1730) verwandte ebenfalls Weingeist, Newton (1701) Leinöl, Fahrenheit in Danzig (1709) zuerst Quecksilber. Das erste Metallthermometer wurde von Mortimer (1746) hergestellt. Renaldini (1694) schlug zuerst die Verwendung von Eis und siedendem Wasser zur Feststellung der festen Punkte vor.

Da noch jetzt in England und Nordamerika fast ausschliesslich die Thermometer nach Fahrenheit, sonst aber — namentlich in den Gährungsgewerben u. s. w. — neben den Graden von Celsius auch noch die von Réaumur (de Luc) gebraucht

1) Allein Deutschland verbraucht von diesem Wärmevorrath jede Minute rund 1 Milliarde Wärmeeinheiten (vgl. J. 1887, 17).

2) Ausführlich in Ferd. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe (1886) S. 1; vgl. J. 1887, 20.

werden, so wird die Bemerkung nicht überflüssig sein, dass die Umrechnung derselben in folgender Weise ausgeführt werden kann:

$$F. = \frac{9}{4} R. + 32 = \frac{9}{5} C. + 32$$

$$R. = \frac{4}{9} (F. - 32); C. = \frac{5}{9} (F. - 32) = \frac{5}{4} R.$$

In diesem Buche werden alle Temperaturgrade nach Celsius angegeben.

Übersicht der gebräuchlichsten Thermometer. Die bisher gemachten zahlreichen Vorschläge zur Wärmemessung suchen diese Aufgabe zu lösen durch Benutzung folgender Erscheinungen:

1. Ausdehnung fester, flüssiger und luftförmiger Stoffe.
2. Aenderung des Aggregatzustandes.
3. Dissociation; optische und akustische Erscheinungen.
4. Elektrische Erscheinungen.
5. Vertheilung der Wärme.

1. Die Ausdehnung der Metalle hat man namentlich zur Bestimmung hoher Temperaturen benutzt¹⁾. Alle diese Metallthermometer oder Pyrometer sind aber unzuverlässig.

Die wichtigsten Wärmemessvorrichtungen sind die Quecksilberthermometer. Für Temperaturen von 250 bis 350° sind solche zu wählen, deren Raum über dem Quecksilber mit Stickstoff oder Kohlensäure gefüllt ist. Stehen diese Gase unter Druck, so können diese Thermometer bis 400°, selbst bis 550° verwendet werden und bilden dann die bequemste und sicherste Vorrichtung zum Messen solcher Wärmegrade.

Beachtenswerth ist nur die Veränderlichkeit der Thermometer, welche sich nach zwei Richtungen geltend macht. Einmal rückt der Eispunkt und mit demselben die ganze Temperaturscale im Laufe der Zeit langsam in die Höhe (Anstieg), und zweitens erleiden die Angaben nach allen im Gebrauche vorkommenden stärkeren Erwärmungen eine zeitweilige Erniedrigung (Abstieg). Die Grösse des Abstieges hängt wesentlich von der chemischen Beschaffenheit des Glases ab, Thermometer aus leichtflüssigem Kalinatronglase weisen beträchtliche Aenderungen auf, während reines Kali- oder reines Natronglase ein günstigeres Verhalten darbietet (J. 1885, 1234). Die Zusammensetzung dreier von Abbe und Schott in Jena zur Herstellung von Quecksilberthermometern mit unveränderlichem Nullpunkte geeigneter Glassorten (Jenaer Normalglas) ist:

	I	II	III
SiO ₂	67,50	69,00	52,0
Na ₂ O	14,00	14,00	—
ZnO	7,00	7,00	30,0
CaO	7,00	7,00	—
Al ₂ O	2,50	1,00	—
BO ₃	2,00	2,00	9,0
KO ₂	—	—	9,0

Wenngleich diese Thermometer ganz erheblich besser sind als die bisher bekannten, so ist doch eine zeitweilige Vergleichung des Nullpunktes (zerstossenes Eis) und des Siedepunktes des Wassers auszuführen. Für letztere Bestimmung ist die Abhängigkeit des Siedepunktes des Wassers von dem Barometerstande zu beachten:

Barometer	Siedetemperatur
720 mm	98,49 ^o
730	98,88
740	99,26
750	99,63
760	100,00
770	100,36

1) F. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 7 und 313.

Luftthermometer¹⁾ sind sehr genau, für technische Zwecke aber wenig geeignet.

2. Die Bestimmung hoher Temperaturen²⁾ durch Schmelzen von Metallen und Legierungen wurde wiederholt versucht.

Erhardt und Schertel empfehlen Metallkugeln von 100 bis 150 mg folgender Zusammensetzung:

Zusammensetzung Proc.	Schmelzpunkt	Zusammensetzung Proc.	Schmelzpunkt	Zusammensetzung Proc.	Schmelzpunkt
Silber = Ag	954 ^o	95 Au 5 Pt	1100 ^o	65 Au 35 Pt	1285 ^o
80 Ag 20 Au	975	90 10	1130	60 40	1320
60 40	995	85 15	1160	55 45	1350
40 60	1020	80 20	1190	50 50	1385
20 80	1045	75 25	1220	45 55	1420
Gold = Au	1075	70 30	1255	Platin = Pt	1775

Neuere Bestimmungen von Violle (Compt. rend. 89, 702) ergeben folgende Schmelzpunkte, bezogen auf das Luftthermometer:

Iridium	1950 ^o	Kupfer	1054 ^o
Platin	1775	Gold	1035
Palladium	1500	Silber	954

Dagegen fanden Hollborn und Wien:

Silber	zwischen	954	und	968 ^o ,	im Mittel	970 ^o
Gold	"	1045	"	1093	" "	1069
Kupfer	"	1054	"	1097	" "	1076
Nickel	"	1476	"	1517	" "	1496
Palladium	"	1500	"	1643	" "	1572
Platin	"	1757	"	1855	" "	1806

H. Seger empfahl für hohe Temperaturen aus Glasurgemischen geformte Tetraëder (Normalkegel), welche aus Feldspath, Marmor, Quarz und Zettlitzer Kaolin zusammengesetzt werden; dieselben sind für manche technische Zwecke empfehlenswerth³⁾.

3. Die auf Dissociation und akustischen Erscheinungen beruhenden Wärmemessungen erscheinen aussichtslos; die Wiborg'schen Thermophone sind sehr ungenau. Ob sich das optische Pyrometer von Mesuré und Nouel bewähren wird, ist zweifelhaft (J. 1890, 147).

4. Elektrische Thermometer. Das elektrische Pyrometer von C. W. Siemens ist, wie sich Verf. durch längere Versuche überzeugt hat, zuverlässig, erfordert aber eine sehr sorgfältige Handhabung und ist theuer (fast 500 Mark). — Aehnlich ist das Pyrometer von Hartmann und Braun, während das von Le Chatelier thermoelektrische Ströme verwendet⁴⁾.

5. Vertheilung der Wärme. Von den hierher gehörenden Wärmemessvorrichtungen sind nur die sogen. Calorimeter zuverlässig. Verf. empfiehlt eine Vorrichtung als bewährt, welche neuerdings folgende Form erhalten hat. Um den Halter zum Erhitzen der durchbohrten Cylinder aus Platin, Nickel oder weichem Schmiedeisen sowohl für lothrechte wie wagrechte Feuerkanäle verwenden zu können und den glühenden Cylinder rasch und sicher in das Wassergefäß zu bringen, dient ein mit entsprechendem Ausschnitt *v* versehener schmiedeiserner Behälter *a* (Fig. 1 und 2), an dessen etwa 0,5 m langen Stiel *b* ein Holzgriff *f* geschraubt wird, womit gleichzeitig die Asbestscheibe *d* gegen den Metallring *c* festgehalten wird. Diese Asbestpappe schützt die Hand vor zu arger Hitze und erleichtert die ganze Handhabung der Vorrichtung.

1) Ausführlich in F. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 32 und 319.

2) F. Fischer: Taschenbuch für Feuerungstechniker. 3. Aufl. 1898.

3) F. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 325 und 606.

4) F. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 615.

tung. Die scharfen Kanten des Metallcylinders *e* sind etwas abgerundet, um das Einwerfen in das Wassergefäß zu erleichtern. — Das Calorimetergefäß *B* (Fig. 3) wird aus starkem Messingblech hergestellt und innen mit Asbestpappe ausgekleidet. Oben ist dasselbe so geformt, dass der starke Rand des aus dünnem, versilbertem Kupferblech hergestellten Gefäßes *A* sicher aufliegt; an der Berührungsstelle beider wird passend ein dünner Asbest- oder Gummiring gelegt, die Fuge wird durch Lack wasserdicht geschlossen. Ein Asbestring *m* hält den unteren Theil des Gefäßes *A* fest. Der Siebboden *n* verhütet, dass der eingeworfene Metallcylinder auf den gewölbten Boden des Gefäßes fällt und dadurch zu Wärmeverlusten Veranlassung gibt. Eine mit zahlreichen Oeffnungen versehene Blechhülle *s* sichert den unteren Theil des Thermometers

Fig. 1.

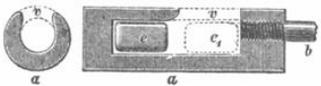


Fig. 2.

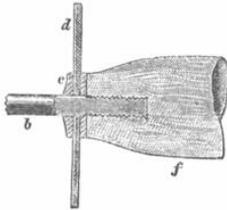


Fig. 3.

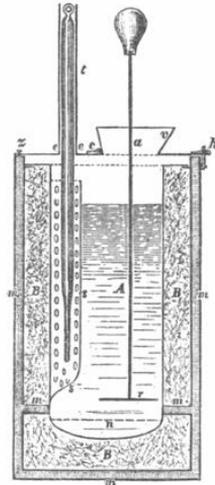
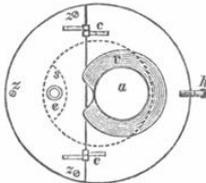


Fig. 4.



(verkürzt gezeichnet) *t*, während der obere Theil desselben durch eine geschlitzte Messinghülse *e* geschützt wird. Der Theil des Deckels (Fig. 4), welcher das Thermometer trägt, ist durch Schrauben *z* befestigt, der durch Gelenke *c* damit verbundene andere Theil kann durch einen Haken *h* gehalten werden. Die Einwurfoffnung *a* ist mit einem dem Thermometer gegenüber ausgeschnittenen Trichterrand *v* versehen, welcher zur Vermeidung der Berührung durch den glühenden Cylinder mit Asbestpapier ausgekleidet werden kann. Der Raum zwischen beiden Gefäßes *A* und *B* wird mit leichten Federn (Daunen) gefüllt.

Bei der Verwendung dieser Vorrichtung legt man den Cylinder *e* durch die Oeffnung *v* in den Halter *a* (Fig. 1) ein, setzt diesen Theil der zu messenden Temperatur aus, fasst dann mit der linken Hand den Knopf des Rührers *r* (Fig. 3), mit der rechten den Griff *f* (Fig. 2), bringt rasch durch leichten Ruck den Cylinder *e* in die Lage *e*₁, und lässt ihn durch halbe Drehung der rechten Hand in das Wassergefäß *A* fallen, bewegt den Rührer auf und ab und liest ab, sobald das Thermometer die höchste Temperatur zeigt. — Bei Verwendung eines 20 g schweren Platincylinders verwendet man ein kleineres Calorimetergefäß und so viel Wasser, dass der Gesamtwasserwerth 125 g Wasser entspricht.

Zeigt das Thermometer vor dem Einwerfen des Metallcylinders *t*₁^o, nachher *t*^o, beträgt somit die Temperaturzunahme *t* - *t*₁, so ist die gesuchte Temperatur = *T* + *t*. Für Platin ergeben sich folgende Werthe:

T	<i>t</i> - <i>t</i> ₁	
	1 k Wasserw. 1 k Platin	120 g Wasserw. 20 g Platin
400 ^o	13,16	2,19
600	20,10	3,35
800	27,28	4,55
1000	34,70	5,78

Demnach bei 20 g Platin und 120 g Wasserwerth:

$t - t_1$	T	Für je $\frac{1}{10} (t - t_1)$
2 ^o	366 ^o	17 ^o
3	540	17
4	710	16
5	874	16
6	1034	16
7	1190	

Der allgemeinen Anwendung des Platins steht leider der hohe Preis desselben entgegen. Verf. verwendet daher auch reines Nickel, welches sich vor dem Eisen durch Beständigkeit und gleichmässige spec. Wärme auszeichnet:

T	$t - t_1$	
	1 k Wasserw. und 1 k Nickel	250 g Wasserw. 20 g Nickel
400 ^o	51	4,08
600	78	6,24
800	108	8,64
1000	140	11,20
1200	173	13,84

Demnach bei 250 g Wasser und 20 g Nickel:

$t - t_1$	T	Für je $\frac{1}{10} (t - t_1)$
4 ^o	393 ^o	9 ^o
5	486	9
6	580	8
7	663	8
8	747	8
9	830	8
10	910	8
11	985	8
12	1060	8
13	1140	8

Ist z. B. bei Verwendung von Platin die Temperatur des Wassers $t_1 = 12,0^{\circ}$, nach dem Einwerfen des Platincylinders $t = 17,1^{\circ}$, $t - t_1$ somit $= 5,1^{\circ}$, so erhält man für

$$\left. \begin{array}{l} 5^{\circ} = 874^{\circ} \\ 0,1 = 16 \\ \text{dazu } t = 17 \end{array} \right\} 907^{\circ}$$

Werthbestimmung der Brennstoffe.

Der Werth der zur Wärmeentwicklung bestimmten Brennstoffe ist vorwiegend durch die bei der Verbrennung frei werdende Wärmemenge, d. h. den Brennwerth bedingt. Oft bestimmt man Wasser, Asche, Schwefel (besonders beachtenswerth für Sodafabriken, Hütten u. dgl.), Stickstoff (besonders für Ammoniakgewinnung), dann auch Kohlenstoff und Wasserstoff.

Probenahme: Von jeder (bez. jeder 2.) Ladung (Karre, Korb u. dgl.) der zugeführten Kohle wird eine Schaufel voll in eine mit einem Deckel versehene Kiste geworfen; die Kohlen werden dann zerschlagen, gemischt auf einer ebenen Fläche quadratisch ausgebreitet und durch beide Diagonalen in 4 Th. getheilt. Zwei einander gegenüber liegende Theile werden fortgenommen, die beiden anderen wieder zerkleinert und gemischt, und wird in dieser Weise fortgeföhren, bis eine Probemenge von etwa 2 k übrig bleibt, welche in eine gut schliessende Flasche gefüllt werden. Für genauere Untersuchungen empfiehlt es sich, auch von der zurückgelegten Hälfte in gleicher Weise eine Durchschnittsprobe zu nehmen und diese getrennt zu untersuchen. Da während dieser Probenahme bereits ein Wasserverlust zu befürchten ist, so werden von Zeit zu Zeit kleinere Durchschnittsproben von etwa 50 g in gewogenen Probegläschen mit Glasstopfen gefüllt, um zur Wasserbestimmung zu dienen. — In entsprechender Weise werden Torfproben genommen.

Bezüglich der Untersuchung der ins Laboratorium gelieferten Proben ist zu bemerken, dass dieselben zunächst gröblich gepulvert, dann gut gemischt werden. Hiervon

werden etwa 200 g völlig feinstgepulvert, wobei keinesfalls der schwerer zu zerkleinernde Rest beseitigt werden darf.

Die Wasserbestimmung darf nicht in offenen Schalen geschehen, da viele Brennstoffe beim Erwärmen an der Luft sich langsam oxydiren. Für technische Zwecke erwärmt man daher etwa 5 g des zu untersuchenden Brennstoffes zwischen zwei Uhrgläsern oder in einem Tiegel mit Deckel 2 Stunden lang auf 105 bis 110° im Luftbade, lässt erkalten und wiegt. In den erwähnten 50 g-Proben wird das Wasser durch Wägen der gefüllten Stöpselgläser vor und nach dem Trocknen bestimmt.

Zur Bestimmung der Asche werden etwa 5 g des gepulverten Brennstoffes in einer Platinschale verascht. Bei Untersuchung von Steinkohlen wird die Probe in offener Schale zunächst 1 bis 2 Stunden lang über einer kleinen Flamme oder im Trockenschrank auf etwa 130° erwärmt, dann wird über langsam vergrößerter Flamme die Veraschung zu Ende geführt; namentlich Koks und Anthracit sind möglichst fein zu pulvern.

Zur Bestimmung der Koksaschebeute erhitzt man 1,8 bis 2 g gepulverte Steinkohle in einem Platintiegel mit einem gut schliessenden Deckel über einem Bunsen'schen Brenner (Entfernung zwischen Tiegelboden und Brennermündung 3 cm) bis keine Flamme mehr unter dem Tiegeldeckel heraustritt¹⁾.

Zur Bestimmung des Stickstoffes nach dem Kjeldahl'schen Verfahren wird 1 g der möglichst fein gepulverten Steinkohle oder Koks (bei Torf keine Pulverung erforderlich) mit etwa 20 cc Schwefelsäure unter Zusatz von 8 bis 10 g Kaliumsulfat gekocht, bis die Flüssigkeit klar geworden ist (etwa 2 Stunden). Nach dem Abkühlen versetzt man mit überschüssiger Natronlauge, destilliert das Ammoniak ab und bestimmt dieses maassanalytisch.

Zur Bestimmung von Kohlenstoff und Wasserstoff verwendet Verf. einen einfachen Verbrennungssofen (Fig. 5). Die beiden Seitenbleche *b* und *p* sind unten mit der

Fig. 5.

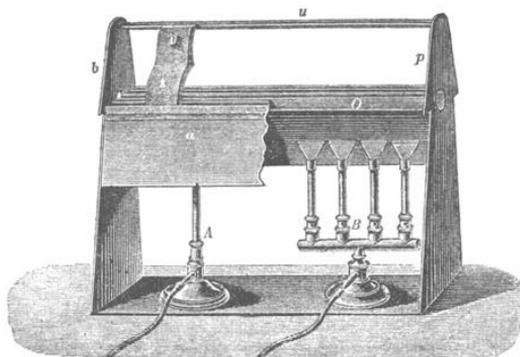


Fig. 6.



Vor Anfang

einer Versuchsreihe legt man das Verbrennungsrohr in die Blechrinne *o*, stellt die feuerfesten Steine oben gegen die Stangen *u* (Fig. 5) und erhitzt die Kupferoxydschicht durch die mit 3 oder 4 Flachbrennern versehene Lampe *B* (vor welcher in der Abbildung das Schutzblech *a* der Deutlichkeit wegen fortgelassen ist) zum Glühen, während für die andere Hälfte des Rohres ein einfacher Bunsenbrenner *A* genügt. Man leitet etwa 10 Minuten lang einen Strom atmosphärischer Luft, welcher durch eine Flasche mit Kalilauge und eine solche mit concentrirter Schwefelsäure gegangen ist, durch das Rohr und lässt es dann in diesem Luftstrom erkalten. Nun wird der Stopfen *u* gelöst und die bei 105 bis 110° getrocknete Probe mit dem Platinschiffchen ein-

1) Vgl. F. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 113.

geschoben, der Stopfen sofort wieder eingesetzt, auf der anderen Seite das Chlorcalciumrohr c u. s. w. eingesetzt und in bekannter Weise im Sauerstoffstrome verbrannt.

Den flüchtigen Schwefel bestimmt man in entsprechender Weise, nur verwendet man eine grössere Probe¹⁾ (0,8 bis 1 g) und ein Verbrennungsrohr, welches bei *n* statt Kupferoxyd eine kurze Schicht mit Platinmoor gemischten säurefesten Asbest, besser aber Platinabfälle enthält. Bei leicht entzündlichen Kohlen ist zu empfehlen die Probe in zwei Cylinder zu pressen, diese an die Enden des Platinschiffchens zu legen, nun erst den hinteren (von Sauerstoffeintritt aus), darauf den vorderen durch allmähliches Erhitzen zu entgasen, dann rasch zu verbrennen. Die gebildete Schwefligsäure (und H_2SO_4) leitet man in Wasserstoffsüberoxydlösung und fällt als Baryumsulfat oder titirt mit $\frac{1}{10}$ Kalilauge. Den Gesamtschwefel erhält man durch Zuzählen des in der Asche enthaltenen Schwefels; derselbe kommt nur bei Schmelzkoks u. dgl. in Betracht, welche mit dem zu erzielenden Product in unmittelbare Berührung kommen.

Enthält nun der fragliche Brennstoff *c* Proc. Kohlenstoff, *h* Proc. Wasserstoff, *s* Proc. Schwefel, *o* Proc. Sauerstoff und *w* Proc. Wasser, so erfordert 1 k Kohle: $(2,667c + 8h + s - o)$: 100 k oder $(2,667c + 8h + s - o)$: $(100 \cdot 1,43)$ cbm Sauerstoff, oder $(2,667c + 8h + s - o)$: $21 \cdot 1,43$ cbm atmosphärische Luft zur vollständigen Verbrennung. 1 k Steinkohle mittlerer Zusammensetzung (Seite 18) erfordert demnach $2,667 \cdot 0,8 + 8 \cdot 0,04 + 0,01 - 0,08$ oder $(2,667 \cdot 80 + 8 \cdot 4 + 1 - 8)$: 100 = 2,384 k oder auch 1,667 cbm Sauerstoff, somit 8 cbm atmosphärische Luft. (Vgl. Taschenbuch für Feuerungstechniker.)

Der Brennwerth berechnet sich nach der Dulong'schen Formel bezogen auf flüssiges Wasser von 0° als Verbrennungsproduct =

$$\left[8100c + 34220 \left(h - \frac{o}{8} \right) + 2500s \right] : 100w$$

Dieser berechnete Brennwerth ist aber meist erheblich niedriger, zuweilen auch höher als der wirkliche Brennwerth, welcher nur calorimetrisch richtig bestimmt werden kann. (Vgl. S. 17.)

Diese Bestimmung des Brennwerthes geschieht durch Verbrennen der Probe im Sauerstoffstrome. Verf. verwendet hierfür einen aus Silber (oder Nickel) hergestellten Behälter, welcher durch 3 Füsse *f* (Fig. 7) auf dem Boden des kupfernen Kühlgefässes *B* festgehalten wird. In den Rohrfortsatz des Deckels *d* ist ein Rohr *e* gesteckt, welches nach unten tellerförmig erweitert ist und hier den aus Platinblech (oder Nickel) hergestellten cylindrischen Behälter *p* trägt. Die ringförmige Platte *z* trägt den aus Platingeflecht (oder Nickel) hergestellten Korb *s*, welcher die Probe aufnimmt. Die Oeffnung im Boden des Behälters *p* ist mit einem Platinsieb *c* bedeckt und unter demselben wird die tellerförmige Platte *v* gehalten. Der durch Glasaufsatz *a* zugeführte Sauerstoff drückt somit die durch Verbrennen der Probe im Korbe *s* entwickelten Gase nach unten durch Sieb *c* gegen die Schale *v*, um vollständige Mischung und Verbrennung zu erzielen²⁾. Die Gase ziehen dann durch Rohr *i* und den mit entsprechendem Einsatz versehenen flachen Behälter *c* (oder ein spiralförmig gebogenes Rohr) durch Rohr *g* und Aufsatz *b* zu den Absorptionsapparaten.

Der Deckel *n* besteht aus zwei Hälften; die festgeschraubte trägt die Führungen der Rührvorrichtungen *r* *m* und das Thermometer *t*; letzteres ist in $\frac{1}{20}$ -Grade getheilt, so dass man mittels guter Loupe (mit Gradführung) noch $\frac{1}{100}$ Grad ablesen kann, bei Verwendung der Beckmann'schen Thermometer sogar bis auf $\frac{1}{1000}$ Grad.

Der Zwischenraum *C* (Fig. 7) ist mit trockenen Federdaunen lose gefüllt, dann die Fuge zwischen dem Rand von dem Kupfergefäss *B* und Holzgefäss *D* mit Copal- oder Spirituslack geschlossen, so dass keinesfalls Wasser eindringen kann. Wird ferner der Apparat bei Nichtgebrauch trocken aufbewahrt, so ist die Wärmeübertragung sehr gering; beim Apparat des Verf. z. B. für 1° Temperaturdifferenz und Minute 0,0025°. Dieser Werth, wie auch der Wasserwerth des Apparates werden in der früher (J. 1885, 1208) angegebenen Weise oder durch Auswägen bestimmt; letzteres Verfahren ergab z. B.:

1) Es ist zu bemerken, dass besonders Holz und leichter Torf in zerkleinertem Zustande nach dem Trocknen ungemein hygroskopisch sind, so dass ein genaues Abwägen der Proben sehr schwierig ist. Dieser Uebelstand, sowie die Oxydation der Kohlensubstanz wird dadurch gehoben, dass man mit einer kleinen Handwage etwa 1 g der lufttrockenen Probe abwägt und in 6 bis 8 mm dicke Cylinder presst, welche nun im offenen Wägläschen im Trockenschrank bei 105 bis 110° getrocknet werden. Das Trocknen wird befördert, wenn man durch das Trockenglas oder (bei mehreren Proben) durch den Trockenschrank gegen Ende des Trocknens langsam trockene Luft leitet. Damit feuchte Proben nicht durch den entweichenden Wasserdampf aus einander getrieben werden, lässt man die Temperatur langsam steigen. (Vgl. S. 9.)

2) Zft. f. angew. Chem. 1892, 542; 1894, 19.

	g	sp. W.	cal. ¹⁾
Calorimetergefäß mit Rührer	916,5	0,095 =	87,1
Silbercalorimeter	278,4	0,056 =	15,6
Platineinsatz, Thermometer u. dgl.			2,3
			105

Mit Wasser wurden dagegen 112 cal. gefunden; die nächste Umgebung des Gefäßes *B* ist offenbar etwas mitbetheiligt, so dass man dem durch Auswägen ermittelten Wasserwerth rund 5 cal. zu zählen muss.

Die Proben werden in Form von 6 bis 10 mm hohen und 12 bis 13 mm dicken Cylindern verwendet. Zu diesem Zwecke werden Holz und Torf vorher durch Raspeln und Stossen zerkleinert, Kohle wird, wie S. 7 angegeben, gepulvert.

Die verwendete Pressform (Fig. 8) ist dem sog. Diamantmörser ähnlich. Auf der kantigen Bodenplatte *m* wird der Stahlring *a* durch die sechskantige Mutter *n* gehalten. Nach Einfüllen der Probe wird der Stempel *s* niedergedrückt (eine gute Copirpresse auf eiserner Platte genügt dazu), dann Mutter *n* abgeschraubt²⁾, der Theil *a* auf einen ringförmigen Untersatz gestellt und durch Niederpressen des Stempels *s* die Probe herausgedrückt. Die Probecylinder werden in Wäggläschen (mit Glasstopfen) gebracht; bei der Verwendung werden sie in denselben bei 105 bis 110° getrocknet.

Die Zündung geschieht in bekannter Weise durch Einwerfen eines etwa 1,5 mg schweren Kohlen-splitters (wofür 12 cal.³⁾ abzuziehen sind), oder — genauer — durch Einführen von 2 cc brennenden Wasserstoff (entsprechend 6 cal.), wobei ein kleines 2-Kugelrohr und als Brenner ein einfaches Platinrohr (oder Nickel) von nur 0,5 bis 1 mm Weite verwendet wird. Man kann auch einen elektrischen Zünder verwenden, in dessen Platinspirale zuvor etwa 2 mg Cellulose (aschenfreies Filtrirpapier) geschoben wurde⁴⁾.

Bei genauen Untersuchungen müssen die Verbrennungsproducte untersucht werden. Man lässt daher die aus dem Calorimeter durch Rohransatz *b* (Fig. 7) entweichenden Gase zunächst durch eine Flasche mit Kalilauge gehen, um Geschwindigkeit und Druck derselben beobachten zu können. Es folgt dann ein 3 cm weites und 20 bis 25 cm langes Rohr mit Natronkalk, ein gleiches mit Chlorcalcium, dann ein 15 bis 20 cm langes Verbrennungsrohr mit einer etwa 4 cm langen Schicht Kupferoxyd zwischen zwei grobmaschigen Sieben aus Platin- oder Nickeldraht, oder eine Schicht Platinabfälle, schliesslich ein 2,5 cm weites Chlorcalciumrohr und ein gleiches mit Natronkalk. Nur die beiden letzteren werden vor und nach der Verbrennung gewogen, um die Menge der etwa unvollständig verbrannten Gase zu bestimmen.

Bei Ausführung des Versuches entnimmt man mittels Pincette dem gewogenen Trockengläschen ein Pressstück (dessen Gewicht durch Zurückwiegen des Gläschens bestimmt wird), schiebt es in den Korb *s*, so dass die Vertiefung nach oben kommt, hängt *p* in die tellerartige Fortsetzung von *d*, setzt den Deckel⁵⁾ fest auf das Calorimeter, wie die Fig. 7

Fig. 7.

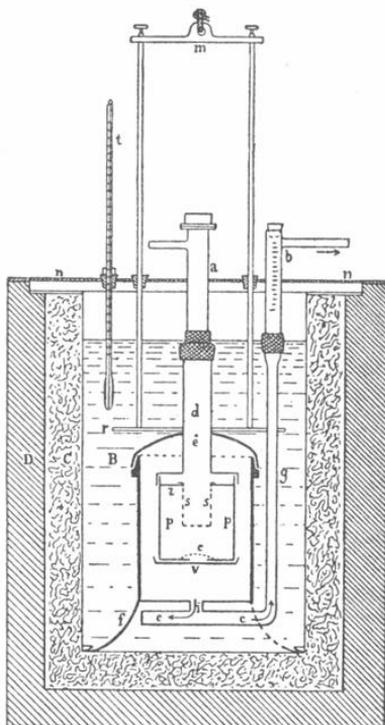
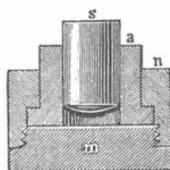


Fig. 8.



1) Von Holz und Torf etwa 0,8 g, von Kohle etwa 0,5 g.

2) Platte *m* wird in einen Schraubstock gespannt, *n* mit einem Schraubschlüssel gefasst.

3) cal. = Grammwärmeeinheiten; w = technische Wärmeeinheiten bez. auf 1 k.

4) Zft. f. angew. Chem. 1892, 541; 1894, 19.

5) Unter Verwendung von wenig Schmiermittel aus geschmolzenem Kautschuk und Vaseline.

zeigt und dann die ganze Vorrichtung in das Gefäss *B*. Aufsatz *a* wird mit der Sauerstoffzuleitung, *b* mit den Absorptionsapparaten verbunden, das erforderliche Kühlwasser in *B* eingegossen, der Deckel *n* aufgelegt, das Thermometer *t* eingesetzt und abgelesen, wenn die Temperatur sich nicht mehr ändert. Nun lässt man einen schwachen Sauerstoffstrom eintreten, wirft z. B. einen kleinen glühenden Kohlensplitter (1 bis 2 mg) ein (S. 9), schliesst sofort wieder den Aufsatz *a* und verstärkt gleichzeitig den Sauerstoffstrom. Sobald nach wenigen Secunden das Leuchten des Aufsatzes *a* die beginnende Verbrennung anzeigt, lässt man den Sauerstoff so rasch eintreten, dass in der Minute etwa 4 l zugeführt werden. Zeigt die abnehmende Helligkeit des Aufsatzes *a*, dass die Verbrennung nachlässt, so mässigt man den Sauerstoffstrom auf etwa $\frac{1}{3}$. Bei Holz, Torf und Braunkohlen dauert die Verbrennung nur etwa eine, bei Steinkohlen etwa $1\frac{1}{2}$ Minuten. Nach weiteren 2 Minuten zeigt meist das Thermometer *t* den höchsten Stand und damit das Ende des Versuches. Der Apparat wird aus einander genommen und die Gewichtszunahme der mit dem Kupferoxydrohre verbundenen Chlorcalcium- und Natronkalkrohre bestimmt, um die unverbrannten Gase festzustellen.

Vor der Entflammung entweichen zuweilen eine geringe Menge brennbarer Gase, welche als Wasser und Kohlensäure zur Wägung gelangen. Für 1 mg Wasser sind 3,2 cal. (bez. auf Wasserdampf als Verbrennung, bez. 3,8 bez. auf flüssiges Wasser), für 1 mg Kohlensäure 1,55 cal. in Rechnung zu setzen. Diese Correction lässt sich aber sehr gering halten, bez. ganz vermeiden. Unverbrannte Rückstände kommen nicht vor.

Die Gase entweichen je nach der Schnelligkeit des Gasstromes 1 bis 3° wärmer als das Kühlwasser ist, also etwa 5° wärmer als der eintretende Sauerstoff. Bei 7 bis 8 l Sauerstoff entspricht der dadurch verursachte Wärmeverlust etwa 12 cal., also soviel wie die Zünderkohle gibt. Diese beiden Correctionen gleichen sich daher aus.

Im Calorimeter wird der grösste Theil des gebildeten Wassers verflüssigt. Wird der Brennwerth auf flüssiges Wasser als Verbrennungsproduct berechnet, so sind für je 10 mg dampfförmig entweichendes Wasser 6,1 cal. zuzuzählen; bezieht sich aber der Brennwerth auf Wasserdampf von 20°, so sind für je 10 mg verflüssigtes Wasser 6,1 cal. abzuziehen. Man kann die Menge des verflüssigten Wassers bestimmen, indem man das Calorimeter nach der Verbrennung äusserlich trocknet und nach Entfernung der Aufsätze *a* und *b* nebst Schlauchansatz *g* wiegt. Nun wird das Calorimeter geöffnet, durch Erwärmen auch innen getrocknet und wieder gewogen. Bei Verwendung der Brennstoffe rechnet man mit Kilogramm, ersetzt daher cal. durch w.

Holz.

Das Holz ist aus Zellen und Gefässen aufgebaut, welche aus Zellstoff, $C_6H_{10}O_5$ (vgl. Papier) bestehen und den Pflanzensaft enthalten. Letzterer besteht ausser Wasser und Aschebestandtheilen (vgl. Potasche) aus verschiedenen organischen Stoffen, welche naturgemäss die verschiedene Zusammensetzung der einzelnen Holzarten bedingen¹⁾. Der Wassergehalt des frisch gefällten Holzes beträgt etwa

Hainbuche	18,6	Föhre	39,9
Birke	30,8	Rothbuche	39,7
Traubeneiche	34,7	Erle	41,6
Stieleiche	35,4	Ulme	44,5
Weisstanne	37,1	Fichte	45,2

Lufttrockenes Holz enthält 12 bis 20 Proc. Wasser. Das Wasser vermindert den Brennwerth des Holzes nicht nur dadurch, dass die gleiche Menge weniger brennbare Stoffe enthält, sondern auch dadurch, dass das Wasser verdampft werden muss. Würde z. B. das unten erwähnte Eichenholz von 4421 w Brennwerth mit 30 Proc. Wasser verbrannt, so wäre der Brennwerth, bezogen auf Wasserdampf von 20°, nur 2914 w; lufttrockenes Holz gibt etwa 3600 w (vgl. S. 8). Brennholz wird nach sog. Raummetern (Stère) verkauft, d. h. nach Cubikmeter Raum, welcher mit Holzscheiten ausgesetzt ist, also einschliesslich der Hohlräume; bei Stammholz rechnet man etwa $\frac{3}{4}$ Derbgehalt.

1) Vgl. F. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 413.

Holzart	Zusammensetzung bei 115°					
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Asche	
	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	
nach Gottlieb	Eiche	50,22	5,99	0,09	43,42	0,28
	Esche	49,77	6,26	0,07	43,37	0,53
	Hagebuche	49,48	6,17	0,06	43,77	0,52
	Buche, 130jährig	49,03	6,06	0,11	44,36	0,44
	„ 60 „	49,14	6,16	0,09	44,07	0,54
	Birke	48,88	6,06	0,10	44,67	0,29
	Tanne	50,36	5,92	0,05	43,39	0,28
	Fichte	50,31	6,20	0,04	43,08	0,37
	Eiche (nach Fischer)	49,84	5,83	0,10	43,84	0,38

Eine Brennwerthbestimmung der letzten Probe ergab 4421 w; die Dulong'sche Formel würde nur 3827 ergeben haben (J. 1893, 5).

Wird Holz über 150° erhitzt, so wird dasselbe entgast (vgl. S. 31), es entweichen Wasser, Kohlensäure, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe, dann Methylalkohol, Essigsäure u. dgl., während die zurückbleibende Kohle mit steigender Temperatur kohlenstoffreicher wird. So fand Violette beim Erhitzen von Faulbaumholz:

Nr.	Verkohlungs-Temperatur	Zusammensetzung des Verkohlungs-Productes in Proc.			
		Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Asche
1	150°	47,51	6,12	46,29	0,18
2	200°	51,82	3,99	43,96	0,23
3	270°	70,45	4,64	24,19	0,85
4	350°	76,64	4,14	18,44	0,61
5	Schmelzpunkt des Antimons	81,64	1,96	15,24	1,16
6	„ „ Silbers	81,97	2,30	14,15	1,60
7	„ „ Kupfers	83,29	1,70	13,79	1,22
8	„ „ Goldes	88,14	1,41	9,26	1,20
9	„ „ Stahles	90,81	1,58	6,49	1,15
10	„ „ Eisens	94,57	0,74	3,84	1,66
11	„ „ Platins	96,52	0,62	0,94	1,94

Die Proben Nr. 1 und 2 sind noch sehr fest und unausgebrannt, indem bei diesen Temperaturen erst die Zersetzung beginnt. Nr. 3 ist Rothkohle, welche, bei obiger Temperatur erzeugt, zerreiblich zu werden beginnt und sehr leicht (300°) entzündlich ist, Nr. 4 und alle folgenden sind Schwarzkohle. Nr. 6 bis 10 sind sehr schwarz, dicht, fest und schwer entzündlich. Nr. 11 ist so fest und hart, dass sie sich schwer zerbrechen lässt, und auf Stein fallen gelassen, einen metallischen Klang gibt. Dieselbe ist sehr schwer entzündlich und verbrennlich, so dass sie nur bei unmittelbarer Berührung mit einer Flamme zu brennen beginnt und sofort verlischt, wenn man sie aus dem Feuer nimmt.

Wo es nicht auf die Verwerthung der Destillationsprodukte ankommt, geschieht die Verkohlung¹⁾ in Meilern, sonst meist in Retorten.

1) Die Bildung der brenzlichen Holzsäure oder des Holzessigs bei der trockenen Destillation des Holzes beschreibt schon Glauber in seinem Werke *Miraculum mundi* 1658. Die ersten größeren Holzverkohlungsöfen wurden aber erst im J. 1819 zu Hausach in Baden in Betrieb gesetzt, jedoch wenige Jahre später wieder aufgegeben, da die wesentlich durch die Spiritussteuer bedingten Preisverhältnisse der Essigsäure und die namentlich für Deutschland wichtige Verwendung des im J. 1812 von Taylor im Holzessig aufgefundenen Methylalkoholes in der Theerfarbenindustrie erst in neuerer Zeit eine günstigere Verwerthung der Destillationsproducte ermöglicht haben.

Ein Meiler ist ein aus grösseren Holzstücken zusammengeschichteter Haufen, welcher mit einer Decke von Erde oder Kohlenlösche (Kohlenstaub mit Erde gemengt) versehen ist. Die Holzscheite werden entweder fast senkrecht gegen die Axe des Meilers geneigt, oder man legt sie wagrecht, in radialer Richtung von der Axe auslaufend. Im ersten Falle heisst ein Meiler ein stehender, im anderen Falle ein liegender Meiler. Die Axe des Meilers wird Quandel genannt.

Ein wälscher oder italienischer Meiler (Fig. 9) hat als Quandel einen aus drei oder vier Stangen bestehenden Quandelschacht, in welchem die Stangen durch Holzstäbe *n* auseinandergehalten werden, und besteht aus zwei oder drei Holzschichten.

Beim slavischen Meiler (Fig. 10) besteht der Quandel aus einem eingerammten Pfahl. Der Meiler wird durch die Zündgasse *b* entzündet.

Fig. 9.

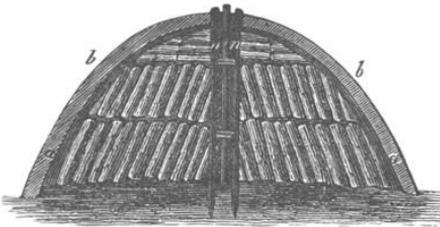
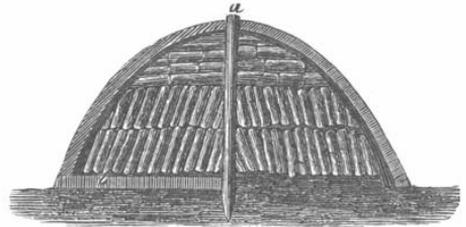


Fig. 10.



Die liegenden Meiler bekommen im Aeusseren die Gestalt der stehenden Meiler; die Scheite aber werden wagrecht und radial in ein oder zwei concentrische Lagen eingelegt; die äussere Fläche wird parallel mit dem innern Holzkerne gemacht, welchen man zunächst um den Quandel herum in Gestalt eines Kegels aus aufrechtstehenden Scheiten errichtet. Der Quandel ist entweder Quandelschacht oder Quandelpfahl mit Zündgasse. Der gerichtete Meiler wird mit einer Decke von Erde versehen.

Bei dem eigentlichen Kohlenbrennen sind zu unterscheiden: 1) das Schwitzen oder Ablähen, 2) das Treiben, 3) das Zubrennen des Meilers. Durch die Ausbreitung des Feuers im Meiler entwickeln sich Wasserdämpfe, gemengt mit Producten der trocknen Destillation des Holzes, welche sich an den kälteren Stellen des Meilers zum Theil verdichten und eine Durchnässung, ein Schwitzen derselben bewirken. Während des Schwitzens ist der Meiler dadurch gefährdet, dass in seinem Innern durch Mischen von Kohlenwasserstoffen mit atmosphärischer Luft sich knallgasähnliche Gemische bilden können, welche durch ihre Explosion ein stellenweises Abwerfen der Decke, selbst ein Fortschleudern der Holzmasse bewirken können. Theils durch das Verbrennen eines Theiles des Holzes, theils durch das Schwinden der Holzmasse als Folge der durch das Austrocknen und Verkohlen bewirkten Volumenverminderung, entstehen im Meiler hohle Räume (das Hohlbrennen), welche sorgfältig ausgefüllt werden müssen. Sobald die am Fusse des Meilers austretenden Dämpfe eine hellere Farbe zeigen, beginnt die Periode des Treibens. Der Zutritt der Luft muss jetzt verringert, die locker gewordene Decke überall wieder an das Holz angeschlagen werden. Nach etwa 4 Tagen ist der grösste Theil des Holzes verkohlt. Das Feuer muss nun so geleitet werden, dass es von der Haube aus abwärts und vom Kerne gegen den Meilerumfang zu gehe. Wird der Rauch der Zuglöcher hell und blau, so ist dies ein Zeichen der Gare; die Löcher müssen dann geschlossen werden. Nachdem das Garen des Meilers überall erfolgt ist, bleibt er etwa 24 Stunden lang zugedeckt und gegen den Luftzutritt geschützt zum Abkühlen stehen; darauf wird der Meiler abgeputzt und gelöscht.

Die Verkohlung des Holzes in Haufen oder in liegenden Werken wird im südlichen Deutschland, in Russland und Schweden angewendet. Die Meilerstätte bildet ein rechtwinkliges längliches Viereck, dessen vordere und hintere Seiten kürzer sind, als die beiden anderen. Von vorn nach hinten steigt die Stätte etwas, und die beiden langen Seiten werden durch eine Reihe senkrecht stehender, starker hölzerner Pfähle

dergestalt begrenzt, dass beide Reihen parallel laufen. Fig. 11 und 12 zeigen einen gerichteten Haufen und zwar Fig. 11 in Ansicht und Fig. 12 im Durchschnitte.

Der Meiler wird umgeben durch Pfähle *a* mit Schindeln, die Löschdecke *h*, und hat einen am Fussende befindlichen, für das Anzünden aufgesparten Raum *b*. In dem Maasse, als das Feuer vorrückt, werden die vorn erzeugten Kohlen schon gezogen.

Fig. 11.

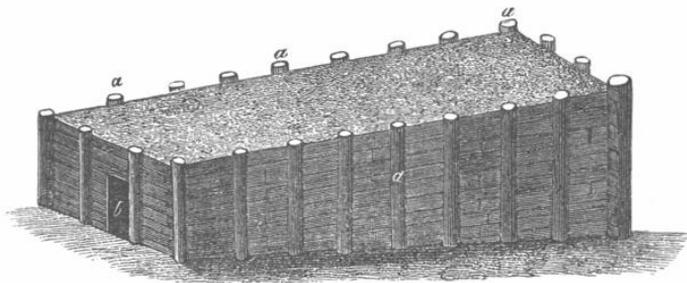
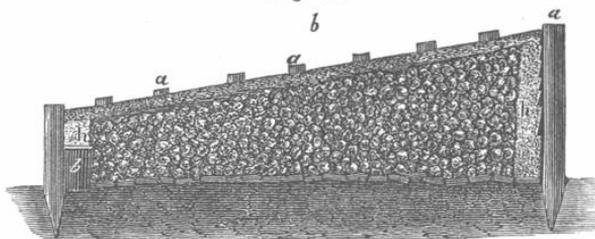


Fig. 12.



Die Meileröfen sind als feststehende und gemauerte Meiler zu betrachten. Das Holz wird entweder durch die Oeffnung *a* (Fig. 13) oder durch die Thüre *b* eingeführt; von der Thüre bis in die Mitte der Sohle geht die Zündgasse. Mit Ausnahme eines geringen Theiles der Thüröffnung und des Loches *a* werden alle Oeffnungen vermauert und erst bei dem Kohlenziehen wieder geöffnet. Nachdem das Holz genügend in Brand gerathen ist, werden *b* und *a* verschlossen. Die an dem oberen Ende des Meilerofens befindlichen kleinen Oeffnungen entsprechen den Rauchlöchern des Meilers. Bei dem Fig. 14 abgebildeten länglichen Meilerofen dienen die beiden Thüröffnungen *a* und *b* zum Eintragen des Holzes, *b* ausserdem auch zum Kohlenziehen, die Oeffnungen befinden sich bei *c* und durch das eiserne Rohr *d* werden die flüchtigen Produkte in einen Kühler geleitet. Während der Verkühlung sind *a* und *b* verschlossen. Der Theer sammelt sich grösstentheils auf der Ofensohle und fliesst in einen passenden Behälter. Unter der gewölbten Thüröffnung *b* befindet sich eine kleine Oeffnung, welche als Mündung der Zündgasse dient.

Fig. 13.

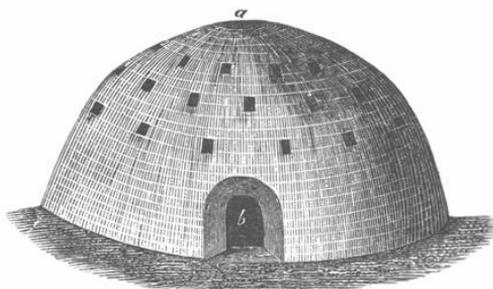
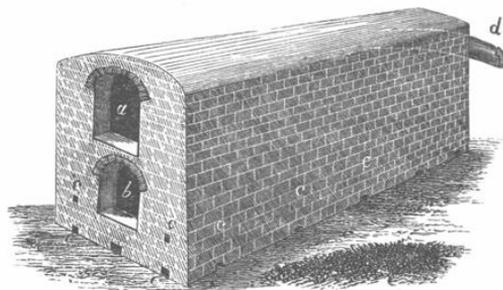
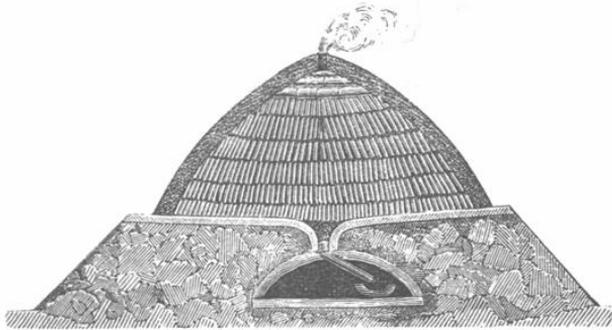


Fig. 14.



Zur Gewinnung von Theer wählt man in Russland nach der von Hessel (1861) gegebenen Beschreibung Stammkienholz und Wurzelholz von absterbenden Bäumen, welches mit der Hacke in Stücke gespalten und zum Aufbauen des Meilers benutzt wird. Die Meilerstätte (Fig. 15) ist trichterförmig und in der Mitte mit einer Einsenkung versehen; die ganze Fläche ist mit einem Thonanstrich überkleidet und mit Dachschindeln belegt, über welche

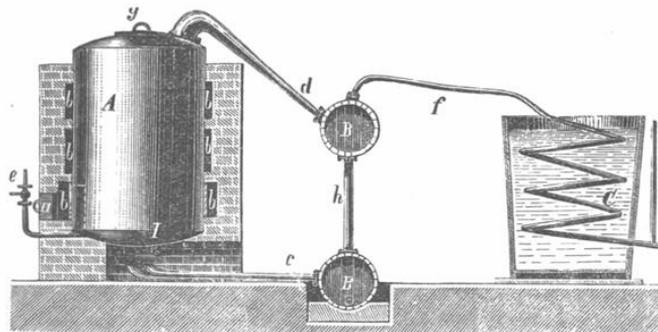
Fig. 15.



der Theer der Mitte zufließt, von wo aus er durch eine Röhre in ein im Boden befindliches Gewölbe in ein untergestelltes Gefäss abläuft. Das Kienholz wird in diesen Meilern in 6 bis 8 Lagen übereinander aufgestellt, mit Stroh u. dgl. bedeckt und hierauf mit Sand oder Erde überschüttet. Man zündet denselben an 40 bis 50 Oeffnungen an und verschüttet diese Oeffnungen mit Sand, sobald sich das Feuer im ganzen Meiler nach oben hin fortgepflanzt. Das Schwelen dauert 3 bis 4 Wochen. In Russland erhält man aus 100 Th. Kienholz 17,6 Th. Theer und 23,3 Th. Kohle. — In Niederösterreich wird (nach Thenius) der Holztheer auf ähnliche Weise durch Meilerverkohlung zum grossen Theile aus solchem Holze der Schwarzföhre gewonnen, welches wenig oder gar keinen Terpentin mehr gibt. In Böhmen dagegen verwendet man zum Holztheer harzreiche Hölzer, namentlich Wurzelstöcke, welche viel Harztheile enthalten.

Seit dem Jahre 1853 wendet man in Russland auch die in Schweden üblichen sog. Thermokessel an. Nach Hessel besteht ein solcher Kessel *A* (Fig. 16) aus sarkem Eisenblech und fasst ungefähr 8 cbm. Die Beschickung geschieht durch das Mannloch *g*. Die Heizung geht aus der Feuerung *a* mit Hülfe der Züge *b* um die Seitenwände. Um das Holz schnell auf 100° zu bringen, leitet man durch das Rohr *e* einen Dampfstrom in den Kessel. Der schon im Kessel sich ansammelnde Theer läuft durch das Rohr *c* nach der Sammeltonne *B*, während die Theerdämpfe durch *d* in den Sammler *B*¹ gelangen; was sich hier verdichtet, läuft durch *h* nach *B*, das dampfförmig Gebliebene wird in dem Kühlappa-

Fig. 16.



rate *C* verflüssigt. Die brennbaren Gase, welche jedoch nach Untersuchung des Verf. (J. 1880, 417) nur geringen Brennwerth haben, werden in die Kesselheizung geführt. Ausser Theer erhält man bei Beginn der Destillation noch Terpentinöl, Holzessig oder Holzgeist. Die zurückbleibenden Kohlen, die man unter Anwendung von Wasserdämpfen löscht, entfernt man aus dem Kessel durch die Oeffnung *a*. — In Deutschland verwendet man meist liegende eiserne Retorten. (Vgl. Methylalkohol und Holzessig.)

der Theer der Mitte zufließt, von wo aus er durch eine Röhre in ein im Boden befindliches Gewölbe in ein untergestelltes Gefäss abläuft. Das Kienholz wird in diesen Meilern in 6 bis 8 Lagen übereinander aufgestellt, mit Stroh u. dgl. bedeckt und hierauf mit Sand oder Erde überschüttet. Man zündet denselben an 40 bis 50 Oeffnungen an und verschüttet diese Oeffnungen mit Sand, sobald sich das Feuer im ganzen Meiler nach oben hin fortgepflanzt. Das Schwelen dauert 3 bis 4 Wochen. In Russland erhält man aus 100 Th. Kienholz 17,6 Th. Theer und 23,3 Th. Kohle. — In Niederösterreich wird (nach Thenius) der Holztheer auf ähnliche Weise durch Meilerverkohlung zum grossen Theile aus solchem Holze der Schwarzföhre gewonnen, welches wenig oder gar keinen Terpentin mehr gibt. In Böhmen dagegen verwendet man zum Holztheer harzreiche Hölzer, namentlich Wurzelstöcke, welche viel Harztheile enthalten.

Ueber die Gewichts- und Volumenveränderungen des Holzes beim Trocknen und Verkohlen hat Frey (J. 1883, 1195) Versuche ausgeführt.

Holzart	Grün	Sommer-trocken	Aus-getrocknet		Dürr		Verkohlt		Procentische Schwindung								
	Spec. Ge-wicht	Spec. Gewicht	Spec. Gewicht	Gewichts-Verlust	Spec. Gewicht	Gewichts-Verlust	Spec. Gewicht	Gewichts-Verlust	Aus-getrocknet			Dürr			Verkohlt		
									Achsal	Radial	Gesamt	Achsal	Radial	Gesamt	Achsal	Radial	Gesamt
			Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.
Eiche . .	1,0745	0,9852	0,804	29,1	0,766	38,2	0,387	76,7	0,0	3,1	6,1	0,2	6,8	13,3	6	17	35,2
Esche . .	0,8785	0,8304	0,771	19,6	0,746	29,1	0,371	77,9	0,0	4,3	8,4	0,0	8,6	16,5	7	25	47,7
Buche . .	1,0288	0,8160	0,747	33,5	0,700	41,7	0,319	82,3	0,0	4,3	8,4	0,0	7,5	14,4	6,5	22	43,1
Kiefer . .	0,8734	0,7828	0,678	27,6	0,662	37,7	0,351	80,1	0,0	3,4	6,7	0,2	6,9	13,5	9	26,5	50,8
Ulme . .	0,9166	0,7502	0,635	35,5	0,595	42,6	0,284	81,9	0,3	3,4	7,0	0,1	5,9	11,5	9	20	41,4
Eibe . .	0,9030	0,7106	0,696	24,6	0,642	35,3	0,262	76,2	0,0	1,1	2,1	0,5	4,3	8,9	10,5	8	19,6
Ahorn . .	0,9210	0,7044	0,637	33,1	0,604	40,3	0,247	81,4	0,0	1,7	3,4	0,0	4,5	8,9	8,5	13	30,7
Aspe . .	0,8809	0,6398	0,515	46,1	0,463	54	0,179	86,3	0,4	3,8	7,8	0,3	6,1	12,1	7	15	32,8
Lärche . .	0,7633	0,6112	0,607	27,3	0,560	34,3	0,238	77,1	0,2	3,4	6,9	0,4	5,2	10,5	8,5	10,5	26,7
Weisstanne	0,8041	0,5878	0,529	37,3	0,510	43,8	0,214	81	0,0	2,3	4,6	0,4	5,7	11,4	10	11	28,7
Linde . .	0,7690	0,5810	0,505	41,6	0,484	47,7	0,240	84,1	0,0	5,7	11,1	0,1	8,8	16,9	8	25,5	48,9
Fichte . .	0,5266	0,4931	0,487	13,1	0,457	23,1	0,193	73,3	0,0	3,1	6,1	0,3	5,7	11,3	9	10,5	27,1

Die Versuche wurden mit Würfeln aus 75- bis 100jährigen Stämmen ausgeführt. Zur Herstellung des Zustandes „dürr“ wurden zuerst Versuche vorgenommen, das Holz chemisch trocken herzustellen. Da dies misslang, so brachte man die Würfel Anfangs Mai in den Darrraum der Parquettenfabrik am Sulgenbach bei Bern. Die Resultate dieser durch 2 Monate fortgesetzten Darrung bei allmählich steigender Temperatur, welche in den letzten 14 Tagen bis 100° betrug, wurden an Ort und Stelle durch Messungen und Wägungen festgestellt. Zur Verkohlungsbediente man sich der Apparate der Pulverfabrik in Worblauen. Die Würfel wurden in eingemauerten Retorten verkohlt und nach vollendeter Verkohlungs- und Abkühlung an Ort und Stelle gemessen und gewogen.

Die Ausbeute verschiedener Holzarten bei der trockenen Destillation bestimmte Senff (J. 1885, 433) mit einer gusseisernen Retorte von 60 cm Länge und 20 cm Durchmesser. Die Holzproben waren lufttrocken. Um die Ausbeuten bei langsamer und schneller Destillation festzustellen, wurde entweder die Retorte erst nach dem Beschicken und Schliessen angeheizt und während der Destillation ein kleines Feuer unterhalten, oder das Holz wurde in die glühende Retorte geschoben, diese rasch geschlossen und kräftig gefeuert. Bei 4 bis 6 k Holz dauerte die langsame Verkohlungs- etwa 6, die schnelle nur etwa 3 Stunden. Nach beendigter Destillation blieb die Retorte bis zu völligem Erkalten geschlossen. Sofort nach dem Öffnen wurde die rückständige Holzkohle gewogen und nach mehrwöchentlichem Lagern in gewöhnlicher Zimmerluft ihre Gewichtszunahme festgestellt. Von dem Destillate wurden Theer und Rohessig durch Scheidetrichter getrennt; die Gasmenge ergibt sich aus dem Verluste. Da die Menge des gebildeten Holzgasest nicht wohl zu bestimmen war, diese auch bekanntlich meist der der Essigsäure entspricht, so sind die Versuchsergebnisse nach der Ausbeute an wasserfreier Essigsäure bei langsamer Verkohlungs- geordnet. 100 k lufttrockenes Holz gaben, langsam (l) bez. schnell (s) verkohlt, die in folgender Tabelle zusammengestellten Zahlen.

Holzsorte	Gesamtdestillat	Theer	Rohessig		Wasserfreie Säure	Holzkohle		Uncondensirte Gase
			k	Proc.		k	Proc.	
Carpinus Betulus L.	l 52,40	4,75	47,65	13,50	6,43	25,37	6,09	22,23
	s 48,52	5,55	42,97	12,18	5,23	20,47	10,03	31,01
Alnus glutinosa Gaertn.	l 50,53	6,39	44,14	13,08	5,77	31,56	6,29	17,91
geschält	s 47,76	7,06	40,70	10,14	4,13	21,11	9,52	31,13
Betula alba L.	l 51,05	5,46	45,59	12,36	5,63	29,24	1,29	19,71
	s 42,98	3,24	39,74	11,16	4,43	21,46	7,37	35,56
Fagus silvatica L.	l 51,65	5,85	45,80	11,37	5,21	26,69	4,61	21,66
	s 44,35	4,90	39,45	9,78	3,86	21,90	8,45	33,75
Populus tremula L.	l 47,44	6,90	40,54	12,57	5,10	25,47	—	27,09
	s 46,36	6,91	39,45	11,04	4,36	21,33	—	32,31
Quercus Robur L.	l 48,15	3,70	44,45	9,18	4,08	34,68	4,67	17,17
	s 45,24	3,20	42,04	8,19	3,44	27,73	6,36	27,03
Pinus Larix L.	l 51,61	9,30	42,31	6,36	2,69	26,74	8,08	21,65
	s 43,77	5,58	38,19	5,40	2,06	24,06	8,72	32,17
Pinus Abies L.	l 46,92	5,93	40,99	5,61	2,30	34,30	4,82	18,78
	s 46,35	6,20	40,15	4,44	1,78	24,24	9,63	29,41

Die Ausbeuten an Rohessig, Theer und Kohle sind somit bei den verschiedenen Hölzern nicht wesentlich verschieden, wohl aber der procentische Säuregehalt des gewonnenen Rohessigs und damit der Gewinn an wasserfreier Säure. Laubhölzer geben größere Ausbeute als Nadelhölzer, Stammholz mehr als Astholz, Holz mehr als Rinde, gesundes Holz mehr als krankes. Bei schneller Verkohlung entstehen mehr Gase auf Kosten der Ausbeute an Destillat und Holzkohle. (Vgl. Methylalkohol und Holzessig.)

Torf.

Torf¹⁾ findet sich in bauwürdigen Mengen nur in der gemäßigten Zone. In Deutschland finden sich bauwürdige Torflager besonders in den Provinzen Hannover (die Emsmoore umfassen fast 3000 qkm), Schleswig-Holstein, Pommern, Brandenburg, Posen, Preussen, Westfalen, ferner in Oldenburg, Bayern, Württemberg, Baden. Besonders reich an Torfmooren sind Irland, Schottland, Norwegen und Schweden, das westliche und östliche Russland, Holland, das nordwestliche Frankreich und ein Theil der Schweiz.

Torf bildet sich durch Zersetzung der verschiedensten Pflanzen in Gegenwart von Wasser bei mittlerer Temperatur. Man unterscheidet: Moos-, Haide-, Schilf-, Gras-, Holz-Torf; je nach dem Grade seiner Zersetzung und nach der Tiefe der Schichten, aus denen er stammt, bezeichnet man ihn als amorphen Torf, Speck- oder Pechtorf, wenn in den unteren Schichten des Lagers die Zersetzung der Pflanzen bis zur Vernichtung der Structur vorgeschritten ist, so dass die Schnittfläche des Torfes glänzend erscheint; als Fasertorf, Rasen- oder Moostorf, wenn die Structur der Pflanzenreste in ihm noch deutlich erkennbar ist; er besteht dann in seiner ganzen Masse aus einem lockeren, filzartigen Gewebe von hellerer Farbe, dessen specifisches Gewicht leichter ist als das des Pechtorfes; Torf von solcher Beschaffenheit findet sich namentlich in den oberen Schichten des Lagers.

1) Ausführlich in Ferd. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 429.

Der Wassergehalt des frischen Torfes ist sehr hoch, der des lufttrockenen meist 15 bis 20 Proc., der Aschengehalt beträgt 2 bis 20 Proc.; Torf mit erheblich höherem Aschengehalt lohnt nicht mehr die Gewinnung. Folgende Analysen zeigen beispielsweise die Zusammensetzung des Torfes.

Torfanalysen (Trockensubstanz)	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Asche	Analytiker
Dichter Torf von Bremen	57,84	5,85	32,76	0,95	2,60	Breuninger
Desgleichen	57,03	5,56	34,15	1,67	1,57	
Grunewald	49,88	6,50	42,42	1,16	3,72	Websky
Harz	50,86	5,80	42,70	0,77	0,57	
Desgleichen	62,54	6,81	29,24	1,41	1,09	R. Wagner
Linum	59,47	6,52	31,51	2,51	18,53	
Hundsmühl	59,70	5,70	33,04	1,66	2,92	Petersen
Bayern, Presstorf	55,60	5,87	32,70	0,85	4,98	
Baden	50,37	5,60	32,56	2,62	9,21	Fischer
Gifhorn, Presstorf	56,02	5,57	34,60	1,11	2,70	

Letztere Probe ergab einen Brennwerth von 5430 w (bez. auf fl. Wasser), während die Dulong'sche Formel nur 4953 w ergeben hätte.

Der in gewöhnlicher Weise gewonnene Torf ist ein minderwerthiger Brennstoff, weil er im Verhältniss zu seinem Brennwerthe einen sehr grossen Raum einnimmt. Dieser Uebelstand ist allerdings wesentlich gemindert durch das Pressen des Torfes, wodurch aber wieder der Preis so erhöht wird, dass Torf wesentlich nur in den Gegenden verwendet werden kann, wo er gewonnen wird. Auch die durch Verkohlung in geschlossenen Behältern hergestellte Torfkohle hat nur beschränkte Anwendung gefunden, weil sie zu weich ist. Die trockene Destillation des Torfes zur Gewinnung von Paraffin und Solaröl wird wegen des Preisrückganges dieser Stoffe kaum noch vortheilhaft sein. Dasselbe gilt von dem Vorschlage, den Torf auf Ammoniak zu verarbeiten. Eine beschränkte Anwendung findet der lose Torf zur Herstellung von Papp, während die Verarbeitung desselben zu Torfstreu einen bedeutenden Umfang angenommen hat.

Mineralkohlen.

Man unterscheidet meist Braunkohlen und Steinkohlen, obgleich eine strenge Trennung beider nicht möglich ist¹⁾. Fossile Kohlen, welche geologisch jünger sind als die Kreideformation, bezeichnet man als Braunkohlen, ältere als Steinkohlen. Da der Stickstoffgehalt der Steinkohlen meist grösser ist als der der Braunkohlen, so liefern letztere beim Erhitzen in einem Probirglase meist Dämpfe, welche durch vorherrschende Essigsäure sauer reagiren, während bei gleicher Behandlung von Steinkohle, durch vorwaltendes Ammoniak und durch Ammoniakbasen (Anilin, Lepidin u. dgl.) ammoniakalisch reagirende Dämpfe sich bilden; Steinkohle mit Kalilauge erhitzt lässt die Flüssigkeit farblos, Braunkohle färbt sie meist durch Bildung von Kaliumhumat (und vielleicht auch Phlobaphen) braun. Ferner entsteht bei der Einwir-

1) Mineralkohlen sind zwar schon sehr lange bekannt; in Deutschland wurden Steinkohlen bereits im 12. Jahrhundert als Brennstoff verwendet, Braunkohlen im 16. Jahrhundert, doch war bis Anfang dieses Jahrhunderts die Verwendung von Mineralkohlen nur unbedeutend. — Ausführlich in Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. 1, S. 457.

kung schmelzender Aetzalkalien auf Braunkohlen Brenzcatechin. Alle derartige Proben sind aber unzuverlässig; über die Constitution der Kohlen wissen wir noch nichts ¹⁾.

Die Mineralkohlen sind, entsprechend der Torfbildung, durch langsame Zersetzung verschiedener Pflanzenreste unter Wasser entstanden. Auf die verschiedenen Theorien hierüber sei verwiesen ²⁾.

Die Braunkohlen unterscheidet man je nach dem Zersetzungsgrad in 1. Lignit, hellbraune faserige Braunkohle mit noch deutlicher Holzstructur; — 2. erdige Braunkohle, braune erdige Masse, theils in Stücken, theils zerfallen; hierzu gehört auch die Schmelzkohle und die sog. Kölnische Umbra; — 3. Pechkohle, schwarz mit muschligem Bruch. Die Pechkohle mit glänzendem Bruch (Gagat oder Jet) wird zu Schmucksachen verarbeitet.

Folgende Analysen mögen als Beispiele dienen:

Braunkohlen von	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Schwefel	Wasser	Asche	Analytiker
Uslar	30,04	2,10	14,80	0,76	1,12	50,12	1,06	F. Fischer
Hangelsberg bei Berlin	31,71	2,09	10,05	0,62	0,60	49,89	4,04	
Webau	61,38	6,03	13,41	0,50	0,37	—	8,31	
Bauersberg, hell Lignit	60,44	5,30	22,01	Spur	0,86	10,74	0,65	Klinger und Reichardt
Antonstolln (Bayern)	34,80	3,00	20,70	2,40	3,80	22,40	12,90	
Roth "	39,10	2,75	8,25	0,90	6,50	23,50	19,00	
Bauersberg "	34,10	2,74	15,41	Spur	1,91	15,44	30,44	
Balkenstein " Pechkohle	75,10	4,30	18,80	—	—	2,70	1,10	
Hillenberg " "	74,00	3,35	17,75	—	1,10	1,80	2,00	
Antonstolln " "	72,45	3,80	13,73	—	1,50	3,00	5,55	

Die Zusammensetzung der Braunkohlen — und damit auch der Brennwerth — schwankt demnach sehr bedeutend.

Von Steinkohlenanalysen ³⁾ mögen folgende als Beispiele dienen:

Steinkohle	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Wasser	Analytiker	
Ruhrkohlen { Sälzer und Neuack, I	79,63	4,08	1,22	4,43	0,88	6,76	3,00	F. Fischer	
	Hansa	80,18	5,29	0,61	8,10	0,52	4,22		1,08
	Germania	80,91	3,11	0,91	7,14	0,51	7,42		—
	Unser Fritz I	76,36	4,39	1,69	8,15	1,42	8,05		—
	" " II	83,15	4,84	1,32	8,74	0,42	1,53		—
Saarkohlen, Duttweiler	83,63	5,19	0,60	9,06	—	1,52	—	—	
Deister	67,41	4,37	1,36	8,28	2,34	16,24	—	Fischer	
Schlesien { Königshütte, Förderk.	60,27	3,27	0,68	10,72	1,22	20,83	4,23	Schwack- höfer	
	" Nuss	73,36	4,32	1,10	10,22	0,41	5,44		5,56
	Paulusgrube, Würfel	75,39	4,27	0,97	11,77	0,52	3,12		4,48
	Morgenroth, Nuss	69,28	3,83	1,05	13,18	0,60	3,93		8,73
	Waldenburg, "	75,28	4,27	0,93	8,98	0,90	8,39		2,15
Bayern { Eschelbach	82,04	4,34	2,32	11,30	1,60	8,32	—	Schaf- häutel	
	Miesbach	73,06	4,90	1,76	20,32	5,36	1,08		—
	"	72,77	6,38	1,41	20,92	4,44	1,12		—

1) Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. I, S. 525.

2) Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 564.

3) Zahlreiche Analysen sind zusammengestellt in Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. I, S. 502 bis 517.

Demnach ist auch der Werth der Steinkohle sehr verschieden und sollte häufig controlirt werden (S. 9).

Als verschiedene Arten der Steinkohlen unterschied Hilt (J. 1873) nach der Koksausbeute (S. 7):

Koksausbeute		
52,6 bis 55,5 Proc.		1. Gasreiche Sandkohlen,
55,5 " 60,0 "		2. Gasreiche (junge) Sinterkohlen,
60,0 " 66,6 "		3. Backende Gaskohlen,
66,6 " 84,6 "		4. Backkohlen,
84,6 " 90,0 "		5. Gasarme (alte) Sinterkohlen,
über 90,0 "		6. Magere anthracit. Kohlen.

Zu beachten ist auch die Beschaffenheit der Koksprobe (S. 7).

Als Anthracite bezeichnet man tiefschwarze Steinkohlen, welche wegen des geringen Gehaltes an Wasserstoff mit sehr wenig leuchtender kurzer Flamme brennen und nicht im Feuer erweichen; folgende Analysen als Beispiele:

Anthracite		Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Wasser	Analytiker
Wales Piesberg bei Osnabrück	Förderkohlen	75,41	1,51	0,42	1,82	4,14	16,70	—	F. Fischer
	Hasestollen, weiche Stückkohlen	86,92	1,83	1,66		2,08	3,73	3,87	
	Hasestollen, harte Stückkohlen	84,95	1,90	0,59		3,72	5,40	3,44	Kämpfer
	Hasestollen, Förder- kohlen	71,65	1,56	0,93		6,09	16,32	3,45	
Wales	Ponticats	91,16	3,11	0,91	2,74	0,86	1,12	—	Lecornu
	Timber Flötz	93,00	3,08	0,54	1,67	0,68	1,03	—	
	Jones & Co.	91,44	3,46	0,21	2,58	0,79	1,52	—	

Folgende Analysen westfälischer sog. Esskohlen verglichen mit Nixon's Steam Navigation coal, welche in der deutschen und englischen Marine als Normalkohle bei Ermittlungen über die Leistungen der Schiffe und Maschinen verwendet wird, als Beispiele:

	Asche	Schwefel	Wasser- und aschenfrei			
			C	H	O + N	Koksausbeute aschenfrei
Nixon's Steam Navigation coal	2,78	0,10	92,71	4,26	3,03	90,3
Zeche Ringeltaube bei Annen, Flötz II	1,56	0,18	91,14	4,87	3,99	85,0
Zeche Ringeltaube, Flötz III	1,54	0,24	90,57	4,46	4,97	88,2
Zeche Bickefeld	3,94	1,45	91,99	4,27	3,74	86,4

Cannelkohle (Parrotkohle) brennt an der Flamme entzündet wie ein Licht (candle); wegen ihres hohen Wasserstoffgehaltes gibt sie hohe Gasausbeute. Sie hat meist ein festes gleichmässiges Gefüge und muscheligen Bruch. Sog. Stellarit wirft beim Brennen Funken aus. Eine Abart der Cannelkohle ist die Bogheadkohle¹⁾, welche besonders bei Torban-Hill bei Bathgate (Edinburg) vorkommt, und besonders als Gaskohle verwendet wird. Folgende Analysen als Beispiele:

1) Vgl. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 522.

	C	H	O	N	S	Asche
Schottische Bogheadkohle	61,04	9,22	4,40	0,77	3,25	24,23
Cannelkohle	68,13	6,49	2,99	2,27	2,47	12,13
Torbanit	66,00	8,58	5,83	0,55	0,70	21,18
Stellarit	80,96	10,15	0,68	5,58	—	8,21

Wie es nach der überaus verschiedenen Beschaffenheit und Zusammensetzung der Kohlen schon erwartet werden konnte, verhalten sich die Kohlen dem Einflusse der Luft gegenüber sehr verschieden. Einige erwärmen sich rasch und neigen zur Selbstentzündung¹⁾, andere verlieren beim Lagern mehr oder weniger stark an Brennwerth, andere wieder verändern sich an der Luft nur sehr wenig und zeigen keine Selbstentzündung. Jede Kohle, welche gelagert oder verschifft werden soll, sollte daher vorher untersucht werden, ob sie leicht Gase entwickelt oder Sauerstoff aufnimmt.

In den wichtigsten Kohlen führenden Staaten betrug die Kohlenförderung in Millionen Tonnen (à 1000 k):

	Steinkohle						Braunkohle			
	1850	1860	1870	1880	1890	1895	1860	1880	1890	1895
Deutschland	5	14	26	47	70	80	5	12	19	25
Oesterreich	1	2	4	6	9	10	2	9	15	18
Belgien	6	10	14	17	20	19	—	—	—	—
Frankreich	4	8	13	19	25	28	—	—	—	1/2
Russland	—	—	1	3	6	8	—	—	—	—
Grossbritannien	46	86	112	149	184	192	—	—	—	—
Vereinigte Staaten Amerikas	6	15	36	—	140	172	—	—	—	1

Bei dieser gewaltigen Steigerung der Kohlenproduction ist die Frage nach der Erschöpfung der Kohlenvorräthe der Erde wohl gerechtfertigt. Folgende Zusammenstellung zeigt die betreffenden Schätzungen²⁾:

	Kohlenvorräthe in Millionen Tonnen		Voraussichtliche Erschöpfung in Jahren
	bis 1000 m Tiefe	über 1000 m Tiefe	
Ruhrbecken	18 121	11 888	900
Saarbecken	12 134	6 575	800
Aachen	1 071	116	800
Oberschlesien	43 847	—	700
Niederschlesien	909	26	250
Sachsen	400	—	100
Oesterreich		17 000	500
Frankreich		24 000	500
Belgien		15 000	700
Grossbritannien		195 000	200 bis 600
Nordamerika		680 000	650

1) Vgl. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 584.

2) Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 495.

Wenn demnach auch noch gewaltige Kohlenvorräthe vorhanden sind, so ist doch sehr zu bedenken, dass die Kohlenvorräthe der heutigen Culturstaaten in 200 bis 800 Jahren erschöpft sein werden¹⁾. Dass selbst die heutige, geschweige denn eine gesteigerte Cultur unmöglich zu erhalten ist, wenn kein Ersatz für diese Energievorräthe geschaffen wird, bedarf keines Beweises. Jedenfalls haben wir alle Ursache, mit unseren Kohlen sparsamer zu sein, als dieses jetzt vielfach der Fall ist.

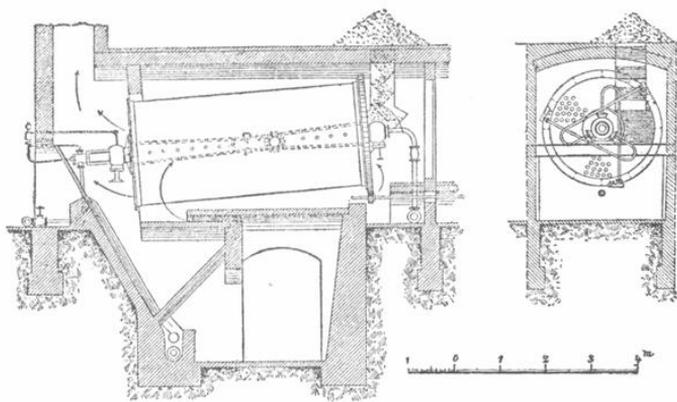
Presskohlen. Da die Braunkohlengruben meist nur 15 bis 25 Proc. Stückkohlen liefern, die Feinkohle aber als minderwerthiger Brennstoff nur für die nächste Umgebung der Grube in Frage kommt, daher grösstentheils in der Grube zurückgelassen oder auf die Halde geworfen werden musste, so mischte man schon von Alters her, besonders in der Provinz Sachsen, einen Theil dieser abfallenden Klarkohlen mit Wasser, zuweilen auch unter Zusatz von etwas Lehm, und formte mit der Hand zu ziegelsteinähnlichen Stücken (Braunkohlziegel) oder in der Rheinprovinz zu blumentopfähnlichen, sog. „Klütten“. Allmählich ging man zum Maschinenbetrieb über, indem man das Braunkohlenklein in Ziegelmaschinen formte und an der Luft trocknete. Diese Nasspresssteine sind aber noch mangelhaft. Werthvoller sind die sog. Darrpresskohlen oder Briketts. Die Kohle wird zunächst bis auf etwa 15 Proc. Wassergehalt getrocknet, dann gepresst²⁾. Zum Trocknen werden besonders Dampftelleröfen verwendet, ferner Röhrentrockenöfen.

Der Röhrentrockenofen von Schulz (Fig. 17 und 18) ist ein runder Cylinder, in welchem eine grössere Anzahl kleinerer Röhren angebracht ist, also eigentlich ein Röhrenkessel.

Er liegt schräg geneigt und wird um seine Längsachse gedreht. Die Achsen bilden zwei nach der Mitte sich verjüngende und daselbst mit einander verbundene Zapfen, die hohl und deren Mantelflächen durchlöchert sind. Der zum Trocknen nöthige Dampf, Ablassdampf von den Maschinen, wird in den oberen Zapfen eingelassen und strömt, nachdem er

Fig. 17.

Fig. 18.



durch die in den Zapfen angebrachten Löcher die Röhren umspült hat, durch den unteren Zapfen aus. An der höher liegenden Stirnwand des Apparates ist ein Rumpf angebracht, aus welchem die Kohlen in die Röhren fallen, in Folge des Umlaufes und der schrägen Lage allmählich hindurchgleiten und an der unteren Stirnwand herausfallen. Zur Ableitung des sich sammelnden Dampfwassers sind an der unteren Stirnwand drei Ableitungsrohre angebracht.

1) Bessere Ausnutzung der Wasserkräfte, auch Ebbe und Flut oder Wind reichen nicht annähernd dafür aus, wohl aber könnte an die Ausnutzung der Sonnenwärme in den Tropen gedacht werden. (Vgl. Zft. f. angew. Chem. 1897, 481.)

2) Ausführlich in F. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe Bd. 2.

Zur Herstellung von Braunkohlensteinen werden die bis zu einem gewissen Grade getrockneten Kohlen einem sehr kurz anhaltenden, zwischen 1000 und 1500 Atm. betragenden hohen Druck ausgesetzt, um sie bis zur Steinhärte zu verdichten. Die in der Braunkohle enthaltenen harzigen und organischen Stoffe, als Bernstein, Oxalit, Mellit, Retinit, Pyropisit u. s. w., erhitzen sich unter dem plötzlichen hohen Druck, erweichen und bilden gleichsam den Kitt für die holzig-kohligen Theilchen der Braunkohle. Der Wassergehalt ist von 40 bis 60 auf 14 bis 18 Proc. herabzumindern, welcher Gehalt verbleiben muss, damit beim Pressen die harzigen Theile nicht zu stark erwärmt werden, sich zersetzen und ihre Bindekraft verlieren.

Die Kohlenziegel (Kohlenbriketts, Presskohlen, Brennsteine) bestehen aus Steinkohlenklein und einem Bindemittel, welches theils organischer, theils unorganischer Natur ist. Kohlenklein und Bindemittel werden vereinigt und dann unter Pressen in die übliche Form gebracht. Zu den Bindemitteln organischer Art, welche man in der Presskohlenfabrikation anwendet, gehören besonders Steinkohlentheer, weiches und hartes Steinkohlenpech, ferner Asphalt, Stärkekleister aus Kartoffel- oder Getreidemehl, Eiweiss, Melasse u. dgl.; zu den letzteren Letten, Gyps, Alaun mit Kalk, Wasserglas u. dgl. ¹⁾.

Die geformte Holzkohle (Pariser Kohle) besteht aus Holzkohle, welcher man durch Beimischen von Holztheer und Verkohlung des letzteren Zusammenhang ertheilt hat. 100 k Kohlenpulver werden mit Steinkohlentheer durchknetet; die durchknetete Masse wird darauf in die Form von Cylindern gebracht. Die geformten Kohlencylinder werden 36 bis 48 Stunden lang an der Luft ausgetrocknet und darauf in Muffelöfen verkohlt. — Hierher gehört auch die gepresste Holzkohle (Pyrolith), bestehend aus Holzkohlenpulver, etwas Salpeter und einem Bindemittel (Dextrin oder Kleister). Durch den Salpeter wird die Entzündlichkeit der Kohle erhöht und das Fortbrennen derselben erleichtert. Man verwendet die Presskohle zum Heizen der Eisenbahnwagen, für kleine Wärmöfen u. dgl. Ein sehr mangelhafter Brennstoff sind die mit viel Reclame von Nieske in den Handel gebrachten aus Kohlenpulver geformten Stücke, Carbonatron genannt.

Koks ²⁾. Das Verkoken der Steinkohle hat den Zweck: 1) den Kohlenstoffgehalt zu vergrössern, um mit dem Koks eine höhere Temperatur als mit den Steinkohlen hervorbringen zu können; 2) die während des Brennens, namentlich zum häuslichen Gebrauch, unangenehm riechenden Bestandtheile zu entfernen; 3) den Steinkohlen die Eigenschaft zu benehmen, in der Hitze teigig zu werden, wodurch, besonders bei der Anwendung in Schachtöfen, die Gebläseluft durchzudringen verhindert wird; 4) einen Theil des Schwefels des in Steinkohlen stets enthaltenen Schwefelkieses zu entfernen.

Die Meilerverkokung ist der Meilerverkohlung sehr ähnlich; sie ist, wie die Haufenverkokung nur noch von geringer Bedeutung.

Ofenverkokung ³⁾. Gegenwärtig wird das Verkoken der Steinkohlen fast durchweg in eigentlichen Oefen (Koksöfen) ausgeführt.

Koksöfen von Gebr. Appolt bildet einen stehenden Schacht, welcher von aussen geheizt wird; die Erhitzung des Ofenschachtes geschieht durch die bei der Verkokung sich entwickelnden und angezündeten Dämpfe und Gase. Fig. 19 zeigt den Durchschnitt, Fig. 20 den Horizontaldurchschnitt nach der Linie 1 bis 2. Damit die Hitze besser in die Schächte *a* dringe, sind dieselben von länglich viereckigem Querschnitte (0,45 und 1,24 m bei 4 m Tiefe) und zur besseren Ausnutzung der Wärme sind je 12 Schächte in zwei Reihen zu einem Gesamtofen vereinigt. Die einzelnen

1) Ausführlich in Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe Bd. 2.

2) Englisch Cokes (von coquere), nicht coaks (von coagere), daher auch im Deutschen Koks (mit dem allerdings nicht gebräuchlichen Singular Kok).

3) Ausführlich in F. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig 1898) Bd. 2.

Schächte, deren Wände durch hohle Räume *b* getrennt sind, sind unter sich und mit dem Mantel durch Bindesteine verbunden; die hohlen Räume sind mit einander verbunden. Jede Abtheilung hat zwei Oeffnungen, eine obere, durch welche die Steinkohlen eingeschüttet werden, und eine untere, mit einer klappenartigen eisernen Fallthüre verschlossen, durch welche man die Koks herausfallen lässt. In dem unteren

Fig. 19.

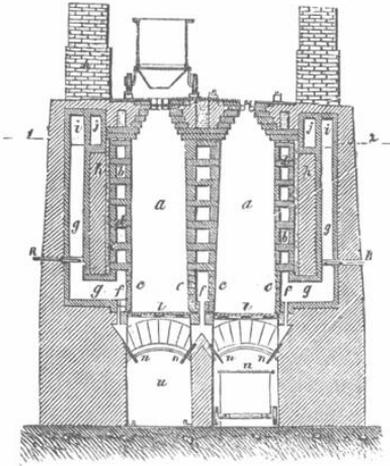
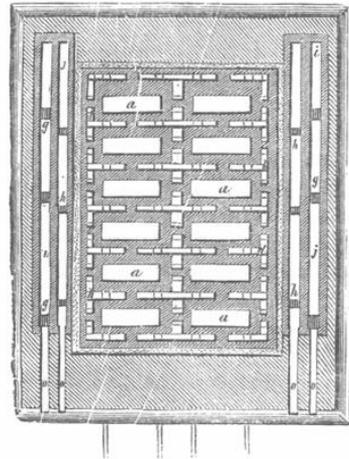


Fig. 20.



Theile der Seitenwand der Abtheilungen sind zwischen den Steinen enge Spalten *e* angebracht, durch welche die Gase und Dämpfe abziehen, welche in den hohlen Räumen, unter Mitwirkung von Luft, die durch *f* einströmt, verbrannt werden. Die durch diese Verbrennung erzeugte Hitze bewirkt die Verkokung der im Innern der Abtheilungen befindlichen Steinkohle. Die verbrannten Gase strömen durch die Kanäle *g* und *h* ab. Durch die Schieber *R* wird der Zug geregelt. Die Kanäle *g* münden in einen wagrechten Kanal *i*, die Kanäle *h* in einen solchen *j*. Die beiden Kanäle *i* und *j* vereinigen sich in der Esse *k*. Die Abtheilungen des Ofens sind (Fig. 19) an ihrem oberen Ende durch stufenweise vorspringende Steine verengt, so dass nur eine kleine Oeffnung übrig bleibt, welche durch einen gusseisernen Deckel verschlossen wird. Eine über jede Reihe von Ofenabtheilungen angebrachte Eisenbahn nimmt den Wagen auf, welcher jedesmal etwa 12 hk Steinkohlen als Beschickung einer Abtheilung zuführt. Unterhalb des Ofens sind zwei Kanäle *u* angebracht, in welche auf Eisenbahnen die Wagen geschoben werden, welche die Koks aufnehmen sollen.

Im Saargebiete sind wagrechte Oefen mit lothrechten Gaszügen nach Coppée und François-Rexroth in allgemeiner Anwendung. (J. 1890, 5.)

Von grosser Bedeutung sind die Koksöfen mit Gewinnung von Theer und Ammoniak. Der älteste derartige Ofen wurde von Knab nur mit Sohlenheizung versehen, Carvés (J. 1863, 753) führte dazu die Wandheizung ein und Hüssener (J. 1883, 1215) verbesserte die Gas- und Luftzuführung. Bei den darnach gebauten 50 Oefen in Gelsenkirchen ist die Retorte 9 m lang, kegelförmig, im Mittel 0,575 m breit, 1,8 m hoch. Ihr nutzbarer Raum ist 88 Proc. des Gesamt-raumes und fasst je 5,5 t fein gesiebter, trockener Koks-kohlen, 1 cbm derselben zu 690 k gerechnet. Die Destillation ist seit November 1882 in ununterbrochenem Betriebe. Anfänglich wurden fein gesiebte Gaskohlen von Gelsenkirchen verarbeitet;

die Kohlen waren verhältnissmässig, weil nicht gewaschen, zu unrein, der Absatz machte Schwierigkeiten; ausserdem entstand aus der Unreinheit zu viel Lösche, so dass man vortheilhafter fand, namentlich auch wegen der zeitigen Preisverhältnisse, statt Gaskohlen zum grösseren Theile Fettkohlen zu verwenden. Die Garungsdauer, anfänglich 72 Stunden, wurde allmählich durch richtigere Vertheilung der Gase in die Kanäle auf 52 bis 56 Stunden heruntergedrückt. Um eine periodische Regelmässigkeit der Beschickungen und Entleerungen der Retorte zu erreichen, erfolgen dieselben gegenwärtig innerhalb 60 Stunden für den Ofen. Das Ausbringen betrug bei:

	Gaskohlen	Fettkohlen
Stückkoks	61,70 Proc.	75,0 Proc.
Kleinkoks	3,50	0,8
Lösche	9,18	1,2
Theer	2,72	2,77
Schwefelsaures Ammoniak	0,924	1,10

Der erhaltene Theer ist sehr dünnflüssig; 100 k desselben ergaben 58,83 Proc. Destillate, 39,51 Pech und 1,65 Proc. Verlnst. Die nähere Untersuchung des Theeres lieferte:

An Benzol, scharf mit Schwefelsäure und Natron gereinigt und mehrfach fractionirt:

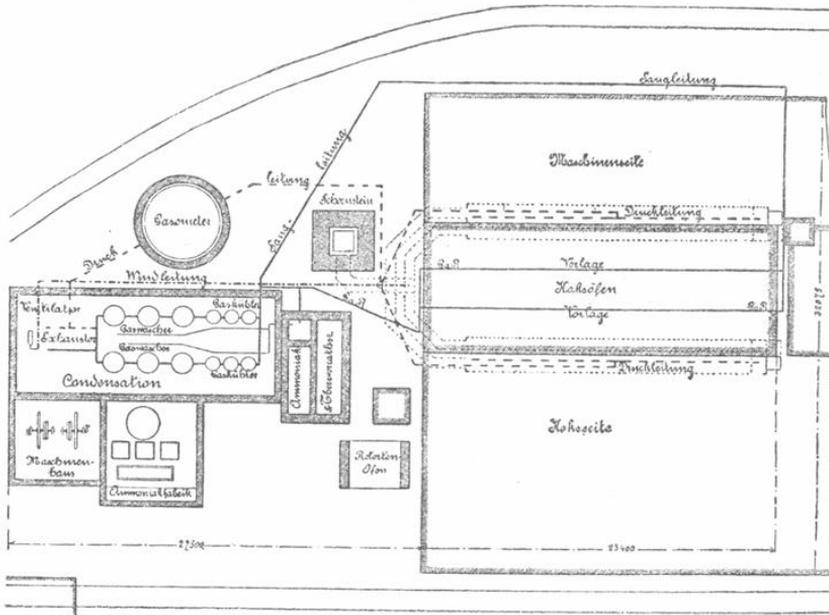
von 80 bis 100° siedend	0,59
„ 100 „ 140° „	0,49
also von 80 bis 140° siedend	1,08
Sogen. „Solvent Naphta“	0,39
Phenol, scharf gereinigt	1,37
Reinanthracen nach L u c k mit Schwefelsäure	0,95

während in allen Gastheeren bisher nur 0,25 bis 0,3 Proc. gefunden wurde.

G. Hoffmann verbindet die Koksöfen mit Siemens'schen Wärmespeichern. Diese Einrichtung ist zuerst versuchsweise bei den Schlesischen Kohlen- und Kokswerken in Gottesberg ausgeführt, ohne Anlagen von Condensationsapparaten für das Gas, dann mit sehr vollkommener Verflüssigungseinrichtung an einer Anlage von 20 Koksöfen auf der Zeche Pluto bei Wanne und an 20 Koksöfen bei den genannten Werken in Gottesberg. Fig. 21 zeigt die Gesamtanordnung der Koksöfen und Condensation auf der Zeche Pluto, Fig. 22 bis 27 (S. 26) veranschaulichen nähere Einzelheiten derselben. — Die Koksöfen mit lothrechten Zügen in den Seitenwänden sind 9 m lang, haben eine lichte Weite von 0,6 m, eine Höhe von 1,6 m, bis zum Widerlager und die Entfernung von Mitte zu Mitte beträgt 0,95 m. Bei den gewöhnlichen Koksöfen ohne Theer- und Ammoniakgewinnung sind in den Verkokungsräumen Oeffnungen vorhanden, durch welche die Gase aus den Verkokungsräumen zuerst in die Seitenwände und dann in die Sohlkanäle ziehen, um dort mit zugeleiteter Luft zu verbrennen und durch diese Verbrennung die Verkokungskammer selbst für den Verkokungsprocess genügend zu heizen. Bei dem vorliegenden Ofen fehlt dagegen jede directe Verbindung von Verkokungsraum und Wand; vielmehr hat ausser den Entlade- und den Beschickungsöffnungen, welche während des Betriebes geschlossen sind, dieser Ofen nur 2 Oeffnungen *a* im Gewölbe, durch welche die bei dem Verkokungsprocess entwickelten Gase aus dem Ofen entweichen können. In der Seitenwand des Ofens ist unter dem Widerlager ein liegender Kanal *m* angeordnet, welcher über den sämtlichen lothrechten Zügen der Seitenwand hergeht und eine Verbindung derselben ermöglicht. Jeder Sohlkanal ist in der Längsrichtung des Ofens durch eine Scheidewand in zwei Hälften *s* und *S* getheilt. Jede dieser Hälften steht in Verbindung mit zwei Regeneratoren, welche neben einander liegen und von denen *g* und *G* zur Erhitzung des zur Verbrennung zu verwendenden Gases, *l* und *L* zur Erhitzung der zur Verbrennung

dieses Gases notwendigen Luft dienen soll. Diese Regeneratoren sind lange Kanäle, mit Steinen gitterartig ausgesetzt, um eine grosse Oberfläche zu erzielen. Dieselben gehen unter der ganzen Gruppe her und an deren Ende stehen die beiden Lufterhitzer L und Z durch eine Wechselklappe entweder mit dem Luftzuströmungsröhre, oder mit dem Schornsteine in Verbindung; dabei sind die Gaserhitzer g und G ebenfalls durch eine besondere Wechselklappe entweder mit dem Gaszuströmungsröhre, oder mit dem

Fig. 21.



Schornsteine in Verbindung gebracht. Sind nun die Oefen in Hitze und durch f mit Kohlen besetzt, so entweichen die Gase der verkokenden Kohlen durch die Oeffnung a in die Steigrohre r und gehen bei geöffnetem Ventile v in die Vorlage V . Von hier ziehen die Gase zur Condensationsanlage, wo sie in den Gaskühlern K gekühlt und dann in den Gaswaschern (sog. Scrubber) W gewaschen werden (vgl. Fig. 25 bis 27 S. 26). Die Gase werden dann durch das gleiche Gebläse, welches dieselben nach den Kühlapparaten hingesaugt hat und das überhaupt die ganze Bewegung der Gase veranlasst, wieder von der Condensation weg nach den Oefen hingedrückt und zwar je nach Stellung der Wechselklappe des Gasdruckrohres entweder nach dem auf der einen Seite liegenden Gasgenerator g , oder nach dem auf der andern Seite liegenden Regenerator G . — Nehmen wir an, das Gas gehe zum Gasregenerator g , so wird die Wechselklappe der Luftregeneratoren so gestellt, dass die eingeblasene Luft in den Luftregenerator l tritt. Dieser und der Gasregenerator g münden bei jedem Ofen durch neben einander liegende Oeffnungen o und d in den Sohlkanal s . Die Verbrennung findet theils im Sohlkanale selbst, theils auf dem weiteren Wege statt. Der gesammte Strom der in Verbrennung begriffenen Gase und der hoch heissen Verbrennungsproducte geht durch die neben einander liegenden Steigkanäle c in den wagrechten Kanal m und von da, durch die lothrechten Züge e abfallend, in den Sohlkanal S , von wo die nunmehr sämmtlich als verbrannt anzunehmenden Gase durch den Luftregenerator L und

Fig. 22.

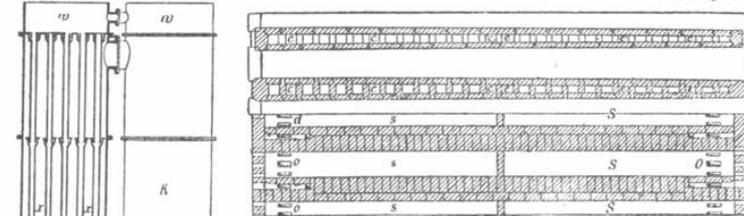
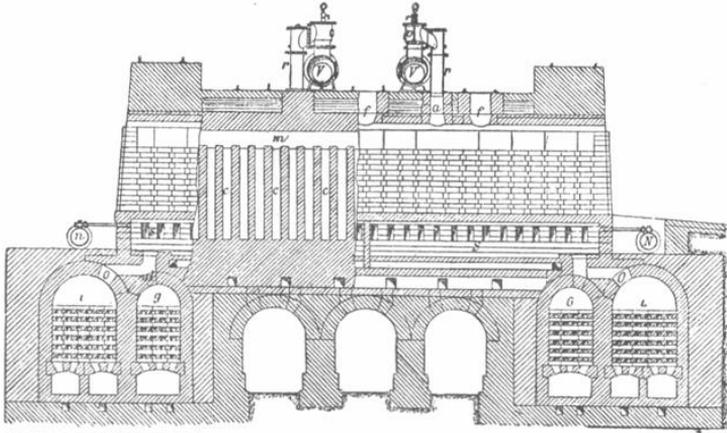


Fig. 24.

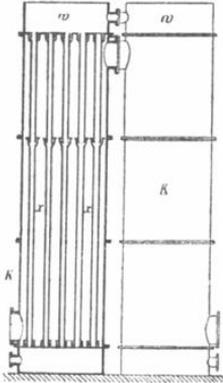


Fig. 25.

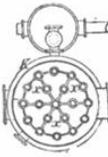


Fig. 26.

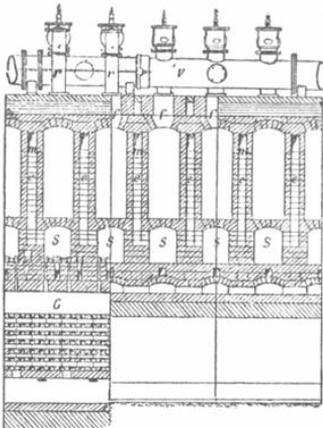


Fig. 23.

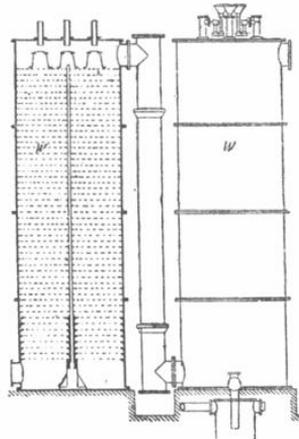


Fig. 27.

den Gasregenerator *G* zum Kamine entweichen und auf diesem Wege ihre Hitze an das Gitterwerk der Regeneratoren abgeben. Nach einer bestimmten Zeit, etwa 1 Stunde,

werden die beiden Wechselklappen umgestellt und es tritt alsdann der umgekehrte Weg ein. Das Gas tritt aus der Condensation in den Gasregenerator *G*, die Luft in den Luftregenerator *L*. Die Verbrennung findet im Sohlkanale *S* statt. Die Stromrichtung des Gases, der Luft und der Verbrennungsproducte geht durch *e* nach *m* und dann durch *c* nach *s* und durch die Regeneratoren *l* und *g* zu dem Kamine.

Dies ist die ursprüngliche Einrichtung der Koksöfen auf Zeche Pluto; es wurde jedoch von Anfang an darauf verzichtet, das Gas zu regeneriren, so dass nur die Luft vorgewärmt wird und zwar aus folgenden Gründen: Das Nebeneinanderliegen der langen Gas- und Luftregeneratoren kann durch mögliche Undichtigkeiten der Zwischenwände zu einer Vermischung von Gas und Luft bereits in den Regeneratoren, also zu Schmelzungen in denselben führen, was Betriebsstörungen zur Folge haben müsste. Ferner geht bei jeder Umstellung der Wechselklappe ein ganzer Regeneratorinhalt an Gas verloren und dieser ist bei der Grösse der Regeneratoren nicht unbedeutend. Zudem kommt das bei der Umstellung weggehende heisse Gas zwischen Klappe und Schornstein mit dem Inhalte des heissen Luftregenerators zusammen und es können Explosionen erfolgen. Endlich ist das Volumen der zur Verbrennung des Gases notwendigen Luft ungefähr das 6fache des Gases; es erscheint also bei dieser Zusammensetzung einfacher und wichtiger, die grosse Masse Verbrennungsluft allein auf eine sehr hohe Temperatur zu bringen, als ausser der Verbrennungsluft auch noch die kleine Menge Gas zu erhitzen und die hierzu nöthige Hitze der Verbrennungsluft zu entziehen. Man benutzt daher beide neben einander liegende Regeneratoren nur für die Luft und führt das Gas aus dem von der Condensation zurückkommenden Gasdruckrohre je nach Stellung der Wechselklappe entweder nach dem Rohre *n*, oder nach dem auf der andern Seite der Koksöfen liegenden Rohre *N*. An jedem Ofen ist durch eine kleine Gasdüse, welche mit einem Hahne versehen ist, eine Verbindung zwischen Gasdruckrohr und Ofensohlkanal hergestellt. Die Klappe im Gasdruckrohre und die Klappe im Ende der Luftregeneratoren werden entsprechend gestellt. Wenn also das Gas durch die Gasdruckleitung und deren Düsen in die Sohlkanäle auf der einen Seite tritt, so streicht auch die Luft durch die auf der gleichen Seite befindlichen Regeneratoren in dieselben Sohlkanäle und die Verbrennung und der Weg der Verbrennungsproducte ist der schon dargelegte. Bei der Umstellung findet der umgekehrte Weg statt.

Statt der zwei Regeneratoren auf jeder Seite wendet man daher jetzt nur noch einen einzigen auf jeder Seite der Batterie an und dienen diese nur zum Wiedererhitzen der Luft. Durch diese einräumige Lufterhitzung mit wechselnder Zugrichtung kann die Verbrennungsluft ganz ausserordentlich rasch und hoch erhitzt werden, viel rascher und höher als durch diejenigen mehrräumigen Anlagen, welche auf der stetigen Erhitzung der Verbrennungsluft durch Wände hindurch beruhen, auf deren einer Seite die Abhitze heizt, während auf der anderen die zuströmende Verbrennungsluft sich erwärmen soll. Die Luft kommt bei dieser Siemens'schen Regeneration auf Zeche Pluto auf eine Temperatur von über 1000^o und durch Anwendung einer so hochgradig heissen Luft als Verbrennungsluft wird es ermöglicht, dass von den aus der Condensation zurückkommenden kalten und durch den Verlust an Theer weniger heizkräftigen Gasen nur ein gewisser Theil gebraucht wird, um durch seine Verbrennung den Verkokungsprocess im Gange und die Oefen hinreichend heiss zu erhalten. Es hat sich beim Betriebe auf Pluto herausgestellt, dass man nicht das sämmtliche vorhandene Gas zur Heizung der Oefen verwenden darf, wenn die betreffenden Verbrennungsstellen u. dgl. nicht zu heiss werden sollen, und dass man also viel mehr Gas hat, als man zur Unterhaltung des Verkokungsprocesses braucht; es beträgt der Ueberschuss etwa

100 cbm für Ofen und Tag. Die Temperatur in Sohlkanälen und Seitenwänden ist so hoch, dass der Verkokungsprocess bei normaler Ladung, der Ofen mit 5750 k trockener Kohlen gerechnet, in 48 Stunden vor sich geht; sehr häufig ist die Garungszeit eine geringere. Wird die Garungszeit eine geringere, als erwünscht, so braucht man nur weniger Gas zuzuführen, um durch eine kleine Erniedrigung der Temperatur wieder eine Garungszeit von 48 Stunden zu bekommen. Man hat überhaupt den Process ganz ausserordentlich in der Hand, weil sowohl Gas, als Luft eingeblasen wird und die Mengen beider genau geregelt werden können. Die Güte des Koks ist eine ganz vorzügliche. Das Ausbringen an Koks ist in Folge des völligen Luftabschlusses um 7 Proc. höher als bei gewöhnlichen Oefen.

Die Gaskühler *K* (Fig. 25 und 26 S. 26) sind eiserne stehende Cylinder, mit im Deckel und Boden derselben befestigten Eisenröhren *x*. Aus dem Aufsatz *w* strömt Wasser durch die Eisenröhren nach unten und kühlt das Gas ab, welches seinen Weg zwischen diesen Kühlröhren der Richtung des kalten Wassers entgegen nimmt. Mehrere Gaskühler stehen so mit einander in Verbindung, dass das Kühlwasser, welches von dem ersten Gaskühler unten abfließt, bei dem zweiten oben einfließt und so fort, während das Gas den entgegengesetzten Weg macht. Das Gas hat nach seinem Entweichen aus dem Ofen im Steigrohre eine Temperatur von 600 bis 700°, in der Vorlage eine solche von 200 bis 400° je nach der Entfernung vom Steigrohre, vor den Gaskühlern eine Temperatur von 75 bis 120°, hinter denselben von 17 bis 30°. Durch die Abkühlung verliert das Gas einen grossen Theil Theer und Ammoniakwasser und zwar von dem gesammten Ammoniakwasser, welches die Condensation liefert, etwa 75 Proc. In den als Gaswascher dienenden stehenden eisernen Cylindern *W* (Fig. 27 S. 26) ist in Abständen von etwa 10 cm eine grosse Zahl von gelochten Blechen über einander angebracht. Auf das oberste Blech tropft fortwährend kaltes Wasser, so dass von Blech zu Blech ein Regen von Wassertropfen nieder- und dem Gase entgegenträufelt, welches in der dem Wasser entgegengesetzten Richtung sich bewegt und seinen Ammoniakgehalt an das Wasser abgibt. Das Ammoniak haltige Wasser fließt unten ab und wird, wenn es noch nicht hinreichend stark an Ammoniak ist, nochmals und weiterhin so oft nach oben und dem Gase entgegen gepumpt, bis es für den Verkauf genügend reich an Ammoniak ist. Mehrere Gaswascher stehen so mit einander in Verbindung, dass das Gas bei seinem Durchgange durch dieselben in dem letzten vor seinem Austritte nur mit reinem Wasser in Berührung kommt und dass die Anreicherung des Ammoniakwassers in denjenigen Gaswaschern stattfindet, in welche das Gas zuerst eintritt. Die Gaswascher entfernen die in den Gaskühlern noch übrig gebliebenen 25 Proc. des Ammoniakgehaltes und bringen auch zugleich mit dem Ammoniakwasser noch sehr viel Theer zur Ausscheidung. Die Temperatur des Gases wird bei Anwendung von genügend kaltem Wasser in den Gaswaschern bis auf 13° heruntergebracht. Die Trennung des Theeres und Ammoniakwassers findet in Cisternen nach dem specifischen Gewicht statt. Das Ammoniakwasser wird für den Verbrauch so lange auf den Gaswaschern angereichert, bis es etwa 3 bis 3,5° B. hat, entsprechend 1,78 Proc. Ammoniak; da nun etwa 14 Proc. 3grädiges Ammoniakwasser entfallen, so stellt sich die Ausbeute an Ammoniak, auf schwefelsaures Ammoniak gerechnet, auf etwa 1 Proc. der trockenen Kohle.

Auf Zeche Pluto wird das Ammoniakwasser nicht auf schwefelsaures Ammoniak verarbeitet, sondern als Ammoniakwasser nach seinem Ammoniakgehalte nach Graden Beaumé verkauft. Die Theerausbeute betrug hier im Durchschnitte des besten Betriebsmonates 3,46 Proc., bez. des schlechtesten Monates 2,78 Proc. auf trockene Kohle gerechnet. Diese Schwankungen des Ausbringens sind darauf zurückzuführen, dass man längere Zeit nur unbedeutende Mengen Kühlwassers zur Verfügung hatte. Der Kühlwasserbedarf ist für jeden Ofen täglich 5 cbm. — Der Gehalt des Theeres an den in Betracht kommenden Stoffen ist auf wasserfreien Theer berechnet:

Benzol	0,954 bis 1,06 Proc. vom Theer,
Naphtalin	4,27 " 5,25 " " "
Anthracen	0,575 " 0,64 " " "
Pech	etwa 50 " " "

Von diesem Pech kann je nach der Menge des unlöslichen Rückstandes noch ein mehr oder weniger grosser Theil bei fortgesetzter Destillation übergetrieben werden. Der in concentrirter Essigsäure oder Benzin unlösliche Rückstand beträgt 10 bis 25 Proc. des Theeres. — Wie schon schon erwähnt, sind in jedem Ofen 100 cbm Gas übrig, welches folgende Zusammensetzung hat:

	Kokereigas
Benzoldampf	0,60
Aethylen (C ₂ H ₄)	1,61
Schwefelwasserstoff	0,42
Kohlensäure	1,39
Kohlenoxyd	6,41
Wasserstoff	52,69
Methan	35,67
Wasser	1,21

Der Geldertrag aus der Gewinnung der Nebenproducte hängt, abgesehen von der Construction der Koksöfen und der Condensation, auch abgesehen von der sorgsamten Führung des Betriebes, wesentlich von der Zusammensetzung der Kohle ab, d. h. von dem Reichthume an Gas, an Theer und an Ammoniak. Gute Kokskohlen eignen sich also jedenfalls vorzugsweise zu einer Verkokung mit gleichzeitiger Gewinnung der Nebenproducte. Bei Annahme eines Theerpreises von 5,50 Mark für 100 k stellt sich auf 10 t trockene Kohlen der Reinerlös an Theer bei einem Ausbringen von 3,5 Proc. auf 19,25 Mark. Die Ammoniakausbeute der Kohlen ist in Westfalen allgemein etwa 1 Proc. der trockenen Kohlen auf schwefelsaures Ammoniak gerechnet. In Oberschlesien ist die Kohle meist noch reicher an Ammoniak und geht bis zu 1,37 Proc. der trockenen Kohle auf schwefelsaures Ammoniak berechnet. In Niederschlesien ist der Gehalt etwa 0,8 bis 0,9 Proc., also niedriger, und im Saarbrücker Bezirk sogar nur 0,7 bis 0,8 Proc., immer auf schwefelsaures Ammoniak und trockene Kohle berechnet. Bei Annahme des Marktpreises von 27 Mark für 100 k schwefelsaures Ammoniak (inzwischen auf 20 bis 22 Mark gefallen) und bei Abzug von 5 Mark Fabrikationskosten für 100 k schwefelsaures Ammoniak stellt sich der Reinerlös an Ammoniak auf 10 t trockene Kohle bei einem Ausbringen von 1,37 Proc. Ammoniumsulfat auf 30,10 Mark. Man kann annehmen, dass ein Koksofen, der mit allen Condensationsanlagen zur Gewinnung der Nebenproducte ausgerüstet ist, das 3- bis 4fache von einem gewöhnlichen Koksofen kostet.

Eine sehr wichtige Neuerung ist die Gewinnung des Benzols aus den Kokereigasen durch Waschen derselben mit Theeröl¹⁾. Nach Donath werden aus 1 hk Steinkohle bei der Verkokung 28 cbm Gas erhalten, welche für 1 cbm an Anthracenöle 40 g roher Leichtöle abgeben. Wenn eine Koksanstalt täglich 3000 hk Kohle verkocht, so liefert sie demnach täglich 84 000 cbm Gas. Zum Befördern dieser Gasmenge ist ein Gebläse erforderlich, das stündlich die Gasmenge von 3500 cbm ansaugt und durch 3 m Flüssigkeitshöhe der Absorptionsöle durchpressen kann, wobei der wirkliche Gesamtdruck, den das Gas zu überwinden hat, jedoch nur einer Wassersäule von 170 cm entspricht; die hierzu nothwendigen Rohrleitungen besitzen zweckmässig 0,5 m Durchmesser. Damit das Gas nicht stossweise in die Absorptionscolonnen gelangt, muss zwischen dem Gebläse und den Colonnen ein Behälter als Gassammler eingeschaltet werden, und da das Gas durch die Comprimirung erwärmt, bei höherer Temperatur aber weniger gut von den Anthracenölen absorbirt wird, so muss das Gas vorher entsprechend abgekühlt werden. Die Absorptionscolonnen selbst haben bei einem Durchmesser von 2,1 m etwa eine Höhe von 3 m und eine ähnliche Construction, wie die Colonnen in der Ammoniak sodafabrikation. Die Erfahrung hat gelehrt, dass die Absorptionsöle im günstigsten Falle 10 Proc., im minder günstigen

1) Vgl. F. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig 1898) Bd. 2.

6,7 Proc. roher Leichtöle aufnehmen, woraus sich ergibt, dass für täglich 84 000 cbm Gase 30 240 bis 52 640 k Absorptionsöle zur Anwendung gelangen müssen, und dass demnach, um die absorbirten Leichtöle (3360 k) wieder vollständig abzutreiben, 33 640 bis 56 000 k der angereicherten Oele abzudestilliren sind. Wenn man hierbei bis zur völligen Abtreibung der bis 200° siedenden Bestandtheile geht, so benöthigt man 267 200 k Dampf von 4 Atm. Spannung und ungefähr 125 cbm Kühlwasser, um sowohl das Destillat von rohen Leichtölen, als auch die abdestillirten Rückstandsöle zu kühlen.

Bekanntlich gelingt es nie, den gesammten Stickstoff der Steinkohle bei der trockenen Destillation in Ammoniak überzuführen. So fand W. Foster bei der Destillation einer Steinkohle mit 1,73 Proc. Stickstoff 14,51 Proc. des Gesamtstickstoffes als Ammoniak, 1,56 Proc. als Cyan, 35,26 Proc. im Gase und 48,66 Proc. in den Koks. Winkler (J. 1884, 1249) untersuchte die verarbeiteten Kohlen und die gewonnenen Koks der Koksanlage in Deuben. Die eingesetzte Beschickung von 50 hl oder 4061,5 k Steinkohle hatte folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	58,44 Proc.
Wasserstoff	3,75
Sauerstoff	5,99
Stickstoff	1,08
Schwefel	1,92
Asche	10,05
Wasser	18,77

und lieferte:

15,0 hl oder	719,5 k	guten Koks
33,0 " "	1359,5 "	Cinder
2,3 " "	144,0 "	Koksasche
<hr/>		
50,3 hl oder	2223,0 k	

Im Verhältnisse dieser Gewichte wurde die Durchschnittsprobe Koks zusammengesetzt, welche bestand aus:

Kohlenstoff	72,88 Proc.
Wasserstoff	0,48
Sauerstoff	2,31
Stickstoff	0,56
Schwefel	2,56
Asche	18,36
Wasser	2,85

Demnach lieferten 100 Th. obiger Steinkohle bei der Verkokung

53,2 Th. Koks			46,8 Th. flüchtige Producte		
mit		entsprechend	mit		entsprechend
Kohlenstoff .	39,91 Th.	68,3 Proc.	Kohlenstoff .	18,53 Th.	31,7 Proc.
Wasserstoff .	0,26	6,9	Wasserstoff .	3,49	93,1
Sauerstoff .	1,27	21,2	Sauerstoff .	4,72	78,8
Stickstoff .	0,31	28,7	Stickstoff .	0,77	71,3
Schwefel .	1,40	72,9	Schwefel .	0,52	27,1
Asche .	10,05	100,0	Asche .	—	8,0
Wasser .	—	0,0	Wasser .	18,77	100,0
<hr/>			<hr/>		
53,20 Th.			46,80 Th.		

Wie viel von dem bei diesem Versuche in die flüchtigen Producte übergegangenen Stickstoffe darin in Gestalt von Ammoniak enthalten war, liess sich nicht ermitteln. Winkler nimmt aber an, dass jährlich 18 000 000 t Steinkohlen verkocht werden, woraus man 58 600 t Ammoniak gewinnen könnte. (Vgl. J. 1889, 13; 1894, 51.)

K o k s bilden eine dichte Masse, welche schwer zu zerbrechen und zu zerdrücken ist und keine zu grossen Blasenräume enthalten soll. Koks aus backenden Stückkohlen zeigen blumenkohlähnlich gewundene Umrisse und ein geflossenes Ansehen, in Folge der feinen Zertheilung von Kohlenstoff, der sich bei hoher Temperatur aus den bei Beginn der Verkokung sich bildenden Kohlenwasserstoffen abscheidet. Die Farbe ist schwarzgrau bis eisengrau, der Glanz ein matter Metallglanz. Der organisch gebundene Schwefel wird nur zum Theil beim Verkoken entfernt.

Entgasung, Vergasung, Verbrennung.

Für die Verwendung der bisher besprochenen Brennstoffe (Holz, Torf, Kohle) ist wesentlich ihr Verhalten beim Erhitzen.

1. Für sich allein erhitzt: Verkohlen (S. 12), Verkoken (S. 22), Leuchtgas (S. 34).
2. Unter Zufuhr von gebundenem Sauerstoff (H_2O , CO_2): Wassergas (S. 49), Mischgas (S. 44).
3. Mit beschränkter Zufuhr von freiem Sauerstoff (Luft): Generatorgas (S. 40).
4. Mit ausreichender Luftzufuhr: Gewöhnliche Feuerungen (S. 58).

Die Vorgänge unter 1. werden mit **Entgasung**, die unter 2. und 3. mit **Vergasung** bezeichnet; 1. und 2. gehen unter **Wärmebindung**, 3. und 4. unter **Wärmeentwicklung** vor sich.

Entgasung. Wird Holz erhitzt, so entweicht zunächst das hygroskopische Wasser, bei etwa 170^0 entweicht ein Theil des Kohlenstoffes als Kohlensäure, Kohlenoxyd, Methan; Wasserstoff und Sauerstoff spalten sich als Wasser ab, es treten allmählich die Bestandtheile des Holzgeistes (Methylalkohol u. s. w.), Essigsäure, Theer u. dergl. auf, während die zurückbleibende Holzkohle immer reicher an Kohlenstoff wird. Nachfolgende Uebersicht zeigt die wesentlichen Stoffe der Holz-entgasung:

Holz	20 bis 25 Proc. Gas	}	Kohlensäure CO_2
			Kohlenoxyd CO
			Wasserstoff
			Methan CH_4
			Acetylen C_2H_2
			Aethylen C_2H_4
			Propylen C_3H_6
			Butylen C_4H_8
			Benzol C_6H_6
			Benzol C_6H_6
			Toluol C_7H_8
			Xylol C_8H_{10}
			Styrolen C_8H_8
	Naphtalin $C_{10}H_8$		
	Reten $C_{18}H_{18}$		
	Paraffin $C_{20}H_{42}$ bis $C_{22}H_{46}$		
	Pyrogallussäuredimethyläther $C_8H_{10}O_3$		
	3 bis 9 Proc. Theer	}	Phenol C_6H_6O
	Parakresol, Guajakol, Kresol		
	Phlorol $C_8H_{10}O$		
Brenzcatechin $C_6H_6O_2$			
Methylester des Brenzcatechins (Guajakol) und Homologe	$\left\{ \begin{array}{l} C_7H_8O_2 \\ C_8H_{10}O_2 \\ C_9H_{12}O_2 \end{array} \right.$		
		Brandharze	

Holz	}	35 bis 45 Proc. Holzessig (Wasser u.)	Furfurol $C_5H_4O_2$	
			Ameisensäure CH_2O_2	
			Essigsäure $C_2H_4O_2$	
			Propionsäure $C_3H_6O_2$	
			Buttersäure $C_4H_8O_2$	
			Valeriansäure $C_5H_{10}O_2$	
			Capronsäure $C_6H_{12}O_2$	
			Crotonsäure $C_4H_8O_2$	
			Angelicasäure $C_5H_8O_2$	
			Aceton C_3H_6O	
		20 bis 30 Proc. Holzkohle	}	Essigsäures Methyl $C_3H_6O_2$
				Methylalkohol CH_4O
				Allylalkohol C_3H_6O
				Methylamin CH_5N
				Hydrocoerulignon $C_{15}H_{16}O_6$
				Phenole, Guajacole und Brandharze
				Kohlenstoff
Wasserstoff und Sauerstoff				
Asche				

Die bei der Destillation von Buchenholz entwickelten Gase enthalten nach Untersuchungen des Verf. (J. 1880, 417) 58 bis 65 Proc. Kohlensäure, 30 bis 35 Proc. Kohlenoxyd, bis 5 Proc. Methan, bis 4 Proc. Wasserstoff; der Brennwerth dieser Gase ist sonach gering. Aehnlich sind die bei der Entgasung von Torf entwickelten Producte, während die aus Braunkohlen schon einen wesentlich höheren Brennwerth zeigen (vgl. Paraffin).

Am vollständigsten sind die Entgasungsproducte der Steinkohlen bekannt (siehe Tabelle S. 34 und 35).

Je nach Höhe und Dauer der Erhitzung sind diese Producte verschieden. So erhielt Wright aus derselben Menge Kohle, je nach der angewendeten Temperatur 8,25 bis 12 cbm Leuchtgas folgender Zusammensetzung:

Menge	8,25 cbm	9,7 cbm	12 cbm
Wasserstoff	38,09 Proc.	43,77 Proc.	48,02 Proc.
Kohlenoxyd	8,72	12,50	13,96
Methan	42,72	34,50	30,70
Schwere Kohlenwasserstoffe	7,55	5,83	4,51
Stickstoff	2,92	3,40	2,81

Eine Kohle, welche zur völligen Entgasung 6 Stunden erforderte, gab in den angegebenen Zeiten Gase folgender Zusammensetzung:

Nach	10 Min.	1 Std. 30 Min.	3 Std. 25 Min.	5 Std. 35 Min.
Schwefelwasserstoff	1,30	1,42	0,49	0,11
Kohlensäure	2,21	2,09	1,49	1,50
Wasserstoff	20,10	38,33	52,68	67,12
Kohlenoxyd	6,19	5,68	6,21	6,12
Methan	57,38	44,03	33,54	22,58
Schwere Kohlenwasserstoffe	10,62	5,98	3,04	1,79
Stickstoff	2,20	2,47	2,55	0,78

Derselbe gibt folgende Vertheilung der Bestandtheile von 100 Th. Derbyshire Silkstone-Kohle bei etwa 800° Destillationstemperatur:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Schwefel	Stickstoff	Sauerstoff
Koks	57,38	1,24	1,05	1,06	1,28
Theer	6,11	0,46	0,05	0,06	0,60
Gaswasser	0,08	1,06	0,12	0,22	8,30
Gas	7,56	2,85	Spur	0,36	1,46
In Reinigungsmasse .	0,22	0,02	0,39	0,01	0,56
	71,35	5,63	1,61	1,71	12,20

100 k Kohle gaben somit 64,97 k Koks (mit 2,96 Asche), 7,27 k Theer, 9,78 k Gaswasser, 21,14 cbm Leuchtgas. Bei etwa 1100⁰ entgast:

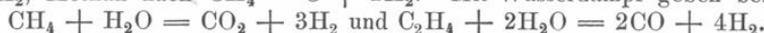
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Schwefel	Stickstoff	Sauerstoff
Koks	57,95	0,70	0,77	0,47	1,24
Theer	4,78	0,38	0,06	0,05	1,18
Gaswasser	0,08	1,06	0,13	0,21	8,30
Gas	8,53	3,42	Spur	0,86	2,30
In Reinigungsmasse .	0,38	0,04	0,74	0,02	0,93
	71,73	5,61	1,70	1,61	13,95

Erhalten wurden 31,21 cbm Leuchtgas, 64,10 k Koks, 6,47 k Theer, 9,78 k Gaswasser. Die Analyse der Kohlen ergab:

Kohlenstoff	75,71
Wasserstoff	6,27
Schwefel	1,72
Stickstoff	1,62
Sauerstoff	11,59
Asche	2,99

Es wurde somit in den Producten weniger Kohlenstoff, aber mehr Sauerstoff gefunden. (Vgl. J. 1889, 25 u. 30.)

Ein grosser Theil dieser Stoffe ist unmittelbar aus der Kohle, ein anderer aus den ersten Producten entstanden, da mit der Dauer und Höhe der Temperatur sich die Einwirkung der ersten Destillationsproducte auf einander steigert. Aethylen z. B. zerfällt in der Hitze theilweise in Wasserstoff und Naphtalin, theils nach: $C_2H_4 = C_2 + 2H_2$, Methan nach $CH_4 = C + 2H_2$. Mit Wasserdampf geben beide Gase:



4 Vol. Methan geben mit 6 Vol. Sauerstoff: $2CH_4 + 3O_2 = CO_2 + CO + 3H_2O + H_2$. Nach Berthelot's eingehenden Versuchen bildet das Methan Aethylen, Propylen, vielleicht die ganze Reihe der polymeren Kohlenwasserstoffe, Acetylen gibt Benzol und eine polymere Reihe $(C_2H_2)_n$ u. s. f. Ausserdem wirken Wasserdampf und Kohlen-säure in der S. 37 besprochenen Weise auf die Kohle.

Vollständige Analysen von fertigem Leuchtgase, und zwar: Heidelberger Gas von R. Bunsen, Königsberger Gas von Blochmann, Hannoversches Gas vom Verf. 1):

1) J. 1882, 1142; 1883, 1270; 1886, 160; 1887, 160.

Steinkohlen-Entgasung.

Siedepunkt	Kohlenwasserstoff		Andere neutrale Stoffe	Säuren	Basen
	Fettreihe	Aromatische Reihe			
95 35	Methan, CH ₄ Aethylen, C ₂ H ₄ Acetylen, C ₂ H ₂ Propylen, C ₃ H ₆ Allylen, C ₃ H ₄ Butylen, C ₄ H ₈ Crotonylen, C ₄ H ₆ Amylen, C ₅ H ₁₀ Pentan, C ₅ H ₁₂		Wasserstoff Stickstoff Cyan, Cn Kohlenoxyd, CO Kohlenoxysulfid, COS	Schwefelwasserstoff, H ₂ S Ammoniak, NH ₃ Cyanwasserstoff, CNH Kohlensäure CO ₂	
200 33 38 47 70 71 81 82 84 94 98 100 111 113 115 119 124 126 134 137 141 142 145 152 154 163	Hexan, C ₆ H ₁₄ Hexylen, C ₆ H ₁₂ Hexoxylen, C ₆ H ₁₀ Heptylen, C ₇ H ₁₄ Heptan, C ₇ H ₁₆	Benzol, C ₆ H ₆	Schwefelkohlenstoff, CS ₂ Acetonitril, C ₂ H ₃ N Thiophen, C ₄ H ₄ S Wasser, H ₂ O Thiotolol, C ₃ H ₆ S	Essigsäure, C ₂ H ₄ O ₂	Pyridin, C ₅ H ₅ N Pyrrol, C ₄ H ₅ N α-Picolin, C ₆ H ₇ N α-Dimethylpyridin, C ₇ H ₉ N α-Lutidin, C ₇ H ₉ N
	Octan, C ₈ H ₁₈	Toluol, C ₇ H ₈	Thyoxen, C ₆ H ₈ S		
	Nonan, C ₉ H ₂₀	Paraxytol, C ₈ H ₁₀ o- und m-Xylo, C ₈ H ₁₀ Styrol, C ₈ H ₈ Mesitylen, C ₉ H ₁₂			

	Bunsen	Blochmann	Fischer	
			I	II
Benzol, C ₆ H ₆	1,33	0,66	0,69	0,59
Propylen, C ₃ H ₆	1,21	0,72	0,37	0,64
Aethylen, C ₂ H ₄	2,55	2,01	2,11	2,48
Methan, CH ₄	34,02	35,28	37,55	38,75
Wasserstoff	46,20	52,75	46,27	47,60
Kohlenoxyd	8,88	4,00	11,19	7,42
Kohlensäure	3,01	1,40	0,81	0,48
Sauerstoff	0,65	—	Spur	0,02
Stickstoff	2,15	3,18	1,02	2,02

Der Brennwerth der Bestandtheile des Leuchtgases ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

	Mol.-Gewicht	Wasser von 0° als Verbrennungsproduct		Wasserdampf von 20° Verbrennungsproduct	
		1 Mol.	1 cbm ¹⁾	1 Mol.	1 cbm
		hw	w	hw	w
Benzoldampf, C ₆ H ₆	78	7870	35 290	7546	33 830
Propylen, C ₃ H ₆	42	5000	22 420	4676	20 970
Aethylen, C ₂ H ₄	28	3412	15 300	3196	14 330
Methan, CH ₄	16	2135	9 574	1919	8 610
Wasserstoff, H ₂	2	690	3 090	582	2 610
Kohlenoxyd, CO	28	682	3 058	682	3 058

Für 1 cbm Leuchtgas mittlerer Zusammensetzung ergibt sich darnach folgender Brennwerth berechnet auf Wasser von 0° und Wasserdampf von 20° als Verbrennungsproducte:

	Zusammensetzung	Brennwerth	
		Wasser	Dampf von 20°
Benzol	0,8	282 w	270 w
Propylen	0,7	157	147
Aethylen	2,3	351	330
Methan	36,0	3445	3100
Wasserstoff	48,0	1483	1253
Kohlenoxyd	8,0	244	244
		5962 w	5344 w

Nun geben 100 k guter Gaskohlen (von je etwa 8000 w = 80 hw Brennwerth) bei sorgfältigem Betriebe 29 bis 30 cbm Leuchtgas, 1 k Kohle also 0,3 cbm Gas, entsprechend rund 1600 w. Das bei der Entgasung der Steinkohlen gewonnene Leuchtgas entspricht also rund 20 Proc. des Gesamtbrennwerthes der Kohlen. Allerdings erhält man als Nebenproducte von 100 k Kohlen 50 bis 70 k Koks, wovon aber je nach Art der Feuerung noch 10 bis 20 k zum Heizen der Retorten erforderlich sind, ferner Theer, Ammoniakwasser und Reinigungsmasse, deren Werth aber ungemein schwankend ist ²⁾. Können diese Stoffe gut verwerthet werden, so können sich die Kosten der Leuchtgasgewinnung ungemein niedrig stellen, wie nachfolgende Zusammen-

1) Der Brennwerth von 1 cbm Gas ergibt sich aus der Erwägung, dass das Mol.-Gewicht in k = 22,3 cbm. Hierbei ist angenommen, dass das bei der Verbrennung gebildete Wasser sich auf 0° abkühle. Da aber bei allen Feuerungen das Wasser als Dampf entweicht, so ist es vorzuziehen, die Brennwerthbestimmungen auf Wasserdampf von etwa 20° zu berechnen, d. h. für je 1 k Wasser 600 w (= 6 hw) abzuziehen.

2) In Breslau z. B. schwankte in den letzten 10 Jahren der Preis für 100 k Theer zwischen 2, 3 und 6, 8 Mark, für 100 k Ammoniakwasser zwischen 0,36 bis 1,4 Mark.

stellungen aus den Berichten der Gaswerke der Stadt Köln für die Betriebsjahre vom 1. April 1882/83, 1886/87 und 1888/89 zeigen.

	1882/83	1886/87	1888/89
Gesamterzeugung an Gas	cbm 13 447 880	16 963 630	19 394 800
nutzbar	" 12 387 191	15 605 456	18 091 997
Gasverlust	" 1 058 489	1 357 374	1 302 803

Aus 1000 k westfälischer Kohle wurden erzeugt:

Gas	cbm 298,48	295,88	296,74
nutzbares Gas	" 274,94	272,19	276,45
verkäuflicher Koks	k 601	620	571
Theer	" 49	45	44,5
Schwefelsaures Ammoniak	" 9,4	10	9,3
Ausgaben:	Mark 640 516	985 126	—
(davon für Kohlen)	" 430 440	575 551	641 042)

Einnahmen:

Koks	Mark 255 387	294 340	349 701
Theer	" 119 773	31 988	69 639
Ammoniak	" 133 693	91 281	103 702
Ferrocyan	" 19 996	17 293	18 140

1 cbm Leuchtgas kostete daher auf der Fabrik (ohne Verzinsung, Rohrnetz u. dergl.) im Jahre 1882/83 nur 0,83 Pfg., dagegen 1886/87 über 3 Pfg. Dieses erklärt sich daraus, dass, während im Jahre 1882/83 die Einnahmen für die Nebenproducte die Kosten der Kohlen um fast 100 000 Mark übertrafen, sie im Jahre 1886/87 um 170 000 Mark darunter blieben¹⁾.

Die Preise der Nebenproducte würden voraussichtlich noch mehr heruntergehen, wollte man das Leuchtgas nun auch allgemein als Heizgas und Kraftgas anwenden, was übrigens schon deshalb sehr schwierig wäre, weil sich nur verhältnissmässig wenig Kohlen zur Herstellung von Leuchtgas eignen.

Generatorgas. Um den nach der Entgasung der Kohlen verbleibenden festen Kohlenstoff (Koks) zu vergasen, muss Sauerstoff zugeführt werden. Dieses kann geschehen durch freien Sauerstoff (atmosphärische Luft) oder durch gebundenen (Wasser, Kohlensäure). Hierbei kommen folgende Reactionen in Frage:

Reaction	Wärme im Feuerraum	Brennwerth des erhaltenen Gases
1. $C + O_2 = CO_2$ 976 hw	976 hw	0
2. $C + O = CO$ 294	294 "	682 hw
3. $C + CO_2 = 2CO$ — 976 + 588	— 388 "	1364 "
4. $C + H_2O = CO + H_2$ — 582 + 294 — 690 + 294	— 288 " — 396 "	1264 " 2) 1372 " 3)
5. $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$ — 1164 + 976 — 1380 + 976	— 188 " — 404 "	1164 " 2) 1380 " 3)

Somit entsteht nur bei der Vergasung des Kohlenstoffes durch freien Sauerstoff Wärme, bei Verwendung von gebundenem Sauerstoffe wird Wärme gebunden, welche von aussen zugeführt (bei der Vergasung in Retorten) oder in der Kohle

1) Im Jahre 1881/82 war es sogar vortheilhaft, 20 077 cbm Leuchtgas unter den Retorten zu verbrennen und dafür entsprechendes Koks zu verkaufen.

2) Für Wasserdampf von 20°.

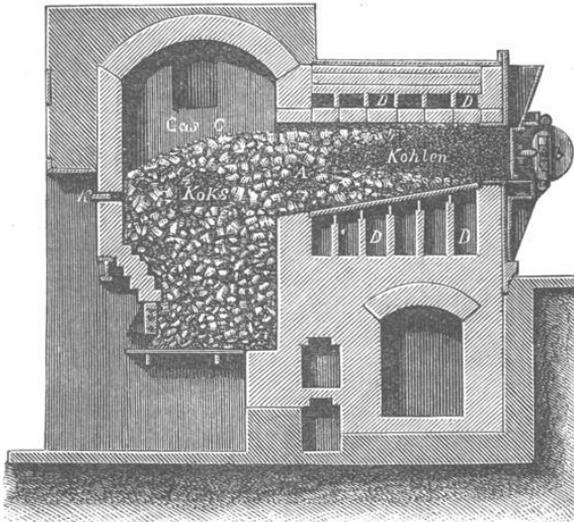
3) Für flüssiges Wasser als verbr. Proc.

selbst durch Miteinführung von freiem Sauerstoffe (Luft) erzeugt werden muss. Letzteres kann wieder getrennt oder gleichzeitig geschehen.

Bei Koksgeneratoren (S. 78) ist die Vergasung möglichst der ersten Gleichung entsprechend einzurichten, da die nach der zweiten entstehende Kohlensäure ja keinen Brennwerth mehr hat. Die bei der Vergasung von 12 k Kohlenstoff gebildeten 28 k oder 22,3 cbm Kohlenoxyd haben somit einen Brennwerth von nur 682 hw, statt 976 hw der ursprünglichen Kohle. Die 294 hw, welche im Generator entwickelt sind, d. h. 30 Proc. des Gesamtbrennwerthes der Koks, werden ebenfalls verworther, wenn die Gase mit der vollen Temperatur in die Feuerung treten, wie dieses bei den in die Retortenöfen hineingebauten Koksgeneratoren der Leuchtgasfabriken ja meist der Fall ist. Sie sind aber vollständig verloren, wenn man das Gas auf die Lufttemperatur abkühlen lässt, wie zweifellos erforderlich, wenn von einer allgemeinen Einführung des Gases die Rede sein soll.

Auch die meisten der in der Industrie verwendeten Gasfeuerungen lassen einen Theil dieser Wärme verloren gehen, da nur wenige Betriebe so wie die Leuchtgasherstellung den Gaserzeuger unmittelbar unter oder neben dem Verbrennungsraum haben. Man gibt in sehr vielen Fällen, z. B. bei den für Glashütten, Eisenhütten und dergleichen verwendeten Siemens'schen Gasfeuerungen, einen Theil der Wärme verloren, um dafür einen einfachen Betrieb zu erhalten (vgl. S. 41).

Fig. 28.



Abgesehen von Leuchtgasfabriken verwendet man in der Regel für Gasfeuerungen nicht Koks, sondern Kohlen. In diesen werden die Kohlen erst entgast, dann durch den zugeführten Luftsauerstoff vergast, so dass man ein Gemisch von Leuchtgas mit Koksgeneratorgas erhält. Beim Generator von Lürmann werden diese beiden Vorgänge möglichst getrennt gehalten. Die Kohlen werden ununterbrochen durch Maschinenkraft in die Retorte A (Fig. 28) eingeführt und in derselben vorgeschoben. Durch die Kanäle D entweichen die von der Feuerung abziehenden noch heissen Verbrennungsgase, um die zur theilweisen Entgasung der Kohlen erforder-

liche Wärme zu liefern. Der gebildete Koks wird in dem Schachte B durch den eintretenden atmosphärischen Sauerstoff vergast, das gebildete Mischgas entweicht durch die Oeffnung G.

Bei der Gasfeuerung von Boetius liegen, wie Längsschnitt und Querschnitt (Fig. 29 und 30) zeigen, unter dem Herde zwei Generatoren A. Dieselben werden durch geneigte Ebenen C, schräg liegende Roste D und nach oben sich verengende Seitenwände N gebildet. Die bei B eingefüllten Kohlen entgasen, der Koks vergast auf dem Rost D, so dass die Gase bereits mit hoher Temperatur in den Flammenkanal K eintreten. Die durch die Seitenkanäle F zugeleitete atmosphärische Luft

erwärmt sich an den Seitenwänden *N* des Generators und in den horizontalen Kanälen *H*, tritt aus einer Anzahl seitlicher Oeffnungen in den Gasstrom ein, die Flamme um-

Fig. 29.

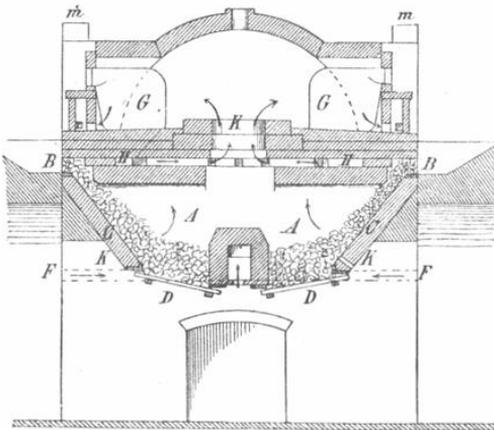
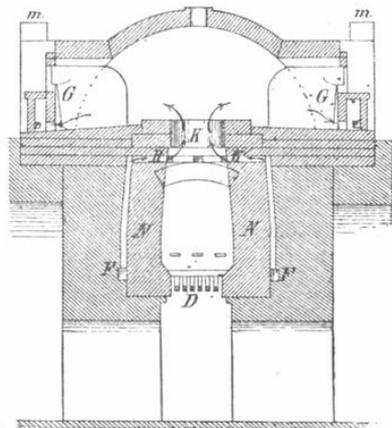


Fig. 30.



spielt die Häfen *G*, während die Rauchgase durch kleine Kamine *m* entweichen (vgl. J. 1883, 596). — Eine grosse Verbreitung hatte der Generator von F. Siemens. Die durch Schacht *A* (Fig. 31) eingeführten Kohlen rutschen allmählich auf dem Roste *po* herunter, die gebildete Schlacke wird unten entfernt, das Brenngas entweicht durch Rohr *V* oder seitlich.

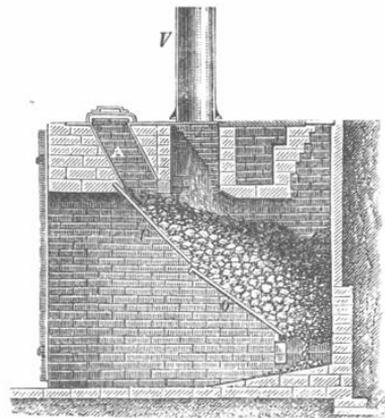
Gaserzeuger für Holz oder Kohle, von welchem Fig. 32 und 33 (S. 40) Schnitte zeigen, bewährt sich nach E. G. Odelstjerna (J. 1895).

Blezinger empfiehlt länglich viereckige Schachtgeneratoren mit Doppelrost (Fig. 34 und 35, S. 40); die Generatorgase entweichen seitlich, so dass die eingefüllten Kohlen langsam entgasen (J. 1892, 97).

Je nach Art der verwendeten Kohle und den Betriebsverhältnissen ist die Zusammensetzung des Generatorgases verschieden. Ein Theil des Leuchtgases wird dabei zersetzt, indem Kohlen, bevor sie entgast sind, bereits von dem zugeführten Sauerstoffe getroffen und so das Gas theilweise verbrannt wird. Dadurch werden die schweren Kohlenwasserstoffe, namentlich aber wird der Wasserstoff oxydirt. Das gebildete Wasser wird dann durch den glühenden Koks wieder mehr oder weniger vollständig zerlegt. Wird ferner der Generator „heiss“ geführt, was meist der Fall ist, wenn kein Wasserdampf unten eingeleitet wird, so treten auch die (S. 33) erwähnten Zersetzungen ein, wodurch der Gehalt an schweren Kohlenwasserstoffen meist gering ist (etwa 0,2 Proc.).

Damit ist aber die Anzahl der möglichen Umsetzungen noch nicht beendet. So wird Wasserdampf von Kohlenstoff in der besprochenen Weise zerlegt. Nach Naumann und

Fig. 31.



Pistor wird Holzkohle von trockenem Kohlendioxyd erst bei 530 bis 560° theilweise in Kohlenoxyd übergeführt. Trockenes Kohlendioxyd wird durch Wasserstoff selbst beim Erhitzen auf 900° nicht zu Kohlenoxyd reducirt. (Vgl. J. 1888, 123.) Die Einwirkung von Kohlenoxyd auf

Fig. 32.

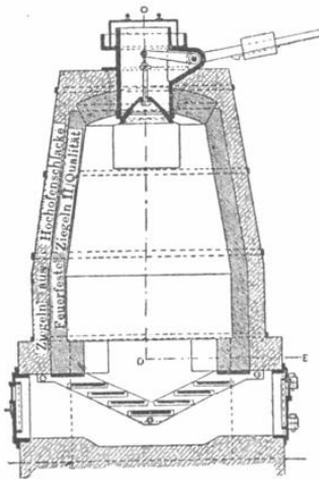


Fig. 33.

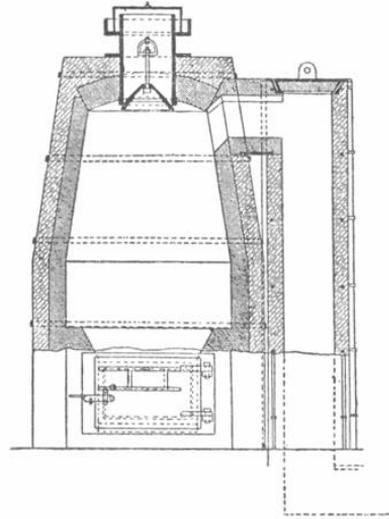


Fig. 34.

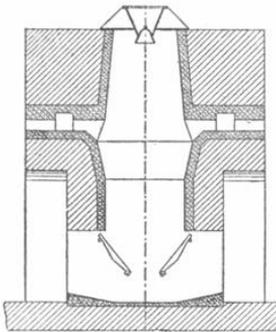
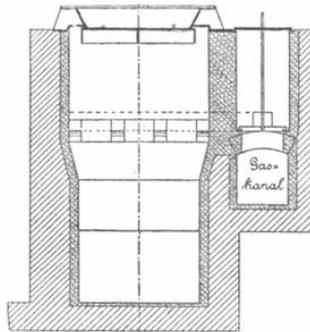


Fig. 35.



Wasser beginnt bei etwa 600° unter Bildung von Kohlensäure und Wasserstoff. Werden dagegen Gemische von Wasserstoff und Kohlenoxyd mit unzureichenden Mengen Sauerstoff erhitzt, so verbrennt nach Versuchen von R. Bunsen u. a. wesentlich mehr Wasserstoff als Kohlenoxyd, so dass die Verwandtschaft des Sauerstoffes zum Wasserstoffe grösser ist, als zum Kohlenoxyd. Die Vorgänge im Generator sind daher sehr verwickelter Natur und erst zum Theil bekannt, so dass man sich vorläufig damit begnügen muss, die Endproducte festzustellen.

Die Gase aus dem Sammelkanale von 8 Siemens'schen Generatoren in Essen hatten nach Versuchen des Verf. z. B. folgende Zusammensetzung:

	I	II	III	IV	V	Mittel
Kohlensäure . . .	6,99	5,50	5,89	3,96	4,04	5,3
Kohlenoxyd . . .	22,84	26,01	22,61	24,02	23,01	23,7
Methan . . .	2,99	2,46	1,39	1,63	0,92	1,9
Wasserstoff . . .	10,30	8,02	5,50	4,83	3,92	6,5
Stickstoff . . .	56,88	58,01	64,61	65,56	68,11	62,6

1 k Kohle gab 4,52 cbm Generatorgas; 1 cbm desselben hatte einen Brennwerth von 1058 w, somit die 4,52 cbm 4760 w, während die verwendete Kohle einen Brennwerth von 7950 (Wasserdampf von 20°) hatte. Das Gas, auf Lufttemperatur abgekühlt, enthält daher nur 60 Proc. des Brennwerthes der Kohle, die übrige Wärme war zur Erhitzung des Gases verwendet. Thatsächlich ergab die Temperaturbestimmung (mit Platincylinder, S. 5) der aus den Genera-

toren in die Hauptgasleitung tretenden Gase 690°, am Ende der Leitung unmittelbar vor den Schweissöfen aber (mit Quecksilberthermometer) nur 101°.

Man gibt also hier nicht nur die bedeutenden Wärmemengen verloren, welche die freiliegenden Generatoren durch Leitung und Strahlung abgeben, sondern auch noch etwa 850 w für je 1 k Kohle, welche die lange Leitung abgibt, während nur fast 140 w von der Eigenwärme des Gases der Feuerung zugeführt werden; zusammen also 4900 w. Dieser freiwillige Verlust wird da durch die Vereinfachung und Gleichmässigkeit des Betriebes ausgeglichen, wo die Kohlen nicht theuer sind.

Pulverförmige Brennstoffe lässt Perret in derselben Weise, wie bei den bekannten Kiesöfen, über Platten der Zugrichtung entgegenführen. Hier sind die Platten jedoch mit gegen einander versetzten Löchern *a* (Fig. 36) versehen, so dass der pulverförmige Brennstoff kegelförmige Haufen bildet, zwischen denen die Luft hinzieht. Der Gaserzeuger von Dinz für pulverförmige Brennstoffe (Fig. 37) ist beachtenswerth. Aehnlich ist der von Dubbs, während Blezinger einen drehbaren Gaserzeuger vorschlägt (J. 1892, 97).

Die Vergasung des Kohlenstoffes durch Kohlensäure

$C + CO_2 = 2CO = - 388 \text{ hw}$ kommt als Nebenreaction in Frage, um die im Generator gebildete Kohlensäure wieder in Kohlenoxyd überzuführen.

Fr. Siemens will die Kohlensäure der Verbrennungsgase in dieser Richtung verwerthen. Wenn also bei der bisherigen Siemens-Feuerung die Verbrennungsgase durch zwei Wärmespeicher abgeführt werden, während in den beiden anderen durch die in der Steinfüllung aufgespeicherte Wärme Generatorgas und Luft vorgewärmt werden, entweicht bei der neuen Einrichtung etwa die Hälfte der Verbrennungsgase durch den Wärmespeicher für Luft, die andere Hälfte wird in den Generator geblasen. — Eine derartige Anlage ist in den Pather Iron and Steel Comp. Werken in Wishaw seit einiger Zeit im Betriebe. Die aus dem mit Füllvorrichtung *F* (Fig. 38 bis 41, S. 42) versehenen Generatoren *B* entwickelten Gase entweichen bei *C*, gehen durch die offene Klappe *D'* in den Raum *G*₁, treffen bei *hg'* mit der im Wärmespeicher *A'* erwärmten, durch Kanal *K'* und Oeffnung *H'* zutretenden Luft zusammen, die Flamme durchzieht den Schmelzofen *E*, die Verbrennungsgase entweichen bei *hg* theils bei *H* durch Kanal *K* und Wärmespeicher *A*, theils werden sie vom Raume *G* aus durch das Strahlgebläse *I* bei *L* unter den Rost *N* des Generators geblasen, dessen Aschenfallthür *Q* geschlossen ist. Nach einiger Zeit wird bei *J* und *D* umgesteuert und die Gase nehmen den umgekehrten Weg.

Die über eine derartige Anlage von Head und Pouff gemachten Angaben sind unzutreffend (J. 1890, 190; 1893, 113). Zuverlässige Angaben über andere derartige Anlagen liegen nicht vor, so dass die in Prospecten u. dgl. gemachte Behauptung, durch diese Regeneration von Kohlenoxyd würden gewaltige Mengen Brennstoff gespart, zweifelhaft ist.

Die zur Vergasung von 12 k Kohlenstoff durch Kohlensäure erforderlichen 388 hw müssen durch Eigenwärme der Verbrennungsgase zugeführt werden. Bei Verwendung von Verbrennungsgasen, welche aus 20 Proc. Kohlensäure und 80 Proc. Stickstoff bestehen, würden für 12 k Kohlenstoff 111,5 cbm Verbrennungsgase (22,3 cbm Kohlen-

Fig. 36.

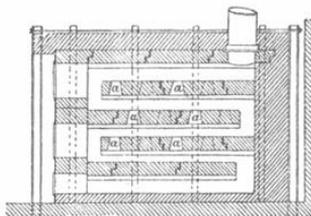
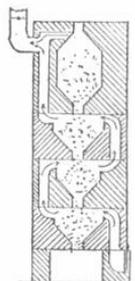


Fig. 37.



säure und 89,2 cbm Stickstoff) erforderlich sein, und 133,8 cbm Generatorgase (44,6 cbm Kohlenoxyd und 89,2 cbm Stickstoff) entstehen, bestehend aus

Kohlenoxyd	33,3 Proc.
Stickstoff	66,7 „

1 cbm dieses Gases hätte einen Brennwerth von 1018 w, ist also nicht besser, als ein mit Wasserdampf erzeugtes Generatorgas. Wird die spezifische Wärme obiger Ver-

Fig. 38.

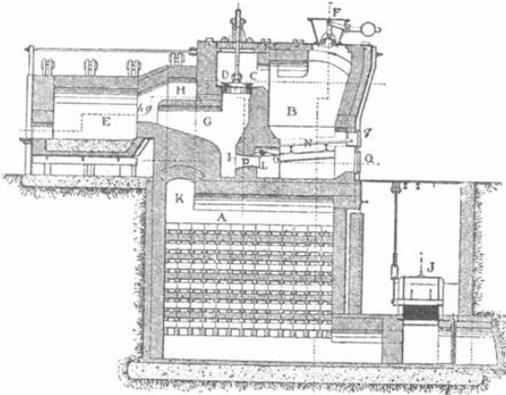


Fig. 39.

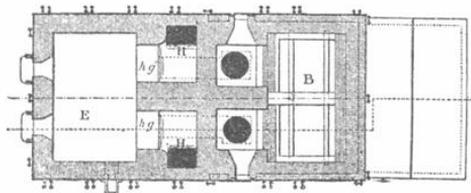
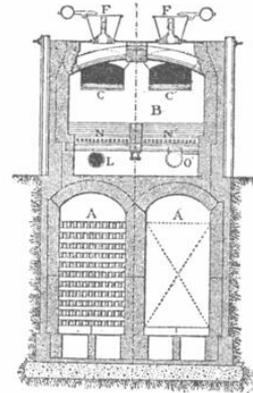


Fig. 40.

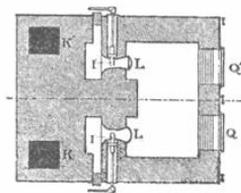


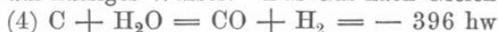
Fig. 41.

brennungsgase auch zu 0,36 angenommen, so müssten doch zur Durchführung der Reaction noch

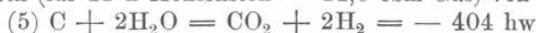
$$38\ 800 : (111,5 \cdot 0,36) = 970$$

die Gase 970° heisser eintreten, als die Reaction erfordert. Die Reaction erfordert aber 800 bis 1000°, die Gase müssten also mit über Platinschmelzhitze in den Generator eingeführt werden, was doch ausgeschlossen ist. Ohne gleichzeitige Zufuhr von freiem Sauerstoff ist daher diese Reaction unmöglich. Ob das Verfahren überhaupt vortheilhaft ist, muss erst noch bewiesen werden. Die überschüssige Wärme der abziehenden Gase wird auf andere Weise wohl besser ausgenutzt werden können.

Bei der Vergasung des Kohlenstoffes durch Wasserdampf sind fast genau dieselben Wärmemengen erforderlich, ob $\text{CO} + \text{H}_2$ oder $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2$ erzeugt wird. Selbstverständlich haben die betreffenden Gasmische auch fast denselben Brennwerth, bezogen auf flüssiges Wasser. Das Gas nach Gleichung



hat einen Brennwerth (für 12 k Kohlenstoff = 44,6 cbm Gas) von 1372 hw, das nach



einen solchen von 1380 hw. Das erste Gas besteht aus 50 Proc. Kohlenoxyd und 50 Proc. Wasserstoff, das zweite aus 33,3 Proc. Kohlensäure und 66,7 Proc. Wasserstoff. Bei der Verbrennung erhält man aber

$\text{CO} + \text{H}_2 + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ und $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2 + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,
somit von letzterem Gase doppelt so viel Wasser, welches dampfförmig mit den Verbrennungsgasen entweicht und daher erhebliche Wärmeverluste bedingt.

Nach Gleichung 4. (S. 37) erfordert die Zersetzung von 18 k Wasserdampf von 20° 288 hw. Dieser Umstand kommt bei jedem Generator in Frage, da die eingeführte atmosphärische Luft stets Wasserdampf enthält. Man hatte nun schon lange beobachtet, dass durch Einlassen von Wasser in den Aschenfall, namentlich bei Koksgeneratoren, Roste und Mauerwerk des Generators geschont werden, oft auch die Entfernung der Schlacke erleichtert wird. Infolge dessen wird unter den Rost der Generatoren sehr oft Wasser oder Wasserdampf geführt. Ist der Generator unmittelbar in den Retortenofen eingebaut, so ist mit dieser Wasserzuführung zweifellos ein Wärmeverlust verbunden, der um so grösser ist, mit je höherer Temperatur die Verbrennungsgase entweichen. Je 18 k Wasser, welche im Generator zersetzt werden, entziehen ihm nach Gleichung 4. 396 hw, welche der entstehende Wasserstoff allerdings beim Verbrennen wieder mehr entwickelt; das zurückgebildete Wasser entführt aber als Dampf von 1000° rund 200 hw, bei Anwendung von Wärmespeichern (Regeneratoren) mit 500° immer noch rund 150 hw. Ob dieser Verlust durch die erwähnten Vortheile ausgeglichen wird, hängt von örtlichen Verhältnissen ab; im allgemeinen wird es nicht der Fall sein. Wird dagegen der eingeführte Wasserdampf durch die sonst verloren gehende Wärme der abziehenden Verbrennungsgase erzeugt, so wird dieser Wärmeverlust um 110 bis 120 hw geringer; ganz würde er nur dann verschwinden, wenn der kostenlos erzeugte Wasserdampf mit derselben Temperatur in den Generator eingeführt würde, mit welcher die Verbrennungsgase die Anlage verlassen.

So hatten z. B. nach früheren Versuchen des Verf. die Gase aus einem Klönne'schen Generator ohne (I) und dann mit (II) Einführung von Wasserdampf im Mittel folgende Zusammensetzung:

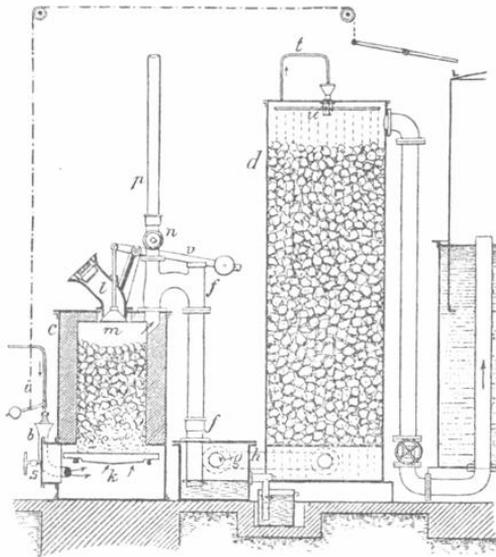
	I	II
Kohlensäure	2,0	6,9
Kohlenoxyd	29,4	26,0
Methan	Spur	0,4
Wasserstoff	1,9	14,0
Stickstoff	66,7	52,8

1 k Koks mit 92,7 Proc. Kohlenstoff gab im ersten Falle 5,47 cbm Gas mit einem Brennwerthe von 5205 w = 69 Proc., im zweiten 5,15 cbm mit 6150 w = 82 Proc. Die Wärme, welche letzteres Gas bei der Verbrennung mehr liefert, ist aber im Generator durch die Zersetzung des Wassers gebunden, so dass die Temperatur der Gase beim Eintritt in den unmittelbar über dem Generator liegenden Retortenofen entsprechend weniger heiss ist. Da aber die Gase mit 600° in den Schornstein gingen, so betrug der Wärmeverlust für je 1 k Koks durch den Wasserdampf etwa 150 w mehr als beim ersten Generator.

Günstiger stellt sich die Einführung von Wasserdampf, wenn der Generator von der Verwendungsstelle entfernt liegt, so dass ein mehr oder weniger grosser Theil der Eigenwärme des erzeugten Gases an die Umgebung verloren geht. Wird das Gas vor der Verwendung auf Lufttemperatur abgekühlt, so erscheint dieser sein höherer Brennwerth zunächst als unmittelbarer Gewinn, welcher aber um so geringer wird, mit je höherer Temperatur die Verbrennungsgase entweichen und je geringer die Abkühlung des Generatorgases ist. Die Einführung von Wasserdampf in die Generatoren ist somit keineswegs allgemein zu empfehlen, da sie in den meisten Fällen mit Wärmeverlust verbunden ist; ob dieser durch die sonstigen Bequemlichkeiten ausgeglichen wird, hängt, wie gesagt, von örtlichen Verhältnissen ab.

Mischgas ¹⁾. Es hat nicht an Versuchen gefehlt, derartige wasserstoffreiche Generatorgase allgemeiner als Heiz- und Kraftgas zu verwenden. Neuerdings ist dieser Gedanke von Dowson praktisch verwirklicht. Der Apparat wird wohl kaum noch so gebaut, wie die Patentschrift angibt (J. 1887, 189). Die von der Deutzer Gasmotorenfabrik gebaute Abänderung desselben besteht aus einem kleinen Dampfkessel, einem Gaserzeuger *c* (Fig. 42) mit Vorlage, einem oder mehreren Scrubbern *d* und einem Gasbehälter. Der kleine Dampfkessel mit sehr geringem

Fig. 42.



Wasserraum hat eine senkrechte Feuerbüchse, welche mit einem Deckel geschlossen ist. In der Feuerbüchse ist oberhalb des Feuers ein spiralförmig gebogenes schmiedeeisernes Rohr befestigt, welches der Dampf auf seinem Wege aus dem Kessel nach dem Injector *b* durchströmt, um darin überhitzt zu werden. Der überhitzte Wasserdampf bläst durch das Strahlgebläse *b* Luft in den unter dem Rost des Generators befindlichen Aschenfall *k*. Letzterer ist durch die Reinigungsthür *s* während des Betriebes luftdicht verschlossen. Ueber dem Rost schliesst sich der mit feuerfesten Steinen ausgefüllte Schacht *m* des Generators an, welcher mit glühendem Brennstoff gefüllt ist. Der Fülltrichter *l* ist während des Betriebes durch einen Kegel verschlossen, der mittels Hebel und Gegengewicht luftdicht gegen den Rand des Trichterrohres gedrückt wird. In den über dem Kegel befindlichen Raum *l* des Trichters wird der Brennstoff eingefüllt, worauf derselbe durch einen Deckel dicht verschlossen wird. Lässt man durch Anheben des Gegengewichtes *v* den Kegel nach abwärts sinken, so fällt der im Trichter befindliche Brennstoff in den Generatorschacht, der hierauf durch den Kegel wieder verschlossen wird. Durch diese Art der Beschickung wird der Austritt des Gases aus dem Generator verhindert. — Der beim Anheizen des Apparates entwickelte Rauch, sowie das bei Beginn des Anblasens erzeugte minderwerthige Gas werden durch das Rohr *p* abgeführt. Letzteres wird durch den Hahn *n* abgesperrt, wenn das Gas durch die Vorlage nach dem Scrubber und Gasbehälter gehen soll. Das im Generator erzeugte Gas tritt durch das Rohr *f* in die Vorlage *g*. Die Tauchung des ersteren in das in der Vorlage befindliche Wasser verhindert das Zurücktreten von Gas aus dem Gasbehälter in den Generator, wenn in letzterem die Gaserzeugung unterbrochen ist. Aus der Vorlage *g* wird das Gas durch das Rohr *h* dem Scrubber *d* zugeführt, ein

1) Die zunehmende Bedeutung wasserstoffreicher Generatorgase als Kraftgas macht eine kurze Bezeichnung derselben wünschenswerth, welche sie von dem, mit der ursprünglichen Temperatur verwendeten Koksgeneratorgas der Gasanstalten und dem Wassergas unterscheidet. Da man durch Mischen von Wassergas (S. 48) und dem beim sogen. Heissblasen erhaltenen Generatorgas ein Gemenge gleicher Zusammensetzung erhält, so ist die Bezeichnung **Mischgas** passend.

cylindrisches Gefäß aus Eisenblech, dessen Koksfüllung durch die Rohrleitung *u* fortwährend mit Wasser berieselt, welches durch das Rohr *t* zugeführt wird. Das Wasser, welches sich im unteren Theil des Scrubbers sammelt, gelangt durch ein besonderes Rohr in die Vorlage, aus welcher es durch einen Ueberlauf austritt. Der im Scrubber befindliche Koks wird, nachdem er zum Reinigen nicht mehr benutzt werden kann, zur Heizung des kleinen Dampfkessels oder anderweitig verbraucht. Ist der Gasbehälter mit Gas angefüllt, so wird der Dampfahn *i*, welcher durch eine Kette mit der Gasbehälterglocke in Verbindung steht, selbstthätig geschlossen. Hierdurch wird der in den Aschenfall *k* des Generators eintretende Gebläseluftstrom nahezu abgesperrt und die Gaserzeugung so lange vermindert, bis durch ein Sinken der Gasbehälterglocke der Dampfahn *i* sich wieder öffnet.

An zwei verschiedenen Tagen zwei Apparaten einer Hannoverschen Fabrik vom Verf. ¹⁾ entnommene Proben ergaben im Durchschnitt:

Kohlensäure	7,2 Proc.
Kohlenoxyd	26,8 "
Methan	0,6 "
Wasserstoff	18,4 "
Stickstoff	47,0 "

1 k des verwendeten Anthracits gibt rund 4,8 cbm Gas, 1 cbm Gas hat einen Brennwerth von 1345 w, die 4,8 cbm somit 6456 w. Die Gase verliessen den Generator mit 495°, entführten daher, wenn das Dampfluftgemisch 95° hatte, 6 hw. Bei rund 78 hw Brennwerth des Anthracits ergibt sich somit folgende Wärmeausnutzung:

Gas, Brennwerth	6456 w	82,8 Proc.
Gas, Eigenwärme	600 "	7,7 "
Verlust durch Leitung und Strahlung .	744 "	9,5 "

Die 9,5 Proc. Verlust durch Leitung und Strahlung lassen sich vermindern, wenn der Eisenmantel des Generators mit Wärmeschutzmittel bekleidet und die Decke nicht, wie es jetzt geschieht, mit Wasser bedeckt wird. Ein Theil dieser Wärme wird dann zur weiteren Zersetzung von Wasserdampf bez. Kohlensäure verwendet werden, ein anderer Theil, besonders der jetzt in das Wasser übergehende, aber zur Erhöhung der Eigenwärme des Gases dienen. Diese Eigenwärme des Gases könnte aber durch einfache Vorrichtungen zur Vorwärmung des Dampfluftgemisches verwerthet werden.

Mischgaserzeuger von J. W. Taylor besteht aus einem cylindrischen Schacht aus Eisenblech, ist mit Glocken-Aufgebevorrichtung *A* (Fig. 43, S. 46), feuerfester Ausfütterung *M* und durch Thüren *D* geschlossenem Aschenfall versehen; in denselben wird durch ein Dampfstrahlgebläse *I* Wind eingeführt. Dieser tritt durch das Centralrohr *K* ein, welches als Drehzapfen für die ringförmige, von aussen mittels der Kurbel *E* drehbaren Platte *G* dient. Die Verbrennungszone beginnt 0,10 m über dem Wind-eintrittskegel; sobald dieselbe steigt, was man durch die Schaulöcher *B* erkennt, wird sie mit der ganzen Brennmaterialmasse auf die richtige Höhe zurückgebracht, indem man, ohne den Wind abzustellen, die Platte *G* dreht. Der Apparat bewährt sich (J. 1894, 89).

Beim Mischgasapparat von Matter & Cp. in Rouen besteht der Gaserzeuger *A* (Fig. 44, S. 46) aus einem mit feuerfestem Material *K* ausgefütterten Blechcylinder; zwischen letzterem und den Steinen *K* befindet sich noch eine Isolirsicht *L* aus Sand. Der von den Roststäben *C* getragene Brennstoff wird durch den Fülltrichter *MN* eingeführt. Ein zweiter schräg gestellter Rost aus wenigen grösseren Platten *D* verhindert das Hineinfallen der Kohle in den Aschenfall und zertheilt den der glühenden Kohlschicht zugeführten Luftstrom. Durch einen bei *W* angedeuteten Hahn tropft ein dünner Wasserstrahl in den Trog *E*, wo er sich erwärmt und in

1) J. 1889, 391; 1891, 84; 1893, 108; 1894, 81.

Tropfen in den Aschenfall hinabträufelt. Mit Vortheil wird dazu das vom Kühlmantel des Gasmotors abfließende, schon vorgewärmte Wasser benutzt. Ein Theil des Wassers verdampft im Aschenkasten und gelangt in Dampfform in die glühende Brennstoff-

Fig. 43.

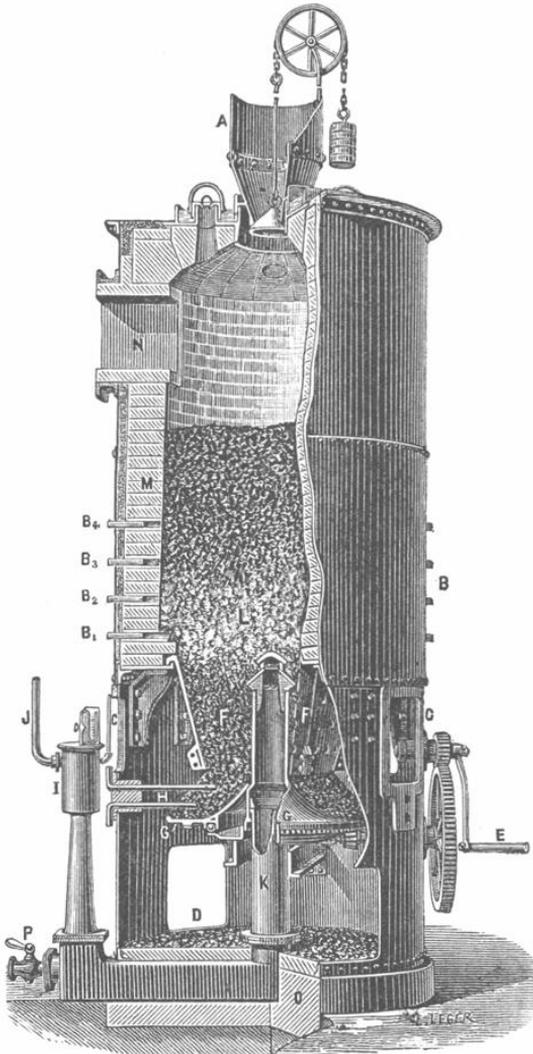
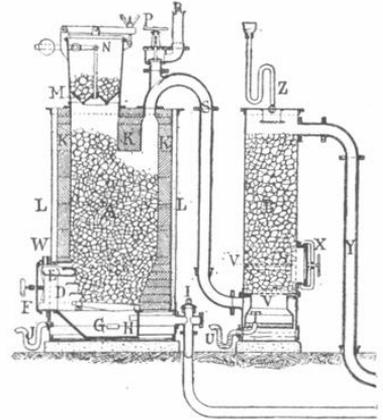


Fig. 44.



schicht, während der Ueberschuss des Wassers bei *J* abfließt, um sicher zu sein, dass immer hinreichend Wasser vorhanden ist. Bei *H* tritt ein von einem kleinen Gebläse ein-geblasener Luftstrom unter den Rost und führt den Wasserdampf mit. Das Gas tritt durch *S* in den Scrubber *B* unter Ueberwindung des geringen Widerstandes im Wasser-verschluss *T*, durch welchen ein Zurücktreten nach dem Generator verhindert wird. Beim Durchstreichen der auf den Rosten *V* ruhenden Koks-schicht bleiben die Staubtheilchen zurück und das Gas kühlt sich an dem durch den Syphon *Z* in Regenform einströmenden Wasser ab; das Kühlwasser fließt bei *U* ab und das Gas gelangt durch *Y* in den Gasometer und zur Maschine. Durch das Mannloch *X* kann alle

2 bis 3 Monate die Koks-füllung herausgenommen werden, welche dann im Generator verbrannt wird. Der Gasometer wird immer voll gehalten und gestattet jederzeit den Beginn des Betriebes; dadurch kommt das Gebläse in Gang und bringt den Generator in kurzer Zeit auf die normale Betriebstemperatur. Gerade wie beim Mischgasapparat ein selbstthätiges Abstellen des Injectors erfolgt, wenn die Gasometerglocke ihren höchsten Stand erreicht hat, so öffnet sich hier ein Ventil *J* auf der Luftleitung selbst-

Fällen Steinkohlen, selbst Gaskohlen verwenden könnten. Das Gas würde dann wesentlich mehr Methan und auch etwa 0,5 Proc. schwere Kohlenwasserstoffe enthalten, somit werthvoller sein. Auch andere Rohstoffe, wie Braunkohle und Torf, könnten dann ins Auge gefasst werden, umsomehr da Braunkohlenkoks viel leichter Wasserdampf und Kohlensäure reducirt als Anthracit. Da diese Stoffe bei der Entgasung Kohlensäure, Wasserdampf und Theer geben, so wäre es für den Grossbetrieb unter Umständen vortheilhaft, mit der durch das gebildete Gas auf etwa 400° vorgewärmten Luft nach jeder Beschickung von oben nach unten zu blasen oder zwei Generatoren zu verbinden, um reiche Gase zu erzielen. Die wichtigste Verwendung für Mischgas ist die für Gaskraftmaschinen.

Auf das Verfahren von Mond, das Ammoniak des Mischgases zu gewinnen, sei verwiesen (J. 1889, 106; 1890, 496).

Wassergas. Dass Wasserdampf über glühende Kohlen geleitet Wasserstoff nebst Kohlensäure und Kohlenoxyd bildet, ist schon lange bekannt. Dementsprechend wurde wiederholt versucht, Holzkohlen, Koks oder Anthracit in liegenden oder stehenden Retorten zu erhitzen und dann Wasserdampf einzuleiten. Es wurde danach gestrebt, dass neben Wasserstoff wesentlich Kohlensäure entstand, welche man durch Kalkmilch oder Natronlauge entfernte. Das Gas wurde z. B. in Narbonne zur Beleuchtung verwendet. Das Verfahren ist überall als unvortheilhaft aufgegeben.

Um das Wassergasverfahren lebensfähig zu machen, mussten die von aussen erhitzten Retorten durch Schachtöfen ersetzt werden, in welche man abwechselnd Luft und Wasserdampf einblies. Dahin gehören die Vorrichtungen von Lowe¹⁾, Strong, Dwight u. A. Für deutsche Verhältnisse brauchbar wurde das Verfahren aber erst durch die auf den Werken von Schulz, Knaudt & Co. in Essen gemachten Fortschritte (J. 1887, 172).

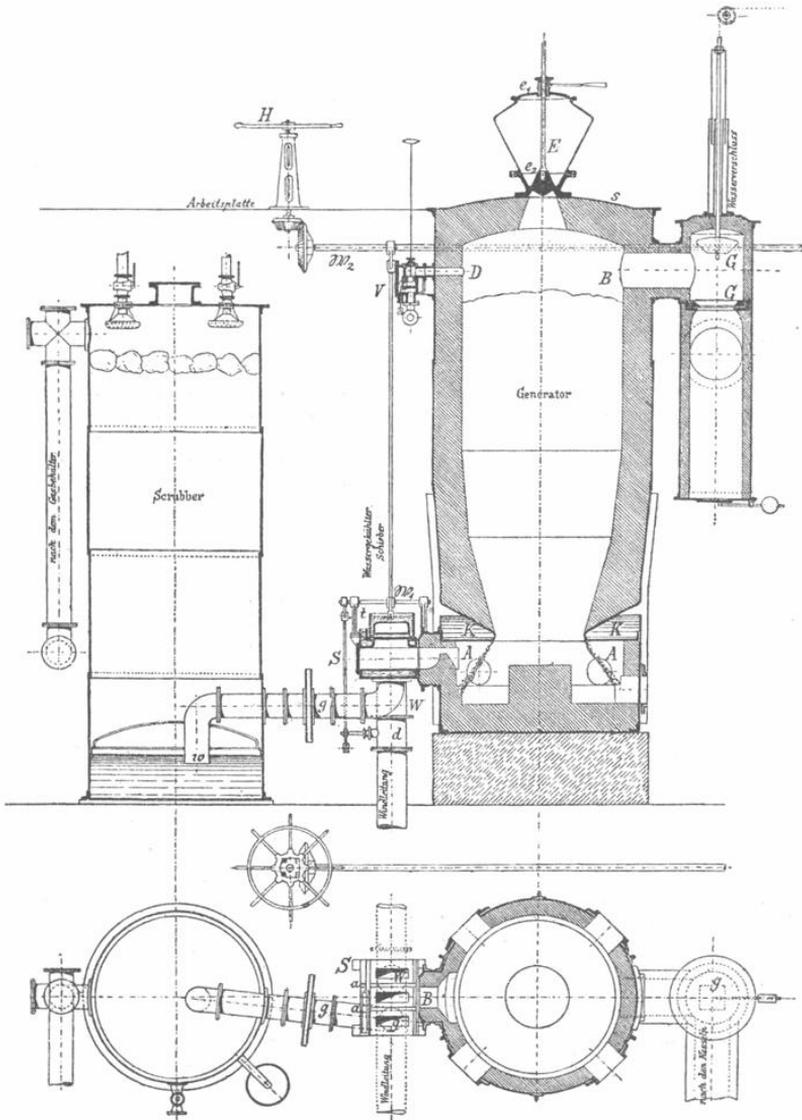
Bei der in Essen und in Witkowitz angewendeten Vorrichtung tritt der durch Schieberventil *V* (Fig. 45 bis 47) regelbare Dampf bei *D* in den mit Koks gefüllten Generator; das gebildete Wassergas wird unten abgeleitet. Der wassergekühlte Schieber *S* sperrt den Windkanal ab, sobald der Gaskanal offen ist, und umgekehrt. Ebenso wird die in der Windleitung unterhalb der Windeinströmung *W* eingebaute Drosselklappe *d* geschlossen, sobald der Schieber den Gaskanal öffnet. Somit wird der Wind doppelt abgesperrt, um Explosionen zu verhüten. Werden die Schieberflächen undicht, so pufft die geringe Menge Knallgas bei den Oeffnungen *a* heraus. In Witkowitz ist nach Langer während des Warmblasens der Obertheil des wassergekühlten Schiebers so gestellt, dass der Windkanal mit dem Generator verbunden ist, die Drosselklappe *d* ist offen, ebenso das Generatorgasventil *G*; geschlossen ist der Gasausströmkanal *g* zum Scrubber und das Schieberventil *V*. Während des Gasmachens sind geschlossen *G* und *d*; der Obertheil des wassergekühlten Schiebers schliesst den Windkanal und stellt die Verbindung vom Generator zum Scrubber her; *V* ist geöffnet. Die Verbindung zwischen Gasometer und Generator ist sodann nur durch den Wasserverschluss *w* im Scrubber, welcher 100 mm beträgt, gestört. Auf den Schieber *S* sind zwei Ständer *t* aufgeschraubt, in welchen eine Welle \mathfrak{B}_1 gelagert ist. Diese Welle steht mit der Steuerwelle \mathfrak{B}_2 in Verbindung. Die auf \mathfrak{B}_1 befindlichen Hebel bewegen den Obertheil von *S*, besorgen das Oeffnen und Schliessen von *d* und des Schiebers in *V*. Ein auf \mathfrak{B}_2 aufgekeilter Hebel besorgt das Oeffnen und Schliessen des Generatorgasventiles, \mathfrak{B}_2 wird durch das Handrad *H* gedreht. Die Anordnung ist

1) D. R. P. Nr. 3515; das Verfahren wird in zahlreichen Städten Nordamerikas thatsächlich angewendet. (Vgl. Leuchtgas.)

so getroffen, dass durch die Drehung von *H* nach einer Seite der Obertheil von *S* den Windkanal schliesst, den Gaskanal öffnet. Gleichzeitig wird *d* und *G* geschlossen, der Schieber von *V* geöffnet. Durch Drehung nach der anderen Seite wird der Obertheil

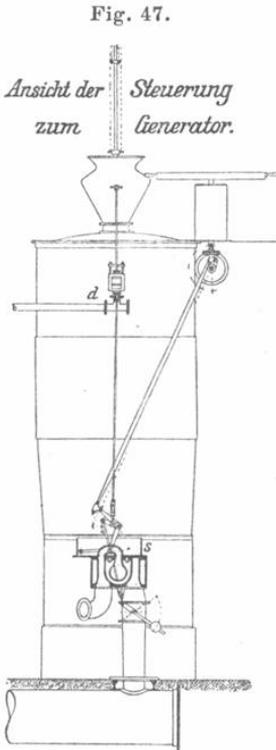
Fig. 45.

Fig. 46.



von *S* den Gaskanal schliessen, den Windkanal öffnen, gleichzeitig wird *d* und *G* geöffnet und der Schieber von *V* geschlossen. Der Arbeiter hat somit nur das Rad *H* entsprechend zu drehen, um den Apparat entweder auf „Gasmachen“ oder „Wärmblasen“ zu stellen. Durch Unvorsichtigkeit des Arbeiters kann somit kein Unglück

geschehen. Der Fülltrichter *E* ist so eingerichtet, dass, wenn e_1 geöffnet ist, e_2 zubleibt; wird e_1 geschlossen, so kann e_2 geöffnet werden. Es tritt also bei jedesmaligem Entleeren des Fülltrichters nur so viel Generatorgas ins Freie, als die Füllbirne fasst. In Witkowitz sind zwei Generatoren von je 10 cbm im Betriebe. Es wird abwechselnd 5 Minuten lang Dampf eingeblasen (Gas gemacht) und 10 Minuten lang warm geblasen, d. h. Luft eingetrieben. Das beim Warmblasen erhaltene Generatorgas (Siemensgas) wird unter vier Dampfkesseln verbrannt, das Wassergas namentlich zur Beleuchtung und für Gaskraftmaschinen verwendet (J. 1887).



Die aus einem solchen Generator nebst Scrubber bestehende Anlage in Essen hat Verf. wiederholt beobachtet. Es wird hier jedesmal 4 Minuten lang Wassergas gemacht und 11 Minuten Generatorgas. Am 21. Juli 1887 wurden von 9 Uhr 10 Minuten bis 12 Uhr, dann von 2 Uhr 21 Minuten bis 6 Uhr 11 Minuten zusammen 3690 cbm Wassergas¹⁾ hergestellt und dazu 3256 k Koks gebraucht. Letzterer bestand aus:

Kohlenstoff	84,8
Wasserstoff	0,5
Stickstoff, Sauerstoff	2,1
Asche	10,6
Wasser	2,0

Die Generatorgase hatten im Mittel von je 2 Analysen folgende Zusammensetzung:

	Nach 1	6	10 Min.
Kohlensäure	7,04	4,03	1,60
Kohlenoxyd	23,68	28,44	32,21
Methan	0,44	0,39	0,18
Wasserstoff	2,95	2,20	2,11
Stickstoff	65,89	64,94	63,90

Am Generator selbst ausgeführte Kohlensäurebestimmungen ergaben 1,5 bis 7,2 Proc. Die Gase würden weniger Kohlensäure enthalten, wenn nicht so stark geblasen würde. 1 cbm dieser Gase hat somit im Mittel einen Brennwerth von 950 w und enthält 0,718 k Kohlenstoff. Die Temperatur der Gase stieg bis 505°. — Nach 1, 2,5 und 4 Minuten „Gasmachen“ hatte das Wassergas im Mittel von drei Versuchsreihen folgende Zusammensetzung:

	Nach 1	2,5	4 Min.
Kohlensäure	1,8	3,0	5,6
Kohlenoxyd	45,2	44,6	40,9
Methan	1,1	0,4	0,2
Wasserstoff	44,8	48,9	51,4
Stickstoff	7,1	3,1	1,9

Gasproben aus dem Gasometer (I, II) und Reiniger (III) enthielten:

	I	II	III	Mittel	Brennwerth
Kohlensäure	2,71	3,88	3,41	3,3	0 w
Kohlenoxyd	43,95	44,05	43,01	44,0	1345
Methan	0,31	0,41	0,36	0,4	35
Wasserstoff	48,97	47,80	48,92	48,6	1274
Stickstoff	4,06	3,86	4,30	3,7	0
					2654

1) Diese Messungen wurden unmittelbar am Gasometer ausgeführt, sind daher nicht ganz genau.

1 k Koks lieferte 1,13 cbm Wassergas, entsprechend 2970 w. Dieselben enthielten $1,13 \times 0,477 \times 0,5395 = 0,291$ k Kohlenstoff. Die übrigen 0,557 k Kohlenstoff lieferten 3,13 cbm Generatorgas. Von den 7000 w des Koks finden sich somit im

Wassergas	2970 w = 42 Proc. ¹⁾
Generatorgas	2970 „ = 42 „

An Kühlwasser wurden stündlich gebraucht für

	Liter	Temperatur
Ringdüse	4500	70,5 ^o
Schieber	420	82
Scrubber	2700	71

Das Kühlwasser nimmt somit stündlich rund 3800 hw auf, oder für je 1 k vergastem Koks etwa 8 hw. Da diese Wärme theilweise dem glühenden Koks entzogen wird, so ist es unter Umständen vortheilhaft, den Kühlring fortzulassen, so dass die Schlacke flüssig entfernt wird; allerdings leidet dann die Ausmauerung des Schachtes, was jetzt fast gar nicht der Fall ist. Ferner ist beachtenswerth, dass jetzt gegen Ende des „Gasmachens“ überschüssiger Wasserdampf hindurchgeht, der jedenfalls einen Wärmeverlust bedingt. Es dürfte sich daher empfehlen, entsprechend der Temperaturabnahme die Dampfzuführung zu verringern. — Wird das Generatorgas durch Staubsammler und dann auf grössere Entfernung geleitet, wie früher in Hörde, so geht die Eigenwärme des Gases allerdings verloren, während in Witkowitz und Essen ein Theil der Eigenwärme bis zu den Dampfkesseln geführt wird. Wo der Preis der Brennstoffe nicht sehr hoch ist, empfiehlt sich der Vereinfachung und Sicherheit des Betriebes wegen das erste Verfahren.

Vortheilhaft wird das Wassergas zur Beleuchtung mittels der Magnesiakammer von Fahnehjelm (vgl. Beleuchtung) verwendet²⁾. 180 l Wassergas geben, wie sich Verf. selbst überzeugte, mit einem neuen Kamm 22 bis 24 Kerzen, nach 60 Stunden noch etwa 16 Kerzen. 100 Stundenkerzen erfordern somit 0,8 bis 1 cbm Gas; 1 Kamm kostet 15 Pfg. Da nun in Essen 1 cbm Wassergas etwa 1 Pfg. kostet, so stellen sich 100 Kerzenstunden auf nur 1,5 bis 2 Pfg., also viel geringer, als die sonst üblichen Preise. Neuere Versuche ergaben für 100 Kerzenstunden 2,8 Pfg. (J. 1893, 123). Reines Wassergas eignet sich sehr vortheilhaft für Beleuchtung mit Glühstrümpfen (s. Beleuchtung). Bei Mitverzinsung eines verzweigten Rohrnetzes u. s. w. würde sich der Preis des Wassergases natürlich höher stellen, in sehr vielen Fällen aber erheblich billiger als Leuchtgas, ja billiger als Erdöl. — Das Wassergas wird in Essen zum Schweißen der Wellrohre verwendet, von Pintsch zum Schweißen und Löhnen der Gaskessel, Schmelzen von Bronze u. dgl. (J. 1893, 122), in Witkowitz zum Betrieb von Gaskraftmaschinen (J. 1890, 187), für welche aber Mischgas vorzuziehen ist.

Anlagekosten und Preis von 1 cbm Wassergas für Beleuchtung, Heizung u. s. w. betragen bei 20 Stunden täglicher Betriebszeit nach Blas (J. 1890, 188):

Grösse der Apparate. Production für die Stunde	cbm	1 000	500	150
Anlagekosten in Mark		100 600	53 200	26 900
Amortisation und Verzinsung 9 Proc. für 1 cbm in	Pfg.	0,15	0,16	0,265
Brennmaterial 1 k für 1 cbm und 8 Mark für die Tonne		0,80	0,80	0,80
Reinigung des Gases mit Lux-Masse	Pfg.	0,03	0,03	0,03
Wasser für Kühlung und für die Dampfkessel	Pfg.	0,08	0,08	0,08
Arbeitslohn	Pfg.	0,12	0,20	0,40
Preis von 1 cbm für Heizzwecke u. s. w.	Pfg.	1,18	1,27	1,575
Für Leuchtzwecke kommt hinzu: pro Kamm 10 Pfg. bei 80 Stunden Brenndauer = 0,125 Pfg. für die Brennstunde und 5 Brennstunden auf 1 cbm = 0,625 Pfg. für 1 cbm		0,625	0,625	0,625
Preis von 1 cbm für Beleuchtung u. s. w.	Pfg.	1,805	1,875	2,20
Findet das Generatorgas Verwendung, so ist das Wassergas nur mit 0,5 k Koks zu belasten, der Preis ist dann	Pfg.	1,405	1,495	1,80

1) Die Wärme des zugeführten Wasserdampfes ist hier nicht berücksichtigt. Die 1,133 cbm Wassergas erfordern 0,45 cbm Wasserdampf, entspr. 290 w, so dass rund 550 w auf den Wärmeverlust des Generators und des Generatorgases entfallen.

2) Um Undichtigkeiten der Leitungen (vgl. J. 1890, 181) leichter erkennen zu können, genügen 10 g Mercaptan um 20 000 cbm Wassergas starkriechend zu machen. Auch Acrolein und Thioacetone sind vorgeschlagen (J. 1889, 115). Sicherheitsvorschriften (J. 1893, 125).

Nach anderen Angaben (J. 1893, 121) stellen sich die Kosten des Wassergases auf 2,6 bis 5,6 Pfg. für 1 cbm. (Vgl. J. 1898.)

In folgender Tabelle sind des besseren Vergleiches wegen die Ausbeuten von Koksgeneratorgas und Wassergas auf denselben Koks berechnet:

	Leuchtgas	Generatorgas			Wassergas		
		aus Kohle	aus Koks		aus Koks		aus Kohle
			ohne Wasser	mit Wasser	Generator	Wassergas	
Schwere Kohlenwasserstoffe	3,8	—	0	0	0	0	1
Methan	36,0	1,9	Spur	0,4	0,3	0,4	8
Wasserstoff	48,0	6,5	1,9	14,0	2,3	48,6	48
Kohlenoxyd	8,0	23,7	29,4	26,0	28,5	44,0	37
Kohlensäure	1,4	5,3	2,0	6,9	4,0	3,3	3
Stickstoff	2,8	62,6	66,7	52,8	64,9	3,7	3
Brennwerth von 1 cbm Gas	5340	1050	950	1190	950	2630	3250
1 k Kohle gibt cbm Gas	0,3	4,52	5,0	4,77	3,13	1,13	1,2
Proc. Ausnutzung	20	60	68	80	42	42	50
					84		

Während somit 1 k beste Kohle höchstens 0,3 cbm Leuchtgas gibt, erhält man aus 1 k gewöhnlichem Koks 1,13 cbm Wassergas und 3,13 cbm Generatorgas, welche zusammen 84 Proc. des Brennwerthes des verwendeten Koks enthalten. Würde man Kohlen theilweise entgasen, dann sofort vergasen, das abgetriebene Leuchtgas aber mit dem Wassergas mischen, so erhielte man ein Gas, welches etwa die in der letzten Spalte angegebene Zusammensetzung hätte, bei einem Brennwerthe von etwa 3250 w für 1 cbm. — Neben diesem reicheren Gase hätte man Theer, Ammoniak und Cyan als Nebenproducte, wie beim gewöhnlichen Leuchtgasverfahren, dazu die entsprechende Menge Generatorgas, wie beim gewöhnlichen Wassergasverfahren. Liesse man ferner diese Gase, nicht wie S. 49 angegeben, unmittelbar in Scrubber und Staubsammler, sondern zunächst durch Röhrenvorwärmer (entspr. den Winderhitzern bei Hochöfen) gehen, so würde man beim Heissblasen stark erhitze Luft verwenden können, daher in viel kürzerer Zeit die Temperatur der Generatorfüllung auf die erforderliche Höhe bringen. In Folge dessen würde man verhältnissmässig mehr Wassergas erhalten und die Wärmeausnutzung für dieses auf etwa 50 bis 60 Proc. für das Kohlenwassergas steigern können. Der erforderliche Wasserdampf könnte natürlich auch durch Abhitze gewonnen werden oder er würde durch einen Theil des Generatorgases erzeugt.

Ueber den Vorschlag von Dellwik, mit geringerer Koksschicht zu arbeiten, daher beim Heissblasen Kohlensäure (statt Kohlenoxyd) zu bilden, um rascher und mehr Wassergas zu erzeugen, liegen noch keine zuverlässigen Angaben vor.

Feuerungsanlagen.

Verbrennung. Werden Holz, Torf, Braunkohlen oder Steinkohlen erhitzt, so werden sie in der S. 31 besprochenen Weise entgast. Kann atmosphärischer Sauerstoff zutreten und ist die Temperatur hoch genug, dass sich die Bestandtheile des Gases mit dem Sauerstoff verbinden können, ist also ihre Entzündungstemperatur mindestens erreicht, so entzündet sich das Gas und verbrennt mit leuchtender Flamme,

weil die Mischung von Gas und Luft nicht sofort, sondern erst allmählich stattfindet, die Verbrennung daher auf einen grösseren Raum ausgedehnt wird. Die nach der Entgasung zurückbleibende Holz- oder Torfkohle oder der Koks können sich, weil fest, nicht mit der Luft mischen, daher nur an der Oberfläche mit dem Sauerstoff verbinden, sie verbrennen in Folge dessen nicht mit Flamme, sondern glühen nur. Bleibt die Luft, nachdem der Sauerstoff völlig in Kohlensäure übergeführt ist, noch mit der Kohle in Berührung, so nimmt, bei genügender Temperatur, die Kohlensäure noch ein Atom Kohlenstoff auf: $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ und bildet Kohlenoxyd (vgl. S. 37). Die Geschwindigkeit dieser Umsetzung wächst mit der Temperatur, mit der Porosität des Brennstoffes (Holzkohle weit rascher als Koks) und mit der Dauer der Berührung (d. h. mit der Höhe der Brennstoffschicht, umgekehrt mit der Zugstärke).

In unseren gewöhnlichen Feuerungen gehen diese Vorgänge meist nebeneinander her. Um eine vollständige Verbrennung zu erzielen, ist somit eine genügende Menge Sauerstoff bzw. Luft und eine genügend hohe Temperatur erforderlich.

Rauch. Die Klagen über Rauchbelästigung sind so alt als die Verwendung der Steinkohle selbst. Der Stadtrath zu Zwickau hat bereits im J. 1348 den vor den Stadthoren wohnenden Schmieden die Verwendung der Steinkohle streng verboten. Anfangs des 14. Jahrh. wurde die englische Regierung bestürmt, die Steinkohle zu verbieten. Am Ende des 16. Jahrh. erliess die Königin Elisabeth ein strenges Verbot gegen die Luftverpestung durch Steinkohlenfeuerungen. Zu Anfang des 17. Jahrh. war die Belästigung der Londoner Bevölkerung durch Steinkohlenrauch trotzdem so arg, dass eine Regierungscommission die Zerstörung aller Steinkohlenfeuerungen anordnete und die fernere Verbrennung der Steinkohle verbot. Aber schon im J. 1673 waren neue Gesetze gegen das Rauchen der Schornsteine erforderlich; dann folgen entsprechende Gesetze im J. 1773 und 1821. Im J. 1843 wurde bestimmt, dass jede Lokomotive ihren eigenen Rauch verzehren soll. Im J. 1853 erschien das Gesetz: „Smoke Nuisance Act“; im J. 1858 „Smoke Nuisances Amendment Act“, im J. 1863 „Alkali Act“, im J. 1866 „Nuisances Removal Act“ und 1875 „Public Health Act“. Aber weder diese zahlreichen Gesetze noch die Ausstellung „Smoke abatement Exhibition“ in London 1881/82 haben die erwünschte Abhilfe gebracht. Ein wesentlicher Grund für diesen Misserfolg liegt wohl in der unbestimmten Fassung der gesetzlichen Bestimmungen. (J. 1889, 121.)

Wenn auch eine unmittelbare Schädigung der Gesundheit der Menschen durch Rauch bis jetzt nicht zweifellos feststeht, so ist doch nicht zu bestreiten, dass der Rauch mittelbar dadurch gesundheitsschädlich wird, dass er das Sonnenlicht zurückhält, namentlich wenn er mit dem Wasserdunste den so unangenehmen Nebel bildet, welcher bekanntlich oft tagelang die Strassen grosser Städte einhüllt. — Die Beschmutzung der Häuser und öffentlichen Denkmäler bewirkt erhebliche Geldverluste. Sind die Häuser mit Oelfarbeanstrich versehen, so muss dieser jedenfalls viel öfter erneuert werden, sogen. Rohbau, namentlich Sandstein, ist nach dem Schwärzen durch Rauch überhaupt nicht wieder in früherer Schönheit herzustellen. Will man aber in dieser Beziehung geringere Ansprüche stellen, so hätte beim Bau viel gespart werden können, was jetzt durch Rauch zerstört wird. Dass ferner durch Beschmutzen der Wäsche, Vorhänge, Kunstwerke u. dgl. jährlich bedeutende Geldwerthe verloren gehen, ist bekannt. — Aber auch der Besitzer der rauchenden Feuerung selbst wird durch dieselbe geschädigt, indem Rauch stets eine schlechte Verbrennung, somit eine unvollständige Wärmeentwicklung, in Folge des Berussens der Heizflächen aber auch eine mangelhafte Wärmeübertragung, also doppelten Verlust anzeigt. Berücksichtigt man aber, dass allein Deutschland täglich für 1 Mill. Mark (Grubenwerth, also an der Verbrauchsstelle über 2 Millionen Mark) Kohlen verbraucht, so bedingt der Rauch bedeutende Verluste am Nationalvermögen.

Rauchbildung. Findet die Entgasung der Brennstoffe (S. 34) bei Luftzutritt, also in gewöhnlichen Feuerungen statt, so geht diese beim Holz wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit desselben langsam vor sich, die Hauptmenge der Theerdämpfe wird beim Durchziehen der bald an der Oberfläche des Holzes gebildeten glühenden Holzkohle noch weiter vorgewärmt, so dass sich dieselben gleichmässig mit der Luft mischen, bez. verbrennen können. Mit Holz ist daher leicht eine vollständige, rauchlose Verbrennung zu ermöglichen.

Wird Steinkohle auf den vorhandenen glühenden Koks geworfen, so geht die Entgasung wegen der erheblich kleineren Stückform der Kohle und der besseren Wärmeleitung rasch vor sich. Nun ist aber der Feuerraum durch das Einbringen der Kohle schon etwas abgekühlt, die plötzliche Gasbildung nimmt Wärme in Anspruch, die Luft tritt ungleichmässig durch die mehr oder weniger dicht gelagerte Kohle zu, so dass ein Theil der Theerdämpfe, besonders der höchst siedenden Bestandtheile sich zu kleinen Tropfen verdichten können, bevor sie in die eigentliche Verbrennungszone gelangen. Während aber brennbare Gase und Luft sich leicht durchdringen und verbinden, findet die Verbrennung von flüssigen und festen Stoffen nur an der Oberfläche, also viel langsamer statt. Die Verbrennung des Theeres wird ferner dadurch wesentlich erschwert, dass Steinkohlentheer besonders viel stickstoffhaltige Basen und kohlenstoffreiche Verbindungen enthält, welche nur bei sehr hoher Temperatur und ausreichendem Luftzutritt völlig verbrannt werden. Fehlt Sauerstoff, so scheidet sich mehr oder weniger reiner Kohlenstoff als Russ ab, ist die Hitze nicht hoch genug, so entweicht ein Theil der Theerdämpfe unverändert oder nur theilweise verbrannt, gemischt mit mehr oder weniger Russ. Rauch besteht demnach aus mehr oder weniger veränderten Theernebeln, gemischt mit Russ und Flugasche, sehr selten aus Russ allein.

Russ ist zwar tief schwarz, aber geruchlos und nicht klebrig, haftet somit nicht leicht an Wänden, auf Pflanzen, Wäsche u. dgl. Dagegen riechen die braunen Theer- und stickstoffhaltigen Basen (besonders die darin enthaltenen Schwefelverbindungen und stickstoffhaltigen Basen) und ertheilen dem gleichzeitig vorhandenen Russ die höchst unangenehme Eigenschaft, dass er leicht haftet und sich nur sehr schwer wieder entfernen lässt. Brauner Rauch kann daher unter Umständen mehr belästigen als schwarzer.

Die fast zahllosen Vorschläge, das Rauchen der Schornsteine zu verhüten, bezwecken entweder die Beseitigung oder Vernichtung des gebildeten Rauches oder die Verhütung der Bildung desselben.

Die Beseitigung des Rauches durch sog. Russfänger kann bestenfalls die Belästigung der Umgegend vermindern, nicht aber die durch die mit der Rauchbildung verbundene unvollständige Verbrennung und Berussung der Heizflächen bewirkten Wärmeverluste. Dasselbe gilt vom Waschen des Rauches, welches ausserdem wegen der Schwerbenetzbarkeit desselben umständlich ist. Zum Verbrennen des Rauches ist wiederholt vorgeschlagen, die Rauchgase mit Luft gemischt durch dasselbe Feuer zu treiben, welches den Rauch erzeugt hat, was natürlich gar nicht möglich ist. Mehr Erfolg hat schon die Anbringung mehrerer Feuer neben-, hinter- oder übereinander, während die Einführung von Wasserdampf wesentlich nur dem schwarzen Rauche eine hellere Farbe gibt. Die Zuführung von Luft hinter den Rost schadet meist mehr, als sie nützt, da sie eine weitere Abkühlung des Gasgemenges bewirkt. Besser ist es die Rauchgase durch ein glühendes Steingitterwerk zu führen.

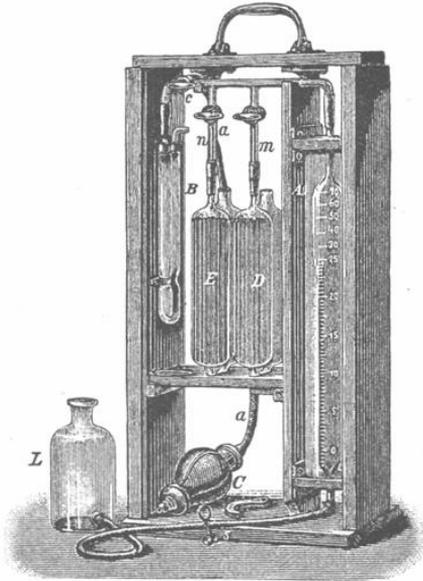
Der vorhandene Rauch ist viel schwerer zu verbrennen als die Dämpfe, aus dem er sich bildet. Es ist daher jedenfalls richtiger, die Bildung von Rauch zu verhüten. Dieses geschieht dadurch, dass man das Gasgemenge vor frühzeitiger Abkühlung schützt, also durch Vorfeuerungen, Scharmotteausfütterungen eiserner Oefen, Dampfkesselflammrohre u. dgl. Sicherer ist, die Entgasung gleichmässig vor sich gehen zu lassen, indem die Brennstoffe allmählich und ununterbrochen in die Feuerung eingeführt werden. Bei nichtbackenden Kohlen gelingt dieses oft schon durch Schrägrote und Schüttfeuerungen. Besser ist das Vorschieben der Kohlen durch Maschinenkraft, besonders wenn gleichzeitig durch Bewegen des Rostes für gleichmässige Luftzuführung gesorgt wird. Die einzige sichere Lösung der Rauch-

frage ist aber die allgemeine Einführung der Gasfeuerungen und Gaskraftmaschinen.

Eine sachgemässe Beurtheilung einer Feuerung kann nur auf Grund von Gasanalysen geschehen.

Mit folgendem Apparate hat Verf. tausende von Gasanalysen ausgeführt. Der untere, 45 cc fassende Theil der zum Messen des zu untersuchenden Gases bestimmten Bürette *A* (Fig. 48), welche zur Abhaltung von Temperaturschwankungen von einem weiten Cylinder mit Wasser eingeschlossen wird, ist in Zehntel, der obere in ganze Cubikcentimeter eingetheilt. Das dickwandige gläserne Capillarrohr mit den Glashähnen ist an beiden Enden festgelegt, bei *i* in einem Ausschnitte der Scheidewand und bei *o* durch eine kleine, an der Decke des Kastens befindliche Stütze. Die 3 Glashähne schliessen sicher dicht und klemmen sich bei nur einigermaßen verständiger Behandlung nie fest. Das Hahnrohr ist am vorderen Ende umgebogen und mit dem U-Rohr *B* verbunden, dessen Schenkel Baumwolle enthalten. Das nach hinten gerichtete Ende des Dreiweghahnes *c* ist durch Gummischlauch *a* mit dem Gummisauger *C* verbunden, durch welchen es leicht gelingt, das Gaszuführungsrohr und *B* mit dem zu untersuchenden Gase zu füllen. Die Bindung der Gase geschieht in den unten in Einschnitte festgelegten U-förmigen Gefässen *D*, *E*, welche durch kurze Kautschukschläuche mit dem Hahnrohre verbunden und zur Vergrößerung der Berührungsfäche mit Glasröhren angefüllt sind. Da die Marke *m* sich über dieser Verbindungsstelle befindet, so ist diese stets mit der betreffenden Flüssigkeit benetzt und so leicht vollkommen dicht zu halten. Das andere Ende des U-Rohres ist mit einem Kautschukstopfen geschlossen, welcher ein Glasröhrchen enthält; die Röhrchen sind mit einem gemeinschaftlichen, etwa 200 cc fassenden schlaffen Gummiballon, zur Abhaltung des atmosphärischen Sauerstoffs, verbunden.

Fig. 48.



Soll der Apparat gebraucht werden, so füllt man zunächst den die Bürette *A* umgebenden Cylinder, sowie auch die Flasche *L* mit destillirtem Wasser. Zur Füllung der 2 Absorptionsflaschen nimmt man die Stopfen mit den Glasröhren und Gummibeutel ab und giesst in das Gefäss *D* etwa 110 cc Kalilauge von 1,20 bis 1,28 spec. Gewicht, so dass dasselbe etwas über halb damit angefüllt wird. Ferner löst man 18 g Pyrogallussäure in 40 cc heissem Wasser, fügt 70 cc der obigen Kalilauge hinzu und giesst das Gemisch in das zweite Gefäss *E* zum Lösen des Sauerstoffs. Man schliesst die 2 Glashähne, stellt den Hahn *c* wagerecht und hebt die Flasche *L*, so dass das Wasser die Bürette *A* füllt, gibt dem Hahn *c* eine Vierteldrehung nach links, so dass die zweite Durchbohrung zum Rohr *B* führt, öffnet den Hahn des Gefässes *D*, senkt die Flasche *L* und öffnet vorsichtig den auf den Schlauch *s* gesetzten Quetschhahn, so dass die Kalilauge bis zur Marke *m* aufsteigt, worauf der Hahn geschlossen wird. In gleicher Weise werden auch die Flüssigkeiten des anderen Gefässes bis zur Marke *m* aufgesaugt, wobei das Auge stets auf die aufsteigende Flüssigkeit gerichtet ist¹⁾. Dann werden die 2 Stopfen mit den Glasröhren luftdicht aufgesetzt. In Röhre *B* bringt man lose Baumwolle, setzt die Stopfen wieder ein und verbindet das Röhrchen *n* mittels eines Gummischlauches mit dem Glasrohre, oder bei hohen Temperaturen Porzellanrohre, welches luftdicht in den Rauchkanal o. dgl. eingesetzt ist, um den Zutritt der atmosphärischen Luft zu verhüten.

Zur Probe, ob der Apparat dicht ist, stellt man den Hahn wagerecht, presst den Schlauch unmittelbar an dem Rohr im Rauchkanal mittels Quetschhahn oder der Hand fest zu und öffnet

1) Es empfiehlt sich, diese Handhabung zunächst mit reinem Wasser einzuüben und erst dann die Absorptionsflüssigkeiten einzufüllen.

den Quetschhahn des Schlauches *s*. Die Wassersäule in *A* sinkt etwas, muss dann aber völlig fest stehen bleiben, da ein fortgesetztes langsames Sinken irgend eine Undichtigkeit verrathen würde, die natürlich zunächst beseitigt werden muss, sei es durch besseres Ueberziehen des Schlauches, festes Eindrücken des Stopfen oder Schmieren der Glashähne mit Vaseline, welchem etwas Paraffin zugesetzt ist.

Nachdem man die Bürette *A* durch Heben der Flasche *L* bis zur Marke 100 mit Wasser gefüllt hat, stellt man den Hahn *c* so, dass die Verbindung von dem Gummisauger *C* durch das Rohr *B* mit dem Rauchkanal hergestellt ist, und saugt durch 10- bis 15maliges Zusammenpressen von *C* so lange, bis die ganze Leitung sicher mit dem zu untersuchenden Gase gefüllt ist. Dieses geschieht am bequemsten in der Art, dass man mit der linken Hand *C* zusammenpresst, dann mit dem Daumen der rechten Hand den Röhrenansatz *r* schliesst und nun durch Oeffnen der linken Hand den Ballen aufblähen lässt, den Daumen lüftet, *C* wieder zusammenpresst u. s. w., bis der Zweck erreicht ist. Nun stellt man den Hahn *c* wieder wagrecht, öffnet den Quetschhahn von *s* und senkt die Flasche *L*, so dass sich die Bürette *A* mit dem zu untersuchenden Rauchgase bis zum Nullpunkt anfüllt, worauf *c* durch Vierteldrehung nach links wieder geschlossen wird. Das Gas ist jetzt zwischen den 3 Glashähnen und der Wassersäule in *A* eingeschlossen.

Zur Bestimmung der Kohlensäure öffnet man den Hahn von *D* und hebt *L* mit der linken Hand, so dass beim Oeffnen des Quetschhahnes auf *s* mit der rechten Hand das Gas in die Flasche *D* übertritt, senkt *L* wieder, bis die Kalilauge in *D* etwa zur Schlauchverbindung unter *m* reicht und treibt das Gas noch einmal durch Heben von *L* in das Kaligefäss. Durch Senken der Flasche *L* und vorsichtiges Oeffnen des Quetschhahnes lässt man nun die Kalilauge wieder bis zur Marke *m* aufsteigen, schliesst den Glashahn, öffnet den Quetschhahn, hält die Flasche *L* so neben die Bürette, dass das Wasser in beiden Gefässen gleich hoch steht, schliesst den Quetschhahn wieder und liest endlich das zurückgebliebene Gasvolum ab. Der Stand des Sperrwassers gibt direct den Procentgehalt des untersuchten Gases an Kohlensäure. In gleicher Weise lässt man das Gas in das Gefäss *E* zwei- bis dreimal übertreten, bis keine Volumabnahme mehr erfolgt; die Ablesung nach der erfolgten Einstellung gibt die Menge der Kohlensäure und des Sauerstoffs zusammengenommen.

Ist so die Analyse beendet, so stellt man den Hahn *c* wieder wagrecht, hebt *L*, öffnet den Quetschhahn und lässt das Wasser in der Bürette bis auf 100 aufsteigen, stellt *c* wieder senkrecht, füllt mittels *C* die Leitung mit dem zu untersuchenden Gase und nimmt eine neue Probe. Man kann so bei einiger Übung alle 5 Minuten eine bis auf Zehntelprocent genaue Analyse ausführen.

Wird die Absorption nach etwa 100 Analysen träge, so entleert man mittels eines kleinen Hebers die Gefässe, spült mit destillirtem Wasser nach und füllt sie von neuem mit Kalilauge und Pyrogallatlösung. Sollte durch Unachtsamkeit die Absorptionsflüssigkeit in das Hahnrohr steigen, so hebt man die Flasche *L*, öffnet den Quetschhahn und spült so durch das destillirte Wasser die Lösung in das Gefäss zurück. Gelingt dieses nicht ganz, so zieht man den Schlauch *a* von Hahn *c* ab, gibt letzterem eine halbe Umdrehung und lässt durch Heben von *L* so lange Wasser durch das Hahnrohr und den Hahn *c* ablaufen (die übrigen sind geschlossen), bis dasselbe völlig rein ist. Wurde dabei das Sperrwasser in der Bürette unrein, so muss es erneuert werden. Man stelle den Apparat nie zur Seite, bevor man nicht sämtliche Glashähne neu mit Vaseline gefettet hat.

Da die in derselben Weise mit Kupferchlorür ausgeführte Bestimmung von Kohlenoxyd nicht ganz zuverlässig ist, so wird sie besser unterlassen.

Will man bei der Untersuchung von Wassergas oder Generatorgasen neben Kohlensäure Kohlenoxyd, Wasserstoff und Methan bestimmen, so sind die Proben über Quecksilber zu untersuchen¹⁾.

Zur Probenahme ist noch zu bemerken, dass die Gasprobe durch Glas- oder Porzellanrohre (nicht durch Eisen) da abgesaugt werden muss, wo die Gase bereits gemischt sind. Bei den gewöhnlichen Feuerungen geschieht dieses da, wo die Verbrennungsgase die fragliche Anlage (Dampfkessel u. dgl.) verlassen, jedenfalls aber vor dem Zugschieber, da durch den Spalt im Mauerwerke kalte Luft angesaugt wird. Man setzt passend in das Gewölbe des Rauchkanals ein 2 bis 3 cm weites Rohr (Stück eines Gasrohres), dichtet es gut und befestigt in diesem durch Gummistopfen das Thermometer und Gasrohr zur Probeentnahme. Das Quecksilbergefäss des (etwa 1 m langen) Thermometers und die untere Oeffnung des Glasrohres sollen sich mitten im Gasstrom befinden.

Die Wärmeverluste durch die Rauchgase ergeben sich aus der Zusammensetzung der Rauchgase in der im „Taschenbuch für Feuerungstechniker“, S. 39, angegebenen Weise.

1) Die Ausführung der Analyse, die Berechnungen u. s. w. sind eingehend beschrieben in Ferd. Fischer: Taschenbuch für Feuerungstechniker, 3. Aufl. (Stuttgart 1897).

Der Wärmeverlust durch die höhere Temperatur der Rauchgase ergibt sich durch Multiplikation der einzelnen Gasmengen mit der spec. Wärme und dem Temperaturüberschuss der Gase über die Verbrennungsluft.

	Spec. Wärme	Gewicht von 1 cbm	Spec. Wärme von 1 cbm
Kohlensäure (CO ₂) von			
10 bis 150°	0,2091	1,9781 k	0,414
300	0,2281	—	0,451
Kohlenoxyd (CO)	0,2450	1,2593	0,308
Sauerstoff	0,2175	1,4303	0,311
Stickstoff	0,2438	1,2566	0,306
Wasserstoff	3,4090	0,0896	0,305
Wasserdampf	0,4805	0,8048	0,387
Methan (CH ₄)	0,5929	0,716	0,424
Schwefligsäure (SO ₂)	0,1553	2,864	0,445

Der Verlust durch unvollkommene Verbrennung ergibt sich aus dem Brennwerth der unverbrannten Kohle in den Herdrückständen und dem der etwaigen brennbaren Bestandtheile (Kohlenoxyd, Methan, Wasserstoff, Russ) der Rauchgase.

Zur Beurtheilung von Feuerungsanlagen ist es durchaus unzureichend, eine sog. Durchschnittsprobe der Verbrennungsgase anzusaugen und von dieser dann im Laboratorium eine Probe auf Kohlensäure u. dgl. zu untersuchen. Einmal erhält man keine wirkliche Durchschnittsprobe, besonders aber leidet dieses Verfahren an dem Fehler, dass man aus der Analyse selten brauchbare, oft aber geradezu falsche Schlüsse über die Vorgänge in der Feuerung ziehen wird (vgl. Dingl. 251, 323). Ein zutreffendes Urtheil über eine Feuerung kann man nur durch mehrere rasch hintereinander ausgeführte Einzelanalysen gewinnen, da man nur hierdurch den Einfluss des Schürens u. dgl. feststellen kann. Mit dem S. 55 beschriebenen Apparat ist dieses leicht auszuführen. Kennt man den Brennstoff auch nur einigermaßen, so kann man aus der Gesamtmenge von Kohlensäure und Sauerstoff erkennen, ob irgend nennenswerthe Mengen Kohlenoxyd u. dgl. zugegen sein können, so dass die Bestimmung von Kohlensäure und Sauerstoff genügt.

Auf Grund der Erfahrungen, welche Verf. bei mehr als 4000 Gasanalysen gesammelt hat, hält er zur Beurtheilung von Dampfkesselfeuerungen¹⁾, Stubenöfen (S. 66), Sammelheizungen (S. 69), Ziegel- und Porzellanöfen (s. d.), Ultramarinöfen (s. d.), Sodaschmelzöfen (s. d.), Potascheöfen (J. 1878, 431) u. dgl. den S. 55 beschriebenen Apparat für den handlichsten und besten²⁾. Um die geringen Mengen von brennbaren Gasen zu bestimmen, welche in normalen Verbrennungsgasen vorkommen, sind meist selbst genaue maassanalytische Verfahren unzureichend. Solche mit Platinspiralen (Orsat), Palladiumasbest u. dgl. schaden mehr als sie nützen, da sie zu unrichtigen Schlüssen führen. Hier muss die Gewichtsanalyse mit einer während eines längeren Zeitraumes unmittelbar durch die Apparate angesaugten Probe (nicht mit eingeschaltetem Gasometer u. dgl.) ausgeführt werden, gleichzeitig aber auch je alle 5 oder 10 Minuten eine Augenblicksprobe mit dem erwähnten Apparate, um den Gang der Verbrennung verfolgen zu können (vgl. J. 1885, 1295).

1) Dingl. polyt. Journ. (1878) 229 S. 130; (1879) 232 S. 346; 233 S. 183; J. 1881, 146, 1045 u. 1050; 1882, 131; 1883, 1289; 1885, 1295.

2) Der Apparat ist auch vorthellhaft zu verwenden zur Untersuchung der Hochofen- und Cupolofengase (J. 1879, 71; 1884, 37; 1885, 37), der Beurtheilung von Puddelöfen (J. 1881, 35), ja selbst zur Untersuchung der Röstgase in Schwefelsäurefabriken (J. 1885, 209), der Sättigungsgase in Zuckerfabriken, zur Beurtheilung von Erdöllampen und Gaskraftmaschinen (J. 1883, 1229) u. dgl.

Bei Gasfeuerungen (S. 71) genügt für die gewöhnliche Betriebsaufsicht derselbe Apparat vollkommen. Hier ist ja nur wesentlich dafür zu sorgen, dass die Generatorgase möglichst wenig Kohlensäure enthalten, die entweichenden Verbrennungsgase dagegen möglichst viel Kohlensäure. Ungenaue Analysen (vgl. J. 1887, 201) sind werthlos.

Feuerungsroste. Der Rost (oder die Rast) ist bestimmt, den Brennstoff der möglichst gleichmässigen Einwirkung der atmosphärischen Luft zugänglich zu machen, dabei zu verhindern, dass unverbrannter Brennstoff hindurchfällt. Er kann seine Aufgabe nur dann dauernd erfüllen, wenn er leicht zu reinigen ist und nicht rasch verbrennt. Die Roststäbe müssen daher lose auf den Trägern liegen, dürfen also nicht gespannt sein, weil sie sich in der Hitze stärker ausdehnen, als die steinernen Wände des Ofens, in denen die Träger ruhen. Wo man dies nicht beobachtet, werden sich die Stäbe biegen und krümmen. Dementsprechend werden die Roststäbe nur an einem Ende x in Rostträgern b (Fig. 49 u. 50) gelagert, während ihr anderes auf dem Rostträger b bez. der Feuerplatte c aufliegendes Ende sich auf diesen frei verschieben

Fig. 49.

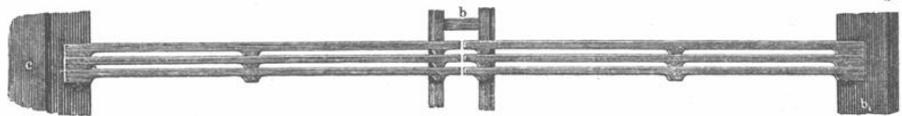
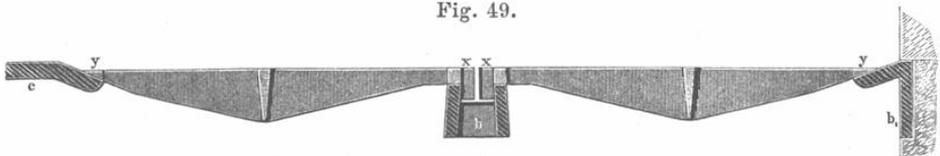


Fig. 50.

kann. Der Rostträger b ist, um die freie Rostfläche nicht zu verkleinern, derart durchbrochen, dass er aus zwei, durch einzelne Rippen verbundenen, Wangen besteht, welche unten weiter auseinander stehen. Für gewöhnliche Steinkohlen empfiehlt Reiche folgende Grössenverhältnisse:

Länge eines Roststabes $\bar{< 1$ m, man wende also bei Rosten, welche kürzer als 1 m sind, 1 Roststablänge, in jedem anderen Falle aber 2 Roststablängen an.

Dicke eines Roststabes oben = 20 mm.

Dicke eines Roststabes unten = 15 mm.

Weite der Rostspalte oben = 17 bis 20 mm.

Weite der Rostspalte unten = 22 bis 25 mm.

Höhe des Roststabes in der Mitte = 25 mm + 0,1 l, wenn l die Länge des Roststabes bezeichnet.

Höhe des Roststabes am Auflager = 35 mm.

Man macht gewöhnlich die ganze Rostfläche $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{40}$ von der Heizfläche. Auch nimmt man an, dass auf 1 qm Rostfläche in der Stunde 50 bis 80 k Steinkohlen verbrannt werden können, doch kann man selbst bis 130 k verbrennen (vgl. S. 62). Gesetzt, die Brennstoffschicht bedecke $\frac{3}{4}$ der Rostspalten und es trete die kalte Luft durch den Rost mit 2mal grösserer Geschwindigkeit in den Herd, als die warme Luft oben zum Kamin abzieht, so wird die Fläche der Rostspalten gleich dem kleinsten Querschnitt des Kamins gemacht.

Treppenrosten gibt man eine solche Neigung, dass auf den einzelnen Stufen e (Fig. 51) der Brennstoff cd der Luft den passenden Durchzug gestattet. Der Hauptvorteil des Treppenrostes beruht in der fast ununterbrochenen Verbrennung, welche

man deshalb durch richtige Regelung des Zuges zu einer fast vollkommenen und rauchfreien machen kann. Dazu kommt, dass auch während des Schütrens keine unnötige Menge kalter Luft in die Züge tritt. Treppenroste eignen sich besonders für Braunkohlen, Torf, Sägespäne u. dgl., wenig für backende Steinkohle.

Bei der Treppenrostfeuerung von R. Weinlig sind die Rostplatten *a* (Fig. 52) nur etwa 8 mm dick, die Theilung etwa 20 mm, so dass die Platte leicht herauszunehmen ist. Damit sie sich nicht durchbiegt, wird sie nicht über 0,5 m lang gemacht; ist der Rost breiter als 1 m, so nimmt man lieber zwei Mittelwangen. Der obere Schieber *b* am Fusse der Treppe besteht aus mehreren kräftigen, in Führungen sich bewegenden Rahmen, in welchen einzelne Roststäbe liegen, während die unteren Schieber *c* aus massiven Platten hergestellt sind. Man zieht die Schieber, wenn sich Schlacken daselbst angehäuft haben, in der Regel zweimal in jeder Arbeitsschicht, lässt die Schlacken vom obersten auf den geschlossenen untersten fallen, schliesst den obersten und öffnet den untersten. Diesen untersten pflegt man immer etwa 30 mm weit offen zu lassen. Damit die Schieber nicht durch Schlacken oder Kohlestückchen an der Bewegung gehindert werden, lässt man die Führungsleiste nicht bis an die hintere Wand gehen, damit der Schieber alles vor sich herschieben und abstossen kann. Zur grösseren Vorsicht macht man auch in den Rostträger zwischen den beiden Schiebern in der Regel zwei Klappen, welche nach dem Heizerstande hin sich öffnen lassen, um Schlacken herauszuziehen.

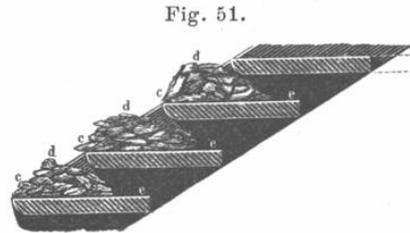
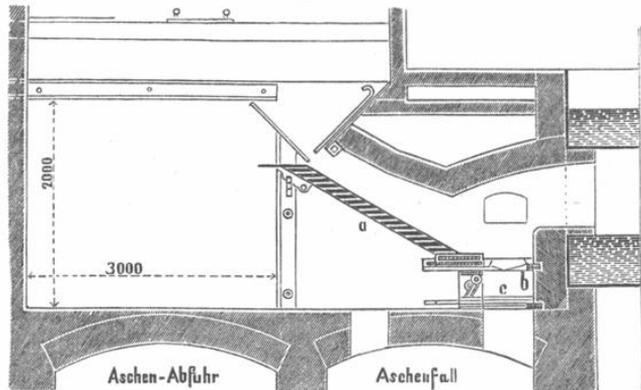


Fig. 51.

Fig. 52.



Bedienung bedarf der Treppenrost nur sehr wenig; ja das heftige Herunterstossen der Kohle von der Schürplatte aus und das häufige Stochern zwischen den Rostplatten ist der Verbrennung nur ungünstig. Die günstigste Wirkung gibt der Treppenrost, wenn die Verbrennungszone auf dem unteren Theile der Treppe liegt; demgemäss muss das Streben des Heizers dahin gehen, hier durch Stochern das Ausstossen der Asche und das Reinhalten von Schlacke zu befördern, weil der Treppenrost den Fehler hat, dies nicht selbstthätig zu thun. Das Stochern muss von unten herauf erfolgen, wenn die Asche herabrutschen, und von oben hinab, wenn Kohle herunterrutschen soll. In der Regel ist es am Besten, zuerst von unten zu stochern und dann nach Bedürfniss von oben den Rest nachzuholen. — Man soll die Neigung der Treppen derart machen, dass unten auf derselben eine 5 cm und oben eine etwa 12 cm hohe Schicht ist, d. h. man sucht durch Aufschütten der Kohle auf einen Haufen den natürlichen Böschungswinkel der Kohle und legt die Treppe von dieser Linie unten 5 und oben etwa 12 cm weit ab. Die untere Vorlage wird dann etwa 10 cm breit. In der Regel kann man für Torfgrus, erdige Braunkohle, Sägespäne die Treppe unter 30° neigen, da diese Stoffe einen Böschungswinkel beim Aufschütten von etwa 32 bis 35° zeigen. Hierbei ist der Feuchtigkeitsgrad der Stoffe zu etwa 40 Proc. angenommen, wie er sich in der grossen Praxis am meisten vorfindet.

Fehlerhaft sind alle Roststäbe mit seitlichen Vorsprüngen, so dass sie sich nicht mit einfachen Schüreisen reinigen lassen. Dazu gehören die vielen hübsch „gezeichneten“ patentirten Roste (Polygonroste u. dgl.), vor deren Anwendung nur gewarnt werden kann. Von den mechanischen Rosten hat sich der von Dougal (Dingl. 232, 346) bewährt. —

Der Schornstein bewirkt den Zug und ist so die eigentliche Maschine jeder Feuerung. Peclet hat für die durch Auftrieb entstehende Luftgeschwindigkeit die Formel aufgestellt:

$$v = \varphi \sqrt{\frac{2gh(T-t)}{273+t}}$$

in welcher v die sekundliche Luftgeschwindigkeit, g die bekannte Zahl 9,8, h die Luftsäulenhöhe in Metern, T und t die Temperaturen bezeichnen. φ ist eine Werthziffer, welche die Bewegungswiderstände zum Ausdruck bringt; sie soll zwischen 0,30 bis 0,75 — je nach den örtlichen Verhältnissen — gewählt werden. Für φ ist in der Regel $\frac{1}{3}$ einzusetzen.

Es sei z. B. bei einer Lufttemperatur von $t = + 7^{\circ}$ die Temperatur der abziehenden Rauchgase $T = 107^{\circ}$ und 307° , die Schornsteinhöhe $h = 10$ und 30 m, so ergibt sich:

$$1) \quad v = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2 \times 9,8 \times 10 (307 - 7)}{273 + 7}} = 4,44.$$

$$2) \quad v = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2 \times 9,8 \times 30 (307 - 7)}{273 + 7}} = 8,30.$$

Die Geschwindigkeit der aufsteigenden Gase nimmt also nicht proportional der Höhe des Schornsteines zu, so dass eine Erhöhung über 30 bis 40 m nur selten vorthellhaft ist.

$$3) \quad v = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2 \times 9,8 \times 30 (107 - 7)}{273 + 7}} = 4,44.$$

Gleichung 1 und 3 zeigen, dass eine Erhöhung der Temperatur der Gase auf das Dreifache dieselbe Beschleunigung bewirkt, als eine dreifache Erhöhung des Schornsteines. Da aber durch die Temperatur die Gase gleichzeitig ausgedehnt werden, so ist der durch grössere Geschwindigkeit der Gase in Folge Temperaturerhöhung erzielte Erfolg thatsächlich erheblich geringer und erreicht bald eine praktische Grenze.

Säurefester Kamin auf der chemischen Fabrik von Müller, Packard & Comp. zu Wetzlar a. d. Lahn. Das Fundament dieses Kamins, welcher bestimmt ist, die Heizgase und Wasserdämpfe zweier grosser Phosphorsäure-Abdampfpfannen abzuführen, wurde aus Cementbeton gefertigt; die unterste Grundfläche desselben beträgt 7 m im Quadrat und verjüngt sich in 4 Absätzen bis auf 4 m im Quadrat, bei etwa 3 m Gesamthöhe, wobei eine Ecke wegen nicht genügender Festigkeit des Untergrundes etwa 0,75 m tiefer betonirt werden musste. Wegen allzu bedeutender Festigkeit des übrigen grösseren Theiles des Untergrundes, welche Sprengarbeit erfordert haben würde, erschien es nicht thunlich, das ganze Fundament so viel tiefer zu legen. Die Betonmischung bestand aus 10 Th. gebaggertem Flusskies mit Sand gemischt und 1 Th. Portlandcement. Auf diesen Betonklotz wurde der Sockel aus Backsteinen mit Kalkcementmörtel aufgemauert; derselbe misst 3,2 m im Quadrat bei einer runden Höhlung von 1,5 m Durchmesser, so dass die Wandstärke an den dünnsten Stellen nur 85 cm beträgt; der Sockel hat eine Höhe von 10 m. Den Uebergang aus dem Viereck des Sockels zum Kreise der Säule vermittelt die in Form eines Achteckes aus Beton hergestellte Abdeckung. Ueber diesem Sockel erhebt sich nun die runde aus Formsteinen erbaute Kaminsäule in einer Höhe von noch 42,5 m, so dass die ganze Höhe des Kamins 52,5 m beträgt. Bei einem lichten Durchmesser des Schaftes an der Basis von 1,5 m und äusserem Durchmesser von 2,4 m ergibt sich eine Wandstärke von 45 cm. Diese vermindert sich bei 7 Absätzen, von denen 3 je 6 m, 2 je 6,5 m und 2 je 7 m hoch geplant waren, bis auf 16 cm im letzten Absätze; die obere lichte Weite beträgt 1 m und der äussere Durchmesser also 1,32 m. Da der Kamin bestimmt ist, stark säurehaltige Dämpfe abzuführen, so wurde für denselben eine porzellanartige Steinmasse aus der Fabrik Rheinische Industrie für feuerfeste Producte in Bendorf verwendet. Als Mörtel wurde eine Mischung aus Cement, feinem Quarzsande und gemahlenem Schlackensande verwendet, je etwa $\frac{1}{3}$. Dieser

Mörtel scheint allerdings nicht so säurefest zu sein als die Steine; allein die Erfahrung hat gelehrt, dass derselbe mit den Steinen aushält.

Dampfkesselfeuerungen. Die meisten Dampfkessel haben einen zu grossen Rost, arbeiten in Folge dessen mit grossem Luftüberschuss und lassen daher viel Wärme in den Schornstein. Die Gase einer Dampfkesselfeuerung enthielten z. B. 1,8 Proc. Kohlensäure und 19 Proc. Sauerstoff bei 169°, entsprechend einem Wärmeverlust von 3921 w für je 1 k Kohle oder 60 Proc. des Gesamtbrennwerthes. Nachdem Mauerwerk, Rost u. dgl. gründlich ausgebessert, die Zugstärke an der Hand von Gasuntersuchungen geregelt war, enthielten die Gase 18,7 Proc. Kohlensäure und 1,7 Proc. Sauerstoff, entsprechend einem Wärmeverlust von nur 508 w oder 7 Proc.! Zur oberflächlichen Beurtheilung der Feuerung muss man unter den Rost sehen; sämtliche Rostspalten müssen gleichmässig hell sein.

Zur gewöhnlichen Betriebsaufsicht genügt es, zeitweilig etwa 3 rasch (je etwa 5 Minuten) hintereinander genommene Gasproben auf Kohlensäure und Sauerstoff zu untersuchen. Je mehr Kohlensäure (ohne Kohlenoxyd) vorhanden ist, um so besser ist die Feuerung (1,1 CO₂ + O müssen bei Steinkohle etwa = 20,5 sein, wenn die Verbrennung vollständig ist).

Namentlich für grössere Anlagen empfiehlt es sich, ein enges Bleirohr mit dem im Rauchkanal befestigten Rohr zu verbinden (hier aber einen losen Asbestpfropf einzuschalten, um Russ u. dgl. zurückzuhalten) und bis in das Laboratorium, den Geschäftsraum u. dgl. zu leiten. Um dann jederzeit Gasproben nehmen zu können, lässt man zunächst so viel Gas absaugen¹⁾, um die Leitung damit zu füllen, und nimmt dann eine Probe nach S. 55.

Bei Ausführung von Heizversuchen, welche je nach der Wichtigkeit derselben 3 bis 10 Stunden zu dauern haben, werden stündlich 6 oder 12 Gasproben entnommen und werden dieselben auf ihren Gehalt an Kohlensäure und Sauerstoff geprüft. Ferner wird stündlich der Feuchtigkeitsgehalt und die Temperatur der in die Feuerung tretenden Luft bestimmt (J. 1885, 1296).

Für die Feststellung der Leistung eines Dampfkessels durch einen Verdampfungsversuch, welcher mindestens 10 Stunden dauern soll, hat eine Commission des Vereins deutscher Ingenieure (welcher auch der Verf. angehörte) und des Verbandes der Dampfkesselvereine folgende Vorschriften vereinbart:

Vor Beginn der Versuche ist der Kessel zu reinigen, innerlich und äusserlich zu untersuchen und auf seine Dichtigkeit zu prüfen; die Feuerzüge sind zu putzen, die Mauerfugen dicht zu verstreichen. Nach dieser Reinigung muss der Kessel je nach der Beschaffenheit einen oder mehrere Tage im normalen Betriebe gewesen sein, damit derselbe sich im Beharrungszustande befinde.

Der Wasserstand und der Dampfdruck werden bei Beginn des Versuches genau vermerkt und sollen während des Versuches möglichst auf gleicher Höhe erhalten werden; der Dampfdruck wird durch Manometer gemessen und viertelstündlich vermerkt.

Das Speisewasser wird entweder gewogen oder in tarirten Gefässen, deren Inhalt nach der Temperatur des Wassers zu berichtigen ist, gemessen; bei genauen Versuchen ist nur ersteres zulässig. Die Speisungen müssen regelmässig und möglichst ununterbrochen geschehen; kurz vor Beginn und kurz vor Schluss des Versuches sind Speisungen zu vermeiden. Die Temperatur des Speisewassers wird gemessen im Behälter, aus welchem gespeist wird, und kurz vor dem Eintritt in den Kessel, und zwar bei jeder Speisung, mindestens halbstündlich. Die Speisung durch Injectoren ist nur zulässig, wenn sie den Dampf aus dem Versuchskessel erhalten.

Findet gleichzeitig mit der Untersuchung der Dampfkesselleistung eine Untersuchung des Dampfverbrauches einer von dem Kessel gespeisten Dampfmaschine²⁾ statt, so ist die Verwendung von Dampfmaschinen zur Speisung unzulässig, welche ihren Betriebsdampf aus dem Versuchskessel entnehmen oder deren Abdampf mit dem Speisewasser in Berührung kommt.

Alles Leckwasser an den Kesselgarnituren sowie etwa ausgeblasenes Wasser ist aufzufangen und in Rechnung zu bringen. Das auf diese Weise ermittelte Wassergewicht ist umzurechnen auf Speisewasser von 0° und Dampf von 100°. (Siehe Tabelle weiter unten.)

1) Z. B. selbstthätig; J. 1882, 486.

2) 1 Pf. = 75 mk secundlich = $\frac{75 \times 60 \times 60}{425}$ = 635 w stündlich.

Bei der Bestimmung des Brennmaterialverbrauchs ist darauf zu achten, dass zum Beginn des Versuches das Feuer in einen normalen Zustand der Beschickung und Reinigung gebracht, Asche und Schlacke aus dem Aschenfall entfernt werden. Die Dauer und der Brennmaterialverbrauch des Anheizens werden vermerkt, bleiben aber ausser Berechnung. Das während des Versuches zur Verwendung kommende Brennmaterial ist zu wiegen und angemessen zu zerkleinern; die Beschickung des Rostes geschieht möglichst regelmässig. Schlacken und Asche werden gewogen und auf ihren Gehalt an brennbaren Stoffen geprüft (vgl. S. 8).

Versuche, bei welchen nachweisbar erhebliche Wassermengen durch den Dampf mechanisch mitgerissen werden — Dampfwasser (Condenswasser) mit Silbernitrat zu prüfen — sind unbrauchbar.

Verdampfungsversuche ohne gleichzeitige Untersuchung der Rauchgase haben wenig oder gar keinen Werth. —

Vom Verfasser (J. 1885, 1298) ausgeführte Versuche ergaben z. B. für drei verschiedene Dampfkessel folgende Wärmevertheilung:

	I	II	III
Kohle auf 1 qm Rostfläche k	123,8	86,3	49,8
Wasser auf 1 qm Heizfläche "	26,6	24,7	8,7
Brennwerth der Kohle, calorimetrisch bestimmt . . w	7790	7720	7630
davon in Wasser aufgenommen Proc.	74,9	68,4	83,6
Verlust in den Herdrückständen "	2,1	3,6	0,9
" durch unvollständig verbrannte Gase "	—	—	0,3
" " die höhere Temperatur der Rauchgase "	16,7	19,3	10,6
" " Leitung und Strahlung als Rest "	6,3	8,7	4,6

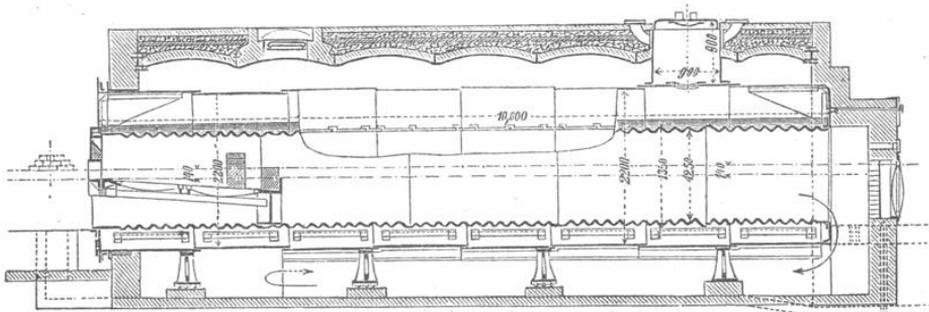
In den Pulverfabriken Rottweil und Düneberg konnte durch bessere Betriebsaufsicht bei einer Dampfkesselanlage der Kohlensäuregehalt der Verbrennungsgase auf durchschnittlich 13,1 Proc. gebracht und dadurch der Verlust durch die Kamingase auf 12 Proc. des Brennwerthes ermässigt werden. In Rottweil wurden im J. 1891 58 798 488 k Dampf erzeugt und der Dampfpreis stellte sich durchschnittlich für 1000 k auf 4,25 Mark einschliesslich des Anheizens und aller Verluste. Im J. 1892 dagegen war der Dampfpreis nur 3,24 Mark und vom 1. April 1892 bis 31. März 1893 nur noch 3 Mark. Es ist demnach der Dampfpreis um 1,01 Mark bez. 1,25 Mark billiger geworden, was bei der Dampfmenge von 58 798 488 k eine Ersparniss von 59 386 Mark bez. 73 498 Mark ergibt. Hiervon kommen nur etwa 38 Proc. auf die billigeren Kohlen und 62 Proc. auf die im Betriebe erzielten Verbesserungen einschliesslich der Wasserreinigung.

Die Grössenverhältnisse der Roste (S. 58) von Dampfkesselfeuerungen und der Schornsteine hat H. v. Reiche in folgender Tabelle (s. S. 63) zusammengestellt. In derselben bezeichnet F:R das Verhältniss von Heizfläche zu Rostfläche, F:f das Verhältniss von Heizfläche zum obersten Schornsteinquerschnitt, und R:f das Verhältniss von Rostfläche zum obersten Schornsteinquerschnitt.

Bei den Flammrohrkesseln mit Innenfeuerung wird hinter dem Rost eine Feuerbrücke angebracht, um das Herabrutschen der Kohlen zu verhüten (Fig. 53 u. 54). Fig. 53 zeigt ausserdem, wie eine zu grosse Rostfläche abgedeckt werden kann. Diese Kessel mit weitem Flammrohr, welches der grösseren Festigkeit wegen aus Wellblech hergestellt ist, bewähren sich recht gut, da in dem weiten Flammrohre die Verbrennung vollständiger ist als in engen Flammenröhren. Die Feuergase kehren durch den Unterzug II nach vorn zurück und gehen durch III wieder nach hinten. Die eingeschriebenen Maasse beziehen sich auf den Kessel, mit welchem der oben erwähnte Verdampfungsversuch I ausgeführt wurde. Da es hierbei weniger auf gute Ausnutzung der Kohlen als auf grosse Dampflieferung ankam, so wurden bei einem anderen Versuch auf je 1 qm Heizfläche stündlich 29,5 k Wasser verdampft, dabei auf 1 qm Rost 127 k Kohlen verbrannt und doch wurde eine 9,0- bis 9,7fache Verdampfung erzielt.

Auf 1 qm Rostfläche werden stündlich verbrannt k =	Westfälische Steinkohle (Kesselkohle)				Beste Anhalter Braunkohle			
	40	60	80	100	100	200	300	450
<p>I. Stark geschonter Kessel. 1 qm Heizfläche gibt stündlich 10 k Dampf.</p> <p>F : f = etwa 220</p> <p>F : R =</p> <p>R : f =</p>	<p>Auf 1 qm Heizfläche stündlich 1,11 k Kohlen.</p> <p>1 k Kohle gibt 9 k Dampf.</p> <p>36,0 54,0 — —</p> <p>6 5 — —</p>				<p>Auf 1 qm Heizfläche stündlich 3,33 k Kohlen.</p> <p>1 k Kohle gibt 3,33 k Dampf.</p> <p>33,33 — — —</p> <p>7 — — —</p>			
<p>II. Mässig geschonter Kessel. 1 qm Heizfläche gibt stündlich 16,66 k Dampf.</p> <p>F : f = etwa 180</p> <p>F : R =</p> <p>R : f =</p>	<p>Auf 1 qm Heizfläche stündlich 2,08 k Kohlen.</p> <p>1 k Kohle gibt 8 k Dampf.</p> <p>— 28,8 38,4 48,0</p> <p>— 5 4 4</p>				<p>Auf 1 qm Heizfläche stündlich 5,55 k Kohlen.</p> <p>1 k Kohle gibt 3 k Dampf.</p> <p>18,0 36,0 — —</p> <p>7 6 — —</p>			
<p>III. Mässig angestrenzter Kessel. 1 qm Heizfläche gibt stündlich 23,33 k Dampf.</p> <p>F : f = etwa 140</p> <p>F : R =</p> <p>R : f =</p>	<p>Auf 1 qm Heizfläche stündlich 3,33 k Kohlen.</p> <p>1 k Kohle gibt 7 k Dampf.</p> <p>— — 24,0 30,0</p> <p>— — 4 4</p>				<p>Auf 1 qm Heizfläche stündlich 8,75 k Kohlen.</p> <p>1 k Kohle gibt 2,66 k Dampf.</p> <p>11,4 22,8 34,28 —</p> <p>7 6 5 —</p>			
<p>IV. Stark angestrenzter Kessel. 1 qm Heizfläche gibt stündlich 30 k Dampf.</p> <p>F : f = etwa 100</p> <p>F : R =</p> <p>R : f =</p>	<p>Auf 1 qm Heizfläche stündlich 5 k Kohlen.</p> <p>1 k Kohlen gibt 6 k Dampf.</p> <p>— — — 20,0</p> <p>— — — 4</p>				<p>Auf 1 qm Heizfläche stündlich 12,85 k Kohlen.</p> <p>1 k Kohle gibt 2,33 k Dampf.</p> <p>— 15,5 23,3 35,0</p> <p>— 6 5 4</p>			

Fig. 53.



Bei der Dampfkesseanlage der Spinnerei Pfersee ist durch den aus einem Cornwallkessel mit darüber gelegtem Heizröhrenkessel zusammengesetzten Doppelkessel (Fig. 55 u. 56) die sogen. innere Heizfläche möglichst gross gemacht, um eine starke Erhitzung des Kesselmauerwerkes zu vermeiden und die Wärmeverluste durch das Mauerwerk möglichst herabzudrücken. Ein Hauptvorteil des ganzen Kesselsystems besteht noch darin, dass sowohl der Unterkessel, als auch der Oberkessel mit gesondertem Dampfraum versehen sind und dass beide Dampf Räume mit einem reichlich bemessenen Dampfsammler in Verbindung stehen, von wo aus der Dampf nach den Verbrauchsstellen geleitet wird. Aus dieser Anordnung ergibt sich zunächst, dass die Dampfblasen bei ihrem Aufstiege keine besonders hohe Wassersäule zu überwinden haben; ferner wird durch die beiden Wasser-

Fig. 54.

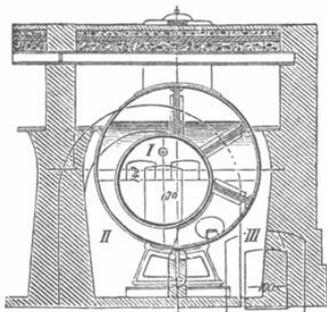


Fig. 55.

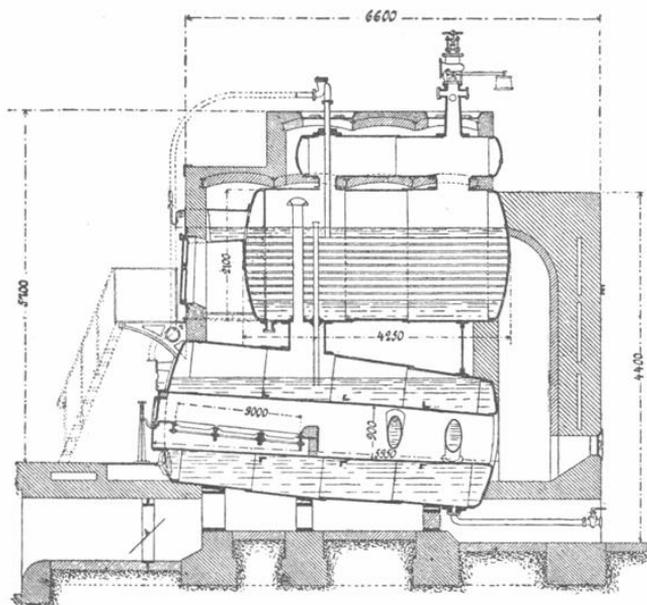
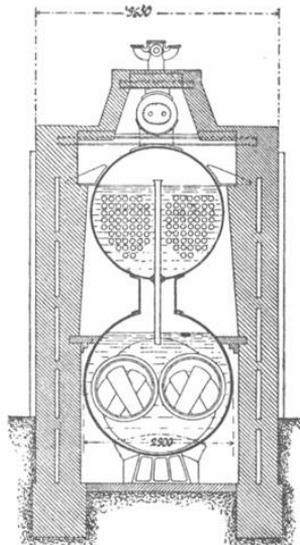


Fig. 56.



spiegel eine sehr grosse Verdampfungsoberfläche geschaffen, während aus der Gesamtanordnung grosse Dampf- und Wasserräume resultieren, welche für die Erzeugung von technisch trockenem Dampf von der grössten Wichtigkeit sind. Die Dampf Räume stehen mittels eines durch einen weiten Blechstutzen geführten 16 cm messenden Dampfrohres mit einander in Verbindung, während der Unterkessel sein Speisewasser durch ein 8 cm weites Ueberlaufrohr erhält (J. 1894, 102).

Kohlenstaubfeuerung¹⁾. Neuerdings wird vielfach feingepulverte Kohle durch Wurfvorrichtungen oder mittels Druckluft oder Wasserdampf in den glühend zu

1) J. 1893, 137; 1894, 97; 1896, 91; 1897, 148.

erhaltenen Feuerraum eingeworfen. Es lässt sich auf diese Weise leichter eine rauchfreie Verbrennung erzielen, als durch Aufwerfen der nichtgepulverten Kohlen. Das Pulvern der Kohlen und das Einführen derselben in die Feuerung erfordert aber besondere Maschinenkraft.

Flüssige Brennstoffe, Erdöl (vgl. S. 108), Steinkohlentheer, Braunkohlentheer und Theeröle (vgl. S. 82) werden ebenfalls für Dampfkesself Feuerungen verwendet (vgl. J. 1896, 93). Auf der Ausstellung in Chicago wurden z. B. die Brenner durch concentrische Röhre nach dem Vorbild der Injectoren gebildet. In Fig. 57 ist der Weg des Dampfes durch Pfeile angegeben, ebenso der des Oeles. Das Oel tritt aus

Fig. 57.

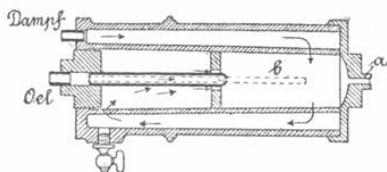
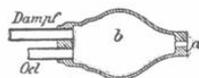


Fig. 58.



einer kleinen Oeffnung des Rohres aus, das sich in der Mitte des Dampfeylinders befindet, wird in dem Raum *b* zerstäubt und tritt als Gemisch durch den Deckel *a* aus, um vor der Oeffnung verbrannt zu werden. Bei dem Brenner Fig. 58 ist der Vorgang derselbe; der Unterschied ist lediglich in dem Wege des Dampfes zu finden.

Die Dampfkesselanlage in Friedenshütte für Hochofengase ist mit sogen. Sicherheitsdampfkesseln nach Schmidt versehen. Das Gas tritt aus der Hauptleitung, welche, hinter den Kesseln liegend, das Kesselhaus in der ganzen Länge durchzieht, durch ein mit Drosselklappe versehenes senkrechtes Rohr von 47 cm Weite in eine Kammer, in welcher der mitgeführte Zinkstaub sich zum Theil ablagert. Durch Ventile tritt dasselbe dann in die Verbrennungskammern und wird mit der durch Kanäle einströmenden vorgewärmten Luft gemischt. Die Verbrennungskammern werden so heiss und bleiben so glühend, dass sich das Gas auch nach einer einstündigen Unterbrechung noch wieder entzündet. Eine Hilfsfeuerung ist zu diesem Zwecke also unnöthig; nur beim Anheizen eines neuen Kessels wird auf der Hilfsfeuerung ein kleines Feuer zum Anzünden der Gase unterhalten (vgl. J. 1887, 321; 1888, 136; 1889, 207).

Gute Generatorgasfeuerungen verhüten zwar das Rauchen der Schornsteine, sind aber für Dampfkessel wenig empfehlenswerth. Die beste Lösung der namentlich für grössere Städte so wichtigen Rauchfrage ist der Ersatz der häuslichen Feuerungen durch Leuchtgas- oder Wassergasbrenner (S. 50) und der Dampfmaschine durch die Gaskraftmaschine (S. 47).

Zimmerheizung. Eine Heizungsanlage hat den Zweck, die Wohnräume u. dgl. mit möglichst wenig Brennstoffaufwand gleichmässig zu erwärmen ohne die Zimmerluft zu verunreinigen. Damit werden alle die Heizungsarten ausgeschlossen, welche die Verbrennungsproducte nicht abführen, z. B. die sogen. Carbonatronöfen von A. Nieske, verschiedene Leuchtgasöfen u. dgl. Derartige Vorrichtungen zeugen thatsächlich von einer erstaunlichen Gedankenlosigkeit, da ja ein Ofen überhaupt nur den Zweck hat, die Wärme von den Verbrennungsproducten zu trennen.

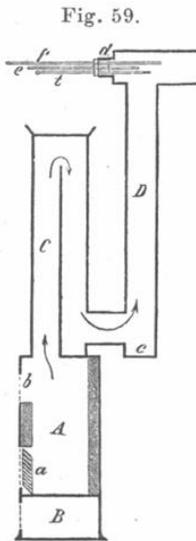
Geschichte. Die einfachste Form der Feuerung, welche sich bei den ältesten Völkern nachweisen lässt, bestand in einem offenen Herd, auf dem der Brennstoff einfach aufgeschichtet wurde. Dieser Herd, welcher inmitten des Raumes stand, wobei der Rauch durch die Thüre

oder eine Oeffnung im Dache den Abzug fand, ist auch der Mittelpunkt, von dem alles Culturleben ausgegangen ist. Wir finden dann bei den Römern Heizanlagen, wo die Wärme der Heizungen durch Kanäle unter den Fussböden und durch lothrechte Röhren in der Mauer in das obere Geschoss geleitet wurde. Eine solche Vorrichtung zur Erwärmung hiess „hypocaustum“ und ist somit als Vorläufer der sogen. „Luftheizung“ anzusehen. Derartige Heizvorrichtungen finden sich vorzüglich erhalten auf der Saalburg bei Homburg.

Den Hypocausten ähnliche Heizvorrichtungen finden sich in der Kaiserpfalz in Goslar und in Klöstern, wo in Heizkammern grosse Steine glühend gemacht wurden und dann die darüber geleitete Wärme in die zu erwärmenden Räume geführt wurde. Im 7. Jahrhundert ging man dann allmählich zu Kaminen¹⁾ und Oefen über. Der Kamin stand ursprünglich, wie der Herd der alten Völker, in der Mitte des Raumes oder Saales und fand der Rauch, wie dort, durch eine Dachluke den Abzug, während wir später, z. B. in den romanischen Schlossbauten, den Kamin schon an die Wand oder gar in eine Ecke gerückt finden. Während die Kaminheizung in England, Frankreich und Italien noch heute vorwiegt, wurde diese in Deutschland durch die Oefen²⁾ verdrängt. Anfangs hatte man nur Kachelöfen, eiserne Oefen wurden erst im 14. Jahrhundert eingeführt.

Die verschiedenen Heizungsarten kann man eintheilen in Einzelheizungen (Kamine und Oefen) und Sammelheizungen (Feuerluft-, Wasser- und Dampfheizung).

Kaminheizung ist mit grosser Brennstoffverschwendung verbunden. Sie wird in Deutschland nur noch da angewendet, wo es mehr auf Ausstattung als auf Heizung des betreffenden Raumes ankommt. Die angeblichen Vorzüge der Heizung mit strahlender Wärme muss Verf. bestreiten (vgl. J. 1887, 145).



Ofenheizung ist am verbreitetsten. Zur Erläuterung der Wirkungsweise eines eisernen Ofens diene die (schematisch gehaltene) Fig. 59. Der 0,5 m hohe Feuerraum A ist mit feuerfesten Steinen ausgesetzt; die Thüren zu der mit einem schrägen Rost versehenen Schüröffnung a und die zum Aschenfall B sind mit einer Verschraubung versehen, schliessen daher, wie auch die Füllthür b, dicht. Die Rauchgase gehen in der Pfeilrichtung durch den Aufsatz C und entweichen durch das Blechrohr D zum Schornstein.

In dem Rohransatz d ist für Versuchszwecke mittels eines gut schliessenden Korkes das Thermometer t (mit Stickstofffüllung), das zum Zugmesser führende Rohr e und das mit dem Apparat zur Untersuchung der Rauchgase (S. 55) verbundene Glasrohr f befestigt. Durch die vielen Biegungen werden die Rauchgase völlig gemischt; gleichzeitig bei c und d genommene Gasproben hatten bis auf 0,1 Proc. genau dieselbe Zusammensetzung. Bei Verwendung von Anthracit hatten z. B. die Gase folgende Zusammensetzung:

1) Bis zum 8. Jahrh. hiess unser Kamin *caminata*; von da ab jedoch verstand man unter diesem Worte ein heizbares Gemach: *Kemenâte*, welches unserem Cabinet entspricht, während ein unheizbarer Raum *camera*, Kammer, hiess und noch jetzt so heisst.

2) Die aus dem 7. oder doch aus dem 8. Jahrh. stammenden Baugesetze der Longobarden erwähnen auch schon der Oefen, welche aus „Töpfen“ (topfartigen Hohlziegeln) erbaut waren, und sollen hierzu 250, 500, ja sogar 1000 solche Töpfe für einen Ofen verwendet worden sein. Der Ofen heisst hier *pensile* (*pisile*, *pensele*) und soll dies von *pendere* (schweben) abstammen, da bei den Römern Luftheizung in Verwendung stand, die Erwärmung der Räume also durch erhitzte, aufsteigende, daher schwebende Luft herbeigeführt wurde. Später ist das Gemach selbst nach dieser Heizeinrichtung — *pensile* — (Frauengemach, Arbeitsgemach) genannt, obwohl dieses auch von *pensum* — Aufgabe, Arbeit — hergeleitet wird. Jedenfalls haben sich diese zwei verschiedenen Begriffe später in dem auf das Gemach übertragenen Ausdrücke gedeckt. *Pensile*, *pisile* würde also einen geheizten Raum und Arbeitsgemach zugleich bedeuten. Auf ähnliche Weise erhielt vom Ofen, der englisch *stove*, italienisch *stufa* hiess, später der von diesem beheizte Raum selbst, die *Stube* den Namen.

Zeit		Kohlen- säure	Kohlen- oxyd	Sauerstoff	Stickstoff	Abzugs- gase Tempe- ratur	Bemerkungen
Uhr	Min.						
2	50	12,5	0	8,0	79,5	240°	Temperatur im Laboratorium 12°. 1 mm Zugstärke. Dann nachgeworfen, Thüren <i>a</i> und <i>b</i> geschlossen.
3	—	12,6	0	7,9	79,5	241	
	10	11,5	0	9,1	79,4	240	
	20	11,8	Spur	8,4	79,8	201	
	30	13,7	0	6,4	79,9	234	
	40	14,1	0	6,2	79,7	242	Nochmals aufgeworfen.
	50	13,6	0	6,7	79,7	248	
4	—	13,5	0	6,9	79,6	206	
	10	13,4	0	7,2	79,4	229	

Diese Versuchsergebnisse entsprechen einem Gesamtwärmeverlust in den Schornstein von nur 8 Proc., so dass also 92 Proc. der Wärme im Zimmer blieben.

Um derartig günstige Brennstoffausnutzung zu erzielen, muss der Feuerraum aller eisernen Oefen mit feuerfesten Steinen ausgesetzt werden. Wenn die Brennstoffe die Eisenflächen berühren, so ist eine vollständige Verbrennung selten möglich. Ausserdem werden die Eisenplatten überhitzt, so dass sie unter Umständen Kohlenoxyd hindurch diffundiren lassen, jedenfalls aber allen organischen Staub versengen, somit die Zimmerluft verderben¹⁾. (Vgl. J. 1880, 940.) Wünschenswerth ist ferner, dass die Gase einmal wieder nach unten geführt werden, um die Wärme durch die Ofenwandungen an die Zimmerluft abzugeben. Wird der Ofen als Füllöfen benutzt, somit zeitweilig, namentlich des Abends, geschlossen, so müssen die unteren Thüren völlig dicht schliessen, da sich sonst Kohlenoxyd bildet, welches bei schlechtem Zuge in das Zimmer treten kann. Wesentlich für die Wärmeausnutzung ist die Regelung des Luftzutrittes. Wurde z. B. bei dem Ofen Fig. 59 nicht nur die Aschenfallthür geöffnet, so dass die Luft durch den wagerechten Rost in den Feuerraum trat, sondern auch die Thür *a*, so stieg die Temperatur der abziehenden Gase rasch, so dass das Thermometer *t* bald entfernt werden musste, während dem verstärkten Zuge entsprechend der Kohlen säuregehalt fiel, der Wärmeverlust aber derartig stieg, dass die letzte der folgenden Analysen etwa 40 Proc. des Brennwerthes entspricht.

Zeit		Kohlen- säure	Kohlen- oxyd	Sauerstoff	Stickstoff	Rauch- gase Tempe- ratur	Bemerkungen
Uhr	Min.						
5	—	10,2	0	10,4	79,4	182°	Zug 2,5 mm.
	10	9,0	0	11,6	79,4	247	
	20	8,4	0	12,3	79,3	344	Zug 4 mm.
	30	7,1	0	13,7	79,2	über 360	

Die hunderttausende von Oefen in Deutschland, welche nur mangelhafte, sehr oft gar keine Thüren haben, lassen 50 bis 80 Proc. des Gesamtbrennwerthes der Brennstoffe in den Schornstein entweichen, ein Verlust, der jährlich viele Millionen Mark beträgt (vgl. S. 2).

1) Die Oefen von Meidinger sind daher — wenigstens in Hannover und Göttingen — allgemein wieder beseitigt, um so mehr sie auch eine sehr mangelhafte Brennstoffausnutzung bedingen.

Sollen die eisernen Ofen gleichzeitig Frischluft von Aussen ansaugen, so werden sie mit einem Blechmantel umgeben. Der Mantelofen von Sturm (Fig. 60) ist zur Vergrößerung der Heizflächen an den Aussenflächen mit Rippen versehen. Die kleinen Luftkanäle *F* in der Scharmotteausfütterung werden besser fortgelassen; im Uebrigen ist der Ofen zweckentsprechend.

Bei dem Ofen von Bourdon für Anthracit oder Koksfeuerung stützt sich der runde Füllschacht *A* (Fig. 61 u. 62) unten auf den Rost *C*, welcher mittels eines Hebels *a* geschüttelt werden kann, um Asche und Schlacke (letztere rechts vom unteren Rande

Fig. 60.

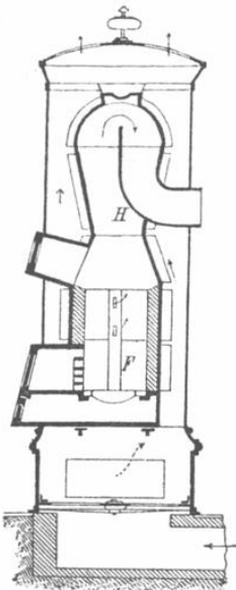


Fig. 61.

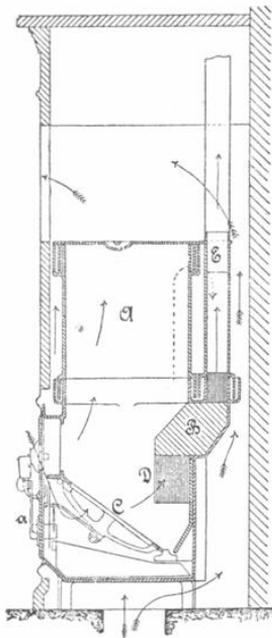
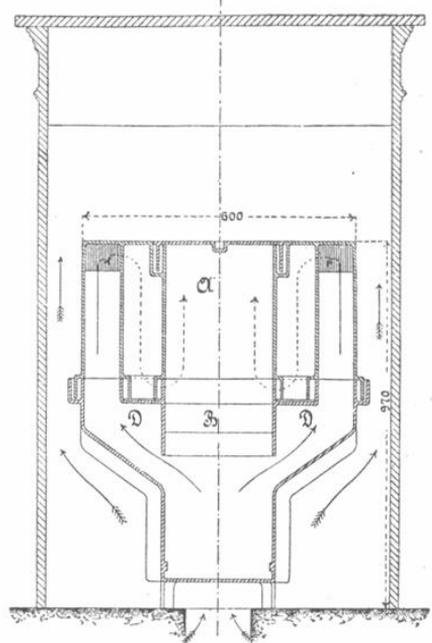


Fig. 62.



des Rostes) niederfallen zu lassen. Die Verbrennungsluft tritt durch ein Ventil ein, welches an der linken Seite der Fig. 61 über *a* erkennbar und durch den Verlauf eines gefiederten Pfeiles ausgezeichnet ist. Der Rauch entweicht durch zwei unter dem Stein *B* ausgesparte Oeffnungen *D* in zwei senkrechte Kanäle (Fig. 62) und in diesen empor, sinkt in zwei anderen senkrechten Kanälen nach unten und entweicht endlich durch die Röhre *E* (Fig. 61) zum Schornstein. Der Unterofen, ausgeschlossen der Boden des Aschenfallraumes, Rost und Thür nebst Zubehör, ist im Ganzen gegossen und oben mit Rillen versehen, die mit Sand gefüllt werden, und in welche sich die Ränder des Füllschachtes *A* sowie die sämtlicher Rauchwege, welche mit *A* zusammengegossen sind, einlegen. Der Deckel des Füllschachtes *A* greift mit seinem nach unten gerichteten Rande ebenfalls in eine Sandrinne. Die zu erwärmende Luft bewegt sich nach den gefiederten Pfeilen.

Die Thonöfen werden aus gebrannten Thonkacheln aufgemauert, welche meist von innen noch einen Lehmverputz erhalten. Da die Wärmeübertragung von solchen Thonplatten nur etwa $\frac{1}{3}$ so gross ist als von gusseisernen Platten (S. 70), so müssen

die Kachelöfen für gleiche Wärmemengen etwa dreimal so gross sein, als eiserne Oefen. Ist das nicht der Fall, so gehen die Gase mit hoher Temperatur in den Schornstein. (J. 1889, 165).

Versuche, welche Verf. an einem 1,2 m breiten und 3 m hohen Kachelofen mit einem Einsatz ausführte (J. 1879, 1259), ergaben, dass bei Steinkohlenfeuerung 40 bis 80 Proc. der Wärme in den Schornstein entwichen, dass somit Kachelöfen für die Wärmeabgabe an die Zimmerluft viel ungünstiger sind als Eisenöfen. Dem entsprechend gingen auch die Gase aus dem Kachelofen mit durchweg 100° mehr in den Schornstein als aus dem kleinen eisernen Ofen (S. 66), dessen Oberfläche vollständig mit kleinen, vorspringenden Verzierungen bedeckt, für die Wärmeabgabe demnach sehr günstig ist. Der Wärmeverlust der Kachelöfen kann allerdings durch guten Verschluss der Thüren gemindert werden; wegen der ungleichen Ausdehnung von Eisen und Thon ist aber ein völliger Verschluss wohl kaum zu erreichen. Wird die Luftzufuhr bei dem mit Steinen ausgesetzten eisernen Ofen richtig durch gut schliessende Thüren gehandhabt, so halten sie die Wärme wohl ebenso lange als die Kachelöfen; jedenfalls lassen sie meist weit weniger Wärme in den Schornstein gehen als diese, sind daher überall da vorzuziehen, wo man Ursache hat, sparsam zu sein.

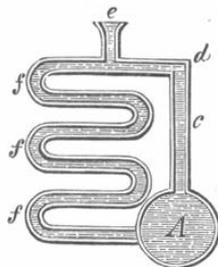
Feuerluftheizung oder kurzweg Luftheizung unterscheidet sich von der gewöhnlichen Ofenheizung wesentlich nur dadurch, dass die Feuerung ausserhalb, d. h. in der Regel unter den zu heizenden Räumen steht, in welche die an den heissen Flächen erwärmte Luft aufsteigt (vgl. J. 1889, 155). Die der Luftheizung gemachten Vorwürfe der „trockenen Luft“ sind völlig unbegründet (J. 1887, 211).

Wasserheizung. Wie die schematische Fig. 63 zeigt, steigt das im Kessel A erwärmte Wasser im Rohre c bis d auf, wird durch Wärmeabgabe in den Heizkörpern f, welche in den zu heizenden Räumen stehen, wieder schwerer und fliesst zum Kessel zurück. Bleibt die Leitung an der höchsten Stelle bei e offen, so kann kein Dampfüberdruck entstehen und wir haben eine Niederdruckwasserheizung; ist die Vorrichtung geschlossen, so dass das Wasser auf 180 bis 200° erwärmt wird (Perkins'sche Röhren), so ist es eine Hochdruckwasserheizung. Bei letzterer können zwar die Heizkörper kleiner sein, man hat aber auch die Gefahr einer Explosion¹⁾.

Dampfheizungen arbeiten ebenfalls mit niedrigem Druck (etwa 0,5 Atm., sogen. Niederdruckdampfheizung) oder mit hohem Druck (Hochdruckdampfheizung). Bei beiden wird der Dampf in die Heizkörper geleitet, welche in den zu erwärmenden Räumen aufgestellt sind, verflüssigt sich hier durch Abgabe seiner latenten (und theilweise auch seiner specifischen) Wärme und das Dampfwasser fliesst zum Kessel zurück.

Um den Wärmebedarf eines zu erwärmenden (bez. Kältebedarf eines zu kühlenden) Raumes, sowie die Grösse der Heizflächen zu berechnen, dient die folgende Zusammenstellung der stündlichen Wärmeübertragung für je 1 qm Fläche und 1° Temperaturunterschied nach H. Fischer²⁾ (F) und Redtenbacher (R) für gemauerte, dem Freien zugekehrte Wände.

Fig. 63.



1) Noch mag angeführt werden, dass man sich auch des durch die Erdwärme erwärmten Wassers zum Heizen bedient; das warme Wasser artesischer Brunnen wird zum Heizen von Gewächshäusern, Fabriken u. s. w. benutzt, ebenso das Wasser heisser Quellen, so findet z. B. in der katholischen Stadtkirche zu Baden-Baden seit 1867 Warmwasserheizung durch die dortigen, in der Nähe entspringenden Thermalquellen (von 67° Temperatur) statt.

2) Handbuch der Architektur, 4. Bd., 2. Aufl. (Darmstadt 1891), S. 123.

Wandstärke in Metern	Backsteinmauern		Bruchsteinmauern	
	F w	R w	F w	R w
0,27	1,66	—	—	—
0,30	—	1,80	2,45	2,00
0,40	1,27	1,37	2,12	1,63
0,50	—	1,17	1,87	1,36
0,53	1,03	—	—	—
0,60	—	1,00	1,68	1,16
0,66	0,86	—	—	—
0,70	—	0,87	1,52	1,01
0,79	0,74	—	—	—
0,80	—	0,77	1,39	0,90
0,90	—	0,70	1,28	0,81
0,92	0,66	—	—	—
1,00	—	0,63	1,18	0,73

Beiderseitig geputzte Bretterwand	1,5 w
Zimmerdecken	0,5 bis 0,7 „
Fussboden	0,3 „ 0,5 „
Einfache Fenster	5,0 „
Doppelfenster	1,8 „

Stündliche Wärmeüberführung:

Aus Luft oder Rauch durch eine etwa 1 cm dicke Thonplatte in Luft	=	5 w
Aus Luft oder Rauch durch eine Wand von Gusseisen	=	10 bis 14 „
Aus Luft oder Rauch durch eine eiserne Wand in Wasser und umgekehrt	=	13 „ 20 „
Aus Wasserdampf durch eine eiserne Wand in Luft	=	11 „ 18 „
Aus Dampf durch eine metallene Wand in Wasser	=	800 „ 1000 „
Aus Dampf durch Metallwand in Luft	=	14 „

Schlusswort. Alle Sammelheizungen haben den Stubenöfen und Kaminen gegenüber den grossen Vorzug, dass die Wärmeentwicklung ausserhalb der zu heizenden Räume stattfindet, dass diese daher frei bleiben von Asche, Russ u. dgl. Sie bedingen ferner eine grosse Arbeitersparung, da für eine grössere Anzahl Zimmer nur eine und zwar unmittelbar neben dem Kohlenraume befindliche Feuerung zu bedienen ist, mit welcher ausserdem viel leichter eine gute Brennstoffausnutzung erzielt wird als mit den gewöhnlichen Stubenöfen. Schliesslich ermöglichen alle Sammelheizungen viel leichter als Stubenöfen eine ununterbrochene Heizung und somit eine gleichmässige Durchwärmung des Zimmers.

Von den Sammelheizungen ist die Feuerluftheizung am billigsten in der Anlage, einfach zu bedienen und bewirkt bei kräftigem Luftwechsel eine sehr gleichmässige Durchwärmung des Zimmers. Sie ist aber wenig geeignet für die Heizung in waagrechter Richtung weit von einander entfernter Räume, weil die warme Luft möglichst senkrecht aufsteigen soll, so dass das Einbauen in bereits vorhandene Häuser zuweilen Schwierigkeiten macht. Nur in solchen Fällen sind Wasser- und Dampfheizungen vorzuziehen.

Erwähnenswerth ist noch die Heizung mit Leuchtgas. Dieselbe ist zwar sehr angenehm, aber theuer. 1 cbm Leuchtgas entwickelt etwa 53 hw (Wasserdampf als Verbrennungsproduct; vgl. S. 36). Davon können, wie Verf. gezeigt hat (J. 1883, 1284) etwa 50 hw ausgenutzt werden. Man rechnet für ein kleineres Zimmer während des ganzen Winters im Durchschnitt täglich 100 hw. Dazu sind 2 cbm Leuchtgas erforderlich, welche in den verschiedenen Orten 24 bis 50 Pfg. kosten, während man bei verständiger Sammelheizung (S. 70) für nur 5 bis 7 Pfg. Kohlen gebraucht; für

Ofenheizung kommt das Eintragen der Kohlen, die vermehrte Arbeit, der unvermeidliche Schmutz mit in Frage, sowie die Schwierigkeit eine gleichmässige Temperatur zu halten (während die Heizung mit Leuchtgas keine Hilfe der Dienstboten verlangt und bei Anwendung mehrerer abstellbarer Flammen sehr leicht, namentlich wenn man in der kälteren Jahreszeit einige Flammen auch des Nachts brennen lässt, eine nur innerhalb 2 bis 3^o schwankende, angenehme Wärme erzielt werden kann). Man wird daher für eine gute Ofenheizung 6 bis 8 Pfg., für die gewöhnlichen Kachelöfen aber etwa 12 Pfg. rechnen müssen¹⁾.

Gasfeuerungen. Die Gasfeuerungen unterscheiden sich von den gewöhnlichen Feuerungen wesentlich dadurch, dass die Brennstoffe²⁾ erst vergast (S. 40), dann verbrannt werden, dass somit die atmosphärische Luft an zwei verschiedenen Stellen zugeführt wird. Die zur Vergasung erforderliche (sogen. primäre) Luft tritt meist durch den Rost in den Brennstoff, die zur Verbrennung des gebildeten Gases erforderliche (sogen. sekundäre) Luft tritt erst in den Verbrennungsraum (vgl. S. 74).

Eine Gasfeuerung für Braunkohle zeigen Fig. 64 und 65. Bei dieser von Heupel gebauten Feuerung in der Saline Aussee sind die Sudpfannen Z 17,1 m lang, 7,6 m breit, so dass je

eine Heizfläche 130 qm beträgt, für welche 3 Generatoren A mit Rosten T und P nach der Breite der Sudpfanne gleichmässig vertheilt hergestellt wurden. Die Regelung der Gasentwicklung geschieht mittels gut schliessender Luftklappen in der Thüre E vor dem Aschenraum D. Der Gasverbrennungsapparat, welcher vom Füllschacht A durch eine einfache Gewölbsgurte getrennt ist, besteht

aus einem aus feuerfesten Ziegeln hergestellten, nahezu wagerechten Gitterwerk F' und aus dem senkrechten Gitterwerk e, zwischen welchen sich der eigentliche Verbrennungsraum B befindet und in welchen die in den Seitenwänden des Generators angebrachten Luftkanäle n einmünden. Die im Generator entwickelten Heizgase gelangen durch das Gitterwerk F' in den oben geschlossenen Verbrennungsraum B, wo sie mit der aus den Luftkanälen n regelbar zuströmenden, in den Ofenwänden erwärmten Luft vermischt werden und sich dadurch entzünden. Eine ähnliche Feuerung ist auf der Saline Rosenheim (J. 1882, 292; 1883, 305).

Steht der Gaserzeuger oder Generator nicht unmittelbar unter dem Feuerraum, z. B. beim Boetius'schen Generator (Fig. 29 S. 39) oder vielen Retortenöfen (S. 78), so ist mit der Gasfeuerung zunächst ein Wärmeverlust verbunden (S. 40), der aber

Fig. 64.

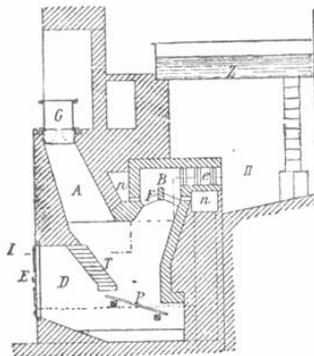
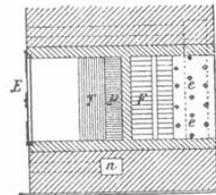


Fig. 65.

Schnitt I-II.



1) An die Zimmerheizung durch Reibung oder Elektrizität ist nicht ernstlich zu denken, da beide — Dampfmaschinen vorausgesetzt — nur 3 bis 5 Proc. der aufgewendeten Wärme nutzbar machen (vgl. J. 1882, 1171; 1884, 1332).

2) Das in einigen Gegenden Nordamerikas dem Boden entströmende Naturgas, welches neuerdings eine sehr ausgedehnte Anwendung findet (J. 1887, 87) und die als Nebenproduct erhaltenen Hochofengase (s. Eisen) natürlich ausgenommen.

dadurch wieder ausgeglichen werden kann, dass die Verbrennungsluft, seltener die Vergasungsluft, durch die Abhitze stark vorgewärmt wird.

Die Vorwärmung der Vergasungsluft kann insofern bedenklich werden, als dadurch die Temperatur im Gaserzeuger gesteigert wird, somit auch die Einwirkung der Schlacke auf das Mauerwerk¹⁾. Sie hat ferner nur dann Werth, wenn die Generatorgase mit der hohen Temperatur in die Feuerung treten, wenn also Gaserzeuger und

Fig. 66.

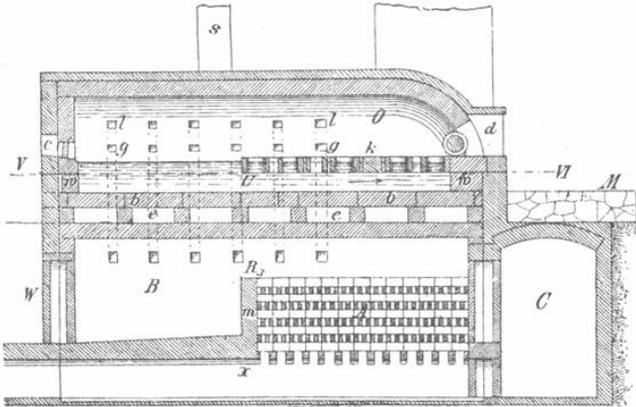
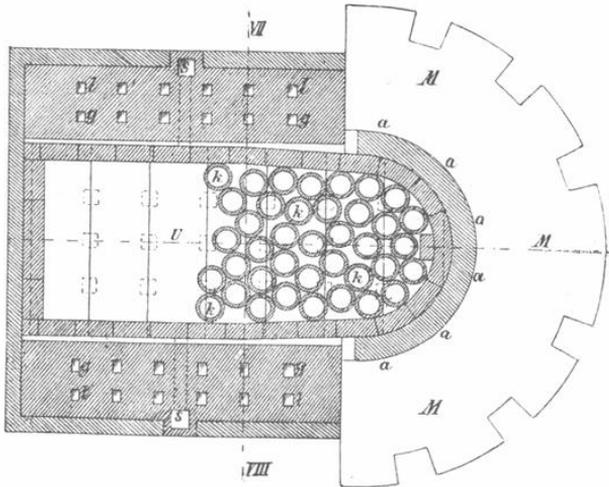


Fig. 67.



und einen Wärmespeicher, Fig. 67 einen Horizontalschnitt nach V-VI durch die Wanne und Fig. 68 einen Querschnitt nach VII-VIII durch den ganzen Ofen, Fig. 69 den Durchschnitt einer Arbeitsstelle. Die vier Wärmespeicher (Regeneratoren) R_1 bis R_4 liegen

1) Hierbei ist auch die Zusammensetzung der Asche zu berücksichtigen; bei einer basischen Schlacke dürfen keine sauren (kieselsäurereichen) Steine, bei saurer Schlacke keine basischen Steine verwendet werden; s. Thon.

Verbrennungsraum zusammengebaut sind, oder wenn die Hitze zur Zerlegung von Wasserdampf bez. Kohlensäure verwendet wird (S. 43).

Viel wichtiger ist die Vorwärmung der Verbrennungsluft. Dieselbe wird, nach dem Vorgange von Fr. Siemens, dadurch erzielt, dass man die den Ofen mit hoher Temperatur verlassenden Verbrennungsgase durch ein Gitterwerk von Steinen (Wärmespeicher, Regenerator) führt und dann durch Umkehrung der Zugrichtung durch die glühende Steinfüllung die Verbrennungsluft aufsteigen lässt (vgl. auch Fig. 22 S. 26). Nach dem zweiten Verfahren überträgt man die Wärme der Verbrennungsgase durch Trennungswände auf die aufsteigende Luft (Fig. 73 und 74).

Von einem mit Wärmespeichern der ersteren Art versehenen Siemens'schen Glaseschmelzofen zeigt Fig. 66 einen Längsschnitt durch die Wanne

dicht neben einander und bilden bei gleicher Länge ein zusammenhängendes Ganze mit dem Ofen, wodurch der Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung geringer wird als früher. Der grössere Theil *A* der Regeneratoren ist mit Scharmottesteinen ausgesetzt, der durch die Mauer *m* davon getrennte kleinere Theil *B* nicht. Dieser der Einlegestelle zunächst liegende Theil nimmt die mechanisch fortgeführten Bestandtheile des Glassatzes auf, so dass die ausgesetzten Regeneratoren *A* rein bleiben; diese sind übrigens von der Rösche *C* aus, die Theile *B* von den Wechselklappen *W* aus leicht zugänglich. Die Wanne selbst bildet ein Ganzes, in Folge dessen Reparaturen seltener werden. In der geschmolzenen Glasmasse *U* schwimmen an dem den Arbeitsstellen *a*

des Ofens zugewendeten Ende Thonkränze oder Ringe *k*, während durch den oberen Theil *O* des Ofens die Flamme streicht, so dass das Schmelzen des Glases nur von der Oberfläche aus erfolgt. Der Boden *b* und die Wände *w* der Wanne sind wie früher mit Luftkühlungen *e* umgeben, in denen mittels der Schornsteine *s* eine lebhaftige Bewegung kalter Luft unterhalten wird. Neben Erzielung einer längeren Haltbarkeit des Wannenmaterials wird dadurch verhindert, dass das Glas durch die Fugen in die darunter liegenden Wärmespeicher dringen kann. (S. Glas.)

Angenommen, die Luft trete durch den heissen Wärmespeicher *R*₁ und Kanal *l*, das (durch die lange Leitung abgekühlte — vgl. S. 40) Generatorgas durch Wärmespeicher *R*₂ und Kanal *g* in den Verbrennungsraum *O*, so entweichen die Verbrennungsgase durch die gegenüberliegenden Kanäle *gl* und Wärmespeicher *R*₃ und *R*₄, um an die Scharmottefüllung *A* derselben den grössten Theil der Wärme abzugeben. Sind nun die Füllungen *A* der Wärmespeicher *R*₁ *R*₂ entsprechend abgekühlt, die von *R*₃ und *R*₄ aber in höchster Hitze, so werden die Schieber umgestellt, so dass nun die Luft durch *R*₄, das Gas durch *R*₃ eintreten, während die Verbrennungsgase durch die Wärmespeicher *R*₁ und *R*₂ entweichen, um diese auf die frühere Temperatur zu bringen. Ist dieses geschehen, so wird wieder umgeschaltet u. s. f.

Als Beispiel der zweiten Art von Wärmegewinnung aus den Verbrennungsgasen zeigen sich (Fig. 70 bis 74 S. 74 u. 75) die sogen. Münchener Generatoröfen von N. H. Schilling. Die zur Vergasung der Koks nöthige Luft tritt durch die mit Schieber regelbare Oeffnung *A* ein und mischt sich mit den aus dem Kasten *B* aufsteigenden Wasserdämpfen. Das Gasmisch durchzieht die Kanäle *c* bis *c*₃, erwärmt sich an den durch die abziehenden Rauchgase geheizten Kanalwänden, tritt unter dem Rost *D* aus und gelangt durch den Aschenraum *w* in die Brennschicht. Die gebildeten Generatorgase gehen durch den Kanal *F* zum Ofen und treffen in den Brennern *G* mit der vorgewärmten Luft zusammen. Die Verbrennungsgase durchziehen den Retortenofen in der Richtung der Pfeile, verlassen denselben am Ende des Kanales *z* und treten in die Regenerationsanlage. Die heissen Gase gehen durch die Kanäle *o* bis *o*₃, welche zwischen den Kanälen *n* bis *n*₄ für Vorwärmung der Verbrennungsluft liegen, dann

Fig. 68.

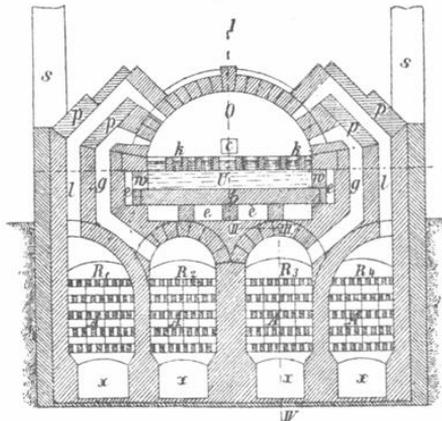


Fig. 69.

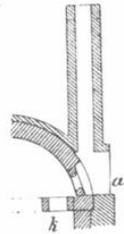
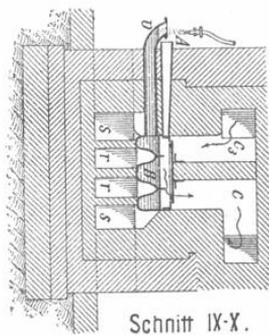


Fig. 70.



Schnitt III-IV.

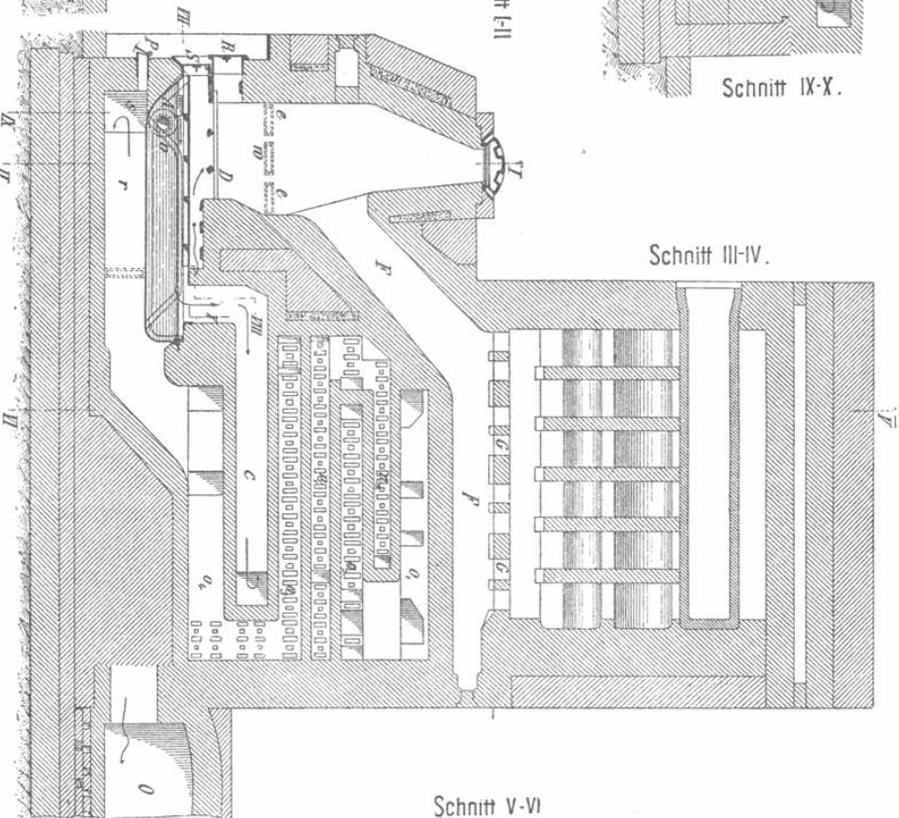


Fig. 71.

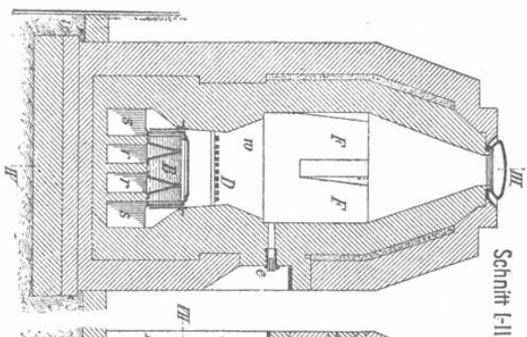


Fig. 72.

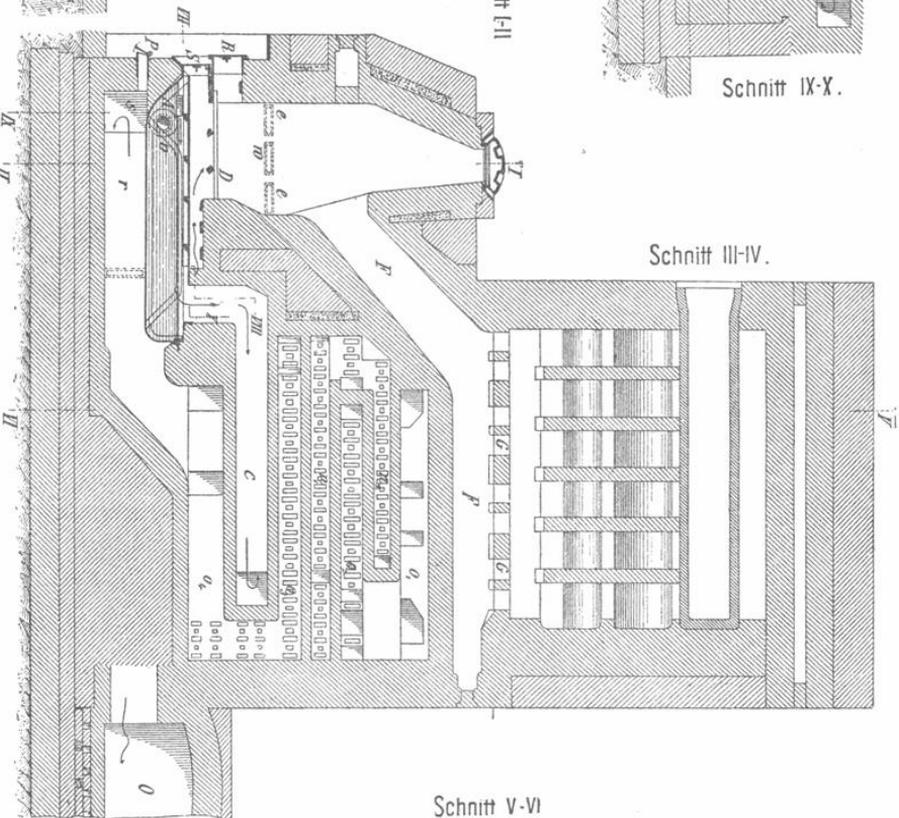
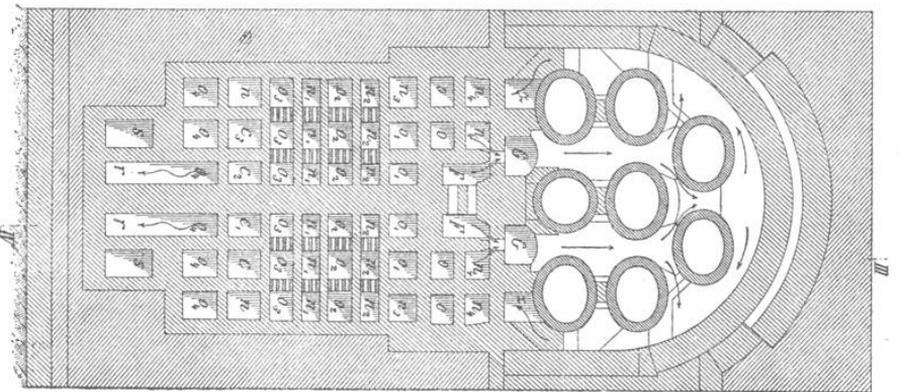


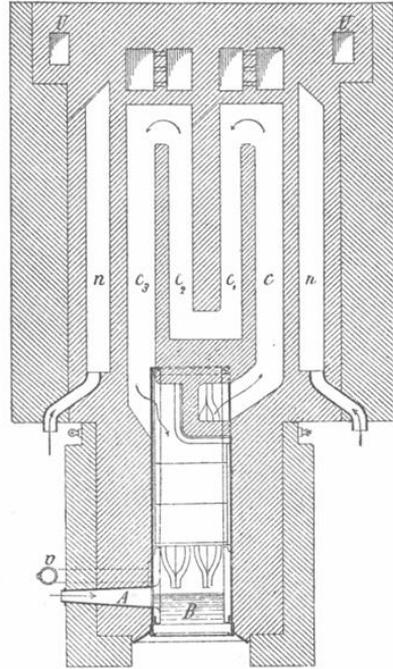
Fig. 73.



durch Kanal o_4 , durch dessen Wände das nach dem Generator ziehende Gemisch von Luft und Wasserdampf erwärmt wird, treten bei r unter den Wasserkasten B und gelangen durch s in den Rauchkanal O . Zur rascheren Uebertragung der Wärme aus den Rauchgasen auf die zum Ofen ziehende Luft und zur Erreichung eines festen Aufbaues und sicheren Fugenschlusses der sogen. Regeneration sind die einzelnen Kanäle mit gelochten Steinen durchzogen, welche die Wärme abgebende Fläche vergrößern. Der Rauchschieber zur Regelung des Schornsteinzuges befindet sich hinter der Regeneration, nicht hinter dem Ofen, damit der Druckunterschied in den neben einander liegenden Kanälen möglichst gering gemacht werden kann. Die Heizfläche des Wasserkastens unter dem Generator ist so gewählt, dass die für alle Fälle ausreichende Dampfmenge von 1000 bis 1300 k erzeugt werden kann, um die Schlackenbildung völlig zu verhindern. Um die Menge des entwickelten Dampfes reguliren zu können, ist eine stellbare Klappe P vorhanden, durch welche kalte Luft zu den Rauchgasen geleitet und so die Temperatur derselben entsprechend ermässigt werden kann. Hat sich bei Verwendung von Koks mit 14 bis 16 Proc. Asche nach etwa 36 Stunden der Aschenraum w mit Verbrennungsrückständen gefüllt, so werden dieselben in folgender Weise entfernt: Durch die Oeffnungen e , welche für gewöhnlich dicht verschlossen sind, werden Eisenstäbe gesteckt, um den im Generator befindlichen Brennstoff abzufangen. Die Verschlussdeckel R und S an der Brust des Ofens werden alsdann abgenommen und die auf dem Rost liegende Asche mit einer Krücke entfernt; alsdann werden sämtliche Putzöffnungen wieder geschlossen. Das im Kasten B verdampfte Wasser wird durch ununterbrochenen Zulauf von v aus ersetzt; ein Ueberlauf führt das überschüssige Wasser ab. Um ferner bei Inbetriebsetzung des Ofens die Regeneration ausschalten zu können, sind Verbindungskanäle U angebracht, durch welche die Rauchgase aus dem Ofen direct in den Rauchkanal abgeleitet werden können.

Fig. 74.

Schnitt VII-VIII.



Derartige Oefen sind seit 1881 auf der Gasanstalt München in Betrieb. Bei einer Batterie von 6 Oefen wurde die Menge der destillirten Kohle (Saarkohle mit 10 Proc. Plattenkohle), das Gewicht der zur Heizung verbrauchten Koks und die erzeugte Gasmenge ermittelt, und zwar einige Monate nach der Inbetriebsetzung im October 1881 und am Schluss des Betriebes im Febr. und März 1882.

Gasausbeute für den Ofen in 24 Stunden	2300 cbm
Kohlen destillirt in 24 Stunden in 8 Retorten	7350 k
Koksverbrauch für jeden Ofen in 24 Stunden	800 "
Gasausbeute auf jede Retorte in 24 Stunden	287 cbm
Gasausbeute für Ofen und Ladung in 4 Stunden	383 "
Gasausbeute auf 100 k Kohlen	31 "
Kohlen destillirt auf 1 Retorte in 24 Stunden	919 k
Kohlen destillirt für Retorte und Ladung	153 "
Koksverbrauch (mit 14 Proc. Asche) auf 100 k destillirte Kohlen	10,9 "
Koksverbrauch (mit 14 Proc. Asche) auf 100 cbm Gas	34,8 "

Diese letztere Art der Wärmewiedergewinnung hat den Vorzug vor der ersteren, dass nicht alle $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Stunden die Zugrichtung umgestellt zu werden braucht; es ist aber darauf zu achten, dass die Scheidewände zwischen den Kanälen für Luft und Verbrennungsgase dicht sind, damit hier keine störenden Mischungen stattfinden.

Die Gasfeuerungen haben sich namentlich bewährt im Hüttenwesen (s. d.), zum Schmelzen von Glas (s. d.), Brennen von Thon und Cement (s. d.), überhaupt da, wo hohe Hitzegrade erforderlich sind.

Dissociation der Verbrennungsgase. Ueber die in Feuerungen, namentlich Gasfeuerungen mit Wärmespeichern, erzielbaren Wärmegrade werden die verschiedensten Angaben gemacht; namentlich wird behauptet, dass die Grenze der Hitze nach oben durch die Dissociation der Kohlensäure und des Wasserdampfes bedingt sei.

Zuerst berechnete Bunsen aus den bei der Explosion von je 18,5 cc Knallgas beobachteten Drucken, dass sowohl beim Kohlenoxydknallgas wie auch beim Wasserstoffknallgas nur $\frac{1}{3}$ des Gemenges sofort verbrennt; beim Sinken der Temperatur sollen sich auch die übrigen $\frac{2}{3}$ verbinden, aber erst bei 1146° der letzte Antheil des Gases verbrennen. (Gasom. S. 325.)

Diese Berechnungen setzen voraus, dass die spec. Wärme von Kohlensäure und Wasserdampf für alle Wärmegrade dieselbe bleibt. Nun haben aber bereits Regnault und Wiedemann gezeigt, dass die Eigenwärme der Kohlensäure und anderer zusammengesetzter Gase (bis 210°) zunimmt. Nach Mallard und Lechatelier ist die Eigenwärme von Kohlensäure und Wasserdampf bei 2000° etwa zweimal so gross wie bei 200° , für Stickstoff, Sauerstoff und Kohlenoxyd etwa $1\frac{1}{2}$ mal so gross als unter 200° . Auch Berthelot und Vieille bestätigen die Zunahme der Eigenwärme für Kohlensäure und Wasserdampf, so dass diese Berechnungen nicht mehr als Beweise für die Dissociation von Kohlensäure und Wasserdampf gelten können.

Nach Deville zerfällt Wasserdampf bei 2500° völlig in Wasserstoff und Sauerstoff; nach Langer und V. Meyer wird Kohlenoxyd bei 1700° zum geringen Theile zersetzt nach $2\text{CO} = \text{CO}_2 + \text{C}$, Kohlensäure kann aber in Platingefässen auf 1700° erhitzt werden, ohne zu zerfallen. Nach Mallard und Lechatelier's neuen Versuchen ist aber bei der Verbrennungstemperatur des Wasserstoffknallgases in geschlossenem Raume (3480°) keine nennenswerthe Dissociation des Wasserdampfes zu bemerken. Kohlensäure zeigte bis 2000° keine Spur von Zersetzung; erst bei der Verbrennungstemperatur des Kohlenoxydknallgases (3200°) zerfielen etwa 30 Proc. Kohlensäure.

Für die industriellen Feuerungsanlagen ist somit dieser Zerfall der Verbrennungsgase ohne nennenswerthe Bedeutung. Selbst wo es sich um ausnahmsweise hohe Temperaturen handelt, z. B. beim Schmelzen von Platin (1780°), beträgt die Dissociation höchstens wenige Procent. Bevor daher die Grösse dieses Zerfalles unter verschiedenen Verhältnissen genau festgestellt ist, braucht sie für praktische Zwecke kaum irgendwie in Betracht gezogen zu werden. Auch eine einigermaassen zutreffende Berechnung der Verbrennungstemperaturen ist leider so lange nicht ausführbar, als nicht die spec. Wärmen der bezüglichen Dämpfe, sowie die etwa mögliche Dissociation genau bekannt sind. An eine unmittelbare Bestimmung der Verbrennungstemperaturen ist bekanntlich gar nicht zu denken (J. 1887, 167).

Freie Flammenentfaltung. Friedr. Siemens behauptet, zur Verbrennung von Gasen mit Luft seien grosse Räume erforderlich, jede Berührung des Gasgemisches mit festen Körpern störe die Verbrennung. Die entwickelte Wärme soll von der leuchtenden Flamme nur durch Strahlung auf die zu erheizenden Körper übertragen werden (vgl. J. 1889, 126).

Diese Behauptung ist unrichtig, da feste Körper die Verbrennung nur dann stören, wenn sie die Flamme abkühlen, während glühende, feste Körper nicht stören, wie die tägliche Erfahrung bei Ziegelöfen u. dgl. zeigt (vgl. J. 1889, 128).

Es ist ferner unrichtig, dass die Wärmeübertragung nur durch die Flammenstrahlung stattfindet. Nach Helmholtz (J. 1890, 195) werden beim Verbrennen in 6 mm dicker Flamme von der gesammten Verbrennungswärme in Strahlung umgesetzt (Mittelwerthe):

	Hell Proc.	Entleuchtet Proc.
Wasserstoff		3,61
Kohlenoxyd		8,74
Methan	6,17	5,15
Aethylen	11,5	5,12
Leuchtgas	8,5	5,12
Erdöl	18,2	—

Besonders beachtenswerth ist das hohe Strahlungsvermögen des Kohlenoxydes, welches noch grösser ist, als das der leuchtenden Leuchtgasflamme. Nichtleuchtende Kohlenwasserstoffflammen setzen nur 5,1 Proc. ihres Brennwerthes in Strahlung um. Bei nichtleuchtenden Flammen steigt das Strahlungsvermögen mit dem Durchmesser der Flamme.

Zu berücksichtigen ist, dass Gase ihre eigenen Strahlen zurückhalten. Nach Rosetti ist bereits eine Leuchtgasflamme von 1 m Dicke für ihre eigenen Strahlen undurchlässig. Nach den Tyndall'schen Versuchen über das Absorptionsvermögen der Kohlensäure für die Strahlen der Kohlenoxydflamme kann in den mehrere Meter weiten Oefen so gut wie keine Strahlung von einer Seite des Flammenraumes zur anderen gelangen.

Viel bedeutender ist die Strahlung des glühenden Gewölbes. Angenommen für einen Glasofen, das Ofengewölbe und das Glas strahle nur wie blankes Platin¹⁾, also nach Weber-Schleiermacher 6mal schlechter als ein schwarzer Körper; dann ist der Absorptionscoefficient $\frac{1}{6}$ oder Gewölbe und Glas reflectiren $\frac{5}{6}$ der zugestrahlten Wärme. Nun sei das Gewölbe auf 1300° erwärmt, d. h. um 100° höher als die durch das Schmelzgut auf 1200° gehaltene Glasmasse. In diesem Fall strahlt 1 qc des Gewölbes etwa 0,8 w mehr als 1 qc des Glases. Nennt man nach Helmholtz ϵ_1 die Strahlung des Gewölbes, ϵ_2 die der Glasfläche für 1 qc, so zeigt eine Betrachtung der Hin- und Herstrahlungen und Reflexionen, dass das Glas für 1 qc aufnimmt die Wärme:

$$\frac{\alpha (\epsilon_1 - \epsilon_2)}{1 - (1 - \alpha)^2} \text{ also } \frac{\frac{1}{6} \cdot 0,8}{1 - \frac{25}{36}} w = 0,43 w$$

d. h. die ganze Glasfläche von 65 qm nimmt auf: $65 \cdot 10\,000 \cdot 0,43 = 280\,000 w$. Das ist aber schon viel mehr, als zur Schmelzung des Glases verbraucht werden kann. Hätte man das Strahlungsvermögen eines schwarzen Körpers angenommen, so würde man sogar 3,1 Millionen w als Zustrahlung zur Glasfläche erhalten, also 7mal mehr als überhaupt die verfügbare Verbrennungsenergie beträgt, d. h. eine Ueberwärmung von 100° wäre dann überhaupt unmöglich und eine solche von 6° würde schon genügen, um die Schmelzwärme zu liefern. Die wirklichen Strahlungsvermögen von Glas und Gewölbe liegen wahrscheinlich etwa in der Mitte zwischen beiden Annahmen. Es zeigt das Beispiel, mit wie ungeheuren Beträgen von Strahlung in jenen hohen Temperaturen und bei so grossen Flächen eine verhältnissmässig kleine Ueberhitzung des Ofengewölbes in die Rechnung eingeht. So viel ist sicher, dass für einen in den Ofen gebrachten kalten Körper die Strahlung des Gewölbes viel wesentlicher in Betracht kommt, als die der Flamme. Denn aus der Strahlung der Wand schneidet die Flamme nur die Kohlensäurestrahlen heraus und sendet dafür selbst welche aus, zwar wahrscheinlich mehr, als sie absorbiert hat, aber im Ganzen muss dieser Theil doch klein sein gegen das continuirliche Energiespectrum der Wandung.

Leuchtgas.

Geschichte. Schon in den Jahren 1727 bis 1739 beobachteten Clayton und Hales das Entweichen von Gas beim Erhitzen von Steinkohlen; später (1767) zeigte der Bischof Landlaff, dass sich die brennbare Luft durch Röhren überall hinleiten lasse; Professor Pickel in Würzburg benutzte schon im J. 1786 aus Knochen erzeugtes Gas zur Beleuchtung seines im Garten des Julioshospitals befindlichen Laboratoriums. Ungefähr um die nämliche Zeit stellte Dundonald auf seinem Landsitze Culross-Abtei Versuche zur Anwendung des Steinkohlengases an. Bei Gewinnung von Steinkohlentheer als Nebenproduct der Koksbereitung hatten die Arbeiter in die Kühlvorlage, in welcher sich der Theer absetzt, eiserne Röhren eingekittet und pflegten das aus diesen Röhren entweichende Gas des Nachts anzuzünden und die Flamme des Gases zur Beleuchtung zu benutzen. 1792 beleuchtete Murdoch sein Haus und

1) Es strahlt 1 qc Platin nach Weber:

bei 800°	0,164 w
„ 900°	0,279 „
„ 1000°	0,465 „
„ 1100°	0,771 „
„ 1200°	1,27 „
„ 1300°	2,09 „
„ 1400°	3,42 „
„ 1500°	7,00 „

Für eine schwarze Fläche dagegen — nämlich Platin mit Kupferoxydul bedeckt — ist die Strahlung ungefähr 6mal grösser.

seine Werkstätte zu Redruth in Cornwall mit aus Steinkohlen erhaltenem Gase. Lebon erleuchtete 1801 mit einem aus Holz gewonnenen Gase seine Wohnung nebst Garten. Die erste Gasbeleuchtung im Grossen wurde 1802 von Murdoch in der Maschinenfabrik von Watt und Bolton in Sohofoundry bei Birmingham und 1804 in einer Spinnerei zu Manchester ausgeführt. Anfangs wurde die neue Beleuchtungsart nur in Fabriken und ähnlichen Anlagen angewendet; im J. 1812 wurden Londons Strassen mit Gas beleuchtet. Im J. 1824 wurde in Hannover die Gasbeleuchtung eingeführt, dann folgten die anderen Städte des Festlandes. — Das auf Vorschlag Pettenkofer's in München und einigen anderen süddeutschen Städten eingeführte Leuchtgas aus Holz ist durch Steinkohlengas verdrängt. — Für kleinere Anlagen ist das Oelgas wichtig.

Leuchtgas aus Steinkohlen. Steinkohlen werden in Retorten, welche früher aus Eisen, jetzt aus Scharmotte hergestellt werden, auf Weissglut erhitzt und dadurch entgast (S. 34). Zur Feuerung werden die Entgasungsrückstände (Gaskoks) verwendet, welche früher allgemein auf gewöhnlichen Rosten verbrannt wurden. Seit etwa 20 Jahren sind diese Feuerungen verbessert, so dass der Brennstoffverbrauch auf etwa die Hälfte ermässigt ist.

Bei der Rostfeuerung, oder besser Halbgasfeuerung, von J. Hasse und M. Vacherot werden die Brennstoffe durch die mit luftdicht schliessender Thür *C* (Fig. 75 bis 77) versehene Oeffnung *B* auf den Rost *A* gebracht. Schlacke und Asche werden durch die ebenfalls luftdicht schliessende Thür *E* entfernt. Sind beide Thüren geschlossen, so tritt die Verbrennungsluft, durch Schieber *F* geregelt, rechts und links bei *G* in den Ofen ein, durchstreicht die Kanäle *H* in der Richtung der Pfeile und gelangt durch die Schlitzte *J* von rechts und links unter den Rost. Wo es die Verhältnisse gestatten, kann die Luft auch unter den Rauchkanälen *M* und *N* eingeführt und

Fig. 75.

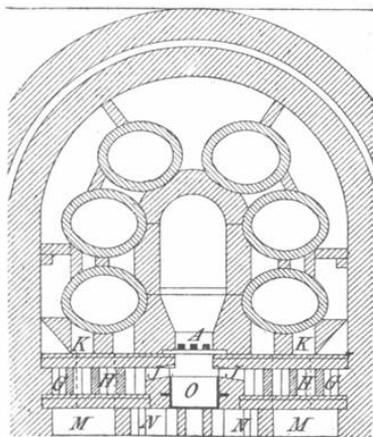
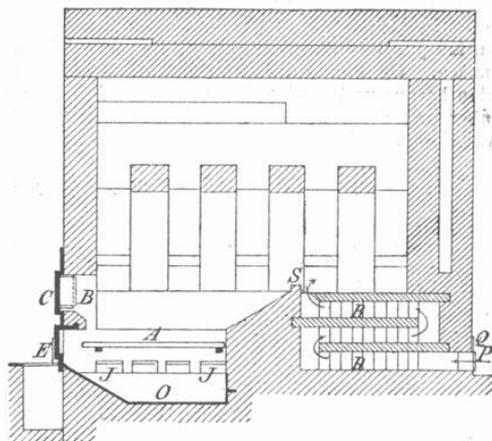


Fig. 76.



von da nach den Kanälen *H* geleitet werden. Die Verbrennungsgase gehen, nachdem sie den Ofen gleichmässig durchstrichen haben, in dem Rauchkanäle *K* von vorn nach hinten, in *L* nach unten, in *M* von hinten nach vorn und in *N* von vorn nach hinten zum Schornsteinkanale. Auf diesem Wege geben die abgehenden Rauchgase einen grossen Theil ihrer Wärme sowohl an die durch die Luftkanäle *H* strömende Verbrennungsluft, als zur Verdampfung des Wassers in den unter dem Roste befindlichen Kasten *O* ab, welcher mit Wasser gefüllt ist. Da der Brennstoff in einer hohen Schicht auf den Rost gebracht und auch in solcher erhalten wird, so tritt eine vollständige Verbrennung nicht ein; es soll sich vielmehr ein nennenswerther Procentsatz Kohlenoxyd bilden, zu dessen Verbrennung eine weitere Zuführung von Luft nöthig ist. Diese sogen. secundäre

Verbrennungsluft tritt auf der Rückseite des Ofens bei *P* ein, woselbst die Zuströmung dieser Luft durch den Schieber *Q* zu regeln ist; dieselbe durchströmt in der Richtung der Pfeile die Luftkanäle *R* und gelangt durch den Schlitz *S* zu dem vom Verbrennungsherde kommenden Gase. Die Erwärmung der Kanäle *R* erfolgt durch die Ausstrahlung des sie umgebenden Mauerwerkes. Die Kanäle *H* können auch mit den Kanälen *R* derart verbunden werden, dass die Luft erst die Kanäle *H* durchstreichen muss, ehe sie in die Kanäle *R* gelangt.

Bei dem mit Gasfeuerung versehenen Retortenofen von Stedman gehen, wie die Fig. 78 und 79 andeuten, die Verbrennungsgase von *A* bis *E*, bez. von *a* bis *e*, nach unten zum Schornstein. Die Verbrennungsgasluft tritt beiderseits

Fig. 77.

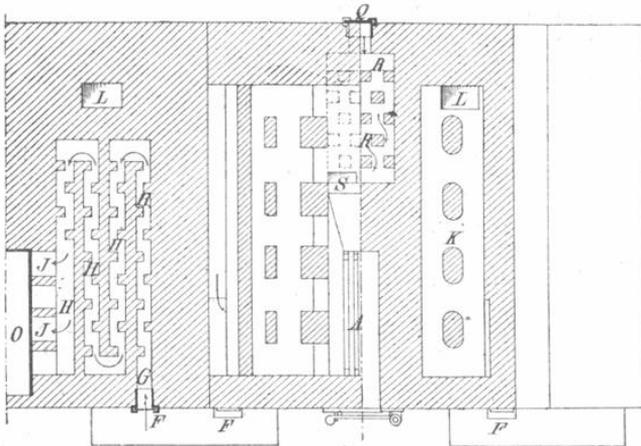
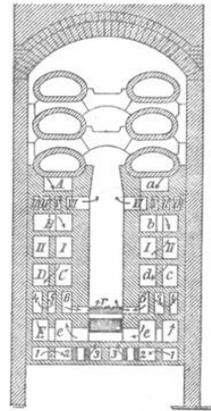


Fig. 78.



bei *J* ein, durchzieht die Kanäle 1 bis 6 und tritt bei *r* in die Koksschicht. Die Verbrennungsluft tritt bei *I* ein, geht durch Kanäle *II* bis *V* und trifft bei *VI* auf die Generatorgase. (Vgl. J. 1880, 878; 1882, 1106.)

Bewährt haben sich ferner die Oefen von Liegel (J. 1882, 1104; 1883, 1263) und Klönne (J. 1883, 1263; 1884, 1287), welche den Generator ebenfalls in den Ofen einbauen.

Die Oefen von Hasse und Didier (J. 1886, 1127) haben viel Aehnlichkeit mit den Münchener Oefen (S. 74). Die bei *P* (Fig. 80 und 81 S. 80) eintretende Verugasungsluft wird in Kanälen des Mauerwerkes des ausserhalb des Ofens liegenden Generators vorgewärmt. Die bei *S* eintretende Verbrennungsluft steigt in den Kanälen *o* auf, während die Verbrennungsgase aus dem Ofen durch die Kanäle *CO₂* nach unten gehen, dabei auch die zur Entwicklung von Wasserdampf im Gefässe *D* erforderliche Wärme geben. Der Dampf tritt unter den Rost des Generators.

Die Generatorgase aus zwei Oefen nach Hasse und Didier (I, II) und einem Münchener Ofen (III) hatten nach Versuchen des Verf. (J. 1885, 1266) im Durchschnitt folgende Zusammensetzung:

	I	II	III
Kohlensäure	6,05	6,30	8,61
Kohlenoxyd	25,82	27,54	22,40
Methan	0,65	0,50	0,90
Wasserstoff	9,42	11,04	14,22
Stickstoff	58,06	54,62	53,87
	100,00	100,00	100,00

1 k Koks mit 93 Proc. Kohlenstoff gibt demnach cbm:

	I	II	III
Kohlenoxyd . . .	1,37	1,38	1,21
Methan . . .	0,03	0,03	0,05
Wasserstoff . . .	0,50	0,55	0,77
Kohlensäure . . .	0,32	0,32	0,46
Stickstoff . . .	3,08	2,74	2,91
	5,30	5,02	5,40

Der Brennwerth dieser Generatorgase ist somit nicht erheblich verschieden, wengleich im Münchener Ofen (S. 74) mehr Wasser zersetzt wird. Die Untersuchung der Verbrennungsgase ergab im Durchschnitte:

	I	II	III
Kohlensäure . . .	17,5	17,9	18,0
Kohlenoxyd . . .	Spur	0	Spur
Sauerstoff . . .	2,5	2,4	1,9
Stickstoff . . .	80,0	79,7	80,1
Temperatur unten .	590°	610°	398°
„ oben .	710°	725°	520°

Dass die Gase die Regeneration des Münchener Ofens nur mit 400° verlassen, erklärt sich aus der Art des Wassergefäßes, gegenüber dem geschlossenen Verdunstungsgefäße beim

Fig. 79.

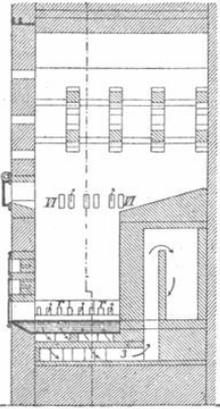


Fig. 80.

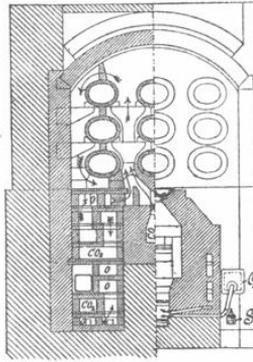
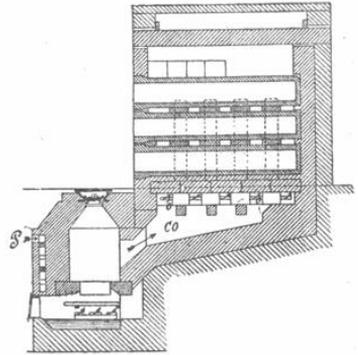


Fig. 81.



Hasse-Didier'schen Generator. In allen Fällen nehmen die Gase von dem Ende der Regeneration unter dem Ofen bis da, wo der Schornstein oben auf dem Ofen herausragt, erhebliche Wärmemengen auf, so dass es vortheilhafter sein würde, die Abzugskanäle seitlich ausserhalb des Ofens zu legen.

Während die gewöhnlichen Rostfeuerungen auf je 100 k Kohlen 20 bis 30 k Koks erfordern, genügen für die Generatorgasfeuerungen 10 bis 12 k Koks.

Der Leuchtgasofen mit schiefliegenden Retorten von A. Coze ist auf der Gasanstalt in Rheims in folgender Ausführung im Betriebe. In jedem Ofen liegen 9 Retorten *r* (Fig. 82 u. 83) unter einem Winkel von 30°, so dass die aus Kippwagen von oben eingeschütteten Kohlen gleichmässig herunterrutschen, ohne den untern Theil der Retorten ganz zu füllen. Nach der Entgasung wird der Koks leicht aus der unteren Oeffnung entfernt. Das in Generatoren *G* erzeugte Generatorgas tritt mit der in Wärmesparern (Regeneratoren) *R* erhitzten Verbrennungsluft aus 15 Brenneröffnungen *e*, welche in 15 Reihen stehen, in den Ofen, die Verbrennungsgase umspielen die auf lothrechten Stützen ruhenden Retorten und entweichen nach unten durch die

Wärmesparer zum Schornstein. — Ein Doppelofen mit 18 Retorten liefert in 24 Stunden aus 18 t Kohlen (für Retorte und Ladung 166 k) 5400 cbm Leuchtgas. Zur Unterfeuerung sind für 100 k Kohle 13,3 k Koks erforderlich, zur Bedienung eines Doppelofens genügen 4 statt sonst 6 Arbeiter. (J. 1885, 1263; 1890, 107; 1893, 74.)

Auch in Deutschland haben sich diese Oefen mit schief liegenden Retorten überall bewährt (J. 1895, 46). Vor Allem ermöglichen es die Coze-Oefen, das Retortenhaus sehr viel einfacher und billiger herzustellen als bisher. Das Retortenhaus beschränkt sich auf eine leichte Eisen- und Blech- oder Eisen- und Cementconstruction, die sich auf die Kohlenbehälter stützt und sich so eng wie möglich an die Oefen anschliesst. Die beiden Ofenreihen mit der höheren Seite einander zugekehrt, und an den beiden Schmalseiten durch eine leichte Blech- oder Monierwand mit einander verbunden, bilden gewissermaassen einen offenen Hofraum und gewähren so dem Heizer auf der oberen Galerie die frische Luft, die er so dringend nöthig hat, ohne ihn dem Zuge auszusetzen. Die Leute an der unteren Seite der Retorte haben keine schwere Arbeit zu verrichten. Sie arbeiten daher besser und angenehmer im Freien, als unter Dach¹⁾.

Theervergasung. Bäcker empfiehlt, Theer mit Koksabfall gemischt in die Retorten zu bringen (J. 1888, 86; 1889, 52; 1895, 50). Dinsmore führt das ebengebildete Gas durch eine glühende Retorte, um den beigemischten Theer zu vergasen. Die Ansichten über die praktische Brauchbarkeit dieses Verfahrens sind sehr verschieden²⁾.

Fig. 82.

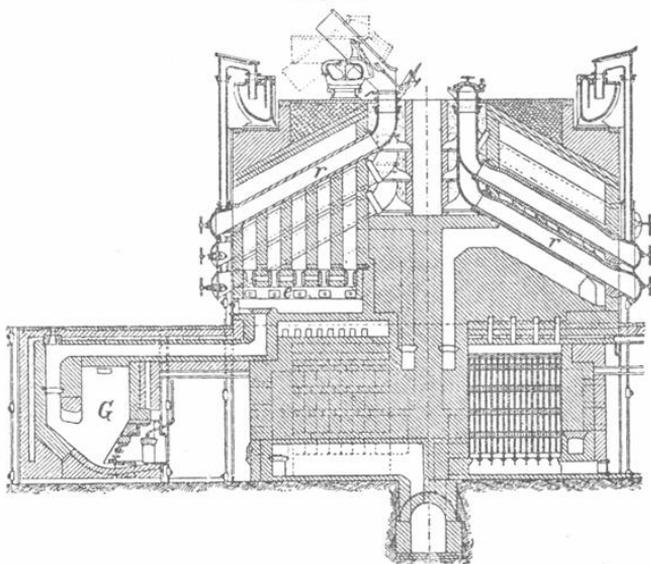
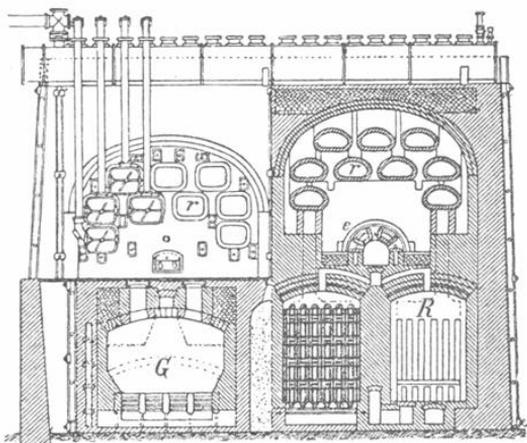


Fig. 83.

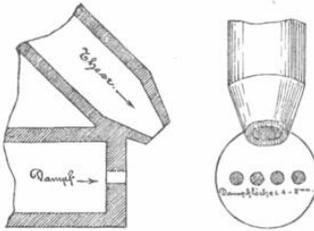


1) Vgl. Ferd. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig 1899).

2) Vgl. J. 1888, 82; 1889, 53; 1890, 109.

Theerfeuerung. Bei niedrigen Theerpreisen ¹⁾ ist es für manche Gasanstalten vortheilhaft, den Theer zu verbrennen. Der Theer hat einen Brennwerth von 8500 bis 9000 w und wird durch Pressluft oder Dampf fein zerstäubt in die Feuerung eingeblasen. Der Körting'sche Zerstäuber (Fig. 84)

Fig. 84.



lässt z. B. den Dampf aus 4 Löchern von 1 mm Durchmesser ausströmen. Bei 3 Atm. Spannung lassen diese Löcher stündlich 5,4 k Dampf durch, um 30 k Theer zu zerstäuben.

Beim Austritt aus den Löchern nimmt der Dampf die Temperatur von 100° an, wird nun auf die Ofentemperatur erhitzt, gibt wieder Wärme an die Retorten ab und verlässt den Ofen mit etwa 1000°. Er verursacht also einen Wärmeverlust, welcher der Temperaturerhöhung des Dampfes von 100° auf 1000°, also von 900° entspricht. Dampf hat eine spec. Wärme von 0,475, d. h. um 1 k Dampf um 1° zu erwärmen, sind 0,475 w erforderlich. Um 5,4 k um 900° zu erwärmen, sind also $5,4 \times 900 \times 0,475$ erforderlich = 2308,5 w. Erzeugt werden in dieser Zeit von den verbrannten 30 k Theer etwa 260 000 w. Durch den Dampf gehen davon also noch nicht 0,9 Proc. verloren. Auf der Gasanstalt in Hannover wurden so mit 13,5 k Theer 100 k Kohle entgast. — Zuweilen lässt man den Theer auch in den Generator einfließen. Augenblicklich (1898) wird das Verfahren der Theerpreise wegen wohl nirgend angewandt.

Rohgas. Wie bereits S. 32 angegeben, ist die Zusammensetzung der beim Erhitzen der Steinkohlen erhaltenen flüchtigen Stoffe ungemein wechselnd, je nach der Höhe und Dauer der Erhitzung (S. 33) und der Beschaffenheit ²⁾ der Kohlen.

Die Pariser Gasgesellschaft (J. 1887, 98) hat auf dem Gaswerke zu La Villette mit 59 verschiedenen Gaskohlen Destillationsversuche ausgeführt, über welche Deville (J. 1889, 30) berichtet. Sämmtliche Kohlsorten wurden in 5 Klassen getheilt von folgender Elementarzusammensetzung:

Typen	I	II	III	IV	V
Kohlenstoff	78,47	78,48	76,85	72,93	67,86
Wasserstoff	4,49	4,85	4,83	4,84	4,69
Sauerstoff und Stickstoff	5,83	6,91	7,80	9,71	10,55
Hygroskopisches Wasser	2,17	2,70	3,31	4,34	6,17
Asche	9,04	7,06	7,21	8,18	10,73
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Gehalt der Rohkohle an Kohlensubstanz (nach Abzug von Wasser und Asche):	88,79	90,24	89,48	87,48	83,10
Zusammensetzung der Kohlensubstanz:					
Kohlenstoff	88,38	86,97	85,89	83,37	81,66
Wasserstoff	5,06	5,37	5,40	5,53	5,64
Sauerstoff	5,56	6,66	7,71	10,10	11,70
Stickstoff (angenommen)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Verkokungsprobe der Rohkohle:					
Flüchtige Bestandtheile	26,82	31,59	33,80	37,34	39,27
Koks	73,18	68,41	66,20	62,66	60,73

1) 100 k Theer kosteten im J. 1883 5,5 bis 6 Mark, dann etwa 2 Mark (vgl. J. 1886, 1131; 1887, 205).

2) Krämer (J. 1887, 113) glaubt, die Steinkohlen seien Anhydride hochcondensirter Glycole und Glycolsäuren und deren Oxy- und Amidoabkömmlinge.

Berechnet man das Wasser, welches dem Sauerstoffgehalt der Kohlensubstanz entspricht, so zerfallen die obigen flüchtigen Bestandtheile auf asche- und wasserfreie Substanz bezogen in:

	I	II	III	IV	V
Berechnetes Wasser	6,25	7,49	8,67	11,36	13,16
Flüchtige Kohlenstoffverbindungen . .	23,23	26,39	27,75	29,30	30,83
	29,48	33,88	36,42	40,66	43,99
Der Schwefelgehalt ergab sich zu . . .	0,77	1,06	1,18	1,02	1,04

Mit dem Sauerstoff nimmt das hygroskopische Wasser und die Menge der flüchtigen Bestandtheile zu. Im Folgenden sind die Resultate der Destillation obiger Kohlentypen zusammengestellt.

	I	II	III	IV	V
Gas aus 100 k Kohle	cbm 30,13	cbm 31,01	cbm 30,64	cbm 29,72	cbm 27,44
„ „ 100 „ flüchtigen Bestandtheilen der Kohlen- substanz	33,13	33,37	33,07	32,59	30,75

Gasproduction in den einzelnen Destillationsperioden:

Proc. des gesammten produ- cirten Gases:					
in der 1. Stunde	24,9	25,0	24,7	24,1	23,4
„ „ 2. „	29,9	28,4	29,2	29,6	26,9
„ „ 3. „	28,8	28,6	29,8	29,4	29,0
„ „ 4. „	16,4	18,0	16,3	16,9	20,7
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Temperatur des Ofens ¹⁾	1326,7°	1328,3°	1312,3°	1282,3°	1222,6°

Zusammensetzung und Leuchtkraft des Gases:

Kohlensäure	1,47	1,58	1,72	2,79	3,13
Kohlenoxyd	6,68	7,19	8,21	9,86	11,93
Wasserstoff	54,21	52,79	50,10	45,45	42,26
Sumpfgas und Stickstoff	34,37	34,43	35,03	36,42	37,14
Aromatische Kohlenwasserstoffe	0,79 { 3,27	0,99 { 4,01	0,96 { 4,94	1,04 { 5,48	0,88 { 5,54
Schwere Kohlenwasserstoffe ²⁾ .	2,48 {	3,02 {	3,98 {	4,44 {	4,66 {
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Aromatische Kohlenwasserstoffe in g für 1 cbm Gas	29,67	37,02	35,96	38,94	33,02
Spec. Gewicht des Gases	0,352	0,376	0,399	0,441	0,482
Gasverbrauch für 1 Carcel Liter Lichtmenge (Carcel) aus 100 k Kohle	132,1	111,7	103,8	102,1	101,8
	227	278	295	291	269

Bei der Gasentwicklung in den einzelnen Destillationsperioden zeigt sich bei den verschiedenen Typen kein grosser Unterschied. Dagegen spricht sich in der Zusammensetzung des Gases der Einfluss des Sauerstoffes deutlich aus, da bei wachsendem Sauerstoff eine Zunahme von Kohlensäure und Kohlenoxyd, eine Abnahme von Wasserstoff und eine Zunahme von

1) Mit Calorimeter bestimmt. Die Grade entsprechen nicht absolut denen des Luftthermometers, sondern dienen nur zum gegenseitigen Vergleich.

2) Unter „schwere Kohlenwasserstoffe“ sind stets die ungesättigten Kohlenwasserstoffe der Fettreihe verstanden.

Sumpfgas stattfindet. Die aromatischen Kohlenwasserstoffe hingegen bleiben auffallend gleich, während die schweren Kohlenwasserstoffe zunehmen. Die Leuchtkraft nimmt mit dem Sauerstoff zu, jedoch durchaus nicht proportional dem Gehalt des Gases an Kohlenwasserstoffen, ein Umstand, der wahrscheinlich der gleichzeitigen Zunahme an Kohlensäure zuzuschreiben ist. Der Verlust an Leuchtkraft durch Kohlensäure ergab sich aus einer Reihe von Versuchen genau proportional dem Gehalt des Gases an Kohlensäure und zwar zu 2,73 Proc. für 1 Proc. Kohlensäure im Gas. Für den Stickstoff ergab sich ein Verlust an Leuchtkraft von 1,8 Proc. für 1 Proc. Stickstoff im Gas. Die Lichtmenge, welche von 100 k Kohlen geliefert wird, d. h. der Quotient aus der Gasausbeute und der zur Erzeugung von 1 Carcel nöthigen Gasmenge ist am besten bei III und IV; diese Kohlen sind auch sonst die besten Gaskohlen.

Nebenproducte.

	I	II	III	IV	V
Koks aus 100 k Kohle hl	1,970	1,966	1,778	1,696	1,627
Gewicht von 1 hl Koks k	36,3	34,4	36,5	35,9	35,7
Koks aus 100 k Kohle k	71,5	67,6	64,9	60,9	57,8
Koksstaub für 100 k Koks	11,09	9,71	12,64	15,94	20,0
Condensationsproducte:					
Theer aus 100 k Kohle k	3,902	4,652	5,079	5,478	5,592
Gaswasser aus 100 k Kohle k	4,584	5,567	6,805	8,616	9,861
	8,486	10,219	11,884	14,094	15,453

Die Koksausbeute nimmt mit der Sauerstoffzunahme ab, die Condensationsproducte nehmen dagegen zu. Unabhängig vom Sauerstoffgehalt sind die aromatischen Kohlenwasserstoffe, der Schwefelgehalt der Kohle und der Aschengehalt der Kohle. — Die Kohlen vom Typus III sind die besten Gaskohlen. Sie liefern reichliches und gutes Gas und guten Koks. Die Kohlen vom Typus I und II geben viel Koks, dagegen ein schlechtes Gas. Typus IV und V gibt ein Gas von oft sehr grosser Leuchtkraft, jedoch wenig und schlechten Koks.

Um den Einfluss der Destillationstemperatur zu prüfen, wurden Versuche in einer kleinen Laboratoriumsretorte aus Scharmotte angestellt, die in einem Perrotfen erhitzt wurde. Es wurden 500 bis 600 g Kohlen destillirt. Die Mittel aus den Versuchen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Bezeichnung	Destillation bei	
	dunkel Rothglut	hell
Gesamte destillirte Kohlenmenge k	22,200	20,300
Gewicht einer Ladung g	600	500
Mittlere Dauer einer Destillation Min.	34	21
100 k Kohlen geben Gas cbm	19,71	28,79
100 " " " Theer k	8,78	4,94
Vol.-Proc. Kohlensäure im Gas	4,3	3,00
Schwere Kohlenwasserstoffe (ausser Benzol)	6,73	5,31
Aromatische Kohlenwasserstoffe bei — 22° condensirt g	10,725	15,593
Constante g	23,500	23,500
	Summe g	
	34,225	39,093
Aromatische Kohlenwasserstoffe aus 100 k Kohle g	0,674	1,125
Schwere Kohlenwasserstoffe aus 100 k Kohle l	1326	1439

Die Menge der aromatischen Kohlenwasserstoffe im Gas wächst also mit der Destillationstemperatur. Dagegen wechseln die Benzolmengen im Theer derart, dass sie mit denen im Gas trotzdem das Gleichgewicht wieder herstellen können. Die aromatischen Kohlenwasserstoffe vertheilen sich wie folgt:

Für 100 k Steinkohle	Bei niederer Temperatur k	Bei hoher Temperatur k
Im Gas	0,674	1,125
Im Theer	0,175	etwa 0,050
	0,849	1,175

Die Temperaturerhöhung bewirkte sonach eine Zunahme von 0,326 k. — Es wurde gezeigt, dass die ersten Kohlentypen I und II viel reicher an Benzol sind, als IV und V. Ebenso ist das Gas, welches bei hoher Temperatur erzeugt wird, viel reicher an aromatischen Kohlenwasserstoffen, und diese wiederum viel reicher an reinem Benzol, als das bei niederer Temperatur erzeugte Gas, wie folgende Tabelle zeigt.

Bezeichnung	Kohlenwasserstoffe bei	
	dunkel	hell
	Rothglut	
	Proc.	Proc.
Siedepunkt zwischen 80 und 90°	39,76	57,6
" " 90 " 105°	28,10	20,9
" " 105 " 140°	27,10	16,8
" über 140°	5,04	1,7

Dieser Unterschied spricht sich auch in der Leuchtkraft aus, indem die Lichtgebung von 1 g der aromatischen Kohlenwasserstoffe in den bei hoher Temperatur erzeugten Gasen viel grösser ist, als in denen, welche bei niederer Temperatur entstehen.

Der Verlauf der Entwicklung der aromatischen Kohlenwasserstoffe während der einzelnen Destillationsperioden wurde sowohl im Gas nach den Condensationsapparaten, als direct an der Retorte geprüft. Folgende Schaulinien (Fig. 85) zeigen diesen Verlauf:

Die ausgezogene Curve stellt den Verlauf der Bildung aromatischer Kohlenwasserstoffe in Gramm für 1 cbm Gas, die punktirte Curve den der schweren Kohlenwasserstoffe in Volumprocenten dar. Man kann den Verlauf der Curven erklären, wenn man mit Berthelot annimmt, dass mit steigender Temperatur in der Retorte die schweren Kohlenwasserstoffe auf einander einwirken und das Benzol bilden.

Das Benzol erreicht auf diese Weise nach 30 bis 45 Minuten seinen Höchstwerth, welcher sich bis zur Mitte der Destillation ziemlich erhält. Versuche mit höheren Temperaturen ergaben, dass, wenn man bereits gereinigtes Gas vom Beginn der Destillation, am Fabrikationsgasmesser entnommen, erhitzt, eine nur sehr geringe Veränderung zu bemerken ist. Bei einer Ueberhitzung des Gases, wie es aus der Retorte kommt, zeigt es sich, dass im Allgemeinen das Benzol widerstandsfähiger gegen Zersetzung ist, wie die anderen Kohlenwasserstoffe.

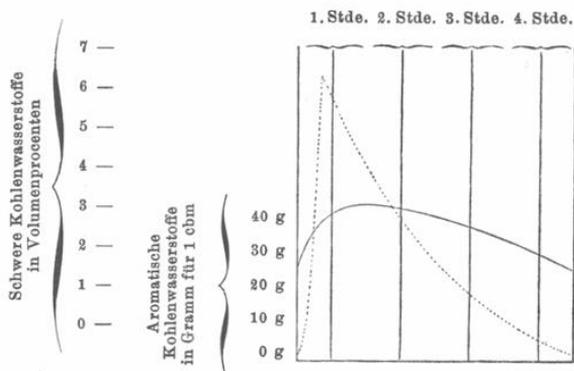


Fig. 85.

Die schottischen Cannelkohlen, die Boghead-Cannelkohlen Schottlands, sowie die Australian-Kerosene-Shale oder Boghead-Cannelkohlen, welche als Brennstoff unbrauchbare Rückstände liefern, werden in der Leuchtgasfabrikation fast ausschliesslich als Aufbesserungsstoffe für das aus den gewöhnlichen Steinkohlen erzeugte

Gas verwendet. Die Mengen dieser Zusätze schwanken von 5 bis 50 Proc. des Kohlegewichtes. Nach Versuchen von Schiele (J. 1887, 99) ergaben sich folgende Ausbeuten:

	Gas aus 100 k Kohlen cbm	Leuchtkraft von 150 l des Gases	Koks aus 100 k Kohlen
Gaskohlen			
Saargebiet	26,0 bis 30,6	15,0 bis 22,5	63 bis 66
Westfalen	23,6 „ 31,6	14,5 „ 21,9	60 „ 80
Zwickauer	24,8 „ 25,6	14,3 „ 15,8	64 „ 70
Böhmen	25,0 „ 27,8	12,8 „ 21,1	58 „ 69
Plattenkohlen			
Böhmen	27,4 „ 36,4	22,8 „ 46,2	51 „ 60
Deutsche	28,3 „ 31,7	18,1 „ 24,5	65 „ 70
Cannelkohle			
Schottische	30,4 „ 35,2	18,1 „ 43,4	30 „ 65
Bogheadschiefer			
Schottisch	29,2 „ 38,8	26,3 „ 62,6	23 „ 62
Australier	39,5 „ 41,5	48,0 „ 53,6	30 „ 36

Besonders in England geschieht die Aufbesserung durch schottisches Schieferöl bez. Oelgas (J. 1893, 85), in Deutschland oft mit Benzol (S. 92).

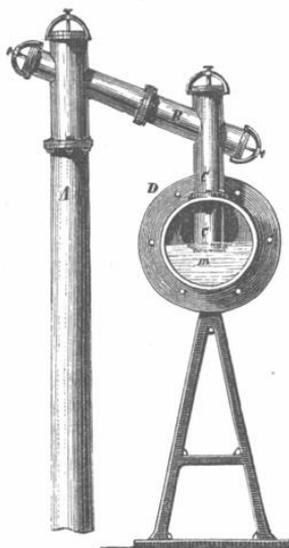
Von dem Stickstoff der Kohle werden nach Schilling (J. 1887, 105) 11 bis 17 Proc. als Ammoniak entwickelt, 57 bis 70 Proc. Stickstoff bleiben im Koks, der Rest unbestimmt (vgl. S. 30).

Reinigung des Gases. Das in den Retorten entwickelte rohe Leuchtgas steigt durch ein weites eisernes Rohr *A* (Fig. 86) nach oben und tritt durch das Knierohr *BC* in die Vorlage *D* (sogen. Hydraulik), welche meist über die ganze Ofenreihe läuft, so dass die Steigrohre sämtlicher Retorten hineinmünden (vgl. Fig. 83). Hier verdichtet sich schon ein Theil des Theeres und Ammoniakwassers, welche aber nur insoweit abgeführt werden, dass das Rohr *C* noch einige Centimeter tief eintaucht, um das Zurücktreten des Gases in die Retorte zu verhüten. Damit in den Retorten kein Ueberdruck entsteht, ist in die Leitung, meist hinter den Waschorrichtungen, ein Saugegebläse (Exhaustor) eingeschaltet.

Aus der Vorlage gelangt das Gas in den Kühler (Condensator), meist eine Reihe senkrechter Röhren, in welchen sich Theer und Gaswasser abscheiden. Zur Abscheidung des letzten Theeres und des grössten Theiles von Ammoniak wird das Gas dann durch eine Waschorrichtung (Scrubber) geführt. Früher verwandte man dazu allgemein 3 bis 4 m hohe Cylinder, deren Koksfüllung mit Wasser überrieselt wurde.

Der Gaswascher der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft besteht aus einer Vorwaschkammer, in welcher das Gas durch eine absperrende Schicht von Ammoniakwasser hindurchgeht und hierbei von den grössten Theertheilen befreit

Fig. 86.



wird, und einer Stosskammer, in welcher das Gas durch kleine Oeffnungen hindurchgetrieben wird und bei dem Anprall an vor den Oeffnungen stehenden Wänden den feinen Theer bis auf Spuren ausscheidet. — Indem das Gas bei *A* (Fig. 87) in den Apparat eintritt, durchstreicht es die Flüssigkeit in der Richtung des Pfeiles *1* und gelangt in das Mittelrohr *B* unter die Glocke *C*. Durch die in den Wänden derselben vorgesehenen Oeffnungen geht das Gas in der Richtung der Pfeile *2* hindurch und entweicht durch das Ausgangsrohr *D*. — Um den Durchgang des Gases durch die Flüssigkeit bei Pfeil *1* auf eine möglichst grosse Oberfläche zu vertheilen, hat die Waschplatte *E* eine Zahl feiner den Gasstrom zertheilenden Oeffnungen. — Die Prallglocke *C* besteht aus zwei concentrischen Ringpaaren. Die inneren Ringe werden aus einzeln trogförmigen getrennten Streifen hergestellt, welche zwischen sich längliche durchgehende Schlitzöffnungen *a* lassen (Fig. 88) und in sich selbst Rinnen bilden, an welchen die Condensationsproducte ablaufen können. Die Glocke *C* trägt im Innern ein Rohr *F*, welches unten in einen Wasserabschluss *G* taucht, so dass die durchgehende, mit der Glocke *C* fest verbundene Führungsstange *H* durch ein vom Gas abgeschlossenes Rohr *J* hindurchgeführt werden kann. Zwischen Rohr *J* und Stange *H* ist eine lange Feder angeordnet, welche mittels des Handrades *K* derart eingestellt werden kann, dass bei einer bestimmten Durchgangsmenge des Gases ein bestimmter Querschnitt der Durchgangsöffnungen hergestellt ist, wodurch der Druckunterschied unter und über der Glocke genau zu regeln ist (J. 1890, 116).

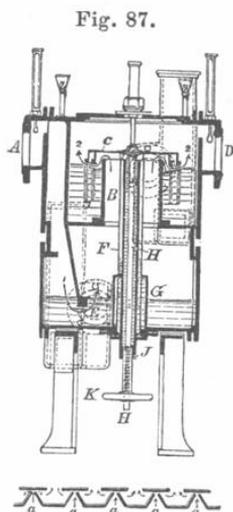


Fig. 88.

Oft lässt man auch das Gas durch Siebböden gehen, welche in Wasser tauchen oder über welche Wasser fliesst. Für die völlige Abscheidung des Theeres ist es wünschenswerth, dass das Gas gezwungen wird wiederholt gegen kühle Flaschen zu stossen ¹⁾.

Schliesslich wird das Gas in die Reiniger geführt, um Kohlensäure, soweit diese nicht an Ammoniak gebunden in den Waschern zurückblieb, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, Cyanammon u. dgl. zu entfernen.

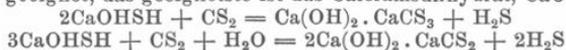
Der Reiniger mit Kalkmilch ist von der trocknen Reinigung durch feuchtes Calciumhydrat verdrängt.

Nach Velej bildet sich bei der Kalkreinigung zunächst Calciumsulphydrat:



Dieses setzt sich mit Wasser um unter Bildung von Calciumoxysulphydrat CaOH.SH , welches sich als schwer löslich abscheidet; dann löst das Wasser einen neuen Theil Calciumhydrat u. s. f. — Trocknes Calciumhydrat absorbiert Schwefelwasserstoff schnell bei 80 bis 100°, langsamer bei gewöhnlicher Temperatur; es entsteht Calciummonosulfid. Völlig trocknes Calciumsulfid absorbiert keinen Schwefelkohlenstoff.

Leitet man Schwefelkohlenstoffdampf in eine Lösung von Calciumsulphydrat, so entweicht anfänglich Schwefelwasserstoff, und es schlägt sich Calciumoxysulphydrat nieder. Als dann beginnt die Aufnahme des Schwefelkohlenstoffes, und es tritt Abscheidung gelber Krystalle eines basischen Calciumthiocarbonates von der Zusammensetzung: $2\text{Ca(OH)}_2 \cdot \text{CaCS}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ein. Weder trockenes Calciumsulfid, noch auch Calciumsulphydrat sind somit für die Aufnahme von Schwefelkohlenstoff geeignet, das geeignetste ist das Calciumsulphydrat, CaOH.SH :



1) J. 1881, 1021; 1883, 1268; 1884, 1294; 1885, 1271; 1887, 120; 1893, 75.

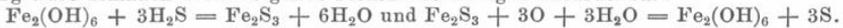
Es erklärt sich daraus die Unwirksamkeit eines verdorbenen Kalkreinigers, indem das wirksame Calciumoxysulfhydrat durch den überschüssig entweichenden Schwefelwasserstoff in unwirksames Calciumsulfhydrat übergeführt wird. Bekanntlich kann die Wiederbelebung entweder durch mechanisches Auflockern der Reinigungsmasse oder Einblasen von Luft in die Reinigungsapparate geschehen. (J. 1886, 1138.)

Nach Valon (J. 1889, 93) wird das Gas mit Sauerstoff gemischt durch Kalk oder ätzende Alkalien geleitet; bei einem Schwefelgehalt von 6 bis 7 g in 2 bis 3 cbm Leuchtgas genügt 0,1 Vol.-Proc. Das Calciumhydrat nimmt aus dem Leuchtgas Schwefelwasserstoff auf und wandelt sich in Calciumsulfid um, welches nun seinerseits auf die übrigen geschwefelten Verunreinigungen des Leuchtgases wirkt. Das gebildete Calciumsulfid, sowie die ausserdem entstehenden geschwefelten Calciumverbindungen werden von dem in das Leuchtgas eingeführten Sauerstoffgas oxydirt und zum grössten Theil durch Rückverwandlung in Calciumhydrat regenerirt, wobei sich der Schwefel hauptsächlich als freier Schwefel ausscheidet. Das gebildete Calciumhydrat bindet gleichzeitig die vorhandene Kohlensäure und bildet damit Calciumcarbonat.

Der Gaskalk enthält neben unverändertem Calciumhydrat und etwas Cyankalium Calciumsulfhydrat in solcher Menge, dass der Gaskalk auch in der Gerberei zum Enthaaren der Felle angewendet wird. — In Deutschland wird die Kalkreinigung nur noch selten angewendet, allgemein noch in England und Amerika.

Eisenoxydreinigung. Obgleich schon im J. 1835 Eisenvitriol zur Entfernung des Schwefelammons aus dem Leuchtgase vorgeschlagen und angewendet wurde, so wurden doch erst von Mallet (1840) die Metallsalze und besonders das in den Chlorkalkfabriken in grosser Menge sich bildende Manganchlorür, ferner das Eisenchlorür zum Reinigen des Gases in die Gastechnik eingeführt. Weit wichtiger ist die von Laming im J. 1847 in die Gasbeleuchtungstechnik eingeführte sog. Laming'sche Masse. Das Gemisch besteht aus Ferrosulfat mit Kalk, welches, um die Masse lockerer zu machen, mit Sägespänen versetzt wird. Das Ferrosulfat zerlegt sich mit dem Kalk zu Eisenoxydul und Calciumsulfat; die zuerst schwarzgrüne Farbe der Mischung geht durch Umschaulen und Oxydation an der Luft in Roth über und man hat dann ein Gemisch von Eisenhydrat und Gyps. Die Anwendung der Masse erfolgt in trocknen Reinigern. Da in der gebrauchten Reinigungsmasse wesentlich das minderwerthige Rhodan vorhanden ist, so wird jetzt fast allgemein statt obiger Mischung nur Eisen- oder Manganoxyd oder Raseneisenstein (fein gemahlen, oft mit dem gleichen Volumen Sägemehl gemischt) zur Reinigung des Gases angewendet.

Nach R. Wagner soll das Eisenoxyd der Laming'schen Masse zunächst durch den Schwefelwasserstoff in Eisensesquisulfuret (Fe_2S_3) verwandelt werden und diese Verbindung dann an der Luft unter Ausscheidung ihres ganzen Schwefelgehaltes in Eisenoxyd übergehen. Der Vorgang wäre demnach durch folgende beiden Gleichungen ausdrückbar:



Gasreinigungsmasse, deren wirksamer Bestandtheil bei der Verwendung in Schwefel-eisen übergegangen ist, muss bei der Wiederbelebung genügend feucht gehalten werden, damit sich Eisenhydrat bilden kann. — Bei der Regeneration muss darauf geachtet werden, dass die Masse sich nicht zu stark erhitzt. Es ist keineswegs nothwendig, zur Einleitung der Regeneration die Masse erst zu hohen Haufen zu schichten; die Erwärmung tritt etwas langsamer, aber ungefährlicher auch ein, wenn man die Masse sofort ausbreitet, und zwar sollte die Schicht nicht höher als 20 bis 30 cm sein. Um die Einwirkung der Luft noch zu erleichtern, empfiehlt es sich, durch die Masse Furchen hindurchzuziehen. Sobald sich die Masse zu stark erhitzt, wird das Eisenoxyd entwässert und dadurch unwirksam; es werden ferner die werthvollen Cyanverbindungen zum Theil zerstört, indem sich schwefelsaures Ammoniak daraus bildet. (Aus dem mehr oder minder hohen Gehalte der ausgebrauchten Masse an diesem Salze kann man schon schliessen, inwieweit bei der Regeneration vorsichtig genug verfahren worden ist.) Dem muss also durch Ausbreiten, Umschaulen und Besprengen mit Wasser vorgebeugt werden. — Der Schwefelwasserstoff bildet mit dem Eisenhydrat des verwendeten Raseneisens Eisensulfhydrat und dieses zerlegt sich unter dem Einflusse des Sauerstoffes der Luft in Schwefel und Eisenoxydhydrat. Diese Regeneration der Reinigungsmasse vermag sich mehrmals zu wiederholen, so dass sich der Schwefelgehalt innerhalb gewisser Grenzen anreichern lässt. Der werthvollste Bestandtheil der gebrauchten Reinigungsmasse ist das Cyan, nach dessen Gehalt dieselbe bewerthet wird (s. Cyan und Ammon).

Die Masse zum Entschwefeln des Leuchtgases von Lux aus etwa 65 Th. Eisenoxydhydrat, 5 Th. kohlen-saurem Natron und 30 Th. Thon, Sand u. dgl. hat sich bewährt (J. 1882, 1110). Nach Auerbach (J. 1897) sind die sogen. alkalisirten Reinigungsmassen meistens Rückstände aus der Verarbeitung von Bauxit und enthalten das bei der Gewinnung der Thonerde zurückbleibende Eisenoxydhydrat nebst überschüssiger Soda. Das Eisenoxyd befindet sich in diesen Massen zwar in sehr feiner Vertheilung, aber die dadurch etwas erhöhte Wirksamkeit gleicht den geringeren Gehalt nicht aus; ferner haben die vorhandenen Alkalien, von denen man ursprünglich besonders gute Einwirkung erwartete, den sehr schädlichen Einfluss, das Cyan in Rhodanverbindungen statt in Blau überzuführen, und endlich sind die Massen zu dicht, um ohne Auflockerungsmittel verwendet werden zu können. Alle Auflockerungsmittel aber, die man einer Reinigungsmasse zusetzen muss, bringen ausser der lästigen Arbeit des Mischens noch Nachteile mit sich. Einmal erniedrigen sie den Gehalt der frischen Masse an wirksamen Bestandtheilen, ferner aber auch den der ausgebrauchten Masse an werthvollen Bestandtheilen, denn natürlich kann eine Masse, die unter andern Umständen bis zu 12 Proc. Blau sich anreichern liesse, nur bis zu 6 Proc. gelangen, wenn sie zur Hälfte mit Sägespänen gemischt ist. Dazu kommt noch, dass z. B. Holztheile immer sehr viel Feuchtigkeit aufsaugen und dadurch die Masse weiter entwerthen. Am besten sind die Raseneisenerze. Nach Kunath wird durch neue Masse der Schwefelwasserstoff noch völlig zurückgehalten, bei einer Geschwindigkeit von 16 mm in der Secunde. Für gebrauchte, regenerirte Masse ergibt sich ein Grenzwert von 5 mm Geschwindigkeit. Für je 100 cbm Leuchtgas täglich müssen somit die Reinigungskästen mindestens 0,23 qm Querschnitt haben.

Das Verhalten der wichtigsten Verunreinigungen des Leuchtgases ergeben folgende Versuchsreihen (J. 1889, 24; 1890, 119):

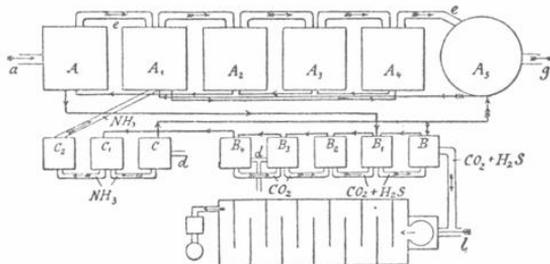
Leuchtgas (g im cbm):

Ort der Probenahme	Ammoniak	Cyan und Schwefel- cyan	Schwefel- wasser- stoff	Gesamt- schwefel
Nach den Condensatoren	4,887	2,022	15,661	18,324
„ „ Scrubbern	6,807	1,783	14,375	15,825
Vor den Reinigern, nach einem mit reinem Wasser berieselten Scrubber	0,339	1,443	13,905	15,219

	Cyanwasserstoff		Ammoniak		Schwefelwasserstoff	
	g in 100 cbm	Vol.-Proc.	g in 100 cbm	Vol.-Proc.	g in 100 cbm	Vol.-Proc.
Aus der Vorlage	265,9	0,217	396,6	1,38	—	—
Nach der Kühlung	255,9	0,209	352,7	1,10	—	—
„ dem Scrubber	251,6	0,205	3,8	1,05	—	—
„ „ 1. Reiniger	131,7	0,107	Spur	Spur	—	—
„ „ 2. „	83,3	0,067	—	0	—	—
„ „ 3. „	61,6	0,050	—	—	—	—
Im Behältergas	41,2	0,033	Spur	—	—	—

Ammoniakreinigung. Nach Claus (J. 1887, 115) durchzieht das von Theer möglichst befreite Gas 6 Waschapparate oder Scrubber (vgl. Fig. 89). In dem ersten Scrubber wird fast die sämmtliche Kohlensäure entfernt. In dem 2. Scrubber verliert es die letzte Spur von Kohlensäure, zugleich wird aber auch der grösste Theil des Schwefelwasserstoffes dort aufgenommen. Am oberen Ende dieses Scrubbers A_1 tritt das von dem Destillationsapparate ununterbrochen herströmende Ammoniakgas ein, welches dann zusammen mit dem nun teilweise gereinigten Leuchtgase weiter in den nächsten Reiniger A_2 strömt. In diesem wird die letzte Spur von Schwefelwasserstoff entfernt, während zu gleicher Zeit ein grosser Theil des

Fig. 89.



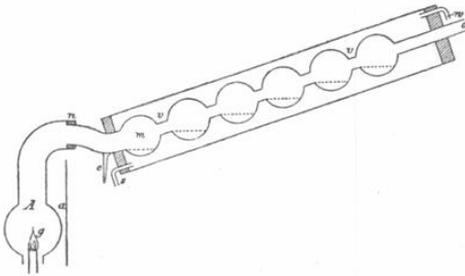
in dem Rohgase enthaltenen Schwefelwasserstoffes sich darin ausscheidet. In der Flüssigkeit, welche in diesem Wascher enthalten ist, besteht der grösste Theil des Ammoniaks aus freiem Ammoniak und ein Theil aus Schwefelammonium. Aus diesem Grunde sind die Bedingungen zur Entfernung von Schwefelkohlenstoff aus dem Rohgase in diesem Scrubber günstig. Es wird jedoch in diesem Wascher allein dem Leuchtgase eine hinlänglich grosse, mit dieser Flüssigkeit benetzte Oberfläche, um die grösstmögliche Reinigung von Schwefelkohlenstoff zu bewirken, nicht dargeboten. Deshalb wird der Inhalt (Koks u. dgl.) der nächsten ein oder zwei Scrubber (des 4. und 5.), welche „Schwefelkohlenstoff-Scrubber“ genannt werden sollen, mit einem kleinen Theile der am Boden des 2. oder 3. Scrubbers befindlichen Flüssigkeit benetzt erhalten. Von dem 5. Scrubber zieht das Gas in den 6. oder Waschrubber (A_5 in Fig. 89). In diesem werden die letzten Spuren von Ammoniak ausgewaschen und das Leuchtgas verlässt denselben vollständig gereinigt. — Das Verfahren soll den Erwartungen nicht entsprechen haben.

Das fertige Leuchtgas wird in grossen Glockengasometern gesammelt und von hier durch gusseiserne heissgetheerte Rohre den Verbrauchsorten zugeführt.

Untersuchung. Zum Zwecke der Betriebsaufsicht wird die Kohlensäure mit dem S. 55 beschriebenen Apparate bestimmt.

Zur Bestimmung des Schwefels im Leuchtgas wird vom Verf. das z. B. durch eine Experimentirgasuhr gemessene Leuchtgas bei g (Fig. 90) aus einem kleinen Bunsenbrenner in der Erweiterung des Vorstosses A verbrannt. Derselbe ist bei n durch einen Asbestring mit dem Kühler verbunden, um ein bequemes Auswechseln bei etwaigem Bruch zu ermöglichen, oder damit verschmolzen. Der bei der Verbrennung entstehende Wasserdampf verflüssigt sich in den kugelförmigen Erweiterungen m des Rohres v , löst die gebildete Schwefligsäure und Schwefel-

Fig. 90.



säure und fliessen durch das angeschmolzene enge Röhrchen e in eine Flasche, welche durch eine Asbestplatte a vor der strahlenden Wärme der Flamme geschützt wird. Das Kühlwasser tritt in bekannter Weise bei z ein und fliessen aus dem mit Schlauch verbundenen Rohr w wieder ab. Der Gasstrom wird so geregelt (etwa 25 bis 30 l stündlich), dass eine bei o genommene Gasprobe noch 4 bis 6 Proc. freien Sauerstoff enthält. Ist dieses einmal festgestellt, so ist eine weitere Aufsicht nicht erforderlich. Die kleine Vorrichtung wird durch einen beliebigen Retortenhalter o. dgl. getragen. — Bei guter Kühlung erhält man durch Verbrennen von 50 l Gas etwa 50 cc einer wässrigen Lösung

von Schwefelsäure und Schwefligsäure, welche direct oder nach Oxydation mit Wasserstoff-superoxyd mit $\frac{1}{10}$ -Normalalkali bestimmt werden. Will man ganz sicher gehen, so lässt man bei Beginn des Versuchs 20 cc $\frac{1}{10}$ -Alkali bei o einfließen, oxydirt schliesslich mit Wasserstoff-superoxyd und titrirt das überschüssige Alkali zurück oder bestimmt die Schwefelsäure gewichtsanalytisch. — Selbstverständlich lässt sich in derselben Weise der Schwefelgehalt in Erdöl, Solaröl u. dgl. bestimmen. — Der einfache Apparat hat vor dem mit Sauggebläse arbeitenden den Vorzug, dass ein solches nicht erforderlich ist, besonders aber, dass die Verbrennung des Gases (Erdöls u. dgl.) viel gleichmässiger und sicherer ist. Jedes Nachlassen der Saugkraft des Gebläses stellt die Genauigkeit der Bestimmung in Frage, da die Verbrennung dadurch leicht unvollständig wird. Mehr wie 0,3 bis 0,4 g Schwefel sollte 1 cbm gereinigtes Leuchtgas nicht enthalten ¹⁾.

Bestimmung des Brennwerthes von Gasen. Nach Verf. ist der aus starkem Messingblech hergestellte äussere Behälter C (Fig. 91) innen mit einer Lage Asbestpappe bekleidet, dann ist das Wassergefäss aus dünnerem Blech eingesetzt und unten durch Asbestringe festgelegt, oben am Rande und unten am Einsatze v aber verlöthet, damit in den (mit Federn o. dgl. gefüllten) Zwischenraum keine Feuchtigkeit eindringt. Das Calorimetergefäss A ist bei e etwas aufgebogen, um die Luft gleichmässig zum Brenner B zu führen. Durch den

1) In London sind für 100 Cubikfuss 25 Grains (0,57 g in 1 cbm), in Leeds und in den Vereinigten Staaten 20 Gr. (0,45 g in 1 cbm) Gesamtschwefel gestattet. Im September und October 1887 betrug der Gehalt an Schwefel in letzter Stadt 0,29 bis 0,45 g in 1 cbm (ferner 0,015 bis 0,045 g Ammoniak; J. Gaslight. 50 S. 764). Kölner Leuchtgas enthielt im Betriebsjahre 1885/86 0,23 bis höchstens 0,39 g Schwefel in 1 cbm. Vgl. Ferd. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe S. 273 und 293.

ringförmigen Einsatz *a* und die Glocke *n* (beide aus Nickel oder Platin und durch 3 Stifte gehalten) werden die Gase in der Pfeilrichtung erst nach unten, dann nach oben geführt. Dadurch wird verhütet, dass sie vor der vollständigen Verbrennung eine kalte, wasserberührte Fläche treffen, dann aber wird die Kühlfläche möglichst ausgenutzt. Die Gase entweichen dann durch den linsenförmigen Hohlkörper mit eingesetzter Platte nach Aussen. Letztere ist am Rande mit zahlreichen Ausschnitten versehen, um die entweichenden Gase möglichst mit den Kühlflächen in Berührung zu bringen. Der Deckel des Kühlgefässes trägt in bekannter Weise einen Rührer *R* (in der Figur ist der untere Theil fortgelassen) und Thermometer *t*. Die ganze Vorrichtung ruht auf 3 Füßen. Brenner *B* wird durch eine Führung an einem drehbaren Arm gehalten, welcher unter dem Boden des Gefässes *C* befestigt ist. Ist der Arm herausgedreht, so kann das aus der Brennermündung entweichende Gas entzündet und auf die durch einen Vorversuch festgestellte Grösse (die entweichenden Verbrennungsgase müssen mindestens 5 Proc. Sauerstoff enthalten) eingestellt werden. Soll der Versuch beginnen, so schiebt man den Brenner rasch unter die Oeffnung und sofort in die richtige Höhe, wie die Figur zeigt. Da Anschlagstifte die richtige Stellung sichern, so kann man diese Bewegung sehr rasch ausführen, ohne hinzusehen. — Die Gasprobe wird mit einer Gasuhr oder einem kleinen Glockengasometer gemessen. — Bei Ausführung eines Versuches wird das Calorimetergefäss *A* fest in den Ansatz *v* eingesetzt, der äussere Behälter bis 2 bis 3 cm vom Rande mit Wasser gefüllt, der Deckel mit Rührer *R* aufgelegt, Thermometer *t* eingesetzt und abgelesen, sobald dasselbe constante Temperatur zeigt. Nun wird der Gaszutritt so geregelt, dass die Flamme des Brenners die durch Vorversuch ermittelte Grösse hat. Sobald der Zeiger der Gasuhr (oder das kleine Gasometer) die gewünschte Stellung hat, wird der Brenner in angegebener Weise augenblicklich unter das Calorimeter geschoben und dann der Rührer *R* langsam bewegt. Sind etwa 500 cc Leuchtgas oder 1 l Mischgas verbrannt, so wird die Gaszufuhr geschlossen und der Rührer noch 1 bis 2 Minuten lang auf und ab bewegt, bis das Thermometer den höchsten Stand erreicht. Nun wird abgelesen; Wasserwerth des Calorimeters mal Temperaturzunahme gibt unter Berücksichtigung des Wärmeaustausches mit der Umgebung den Brennwerth. — Der grösste Theil des bei der Verbrennung gebildeten Wassers wird im Calorimeter verflüssigt. Um dieses zu bestimmen, wird der Deckel abgehoben, das Kühlwasser ausgegossen, das Calorimeter herausgehoben, aussen abgetrocknet, gewogen durch Erwärmen auch innen getrocknet, gewogen und wie bekannt berechnet. Handelt es sich nur um Vergleichszahlen für die Betriebsaufsicht, so ist diese Wasserbestimmung nicht erforderlich, wenn das Kühlwasser immer gleiche Temperatur hat.

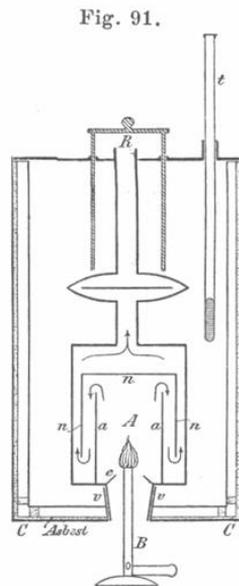


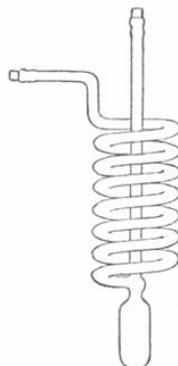
Fig. 91.

Zur Bestimmung des Ammoniaks im gereinigten Gase saugt man etwa 200 l Gas durch 10 cc $\frac{1}{10}$ -Normalsalzsäure und titrirt die überschüssige Säure zurück.

Zur Bestimmung der aromatischen Kohlenwasserstoffe wird von Deville (J. 1889, 27) das durch Chlorcalcium getrocknete Gas durch gläserne Schlangenrohre (Fig. 92) geleitet, welche in einer Eismischung von Eis und Salz stehen, somit auf -22° gehalten werden. Aus 1 l Leuchtgas werden so bis 48 g Kohlenwasserstoffe abgeschieden, welche wesentlich aus Benzol mit etwas Toluol, Xylol und höhern Homologen bestehen. Wird das auf -22° gekühlte Gas auf 70° abgekühlt, so scheiden sich noch 23,5 g Benzol ab. Nach Regnault ist die Tension des Benzols bei -22° 5,1 mm; berechnet man nun das dieser Spannung *s* entsprechende Volum *v*, welches das Volum *V* irgend eines Gases bei 760 mm Druck sättigt, so hat man $v:V = s:760$ oder $v:100 = 5,1:760$ und hieraus $v = 0,67$ Vol.-Proc. Hieraus ergibt sich die Gewichtsmenge Benzoldampf, welche 1 cbm irgend eines Gases bei -22° sättigt zu 23,5 g. Die aus Pariser Gas so abgeschiedenen Kohlenwasserstoffe hatten folgende proc. Zusammensetzung:

Benzol	73,13
Toluol	13,00
Xylol	8,75
Destillationsrückstände	3,97
Verlust	1,15

Fig. 92.

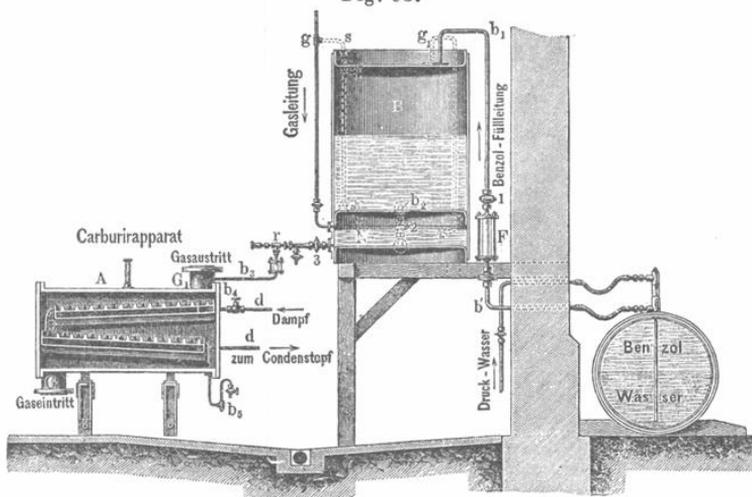


Analyse des Leuchtgases s. S. 36.

Hat das fertige Leuchtgas nicht die gewünschte Leuchtkraft (s. Beleuchtung), weil keine Aufbesserungsstoffe (vgl. S. 86) verwendet wurden, so wird Benzoldampf, Fettgas, carburirtes Wassergas u. dgl. zugesetzt¹⁾.

Da der Zusatz von 4 g Rohbenzol zu 1 cbm gewöhnlichem Steinkohlengas die Leuchtkraft um etwa 1 Kerze steigert, so ist bei billigen Benzolpreisen die Aufbesserung des Gases mit Benzoldampf vortheilhaft (vgl. J. 1897, 91). Die Vorrichtung der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Actiengesellschaft (D. R. P. Nr. 83 585) besteht aus dem eigentlichen Carburirapparat *A* (Fig. 93), aus einem Vorrathsbehälter *B* nebst Füllvorrichtung und Inhaltszeiger, aus der Regelungsvorrichtung und den nöthigen Verbindungsleitungen. Der eigentliche Verdunstungsapparat *A* besteht aus einem rechteckigen gusseisernen Kasten mit abnehmbaren Deckeln, in welchen eigens geformte Rippenheizkörper eingelegt sind, welche mit

Fig. 93.



Benzol berieselt werden. Die Rippen sind mit einem Tuche überzogen, welches sich vollsaugt und das Benzol über die Verdunstungsflächen gleichmässig vertheilt. Der Gaseintritt findet bei *G* statt, wobei das Gas stets dem Benzol entgegenströmt, so dass eine innige Berührung beider stattfindet. Das angereicherte Gas strömt bei *G*₁ aus, um alsdann auf möglichst kurzem Wege das Hauptrohr wieder zu erreichen und sich mit dem übrigen uncarburirten Gase zu mischen. Der Benzolzulauf findet bei *b*₄ statt. *b*₅ ist ein Probihahn, mittels dessen man sich zu überzeugen hat, ob nicht etwa unabsorbirtes Benzol austritt. Um die Verdunstungstemperatur steigern zu können und um den durch die Verdunstung selbst verursachten Wärmeverbrauch zu ersetzen, wird in die Rippenheizkörper Dampf geleitet. Der Dampf tritt bei *d* ein und verlässt den Apparat bei *d*₁. — Der Vorrathsbehälter *B* fasst 500 k Benzol, so dass er je nach der Grösse des Carburirapparates für einen Bedarf von einem oder mehreren Tagen ausreicht. Dieser Behälter erfüllt ausserdem den Zweck, die Zuströmung des Benzols zu dem Carburirapparate stets unter gleichem Drucke vor sich gehen zu lassen, damit der Zulauf, wenn er einmal für einen bestimmten Bedarf eingestellt ist, auch stets in

1) J. 1893, 97; 1895, 51; 1897, 91.

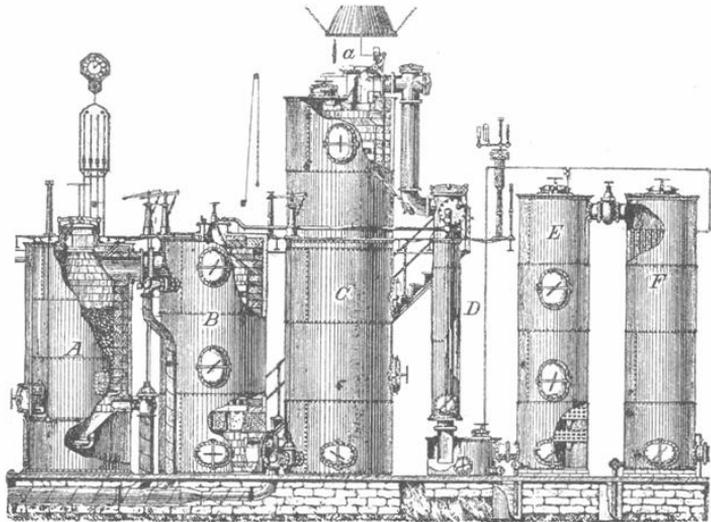
gleicher Weise fortdauert. Zu diesem Zwecke ist eine Vorrichtung angebracht, durch welche der Flüssigkeitsspiegel *N* des ausfliessenden Benzols stets in gleicher Höhe gehalten wird. *B* ist ein vollkommen geschlossenes Gefäss mit doppeltem Boden. Die Verdrängung des Benzols beim Auslaufen findet durch Gas statt, welches durch das Rohr *g* in den unteren Raum eintritt. Durch die Verdrängung mittels Gas ist die nöthige Feuersicherheit erreicht, da der ganze Benzollauf nur in abgeschlossenen Gefässen vor sich geht und das Benzol nirgends mit Luft in Berührung kommt, also die Bildung von explosiven Gemischen ausgeschlossen ist. Oeffnet man nun den Hahn 3, so fliesst Benzol aus dem unteren Gefässe aus. Ehe aber noch der Flüssigkeitsspiegel *N* sinken kann, tritt Gas durch das Verbindungsrohr *g*₁ in den Vorrathsbehälter *B* und bewirkt, dass so viel Benzol durch das Rohr *b*₂ bei geöffnetem Hahn 2 nachfliesst, bis der steigende Flüssigkeitsspiegel *N* das Verbindungsrohr *g*₁ wieder absperrt. Der am Behälter *B* angebrachte Anzeiger gibt den Inhalt des Behälters nach Kilo Benzol vom spec. Gewicht 0,88 an, so dass hieran der wirkliche Verbrauch an Benzol jederzeit genau abzulesen ist. Die Regelung des Apparates beschränkt sich lediglich auf die Einstellung des Regulirventiles *r*.

Carburirtes Wassergas wird seit Jahren in Nordamerika in grossen Mengen hergestellt. Es gewinnt neuerdings auch in Deutschland Beachtung, besonders zur Unterstützung der Steinkohlengasanstalten.

Bei dem in Amerika besonders verwendeten Lowe'schen Apparat wird in den Generator *A* (Fig. 94) bei Anthracitbeschickung abwechselnd 10 Minuten lang Luft (Heissblasen) und 10 Minuten lang Dampf (Kaltblasen) eingeblasen. Der Generator

ist 4 m hoch und das Mannloch desselben ragt durch die obere Arbeitsschleheradeheraus, so dass man die Beschickung sehr leicht vornehmen kann. Das Gas tritt oben in den ersten, mit Ziegeln ausgesetzten Ueberhitzer *B*, 4,2 m hoch, ein und tritt aus diesem in den zweiten, 5,7 m hohen Ueberhitzer *C* unten ein, um diesen oben wieder zu verlassen. Die Verbindung beider Ueberhitzer be-

Fig. 94.



wirkt gründlichere „Fixirung“ der Leuchtbestandtheile, und die grössere Höhe von *C* bewirkt, dass besserer Zuzug entsteht und beim Beschicken des Generators *A* das Gas nicht austritt und die Leute belästigt. So lange man heiss (also mit Luft) bläst, wird in *A* Generatorgas erzeugt, das man zur Entzündung bringt und das nun *B* und *C* heizt; die abgehende Flamme geht aus *C* oben bei *a* in die Luft. Nach 10 Minuten wird die Luft abgestellt, *a* geschlossen und Dampf angestellt, und 2 Minuten später

lässt man in den ersten Ueberhitzer *B* das Carburirungsöl aus einer grösseren Anzahl von Vertheilungsröhren einfliessen; nach weiteren 8 Minuten geht man wieder zum Heissblasen über. Bei Koks dauert das Heissblasen 6 Minuten, das Kaltblasen 8 Minuten. Da jeder der Cylinder *B* und *C* mit einem besonderen Lufteinlass für Verbrennung des Generatorgases versehen ist, so kann man in beiden Cylindern verschiedene Temperaturen halten, die man durch 25 mm grosse, mit Glimmer verschlossene Gucklöcher in der Decke der Cylinder beobachten kann. Dies ist wichtig bei der Anwendung von schwerem Gasöl, bei dem *B* nicht so heiss wie *C* gehen soll. In einer Gasanstalt bestehen z. B. 5 Systeme von *Lowe*-Apparaten mit Cylindern von 4 m Durchmesser und 6 m Höhe, von denen jedes $1\frac{1}{2}$ Millionen Cubikfuss Gas in 24 Stunden liefert; daneben sind dort noch 18 *Tessié du Motay*-Apparate vorhanden, die ungefähr eben so viel Gas liefern, das mit dem *Lowe*-Gas gemischt wird, so dass man im Winter täglich $12\frac{1}{2}$ Millionen Cubikfuss macht; wenn alles voll ginge, könnte man sogar auf 15 Millionen kommen. Das Gas kommt mit etwa 15 Kerzenstärke aus dem Generator und kommt in den Ueberhitzern auf 28 bis 30 Kerzen; es wird mit ein wenig Oelgas gemengt, um das Absetzen von Naphtalin zu verhindern. — Man bemerkt auf der Zeichnung noch die Kühler *D* und *F* und den Wascher *E*. Zuletzt folgt noch die gewöhnliche Kalkreinigung. Die Hebung der Reinigerdeckel, sowie diejenige der Kohlen in den Generator erfolgt durch hydraulische Vorrichtungen, so dass die Handarbeit in diesem grossen Gaswerke nur ein Minimum ausmacht. (*J.* 1894, 67.) — *Glasgow* gibt folgende Analysen:

	Wassergas 1895		Wassergas 1885		Steinkohlengas
	CO ₂	2,20	6,60	0,14	
O	—	0,40	0,06	0,01	0,65
C ₂ H ₄	2,80	8,00	11,29	12,80	2,55
C ₃ H ₆	8,00	6,00	—	—	1,21
C ₆ H ₆	2,00	2,00	1,53	2,63	1,33
CO	24,20	23,00	28,26	23,58	8,88
CH ₄	17,83	20,80	18,88	20,95	34,02
H	37,95	34,00	37,20	35,88	46,20
N	5,02	5,20	2,64	3,85	2,15
Kerzenstärke	28	30	22	26	14

Das carburirte Wassergas brennt bei gleicher Kerzenstärke mit einer kleineren, brillanteren Flamme als das gewöhnliche Leuchtgas. Dieser Vorzug des carburirten Wassergases rührt von seinem hohen Gehalt an Kohlenoxyd her, welches durch seine höhere Dichte und hohe Flammentemperatur die Leuchtkraft fördert. (*J.* 1897, 88.) Es ist zu beachten, dass das Wassergas kaum den vierten Theil des Schwefelgehaltes von Steinkohlengas besitzt, und dieser beinahe ausschliesslich in Form von Schwefelwasserstoff auftritt, so dass durch einfache Eisenoxyd-Reinigung der Schwefelgehalt sehr reducirt werden kann. — Der Hilfsbetrieb von carburirtem Wassergas mit demjenigen gewöhnlichen Leuchtgases bietet das beste Mittel, um plötzlichen Anforderungen des Verbrauchs nachkommen zu können. Wenn in Folge starken Frostes, Wechsel in der Qualität der Kohle, oder wegen anderer Umstände die Güte des Steinkohlengases nicht eingehalten werden könnte, so genügt eine Verstellung des Oelpeiseventiles zum Carburator, um augenblicklich den Ausfall an Qualität zu ersetzen. Wenn andererseits ein plötzlicher Mehrverbrauch auftreten sollte, kann ein Reservesatz innerhalb 3 Stunden in vollem Betriebe stehen. Die Menge und Güte des Gases kann auf diese Art stets den Anforderungen entsprechend aufrecht erhalten werden, ohne von dem normalen Betriebe im Retortenhause abweichen zu müssen, was selbstverständlich mit Ersparung an Betriebs- und Retortenhaus-Reparaturkosten verbunden ist.

Holzgas. *Pettenkofer* fand (1849), dass, wenn die bei der Verkohlung des Holzes sich bildenden Dämpfe stärker erhitzt werden, so eine grössere Menge Gas entsteht und Zersetzungen unter Bildung schwerer Kohlenwasserstoffe vor sich gehen. Jetzt wird Holzgas kaum noch hergestellt.

Torfgas. Wenn man Torf der trockenen Destillation unterwirft, so erhält man ebenfalls Gas, wässriges Destillat, Theer und Kohle (Torfkohle).

Gereinigtes Torfgas hatte nach W. Reissig folgende Zusammensetzung:

	I	II
Schwere Kohlenwasserstoffe	9,52 Proc.	13,16 Proc.
Sumpfgas	42,65	33,00
Wasserstoffgas	27,50	35,18
Kohlenoxyd	20,33	18,34
Kohlensäure und Schwefelwasserstoff . . .	Spuren	0
Stickstoff	—	0,32

In grösseren Mengen wird Torfgas wohl nie angewendet werden.

Harzgas. Wenn man Terpentin der Destillation unterwirft, so bleibt Colophonium zurück. Das Colophonium wurde, als es wohlfeil aus Nordamerika nach Europa kam, vorübergehend in mehreren Städten Englands und des Continentes zur Gasbeleuchtung verwendet, ist aber jetzt wohl nirgend mehr in Gebrauch.

Oelgas. Werden Fette, Erdölrückstände, Paraffinöl u. dgl. stark erhitzt, so werden sie fast völlig vergast und bilden ein schweres Gas von grosser Leuchtkraft.

Die grösste Verbreitung haben jetzt wohl die Apparate von J. Pintsch. Derselbe lässt das Oel durch ein U-förmig gebogenes Rohr langsam in die gusseiserne Retorte *d* (Fig. 95

und 96) und zwar in die Blechschale *e* einfliessen, welche einmal das Oel aufhalten soll, bis es völlig verdampft ist, und dann die Reinigung der Retorten wesentlich erleichtert. Die hier erzeugten und theilweise schon vergasteten Oeldämpfe gehen durch die Verbindung *i* in die untere gusseiserne Retorte *f*, in welcher zur Beförderung der vollständigen Vergasung ein Einsatzstück *s*

aus Thon oder Eisen sich befindet, bestehend aus scheibenförmigen, durch eine Längsstange verbundenen Brücken. Das Gas geht nun zur Abscheidung der Theerdämpfe durch das Rohr *g* in die Vorlage *h*. Das Rohr *g* ist mit Kugelgelenken *n* versehen, um der Ausdehnung der Retorte folgen zu können.

Hirzel lässt das Oel in bauchige gusseiserne Retorten einfliessen (Fig. 97 und 98 S. 96) und das gebildete Leuchtgas nach oben aufsteigen. Das Heizgas, welches in dem durch die verschliessbare Oeffnung *B* gefüllten Generator *A* gebildet wird, geht von dem Sammelkanale *C* aus durch Schlitz *c* in die Mischkanäle *e*, in welche auch die in den Kanälen *a* vorgewärmte Verbrennungsluft durch Schlitz *v* eintritt. Die zur Vergasung erforderliche Luft tritt durch Kanal *J* in den Generator über dem Roste ein, während der Aschenfall durch Platten *L* geschlossen bleibt. Nach Hirzel sind zu 100 cbm Oelgas 166 k Paraffinöl erforderlich (vgl. J. 1889, 51).

Fig. 95.

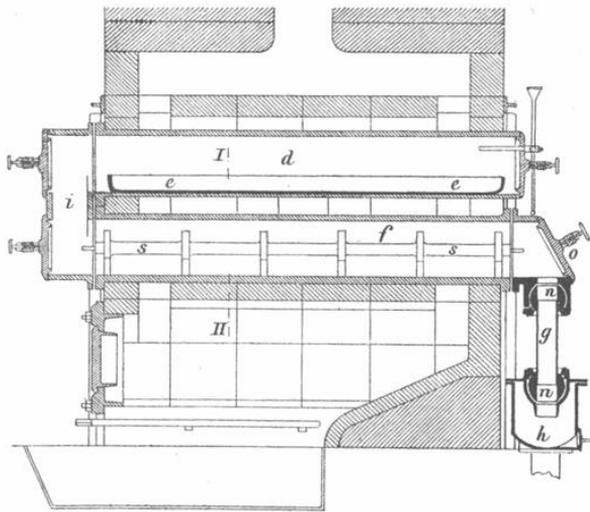
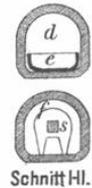


Fig. 96.



Schnitt Hl.

Die Kühnle'sche Maschinenfabrik verwendet innen mit Rippen versehene cylindrische Retorten, welche durch Generatorgasfeuerung erhitzt werden (J. 1887,

Fig. 97.

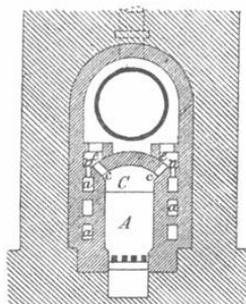
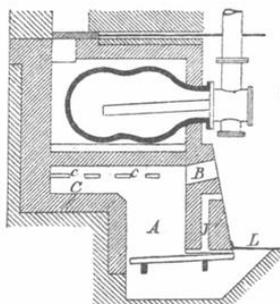


Fig. 98.



121). Eine 200 k schwere Retorte erzeugt stündlich aus 15 k Paraffin- oder Braunkohlentheeröl (von 0,875 spec. Gewicht) 10 cbm Oelgas von 15 Kerzen Leuchtkraft für 38 bis 40 l stündlich, somit 375 Kerzenstunden für 1 cbm.

Macadam erhielt aus 100 l verschiedener Paraffinöle 60 bis 80 cbm Gas von 300 bis 490 Kerzenstunden für je 1 cbm Gas (J. 1887, 124). Briem erhielt aus 100 k Fuselöl 66 cbm Leuchtgas¹⁾.

Zur Herstellung von Leuchtgas aus Mineralöl-

gas empfiehlt J. Macarthur (J. 1888, 88) auf Grund nachfolgender Versuche Dunkelrothglut:

	Dunkelrothglut	Hellrothglut	Hellorange-glut
Gasausbeute für 100 l Oel in cbm	63,75	74,78	98,46
Gasausbeute für 100 k Oel in cbm	73,42	87,31	117,79
Leuchtkraft in Kerzen	50 bis 60	40	20 bis 25

Der Betrieb der Oelgasfabrik gestaltet sich sehr einfach und die Anlage arbeitet gut, wenn sie sachgemäss geleitet wird. An der Farbe der erhitzten Retorte erkennt man den Zeitpunkt, wann der Oeleinlauf beginnen kann, und an der Farbe des Gases, die gelb oder hellbraun sein muss, sieht man, ob der Vergasungsvorgang ordnungsmässig verläuft. Kleinere Merkmale, wie das Verhalten des Theeres und den Geruch des Gases, kann man erst nach längerer Erfahrung mit in Betracht ziehen. Für grössere Betriebe wird man es bei diesen empirischen Beobachtungen nicht bewenden lassen, sondern als Controle noch laufend ausgeführte photometrische Bestimmungen des erzeugten Gases eintreten lassen. Bei einem normalen Verlaufe der Vergasung, wobei ein Druck von 40 bis 80 mm Wassersäule in den Apparaten herrscht, erzielt man aus 100 k Gasöl 50 bis 60 cbm Gas, das eine Leuchtkraft von 11 bis 12 oder weniger Hfl. besitzt, je nachdem die Ausbeute steigt. Ebenso wie beim Kohlengas gleichen sich diese beiden Factoren, Ausbeute und Leuchtkraft, aus, steigt die eine, so fällt, wenn auch nicht immer im entsprechenden Verhältnisse, die andere. Bei Lichtmessungen des Oelgases wird ein stündlicher Verbrauch von 35 l zu Grunde gelegt, während beim Kohlengas dieser Verbrauch bekanntlich 150 l beträgt. Entgegen diesem in der Oelgasindustrie allgemein üblichen Verfahren, hat neuerdings der preussische Eisenbahnfiskus in seiner Bestimmung über die Oelgasausbeute des Gasöls den stündlichen Verbrauch auf 33 l herabgesetzt, ohne aber die Ansprüche an die Leuchtkraft des Gases entsprechend zu reduciren. — Soll das Oelgas zur Beleuchtung von Fahrzeugen, Eisenbahnwagen, Leuchtbojen u. s. w. benutzt werden, so schliesst sich an die Gasfabrik noch eine Compressionsanlage an, wo das Gas in grösseren Behältern auf etwa 12 Atm. comprimirt wird. Aus diesen Behältern wird es entweder unter 10 Atm. in die Behälter des Gasfüllwagens oder in die eines jeden Wagens übergeführt, wo es unter einem Drucke von 6 Atm. steht. Von hier gelangt es, durch einen Druckregler geleitet, bei gewöhnlichem Drucke nach dem Brenner. Der Gasbehälter eines jeden Wagens führt den Bedarf für 33 bis 40 Brennstunden mit, also pro Flamme etwa 1 cbm bei gewöhnlichem Drucke. Ein Oelgas mit einer Leuchtkraft von 10 bis 11 Hfl. setzt sich nach Scheithauer (J. 1897) durchschnittlich zusammen aus:

1) Vgl. J. 1885, 1274; 1888, 88; 1893, 80; 1894, 56.

Kohlensäure	1 Proc.
Sauerstoff	0,5
Schwere Kohlenwasserstoffe	33
Kohlenoxyd	2,5
Wasserstoff	15
Methan	46
Stickstoff	2

Der Heizwerth des Oelgases stellt sich auf 10 000 bis 12 000 w, während die Leuchtkraft des Oelgases die drei- bis vierfache des Kohlengases ist. Ein geringer Gehalt an sauren Stoffen im Gasöle ist ohne merklichen Einfluss auf das Ergebniss der Vergasung, eine grössere Menge dieser Stoffe dagegen schwächt den Gaswerth des Oels ab. Auch die Pyridin- und Chinolinbasen drücken die Gasausbeute des Oels herab, indessen sind alle sächsischen Gasöle, da sie im Laufe ihrer Herstellung im Interesse der Paraffinfabrikation eine erschöpfende Behandlung mit Schwefelsäure erfahren haben, als entbait anzusehen. Am unangenehmsten können sich die schwefelhaltigen Stoffe des Gasöls bemerkbar machen, und wenn auch das Gasöl mit geringerem Schwefelgehalt in die Anstalt kommt als die Gaskohle, so ist es bisher nicht gelungen, die Oele nach einem Verfahren vom Schwefel völlig zu befreien, das dem Grossbetriebe angepasst werden könnte. Vom Schwefelgehalt des Oels, der von 0,5 bis 1,5 Proc. schwankt, geht etwa $\frac{1}{4}$ ins Rohgas, während der Rest im Oelgastheere und im Koks sich vorfindet. Der Schwefel im Gase tritt je nach der Höhe der Vergasungstemperatur in verschiedenen chemischen Verbindungen auf. Als Schwefelwasserstoff wird er von der Reinigungsmasse aufgenommen, ferner als Schwefelkohlenstoff und als geschwefelte Kohlenwasserstoffe, die sich im gereinigten Gase befinden und nicht daraus zu entfernen sind. In der Regel kann man einen Schwefelgehalt des gereinigten Gases von 0,25 bis 0,3 g im cbm als normal ansehen. Je höher die Temperatur ist, bei der das Oel vergast wird, desto mehr wird sich von dem Schwefel des Oels im gereinigten Gase wiederfinden bei einem geringen Schwefelwasserstoffgehalt des rohen Gases. Man kann sogar durch Steigerung der Vergasungstemperatur es so weit bringen, dass gar kein Schwefelwasserstoff im Rohgase vorhanden und der Schwefelgehalt des gereinigten Gases daher über die normale Grenze geschritten ist. Diese Verhältnisse treten bei Fabrikation von Kohlengas in derselben Weise auf.

Bei jeder normalen Vergasung in den in Deutschland üblichen Apparaten werden 50 bis 60 Proc. des Oels in gasförmige Körper übergeführt, etwa 30 Proc. des Oels finden sich theils unverändert, theils in flüssige und feste aromatische Kohlenwasserstoffe umgewandelt im Oelgas-theer, der sich in der Vorlage und im Condensator verdichtet hat, während 4 bis 6 Proc. des Oels als Koks in der Retorte zurückbleiben oder sich in den Leitungen als Russ niederschlagen.

Aus dem durch das übliche Betriebsverfahren gewonnenen Oelgase werden Kohlenwasserstoffe in tropfbar flüssiger Form abgeschieden, sobald es einem Druck von etwa 12 Atm. unterworfen wird, und zwar liefern 100 cbm comprimirtes Gas durchschnittlich 6 bis 8 k flüssige Kohlenwasserstoffe. Dadurch erleidet es einen Verlust an Leuchtkraft, der bis zu 25 Proc. betragen kann. Das Condensat hat etwa folgende Zusammensetzung:

70 Proc. Benzol,
15 „ Toluol,
5 „ höhere aromatische Homologe und
10 „ Homologe des Aethylens.

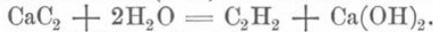
Aus diesem als Hydrocarbon bezeichneten Oele kann man Benzol fabrikmässig herstellen und auch die anderen Bestandtheile durch fractionirte Destillation trennen. Das Hydrocarbon eignet sich auch zum Carburiren von Kohlengas. Der Oelgas-theer, wie er bei dem üblichen Vergasungsvorgange entsteht, hat ein spec. Gewicht von 0,95 bis 1,00 und ist im Aussehen und Geruche dem Steinkohlentheer ähnlich. Er enthält neben aromatischen Verbindungen, wie Benzol, Toluol, Naphtalin und ab und zu in geringen Mengen Anthracen noch wesentliche Mengen von Kohlenwasserstoffen der Fettreihe.

Seine wichtigste Verwendung hat das Oelgas seit Mitte der 70er Jahre zur Beleuchtung der Eisenbahnwaggons gefunden. Anfang des Jahres 1897 waren in Deutschland 30 145 Wagen und 2944 Locomotiven damit versehen, in England 15 401 Wagen, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika 7902 Wagen, was, andere Länder, wo ebenfalls Fettgasbeleuchtung eingerichtet ist, eingeschlossen, zusammen etwa 75 000 Wagen und 3000 Locomotiven ausmacht. Die preussischen Bahnen allein verbrauchen jährlich zu diesem Zweck etwa 4 Mill. cbm Oelgas. — Auf Veranlassung der preussischen Staatsbahnverwaltung sind durch die Firma Pintsch Versuche mit Oelgas-Acetylen-Gemischen angestellt worden. Als zweckmässigste Mischung hat sich die von 80 Proc. Oelgas und 20 Proc. Acetylen ergeben. Die

Leuchtkraft des comprimierten Oelgases steigt hierdurch von 6,7 auf 20,2 Hfl. bei gleichem stündlichen Verbrauch.

Luftgas¹⁾. Wird atmosphärische Luft mit den Dämpfen flüchtiger Kohlenwasserstoffe (namentlich sogen. Petroleumäther) gesättigt, so erhält man ein Leuchtgas, welches aber nur auf kurze Strecken geleitet werden kann, namentlich keine Abkühlung verträgt.

Acetylen. Ein wichtiges Leuchtgas verspricht das Acetylen zu werden, welches durch Zersetzung von Calciumcarbid (s. d.) mit Wasser entsteht:

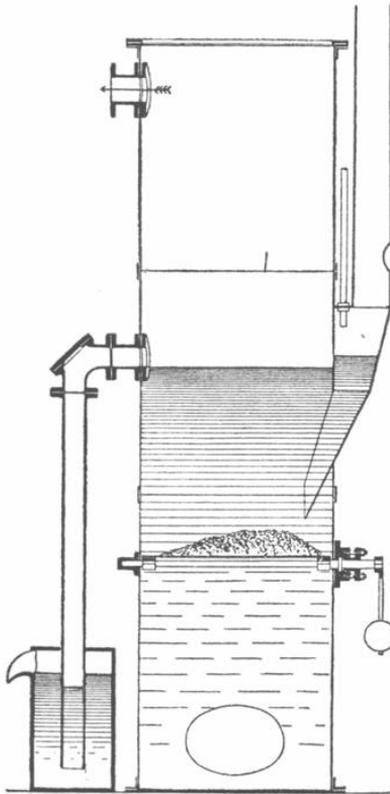


Darnach gibt 1 k reines Carbid 349 l Acetylen; das im Handel vorkommende Carbid liefert aber nur etwa 300 l. Für je 26 g Acetylen werden bei der Entwicklung 48 w frei, so dass theoretisch eine Temperatur von 1100° entstehen kann. Bei 780° zerfällt Acetylen bereits und mit Luft gemischt entzündet es sich schon bei 480°. Bei 1° und 48 Atm. Druck wird Acetylen flüssig, bei + 37° (die kritische Temperatur) erst bei 68 Atm. (Vgl. J. 1896, 271; 1897, 107.)

Die bereits in sehr grosser Menge vorgeschlagenen Apparate lassen sich wesentlich in drei Arten unterscheiden.

1. Wasser tropft oder fliesst in dünnem Strahl auf das Carbid (vgl. J. 1897, 98). Da hier die Gefahr einer Erhitzung des Acetylens auf die Explosionstemperatur vorhanden ist (Lewes beobachtete bis 700°), jedenfalls durch die Erhitzung das Acetylen verschlechtert wird, so sind diese Apparate verwerflich (vgl. J. 1897, 122).

Fig. 99.



2. Das Wasser kommt beim Aufsteigen mit dem Carbid in Berührung und wird bei zu rascher Entwicklung (wie beim Döbereiner'schen Feuerzeug) wieder zurückgedrängt.

Auch bei diesen Apparaten findet eine Erhitzung statt, die beim Zurücktreten des Wassers bedenklich hoch werden kann; ausserdem findet auch nach dem Zurücktreten des Wassers eine Nachentwicklung statt durch das anhaftende und das dampfförmige Wasser (vgl. J. 1897, 102), bei Temperaturen über 425° auch durch den aus dem Calciumhydrat abgespaltenen Wasserdampf, so dass auch diese Apparate nicht empfehlenswerth sind.

3. Das Calciumcarbid fällt in viel Wasser. Bei diesen Apparaten wird jede schädliche Temperaturerhöhung vermieden, so dass sie (vernünftige Behandlung natürlich vorausgesetzt) gefahrlos sind. Fig. 99 zeigt einen solchen Apparat, welchen J. Pintsch verwendet. Das Calciumcarbid wird durch die seitliche Oeffnung in den Entwickler eingeführt und fällt auf einen im unteren Theile des Generators angeordneten drehbaren Rost, welcher letzterer mittels eines Handgriffes bewegt werden kann. Die auf den Rost fallenden Calcium-

2) Vgl. J. 1880, 895; 1882, 1115; 1884, 1294; 1885, 1275.

carbidstücke gehen mit dem sie umgebenden Wasser die bekannte Umsetzung ein, so dass Acetylen gas aus dem Wasser in den oberen Theil des Generators emporsteigt und von hier abgeleitet wird. Die verbleibenden Rückstände fallen durch den Rost auf den Boden des Apparates, und kann das Wasser durch einen dort befindlichen Hahn abgelassen werden, während Kalkschlamm u. dgl. nach Bedarf durch ein am Boden befindliches Mannloch entleert werden. Bei der Untersuchung von Acetylen ist besonders auf Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff zu achten (J. 1897, 123). Die Verwendung des Acetylen beschränkt sich zur Zeit auf Beleuchtung (s. d.).

Erdöl¹⁾.

Geschichtliches. Nach Herodot wurde das Erdöl der Insel Zante, von ihm Pissasphaltum genannt, zum Einbalsamiren von Leichen gebraucht. Plutarch berichtet über den brennenden Erdölsee bei Ekbatana; Plinius und Dioscorides schreiben, dass das Petroleum von Agrigent in Sicilien von den Einwohnern zur Beleuchtung benutzt werde. Die hannoverschen Erdölquellen sind wahrscheinlich schon den ersten Ansiedlern dieser Gegend bekannt gewesen; aus einigen derselben (z. B. bei Celle) wird seit 500 Jahren das zu Wagenschmiere und Arzneimitteln verwendete Steinöl (*Oleum petrae*) gewonnen. Die kleine Quelle bei Tegernsee ist seit 1430 bekannt. Auch das Vorkommen des Erdöles in Galizien, Rangoon, Baku ist seit Jahrhunderten bekannt²⁾; aber erst, nachdem am 27. August 1879 auf den Vorschlag von G. H. Bissel, die unterirdischen Oeladern mittels artesischer Brunnen anzuzapfen, von Drake das erste Bohrloch bei Titusville niedergebracht war, wurde der grosse Werth desselben allgemein erkannt.

In der Nähe von Titusville sind bis 9 m tiefe und 2 m weite Schächte, welche ausgezimmert und so tief abgesteckt waren, bis sie eine Erdöl führende Kluff erreichten. Dieselben müssen vor mehr als 500 Jahren in Betriebe gewesen sein; ähnliche Reste einstiger bergmännischer Thätigkeit findet man in Ohio und Canada. Nach Höfer müssen dieselben einem Volke zugeschrieben werden, welches vor den Indianern jene Gegenden bewohnte, welches dann aber wieder vollständig verschwand. Auf einer Karte von 1670 ist in der Nähe des jetzigen Ortes Cuba (N.-Y.) „Fontaine de bitume“ eingeschrieben und auf einer Karte von 1755 ist an der Mündung des jetzigen Oil Creek in den Alleghanyfluss das Wort „Petroleum“ eingezeichnet. Noch im Anfang dieses Jahrhunderts kostete 1 l Erdöl 19 Mark. Der Preis für 1 l Oel ging in Pittsburg zwar rasch herunter, so dass er im J. 1843 nur noch 1 Mark betrug; jedoch wurden immer nur verhältnissmässig geringe Mengen gewonnen, und mehrfache Versuche, das Oel in gewöhnlichen Lampen zu brennen, schlugen fehl.

Am Muskingumflusse wurden im J. 1814 zwei Brunnen zur Gewinnung von Salz gegraben; die Soole gab jedoch wegen des mit austretenden bituminösen Oeles ein völlig unbrauchbares Salz. Ein anderes Bohrloch gab im J. 1829 sogar so viel Oel, dass durch den Brand des ausfliessenden Erdöles umliegende Orte gefährdet wurden. Inzwischen blühte in Deutschland und Oesterreich die Mineralölindustrie auf und auch in Amerika wurde im J. 1850 die erste Theerölfabrik eröffnet; dies führte zur Erfindung besonderer Lampen, wodurch der raschen Einführung des Erdöles als Leuchtstoff der Weg geebnet wurde. Als nun Drake am 27. August 1859 in 22 m Tiefe die erste ölführende Kluff eröffnete, die ihm täglich 30 hl Oel im Werthe von etwa 2200 Mark lieferte, brach das Oelfieber los, welches noch gesteigert wurde, als Funk im Februar 1861 den ersten überfliessenden Brunnen in Pennsylvanien erhielt, der täglich 477 hl Oel lieferte, und seinen Höhepunkt erreichte, als der „Phillips Well“ sogar täglich 3000 Fass (4770 hl) gab. Tausende strömten herbei, zahllose Bohrlöcher wurden durch Dampfkraft niedergebracht, in unbeschreiblich kurzer Zeit entstanden ganze Städte, es wurden ungeheure Reichtümer erworben — aber auch wieder verloren, als in Folge der plötzlich auf 2000000 Fässer (1 Fass oder Barrel = 159 l) gesteigerten Production der Preis für ein Fass an Ort und Stelle selbst auf 10 Cents herunterging, so dass aus vielen überfliessenden Brunnen das Erdöl in den nächsten Bach oder Fluss abgeleitet wurde. In Folge dieses ungeheuren Preisrückganges nahm die Anwendung des Erdöles rasch zu. Die 38 Mineralölfabriken in den Hafenstädten, von denen 2 Albertit aus Neubraunschweig, die übrigen aber Bogheadkohle aus Schottland verarbeiteten,

1) Vgl. H. Höfer: Das Erdöl (Braunschweig 1888); J. Swoboda: Die Entwicklung der Petroleumindustrie (Tübingen 1895); A. Veith: Das Erdöl und seine Verarbeitung (Braunschweig 1892).

2) Vgl. Leonhardi: Macquers chymisches Wörterbuch, 2. Th. (Leipzig 1788) S. 193.

nahmen nun als Rohstoff ausschliesslich Erdöl und führten bald grosse Mengen dieses neuen Leuchtmaterials unter der Bezeichnung Kerosin, Pitt-Oel (vgl. J. 1862, 675), oder als raffinirtes Petroleum nach Europa aus.

Die beispiellosen Erfolge in Nordamerika lenkten die Aufmerksamkeit auch auf die Erdölvorkommen in Europa, zunächst auf das galizische Erdöl¹⁾. Die Auffindung des Erdöles, Ropa genannt, scheint hier im 13. Jahrhundert erfolgt zu sein; im J. 1788 wird erwähnt, dass dasselbe in flachen Gruben gesammelt werde. Im J. 1848 brachten jüdische Geschäftsleute schwarzwürdige Ropa zu einem Apotheker in Lemberg, welche die Pharmaceuten Lukasiawicz und Zeh als rohes Bergöl erkannten, destillirten und als Steinöl in den Handel brachten. Es wurde fast ausschliesslich als Heilmittel verwendet; erst im J. 1853 gelang es ihnen, aus dem Rohöl ein zu Beleuchtungszwecken geeignetes Oeldestillat abzuscheiden. A. Schreiner und L. Stiermann in Drohobicz übernahmen nun eine jährliche Lieferung von 100 hk Rohöl für die Nordbahn, und wurde durch diese Nachfrage die Förderung von Erdöl so vergrössert, dass die Bahn im J. 1859 bereits ihren ganzen Bedarf von etwa 550 hk aus Galizien beziehen konnte. Die amerikanischen Oelfunde gaben dieser Erdölindustrie erhöhten Aufschwung; noch im J. 1859 gelang es Heindl, das galizische Oel von dem durchdringenden Geruche zu befreien, 1863 errichtete Wagemann in Wien seine Raffinerie, und nun hob sich die Gewinnung von Steinöl und Ozokerit so, dass sie jetzt 180 000 t beträgt.

Als im J. 1862 das Erdöl auch in Russland eingeführt wurde, fasste Novosilzoff, in Erinnerung an die Beobachtung von Oelquellen, welche er 20 Jahre früher bei den Feldzügen im Kaukasus gemacht hatte, den Entschluss, diese auszubeuten. Die ersten mit amerikanischen Ingenieuren und Arbeitern ausgeführten Bohrungen im Taman-Distrikt hatten keinen Erfolg. Im J. 1865 wurde für das Unternehmen der Bohringenieur Kind, dann der Geologe Hugo Hoffmann gewonnen. Am 4. Februar 1866 stiess man auf ein hartes Gestein; bald darauf erfolgten mehrere heftige Explosionen, welche das Bohrgestüt hoch in die Luft schleuderten, dann erschien ein Oelstrahl von anfangs etwa 50 m Höhe. Nachdem dann dieses Bohrloch von Kind etwas tiefer gebohrt war, lieferte es täglich über 800 t oder jährlich für 8 760 000 Rubel Oel. — Die Mammothquelle in Baku lieferte anfangs stündlich 500 t Erdöl in einem 67 m hohen Strahle (J. 1888, 73). —

Vorkommen. Die Menge des bei Wieze vorkommenden Erdöles wird auf 5 Millionen t geschätzt. Auf den Wiesen bei den Dörfern Oedesse und Edemissen sammelt sich in sog. Fettlöchern oder Theerkühen Erdöl, welches abgeschöpft wird. Die hier eingerichtete Oelgewinnung (Oelheim) ist leider durch „Gründung“ in Misskredit gekommen (vgl. J. 1883, 1251). In der Nähe von Hannover tritt in einem kleinen Brunnen, der im Thon (Senon) steht, etwas dunkles Oel zu Tage, das zu Wagenschmiere verwendet wird. Kaum 1 km davon liegt der bekannte Asphaltbruch von Limmer, welcher zum oberen Jura gehört. Ausserdem findet sich Asphalt bei Vorwohle im südlichen Hils und Bergtheer bei Verden. Auch die Bohrungen bei Heide in Holstein haben beträchtliche Mengen Erdöl nachgewiesen. Die hier erschlossene, 300 m mächtige weisse Kreide enthält etwa 13 Proc. Oel, so dass hier etwa 15 Millionen t Erdöl lagern.

Von deutschen Erdölvorkommen ist besonders zu beachten das Elsasser bei Hagenau, Lobsann, Pechelbronn und Schwabweiler. Hier ist namentlich der miocene Sand von dem Oel durchdrungen. Man gewann in Pechelbronn seit dem Jahre 1785, in Schwabweiler seit 1841 mittels 68 und 83 m tiefer Schächte aussickerndes dickflüssiges Erdöl und ölhaltigen Sand, der in Schwabweiler abdestillirt wurde. Seit 1889 wird das Erdöl aus 150 bis 300 m tiefen Bohrlochern gewonnen, von denen einige Springquellen liefern (J. 1894, 27; 1895, 17).

Für Oesterreich ist besonders Galizien wichtig (J. 1892, 30). An den südlichen Abhängen der Karpathen erstreckt sich in Ungarn ein Erdölzug, der jedoch noch nicht ausgebeutet wird, namentlich im Gebiet von Buch, Zemplin, Ungh-Bereg bis in die Marmaros und nach Siebenbürgen und Oesterreichisch-Schlesien. Erdöl ist ferner nachgewiesen in Niederösterreich, Salzburg, Kärnthen, Tirol, Kroatien, Dalmatien, der Militärgrenze (J. 1888, 71; 1892, 28).

Rumänien hat Erdöl namentlich im District Prahova; jährlich werden etwa 100 000 t rohes Oel gewonnen, welches namentlich in Braila verarbeitet wird. Ausserdem ist Erdöl bei Mojanest in der Moldau nachgewiesen (J. 1897, 30).

Griechenland hat auf der Insel Zante bei Keri Erdöl; eine Gesellschaft schöpft jährlich aus einem Brunnen mittels Pumpen etwa 400 Fässer.

Russland hat Erdöl in der Krim, im Kaukasus, namentlich im Gouvernement Baku auf der Insel Apscheron, berühmt durch die heiligen Feuer, Tiflis u. s. w. Erdöl ist ferner nach-

1) Windakiewicz: Das Erdöl und Erdwachs in Galizien (Wien 1875); J. 1897, 33.

gewiesen in Sibirien an der Petschora und neuerdings reiche Lager von Chandor im Wolgagouvernement im Ssamaraschen und Ssimbirskischen Gebiete an der Wolga. Bei Baku springen zuweilen Oelfontainen von 60 m Höhe und fließt dann oft die Naphta theilweise unbenutzt ab (vgl. J. 1877, 1025; 1882, 1085; 1886, 1075; 1889, 18; 1890, 33; 1892, 28).

In Asien findet sich ferner Erdöl in Ostindien, am Euphrat, bei Doulokee in Persien, in Birma (Rangoon), bei Yenau Gyong, auf Java (J. 1897, 36 u. 157), in China und Japan.

In Centralafrika wurde stark paraffinhaltiges Erdöl entdeckt. Auch in Südaustralien bei Gimarocho und auf Neuseeland ist Erdöl gefunden.

Amerika hat Erdöl auf Cuba, Trinidad und Barbados, in Mexiko, Venezuela, Ecuador, Peru (J. 1895, 19), Bolivia, Brasilien und reiche Quellen in der argentinischen Provinz Jujuy. Besonders reich an Erdöl ist aber Nordamerika. Die eigentliche Oelregion Pennsylvaniens ist ein schmaler, etwa 100 km langer Landstrich, der sich in SSW — NNO-Richtung zwischen dem Eriesee und Pittsburg hinzieht. Ohio lieferte 1876 erst 31 763 Fass, 1889 aber 12 471 965 Fass (J. 1894, 35). Zwischen dem Eriesee und Hurensee in der Grafschaft Enniskillen, namentlich in den Bezirken Bothwell, Lambion und Kent, liegt das technisch wichtige Erdölvorkommen Canadas. Westvirginien, Kentucky, Tennessee liefern ebenfalls Oel; Argentinien, Venezuela (J. 1888, 72) verdienen Beachtung.

Entstehung des Erdöles. Nach Berthelot sollen sich im Innern der Erde aus Kohlensäure und Alkalimetallen Acetyläure bilden, die mit Wasserstoff Acetylen (C_2H_2) geben, aus dem Erdöl und theerähnliche Producte entstehen. Diese Hypothese, sowie die von Mendelejeff (J. 1877, 1073) und ähnliche sind sehr unwahrscheinlich. (Vgl. J. 1889, 17; 1890, 33; 1892, 24.) Sicher ist die Bildung von Erdöl durch Zersetzung von Organismen. Nach St. Hunt sind es ausschliesslich Meerespflanzen, namentlich Algen, bei deren langsamer Zersetzung unter Meerwasser, welchem das die Erdölquellen begleitende Salz entstammt, Gase und bituminöse Stoffe entstanden, die, durch übergelagerte thonige Gebirgsschichten eingeschlossen, das Erdöl bildeten. Dieser Ansicht wird entgegengehalten, dass Steinöl auch oft unmittelbar aus Steinkohlenflözen hervortritt, welche aus Landpflanzen gebildet worden sind. Auch Windakiewicz hält das Erdöl lediglich pflanzlichen Ursprunges, da dasselbe kein Ammoniak enthalte.

Im Gegensatz hierzu meint Höfer, man dürfe nur thierische Reste (Saurier, Fische, Mollusken) als Ausgangspunkt zur Erklärung der Erdölbildung mit Sicherheit voraussetzen, aus welchen sich unter Mitwirkung der Erdwärme durch eine allmähliche Destillation unter entsprechendem Drucke das Rohöl gebildet hat. — Schon früher hatte Bertels angegeben, dass die Naphta im Kaukasus durch die Zersetzung von Mollusken entstanden sei. — Nach Müller (J. 1878, 1113) häuften sich am Boden der Urmeere die zahllosen thierischen Leichen ganzer Schöpfungsperioden an, wurden mit Schlamm bedeckt und bildeten nun durch langsame Zersetzung das Erdöl. Nach Fraas entstammen die in Syrien auftretenden bituminösen Ablagerungen (Asphalt u. s. w.) der Thierwelt des Kreidemeeres. Der in den oberen Schichten der Juraformation vorkommende, von Erdöl begleitete Asphalt in Limmer bei Hannover ist ebenfalls thierischen Ursprunges. Diese Theorie ist neuerdings durch sorgfältige Versuche von Engler (J. 1888, 62; 1889, 14; 1892, 23; 1893, 61; 1896, 22) wesentlich unterstützt, indem er zeigte, dass thierische Fette durch Destillation unter Druck in künstliches Erdöl übergeführt werden. Berücksichtigt man, dass unsere Erdrinde gewaltige Ablagerungen von Muschelkalk, von Fischresten u. s. w. aufweist, so spricht es für den Zusammenhang der Restproducte dieses Lebens mit dem Erdöl, dass wir fast überall mit dem letzteren Wasser auftreten sehen, welches sich durch ganz besonders hohen Salzgehalt auszeichnet.

Erdölgewinnung. Das Erdöl wird fast ausschliesslich durch tiefe Bohrlöcher gewonnen. Es ist bemerkenswerth, dass die früher so ergiebige, nördlich von Franklin gelegene obere Oelregion Pennsylvaniens innerhalb zehn Jahren fast völlig erschöpft ist, dass nur noch die südlich gelegene untere Oelregion Erdöl liefert. Die Quellen in Canada versiegen im Durchschnitt nach drei Jahren. Da das gesammte Erträgniss einer Quelle im Durchschnitt 10 540 hl beträgt, 15 Proc. der Bohrungen in Pennsylvanien aber resultatlos bleiben, so berechnet Höfer die Selbstkosten für 1 hl Rohöl zu 5,8 Mark an der Quelle, nach dem Transport desselben mittels eiserner Röhren stellt sich der Preis für den Unternehmer am Bahngeleise auf 6,5 Mark oder für 1 Fass (1 Barrel oder Fass = 42 Gallons = 159 l) auf 2,58 Dollar. Für Galizien ergibt sich nach Strippelmann der Selbstkostenpreis von 100 k Rohöl zu 6,1 Mark.

Die Production an Rohöl in Pennsylvanien stieg von 1859: 2000 Fass (zu 159 l) bis 1889 auf 21 Millionen Fass. Die Erdölproduction der Vereinigten Staaten betrug 1896 nach Rothwell 8 364 631 t.

Erdölproduction der ganzen Erde betrug etwa (je 1000 t):

1870	840
1875	1 940
1880	4 310
1885	5 200
1890	12 000
1895	14 000
1896	15 000

Davon lieferte Russland (Kaukasus):

1860	1 500 t
1870	28 728
1880	358 300
1890	3 985 911
1896	6 650 000

Erdölproduction und Einfuhr betrug für Deutschland:

	Production	Menge	Einfuhr Werth (1000 Mark)
1880	1309 t	266 587 t	48 652
1885	5 815	482 189	69 918
1890	14 900	646 804	73 089
1895	17 051	—	76 321
1896	20 395	—	74 790
1897	—	—	80 000

Galizien lieferte 1880 32 000 t, 1890 130 000 t, 1896 188 600 t Erdöl; Rumänien jährlich etwa 100 000 t.

Naturgas. Im September 1886 wurde das erste erfolgreiche Bohrloch zu Eaton (Delaware Caj.) abgeteuft; die dermalige Bohrlochzahl wird auf 1500 geschätzt. Das Gasfeld ist etwa 13 000 qkm, die Hälfte gab „gasers“ (Gasbohrungen) erster Güte, welche 243 bis 305 m Tiefe haben und durchweg ihr Gas aus dem Trenton-Kalkstein (Silur, D. Barr.) bekommen, wie dies auch in Ohio der Fall ist, wodurch auch die grosse Aehnlichkeit der Zusammensetzung erklärt wird:

	Ohio			Indiana			
	Fastoria	Findlay	St. Mary's	Muncie	Anderson	Kokoma	Marion
Wasserstoff	1,89	1,64	1,94	2,35	1,86	1,42	1,20
Sumpfgas	92,84	93,35	93,85	92,67	93,07	94,16	93,57
Oelbildendes Gas	0,29	0,35	0,20	0,25	0,47	0,30	0,15
Kohlenoxyd	0,55	0,41	0,44	0,45	0,73	0,55	0,60
Kohlensäure	0,20	0,25	0,23	0,25	0,26	0,29	0,30
Sauerstoff	0,35	0,39	0,35	0,35	0,42	0,30	0,55
Stickstoff	3,82	3,41	2,98	3,53	3,02	2,80	3,42
Schwefelwasserstoff	0,15	0,20	0,21	0,15	0,15	0,18	0,20

Der Werth dieses natürlichen Gases, welches für Dampfkessel, Schmelzöfen u. dgl. verwendet wird, wurde im J. 1888 auf 23 Millionen Dollar geschätzt, 1896 nur noch auf 13 Millionen, da der Gasdruck bedeutend nachgelassen hat, so dass diese Kraftquelle bald wieder versiegen wird. (J. 1887, 87; 1890, 40; 1894, 50; 1897, 158.)

Erdöl ist eine dünnflüssige bis butterartige, wasserklare bis schwarze Flüssigkeit, häufig mit einem blauen Schiller, deren spec. Gewicht meist zwischen 0,8 und 0,96 schwankt.

Nach Boussingault enthält das Oel von Pechelbronn Kohlenwasserstoffe der Reihe C_nH_{2n-2} , das Petrolen entspricht der Formel C_9H_{16} ; Blanchet und Sell fanden bei ihren Untersuchungen Verbindungen C_nH_{2n} und C_nH_{2n+2} , Warren de la Rue und Müller C_nH_{2n} und C_nH_{2n+1} . Das Oel aus Sehnde entspricht C_nH_{2n} , nach den Untersuchungen von Uelsmann entspricht dasselbe aber der Reihe C_nH_{2n+2} . Bussenius stellte aus den zwischen 90° und 140° siedenden Producten angeblich ein Trinitropetrol $C_8H_7(NO_2)_3$ her, nach Eisenstuck ein Gemenge vorwiegend von

$C_9H_7(NO_2)_3$ und $C_8H_7(NO_2)_3$. Nach Le Bell besteht das Steinöl des Niederrheins aus Kohlenwasserstoffen der Sumpfgas- und Aethylenreihe; Joffre fand im Erdöl von Bruxière la Grue und Cordesse Kohlenwasserstoffe, die von Schwefelsäure absorbiert wurden, der Reihe C_nH_{2n} und nicht davon gelöste der Reihe C_nH_{2n+2} , namentlich von C_8H_{18} bis $C_{17}H_{36}$. In dem pennsylvanischen Erdöl fand Warren C_6H_{14} , Pelouze und Cahours als flüchtigsten Bestandtheil C_5H_{12} , Lefébure C_4H_{10} und C_3H_8 , Ronalds C_3H_8 und C_2H_6 . Nach den Untersuchungen von Chandler und Schorlemmer enthält das Oel folgende Kohlenwasserstoffe:

Namen (C_nH_{2n+2})	Formel	Siedepunkte	Spec. Gewicht	Namen (C_nH_{2n})	Formel	Siedepunkte	Spec. Gewicht
Aethan . . .	C_2H_6	Gas	—	Aethylen . . .	C_2H_4	Gas	0,978
Propan . . .	C_3H_8	—17°	—	Propylen . . .	C_3H_6	—18°	—
Butan . . .	C_4H_{10}	+ 1	0,600	Butylen . . .	C_4H_8	+ 3	—
Pentan . . .	C_5H_{12}	30	0,628	Amylen . . .	C_5H_{10}	35	0,663
Hexan . . .	C_6H_{14}	69	0,664	Hexylen . . .	C_6H_{12}	69	—
Heptan . . .	C_7H_{16}	97,5	0,699	Heptylen . . .	C_7H_{14}	95	—
Octan . . .	C_8H_{18}	125	0,703	Octylen . . .	C_8H_{16}	104	—
Nonan . . .	C_9H_{20}	136	0,741	Nonylen . . .	C_9H_{18}	140	—
Dekan . . .	$C_{10}H_{22}$	158	0,770	Dekatylen . . .	$C_{10}H_{20}$	160	—
Endekan . . .	$C_{11}H_{24}$	182	0,765	Endekatylen . . .	$C_{11}H_{22}$	195	0,782
Dodekan . . .	$C_{12}H_{26}$	198	0,776	Dodekatylen . . .	$C_{12}H_{24}$	216	—
Tridekan . . .	$C_{13}H_{28}$	216	0,792	Dekatrytylen . . .	$C_{13}H_{26}$	235	0,791
Tetradekan . . .	$C_{14}H_{30}$	238	—	Ceten . . .	$C_{16}H_{32}$	275	—
Pentadekan . . .	$C_{15}H_{32}$	258	—	?	$C_{20}H_{40}$	—	—
Hexadekan . . .	$C_{16}H_{34}$	288	—	Ceroten . . .	$C_{27}H_{54}$	—	—
Octadekan . . .	$C_{18}H_{38}$	317	—	Melen . . .	$C_{30}H_{60}$	375	—
Eikosan . . .	$C_{20}H_{42}$	—	—				
Paraffin . . .	$C_{27}H_{56}$	—	—				
Paraffin . . .	$C_{30}H_{62}$	370	—				

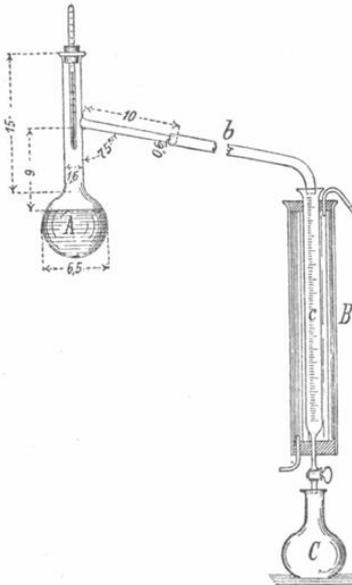
In russischem Petroleumäther überwiegen die nicht normalen Paraffinkohlenwasserstoffe (J. 1897, 61). Normale aromatische Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe sind ebenfalls in allen Oelen aufgefunden worden; ähnlich verbreitet dürften das Naphtalin und seine Abkömmlinge, sowie die wasserstoffarmen Condensationsproducte der Naphtene sein (J. 1888, 67; 1894, 37; 1897, 61). Zaloziecki (J. 1894) wies im Erdöl Naphtene und Terpene nach. Phenole und organische Säuren sind zwar immer vorhanden, doch bedürfen diese noch eingehenderer Untersuchung. Unter den Säuren sind wahrscheinlich Isomere der Oelsäuren (Carbonsäuren der Naphtene) (J. 1896, 30), auch Fettsäuren vertreten. Ebenso wie die Menge dieser Säuren wechselt auch der Gehalt der Erdöle an asphaltartigen Stoffen, welche als Oxydationsproducte aufzufassen sind. Endlich enthalten sämtliche Erdöle Schwefel, nach Mabery (J. 1896, 29; 1897, 61) als Alkylsulfide, einige auch Stickstoff (J. 1890, 33).

Durch fractionirte Destillation von amerikanischem Rohöl erhält man im Durchschnitt folgende Producte:

	Procent	Siedepunkte	Spec. Gewicht
Rhigolen	—	—18°	0,625
Gasolin	1,5	—49°	0,665
Naphta	10	82° bis 150°	0,706 bis 0,742
Benzin	4	—	—
Kerosen	55	etwa 176°	0,804
Paraffinöl	19,5	300°	0,85 bis 0,88
Rückstand und Verlust	10	—	—

Engler verwendete ein rundes Siedekölbchen *A* (Fig. 100) von 6,5 cm Durchmesser mit 1,5 cm weitem, 15 cm langem Hals; Höhe des Entbindungsrohres für die Dämpfe über dem obersten Theil des Kölbchens 6,5 cm. Als Kühlapparat dient das 1 cm weite und im Ganzen 45 cm lange Kupferrohr *b*, zur Aufnahme der Destillate die Glashahnbürette *c* im Kühlcylinder *B*. Hierbei können die Fractionen leicht gewaschen und in dem untergestellten Kölbchen *C* gewogen werden. Für jede Destillation wurden 100 cc Oel genommen und so rasch destillirt, dass minutlich 2 bis 2,5 cc übergingen. Bei jedesmaligem Erreichen eines Fractionspunktes wurde die Lampe weggenommen, das Thermometer um mindestens 20° sinken gelassen und bis zum selben Fractionspunkt so lange wieder erhitzt, als noch merkliche Mengen übergingen. In dieser Weise untersucht, ergaben verschiedene Erdöle in Fractionen von 20 zu 20° zerlegt, die in untenstehender Tabelle zusammengestellten Resultate in g.

Fig. 100.



Rechnet man die unter 300° siedenden Theile zusammen, so ist unter den gewöhnlichen Erdölen das von Tegernsee das leichteste (67 Vol.-Proc.), es folgt unter den deutschen alsdann das der neuen Springquelle (N. 213) von Pechelbronn (39 Vol.-Proc.); das Oelheimer (32 Vol.-Proc.) und das ältere Pechelbronner (N. 146) sind ziemlich gleich schwer. Mit dem neueren Pechelbronner Springquellenöl sehr nahe verwandt ist das in neuerer Zeit zu Ohlungen nächst Hagenau erbohrte Erdöl. — Die verschiedenen Rohöle sind somit sehr verschieden zusammengesetzte Gemische von Kohlenwasserstoffen verschiedenen Siedepunktes. (Vgl. J. 1890, 33; 1895, 41.)

Rechnet man die unter 300° siedenden Theile zusammen, so ist unter den gewöhnlichen Erdölen das von Tegernsee das leichteste (67 Vol.-Proc.), es folgt unter den deutschen alsdann das der neuen Springquelle (N. 213) von Pechelbronn (39 Vol.-Proc.); das Oelheimer (32 Vol.-Proc.) und das ältere Pechelbronner (N. 146) sind ziemlich gleich schwer. Mit dem neueren Pechelbronner Springquellenöl sehr nahe verwandt ist das in neuerer Zeit zu Ohlungen nächst Hagenau erbohrte Erdöl. — Die verschiedenen Rohöle sind somit sehr verschieden zusammengesetzte Gemische von Kohlenwasserstoffen verschiedenen Siedepunktes. (Vgl. J. 1890, 33; 1895, 41.)

Rohes Erdöl von	Spec. Gew. bei 17°	Beginn des Siedens °	Bis 130°	130/150°	150/170°	170/190°	190/210°	210/230°	230/250°	250/270°	270/290°	290/300°	Bis 150° (Essenzen)	150/300° (Brennöl)	Über 300° (Rückstände)
Pechelbronn (Elsass) I	0,906	155				0,9	1,4	3,2	4,4	4,9	5,4	4,6	—	24,8	—
Bohrloch 146															
Pechelbronn II	0,885	98	4,3	2,8	3	3,2	2,9	2,9	2,4	3,6	3,7	2,6	7,1	24,3	—
Bohrloch 213															
Oelheim (Hannover)	0,899	170	—	—	—	3,2	2,6	4,8	3,4	4,3	4,3	1,8	—	24,4	—
Tegernsee	0,815	55	11,7	6,1	4,8	4,2	3,7	4,3	4,5	5,1	4,7	2,9	17,8	34,4	—
Pennsylvanien I	0,8175	82	10	4,6	4	4	4,1	4,5	3,8	5	4,0	1,7	14,6	31,1	—
Pennsylvanien II	0,8010	74	16,8	4,7	3,2	3,3	4,8	4,3	4,2	3	3,9	2,5	21,5	29,2	—
Galizien (Sloboda)	0,8235	90	11,3	7,6	7,6	5,2	5,3	5,6	5,5	5,6	2,8	0,45	18,9	38,05	—
Baku (Bibi-Eybot)	0,8590	91	11	5,7	4,9	5,1	4,1	4,2	4,2	4,7	3,1	0,9	16,7	31,2	—
Baku (Balekhani-Sabuntschi)	0,810	105	2,7	3,4	4,3	4	4,3	4,1	5,6	4,1	4,6	1,6	6,1	32,6	—

Verarbeitung. Nach Engler enthalten 100 Th. Roherdöl:

	Pennsylvanien	Galizien	Rumänien	Elsass
Leichtflüchtige Oele	. 10 bis 20	3 bis 6	4	—
Leuchtöl 60 „ 75	55 „ 65	60 bis 70	35 bis 40
Rückstände 5 „ 10	30 „ 40	25 „ 35	55 „ 60

In den grösseren Raffinerien Baku's fand Engler (J. 1886, 1077) nur die folgenden drei Kesselformen: 1) Stehende schmiedeiserne Kessel, von cylindrischer Gestalt, etwa ebenso hoch als weit, mit nach oben gewölbtem Boden und gewöhnlichem Helm, welcher nach dem Kühler führt. Fassungsraum bei $\frac{3}{4}$ bis $\frac{4}{5}$ Füllung 80 bis 100 hk. Die Feuerung erfolgt mit Naphtarückständen. — 2) Der sogen. Waggonkessel (Fig. 101 und 102) besteht aus dem aus Schmiedeisenplatten zusammengenieteten, in den grössten Ausführungen 7 m langen, 4 m breiten, 3 m hohen (von der tiefsten Stelle des Bodens bis zum Helm) kastenförmigen Kessel *A*

Fig. 101.

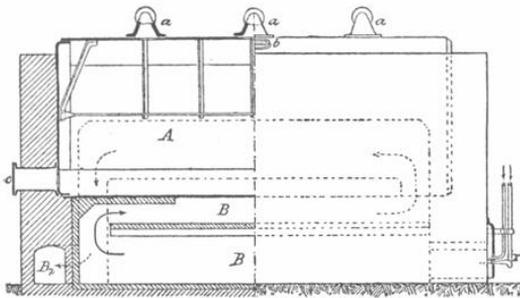
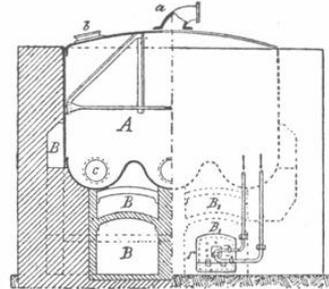


Fig. 102.



mit in der Breite nach dreifach gewelltem Boden, schwach nach oben gewölbtem Deckel und den drei Helmen *a*, welche die Dämpfe nach dem Kühler abführen; *b* ist eine Arbeitsöffnung, *c* sind drei Ablassstutzen für die Rückstände. Die Anordnung der inneren Verstrebungen des Kessels, desgleichen die Einmauerung mit Feuerzügen *B* und *B*₁, sind aus den Figuren leicht zu entnehmen. Von dem Rückstandsbrenner *r* (S. 108) aus, deren zwei neben einander vorhanden sind und welche in die überwölbten Feuerkanäle *B*, *B*₁ einmünden, schlägt die Flamme zum Schutze des Kesselbodens zuerst unter feuerfesten Gewölben hindurch, wendet sich am Ende des Kessels, dessen Boden hier auch noch mit feuerfesten Steinen verkleidet ist, wieder nach vorn, um dann in die Höhe zu steigen und zu beiden Seiten des Kessels sich zuerst wieder rückwärts, dann abwärts zu wenden und durch den Feuerkanal *B*₂ in den Schornstein zu entweichen. Die Destillation wird durch Einleiten gespannten Wasserdampfes unterstützt. Bei einem Fassungsvermögen eines solchen Kessels (kleinere Sorte) von etwa 350 hk und einer Füllung mit 300 hk Rohöl können in 24 Stunden 2 $\frac{1}{2}$ Destillationen ausgeführt, also 700 bis 800 hk Rohnaphta destillirt werden, was einer ungefähren täglichen Erzeugung von 200 bis 250 hk Kerosin entspricht. Die frühere Einmauerung, wobei die Stützmauern in die Vertiefungen des gewellten Bodens eingriffen, so dass die Auswölbungen nach unten frei lagen und drei Feuerräume entstanden, hat man wegen rascher Zerstörung des Kesselbodens verlassen. — 3) Walzenkessel. Ein solcher hat cylindrische Gestalt und ist in Fig. 103 u. 104 (S. 106) in Querschnitt und Aufriss abgebildet. Als Material dienen ebenfalls 10 mm dicke Schmiedeisenplatten; die Länge schwankt zwischen 5 und 6 m, der Durchmesser zwischen 2 und 3 m; die kleineren fassen bei $\frac{3}{4}$ bis $\frac{4}{5}$ Füllung etwa 170 hk (1000 Pud), die grössten 270 hk. Der Kessel *A* liegt an beiden Enden auf eingemauerten Schienen *a* auf und ist ausserdem durch eine Reihe neben einander an den Kessel genieteter Lappen im Mauerwerke festgehalten. Gegen Uebersteigen der Flüssigkeit ist ein grosser Dom *B* aufgesetzt, aus dem die Oeldämpfe durch eine Oeffnung *c* in eine eiserne Rohrleitung von gleicher Weite entweichen, durch welche sie dann nach dem Kühler geführt werden. Der

Rückstandsbrenner wird bei C eingeführt, seine Flamme schlägt zunächst unter dem Gewölbe hindurch, tritt am entgegengesetzten Ende über das Gewölbe in den Raum C_1 , zieht in entgegengesetzter Richtung unmittelbar unter dem Kessel nach vorn, vertheilt sich hier, um in ursprünglicher Richtung zu beiden Seiten des Kessels, durch C_2 , in den gemeinsamen Abzugskanal und in den Schornstein zu gelangen. Falls man die Rückstandsf Flamme unmittelbar, also ohne Schutzgewölbe, unter den Kesselboden treten lässt, so muss der bedeutenden Hitze wegen der Brenner mindestens 1,75 m unterhalb des Kesselbodens angebracht sein. In den meisten Raffin-

Fig. 103.

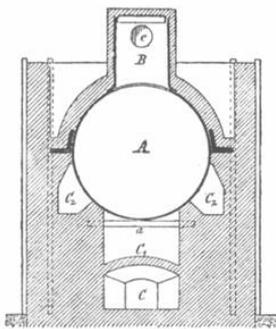
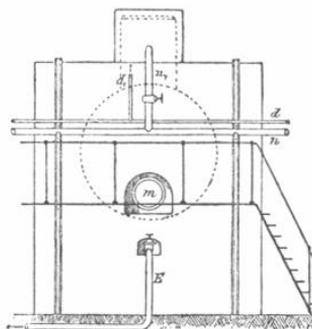


Fig. 104.



nerien steht immer eine grössere Zahl Destillirkessel neben einander und hinter denselben läuft ein gemeinsames Rohr n mit Naphta hinweg, von welchem aus Zweigröhren n_1 zur Speisung der einzelnen Kessel abgehen, desgleichen ein Dampfrohr d mit Zweigröhr d_1 , um die Destillation in jedem einzelnen Kessel durch Einleitung von gespanntem Dampf unterstützen zu können. E ist das an der tiefsten Stelle des Kessels eingesetzte Abflussrohr für die Rückstände. Das Mannloch m dient zum Reinigen des Kessels. Als Kühler werden bei der Kerosindestillation durchweg Wasserkühler verwendet; sie sind in den meisten Fabriken hinter den Destillirkesseln aufgestellt und stehen mittels eiserner Röhren mit den Kesselhelmen unmittelbar oder unter Einschaltung von ein oder zwei Deplegmotoren in Verbindung.

Von sonstigen Destillirkesseln ist der Flammrohrkessel von Popelka zu erwähnen, bei welchem in dem unteren Theile des elliptischen Kessels ein Feuerrohr a (Fig. 105 und 106) eingebaut ist, welches durchgehends geschweisst ist, an dessen Ende ein angeschweisstes Wellrohr b sich befindet und welches an einen vorderen und hinteren Boden angeschweisst ist, der mit dem eigentlichen Kesselboden vernietet ist. Die Einschaltung des Wellrohrstückes hat den Zweck, die Dilation des Feuerrohres zu ermöglichen. Aus demselben Grunde sind die Böden g des Kessels flach durchgeführt. Hierdurch erhält man einen niet- und nahtlosen ersten Feuerzug. Der zweite Zug bestreicht die seitlichen Wände des Kessels durch die Kanäle c , und auch bei diesem treffen die Heizgase bei einer Kessellänge bis 7 m ausser einigen Bodennieten keine Quernaht und Niete. Dasselbe gilt auch für den dritten Zug, welcher unterhalb des Kessels geführt ist. Durch die stetige Wallung des Rohpetroleums oberhalb des Feuerrohres und in Folge dessen convexer Form soll sich der ausscheidende Koks am untersten Punkt des Kessels ansammeln, wo ein Ausglühen der Bleche im dritten Zuge ausgeschlossen ist. Um die freie Ausdehnung des Destillirkessels zu ermöglichen und doch die Vorfeuerung vor zerstörenden Wirkungen zu schützen, ist das erste Pratzepaar e bei der Vorfeuerung starr mit dem Mauerwerk verbunden, die anderen Pratzepaare jedoch mit Rolllagern versehen. (J. 1895.)

Rückstandsfeuerung. Bei dem fast gänzlichen Mangel an Holz und Kohlen in der Umgebung Baku's hat man sich in den dortigen Raffinerien von Anfang an darauf eingerichtet, die bei der Destillation in grosser Menge (etwa 55 bis 60 Proc.) hinterbleibenden schwersiedenden Rückstände, dortselbst von den tartarischen Arbeitern

„Massud“, von den Russen „Astatki“ genannt, als Brennstoff zu benutzen. Für die Destillation von 100 Th. Rohnaphta auf Kerosin werden 3 bis 4 Th. Rückstände verbraucht. — Der Rückstandsbrenner, dort „Forsunka“ genannt, kommt in

Fig. 105.

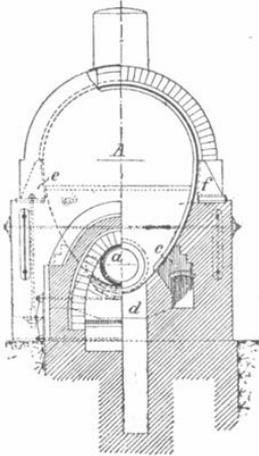
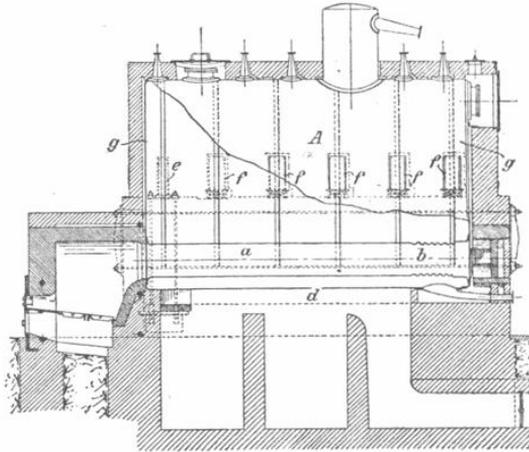


Fig. 106.



den verschiedenartigsten Formen zur Anwendung. Immer läuft es darauf hinaus, dass die Rückstände durch gespannten Wasserdampf zerstäubt und dann verbrannt werden. Zerstäubung mittels Luft hat sich nicht bewährt; die frei zutretende Luft reicht zur Verbrennung vollständig aus und schon dabei können Flammentemperaturen erzielt werden, welche das Schmiedeeisen zum Schmelzen bringen. Aus diesem Grunde müssen auch Kesselboden, Heizröhren u. dgl. vor zu unmittelbarer Berührung mit der Flamme der Forsunka geschützt werden. Die Fig. 107 (S. 108) zeigt eine in Baku vielfach verwendete Forsunka; sie besteht aus dem 26 mm lichtweiten Eisenrohre *D*, das an seinem vorderen Ende platt geschlagen ist, so dass nur noch ein etwa 0,5 bis 1 mm weiter Schlitz offen bleibt, durch welchen der durch dieses Rohr geleitete Wasserdampf hervordringen kann. Die Zuleitung der Rückstände erfolgt durch Rohr *N*, wobei das aus demselben ausfließende dicke Oel in einem napfartigen Aufsatz sich vertheilt, um am vordersten Ende über den Dampfschlitz herunter zu fließen, durch den ausströmenden Dampf aufs feinste zerstäubt und dann verbrannt zu werden. Die Anordnung dieser Forsunka unter einem Destillirkessel ergibt sich aus Fig. 101 und 102 (S. 105). Je nachdem man der Röhre *D* die Form von Fig. 108 (S. 108) ertheilt, nimmt der entstehende Flammenbüschel eine mehr spitze, breite oder mittlere Form an. Durch Hähne, welche sich in der Verlängerung der Röhren *N* und *D* finden, wird der richtige Zutritt von Dampf und Rückständen geregelt. — Eine zweite häufig angewendete Forsunka, System *Brand*, ist in Fig. 109 (S. 108) abgebildet. Durch das Gussstück *a* aus Messing gehen Röhren *b* und *m* hindurch, erstere für die bei *N* eintretenden Rückstände, letztere für Wasserdampf, der bei *D* Zutritt. Die Rückstände treten durch einen ringförmigen, mittels Kegels *f* vom Griffe *h* und Spindel *g* zu verstellenden Schlitz aus, während der Dampf durch einen um diesen angeordneten Schlitz entweicht. Zwischen Kegel *f* und dem ebenfalls verstellbaren Kopfstück *i* vermischen sich beide und treten bei *s* als feiner Strahlenbüschel aus, welcher angezündet wird. Die Regelung von Dampf und Rückständen erfolgt nicht mittels der Hähne *o* und *l*, welche bei Gebrauch des Brenners vollständig

geöffnet sind, sondern durch das Verstellen des Kegels *f*. Die Vorzüge der Forsunken-Feuerung bestehen in sehr hoher Heizkraft, geringem Raume für den Brennstoffvorrath

Fig. 107.

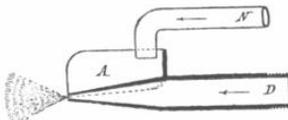
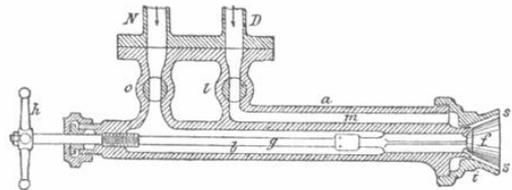


Fig. 108.



Fig. 109.



und für die Feuerung selbst, leichter Bedienung und Regulirbarkeit, sowie endlich rauchfreier Verbrennung. (Vgl. J. 1893, 63.)

Bei der absatzweisen Destillation werden in kleinen Anlagen Baku's die stehenden, in den grösseren Raffinerien sowohl diese, als auch die sogen. Waggonkessel, neuerdings jedoch meist die Walzenkessel verwendet. Die Rohnaphta wird in allen kleineren Anlagen aus dem eisernen Behälter unmittelbar in die Destillirkessel geleitet, die Forsunka (Brenner) wird angezündet, dadurch der Destillationsprocess eingeleitet und so lange fortgesetzt, als noch Leuchtöl übergeht. — Jede grössere Raffinerie besitzt einen oder mehrere frei stehende eiserne Behälter, worin die Naphta vor der Destillation zum vollständigen Absetzen von Sand, Wasser u. dgl. vor ihrer Weiterverarbeitung immer einige Tage ruhig stehen soll. Diese Behälter stehen entweder so hoch, dass die Naphta durch die unten abzweigende Eisenrohrleitung von selbst in die Destillirkessel abläuft, oder aber es sind Pumpen, bez. Druckkessel in die Leitung eingeschaltet, durch welche die Naphta gehoben werden kann. Ausserdem fliesst die letztere in den besser eingerichteten Anlagen nicht unmittelbar in die Destillirkessel, sondern wird vorher mittels der von vorausgehenden Destillationen stammenden, sehr heissen Rückstände auf 80 bis 130° vorgewärmt. Es geschieht dies entweder in der Weise, dass man die Rohnaphta in Röhren durch die in grossen Behältern befindlichen Rückstände hindurchfliessen lässt, oder aber, indem man umgekehrt die heissen Rückstände auf dem Wege ihrer Ableitung aus dem Destillirkessel in die Aufbewahrungsbehälter in eisernen Röhren durch grosse Kasten aus Eisenblech hindurch leitet, in welchen sich die nachher zu destillirende Rohnaphta befindet. Durch dieses Vorwärmen erzielt man den doppelten Vortheil einer Ersparung an Heizmaterial, sowie einer Schonung des Destillirkessels, welcher, selbst noch heiss, auf diese Art vor zu plötzlicher Abkühlung geschützt wird. Die kalte oder vorgewärmte Rohnaphta wird in den Destillirkessel bis zu $\frac{3}{4}$ oder $\frac{4}{5}$ Füllung desselben eingeleitet. Noch während des Füllens wird die Forsunka angezündet und erst wieder gelöscht, wenn die letzten Theile Kerosin übergegangen sind. Der bei der Kerosindestillation allgemein verwendete gespannte Dampf wird entweder bald nach Anheizen des Kessels, oder erst später angestellt und tritt meistens durch ein der ganzen Länge des Kessels nach liegendes, siebförmig durchlochstes Dampfrohr in die Naphta ein. Die aus dem Kessel entweichenden Dämpfe gehen entweder unmittelbar in den Kühler, oder, wie bereits erwähnt, erst in die Separatoren, wo die schwereren Theile zurückgehalten werden. Beim Auslaufe des Oeles wird dessen specifisches Gewicht unter ununterbrochener Prüfung gehalten und je nach diesem Befunde leitet man das Product in Rinnen, welche nach den Behältern für Benzine und Kerosine führen. Seltener für die Benzine, meist dagegen für die Kerosine theilt man

den Ablauf noch in verschiedene Unterfractionen, durch deren Vermischung in bestimmten Verhältnissen man dann die Handelsmarken verschiedenster Art herstellt: die feinsten nur aus den Mittelfractionen, den sogen. Herzbestandtheilen, die geringsten aus den Anfangs- und Endfractionen unter Ausschluss der Herzbestandtheile, mittlere Sorten durch Untereinandermengen der verschiedensten Theile (vgl. J. 1897, 42 u. 49). — Die meist über 300° heissen Rückstände lässt man durch Oeffnen des Ablassventiles unmittelbar oder unter Benutzung ihrer Hitze zum Vorwärmen der Naphta in gemauerte und gut cementirte Behälter ablaufen. Der leere Kessel bleibt zur Abkühlung einige Zeit offen stehen; alsdann wird er wieder frisch gefüllt. In 24 Stunden können durchschnittlich 2 $\frac{1}{2}$, höchstens 3 Destillationen ausgeführt werden. Die jedesmalige Füllung Rohöl beträgt in den stehenden Kesseln (in grossen Fabriken) 80 bis 100, in den Waggonkesseln 300 bis 400, in den Walzenkesseln 170 bis 270 hk, woraus sich die tägliche Leistung unter Annahme von 27 bis 33 Proc. Kerosinausbeute leicht berechnen lässt.

Die stetige Destillation kommt in Walzenkesseln, welche 170 bis 200 hk Naphta fassen, zur Ausführung; 18 solcher Kessel, welche in einer Reihe neben einander liegen, bilden immer ein System, in dessen ersten Kessel die Naphta einfliesst, von da in den zweiten übertritt u. s. w., um aus dem letzten, dem 18., von den leichten Oelen und den Leuchtölen befreit, als Rückstand abzulaufen. Jeder folgende Kessel liegt um einige Centimeter tiefer als der vorhergehende. Die 4 ersten Kessel, etwas grösser als die 14 folgenden, haben eine Feuerung nach Art der Cornwallkessel und dienen zum Abtreiben des Benzins, überhaupt der leichten Oele, weshalb sie kurzweg „Benzinkessel“ genannt werden, während aus den folgenden, den „Kerosinkesseln“, das Leuchtöl abdestillirt wird. Ihre allgemeine Form entspricht den Figuren 103 u. 104 (S. 106).

Auf die Vorschläge zur ununterbrochenen fractionirten Destillation des Erdöles von Mason (J. 1893, 64) und Schuchow (J. 1888, 75; 1893, 66) sei verwiesen.

Die chemische Reinigung des durch die Destillation gewonnenen Kerosins wird in den Raffinerien von Baku durch eine Behandlung des Oeles mit Schwefelsäure, Aetznatron und Wasser bewerkstelligt. Die Apparate bestehen durchweg aus zwei treppenartig übereinander aufgestellten eisernen Behältern von cylindrischer Gestalt mit trichterförmigem Boden und Ablassventil an der tiefsten Stelle desselben, so dass der Inhalt des höher stehenden Behälters bequem nach dem tieferen und von diesem in die Sammelbehälter zur Aufbewahrung abgelassen werden kann. Je nach Umfang des Betriebes fasst ein solcher Behälter in den grösseren Raffinerien 1000 bis 2000 hk Kerosin. Der höher stehende Behälter, welcher zur Behandlung des Oeles mit Schwefelsäure dient, ist mit Blei ausgeschlagen; ausserdem liegt über demselben ein bleierner Röhrenkranz, aus welchem die Schwefelsäure durch feine Löcher zugeleitet werden kann, ferner ein Drehkreuz zum Ausspritzen von Wasser nach Art eines Segner'schen Wasserrades und endlich ist jeder Behälter, da das Ganze im Freien steht, mit Blechdach versehen, welches entweder unmittelbar auf dem Behälter aufsitzt, oder aber zur besseren Beobachtung des Inhaltes in 0,5 bis 1 m Höhe darüber. Zum Schutze vor den bei der chemischen Reinigung entweichenden Dämpfen ist dann der Zwischenraum zwischen Behälter und Deckel wohl auch mit Glasfenstern verschlossen und befinden sich im Deckel Klappen, welche während des Processes geöffnet sind. Die Mischung des Oeles mit den Chemikalien erfolgt mittels Luft, welche aus einer Druckpumpe kommt und durch ein senkrecht bis zur tiefsten Stelle des Kesselbodens eingesetztes Blei- bez. Eisenrohr, welches unten entweder in Gestalt einer sog. Spinne verzweigt oder auch nur, der häufigere Fall, gerade abgeschnitten ist, eintritt.

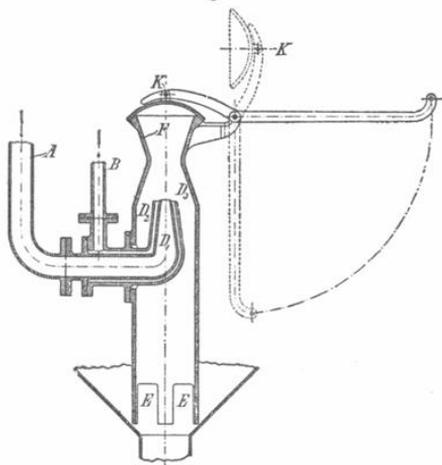
Zur Beobachtung und Bedienung der Apparate laufen um den Rand der Behälter eiserne, durch Treppen zu ersteigende Galerien herum.

Zuerst erfolgt die Säuerung des Oeles durch innige Mischung desselben mit concentrirter Schwefelsäure von mindestens 92 Proc. Hydratgehalt. Die Menge der Schwefelsäure wechselt und muss um so grösser genommen werden, je rascher das Oel destillirt worden ist. Die geringste Menge war 0,6 Proc. vom Gewichte des Kerosins; in gut geleiteten Betrieben stieg dieselbe nicht über 0,9 Proc., nur ausnahmsweise über 1 Proc. Die Säure strömt unter Luftendrücken und Rühren des Oeles langsam durch den Röhrenkranz zu und wird etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden weiter gemischt, wobei Erwärmung des Oeles unter Entwicklung von Schwefligsäure eintritt. Man lässt absitzen, giesst die unten abgesetzte Schwefelsäure durch ein besonderes Zweigrohr ab, um sie bei einer folgenden Behandlung wiederholt zu verwerthen, und versetzt das Kerosin ein zweites Mal mit frischer Säure. Es kommt sonach jeder Posten Säure 2mal zur Verwendung und wird das Kerosin 2mal mit Säure behandelt. Nach der zweiten Säuerung folgt ein Waschprocess mit kaltem Wasser, wobei jedoch letzteres mittels des Drehkreuzes nur aufgespritzt und nicht mehr besonders mit dem Oele gemischt wird, weil die Wiederscheidung eine zu langwierige wäre.

Nach etwa einstündiger Klärung folgt das Ablassen und Ueberleiten in den tiefer stehenden Behälter und die Behandlung mit Natronlauge. Dabei empfiehlt es sich, zuerst eine stärkere (1,28 bis 1,35 spec. Gew.), dann, für leichtere Klärung, eine dünnere Lauge zu nehmen, also 2mal hinter einander zu laugen. Die Menge des Aetznatrons richtet sich nach dem Säuregehalte des Oeles; bei richtiger Vorarbeit sollen nicht über 0,3 Proc. gebraucht werden. Manche arbeiten dabei mit Lackmuspapier genau auf neutrale Reaction. Nach Behandlung mit Natronlauge darf nicht mehr mit Wasser gewaschen werden, weil die geringe Menge gelöster Natronseife dabei sich zersetzt und nur schwer zu beseitigende Trübung bewirkt. (Vgl. J. 1890, 39; 1895, 33; 1897, 37.)

Der von der Badischen Anilin- und Sodafabrik empfohlene Mischapparat besteht aus einem cylindrischen Gehäuse D_3 (Fig. 110), in welches zwei concentrisch in einander steckende kegelförmige Düsen D_1 und D_2 münden. Der

Fig. 110.



inneren Düse D_1 wird durch Rohr A Druckluft bez. Gas oder Druckflüssigkeit und dem Zwischenraum zwischen Düsen D_1 und D_2 durch Rohr B die zu zerstäubende Säure zugeführt. Oberhalb der Düsenmündungen hat das Gehäuse eine kegelförmige Verengung und darüber eine trichterförmige Erweiterung F , welche durch eine Klappe K verschliessbar ist. Das untere Ende des Gehäuses ist mit Schlitzten E versehen, um die zu reinigende Flüssigkeit eintreten zu lassen. — Der Apparat wird am tiefsten Punkt eines mit Rohöl bez. Destillaten desselben gefüllten Kessels aufgestellt, das Gehäuse füllt sich mit dem Oel, und der Apparat wird dadurch in Thätigkeit gesetzt, dass durch A und somit durch die innere

Düse D_1 Luft oder Gase unter Druck eingepresst werden. Dieser Strahl bewirkt bei geöffneter Klappe K eine heftige Aufwärtsbewegung des Oeles im Apparat von E

nach *F*. In dem Rührwerk wird das jeweilig zu reinigende Destillat central aufsteigen und darauf wieder dem tiefsten Punkt zuströmen, wo es bei *E* in den Apparat eingesaugt wird und dann von Neuem in den Kreislauf eintritt. Durch die Leitung *B* fließt die rauchende Schwefelsäure zu. In dem Augenblick, wo sie zwischen die Berührungsfächen des aus *D*₁ kommenden Luft- bez. Gasstromes und des in *D*₃ befindlichen Oelstromes von verschiedener Geschwindigkeit gelangt, wird sie mitgerissen, zwischen jenen Flächen fein zerrieben und in diesem zerstäubten Zustande dem in dem Apparat aufsteigenden Oel zugemischt. Ist die Zerstäubung beendet, so schliesst man die Klappe und lässt so viel Druckluft durch *A* in den Apparat eintreten, dass sie, bei *E* austretend, das Oel in wallende Bewegung bringt. Dadurch erzielt man ein rasches Sichzusammenballen der fein vertheilten Säureharztheilchen und ein schnelles Absetzen des Säureharzes nach Beendigung der Luftrührung. In der Abklärungsperiode verhindert die geschlossene Klappe *A*, dass Säureharze in den Apparat und in die Düsen gelangen können. Der Apparat ist so eingerichtet, dass die aus dem Oel sich absetzenden Säureharze überall von demselben abfließen.

Es wird $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ Oleum gegenüber der Verwendung von gewöhnlicher concentrirter Schwefelsäure verbraucht. Die vortheilhafte Stärke schwankt bei Benzin zwischen 20 und 60 Proc., bei Petroleum zwischen 10 und 20 Proc., bei Schmieröl zwischen 5 und 20 Proc., bei Vaseline zwischen 20 und 30 Proc. Anhydridgehalt des zu verwendenden Oleums. — Die zumeist noch als Verunreinigungen zurückbleibenden, durch das Oleum nicht abgeschiedenen Säureharze (bez. Sulfurirungsproducte) können leicht dadurch entfernt werden, dass man das unreine Gemisch nach dem Ablassen der gewöhnlichen Harze mit einem kleinen Procentsatz gewöhnlicher Schwefelsäure behandelt und dann erst mit Wasser und Alkalien auswäscht. — Bei Anwendung dieses Verfahrens werden bessere Erfolge erzielt als bei Verwendung von gewöhnlicher concentrirter Schwefelsäure oder von Oleum ohne Zuhilfenahme dieses Apparates. Besonders ist das raffinierte Oel viel heller als das nach den beiden letztgenannten Verfahren erhaltene. Alsdann wird das Raffinat durch dauernde Belichtung immer heller, während die meisten mit gewöhnlicher concentrirter Schwefelsäure gereinigten Destillate anfangs nur wenig bleichen, bald jedoch in der Farbe zurückgehen und gelb werden. Endlich ist auch bei der Reinigung mit Oleum nach dem vorliegenden Verfahren der Oelverlust ein wesentlich geringerer als nach den seitherigen Reinigungsmethoden.

Ein gekracktes galizisches Petroleum von 0,820 spec. Gew. wird behufs Entwässerung mit etwa 0,25 Proc. Schwefelsäure von 66° B. auf gewöhnliche Weise vorgesäuert und die Säure und die Säureharze abgezogen. Darauf wird ein Theil des Petroleums durch den Zerstäubungsapparat gedrückt und währenddem 1 Proc. rauchende Schwefelsäure mit 10 Proc. Gehalt an freiem Anhydrid in den Apparat einlaufen gelassen. Nach beendeter Einstäubung des Oleums in das Petroleum lässt man Luft eintreten und entmischt das Gemenge von Petroleum und Säureharz, zieht die Hauptmenge des letzteren ab und arbeitet mit 0,5 bis 1 Proc. gewöhnlicher concentrirter Schwefelsäure nach entweder in vorbeschriebener Weise oder dadurch, dass man mit Luft rührt und die besagte Säuremenge zulaufen lässt. Nach Abscheidung der Harze kann in demselben oder in einem zweiten Gefäss der Laugprocess vorgenommen werden. — Nicht gekracktes Petroleumdestillat wird durch Vorsäuerung entwässert, darauf nach Ablassen der Vorsäure mit Pressluft der Mischapparat in Thätigkeit gesetzt und 1 Proc. rauchende Schwefelsäure mit 20 Proc. Gehalt an freiem Anhydrid in das den Apparat durchströmende Rohpetroleum eingestäubt. Nach dem Schliessen der Klappe wird durch fortgesetzte schwächere Luftagitatio das Gemenge entmischt und nach dem Abziehen der Harze der Reinigungsprocess durch die Laugung beendet. Bei Oelen, die durch den Sauerstoff der Luft oxydirt werden, kann man sich zur Mischarbeit eines indifferenten Gases, z. B. der Kohlensäure oder desoxydirter Luft oder der Erde entströmender Gase (Methan, Aethan u. dgl.) bedienen. — Durch Vorsäuern entwässertes Benzin wird unter Benutzung des Zerstäubers (Mischapparates) durch sich selbst agitirt und währenddem 0,5 Proc. bez. 0,25 Proc. rauchende Schwefelsäure mit 20 Proc. bez. 60 Proc. Gehalt an freiem Anhydrid eingestäubt. Nach dem Abklären der Mischung und nach der Entfernung der Säureharze wird das Benzin gelaugt. (J. 1897.)

Nach ferneren Angaben der Badischen Anilin- und Sodaindustrie hat der Anwendung rauchender Schwefelsäure zur Reinigung von Erdölen oder deren Destillaten unter anderem auch der Missstand entgegengestanden, dass namentlich Schweröle und gekrackte Oele nach der Behandlung mit Oleum dunkel gefärbt waren und einen unangenehmen Geruch hatten. Es wurde nun gefunden, dass diese Missstände verursacht werden durch von der Einwirkung

der rauchenden Schwefelsäure herrührende Producte, welche kurz als Sulfurirungsproducte bezeichnet werden können und beim Behandeln mit rauchender Schwefelsäure im Oel gelöst zurückbleiben und beim Waschen und Laugen in Säure und sogen. Harzkörper zerfallen, und dass diese Harzkörper im Oel gelöst die dunkle Färbung und den unangenehmen Geruch erzeugen. Es wurde ferner gefunden, dass diese Sulfurirungsproducte leicht dadurch entfernt werden können, dass man das mit rauchender Schwefelsäure vorbehandelte Destillat nach dem Ablassen der gewöhnlichen ausgeschiedenen Harze noch mit einem kleinen Procentsatz gewöhnlicher Schwefelsäure (von 75 bis 100 Proc. H_2SO_4) in üblicher Weise behandelt und dann erst mit Wasser und Alkalien auswäscht. Das neue Verfahren gestattet also, mit wenig Oeum und wenig gewöhnlicher Schwefelsäure die Oele bis zu einem hohen Grad der Reinheit zu raffiniren und so die bisherige Reinigung der Oele mit gewöhnlicher Schwefelsäure allein durch eine bessere und billigere Behandlungsart (mit rauchender Schwefelsäure und Nachbehandlung mit gewöhnlicher Schwefelsäure) zu ersetzen.

Es werden z. B. 10 t galizisches Rohbenzin (spec. Gew. 0,730), welches mit 25 k gewöhnlicher Schwefelsäure entwässert und mit 50 k rauchender Schwefelsäure von 60 Proc. an freiem Anhydrid behandelt worden ist, mit 25 k gewöhnlicher concentrirter Schwefelsäure (92 Proc. H_2SO_4) innigst gemischt und nach dem Ablassen der Säureharze gewaschen und gelaugt. — 50 t gekracktes galizisches Petroleum (spec. Gew. 0,825), welches auf bekanntem Wege entwässert und mittels eines Düsenmischapparates innigst mit 500 k Oeum 20proc. gesäuert worden ist, werden nach dem Ablassen der Oeumharze noch mit 250 k concentrirter Schwefelsäure (94 Proc. H_2SO_4) innigst gemischt. Nachdem auf diese Weise die nach der Oeumbehandlung noch ungelöst gebliebenen Sulfurirungsproducte aus dem Destillat extrahirt und in Form von Säureharz zur Abscheidung gebracht worden sind, wird gewaschen und gelaugt.

15 t amerikanisches Maschinenöl (spec. Gew. 0,905), welches entwässert und mit 450 k Oeum 5proc. behandelt worden ist, werden mit 300 k Schwefelsäure von 92 bis 96 Proc. H_2SO_4 durch Röhren mit Luft gemischt und nach der Entfernung der hierbei abgeschiedenen Säureharze (jener Auflösung der nach der Oeumbehandlung zurückgebliebenen Sulfurirungsproducte in concentrirter Schwefelsäure) wird die Refinement dieses Destillats durch Laugung beendet. — 20 t russisches Schmieröl (spec. Gew. 0,930), welches nach dem Entwässern mit 800 k Oeum 5proc. behandelt worden ist, werden mit 200 k concentrirter Schwefelsäure innig gemischt und nach dem Ablassen der Harzlösung durch Laugen und Waschen fertiggestellt. — 10 t galizisches Paraffinpressöl (gekracktes Destillat vom spec. Gew. 0,902) werden, nachdem sie im entwässerten Zustand mit 700 k Oeum 10proc. behandelt und von den ausgeschiedenen Oeumharzen getrennt worden sind, mit 200 k Schwefelsäure (85 Proc. H_2SO_4) innig gemischt, die entstandene Lösung der Harzkörper in Säure zur Abscheidung gebracht und die Refinement durch Laugen und Waschen beendet. (Vgl. J. 1897, 54.)

In Pechelbronn erfolgt die Destillation des rohen Oels und dessen Theilung nach der Dichtigkeit. Man erhält dadurch: a) Oele für Bearbeitung zu Beleuchtungszwecken; b) schwere grüne Oele zu Paraffin; c) sehr feste Koks am Boden der Kessel, wenn man keinen Absatz für Theer hat. Ist derselbe vorhanden, so gewinnt man Theer und weniger grünes Paraffinöl. — Die weitere Behandlung der Brennöle erfolgt mit 4 Proc. Schwefelsäure und durch Waschen mit einer Lösung von krystallisirtem Natroncarbonat. — Dann folgt eine neue Destillation der bearbeiteten Oele in den Kesseln. Dabei erhält man: a) Petroleumproducte von 0,65 bis 0,70 spec. Gew., b) solche von 0,70 bis 0,745 spec. Gew., c) Oele von 0,800 und d) schwere Petroleum-brennöle von 0,825 Dichtigkeit, e) schwere Paraffin-Schmieröle und f) weiche Theersorten. Die Oele a) b) c) und d) werden mit Säure und Natron gereinigt und dann verkauft. Die schweren grünen und rothen Paraffinöle b) und c) gelangen in Blechbehälter, welche gekühlt werden. Paraffin krystallisirt aus, das Oel zieht man von dem Paraffingemenge ab, und das Paraffin kommt in Säcken unter eine Handpresse, dann zwischen die Platten einer Presse und endlich unter die hydraulische Presse. Die Abtropfproducte von den Pressen werden mit den Abzugölen gemengt und verkauft, die Oelgemenge auf Schmieröl verarbeitet und die grünen Oele zur Bereitung von reichem Gas verwendet. Das grüne und weisse Paraffin erhalten die Kerzenfabrikanten roh. Die ersten kleinen Mengen von der Destillation der Oele mit 0,65 bis 0,70 Dichte heissen Benzin und werden in Saarbrücken in Sicherheitslampen verbraucht (jährlich 3000 hk). Die dann kommenden Mengen sind die eigentlichen

Essenzen; hierauf folgen die 0,80 schweren Brennöle mit einer Entzündlichkeit über 36°. Die 0,825 bis 0,83 schweren Petroleumarten bilden die ersten Mengen der schweren Oele. — Alle diese Oele sind farblos mit bläulichem Schein und ohne Geruch. Die rothen Oele werden mit russischen und pflanzlichen Oelen zu Schmieröl verarbeitet. — Den Kesselboden nimmt bei dieser zweiten Destillation der Theer ein, der schwer verkäuflich ist. — Aus 100 k Rohöl werden zusammen 84 l Producte im Werthe von 13,09 Frcs. gewonnen. — In der Hauptraffinerie erfolgt die Destillation in stehenden Blechkesseln mit gusseisernem Boden, die nach aussen ausgebaucht sind und 100 bis 150 hk Oel fassen. Sie sind über einem Herde eingemauert und haben oben einen Dom mit mehreren Rohransätzen, an denen die Aufbeleitungen und die Schwanhalse zur Entwicklung der Oeldämpfe angeietet sind. Die Condensation derselben erfolgt in Schlangenrohren, welche sich in Wasserkästen befinden. Die Oeldestillation erfolgt sehr langsam, um jede Zerlegung zu verhindern und eine Sonderung der Dichtigkeit zu erhalten. Eine Operation dauert je nach der Kesselgrösse 10 bis 15 Tage; die Temperatur erhält man durch den Herd und durch überhitzten Dampf in kleinen schmiedeisernen Röhren, die sich schlangenförmig in einer gemauerten Kammer über einem besonderen Herde befinden. Jeder Destillirkessel besitzt einen Apparat zum Ueberheizen des Dampfes. Bei den rohen Oelen destillirt man, bis der Kessel leer wird. Nach jeder Operation wird der auf dem Kesselboden gebildete Koks entfernt; er beträgt 2 bis 7 Proc. der Ladung. Die Raffinerie in Sulz wollte die Oele im leeren Raume reinigen, was aber nicht befriedigend ausfiel. Die Bearbeitung und Reinigung der Oele erfolgt hier in grossen Cylinderbottichen mit durchlochtem Röhren am Boden. Das Durcharbeiten der Oele und der Säure oder des Natrons geschieht durch Pressluft. (J. 1894; vgl. auch J. 1887, 77; 1888, 69.)

Ueber die Erdölverarbeitung in den Vereinigten Staaten werden (J. 1894, 41) folgende Angaben gemacht: Man pumpt das Oel auf eine grosse stählerne bez. schmiedeiserne Blase und treibt mit freiem Feuer und überhitztem Dampfe die leichteren Oele über. Man destillirt zunächst die „Naphta“ (naphta), dann das „weisse Erdöl“ (white oil distillate), schliesslich ein mehr gelbes Product, das „gewöhnliche Erdöl“ (common oil distillate) ab. Den im Kessel verbleibenden Rückstand, die Residuen (tar), pumpt man in einen besonderen Kessel (tar still) über und treibt darin das Oel vollständig ab. Zunächst kommt ein leichteres, wenig Werth besitzendes Oel (light paraffine oil), schliesslich das werthvolle schwere Paraffinöl (heavy paraffine oil). Im Kessel verbleibt ein Koks, den man, wenn er sich in reichlicher Menge angesammelt hat, herausbricht. Die meisten dieser Oele werden durch fernere Destillation bez. auch nur durch chemische Reinigung weiter veredelt.

1. Verarbeitung der Naphta. Die aus dem Rohöle überdestillirte Naphta wird auf einer besonderen Blase (Naphta-still) fractionirt. Man fängt auf: das „leichte Gasolindestillat“ in fünf Fractionen, was nachher kommt, das „schwere Naphtadestillat“, ebenfalls in fünf Fractionen. Im Kessel verbleibt ein aus Leuchtöl bestehender Rückstand.

A) Leichtes Gasolindestillat (light gasoline distillate):

1. Theil redestillirtes Gasolin	Durchschnittsgewicht 90° B. bei 15°
2. „ „ „	88°
3. „ „ „	87°
4. „ „ „	86°
5. „ „ „	76°

B) Schweres Naphtadestillat (Heavy naphta-distillate):

1. Theil desodorisirte Naphta	Spec. Durchschnittsgewicht 74 bis 76° B. bei 15°
2. „ „ „	67,5 „ 76°
3. „ „ „	63°
4. „ „ „	61 bis 62°
5. „ redestillirte	58 „ 63°

C) Naphtarückstand. Derselbe verbleibt in der Blase, und wird, wenn er sich in grösserer Menge angesammelt hat, auf die Leuchtölsorten „water white“ und „standard white“ verarbeitet. Die aus der Naphta dargestellten leichtflüchtigen Präparate werden als Lösungsmittel in verschiedenartigster Weise verwendet. So dienen die Gasoline je nach der durch das spezifische Gewicht ausgedrückten Qualität: zum Lösen von Firnissen (als Substitut für Terpentin), zum Lösen von Japan-Lack, zum Lösen von Gummi, behufs Herstellung von Gummicement, als Oel für Löthlampen, zur Extraction aller Arten ölhaltiger Samen.

2. Verarbeitung des „weissen Erdöldestillates“ (white oil distillate). Dasselbe ist das bei weitem wichtigste Product der Fabrikation, der Grundstoff für die verschiedenen Leuchtöle (Illuminating oils). Je nachdem man mehr oder weniger feuersicheres Oel erzeugen will, nimmt man bei der Destillation der Rohnaphta weniger oder mehr von den leicht siedenden Kohlenwasserstoffen zu den einen höheren Siedepunkt und damit auch einen höheren Flamm- punkt besitzenden Antheilen hinzu. Die Tabelle zeigt, wie viel Procente von dieser oder jener Qualität Leuchtöl mit diesem oder jenem Flammpunkte aus Rohöl abdestillirt werden können:

Bezeichnung der Leuchtölsorte	Flammpunkte Grad F.	Ausbeuten, auf
		Rohöl bezogen Proc.
Standard white	110 (43° C.)	10
Standard white	120	15
Standard white	150	29
Water white	110	3
Water white	120	3
Water white	150	12
Head-light	175	2
Mineral seal	300	1

Die gebräuchlichsten Leuchtölsorten sind:

	Flammpunkte				
Standard white	110	120	130	140	150° F.
Water white	110	120	130	140	150° F.

Ausser diesen gelangen noch eine Anzahl anderer Oele auf den Markt. Stets hat man es mit Mischungen höher oder nieder siedender Kohlenwasserstoffe zu thun. Die Leuchtöle werden namentlich in West-Europa verbrannt, während Amerika selbst nur wenig davon verbraucht.

3. Verarbeitung des gelben Erdöldestillates (common oil distillate). Dasselbe wird nochmals destillirt und gibt dann weisses Erdöl und leichtes Paraffinöl. Ersteres gibt höchstestiges Leuchtöl, letzteres dient als Feuerungsmittel.

4. Leichtes Paraffinöl (light paraffine oil). Dasselbe wird unter den Dampfkesseln verbrannt.

5. Verarbeitung des schweren Paraffinöles (heavy distillate). Das schwere Paraffinöl bildet die Grundsubstanz für Schmieröle und Paraffin. Behufs Abtrennung des Paraffins wird das mit Schwefelsäure gesäuerte und gelaugte Oel einer längeren Zeit andauernden Kälte ausgesetzt. (Vgl. J. 1897, 56.)

Zur Entschweflung von Erdöl empfahl Heusler Chloraluminium, was sich aber nicht bewährt hat (J. 1895, 21; 1897, 65). Sommer empfiehlt Kupfersulfat (J. 1896, 29). Für Limaöl wird Salpetrigsäure empfohlen (J. 1895, 33), mehr aber noch das Verfahren von Frasch mit Metalloxyden (J. 1894, 29).

Die Ausbeute an den einzelnen Producten der Erdöldestillation ist je nach Art der Arbeit sehr verschieden (vgl. J. 1888, 73). Je mehr Benzin und Schweröle zu dem eigentlichen von 150 bis 290° siedenden Brennöl genommen werden, desto mehr von letzterem, aber auch von um so geringerer Beschaffenheit wird erhalten und umgekehrt. Deshalb herrscht auch in den Ausbeuteangaben der verschiedenen Raffinerien keine Uebereinstimmung. Aus zahlreichen Mittheilungen ergeben sich für Baku folgende Ausbeutewerthe:

Benzin (mit Gasolin)	5 bis 7 Proc.
Kerosin I (Brennöl)	27 „ 33
Kerosin II (Solaröl)	5 „ 8
Rückstände	50 „ 60

Im Allgemeinen werden hier zur Gewinnung von 1 Th. Kerosin 3,5 Th. Rohnaphta verbraucht. Je rascher man destillirt, desto mehr, aber auch um so schlechteres Kerosin wird erhalten. Die Siedepunkte sind etwa folgende: für Benzin bis 150°, Kerosin I. Sorte 150 bis 270°, II. Sorte 270 bis 300°. Als „Gasolin“ bezeichnet man in Baku den über 100°, also schwerer siedenden Theil des „Benzin“, welcher etwa $\frac{2}{3}$ der ganzen unter 150° siedenden Fraction ausmacht. Die specifischen Gewichte der Einzelfractionen gehen mit steigender Temperatur rasch in die Höhe. Bei einer im Grossen durchgeführten Destillation, wobei in Einzelfractionen von 5 zu 5° aufgefangen wurde, zeigte der niedrigst siedende, von 50 bis 55° übergehende Antheil ein spec. Gew. von 0,658, die Fraction 150 bis 155° von 0,764, die Fraction 265 bis 270° von 0,8537 (bei 15° bestimmt). Das zwischen 150 und 270° überdestillirende Oel hatte den Entflammungspunkt 30°. Nach Redwood's Angabe beträgt bei der Kaspischen Gesellschaft je nach Entflammungspunkt die Ausbeute:

	Spec. Gew.	Entflammung	Ausbeute
Kerosin, Extra-Sorte	0,815	30°	20 Proc.
Kerosin I. Sorte	0,820	25	33
Kerosin II. Sorte	0,821/822	22	38

Aus Kerosin II wird durch Mischen mit Gasolin ein geringwerthiges Leuchtöl dargestellt. — In der Nobel'schen Raffinerie hält sich die Ausbeute an Kerosin von 32° Entflammungspunkt auf 27 Proc., von 50° Entflammungspunkt auf 23 Proc. und die spec. Gew. betragen für Benzin 0,754, für Gasolin 0,787, für Kerosin 0,820/822. (Vgl. J. 1897, 43 u. 49.)

Die dortigen Kosten für 1 hk (= 100 k) Brennöl (Kerosin) berechnen sich folgendermaassen:

3,5 hk Rohnaphta	1,78 Mk.
Schwefelsäure	0,15
Aetznatron	0,11
Arbeitslöhne	0,06
Verwaltung	0,07
Kesselrevisionen	0,18
Tilgung (Amortisation) 15 Proc.	0,24
Zusammen	2,59 Mk.

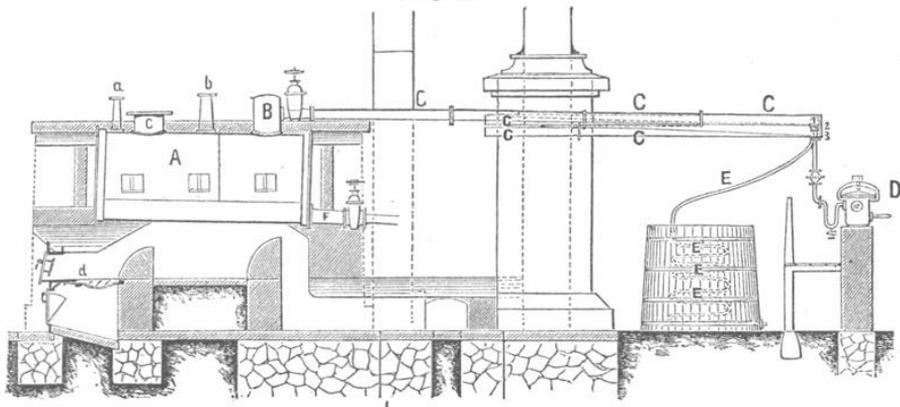
Zu dem Brennöl kommen noch als Ausbeute 50 Proc., also rund 1,7 hk Rückstände, welche zur Zeit einen Werth von etwa 40 bis 50 Pf. für 1 hk besitzen; ausserdem gehen 6 Proc. Rückstände in der Fabrikheizung (Destillation, Dampfkessel u. dgl.) auf. Die Arbeitslöhne betragen für einen Arbeiter 40 Mark monatlich, sind also nicht hoch und dabei bilden die für die gewöhnlichen Arbeiten meist angestellten Tataren dortiger Gegend ein sehr zuverlässiges und anstelliges Arbeiterpersonal. Bezüglich der Kosten für Neuanlage einer Raffinerie gilt nach Ragsone als Norm, dass man bei grossen Raffinerien, mit mehr als 80000 hk Jahreserzeugung, die Productionsziffer in Hektokilogramm mit 1,2 multiplicirt, um die erforderliche Summe in Mark zu erhalten. Eine Fabrikeinrichtung zu 100000 hk Jahreserzeugung kommt hiernach auf 120000 Mk. zu stehen. Die Kosten sind, abgesehen von den Apparaten, dadurch verhältnissmässig gering, dass wegen des nur ausnahmsweise eintretenden Regenwetters Kessel, Blasen, Behälter u. dgl. unmittelbar im Freien, also ohne Ueberdachung aufgestellt werden. Für kleine Fabriken hat man anstatt mit 1,2 mit einer höheren Zahl, bis zu 1,8, zu multipliciren.

Die Rückstände der in Baku betriebenen Kerosindestillation sind zur Erzeugung von Schmierölen ganz besonders geeignet. Die Rückstände zeigen 0,900 bis 0,910 spec. Gew., sind verhältnissmässig noch dünnflüssig und, wenn sie auch gegenüber den amerikanischen Rückständen nur äusserst geringe Mengen von Paraffin aufweisen, eine Gewinnung dieses letzteren sich deshalb auch entfernt nicht lohnen würde, so liefern sie bei der Destillation doch einen erheblichen Theil von Oelen, welche vermöge ihrer hohen Zähflüssigkeit (Viscosität), ihrer Kältebeständigkeit und Feuersicherheit die bestbekanntesten mineralischen Schmieröle abgeben. Nur die auf Tscheleken ge-

fundene Naphta zeigt den verhältnissmässig hohen Paraffingehalt bis zu 6 Proc., während nach Redwood der bis jetzt gefundene höchste Gehalt der Naphta von Baku 0,25 Proc. betrug.

Für Herstellung von Mineralschmieröl empfiehlt Veith einen Dampfüberhitzer, bei welchem ein Rohr aus Schmiedeisen mit Gusseisen überzogen ist; die äussere gusseiserne Hülle brennt schwer durch, kann höchstens Sprünge erleiden, wird aber, da sie auf eine schmiedeiserne Röhre aufgegossen ist, zusammengehalten; letztere kann nicht verbrennen, weil sie durch keine Stichflamme berührt wird. Der überhitzte Dampf strömt in die Kessel ein und tritt bei einem Gabelrohre aus. Die Löcher müssen sich in der Weise im Rohre befinden, dass ein Theil des ausströmenden Dampfes gezwungen ist, den Boden des Kessels zu bestreichen, um ein Anbrennen des Oeles zu verhindern und die letzten schweren Reste auszutreiben, währenddem ein anderer Theil des Dampfes theilweise seitlich, theilweise nach aufwärts strömt. Die Temperatur des überhitzten Dampfes liegt zwischen 220 und 270°. Die Kühlung ist maassgebend für die gute Beschaffenheit der Oele, denn trotz Anwendung von liegenden, in neuester Zeit ovalen Kesseln (zur möglichsten Herabsetzung der Steighöhe), trotz genügend und richtig überhitzten Dampfes waren die Oele nicht ganz entsprechend. Veith verwendet einen Kessel *A* (Fig. 111) mit Helm *B* und Luftrohr *C*, welcher anfangs einen Durchmesser von 40 cm, im Verlaufe verjüngend, und die Form einer

Fig. 111.

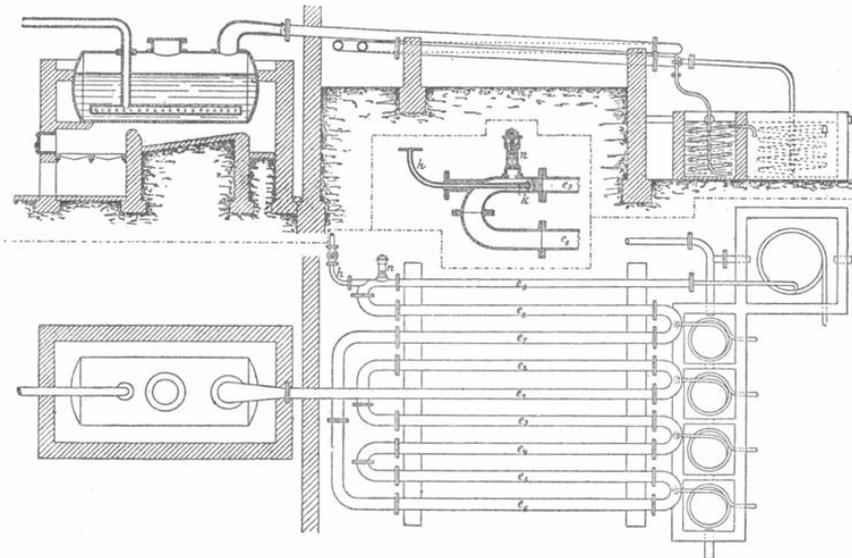


Schlange mit Gefälle hat. An den Punkten 1, 2 und 3 befinden sich die Abläufe für die jeweilig verflüssigten Oele, welche in die 3 Töpfe *D* und von dort in die Behälter abfliessen. Die Wasserkühlschlange *E* ist für die allerleichtesten Producte, der Ablass für die nicht mehr destillirbaren Schmierölrückstände ist bei *F*, *a*, *b* sind die Dampf-, bez. Oelzuleitungsstutzen, *c* das Mannloch. Ist der Rohölrückstand, aus dem das Oel gewonnen wird, genügend vorgewärmt (gewöhnlich auf 120 bis 130°), dann wird der überhitzte Dampf eingelassen. Der Ueberhitzer wird einige Stunden vor Inbetriebsetzung erwärmt und der Dampf durchströmen gelassen. Wenn der Dampf seine weissgraue Farbe verliert und beim Probirhahne blau und durchscheinend ist, dann ist er zur Genüge erhitzt, um in den Kessel einzuströmen. Mit dem allmählichen Einlassen des Dampfes beginnt auch die Destillation; die Oeldämpfe treten in die Luftkühlschlange ein. Anfänglich verflüssigen sich bei der ersten Abflussstelle leichte Oele, nach $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde treten bei den einzelnen Abflussstellen die Condensationsproducte in der Weise auf, dass nunmehr diese natürliche Scheidung der Oele bis zum Schlusse

der Destillation aufrecht erhalten werden kann. Der Unterschied der einzelnen specifischen Gewichte bei den Fractionen beträgt bis $\frac{15}{1000}^0$ zwischen je zwei Fractionen. Bei dieser Kühlung sind die Oele an der ersten Abflussstelle nahezu vollständig wasserfrei, auch die bei der nächstfolgenden sind es, während sich Wasser in grösserer Menge erst mit den allerleichtesten Oelen condensirt und am Endpunkte der Schlange nur reiner Wasserdampf austritt. (Vgl. J. 1890, 39; 1895, 37.)

Bei Destillation von Mineralölen und deren Rückständen mit überhitztem Wasserdampf zur Gewinnung von Schmieröl, tritt nach Pietsch vielfach der Uebelstand auf, dass sich bei dem im Kühler e bis e_9 (Fig. 112) hergestellten Vacuum durch die Wassereinspritzung eine zu starke Wirkung der letzteren bemerkbar

Fig. 112.



macht und in Folge dessen ein stossweises Herausschleudern des Destillats aus den Kühlschlangen erfolgt. Um diesem Uebelstande zu begegnen, ist vor dem Rohrende h bez. der Brause k an dem Rohr e_9 ein Luftventil n angeordnet, dessen Wirkungsweise mittels Spiralfeder geregelt wird (J. 1889, 20).

Die wichtigste Verwendung des gereinigten Erdöls ist die zur Beleuchtung in Lampen (S. 137). Da das Oel in den gebräuchlichen Erdöllampen bis 40^0 warm werden kann, so ist kein Leuchtöl ganz gefahrlos, welches schon unter 40^0 brennbare Dämpfe entwickelt (J. 1896, 32).

Die Untersuchung des für Leuchtzwecke bestimmten Erdöles¹⁾ geschieht in Deutschland jetzt mit dem verbesserten Abel'schen Prober (J. 1882, 1090). Erdöl, damit untersucht, soll nach den jetzt gültigen Vorschriften frühestens bei 21^0 entzündliche Dämpfe geben; es wäre jedoch sehr wünschenswerth, wenn dieser sog. Abeltest erhöht würde. Auch die leichter siedenden Producte des Erdöls, Gasolen, Naphta, Ligroïn werden oft zur Beleuchtung verwendet, indem sie theils in besonderen

1) J. 1880, 849; 1881, 1004; 1882, 1089; 1883, 1255; 1884, 1284; 1895, 24 u. 39; 1896, 47; 1897, 62; 1898, 29.

Lampen verbrannt, theils aber zur Sättigung von atmosphärischer Luft oder Wasserstoff mit leuchtenden Stoffen verwendet werden (S. 98).

Zur Herstellung von Leuchtgas in Retorten verwendet man Roherdöl, meist aber die zu anderen Zwecken weniger gut verwendbaren schwerer flüchtigen Oele und die bei der Rectification erhaltenen Rückstände (S. 116). Erdöl dient ferner zu Heizungszwecken in den bekannten Erdölkochern, selbst für Dampfkessel u. dgl. (S. 65).

Das durch Pumpen verdichtete, bei 0° siedende Cymogen diente früher zur Herstellung von künstlichem Eis, das bei 18° siedende Rhigolen oder Rhyolan als Anästheticum, Naphta (Petroleumäther, Canadol) zum Ausziehen von Fetten und fetten Oelen, Benzin zu Fleckwasser, zur sog. chemischen Reinigung von Kleidungsstoffen¹⁾, Farben und Firnissen.

Chandler unterscheidet:

Spec. Gew.	Siedepunkt	
0,65 bis 0,66	40 bis 70°	Petroleumäther (Keroselen, Rhigolen, Sherwood-Oil), Lösungsmittel für Harze, Kautschuk und Oel, sowie zur örtlichen Anästhesie bei chirurgischen Operationen und zu Kälteerzeugungszwecken;
0,66 „ 0,69	70 „ 90°	Gasoline oder Gasolene (Canadol). Zur Extraction von Oelen aus Samen u. dgl.; zur Wollentfettung und für Luftgasmaschinen;
0,69 „ 0,70	80 „ 110°	Naphta oder Benzin (Fleckwasser, <i>Safety Oil</i> , <i>Danforth's Oil</i> , zum Verfälschen des Kerosens und in grosser Menge zu Heizungszwecken);
0,71 „ 0,73	80 „ 120°	Ligroïne. Zum Brennen in den Ligroïnlampen und zur Bereitung von Leuchtgasen;
0,73 „ 0,75	120 „ 170°	Putzöl. Zum Putzen von Maschinentheilen u. dgl.; als Terpentinölersatz zum Verdünnen von Oelfarben, Lacken u. dgl.

Paraffin- und Solarölindustrie.

Geschichte. Paraffin wurde, wenn auch unrein, als „Bergfett“ 1819 von Buchner aus Erdöl von Tegernsee abgeschieden (J. 1869, 709). Genauer untersucht wurde es von Reichenbach, welcher es 1830 aus Buchenholztheer abschied und wegen seiner geringen Verbindungsfähigkeit Paraffin (*parum affinis*) nannte. Selligue stellte es 1832 in grösserem Maassstabe aus den Destillationsproducten bituminöser Schiefer her; 1847 wurde bei Hamburg durch Noblé eine Fabrik zur Destillation schottischer Wemyskohle, dann Bogheadkohle errichtet, 1849 eine solche für Blätterkohle bei Bonn; Young führte diese Industrie mit grossem Erfolg in England ein. Die deutsche Braunkohlenschweelerei entwickelte sich seit 1856.

Paraffin wird gewonnen aus Erdöl, Erdwachs und den Destillationsproducten von Braunkohlen und bituminösen Schiefen.

1. Die Abscheidung von Paraffin aus Erdöl (sog. Belmontin) wurde bereits S. 114 besprochen. Besonders erwähnenswerth ist noch das Weichparaffin, Vaseline genannt, welches aus manchen Erdölen durch Filtration über Knochenkohle u. s. w. gewonnen wird und zum Einölen von Metalltheilen, Hähnen, für Salben u. dgl. verwendet wird (vgl. J. 1888, 38).

2. Erdwachs (Ozokerit, Neft-gil) wird besonders in Galizien gewonnen (Boryslaw seit 1854), ferner in Ungarn, Moldau, Kaukasus, Nordamerika²⁾. Die gewonnenen Massen werden geschmolzen, das nach Absetzen des beigemengten Schmutzes erhaltene rohe Erdwachs zur Paraffingewinnung der fractionirten Destillation unterworfen. Ozokerit von Boryslaw ergab:

¹⁾ Benzinbrände durch Selbstentzündung; Antibenzylnpyrin ist ölsaure Magnesia. (J. 1895, 33.)

²⁾ J. 1885, 1244; 1886, 1074; 1888, 55; 1889, 22; 1890, 43; 1897, 34.

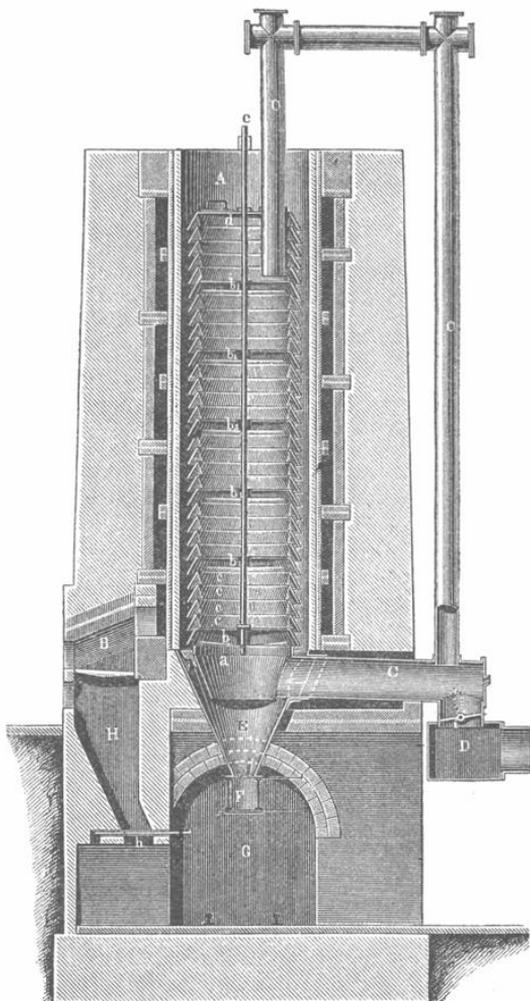
	I	II
Benzin, 0,710 bis 0,750	4,32	3,50
Kerosin, 0,780 bis 0,820	25,65	27,83
Schmieröl, 0,895	7,64	6,95
Paraffin	56,54	52,27
Koks	2,85	4,63
Verlust	3,00	4,82

Das abgepresste Paraffin wird mit Schwefelsäure gereinigt¹⁾. Das meiste Erdwachs wird jedoch ohne Destillation durch Erwärmen mit Schwefelsäure und Behandeln mit Entfärbungspulver (Blutlaugensalzrückstände u. dgl.) gereinigt und als Ceresin weiss oder gefärbt namentlich als Ersatz für Bienenwachs verwendet (vgl. J. 1893, 20).

3. Die Gewinnung von Paraffin durch Destillation von Braunkohle ist ein wichtiger Industriezweig der Provinz Sachsen. Die verwendete erdige Braunkohle, sogen. Schweelkohle (Pyropissit), ausgezeichnet durch hohen Wasserstoffgehalt, findet sich besonders zwischen Weissenfels und Zeitz, bei Halle, Eisleben und Aschersleben.

Zum Schweelen der Braunkohlen dienen jetzt allgemein stehende Retorten, welche ein System von abgeschragten Ringen enthalten (Fig. 113), die in der Mittelachse *c* mit Stegen *b* befestigt sind. Der ringförmige Raum zwischen diesen Ringen und dem stehenden Cylinder bildet den Schweelraum. Die bei *A* eingefüllten Kohlen rutschen in diesem Schweelraume nach Maassgabe der bei *F* abgezogenen Rückstände nach unten, während die Destillationsproducte durch die Schlitzte zwischen den Ringen in den inneren Raum treten und durch Rohre *C* in die Vorlage *D* und die Kühler gelangen. Die von der Feuerung *B* aus zutretenden Heizgase werden spiralförmig um den Cylinder herum geleitet, um ihn

Fig. 113.



1) J. 1887, 85; 1890, 40; 1895, 43.

gleichmässig zu erhitzen¹⁾. Seit einigen Jahren werden die Schweißgase, bestehend aus

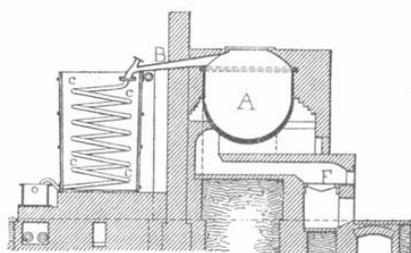
Kohlensäure	10 bis 20 Proc.
Schwere Kohlenwasserstoffe	1 " 2 "
Kohlenoxyd	5 " 15 "
Methan	10 " 25 "
Wasserstoff	10 " 30 "
Sauerstoff	1 " 3 "
Stickstoff	10 " 30 "
Schwefelwasserstoff	1 " 3 "

mit wesentlichem Vortheil mit zum Heizen der Retorten verwendet²⁾, neuerdings auch zum Treiben von Gaskraftmaschinen. Die Destillationsrückstände, Grude genannt, werden in kleineren Haushaltungen für Kochherde verwandt.

Die Schweißerei Concordia bei Nachterstedt³⁾ enthält z. B. 32 Schweißcylinder von 8 m Höhe und 1,5 m lichter Weite. Dieselben sind bis auf das obere aus Eisen bestehende 1 m hohe Ende ganz aus Scharmotteformsteinen erbaut und enthalten im Innern je 45 Stück jalousieartig übereinandergesetzte gusseiserne Glocken. In dem zwischen Glocken und Mantel bleibenden 15 cm weiten Schweißraum schurren die oben aufgegebenen Kohlen schweißend und langsam nach unten, wo sie durch Sicherheitsabzug in untergeschobene Wagen als Koks abgezogen werden. Dieser letztere wird in einem kleinen Wellblechhäuschen abgelöscht und dient dann als Grudekoks, ein Hauptproduct der Braunkohlenschweißerei. Die aus der Kohle destillirten Theergase entweichen in die Glocken, aus denen sie abgezogen und in eine ausgedehnte schmiedeiserne Luftcondensation mit möglichst grosser Oberfläche gedrückt werden. Der hier verdichtete Theer wird an die Paraffinfabrik abgegeben, während die Gase als Heizmittel für die Schweißcylinder dienen, so dass nur für den vierten Theil der aufgestellten Cylinder die directe Kohlenfeuerung nöthig ist. 1894 wurden 536 000 hl Kohle verschweißelt unter Aufwand von 59 600 hl Kohle zum Cylinderfeuern und 37 500 hl Kohle zum Kesselfeuern, und es wurden daraus dargestellt 20 740 hk Theer vom spec. Gewicht 0,865 und 141 500 hk Grudekoks, das ist auf 1 hl Kohle 3,89 hk Theer und 26,4 k Koks.

Der von dem (werthlosen) Wasser getrennte Theer wird allgemein aus gusseisernen Blasen *A* (Fig. 114) von 2 bis 3 cbm Inhalt mit niedrigem Helm *B* und Kühler *c* destillirt. Neuerdings wird die Destillation unter Luftverdünnung bevorzugt⁴⁾. Die dazu verwendete Blase hat am Boden eine 8 cm weite Oeffnung mit äusserem Flansch, an dem ein Rohr *L* (Fig. 115) angeschraubt ist, welches unter der Feuerung durch einen Hahn *H* abgeschlossen ist. Gegen das Feuer ist es durch eine Ummauerung mit Ringsteinen geschützt. Die Blase wird in einiger Entfernung von der Feuerung (Schlitzfeuerung) durch 17 bis 18 Ringelsteine *T* gestützt, welche in die Wand eingemauert sind.

Fig. 114.



1) Vgl. W. Scheithauer: Die Fabrikation der Mineralöle und des Paraffins aus Schweißkohle, Schiefer u. dgl. (Braunschweig 1895).

2) J. 1892, 43; 1893, 51; 1896, 53.

3) J. 1887, 63; 1895, 45.

4) Scheithauer: Mineralöle S. 103.

Die Kühlschlange *K* mündet, wie Fig. 116 u. 117 veranschaulichen, in ein Dreiwegest ck *W*, dessen zwei seitliche Wege mit je einer cylindrischen Vorlage *M* von 1,5 hl Inhalt verbunden sind. Die Vorlage hat oben ein Schauglas *a*, aus dessen Füllung man die der Vorlage selbst erkennen kann. Am Boden der Vorlage ist noch ein Auslaufrohr *b* mit Hahn angebracht, durch welches das Destillat abfliest. Es wird nun an den Vorlagen durch einen Körting'schen Luftsauger oder eine Luftpumpe gesogen und so darin und in der Blase eine Druckverminderung erzeugt; die Vorlage hat Hähne *c*, um die Verbindung mit dem Luftsauger und der äusseren Atmosphäre herzustellen und um beim Entleeren der Vorlage Luft eintreten zu lassen. Die Vorlagen sind abwechselnd in Thätigkeit; wird in die eine destillirt, so läuft das Destillat aus der andern ab. Die Luftpumpe bietet im Vergleich mit dem Körting'schen Luftsauger den Nachtheil, dass sie öfterer

Fig. 116.

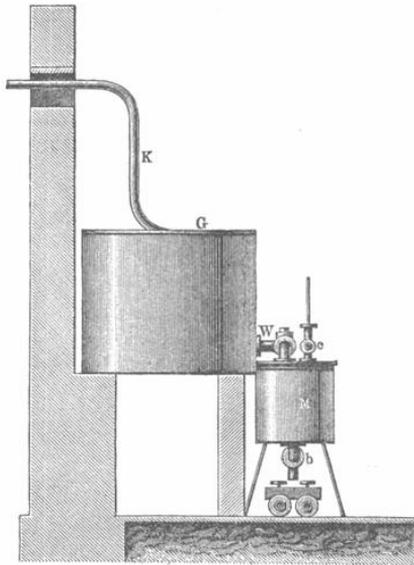


Fig. 115.

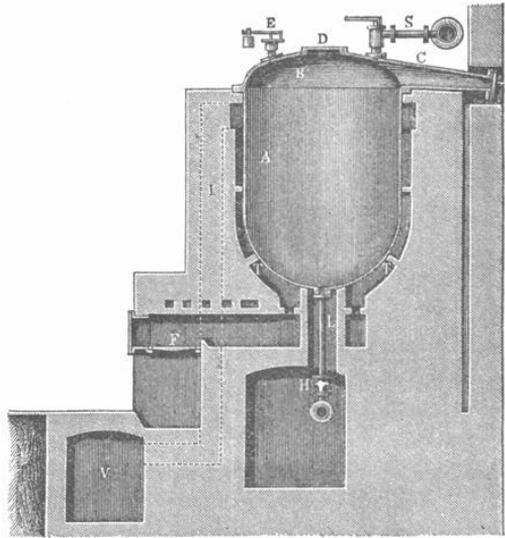
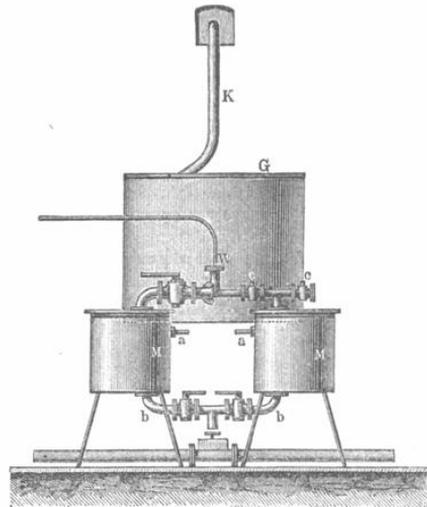


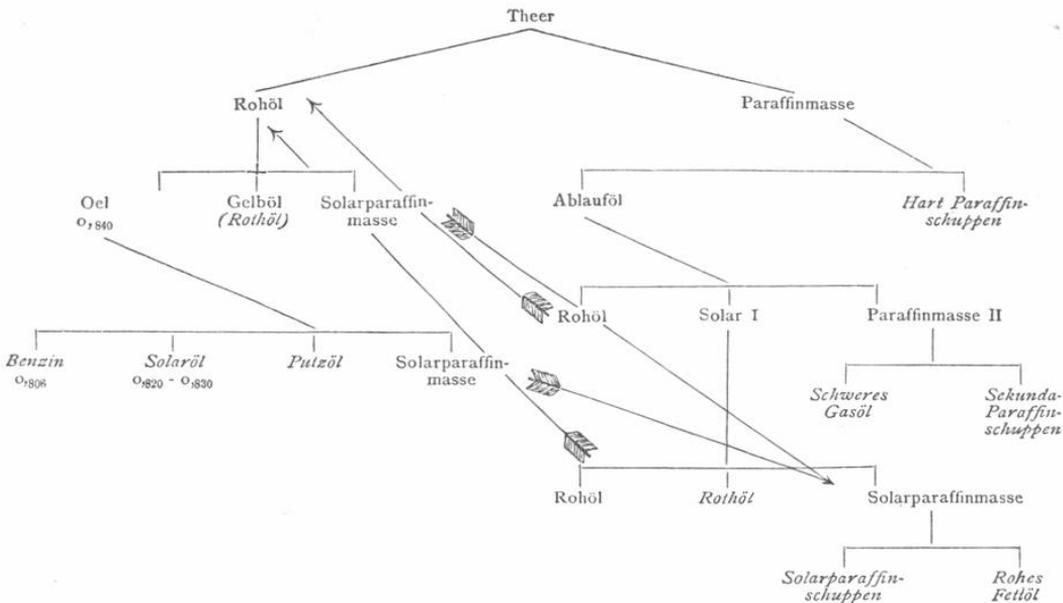
Fig. 117.



Reparaturen bedarf, da die heissen Gase das Metall angreifen. Die mit dem Luftsauger abgesogenen Gase ziehen durch die Kühlschlange des vor dem Luftsauger aufgestellten K hlers, werden hier von den Wasserdämpfen befreit und entweichen in die Luft, wenn sie keine andere Verwendung finden. Die Blase ist durch ein enges Rohr

mit einem Quecksilber-Vacuometer verbunden, welches das in der Blase herrschende Vacuum anzeigt. In den Blasendeckel, der mit einem Messstutzen versehen ist, mündet noch eine Fülleitung *S*, welche durch einen Hahn abgeschlossen ist. Bei Beginn der Destillation arbeitet man in mässig luftverdünntem Raume und lässt das erste Destillat eine geringe Zersetzung erleiden; dann steigert man das Vacuum und destillirt, sobald Paraffin auftritt, in einem Vacuum, das einer Quecksilbersäule von 40 bis 50 cm entspricht. Nach 6 bis 7 Stunden ist die Destillation von $\frac{3}{4}$ der Füllung beendet, den Rückstand lässt man $1\frac{1}{2}$ Stunden erkalten und dann nach dem Rückstandskessel laufen, von dort wird er nach etwa 4 Stunden auf die Rückstandsblasen durch Pressluft gefüllt, mit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Proc. Kalk oder dergl. versetzt und zur Trockne destillirt. Die Theerblasen werden nach dem Ablassen des Rückstandes sofort wieder gefüllt, so dass man mit ihnen in der Woche, Nacharbeit eingeschlossen, 15 bis 16 Füllungen destillirt. Nach 2 bis 3 Wochen werden die Blasen geöffnet und von der geringen Menge Koks und Russ, welche sich angesetzt hat, gesäubert. Derartig eingebaute Blasen und das sie umgebende Mauerwerk behalten die darin aufgespeicherte Wärme und sind damit, abgesehen von der Ersparniss an Brennstoff, gegen die Einwirkung der kalten Luft, die oft zerstörend für die Apparate sein kann, geschützt. Der ganze Vorgang vollzieht sich in geschlossenem Raume und ist daher ohne Belästigung durch Gase und Dämpfe für die Arbeiter möglich. Die Entfernung des Rückstandes ist auf $\frac{1}{5}$ der Blasen reducirt, ohne dass das lästige Ueberschöpfen des Theerrückstandes nöthig wird. 20 hk Theer erfordern zur Destillation, die Rückstandsblase eingeschlossen, durchschnittlich 8 bis 9 hl Feuerkohle.

Folgendes Schema deutet die weitere Verarbeitung an.



In der Fabrik Concordia (vgl. S. 120) wird z. B. der Theer durch Destillation in 8 gusseisernen Blasen von je 3000 k Inhalt in Paraffin und Oele zerlegt. Es destilliren zunächst die Oele und zwar so lange, als ein Tropfen des Destillats auf Eis

nicht erstarrt; sobald letzteres eintritt, beginnt die Destillation des Paraffins, welches für sich aufgefangen und in Hülsen gefüllt wird, in denen es 8 Tage zur Krystallisation ruhig stehen bleibt. Darauf werden die Paraffinschuppen vom Oel durch Pressen in Filterpressen getrennt, das Oel geht zurück zur Destillation, die Schuppen werden in hydraulischen Pressen fast ölfrei gepresst, darauf geschmolzen und mit Photogen zum Weglösen der dunkel gefärbten Oele versetzt. Nach dem Abkühlen und Krystallisiren wird das Paraffin einem hydraulischen Drucke von 150 bis 300 Atm. je nach dem Schmelzpunkt ausgesetzt. Dieses Reinigungsverfahren wird je nach Bedarf wiederholt und schliesslich werden die fast weissen Presskuchen von Neuem geschmolzen, mit directem Dampf 10 bis 12 Stunden geblasen, um das Photogen zu verjagen, mit Kohle entfärbt und filtrirt. Das Filtrat wird in Blechformen gegossen, hierin erstarren gelassen, abgeputzt und verpackt. — Die bei der Destillation zuerst gewonnenen Oele werden im Mischhause durch Behandeln mit Schwefelsäure und Natronlauge von Kreosot und Brandharzen gereinigt und sodann durch fractionirte Destillation getrennt; man gewinnt auf diese Weise Photogen, Solaröl, Gelböl, Putzöl und in der Hauptsache das Gasöl, welches z. B. im Eisenbahnbetrieb zur Beleuchtung der Wagen, ferner zur Bereitung von Schmieröl und zur Darstellung von feinem Russ dient. 1894 wurden in Nacherstedt 12 900 hk Theer unter Verbrauch von 76 300 hl Kohle, 150 hk Schwefelsäure, 170 hk Aetznatron und 50 hk Entfärbungspulver verarbeitet und daraus in der Hauptsache gewonnen 6800 hk Gasöl = 52,8 Proc., 680 hk Weichparaffin 40 bis 50° = 5,3 Proc. und 1125 hk Hartparaffin = 8,8 Proc.

Die Verarbeitung des Braukohlentheeres in den Riebeck'schen Paraffinabriken geschieht nach Krey durch 1) Destilliren, 2) Behandeln mit Chemikalien („Mischprocess“), 3) Krystallisiren und 4) Entölen des Paraffins (Pressen). In der Fabrik Webau geschieht die Destillation seit 1884 im luftverdünnten Raum ¹⁾.

Webau hat drei Destillationsgebäude; im Hauptgebäude wird Theer und schweres Theeröl und deren Rückstände in 26 Blasen destillirt, ein zweites Gebäude enthält 7 Blasen zur Destillation von leichten Oelen und zwei für deren Rückstände. Im dritten Gebäude arbeiten 4 Blasen Abgänge aus der Behandlung der Mineralöle mit Chemikalien auf. Diese letzterwähnten Blasen haben keine Vacuumeinrichtung. — Das Hauptgebäude ist 84 m lang und 12,5 m breit, die 26 Blasen liegen nebeneinander, der Heizerstand ist eingedeckt und trägt die Decke die Kohlenbahn, von welcher die Feuerkohle durch Fülltrichter in den Heizerstand gelangt. Das Mauerwerk der Blasen ist durch eine Mauer vom Destillationsraum getrennt (vgl. Fig. 115 bis 117 S. 121). Derselbe enthält nebeneinander angeordnet 30 Kühler, 26 für 26 Blasen und 4 zur Kühlung der Körting'schen Luftsauger, welche zur Erzeugung der Luftleere bei der Destillation dienen. Jede Blase hat zwei Vorlagen, welche abwechselnd mit Blase und Luftsauger in Verbindung, das Destillat aufnehmen. Sobald eine Vorlage (etwa 150 k) gefüllt ist, wird erwähnte Verbindung mit der anderen Vorlage hergestellt, welche nunmehr das Destillat aufnimmt. Bis diese vollläuft, wird die erste durch Oeffnen der Hähne entleert und ist nach der Entleerung wieder bereit, die andere Vorlage abzulösen. Ein am Kühler befindliches Quecksilbervacuummeter gibt das in der Blase vorhandene Vacuum an, welches bei der Destillation der paraffinhaltigen Antheile 40 bis 50 cm Quecksilber betragen muss. Die Kühlschlangen sind sämmtlich von Gusseisen, haben 65 mm Durchmesser und etwa 8 bis 10 qm Kühlfläche und sind in eiserne Kühler (1,55 × 1,13) eingebaut. Die Vorlagen entleeren in Rohrleitungen, welche die Destillate in Behälter abführen, in denen sie bis zur weiteren Verarbeitung bleiben. Ein wesentlicher Vorzug der Methode ist noch der, dass sie sich in geschlossenem Apparat vollzieht und die Beseitigung der festen Rückstände — das „Auskoken“ der Blasen — auf ein Viertel reducirt ist. Die durch die Destillationsgase und -Dämpfe früher vorhandenen Belästigungen der Arbeiter (namentlich Augenentzündungen) haben vollkommen aufgehört. (Vgl. S. 121.) Die Blasen für Theer (9) und für schweres Oel (6) haben am tiefsten Punkte einen Ablasshahn, aus dem das

1) Nach Schumann wird bei der gewöhnlichen Theerdestillation Paraffin zerstört, so dass die Gewinnung von Paraffin aus dem Theer ohne Destillation anzustreben wäre. Dagegen findet Scheithauer, dass je nach Art der Destillation Paraffin gebildet oder zerstört wird. (J. 1890, 70 u. 75; vgl. auch J. 1888, 50.)

Residuum durch eine Rohrleitung nach den 3 Rückstandskesseln abgelassen wird. Die Rückstandsblasen werden aus den Rückstandskesseln mittels Presse gefüllt und bis zur Trockne (zum Koke) abdestillirt. Die Destillation der Theerrückstände erfolgt über Kalk. Die Blasen zur Destillation der leichten Oele sind zwecks schärferer Trennung der Destillate mit Colonnen (von 2 m Höhe) versehen, wie sie ähnlich an den Apparaten der Spiritusdestillation zur Verwendung gelangen. Die Destillation der leichten Oele erfolgt über Aetznatron.

Nach der ersten Trennung des Theeres mittels fractionirter Destillation in Rohöl und Rohparaffinmassen bedürfen die Mineralöle, abgesehen vom Mischprocess, je nach ihrer Verwendung und erforderlichen Reinheit einer zwei-, drei-, ja viermaligen Destillation. Bei der zweiten Destillation entstehen bereits helle Gasöle als verkaufsfertiges Product, während die dritte Destillation Benzin-, Leucht- oder Solaröl, Putzöl, helle und dunkle Gasöle liefert. Letztere gibt neben Fettölen auch die vierte Destillation. Die Vornahme der Destillation geschieht sowohl aus Gründen der Oelraffinerie als um das in Lösung enthaltene Paraffin in der Lösung zu concentriren und zu gewinnen¹⁾. Aus den Abgängen der Mischerei gelangen Antheile ebenfalls zur Destillation, welche jedoch nicht im Vacuum, sondern unter Einströmen von überhitztem Dampf am Boden der Blase vorgenommen wird. Für diese Arbeit sind in Webau 4 Blasen thätig, welche monatlich 60 t Kreosotöl und 50 t Asphalt erzeugen. Letzterer wird aus den Blasen mit Presse direct in Formen abgedrückt. — Das Abdestilliren mit Dampf ohne sonstige Heizung der Blase (das sogenannte Abblasen) wird besonders bei der Darstellung der leichtesten Oele (des Benzins) angewandt. Bei der eigentlichen Theer- und Oeldestillation (im luftverdünnten Raum und über freiem Feuer) wird mit Dampfunterstützung nicht destillirt.

Die Destillation wird ergänzt durch den Mischprocess, d. h. die Behandlung der Producte mit Schwefelsäure und Natronlauge. Beide Chemikalien werden in wechselnder Concentration angewendet, erstere als solche von 66° und 50° Bé. = 1,842 und 1,53 spec. Gew., sowie gelegentlich als rauchende Schwefelsäure, die Natronlauge von 32 bis 40° Bé. = 1,357 spec. Gew.

Das Mischhaus zu Webau ist 25 m lang und 11 m breit, enthält 10 geschlossene cylindrische Gefässe, welche im Deckel Schauklappen haben (Fig. 118 u. 119). Die Gefässe sind schmiedeiserne mit Walzbleifutter. Die Chemikalien befinden sich in Druckkesseln, welche in den Fussboden eingelassen sind und werden mittels Pressluft in Messgefässe gedrückt, welche höher stehen als der Einlauf in das Mischgefäss ist. Die Mischgefässe stehen auf einzelnen, 3,7 m hohen Säulen und tragen in der Mitte des Umfangs einen Winkeleisenring, der an eine eiserne Bühne genietet ist, welche die ganze Anlage in zwei übereinander gelegene, völlig von einander getrennte Räume theilt. Unter den Gefässen laufen die Rinnen hin, welche die Mischproducte, d. h. die sich am Boden absetzenden mit Theerproducten beladenen Chemikalien aufnehmen und weiter leiten. Jedes Mischgefäss fasst 18 t, also die Ladung von 6 bez. 9 Blasen und werden solche durch einfaches Ablaufenlassen durch das am Mischgefäss befindliche Abfüllventil gefüllt, da die Mischgefässe entsprechend hoch stehen. Das Mischen geschieht durch Einblasen von Luft. — Das Webauer Mischhaus ist gut gelüftet, da die Pfeiler des Gebäudes sämmtlich als Ventilationsschächte angelegt sind und die geschlossenen Gefässe in eine weite Rohrleitung münden, an welcher ein Gebläse saugt. — Zur Bedienung der gesammten Anlage, in welcher täglich etwa 250 bis 300 t Mineralöle aller Art behandelt werden, sind nur 2 Arbeiter (je einer bei Tag und Nacht) erforderlich.

Die Behandlung mit Schwefelsäure entzieht den Mineralölen die basischen Stoffe und löst namentlich hochsiedende ungesättigte Kohlenwasserstoffe und Harze; auch wird eine theilweise Oxydation bewirkt, was sich durch das Auftreten schwefliger

1) Ein Destillationsverfahren, welches die Darstellung leichter Oele durch Zersetzung schwerer, geringwerthiger Oele zum Gegenstand hat, ist die Destillation unter höherem Druck. Das Verfahren (von Krey herrührend) wird in Webau mit zwei Apparaten ausgeübt. Da der Markt für Gasöle sich gebessert hat, ist eine grössere Anwendung des Verfahrens für die nächste Zeit nicht zu erwarten (vgl. J. 1886, 1100; 1889, 15; 1890, 62 u. 66).

Säuren bemerkbar macht. Bei Anwendung concentrirter Säuren ist das Mischproduct schwarz und dickflüssig. Dasselbe wird dann in geschlossenen Gefäßen bei vorgelegtem

Fig. 118.

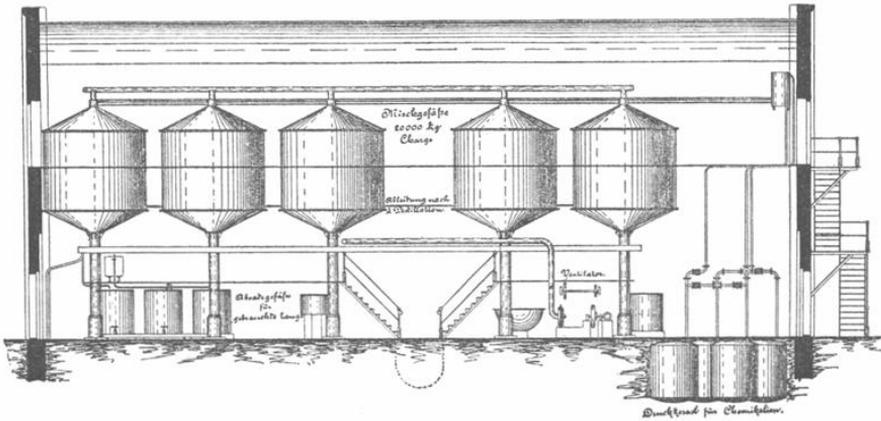
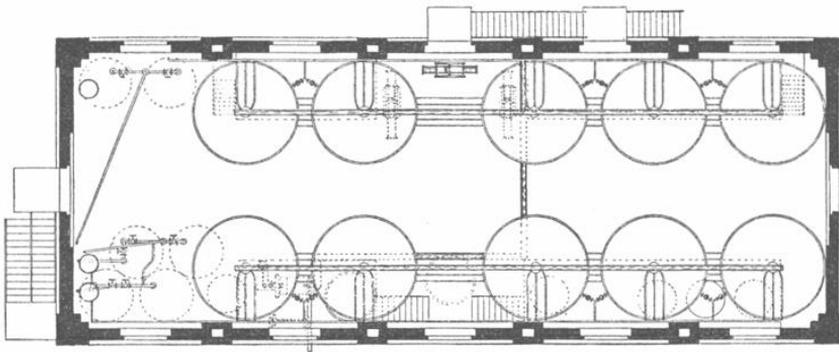


Fig. 119.



Kühler durch einströmenden Dampf zerlegt, die Abfallsäure abgezogen und die ausgefüllten Harze dann mit überhitztem Wasserdampf destillirt. (Vgl. J. 1898, 34.)

Durch Natronlauge werden den Mineralölen die sauren Stoffe entzogen, sog. Kreosot; sie gehören zum Theil der Phenolreihe an. Phenol ist nicht vorhanden, wohl aber die drei Kresole, in hochsiedenden Antheilen hat v. Boyen (J. 1890, 78) Kreosol gefunden. Verdünnt man die Kreosotnatronlösung bis zur sechs-fachen Menge mit Wasser, so scheiden sich Oele mit sehr hohem spec. Gewicht aus. Die davon befreite Kreosotnatronlösung lässt sich dann beliebig mit Wasser verdünnen, ohne sich zu trüben. Das Kreosotnatron wird als solches zum Imprägniren von Grubenhölzern verbraucht oder durch verdünnte Säuren zerlegt und das abgeschiedene Rohkresot verkauft. Der Schwefel tritt in wechselnden Mengen auf. Im Rohtheer sind 0,4 bis 4 Proc. Schwefel gefunden worden; ein Mittel zu seiner völligen Beseitigung ist leider noch nicht vorhanden.

Die Oelfabrikate ¹⁾ aus dem Braunkohlentheer sind:

1) Vgl. J. 1890, 63; 1896, 55.

leichtes Braunkohlentheeröl (auch — fälschlich — Benzin genannt) im spec. Gew. 0,790 bis 0,800,
 Solaröl, Leuchtöl, 0,825/30, farblos, bis 260° siedend,
 Putzöl, Extractionsöl, 0,850/60, Entfl.-P. 100°, fast farblos bis schwach gelb, bis 280° siedend,
 helle bis rothe Paraffinöle für verschiedene Zwecke, auch zur Vergasung, 0,860/80, bis 300° siedend,
 dunkle Paraffinöle zur Vergasung und zur Wagenfetfabrikation, 0,880/925, rothbraun bis schwarz,
 Fettöle, gelbe und gelbrothe Paraffinöle, 0,880/0,900, für bessere Schmiermittel, Kreosotproducte, Braunkohlenpech, Goudron.

Den bei der Destillation erhaltenen paraffinhaltigen Oelen wird das Paraffin durch Abkühlung und Krystallisirenlassen entzogen. Die von der Theerdestillation erhaltenen Paraffinmassen werden mittels Grubenwasser auf dessen Temperatur (etwa 18°) gekühlt und zwar in sog. Hülsen von etwa 27 k Inhalt. In den gleichen Gefässen (von denen etwa 5500 Stück in Betrieb sind), aber mittels Salzlösungen, welche in Eismaschinen auf etwa — 5° abgekühlt sind, auf etwa 0° abgekühlt werden die Paraffinmassen, welche der 2. und 3. Destillation entstammend, Paraffine von 42° bis 48° Schmelzpunkt geben. Paraffinmassen der 3. und 4. Destillation, welche Paraffine unter 42° Schmelzpunkt geben, werden in grösseren cylindrischen Gefässen (zu 40 bis 50 hk Inhalt) in der Winterkälte auskrystallisiren gelassen.

Die zur Kühlung der in Hülsen auskrystallisirten Weichparaffinmassen verwendeten Salzlösungen werden in Eismaschinen abgekühlt¹⁾. Das Paraffin fällt aus der Hülse in einen Trog, in welchem es durch einen Maischapparat zerkleinert und von hier nach den Filterpressen gedrückt wird, in denen die erste Entölung der Masse vorgenommen wird. Die Filterpresslinge werden dann einem Druck von 80 bis 100 Atm. in stehenden hydraulischen Pressen unterworfen und enthalten die dabei erhaltenen Presslinge schon gegen 90 Proc. Paraffin. Die Presslinge werden nun wiederholt unter Zusatz leichter Braunkohlentheeröle geschmolzen, erstarren gelassen und abgepresst und schliesslich die anhaftenden Theile leichter Theeröle durch einströmenden Dampf, in Blasen mit vorgelegtem Kühler zur Condensation des abgeblasenen Benzins, entfernt.

Die Schlussbehandlung des Paraffins ist seine Entfärbung mittels Thierkohle bezw. dem sogenannten Entfärbungspulver (Rückstände der Blutlaugensalzfabrikation). Dieselbe geschieht in grossen cylindrischen Gefässen durch Mischen mit Luft, letztere getrocknet und filtrirt. Die Trennung vom Entfärbungsmittel geschieht mittels Filtriren durch Papier. Dasselbe wird nach seinem Gebrauch ausgelaut²⁾.

Destillation bituminöser Schiefer. Bei Autun (Saône et Loire) werden jährlich etwa 200 000 t bituminöse Schiefer in stehenden eisernen Retorten abdestillirt; die Heizung der Retorten erfolgt mit den Destillationsrückständen und den entweichenden Gasen. 100 k Schiefer geben 4 bis 6 l Rohöl. Dasselbe scheint aus Kohlenstoffverbindungen der Reihen C_nH_{2n} , C_nH_{2n+2} , C_nH_{2n-6} nebst veränderlichen Mengen abgeleiteter Phenolverbindungen zu bestehen. Das Rohöl enthält Paraffin und Schwefelverbindungen, welche ihm einen unangenehmen Geruch ertheilen. Ausserdem werden etwa 0,5 k Ammoniak erhalten (J. 1897, 66).

Weit bedeutender ist die Schieferölindustrie in Schottland. Der bituminöse Schiefer wird in stehenden Retorten bei annähernd Dunkelrothglut

1) Beilby kühlte zuerst die Räume durch Eismaschinen (J. 1885, 1240; 1886, 1074).

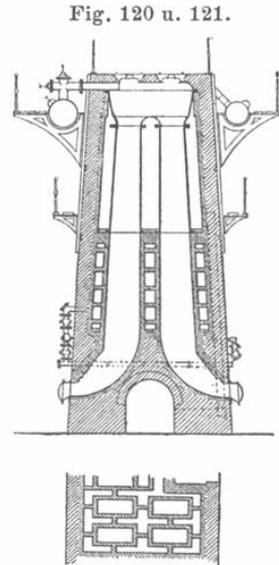
2) Vgl. J. 1889, 24; 1890, 53.

destillirt. Am verbreitetsten ist die Retorte von Young und Beilby (Fig. 120 und 121), deren unterer Theil aus Scharmotte hergestellt ist, während der obere Theil aus Gusseisen besteht; Fig. 121 zeigt den Querschnitt des unteren Theils. Geheizt wird mit den Destillationsgasen. Zur Erhöhung der Ammoniak-, Theer- und Gasausbeute wird unten in die Retorten Wasserdampf eingeführt; die Einführung von Luft, um den Kohlenstoff der Destillationsrückstände zu verbrennen, hat sich nicht sonderlich bewährt. 1 t Schiefer gibt etwa 90 bis 135 l Theer bez. bei der Verarbeitung:

38 bis 50 l	Leuchtöl,
15 „	25 l Schmieröl,
13 „	19 k Rohparaffin,
16 „	27 k schwefelsaures Ammonium.

Es werden jährlich etwa 2 Millionen t Schiefer verarbeitet (vgl. J. 1890 und 1898).

Paraffin ist leicht löslich in Schwefelkohlenstoff und Benzin, schwer in Eisessig und Aethylalkohol (J. 1888, 54). Braunkohlenparaffin, sog. Schuppenparaffin besteht nach Krafft (J. 1888, 57) aus folgenden Normalparaffinen:



Normalparaffin	Schmelzpunkt	Siedepunkt bei 15 mm Druck	Spec. Gew. eben geschmolzen
Heptadecan $C_{17}H_{36}$	22,5°	170°	0,7767
Octadecan $C_{18}H_{38}$	28°	181,5°	0,7768
Nonadecan $C_{19}H_{40}$	32°	193°	0,7774
Eicosan $C_{20}H_{42}$	36,7°	205°	0,7779
Heneicosan $C_{21}H_{44}$	40,4°	215°	0,7783
Docosan $C_{22}H_{46}$	44,4°	224,5°	0,7782
Tricosan $C_{23}H_{48}$	47,7°	234°	0,7785

Nach Krey (J. 1890, 52) enthält Paraffin aber auch wenig Procente ungesättigter Kohlenwasserstoffe¹⁾. Das spec. Gewicht (auf 1000) des geschmolzenen Paraffins bei verschiedenen Temperaturen ist nach Redwood (J. 1889, 23):

Temperatur	Schmelzpunkte der verschiedenen Sorten:						
	42,2°	45,5°	49,1°	50,1°	50,5°	53,5°	56,2°
71,1°	770,69	771,93	773,91	770,79	770,23	775,73	777,23
68,3°	771,19	773,30	775,31	771,49	771,63	776,53	778,53
65,5°	773,09	774,73	776,57	773,19	772,83	778,03	780,03
62,8°	775,09	776,20	777,77	775,19	774,63	779,73	781,53
60,0°	776,79	777,63	778,47	776,89	776,33	781,33	783,33
57,2°	778,99	779,53	781,47	778,89	778,43	783,03	—
54,5°	780,49	781,13	782,67	780,29	779,73	—	—
51,7°	781,99	783,43	784,41	—	—	—	—
48,9°	783,59	784,73	—	—	—	—	—
46,1°	785,29	—	—	—	—	—	—

1) Untersuchung und Bestimmung von Paraffin nach Zaloziecki, Eisenlohr u. A. siehe J. 1893, 61; 1897, 64.

Specificisches Gewicht des festen Paraffins bei 15,5°:

Temperatur	41,1°	44°	49,1°	50,1°	52°	55°
Schmelzpunkte						
Spec. Gew.	875,25	882,30	898,95	901,05	903,50	908,65

Die Hauptmenge des Paraffins wird zu Paraffinkerzen verarbeitet. Ausserdem als Schmiermittel, zum Conserviren von Holz, zum Verhüten des Schäumens und Uebersteigens beim Verkothen des Zuckersaftes in den Vacuumpfannen, zum Conserviren von Fleisch, zum Einfetten des Leders, zum Wasserdichtmachen von Geweben, zum Satiniren und Poliren der Glanzpapiere, zum Ersatz des Wachses bei der Bereitung des Wachspapieres und der Stearinsäure zum Tränken von Gypsgegenständen, zum Tränken der Zündhölzer, in der Spielwarenfabrikation bei Herstellung der Puppenköpfe, bez. des wachsartigen Ueberzuges derselben, in der Herstellung der Patronen; zum Tränken von hölzernen Gährbottichen in der Brauerei und Brennerei u. s. w.

Die Darstellung der Kerzen aus Paraffin und Stearin geschieht fast nur noch durch Giessen; Ziehen und Angiessen kommen nur für Talg und Wachs in Frage.

Gezogene Kerzen werden durch wiederholtes Eintauchen der Dochte¹⁾ in die geschmolzene Kerzenmasse hergestellt. Zur Herstellung der Wachsstücke, welche jetzt oft durch solche aus Paraffin ersetzt werden, wird der Docht langsam durch das geschmolzene Wachs hin- und hergezogen, bis die durch ein Zieheisen bestimmte Dicke erreicht ist. Beim Angiessen der Wachskerzen werden die Dochte an den am Umfang eines frei stehenden Reifens, dem Kranze, befestigten Haken aufgehängt und unter stetigem Umdrehen des Dochtes um seine Achse mit dem flüssig erhaltenen Wachse übergossen, bis sie so viel davon aufgenommen haben, als zu ihrer Dicke erforderlich war, worauf man ihnen durch Ausrollen auf einer Marmor- oder Holzplatte die cylindrische Gestalt gibt. Gewöhnlich tränkt man zuerst die Dochte mit Wachs und giesst sie dann zur Hälfte mit Wachs an.

Die zum Giessen verwendeten Kerzenformen bestehen meist aus 2 Th. Zinn auf 1 Th. Blei; sie sind enge, etwas kegelförmige Röhren, welche inwendig sehr glatt sein müssen, um den Kerzen eben diese Glätte mitzuthemen. In die Achse derselben wird der Docht eingezogen, welcher einerseits in einem kleinen Loche am untern Ende, andererseits an einem auf das obere weite Ende gesetzten Trichter befestigt ist. Durch diesen Trichter wird zugleich die geschmolzene Fettsubstanz gegossen. Die in älteren Fabriken übliche Form besteht aus dem Cylinder und dem Talgtrichter; mit dem Drahtaken wird der Docht durchgezogen. Man verwendet gewöhnlich eine gemeinsame Kapsel (Trichter) für 30 Formen. Ein grosser Blechkasten, in welchem sich die Formen befinden, steht in einem zweiten, welcher durch Wasserdampf erwärmt wird. Sobald die Kerzenformen bis auf 45° erwärmt sind, hebt man den Kasten heraus und füllt die Formen mit der geschmolzenen Stearinsäure. Nach der Füllung überlässt man die Formen sich selbst, bis die Kerzen erkaltet sind und herausgenommen werden können.

Für Paraffin und Stearin verwendet man fast ausschliesslich Lichtgiessmaschinen²⁾. Bei der Maschine von Motard z. B. ist auf dem oberen Rand eine

1) Früher war der Docht gedreht, d. h. die einzelnen Baumwollfäden lagen, eine steile Schraubenlinie beschreibend, neben einander. Cambacérès empfahl, um das lästige Putzen der Flamme zu vermeiden, die Einführung der geflochtenen Dochte, wodurch die Lichtscheere entbehrlich wird. Unter dem Einflusse der Spannung, in welcher sich die einzelnen Baumwollfäden des zopfartig, gewöhnlich nur dreischnürig geflochtenen Dochtes befinden, erleidet das aus der Kerzenmasse hervorragende Ende desselben eine Krümmung, welche seine Spitze ausserhalb der Flamme hält und ihr gestattet, in der frei umspielenden Luft schnell zu verglimmen. — Milly empfahl (1830) Borsäure und Phosphorsäure, welche mit den Aschenbestandtheilen des Dochtes zu einer Glasmasse zusammentraten und am Ende des Dochtes eine schwere Glasperle bildeten, wovon sich der Docht dergestalt bog, dass er ausserhalb der Flamme endete und verbrannte. In französischen Fabriken taucht man die Dochte in eine 2proc. Lösung von Borsäure. Payen empfahl als Dochtbeize eine mit 0,3 bis 0,5 Proc. Schwefelsäure versetzte Lösung von 5 bis 8 g Borsäure im Liter Wasser. In österreichischen Stearinkerzenfabriken wendet man phosphorsaures Ammoniak an. Bolley machte auf eine Salmiaklösung von 2 bis 3° B. als auf wohlfeile Dochtbeize aufmerksam.

2) Vgl. J. 1881, 997; 1882, 1071; 1884, 1281; 1887, 66. — Die Kerzenfabrik Webau ist die grösste Kerzenfabrik Deutschlands. Aus dem verschiedenen Kerzenmaterial werden Paraffinkerzen und Compositionskerzen fabricirt, erstere in verschiedenen qualitativen Abstufungen als Krystall-, Brillant-, Paraffin-, Naturellkerzen und Weih-

Schlittenführung *a* (Fig. 122 u. 123) so befestigt, dass die Schneidmaschine *B* leicht eingesetzt und ausgehoben werden kann. Die senkrechte Welle *J* trägt unten die Kreissäge *b*, weiter oben die Schraube ohne Ende *c*, welche in das Rad *d* eingreift, auf dessen Achse sich eine über den Bügel *e* gespannte Schnur aufwickelt, so dass die Säge selbstthätig von einem Ende der Maschine zum anderen bewegt wird. Zur Füllung der Formen *f* wird das betreffende Material in das Giessschiff *C* eingetragen. Von der durch Trieb *h* bewegten Zahnstange *g* wird ein Rahmen getragen, auf welchem sich, der Anzahl der Gussformen entsprechend, lange Röhren *s* befinden, so dass durch Anheben dieser Röhren die erkalteten Lichte nach oben bewegt und die durch *s* laufenden Dochte *r* nachgezogen werden. Mit der Windevorrichtung hängt ein Tritthebel *n* zusammen, an dessen senkrechtem, geschlitztem Theile *k* die Nase *l* so einstellbar

ist, dass die Lichte in bestimmter Länge und bestimmtem Gewicht geschnitten werden können, indem beim Aufwinden der Steg *m* gegen die Nase *l* anschlägt. Ausserdem ist an einer Seite einer ihrer Länge nach verstellbare Sperrklinke *o* angebracht, welche

so eingestellt wird, dass sie für den ersten Anhub genau in das Sperrrad *p* einfällt und den Rückgang hindert. Nachdem dies geschehen, wird von der aus Drahtspiralen gebildeten biegsamen Welle *q* mittels Verkupplung bei *z* die Bewegung auf die Kreissäge übertragen, so dass diese, sich selbstthätig vorwärts bewegend, die über den Rand der Formen ragenden Uebergussstücke abschneidet.

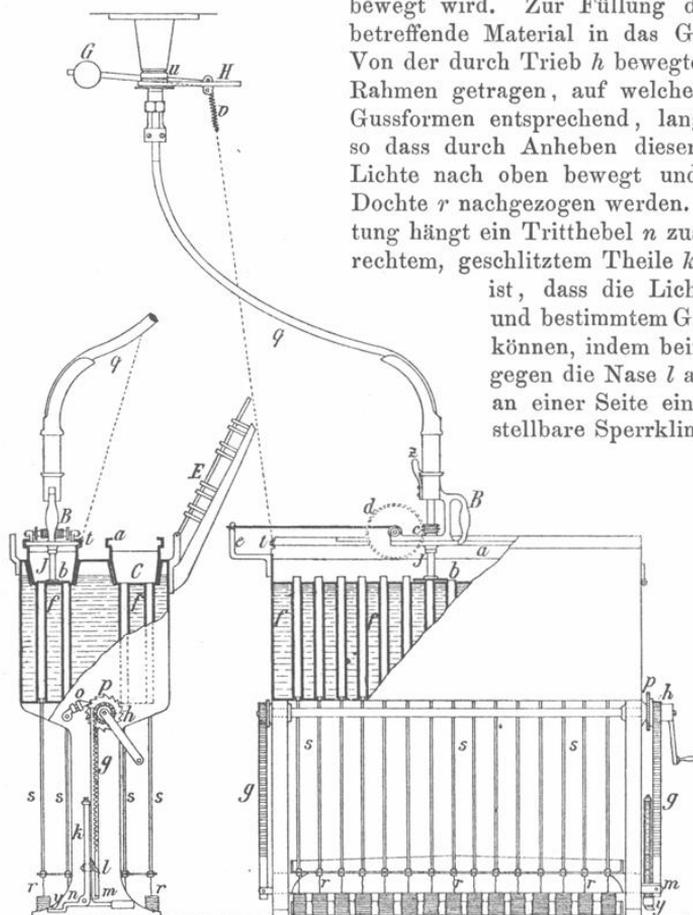


Fig. 122.

Fig. 123.

Hierauf wird durch den Arbeiter der Tritt *y* abwärts bewegt, dadurch die Nase *l* zurückgezogen, wonach ein weiteres Aufwinden der Lichte aus den Formen stattfindet. Dabei bewegen sich die Lichte, durch welche gleichzeitig die Dochte *r* nachgezogen sind, durch die niedergeklappte Klemmvorrichtung *E* und werden dort so lange festgehalten, bis die Röhren *s* mit ihrem trichterförmigen Aufsatz niedergewunden sind und ein erneutes Füllen der Formen stattgefunden hat. Die Säge, welche bereits vorher

nachtskerzen. Die Compositionskerze hat durch einen grösseren Gehalt an Stearin das Aeussere der Stearinkerze, während die Paraffinkerze bläulichweiss durchscheinend ist. (Vgl. Scheithauer: Mineralöle.)

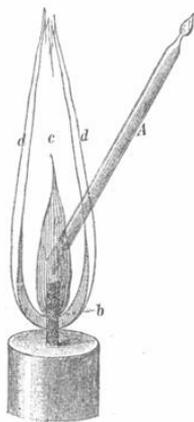
am Ende ihrer Bahn anlangte, wird dadurch selbstthätig ausgertickt, dass die vordere Supportkante an den an einer Kette befestigten Ring t stösst, wonach das Gewicht G derart zur Wirkung gelangt, dass mittels des Riemenführers H der Riemen auf die lose Scheibe u gebracht wird. Die Feder v dient zur Ausgleichung etwaiger Unterschiede in der Entfernung von der Transmission zu den einzelnen Maschinen.

Das zur Herstellung von Kerzen bestimmte Paraffin wird mit 1,5 bis 2 Proc. Stearin versetzt, für bunte Kerzen bis zu 4 Proc.¹⁾ Einige sollen sogar bis 15 Proc. zusetzen, während umgekehrt den Stearinkerzen oft Paraffin zugesetzt wird. Zur Herstellung schwarzer Kerzen wird das Paraffin mit Anacardiumschalen erwärmt.

Beleuchtung.

Werden feste Körper erhitzt, so beginnen sie bei etwa 400° im Dunkeln schwach zu leuchten, bei etwa 600° werden sie rothglühend, bei 900 bis 1000° weissglühend, während Gase selbst bei 1500 bis 2000° noch nicht leuchtend werden. Das Leuchten der Flamme ist somit nicht als Selbstglühen der Verbrennungsproducte zu erklären, wie auch schon die Betrachtung der Flamme selbst zeigt. Wenn man für schnellere Mischung der zur Verbrennung gelangenden Gase sorgt, so wird die Flamme kürzer, weil der Verbrennungsprocess schneller verläuft, und gleichzeitig heisser, weil weniger kalte Luft mit den verbrennenden Gasen gemischt wird. In gleicher Weise wird die Flamme verkürzt und heisser, wenn die Gase vor der Verbrennung stark vorgewärmt werden. Da die aufsteigenden Verbrennungsproducte noch einige Zeit die Temperatur der Flamme nahezu beibehalten, so müsste nach W. Siemens ein umgekehrtes Verhalten stattfinden, wenn die Gase selbstleuchtend wären. Das Leuchten der Flamme hört aber in einer scharfen Begrenzungslinie über derselben auf und fällt offenbar mit der Vollendung der chemischen Wirkung zusammen. Es muss mithin diese selbst und nicht die durch dieselbe erzeugte Erhitzung der Verbrennungsproducte die Ursache des Leuchtens sein. Nimmt man an, dass die Gasmolecüle mit einer Aetherhülle umgeben sind, so muss bei der chemischen Verbindung zweier oder mehrerer solcher Molecüle auch eine veränderte Lagerung der Aetherhüllen derselben eintreten. Die hierdurch bedingte Bewegung der Aethertheilchen muss sich durch Schwingungen ausgleichen, welche die Ausgangspunkte der Licht- und Wärmewellenzüge bilden können²⁾.

Fig. 124.



Den dunkeln Kern a (Fig. 124) bilden die durch Vergasung der in dem

In einer Kerzenflamme kann man vier Schichten unterscheiden.

1) Eigenthümlich ist das Verhalten der Paraffin-Stearinmischungen. Je nach den Schmelzpunkten und Mengen der Bestandtheile zeigt die Mischung bedeutende Erniedrigung des Schmelzpunktes, z. B. $\frac{2}{3}$ Paraffin von 45° und $\frac{1}{3}$ Stearin von 54° geben eine Composition von 41° (berechneter Durchschnitt 48°). Die gleiche Abweichung (7°) zeigt eine Mischung von $\frac{1}{3}$ Paraffin von 57° und $\frac{2}{3}$ Stearin von 54° ; die Mischung hat einen Schmelzpunkt von 48° . — Stearin scheidet sich in der Mischung, so lange diese flüssig, leicht aus. Krey fand den Stearingehalt in Spitze und Fuss der Compositionskerze um 2 bis 3 Proc. verschieden. — Das Reten zeigt übrigens in Paraffinmischungen dasselbe Verhalten, nur noch in viel stärkerem Maasse. Krey fand bei 16proc. Reten-Paraffinmischungen (Schmelzpunkt 90° mit Paraffin von 54° und 49°) für die Composition von 53° und 47° . (J. 1890, 53.)

2) J. 1883, 1235; 1897, 134; Wied. Annal. 19. 73.

Dochte aufgestiegenen Brennstoffe (Talg, Paraffin u. dgl.) gebildeten Gase, welche sich an der Spitze eines in die Flamme gehaltenen Glasrohres *A* entzünden lassen. Der Zudrang der Luft ist namentlich gegen die Achse der Flamme gerichtet, der lasurblaue Theil *b* hat daher eine niedrige Temperatur. In der leuchtenden Hülle *c* reicht der Sauerstoff der zutretenden Luft nur theilweise zur Verbrennung aus, während in dem nicht leuchtenden Schleier *d* die unvollständigen Oxydationsproducte in überschüssiger Luft verbrennen.

Nach Davy wird nun das Leuchten der Flamme bedingt durch den in der Hülle *c* ausgeschiedenen festen Kohlenstoff, welcher durch den verbrennenden Wasserstoff u. s. w. weissglühend wird. — Nach Kersten findet die Verbrennung nicht im Innern, sondern nur in dem Schleier *d* und in dem Theile des leuchtenden Mantels, der ihm zunächst liegt, statt, denn es kann nicht angenommen werden, dass durch eine Schicht glühenden Wasserstoffs und Kohlenstoffs eine Spur Sauerstoff eindringen könne; die im Innern wahrgenommenen Verbrennungsproducte sind nicht dort entstanden, sondern nur durch Diffusion dahin gelangt. Die Gesamthitze der Flamme rührt mithin vom Schleier der Verbrennungszone her. Die Temperatur des Innern der Flamme und des Mantels nimmt nach oben stark zu, und daher ist der leuchtende Theil, in welchem der Kohlenstoff durch die Hitze ausgeschieden wird, unten eine dünne Hülle des dunklen Kegels, weiter oben aber, wo die Temperatur, bei welcher die Kohlenwasserstoffgase in ihre Bestandtheile sich spalten, sich bis in die Mitte erstreckt, erfüllt er das gesammte Innere, weshalb man hier eine massive leuchtende Flamme hat. Indem dann der freie Kohlenstoff dem sauerstoffreichen Schleier sich nähert, verbrennt er zu Kohlensäure, und hauptsächlich während dieser Verbrennung leuchtet er, und zwar um so mehr, je lebhafter sie ist. In dem Schleier verbrennt mithin zuerst Kohlenoxyd und Wasserstoff zugleich; dass dieser Schleier am unteren Theile noch keinen leuchtenden Mantel bildet, erklärt sich daraus, dass die Masse der inneren Gase noch zu kalt ist, als dass eine Abscheidung von Kohlenwasserstoffen möglich wäre.

Frankland zeigte, dass eine Stearinkerzenflamme auf dem Montblanc ihre Leuchtkraft verliert, dass dagegen eine Spiritusflamme unter Druck mit leuchtender, sogar mit russender Flamme brennt. Es ist ferner bekannt, dass Wasserstoff und Kohlenoxyd unter Druck mit leuchtender Flamme, Schwefelkohlenstoff im Sauerstoff unter starker Lichtentwicklung brennt, so dass es zweifellos auch leuchtende Flammen ohne schwebende glühende Körperchen gibt. Frankland und Tyndall meinten daher, das Vorhandensein dichter Dämpfe der höheren Kohlenwasserstoffverbindungen in dem Leuchtgase und nicht der ausgeschiedene feste Kohlenstoff sei die Ursache des Leuchtens. Im Gase sind Verbindungen von sehr hoher Dichtigkeit, welche als Dämpfe ebenso wie z. B. der Arsendampf im Stande sind, die Flamme leuchtend zu machen; diese Dämpfe halten sich in der Flamme unzersetzt, bis sie den äusseren Mantel derselben erreichen und dann in Berührung mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft verbrennen. Darnach wären es die dichten brennenden Kohlenwasserstoffe selbst, welchen die Flamme ihre Leuchtkraft verdankt.

Dass aber die gewöhnliche Leuchtflamme thatsächlich glühende Kohlenstofftheilchen enthält, folgt daraus, dass die Leuchtgasflamme die durch eine Linse gesammelten Sonnenstrahlen reflectirt und dass eine leuchtende Gas- oder Stearinkerzenflamme in hellerer (elektrischer) Beleuchtung Schatten wirft. Die gewöhnlichen Leuchtflammen verdanken daher ihre Leuchtkraft thatsächlich wesentlich den glühenden Kohlenstofftheilchen. (Vgl. J. 1875, 1099; 1881, 1041; 1892, 84; 1897, 131.)

Nach Lewes wird die Temperatur der Flamme hervorgebracht einmal durch die Zersetzung der (endothemen) Acetylenmolekel, sodann durch die Verbrennung des Wasserstoffs, Kohlenoxyds und einiger Kohlenwasserstoffe und endlich durch die Verbrennung der festen Kohlentheilchen. Er meint, dass die Localisation der Zersetzungswärme des Acetylens für das Leuchten eine Hauptrolle spielt. Die mittlere durch die Verbrennungsvorgänge allein hervorgerufene Temperatur der Flammen würde nicht im Stande sein, die Kohlentheilchen ins Glühen zu bringen. Jene Localisation ist durch die Schnelligkeit der Zersetzung des Acetylens hervorgebracht; die Schnelligkeit hängt von der Flammentemperatur und dem Verdünnungsgrad des Acetylens ab. (Vgl. J. 1896, 81.)

Lichtmessung.

Versuche, die Leuchtkraft verschiedener Flammen zu messen¹⁾, wurden bereits im J. 1700 gemacht. Lambert benutzte (1760) zuerst den Umstand, dass ein von zwei

1) Ausführlich in F. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig, Vieweg) S. 66 und 334; ferner J. 1887, 33; 1888, 25; 1889, 69; 1890, 148; 1894, 107; 1896, 65.

Flammen beleuchteter Gegenstand zwei Schatten wirft, die nicht gleich tief sind, wenn die Einwirkung der beiden Flammen auf die die Schatten auffangende Wand nicht ganz gleich ist.

Weitaus am meisten wird zur Messung der verschiedenen Lichtquellen das Photometer von Bunsen angewendet. Dasselbe besteht im Wesentlichen aus einem in einen Rahmen gespannten Papierschirm, in dessen Mitte sich ein mit Wachs oder Stearin durchscheinend gemachter Fleck oder Streifen befindet. Derselbe erscheint hell auf dunkeln Grunde, wenn der Schirm auf der Rückseite stärker erleuchtet ist als von der Vorderseite, im umgekehrten Fall aber dunkel auf hellem Grunde (vgl. J. 1887, 45). Man bringt auf die eine Seite des Schirmes die Normalflamme, auf die andere die zu messende, und verschiebt diese so lange, bis der Fleck möglichst vollständig verschwindet. Beträgt dann z. B. die Entfernung der Normalflamme vom Schirme 2 dcm, die zu messende Flamme aber 8 dcm, so ist letztere = $8^2 : 2^2 = 16$ Kerzen.

Die Nothwendigkeit, Helligkeitsmessungen nicht nur in der wagrechten, sondern auch in anderen Richtungen zu machen, wurde namentlich fühlbar bei der Prüfung elektrischer Bogenlampen, neuerdings aber auch für die Gasbeleuchtung, besonders für die umgekehrten (invertirten) Brenner. Um dieses zu ermöglichen, muss man entweder Spiegel anwenden (J. 1887, 54), oder den Photometerschirm so drehen, dass er in der Halbirungslinie des Winkels stehe, welchen die zu untersuchenden Strahlen einer Lampe mit den wagrechten Strahlen einer Vergleichslichtquelle bilden. (J. 1888, 34.)

Als Lichteinheit benutzt man bis jetzt noch in der Regel eine Kerzenflamme. In Deutschland soll die Photometerkerze einen Durchmesser von 20 mm haben, genau cylindrisch und so lang sein, dass 12 Kerzen 1 k wiegen. Die Dochte sollen in möglichster Gleichförmigkeit aus 24 baumwollenen Fäden geflochten sein und trocken für jeden laufenden Meter 668 mg wiegen; sie sind durch einen eingelegten rothen Faden von anderen Dochten abzuzeichnen. Das Kerzenmaterial soll möglichst reines Paraffin sein und von einem nicht unter 55° liegenden Erstarrungspunkt. Flammenhöhe 50 mm. — In München gilt noch als Einheit die Stearinkerze, welche aus einem Stearin mit 76 bis 76,6 Proc. Kohlenstoff angefertigt sein soll. Dieselbe verzehrt nach Schilling in der Stunde im Durchschnitt 10,4 g Stearin bei 52 mm Flammenhöhe. — Die englische Walrathkerze hat einen aus 3 Strängen mit je 17 Fäden geflochtenen Docht; sie soll stündlich 120 Grains (7,78 g) Walrath verzehren, wobei sie eine Flammenhöhe von 45 mm hat. — In Frankreich benutzt man die Carcellampe, welche stündlich 42 g Rüböl verbrennen soll.

Das Verhältniss dieser verschiedenen Normalflammen ist nach Schilling:

Vereinskerze	Münchener Kerze	Englische Walrathkerze	Carcellampe
1000	887	977	102
1128	1000	1102	115
1023	907	1000	104
9826	8715	9600	1000

Monier (J. 1884, 1262) fand 1 Carcel = 7,5 Vereinsparaffinkerzen, = 7,5 Bougies d'Etoile, = 6,5 Münchener Stearin-, = 8,3 Walrathkerzen.

Die so ungemein verschiedenen Angaben über die Lichtstärke der Normalkerzen veranlasste Hefner-Alteneck zur Aufstellung folgender Lichteinheit: Diese Lichteinheit ist die Leuchtkraft einer in ruhig stehender, reiner atmosphärischer Luft brennenden Flamme, welche aus dem Querschnitte eines massiven, mit Amylacetat gesättigten Dochtes aufsteigt, der ein kreisrundes Dochttröhrchen aus Neusilber von 8 mm innerem und 8,3 mm äusserem Durchmesser und 25 mm frei stehender Länge vollkommen ausfüllt, bei einer Flammenhöhe von 40 mm vom Rande des Dochttröhrchens aus und wenigstens 10 Minuten nach dem Anzünden gemessen. Diese Lichteinheit ist gleich der Leuchtkraft einer englischen Walrathkerze bei 43 mm Flammenhöhe (J. 1887, 37). Nach Versuchen ist 1 Amylacetatflamme = 0,808 deutschen Vereinsparaffinkerzen = 0,879 engl. Walrathkerzen (J. 1889, 73; 1890, 148; 1893, 151).

Die internationale Konferenz von 1883/84 in Paris hat als Einheit des weissen Lichtes diejenige Lichtmenge angenommen, welche von 1 qc geschmolzenem reinem Platin bei der Erstarrungstemperatur ausgestrahlt wird (J. 1884, 1271; 1896, 66).

Auf Grund der Beschlüsse des internationalen Elektriker-Congresses empfiehlt Weber (J. 1897, 126) folgende Grössen:

1. Lichtstärke = Intensität punktförmiger Lichtquellen = Intensité = Puissance lumineuse = Intensity of light = Luminous power = Intensità luminosa.
2. Lichtstrom = Erfüllung eines von einer punktförmigen Lichtquelle ausgehenden räumlichen Winkels mit Licht = Flux lumineux = Flux of light = Flusso luminoso.
3. Lichtleistung = Lichtmenge = Product eines Lichtstromes mit der Zeit seines Bestehens = Eclairage = Quantité de lumière = Quantity of light = Illuminazione.
4. Beleuchtung = Summe aller auf eine Fläche auftreffender Lichtströme per Flächengröße = Eclairment = Illumination = Illuminamento.
5. Flächenhelligkeit = Lichtstärke per Fläche = Eclat intrinsèque = Intrinsic brilliancy = Brightness = Splendore und allenfalls
6. Belichtung = Product aus Beleuchtung mal Zeit.

Die Lichtcommission des Elektr. Vereins hat nun beschlossen:

1. Die Einheit der Lichtstärke ist die Kerze; sie wird durch die horizontale Lichtstärke der Hefnerlampe dargestellt.
2. Für die photometrischen Größen gibt die nachstehende Tabelle Namen, Symbole, Einheiten und deren abgekürzte Bezeichnungen.

Name	Symbol	Einheit	Bezeichnung
Lichtstärke	J	Kerze (Hefnerkerze)	HK
Lichtstrom	$\Phi = J\omega = \frac{J}{r^2} S$	Lumen	Lm
Beleuchtungsstärke	$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{J}{r^2}$	Lux (Meterkerze)	Lx
Flächenhelle	$e = \frac{J}{s}$	Kerze auf 1 qc	—
Lichtleistung	$Q = \Phi T$	Lumenstunde	—

Dabei bedeutet

ω einen räumlichen Winkel,

S eine Fläche in qm, s eine Fläche in qc, beide senkrecht zur Strahlrichtung,

r eine Entfernung in m,

T eine Zeit in Stunden.

Mit der Aufstellung dieser internationalen Lichteinheit ist leider nur wenig gewonnen, da sie nicht wie etwa ein Meterstab verwendet, sondern in jedem einzelnen Falle hergestellt werden muss, dazu aber solche Vorrichtungen erfordert, dass sie praktisch wohl nie zur Anwendung kommt. Am zuverlässigsten erscheint die Amylacetatlampe, welche voraussichtlich die übrigen Lichteinheiten verdrängen wird.

Die Beleuchtung geschieht:

- 1) durch Verbrennen fester, in Kerzenform gebrachter Brennstoffe, wie Talg, Stearin, Paraffin, Wachs;
- 2) mittels flüssiger Stoffe, welche in Lampen gebrannt werden, und zwar a. flüssige Fette, wie Rapsöl, Olivenöl, Thran; b. flüchtige Oele, namentlich Erdöl, Solaröl, Camphin (gereinigtes Terpentinöl);
- 3) durch Verbrennen von Gasen, welche selbstleuchtend sind, z. B. Steinkohlenleuchtgas, oder zum Erhitzen von Platin, Magnesia, Zirkon u. dgl. dienen, z. B. Wassergas;
- 4) durch Elektrizität.

Kerzenbeleuchtung.

Geschichte. Plinius beschreibt zwar schon das Bleichen des Wachses, Wachskerzen scheinen aber erst am Anfang des 4. Jahrh. hergestellt zu sein, Talglichter seit dem 12. Jahrh., Walrathkerzen seit Anfang des 18. Jahrh., Stearinsäurekerzen seit 1834, Paraffinkerzen seit 1850.

Die Herstellung der Kerzen wurde S. 129 beschrieben; Verwendung vgl. S. 159.

Beleuchtung mittels Lampen.

Als flüssige Leuchtstoffe werden verwendet a) fette Oele, b) flüchtige Oele: Camphin, Photogen und Solaröl, oder Erdöl. Von den fetten Oelen wendet man vorzugsweise das Raps- oder Kohlsaatoil, das Winterrübsenöl, das Olivenöl, den Fischthran und seltener das eintrocknende Mohnöl an (s. Fette). Seit dem Emporblühen der Paraffin- und Solarölindustrie und der Einführung des Erdöles hat die Bedeutung der fetten Oele als Leuchtmittel sich ganz ausserordentlich verringert. Neuerdings tritt Spiritus hinzu.

Geschichte. Die Lampe diente schon in den ältesten Zeiten zu Beleuchtungszwecken. Man schreibt ihre Erfindung den alten Aegyptern zu. Von Griechenland und Rom aus verbreitete sich ihr Gebrauch im übrigen Europa. Erst im 18. Jahrhundert treten erhebliche Verbesserungen ein durch Einführung des Glascylinders¹⁾ durch Quinquet und der hohlen Dochte durch Argand im J. 1786. Vor etwa 50 Jahren noch war in Deutschland fast allgemein die ganz unpraktische Kranzlampe die hauptsächlich eingeführt. Gegen das Jahr 1840 kam die Sturzlampe auf, etwa 1850 die Camphinlampe und die aus Paris stammenden Regulatoren und Moderatoren. In den sechziger Jahren kam die Erdöllampe auf, welche mit der inzwischen verbreiteten Gasbeleuchtung die Oellampe verdrängt hat.

Die Lampe enthält dieselben Theile wie die Kerze, nämlich das Leuchtmittel und den Docht. Bei der Lampe wie bei der Kerze ist das Leuchtmittel flüssig, nur dass in dem oberen Theile der Kerze (der Vertiefung mit dem Dochtende) das Fett im geschmolzenen Zustande gebrannt wird, während in den Lampen das Leuchtmittel bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist und deshalb ein Gefäss erforderlich macht, welches den Leuchtstoff enthält und ununterbrochen gleichmässig die Flammen speist.

Rüböl verdunstet bei gewöhnlicher und selbst bei bis über 100° gesteigerter Temperatur nicht, lässt sich daher nicht entzünden. Erst wenn eine solche Erhitzung des Oeles stattgefunden hat, dass sich entzündliche Gase bilden, findet eine Entzündung und ein Verbrennen des Oeles statt. Das Erdöl oder Solaröl verdampft bei höherer Temperatur und kann unverändert destillirt werden, bei noch höherer Temperatur vergast es und geht zum grossen Theil in Leuchtgas über.

Daher verbrennt Erdöl in freier Luft mit russender Flamme, welche aber sofort in eine weisse, stark leuchtende übergeht, wenn man durch Aufsetzen eines Zugglases und dadurch vermehrte Luftzufuhr für die Verbrennung des Ueberschusses an Kohlenstoff sorgt. Während das Rüböl nur in vergastem Gestalt zur Flamme gelangt, kommt das Solaröl, und der ihm ähnliche minder flüchtige Theil des Erdöles, zum grössten Theil dampfförmig in die Flamme. Es ist daher die Mineralöllampe so zu construiren, dass die Verbrennung so vollständig als möglich erfolge und keine Spur des unangenehm riechenden Dampfes unverbrannt entweiche.

Jede Lampe soll: 1) möglichst viel Licht und zwar innerhalb einer bestimmten Zeit (3 bis 8 aufeinanderfolgende Stunden) möglichst gleichförmig geben. Diese Bedingung, eine Folge der vollständigen und in gleicher Intensität fortdauernden Verbrennung des Leuchtmaterials kann nur erfüllt werden bei Anwendung von gereinigtem Leuchtstoff, bei Anwendung eines Dochtes von gleicher Stärke, bei möglichst gleichmässiger Zufuhr des Leuchtstoffes zur Flamme, bei genügender Erhitzung an der Stelle, wo die Verbrennung stattfindet, damit die Vergasung vollständig vor sich gehe, und durch die Regelung der Luftzufuhr. Eine zu geringe Luftmenge gibt oft eine russende Flamme, eine zu grosse Luftzufuhr erniedrigt die Temperatur und gibt gleichfalls dadurch zur Abscheidung von Russ und Bildung von übelriechenden Producten Veranlassung, abgesehen davon, dass selbst vollständige Verbrennung der Flamme vorausgesetzt, zu viel Luft die Leuchtkraft der Flamme beeinträchtigt (J. 1883, 1230); 2) das entwickelte Licht soll auch möglichst zweckmässig benutzt werden; die bekannten Lichtschirme sind als wesentliche Unterstützungsmittel der Beleuchtungszwecke zu nennen.

Eintheilung der Lampen. Nach der Art, in welcher das Oel mittels des Dochtes zu der Stelle gelangt, wo die Lichtentwicklung vor sich geht, kann man sämmtliche Lampen ordnen in:

1) Schon Leonardo da Vinci (1452 bis 1519) wusste, dass ein stärkerer Luftstrom die Flamme leuchtender macht. Er empfahl daher, die Lampen mit einem Glascylinder zu versehen. Leider nahm er an, dass der Cylinder durch Wasser gekühlt werden müsse, wodurch wohl sein praktischer Misserfolg erklärlich wird.

1) Sauglampen. Zu den Sauglampen rechnet man die Lampen, in welchen das Oel durch die Capillarität des Dochtes aus dem tiefer gelegenen Oelbehälter an das Dochtende gelangt. Je nach Länge des Oelbehälters zum Docht können die Sauglampen eingetheilt werden α) in solche, bei welchen der Oelbehälter ungefähr in gleicher Höhe liegt mit der Flamme des brennenden Dochtes, a) der brennende Docht befindet sich im Oelbehälter selbst wie bei der Küchenlampe und antiken Lampe, oder b) Oelbehälter und Brenner sind von einander getrennt und zwar ist das Oelgefäss seitlich vom Brenner, oder es geht wie bei den Kranzlampen ringförmig um den Docht herum; β) in Lampen, bei welchen das Gefäss für das Oel höher liegt als der Brenner, z. B. die Lampen mit Sturzflasche.

In der antiken Lampe (Fig. 125) liegt in einem langgestreckten offenen oder verschlossenen Oelgefässe ein Büscheldocht, welcher vorn am Schnabel durch eine runde Oeffnung oder von einer Blechdille gehalten wird. Da mit dem Verbrauch der Stand des Oeles sinkt, so muss der Docht das Oel auf eine Höhe heben, welche seine capillare Kraft schliesslich übersteigt; aus Mangel an Oelzufuhr wird daher die Flamme immer düsterer werden und endlich auslöschen.

Fig. 125.



Von denjenigen Sauglampen, bei denen Oelbehälter und Brenner in ungefähr gleicher Höhe, aber getrennt sind, seien erwähnt die sogenannte Studirlampe, bei welcher der Oelbehälter nicht unter dem Dochte, sondern seitlich von dem Brenner ist, und die Kranzlampen, d. h. Lampen mit einem ringförmigen Oelbehälter, welcher zugleich meist zum Tragen des Lampenschirmes dient. — Alle die Lampen, bei denen Brenner und Oelbehälter in gleicher Höhe liegen, geben zwar bei Benutzung des Argandbrenners ein schönes Licht, doch ist dasselbe meist nur von kurzer Dauer und die Lichtstärke eine fortwährend abnehmende.

Um die Verminderung der Lichtstärke während des Brennens der Lampe möglichst zu verhindern, muss das Oel in dem Brenner möglichst in gleicher Höhe erhalten werden; dies lässt sich dadurch erreichen, dass man den Oelbehälter höher stellt als den Brenner. Selbstverständlich ist aber bei dieser Einrichtung eine besondere Vorrichtung erforderlich, welche die Zufuhr des Oeles zu dem Brenner nach Maassgabe des dort stattgehabten Verbrauches regelt, weil sonst das Oel aus dem Behälter in den Brenner strömen und letzterer überlaufen würde. Solche Vorrichtung zeigte die erst durch die Erdöllampe verdrängte Sturz- oder Flaschenlampe.

2) Drucklampen. Bei allen Drucklampen ist der Oelbehälter im Fuss der Lampe und daher weit entfernt vom Brenner. Da die Dochte das Oel auf eine so bedeutende Höhe nicht zu heben vermögen, so ist bei jeder Drucklampe eine besondere Vorrichtung zum Heben des Oeles vorhanden, die dem Dochte das Oel in grösserer Menge, als er zu verbrennen im Stande ist, zuführt; der nicht zur Verbrennung kommende Theil tropft ab und wird in einem besonderen Sammler aufgefangen. Sie gehören sämmtlich der Geschichte an.

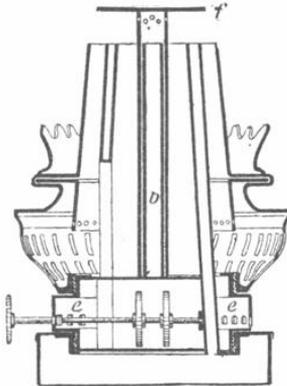
3) Die Erdöllampen¹⁾. Die Mineralöle, welche unter dem Namen Solaröl, Pyrogen, Photogen, Petroleum, Petrosolaröl, Kerosin, Pitt-Oel u. s. w. seit dem Jahre 1858 nach und nach das Rüböl verdrängt haben, werden nur in Sauglampen verbrannt, bei denen das Oelgefäss unterhalb des Dochtes sich befindet. Bei der Sauglampe wirkt die dünnflüssige Beschaffenheit der Mineralöle in Folge des dadurch erleichterten Aufsteigens in den Capillarröhren des Dochtes vortheilhaft, so dass durch das Sinken des Standes im Behälter keine wesentliche Abnahme der Flamme verursacht wird. Bei dem hohen Kohlenstoffgehalt der neuen Leuchtstoffe ist zum rauch- und ruffreien Verbrennen eine kräftige Zufuhr von atmosphärischer Luft erforderlich; diese wird vermittelt durch ein geeignetes Zugglas, ferner dadurch, dass der Docht nur wenig aus dem Brenner hervorragt, und endlich durch Aufsetzen einer gewölbten Messingkapsel, welche in der Mitte mit einer Oeffnung versehen ist, etwas länger und breiter als die Mündung des Dochtrohres (mit flachem Dochte); unter

1) Vgl. J. 1880, 848; 1881, 1015; 1883, 1260; 1884, 1286; 1885, 1253; 1886, 1118; 1888, 77; 1889, 81; 1890, 158; 1894, 109.

der Wölbung findet eine Vermengung der Luft mit den brennenden Dämpfen des Mineralöles statt.

Bei der namentlich für schwere Oele bestimmten Lampe von Schuster und Bär (Fig. 126) wird die Luft mittels eines durchlochten Kastens *e*, eines im Innern der Brandröhre befindlichen Luftrohres *v* und des durchlochten Stieles einer Brand-

Fig. 126.



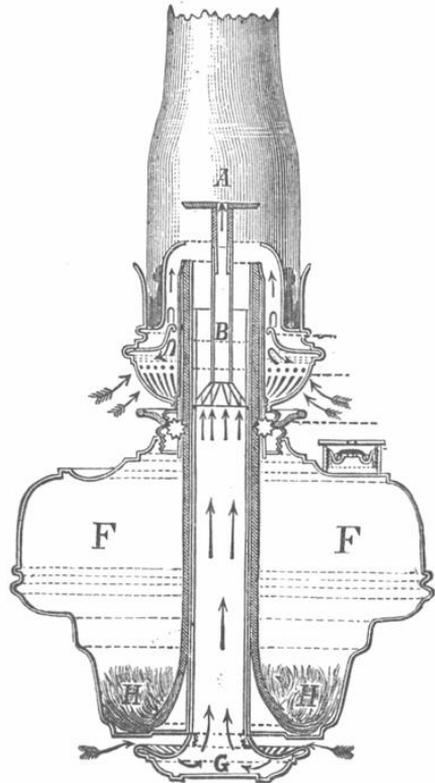
scheibe *f* zugeführt. Da die Brandscheibe und das obere Ende des Luftrohres sich nach dem Anzünden des Dochtes schnell erwärmen, so wird kalte Luft in kräftigem Strome angesaugt; diese letztere wirkt gleichzeitig abkühlend auf die übrigen Brennertheile und die Dochtthülsen, so dass explosionsfähige Gase sich nicht entwickeln und die Dochte längere Zeit ihre Saugkraft bewahren. Dieser Brenner gibt mit Solaröl oder dem sogenannten Kaiseröl eine helle, weisse, ruhige und völlig geruchlose Leuchtflamme.

Die in neuester Zeit in den Handel kommenden sog. Reichslampen geben bis 110 Kerzen Leuchtkraft. Dieselbe unterscheidet sich dadurch von den sonst üblichen Erdöllampen, dass das Luftzuführrohr *G* (Fig. 127) mitten durch das Oelgefäß *F* mit Docht *H* geht. Der sternförmige Einsatz *B* mit Brandscheibe *A* regelt die Luftvertheilung.

Regenerativerdöllampen haben bis jetzt keine nennenswerthen praktischen Erfolge (J. 1887, 85; 1890, 158).

Besonders für Arbeiten im Freien sind neuerdings die Oeldampfbrenner¹⁾ wichtig geworden, in denen schwere Steinkohlentheeröle zerstäubt verbrannt werden. Nach Hannay wird z. B. das bei *a* (Fig. 128 S. 137) unter Druck zugeführte, durch die mit feiner Oeffnung versehene Düse *c* des Rohres *b* austretende Oel an der Brennermündung zerstäubt, indem durch die Flamme Pressluft oder Dampf um die innere Düse *c* in den Raum zwischen *c* und der äusseren Düse *d* geleitet wird. Die Luft

Fig. 127.



1) J. 1887, 87; 1888, 79; 1889, 83; 1890, 160; 1894, 110.

wird mit etwas geringerem Drucke als der Brennstoff bei *e* eingeführt, durchstreicht Rohr *f* sowie Schlange *g* und gelangt durch Rohr *h* nach dem Raume zwischen den Düsen *c*, *d*, während Verbrennungsluft ausserdem durch Löcher eines Mantels *i* über den Rand *n* zugeleitet wird. Ein kleiner Dochtbrenner *m* entzündet die etwa erloschene Hauptflamme wieder.

Bei der Beleuchtungsvorrichtung der Lucigen Light Comp. wird der Brennstoff der Pfanne *p* (Fig. 129) aus einem luftdicht geschlossenen Behälter mittels des Rohres *o* und des Luftenlasses *q* zugeführt, so dass in *p* ein nahezu gleichbleibender Abstand herrscht. Das Oel wird an der Oberfläche entzündet und in die Mitte dieser Flamme wird mittels des Stützens *s* Wasserdampf eingeführt, welcher gleichzeitig durch die Oeffnungen *r* und *s* Luft ansaugt. Die Verdampfung des in *v* eingeführten Druckwassers erfolgt in der Schlange *w* durch die erzeugte Flamme selbst. Die so erzeugte Flammengarbe schlägt innerhalb der Schlange *w* empor und zur Oeffnung *z* heraus.

Solaröllampen erforderten nach Grotowsky (J. 1890, 66) für 100 Kerzenstunden 318 g Solaröl. Nach Glasenapp waren 339 bis 500 g russisches Erdöl

Fig. 128.

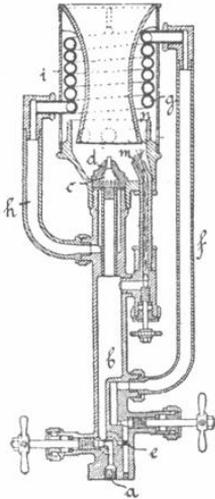


Fig. 129.

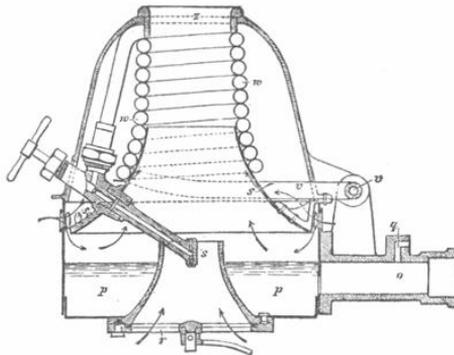
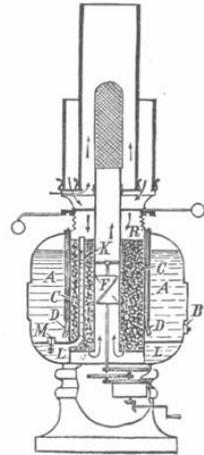


Fig. 130.



erforderlich (J. 1887, 82). Für die besten grossen Brenner fand Verf. früher (J. 1883, 1229) einen Erdöl- oder Solarölverbrauch von nur 280 bis 300 g für 100 Kerzenstunden in wagrechter Richtung (vgl. S. 144). Becker (J. 1894, 111) erhielt für 268 g amerikanisches und nur 230 g russisches Erdöl 100 Kerzenstunden.

Petroleumglühlichtlampe. Nach L. V. Lewitzki (D. R. P. Nr. 96056) steht die obere Kammer *A* (Fig. 130) des Petroleumbehälters, in welche durch einen Stützen *B* mittels Druckpumpe die Flüssigkeit eingeleitet wird, durch ein Regulirventil *M* mit einer unteren Kammer *L* in Verbindung, von der aus die zum Imprägniren des aufgeschütteten Materials *C* nothwendige Petroleummenge in eine oder mehrere Steigröhren *K* geleitet wird. Die zur Mischung nothwendige Luft wird in einer Kammer *R* durch einen zwischen zwei innerhalb des Behälters *A* concentrisch angeordneten Cylindern befindlichen Docht *D*, nach dessen Anzündung, erwärmt und dadurch veranlasst, das imprägnirte Material zu durchstreichen, um dann als Gasgemisch mit

Hilfe eines im Lampensockel befindlichen Triebwerkes und eines mit ihm in Verbindung stehenden Flügelwerkes *F* zu dem Glühstrumpf geleitet und dort entzündet zu werden. — Die Erdölglühlampen haben noch sehr wenig Verbreitung gefunden, mehr die Spirituslampen.

Spiritusbeleuchtung. Die Fortschritte in der Herstellung von dauerhaften und billigen ¹⁾ Glühstrümpfen veranlasste zu Versuchen, Spiritus zur Beleuchtung zu verwenden ²⁾. Die Lampe von Schuchardt hat keinen Docht. Wie Fig. 131 andeutet, fließt der durch Verschraubung *a* in den ringförmigen Behälter *A* gefüllte Spiritus durch zwei Rohre in den Behälter *B* und steigt von hier in dem mittleren Rohre auf. Soll die Lampe entzündet werden, so lässt man durch Hahn *b* eine kleine, bestimmte Menge Spiritus in die Schale *e* fließen und entzündet diesen. Dadurch wird die darüber befindliche Wärmeflamme entzündet, welche den Spiritus im Mittelrohr verdampft. Der aufsteigende Dampf tritt bei *n* in einen kleinen Bunsenbrenner, über welchem der Glühstrumpf *C* aufgehängt ist. Nach Versuchen des Verf. (J. 1896, 67)

Fig. 131.

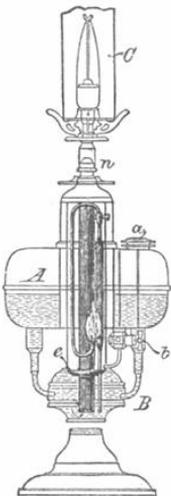
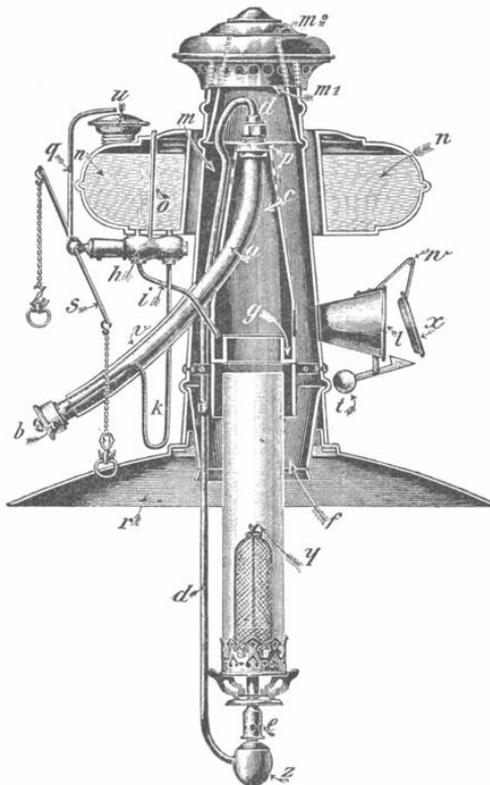


Fig. 132.



gibt die Lampe ein angenehmes schönes Licht bei Verwendung von 93proc. Spiritus; besser noch ist 95proc. Spiritus, während Spiritus unter 90 Proc. nicht mehr brauchbar ist. Von 93proc. Spiritus brauchte die Lampe im Durchschnitt stündlich 97 cc und gab mit neuem Glühstrumpf 42 Kerzen, nach etwa 60 Stunden nur noch 36 Kerzen. — Die Lampe von Siemens ist mit Docht versehen.

In der grossen Lampe von Schuchardt (Fig. 132) kann selbst 86proc. Spiritus gebrannt werden. Die Füllung der Lampe geschieht bei geschlossenem Hahn *h* durch *u* in das Bassin *n*. Zum Anzünden öffnet man den Doppelhahn *h* durch Herunterziehen

des Ringes *o*. Hierdurch wird die Verbindung des Bassins durch das Verbindungsrohr *k* mit dem Vergaser *a*, ferner die Füllung des ringförmigen, mit Asbest ausgefüllten

1) 1 k Thoriumnitrat kostete 1895 noch 1800 bis 1900 Mk., 1899 nur 35 bis 39 Mk.

2) J. 1896, 67; 1897, 129; 1898, 94.

Vorwärmers g durch das Ablaufrohr i mit einer bestimmten, zur Einleitung der Vergasung nöthigen Menge Spiritus bewirkt. Dann öffnet man die Verschlussklappe x des Zündtrichters l und entzündet durch Einführen einer brennenden Lunte in den Trichter den im Vorwärmer befindlichen Spiritus. Der in dem Vergaser enthaltene Spiritus wird dadurch zum Sieden erhitzt, und der Spiritusdampf tritt nun durch das Rohr d und die Kugel z in den Brenner und entzündet sich oberhalb des Cylinders an dem im Vorwärmer noch brennenden Spiritus. Nachdem so die Lampe angezündet ist, wird die weitere Verdampfung des Spiritus durch die Hitze der Leuchtflamme bewirkt. Der Sicherheitshebel q soll vermöge seiner Stellung die Füllung des Bassins mit Spiritus nur bei geschlossenem Hahn ermöglichen. Im Vergasungsrohr a befindet sich ein mit Asbest gefülltes Rohr aus Drahtgaze. Durch diese Vorrichtung wird ein heftiges Aufwallen des an dem Vergaser siedenden Spiritus verhindert und eine gleichmässige Dampfwickelung bewirkt. Der Vergaser hat an dem einen Ende die Verschraubung b , die zum Zweck einer etwa nöthig werdenden Reinigung oder Erneuerung der Asbestfüllung entfernt werden kann. Die obere Verschraubung p verbindet den Vergaser a mit dem Brennerrohr d . Die Kugel z enthält ebenfalls eine in Drahtgaze eingehüllte Asbestfüllung, welche die beim Beginn der Vergasung sich zu Flüssigkeit condensirenden Dämpfe aufnimmt. In Folge der bald eintretenden Erwärmung der Kugel werden diese flüssig gewordenen Theile wieder allmählich verdampft. Das Auslösen der Lampe wird durch Herunterziehen des Ringes z bewirkt. Hierdurch wird der Spirituszufluss zum Vergaser abgesperrt. Die Lampe brennt dann noch kurze Zeit weiter, bis der im Vergasungsrohr noch enthaltene Spiritus verdampft ist. — Versuche ergaben im Mittel 71,3 Hefnerl. für 138,2 cc Spiritus, somit 196 cc für 100 Kerzenstunden.

Lucin von Guttmann und Herzfeld ist eine Lösung von Naphtalin u. dgl. in Spiritus, welche ohne Glühstrumpf verbrannt wird (vgl. J. 1899).

Gasbeleuchtung.

Den Antheil der Bestandtheile des Leuchtgases an der Leuchtkraft der Flamme prüften Thorp und Frankland (J. 1888, 95). 1 Kubikfuss (28,3 l) Benzoldampf mit Wasserdampf verdünnt gab in einem Fall 69,71 Kerzen, mit Kohlenoxyd in gleichem Maass vermischd dagegen 73,38 Kerzen, und mit Grubengas 92,4 Kerzen, in einem anderen Versuch 93,94 Kerzen. Mit letzterem wurden also bei derselben Menge Benzol etwa 30 Proc. mehr Leuchtkraft erlangt, als beim Verdünnen mit Wasserstoff. Es ist ausser Zweifel, dass die viel höhere Temperatur der Grubengasflamme die höhere Lichtwirkung hervorruft gegenüber der Wasserstoffflamme; die glühenden Theilchen werden bei ersterem auf eine höhere Temperatur gebracht und dadurch grössere Leuchtkraft erzielt¹⁾.

Nach Deville (J. 1889, 36) erzeugten 3,939 g aromatische Kohlenwasserstoffe mit 77 Proc. Benzol im Gas 0,622 Carcel oder 0,157 Carcel für 1 g aromatischer Kohlenwasserstoffe. In Procenten der gesamten Leuchtkraft ausgedrückt werden geliefert:

von den schweren Kohlenwasserstoffen	34,9	
„ „ aromatischen Kohlenwasserstoffen mit 92 Proc. Benzol	49,2	} 65,1
„ „ „ „ „ 52 „ „	15,9	

Fernere Untersuchungen haben gezeigt, dass die 3 bis 4 Proc. Aethylen, welche im mittleren Gas enthalten sind, nur wenig zur Leuchtkraft beitragen. 1 Proc. erhöht die Leuchtkraft um 3,25 Proc., sonach die obigen 3 bis 4 Proc. um 10 bis 13 Proc. Es würden für Acetylen und Propylen 22 bis 25 Proc. der Leuchtkraft übrig bleiben.

1) Nach J. Sheard bewirkt je 1 Proc. Kohlensäure im Leuchtgas eine Abnahme der Leuchtkraft um 2,3 Proc. beim Argandbrenner, 5,6 Proc. beim Flachbrenner und 9,9 Proc. beim Bray'schen Brenner. (J. 1888, 88.)

Die Brenner für Leuchtgas werden aus Metall, besser aber aus Porzellan oder Speckstein hergestellt, da sich bei diesen die Gasausströmungsöffnungen nicht durch Oxydation verstopfen.

Man unterscheidet besonders: 1) Der Einloch- oder Strahlenbrenner besteht aus einem kurzen, hohlen Cylinder, welcher oben durch eine mit einem feinen Loche versehene Deckplatte verschlossen ist. 2) Der Schnitt- oder Schlitzbrenner enthält im knopfförmigen Ende einen mit der Säge gemachten Einschnitt. Die Flamme ist flach, mehr breit als hoch, und findet besonders bei der Strassenbeleuchtung Anwendung. Der Form der Flamme wegen nennt man diesen Brenner auch Fledermausbrenner. Wenn zwei Schnittbrenner so gegeneinander geneigt sind, dass die beiden Flammen sich durchdringen und eine einzige Flamme bilden, so hat man den Zwillingsbrenner, welcher mehr Licht gibt, als die beiden einzelnen Brenner, aus denen er besteht, für sich zu entwickeln vermögen. 3) Der Zweilochbrenner (Manchesterbrenner, Fischschwanzbrenner) hat statt des Schlitzes des Schnittbrenners zwei Oeffnungen, welche unter einem Winkel gegen einander geneigt sind, so dass die beiden aus ihnen austretenden Gasströme sich gegenseitig abflachen und zu einer Flamme vereinigen, welche mit ihrer Fläche rechtwinkelig zu der Ebene der beiden Oeffnungen liegt. 4) Bei dem Argand'schen Brenner besteht die Flamme aus einer kreisrunden Reihe kleiner Strahlen, deren jeder aus einer besonderen Oeffnung hervortritt. Der Brenner ist ein hohler Kranz, welcher auf der oberen Seite mit feinen Oeffnungen versehen ist (vgl. J. 1882, 1120). 5) Der Dumas-Brenner gleicht dem Argand-Brenner, nur ist die Flamme durch einen Gasstrom gebildet, welcher aus einer kreisrunden Schnittöffnung hervortritt. 6) Beim Sonnenbrenner hat man eine Anzahl von Zweiloch- oder Schnittbrennern, die so gestellt sind, dass deren Flammen in einander fließen; sie sind mit einem Reflector und Ventilationsabzug versehen und eignen sich zur Beleuchtung von Kirchen, Theatern, grösseren Sälen u. dgl.

Eine wesentliche Verbesserung sind die mit Vorwärmung von Gas und Luft versehenen sogen. Regenerativgasbrenner¹⁾. Der Brenner von Fr. Siemens besteht, wie Fig. 133 bis 135 (S. 141) zeigen, aus mehreren in einander gesteckten senkrechten Behältern. Die Luft, welche unten durch die Schlitzbe bei *a* einströmt, nimmt die mit Pfeilen bezeichneten Wege durch die äusseren Luftgeneratorkammern *d*, um ausserhalb des Porzellancylinders *z* mit dem aus den im Regenerator kreisförmig gestellten Röhren *r* entweichenden Gase zu verbrennen. Die gebildeten Verbrennungsproducte entweichen zum Theil abwärts durch den hohlen Porzellancylinder *z* und den inneren Regenerator *s* durch den Stutzen *q* in das Essenrohr, welches seitlich des Hauptkörpers aufwärts in die oberhalb des Porzellancylinders *z* aufgestellte Esse führt; ein anderer Theil der Verbrennungsproducte entweicht direct aufwärts in die Esse. Indem die letztere direct durch einen Theil der Verbrennungsproducte erwärmt wird, dient der durch den Regenerator *s* abwärts gezogene Theil derselben zur Vorwärmung der Luft und des Gases. Es ist noch zu bemerken, dass die vorgewärmte Luft vermittelst sogen. Luftzertheilungskämme, welche an den Mündungen der Gasröhren und etwas darüber angebracht sind, zertheilt und geleitet wird. Es ist ersichtlich, dass die zur Vorwärmung in die äusseren Regeneratorkammern aufwärts geführte Luft und das aus dem Röhren *r* entweichende Gas den entgegengesetzten Weg nimmt, wie die im mittleren Regenerator abwärts geführte Flamme, also bei hinreichender Heiz- bez. Kühlfläche, ein

1) J. 1881, 1031; 1882, 1129; 1883, 1073; 1885, 1282; 1886, 1141; 1887, 138; 1888, 110; 1889, 84; 1890, 162.

vollständiger Austausch der Wärme zwischen Luft-, Gas und Flammenproducte stattfindet.

Wo es darauf ankommt, das Licht nach unten zu werfen, sind die umgekehrten Brenner mit Vorwärmung, die sog. invertirten Regenerativbrenner empfehlenswerth. Bei dem Brenner von Siemens führt das Gaszuleitungsrohr *G* (Fig. 136) in den wagrechten Gasring *R*. Dieser trägt nach unten zu eine Anzahl kreisförmig eingeschraubter oder eingetriebener Brennröhrchen *r*, welche sich nach unten, wie die Zeichnung Fig. 137 darstellt, zu einem kleineren Kreis zusammenziehen. An der untersten und engsten Stelle des durch die Brennröhre *r* gebildeten Kreises befinden

Fig. 133.

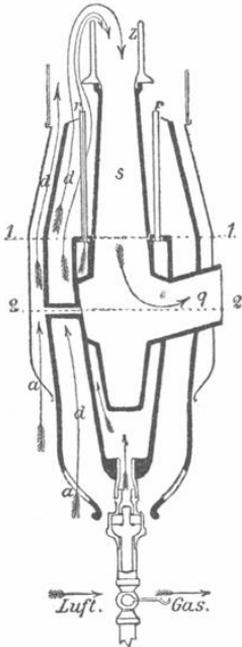


Fig. 134.



Fig. 135.

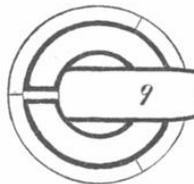


Fig. 136.

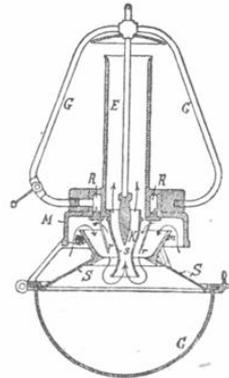
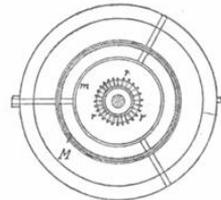


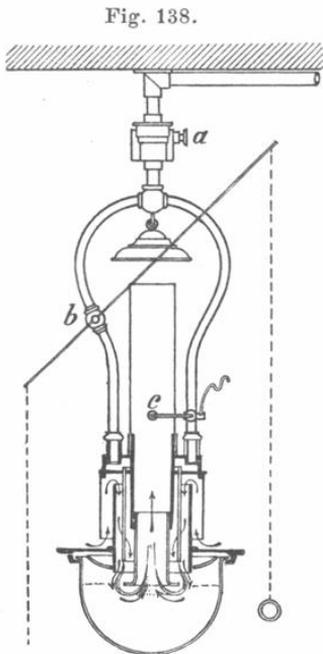
Fig. 137.



sich die Mündungen derselben. An dieser Stelle entweicht das durch die Gaszuleitungsrohre in den Gasring geführte Gas nach unten behufs Verbrennung. Die dazu erforderliche Brennluft wird von unten (siehe Pfeile) in den äusseren Mantel *M* eingeführt, steigt zuerst nach oben über den sich analog der Stellung der Brennröhre nach oben erweiternden Mantel *m*, um von oben in den Raum, in welchem die Brennröhre sich befinden, dieselben umgebend, einzutreten und mit dem Brenngas als Flamme nach unten zu entweichen. Zur besseren Zusammenführung von Gas und Luft trägt der innere Mantel *m* am unteren Ende nach innen zu eine Leitfläche, wodurch der Durchgangs-Querschnitt an dieser Stelle sehr verengt wird. Die Flamme entwickelt sich nach abwärts, wird aber durch den unten zu ausgeschweiften Essenhals *s* aus Porzellan oder anderen feuerfesten Stoffen oder auch Mineral oder Metall, wieder aus einander getrieben, den unteren Rand des Essenhalses umgebend nach innen abgelenkt, um durch den eigenthümlich geformten Essenhals aufwärts durch den Gasring nach der Esse *E* zu entweichen. — Der hier aus Porzellan dargestellte Essenhals *s* besitzt eine

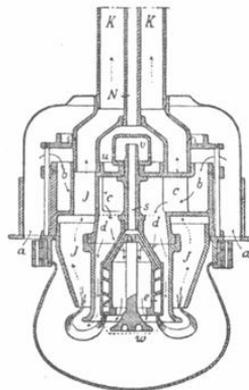
starke Einschnürung in der Höhe der am Mantel *m* angebrachten Leitfläche, so dass die Schnürung der Flamme ausserhalb und innerhalb des Essenhals sich auf einer Horizontalebene befindet. Die untere Erweiterung des Essenhals ist trompetenförmig gestaltet, während derselbe sich nach oben kegelförmig erweitert. Am oberen weiteren Ende trägt der Essenhals eine Bajonettverschlussvorrichtung, die es ermöglicht, den Essenhals von unten in den Brennring oder in die Esse einzusetzen, wenn Ersatz nöthig wird. Im oberen erweiterten Theile des Essenhals ist ein conisch geformter massiver oder hohler hellfarbiger Körper *K* aus feuerfestem Material derart angebracht, dass die Verbrennungsproducte nach aufwärts steigend diesen Körper umgeben und ihn berühren behufs Abgabe ihrer mitgeführten Wärme. Dieser feuerfeste Körper *K* wird dadurch sehr heiss und dient dem Zwecke, die so erhaltene Wärme durch Strahlung auf die inneren Flächen des Essenhalses zu übertragen. Durch diese Anordnung wird ein grosser Theil der sonst verloren gehenden Wärme der Verbrennungsproducte ausgenutzt, und zwar um den Essenhals *s*, die Brennröhre *r* und die Mäntel *m* und *M* durch Leitung und Strahlung zu erwärmen; mit deren heissen Flächen wird die zugeführte Brennluft in innige Berührung gebracht, also ebenfalls hoch vorgewärmt. Der erforderliche Gasverschluss wird durch die Glashalbkugel *G* und den Glaskegel *S* gebildet; letzterer gestattet auch, dass ein Theil des erzeugten Lichtes unmittelbar nach oben geworfen wird.

Die Firma Friedr. Siemens & Co. in Berlin SW. liefert diese Brenner in der durch Fig. 138 (theilweiser Durchschnitt) verdeutlichten Form. Bei *a* befindet sich die Stellschraube des Gasdruckreglers, bei *b* ist der Gashahn, bei *c* die Zündflamme (vgl. J. 1887, 58 u. 140).



Beim Regenerativgasbrenner von J. M. Foster wird das durch Rohr *N* (Fig. 139) zugeführte Leuchtgas namentlich in der Erweiterung *u* vorgewärmt, geht durch kleine Oeffnungen in den Raum *v* und durch Rohr *s* zu dem ringförmigen Brenner *e*. Die bei *a* angesaugte Luft gelangt von dem ringförmigen Raume *b* aus durch zwei seitliche Verbindungen *c* in den ringförmigen Raum *d*, um unten in den Pfeilrichtungen zu beiden Seiten des Brenners auszutreten, wobei der innere Luftstrom durch Ansatz *w* möglichst nahe auf die Flamme geführt wird. Die heissen Verbrennungsgase entweichen durch den ringförmigen Raum *J* und Abzug *K*.

Fig. 139.



Bei dem Brenner von Wenham geht das Leuchtgas durch das unten verzweigte Rohr *g* (Fig. 140 S. 143) zum Brenner *e*. Die Luft strömt von *a* durch Röhre *n* und Raum *C* zum Brenner, während die Verbrennungsgase im Zwischenraume *z* aufsteigen und dabei Gas und Luft vorwärmen.

Gasglühlicht. Auer v. Welsbach entleuchtete das Leuchtgas, d. h. er verbrannte es in einem Bunsen'schen Brenner und erhitzte darin einen cylindrischen Erdenmantel zum Glühen. Fig. 141 zeigt einen gewöhnlichen Bunsen'schen Brenner *a*, über welchem ein Mantel *s* aus Wolle oder Baumwolle mittels Platindraht an einem stellbaren Träger *b* hängt. Das Gewebe ist getränkt mit einer Lösung von salpetersaurem Lanthan und Zirkon, oder Yttrium oder Erbium und Zirkon, welch letzteres auch durch Magnesia ersetzt werden kann. Durch die Flamme wird das Gewebe verbrannt und es bleibt ein cylindrischer Glühkörper der betreffenden Oxyde zurück, welcher ein ruhiges Licht ausstrahlt. — Die Lichtmenge nahm aber bald ab, zudem war der Mantel sehr zerbrechlich (vgl. J. 1887, 134). Pintsch verbesserte den Brenner; die Lampe verlangte aber vor wie nach sehr vorsichtige Behandlung (vgl. J. 1888, 112 u. 116).

Fig. 140.

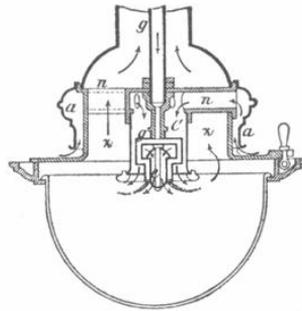
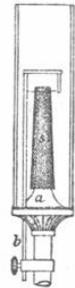


Fig. 141.



Inzwischen sind diese Glühkörper ganz erheblich verbessert, so dass dadurch die Regenerativbrenner überholt sind. Nach neueren Untersuchungen (J. 1898, 426) bestehen die Glühstrümpfe jetzt wesentlich aus Thoroxyd. Auf die Glühkörper, welche auf 99 Th. Thorerde 1 Th. Ceroxyd enthalten, sind hinsichtlich des Lichtemissionsvermögens Neodymoxyd, Zirkonerde, Lanthanoxyd und Yttererde in Mengen bis zu rund 1 Proc. ohne Einfluss. Von Neodymoxyd, Lanthanoxyd und Yttererde beeinträchtigen selbst 2 Proc. die photometrische Wirkung nicht. Erheblichere Mengen dieser Stoffe sind schädlich. Reine Gemische von Thorerde mit Ceroxyd erfordern für 1 Kerzenstunde folgende Gasmengen:

Thorerde Proc.	Ceroxyd Proc.	Gasverbrauch nach Brennstunden		
		100	400	800
99,9	0,1	12	15	15 l Gas
99,5	0,5	3,3	4,3	5,2
99	1	2,6	3,0	3,6

Fernere Versuche ergaben:

Glühkörper		Stündl. Gasverbrauch für 1 Hefnerlicht
Thorerde Proc.	Ceroxyd Proc.	
99	1	1,7 l
98	2	2,2
97	3	2,4
96	4	4,2
90	10	13
80	20	27 bis 34
70	30	31 „ 85
50	50	87 „ 110

Die Helligkeit eines Glühlichtbrenners nach verschiedenen Richtungen bestimmte H. Krüss (J. 1898, 99):

	Gasglühlicht- brenner	Derselbe mit Holophanglocke
80° nach unten	0,7	16,5
70° „ „	5,9	25,4
50° „ „	23,4	24,1

	Gasglühlicht- brenner	Derselbe mit Holophanglocke
30° nach unten	44,0	45,7
10° " "	52,2	60,5
0° horizontal	60,5	63,2
10° nach oben	60,5	61,9
30° " "	53,6	18,2
50° " "	45,7	23,4

Ueber die Theorie des Glühlichtes gehen die Ansichten noch auseinander. Einige nehmen Molecular- bez. Contactwirkungen an (J. 1897, 132). Dagegen zeigt nach Le Chatelier (C. r. 126, 1861) der Vergleich der Strahlung, welche von einem mit Glühkörpermasse überzogenen Thermoelement einerseits von der Oberfläche, andererseits von Stellen, an denen durch Lücken in der Auermasse das Platin blossgelegt war, ausgesendet wird und der Vergleich mit der Strahlung anderer erhitzter Körper, dass das selective und, namentlich im Roth, sehr kleine Emissionsvermögen der Glühkörperoxyde dieselbe zwingt, in der Flamme eine höhere Temperatur als andere Körper anzunehmen, um die zugeführte Wärmeenergie in Gestalt von Strahlung zu zerstreuen¹⁾. Die Temperatur der Glühstrümpfe im Brenner wird zu rund 1650° angenommen, wo die auf ein Thermoelement aufgetragene Masse die gleiche Strahlung zeigt. Die gesammte von den Glühstrümpfen ausgestrahlte Energie ist erheblich geringer als die eines absolut schwarzen Körpers, trotzdem letzterer viel weniger an sichtbaren Lichtstrahlen entsendet. — Diese Theorie wird durch das Nernst'sche Licht (S. 150) bestätigt.

Stephani (J. 1894) verglich die Spectra des Auerlichtes und des Bogenlichtes. Die Farben sind an Ausdehnung und Intensität gleichmässig vertreten, so dass ihre Mischung das weisse Licht des Bogenlichtes erzeugt. Beim Auerlichte dagegen überwiegt bedeutend an Intensität, ja sogar an Ausdehnung der grüne Theil des Spectrums, sehr spärlich ist das Gelb vertreten; das Roth hat dabei keine grössere Ausdehnung als beim Bogenlichte. Das Uebergewicht des grünen Theiles mit dem Mangel der dazu gehörenden Complementärfarben ist die Ursache der grünen Lichtfarbe beim Auerlichte.

roth	orange	gelb	grün	blau	violett	Auerbrenner
roth	orange	gelb	grün	blau	violett	Bogenlampe

Bewährt hat sich das Glühlicht von F a h n e h j e l m. Ein Fischschwanzbrenner wird mit Wassergas (S. 50) gespeist und durch die Flamme Stäbchen aus Magnesia,

1) Nach Tyndall (Wärme, eine Art der Bew. 1875 S. 535) enthält die Strahlung einer hellen Gasflamme höchstens 4 Proc. Lichtstrahlen. Ein gewöhnlicher Argandbrenner enthält nun wiederum nach Messungen von Helmholtz etwa 12 Proc. Wärmestrahlen im Vergleich zu seiner Verbrennungswärme. Aus beiden folgt, dass weniger als 0,5 Proc. der Verbrennungswärme von einer Argandflamme in Licht verwandelt wird. Dagegen ergab sich, dass eine Glühlampe 75 Proc. ihrer elektrischen Energie als Strahlung überhaupt, und 5,5 Proc. als Licht ausgibt. Wenn es also möglich sein sollte, den zehnten Theil des absoluten Wärmeeffects des Leuchtgases mittels Gasmotors und Dynamomaschine in Glühlampenenergie zu verwandeln, so würde diese indirecte Verwendung des Leuchtgases mehr Licht liefern als die directe Verbrennung im Argandbrenner (vgl. J. 1883, 1243; 1889, 227; 1890, 197).

Die Sonnenstrahlen, welche durch eine Oeffnung von 0,9 mm Durchmesser gingen, entsprachen nach W. Thomson 126 Kerzen, entsprechend fast 20 000 auf 1 qc. Mondlicht gleicht der Beleuchtung von einer Normalkerze in 2,3 m Entfernung.

Kalk, Zirkonerde, Kaolin, Kieselsäure o. dgl. zum Glühen gebracht. Diese Glühkörper werden jetzt wohl allgemein durch Glühstrümpfe ersetzt.

Stracha (J. 1894, 116) fand, dass bei der Beleuchtung mit Wassergas das beigemengte Eisenkohlenoxyd die Leuchtkraft der Glühkörper stark beeinträchtigt. Nach Abscheidung desselben durch Waschen mit Schwefelsäure gaben 200 l Wassergas mit Magnesiumkamm 35 bis 50 Kerzen. Während ferner bei Glühstrümpfen mit Eisenkohlenoxyd haltendem Wassergas die Leuchtkraft in 200 Stunden von 120 auf 40 Kerzen fiel, gaben sie nach der Entfernung der gasförmigen Eisenverbindung bei 360 l Verbrauch durchschnittlich 140 Kerzen bis 437 Stunden constant. Diese Beleuchtung ist beachtenswerth.

Tessié du Motay stellte Wasserstoff durch Erhitzen von Kalkhydrat mit Kohle her

$$C + 2Ca(OH_2) = 2CaCO_3 + 2H_2;$$

Sauerstoff (z. B. auf dem Westbahnhofe in Wien), indem er zunächst Braunstein mit Aetzkali (oder Aetznatron) gemengt bis auf etwa 450° an der Luft erhitzte, wodurch sich Kaliummanganat bildet:



und dann über das Gemenge überhitzte Wasserdämpfe leitete, wo die umgekehrte Reaction stattfindet:



Das Gemenge von Aetzkali und Manganoxyd in einem Luftstrom geglüht, verwandelt sich wiederum in Kaliummanganat u. s. f.

Die damit erzeugte Knallgasflamme wurde (z. B. auf der Ausstellung in Paris 1867) auf kleine Cylinder von Magnesia oder Zirkon geleitet. Das Verfahren ist überall wieder aufgegeben.

Lässt man eine Flamme von Knallgas ($H_2 + O$) gegen einen Cylinder aus Aetzkalk brennen, so verbreitet der Kalk dadurch, dass er darin die höchste Weissglut mit blauweissem Lichte annimmt, ein Licht, das Kalklicht, dessen Glanz das Auge kaum zu ertragen vermag. Man benutzte es, namentlich in den grösseren Städten der Union, zur Erzielung intensiver Lichtwirkung für Leuchttürme, Signale, Bauten, bei öffentlichen Darstellungen von Nebelbildern, von mikroskopischen Objecten, Chromatropen, für die Benutzung der Laterna magica u. s. w. Im Secessionskriege der Vereinigten Staaten spielte es in der Unionsarmee bei der Belagerung einiger Forts eine grosse Rolle. Man nennt dieses Licht Siderallicht, Kalklicht, Hydro-Oxygen-Licht oder Drummond's Licht. Es ist durch das elektrische Bogenlicht verdrängt.

Im Anschluss hieran möge die Beleuchtung mit Magnesium erwähnt werden; dieselbe ist aber recht theuer, indem 100 Kerzenstunden 60 bis 80 Pfg. kosten (J. 1887, 61; 1890, 170).

Acetylenbeleuchtung¹⁾. Seit Niederschrift von S. 98 sind eine ganze Anzahl neuer Acetylenentwickler beschrieben (J. 1898, 59). Tropfapparate und Tauchapparate sollten nur in kleinem Maassstabe angewendet werden, um Erhitzung zu verhüten, welche sehr heftige Explosionen bewirken kann; für grössere Anlagen sind die Einwurfapparate am besten. Wichtig ist die Reinigung des Acetylens. Acetylen aus 3 guten Handelssorten hatte nach Wolff (J. 1898, 73) folgende Zusammensetzung:

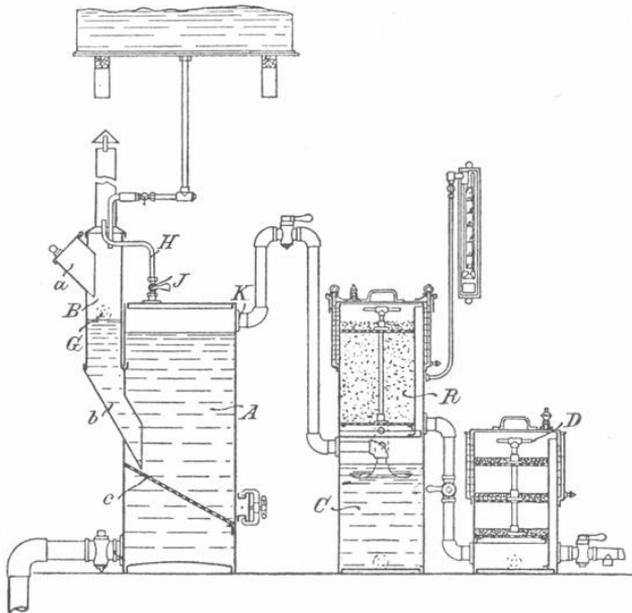
	(Amerika)	(Deutschland)	(Schweiz)
Acetylen	98,41	99,01	98,63
Sauerstoff	0,87	0,55	0,63
Stickstoff	0,42	0,20	0,34
Wasserstoff	0,09	0,07	0,16
Schwefelwasserstoff	0,08	0,07	0,10
Phosphorwasserstoff	0,05	0,03	0,03
Ammoniak	0,08	0,07	0,11

1) Vgl. F. Liebetanz: Handbuch der Calciumcarbid- und Acetylenbeleuchtung, 2. Aufl. (Leipzig 1899). Pellissier-Ludwig: Handbuch der Acetylenbeleuchtung und Calciumcarbidfabrikation (Berlin 1898).

Ausser diesen Stoffen finden sich mitunter noch Siliciumwasserstoff, Arsenwasserstoff und organische Schwefelverbindungen vor. Von diesen Bestandtheilen ist die Gegenwart von Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff in so kleinen Mengen unbedenklich und kann vernachlässigt werden. Dagegen können Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff schon in den obigen Mengen zu erheblichen Störungen Veranlassung geben und ist deren Beseitigung daher unumgänglich nothwendig. — Ein Gehalt an Ammoniak kann zur Bildung des explosiven Acetylenkupfers führen. Am gefährlichsten ist die Anwesenheit von Phosphorwasserstoff. Erstens greift derselbe die Leitungen, Hähne, Ventile und Brenner, überhaupt alle aus Metall, besonders aus Kupfer oder Kupferlegirungen bestehenden Theile so stark an, dass schon nach kurzer Zeit eine Abnutzung derselben eintritt. Besonders die beweglichen Theile in den Hähnen, Gasdruckreglern u. s. w. leiden darunter so stark, dass sie durch Verstopfung und Verschmierung vollkommen betriebsunfähig werden. Fernere Folgen der Verunreinigungen sind die Bildung von schädlichen Verbrennungsproducten und die Verminderung der Leuchtkraft; besonders erfüllt die Phosphorsäure, welche durch die Verbrennung entsteht, die Luft mit einem grauen Dunst, der die Athmungsorgane belästigt. Die grösste Gefahr liegt aber in der Selbstentzündlichkeit, die der Phosphorwasserstoff und in noch höherem Maasse der Siliciumwasserstoff besitzt. Bei Gegenwart von Luft können dadurch die gefährlichsten Explosionen des Acetylens hervorgerufen werden.

Zur Reinigung empfahl Frank (J. 1898 u. 1899) saure Metallsalzlösungen, Lunge (J. 1897, 123) Chlorkalk, Wolff (J. 1898, 75) entfernt vorher das Ammoniak. Fig. 142 zeigt im

Fig. 142.



Querschnitt eine Acetylenanlage mit Reinigungsvorrichtung nach diesem System, wie es in den grösseren Anlagen der Allgemeinen Carbid- und Acetylen-gesellschaft Berlin ausgeführt ist. Dieselben bestehen aus dem Entwickler, den Reinigungsapparaten und der Gasometerglocke. Der Entwickler *A* ist nach dem System *P i c t e t* construirt. Das Carbid wird mit der Hand in den Fülltrichter *a* eingeworfen und gleitet auf der schiefen Ebene *b* auf den schrägen Rost *c*. Die Gasentwicklung, die hier stattfindet, steigt senkrecht nach oben und wird durch den Wasserabschluss verhindert, aus dem Einfüllrohr herauszutreten. An dem Einfüllrohr

hahn *G* und auf dem Deckel des Entwicklers das Ueberlaufrohr *B* mit dem Hahn *S* angebracht, welches in den Einfüllkanal führt. Der Ausgang *K* führt in die Reini-

gungsapparate, während ein zweiter Ausgang direct in den Gasometer führt, beide sind durch Hähne verschliessbar. Soll der Entwickler gereinigt werden, so werden beide Hähne geschlossen und Hahn *I* geöffnet. Darauf wird so lange Wasser eingeleitet, bis dasselbe den Rand des Einfüllschachtes erreicht, dadurch wird alles Gas aus dem Entwickler verdrängt und durch den Schornstein abgeleitet. Wenn jetzt das Kalkwasser abgelassen wird und die Luft eindringt, so ist keine Spur Gas mehr in dem Entwickler vorhanden. — Soll der Apparat nach der Reinigung frisch gefüllt werden, so wird zunächst wieder so viel Wasser zugelassen, bis dasselbe am Einfülltrichter überläuft, so dass der Entwickler vollkommen mit Wasser gefüllt und die Luft ganz verdrängt ist. Dann wird Hahn *I* geschlossen und der Hahn der directen Verbindung mit dem Gasometer geöffnet. Das Gas aus dem Gasometer tritt in den Entwickler und drückt so viel Wasser aus dem Ueberlaufrohr heraus, bis der Gasdruck dem Druck der Wassersäule gleich kommt. Es ist dadurch der Raum über dem Wasserniveau mit reinem Gas gefüllt. — Wird jetzt Carbid eingeworfen, so wird zunächst noch etwas Wasser durch das Ueberlaufrohr abfliessen, bis der Wasserstand betriebsfähig normal ist, dann wird der Ueberlaufhahn geschlossen. Es entwickelt sich so von Anfang an reines luftfreies Acetylen, und es kann in dem Entwickler stets nur entweder Luft oder Acetylen, niemals aber ein explosives Gemisch enthalten sein. — Aus dem Entwickler wird das Acetylen in den Wäscher *C* geleitet, in welchem es eine Lösung von Chlorcalcium durchstreicht, die es von dem Ammoniak und zum Theil vom Schwefelwasserstoff befreit. Die Reinigung von Phosphorwasserstoff, welcher dadurch nur wenig angegriffen wird, geschieht in dem Reiniger *R*. In demselben ist Chlorkalk allein oder in Mischung mit anderen Stoffen so angeordnet, dass eine möglichst innige Berührung des Gases mit dem Reinigungsmittel stattfindet. Für kleine Anlagen genügt ein Reiniger, während für grössere Einrichtungen mehrere hintereinander anzubringen sind. Das Gas wird darauf in dem Trockner *D* getrocknet und von mitgerissenen Chlordämpfen befreit und durch Gasometer, Stationsgasmesser und Stationsdruckregulator geleitet¹⁾. (Vgl. J. 1898, 82.)

Bei Verwendung des Acetylen zur Beleuchtung²⁾ ist zu beachten, dass in der Hitze der Verbrennung eine Polymerisation des Acetylen in der Flamme sowohl, als auch innerhalb des Brenners eintritt, sobald die Temperatur desselben hoch genug gestiegen ist. Die flüssigen und festen Polymerisationsproducte setzen sich von aussen vor der Brenneröffnung sowohl als in derselben fest und verstopfen dieselben um so leichter, je enger die Oeffnungen sind. Aus diesem Grunde sind die Schnittbrenner für Acetylen nicht zu gebrauchen, da die engen Schnitte zu leicht verstopft werden. — Etwas besser haben sich Zweilochbrenner bewährt. Besonders die Braybrenner, welche für Acetylen mit besonders feinen Bohrungen angefertigt wurden, werden auch heute noch gebraucht. Das Princip der Zweilochbrenner besteht darin, dass zwei aus schrägen gegen einander geeigneten Bohrungen kommende runde oder ovale Gasströme auf einander stossen und sich durch den Anprall zu einer flachen Gasschicht von zierlicher Fächerform ausbreiten. Bei den Braybrennern sind die Bohrungen in einem Brennerkopf aus einer porzellanartigen Masse angebracht, welcher in einer Messingfassung gefasst ist. Diese Brenner geben eine schöne Flamme und haben eine sehr gute photometrische Nutzwirkung, sie verstopfen sich aber auch schon nach so kurzer Zeit, dass ein häufiges Reinigen und Putzen nothwendig ist, um sie verwenden zu können. So lange das Acetylen aus engen Oeffnungen gebrannt wird, ist eben ein Verstopfen derselben unvermeidlich. Reines Acetylen kann aber aus weiten Oeffnungen

1) Sicherheitsvorschriften für Acetylenfabriken: J. 1898, 85.

2) In Deutschland werden z. Z. jährlich etwa 6000 t Carbid verbraucht.

nicht gebrannt werden; man war deshalb genöthigt, dasselbe mit anderen Gasen zu vermischen, um ein befriedigendes Resultat zu erhalten. Am besten bewährte sich die Mischung mit Luft, welche nach Art des Bunsenbrenners im Brenner selbst erst erfolgt. — Folgende Brenner der Allgemeinen Carbid- und Acetylen-gesellschaft haben sich als gut erwiesen. Der erste Brenner (Fig. 143) vereinigt das Princip der Zwei-lochbrenner mit der Luftzuführung. Er besteht aus 2 Metallröhren, welche in einem Winkel von 90° gegen einander geneigt sind. Dieselben tragen zwei Specksteinköpfchen, die den eigentlichen Brennerkopf bilden. Im unteren Theile derselben liegt eine feine Oeffnung, durch welche das Gas einströmt, und welche von 4 Luftlöchern umgeben ist. Das Acetylen tritt durch dieselbe ein, reisst durch die Luftlöcher die nöthige Luft mit sich und tritt dann aus der oberen weiten Oeffnung aus. Die beiden Gasströme treffen dann aufeinander, nachdem sie einen gewissen Weg in der Luft zurückgelegt haben, und bilden eine Schmetterlingsflamme, welche nicht auf dem Brenner, sondern über demselben in der Luft gebildet wird. Dadurch wird bewirkt, dass die Brenneröffnung verhältnissmässig kühl bleibt. Da dieselbe ausserdem weit ist, so kann dieselbe sich schwer verstopfen und kann leicht gereinigt werden. Der andere Brenner, ein Schnittbrenner (Fig. 144), besteht aus einem Metalltheil, der an

Fig. 143.



Fig. 144.

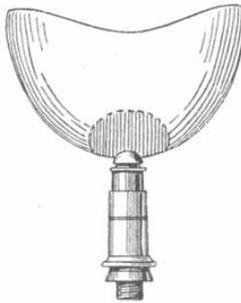
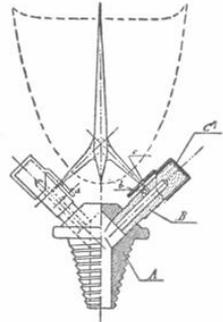


Fig. 145.



seinem unteren Ende die Gasdüse, welche von den Luftlöchern umgeben ist, enthält, während auf dem oberen Ende ein gewöhnlicher Hohlkopfschnittbrenner befestigt ist.

Der Brenner von Billwiler (D. R. P. Nr. 95 192) besteht aus einem hohlen, das Brennergewinde tragenden Messingkörper *A* (Fig. 145), welcher in seinem Kopf sich gegenüberstehende und unter einem Winkel von 90° gegeneinander geneigte Bohrungen besitzt; in letzteren sind zwei Einsätze *B* aus Speckstein befestigt. Diese Einsätze sind ebenfalls durchbohrt und tragen die feinen Ausströmungsöffnungen *b*, deren Achsen sich in der Hauptachse des Brenners treffen. Ein eigenartig geformtes Stück *C* aus Nickelblech ist so auf den Specksteineinsatz aufgestülpt, dass ein Lappen desselben die Gasausströmungsöffnung in einem kleinen Abstand *a* überdeckt und auf drei Seiten der Luft freien Zutritt zu diesen Oeffnungen gestattet. Die Vorlage selbst besitzt eine etwas grössere Oeffnung *c* gegenüber der Gasausströmung. Das reine Acetylen tritt bei *b* mit einer bestimmten Geschwindigkeit aus und strömt geschlossen durch die Oeffnung *c* der Vorlage gegen die Brennerachse. Beim Durchströmen des Zwischenraumes *a* reisst das Gas Luft mit sich, welche sich mit demselben innig vermennt und eine genügende Menge Sauerstoff hinzuführt, so dass das Gasluftgemisch vollkommen verbrennen kann. Der Vorgang spielt sich genau gleich ab, wie bei dem bekannten Bunsenbrenner. Die beiden Einlochflammen treffen sich nun in der Brennerachse und bilden eine zur Papierebene senkrecht stehende Flamme von der in der Figur ge-

strichelten Form. Der Brenner gab bei 50 mm Wassersäulen-Druck mit 22 *l* Acetylen 25 Kerzen. — Nach P. Wolff (J. 1898, 88) erforderten Einloch- bis Fünflochbrenner für 100 Kerzenstunden 86 bis 216 *l* Acetylen, Bray-Schmetterlingsbrenner 49 bis 64 *l*, Schnittbrenner 51 bis 87 *l*, nach Weber (J. 1898, 90) 70 bis 120 *l* Acetylen, nach Bullier (J. 1898, 91) verschiedene Brenner 60 bis 200 *l*.

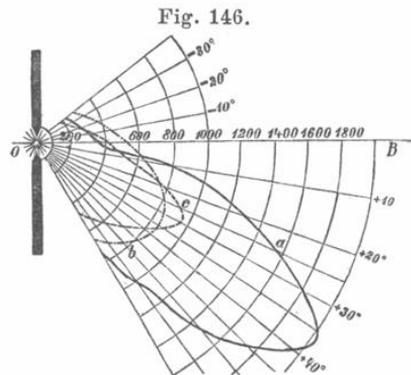
Für Eisenbahnbeleuchtung bewährt sich ein Gemisch von 3 Th. Oelgas und 1 Th. Acetylen (J. 1897, 108; 1898, 92).

Elektrische Beleuchtung.

Bei der Bogenlampe werden zwei Kohlenstifte, zwischen denen der Strom als Lichtbogen übergeht, selbstthätig nachgeschoben, so dass der Abstand der Kohlenstippen gleich bleibt. Bei Gleichstromlichtern nimmt der positive Kohlenstab, welcher stets als der obere genommen wird, die Form einer abgestumpften Spitze an, selbst mit einer geringen Aushöhlung an Stelle der Spitze, während der untere negative Kohlenstab richtig spitz oder wenigstens mit einer stark convexen Kuppe abbrennt. An der unteren Spitze leuchtet nur eine kleine Stelle, während weitaus das meiste Licht von der Innenseite der nach unten gekehrten Aushöhlung der oberen Kohle ausgestrahlt wird und darum ausschliesslich nach abwärts fällt. Das anschaulichste Bild von dieser Erscheinung erhält man durch Einschliessung des Lichtes in eine Kugel aus Milchglas. Der obere Theil der Kugel ist dann verhältnissmässig dunkel, der untere sehr hell, mit Ausnahme des ganz unteren Theiles, wo sich wieder der Schatten des unteren Kohlenstabes bemerkbar macht. Die Grenzen zwischen den Helligkeitszonen liegen aber fast nie wagerecht, sondern mehr oder weniger schief und zwar besonders dann, wenn die Kohlenstäbe nicht ganz gerade sind und darum nicht ganz genau über einander stehen. (Vgl. J. 1889, 96.)

In Fig. 146 sind durch die ausgezogene Curve *a* die Lichtstärken graphisch aufgetragen von einem Lichte mit 9,4 Ampère Stromstärke, 45 Volt Spannungsdifferenz an den Kohlenstäben und bei 11 mm Dicke der oberen und 9 mm der unteren Kohle. Die Linie *OB* bezeichnet die Horizontale, *O* die Lichtquelle. Die Lichtstärken sind von *O* aus auf Linien, welche mit *OB* die gleiche Neigung haben, in welcher sie zur Horizontale gemessen sind, aufgetragen. Die eingetragenen Werthe sind Mittelwerthe aus vielfachen Messungen, wie man überhaupt bei elektrischen Lichtmessungen sich nie mit einmaligen Beobachtungen begnügen darf, ja sogar eine reiche Erfahrung machen muss, um nicht mitunter recht groben Täuschungen ausgesetzt zu sein. Man erkennt sofort aus dem Verlaufe dieser Curve, dass bei ihr das Maximum der Lichtwirkung unter einem Winkel von etwa 37° gegen die Horizontale auftritt. Dasselbe ist über 6mal grösser als die Ausstrahlung in der Horizontalen.

Wenn aber schon die Angabe der Lichtstärke von nackten Gleichstromlichtern schwierig ist, so wird bei thatsächlichem Gebrauche der Lichter die Frage noch mehr verwickelt durch die Einschliessung derselben in durchscheinende Glasgloben oder Laternen. Diese werden aber allgemein angewendet, weniger um das Blenden des Lichtes zu vermeiden, wie gewöhnlich angenommen wird, sondern hauptsächlich weil ohne dieselben alle unteren Theile der Lampe, jede Laternenspeiche, ja sogar Ungleichmässigkeiten im durchsichtigen Glase, von dessen Verwendung zum Schutze der Lichter man doch nicht absehen dürfte, sehr hässliche scharfe Schlag Schatten werfen. Bei Lichtern von gleichmässiger Ausstrahlung wird durch durchscheinende Globen oder Laternen das Licht gleichmässig um gewisse Procentsätze geschwächt, je nach der



verwendeten Glassorte. Diese betragen bei mattirtem und bei Alabasterglas etwa 15, bei Opalglas über 20 und bei Milchglas über 30 Proc., bei schlechten Sorten, welche man eben nicht verwenden darf, bis 60 Proc. und mehr. Es wird durch eine Kugel aus trübem Glase jeder direct von dem Lichtbogen nach einem fernen Punkte fallende Strahl viel mehr geschwächt, als wie seiner thatsächlichen Beleuchtung entspricht, weil eben jeder Punkt der Umgebung auch von den übrigen Theilen der Glocke erhellt wird, welche so zu sagen an ihrer ganzen Oberfläche selbstleuchtend wird. Daraus folgt, dass bei ungleicher Ausstrahlung in der Richtung der stärksten Strahlen eine weit grössere Schwächung der Beleuchtung durch trübe Glocken bewirkt wird, als in der Richtung der schwachen Strahlen, ja dass in letzterer sogar eine Verstärkung des Lichtes eintreten kann, weil die vorher dunkleren Stellen der Umgebung nunmehr von den hell beschienenen Stellen der Glaskugel mitbeleuchtet werden.

1 Kilowatt ¹⁾ gibt etwa 1000 Kerzen Bogenlicht.

Bei den Glühlampen wird im luftleeren Raum ein Kohlenfaden durch Elektrizität zum Glühen gebracht. Die Temperatur des Glühfadens beträgt im Mittel 1700°. Eine 16 Kerzenlampe (= 14 Kerzen) erfordert etwa 50 Watt, 1 Kilowatt liefert somit etwa 280 Kerzen.

Bei der Glühlampe von Nernst wird statt des Kohlefadens ein Röhrchen aus Magnesia u. dgl. Oxyden durch Elektrizität zum Glühen gebracht (J. 1898, 102).

Er selbst sagte darüber in einem Vortrage am 9. Mai 1899, dass er durch rein theoretische Erwägungen zu dem Schlusse geführt wurde, dass mit Kohle oder anderen metallischen Leitern als Glühkörper elektrische Glühlampen von guter Nutzwirkung nicht herzustellen sind, dass sie aber mit Leitern zweiter Klasse (elektrolytischen Leitern) principiell möglich sein müssen. Es ist ja bekannt, dass jede Lichtquelle neben Lichtstrahlen auch Wärmestrahlen aussendet, welche letzteren jedoch zum eigentlichen Zweck der Lampe nicht nur nichts beitragen, sondern obendrein nutzlos Energie verzehren (beim gewöhnlichen Glühlichte etwa 97 Proc., beim Bogenlichte etwa 90 Proc. der hineingesandten Energie); je höher man die Temperatur der lichtspendenden Stoffe steigern kann, um so günstiger wird das Verhältniss von Licht zur Wärme, und der bessere Lichteffect einer Bogenlampe beruht lediglich darauf, dass man ihre Kohlenstifte durch den Lichtbogen auf weit höhere Temperaturen bringt, als es der Faden einer Glühlampe auf die Dauer verträgt. Da man nun aber aus praktischen Rücksichten die Temperaturen der bisherigen elektrischen Lampen kaum wird erheblich steigern können, so ist auch auf eine erhebliche Vermehrung des Lichteffects wenig Aussicht vorhanden.

Sehr viel weiter würde man natürlich kommen, wenn man als Glühkörper Substanzen verwenden könnte, die wenig Wärmestrahlen emittiren, bei denen also die hineingesteckte elektrische Energie möglichst vollständig als Licht erscheint. Dass unter den metallisch leitenden Materialien, gleichgültig ob es sich um reine Metalle oder um Gemische von metallisch leitenden Substanzen mit seltenen Erden o. dgl. handelt, welche Substanzen nicht zu finden sein werden, scheint aus folgender Ueberlegung hervorzugehen. Alle undurchsichtigen Stoffe müssen nach einem von Kirchhoff entdeckten und völlig sicheren Naturgesetze viel mehr Wärmestrahlen als Lichtstrahlen aussenden, indem sie das sog. normale Spectrum eines schwarzen Körpers liefern; nach der elektromagnetischen Lichttheorie müssen andererseits die metallisch leitenden Stoffe undurchsichtig sein. Daraus folgt also, dass sehr ökonomische Lampen (ausser wenn man mit den Temperaturen der Bogenlampen oder womöglich noch höheren operiren kann) mit metallischen Leitern nicht herzustellen sind.

Eine gewisse Analogie bietet die Erzeugung des Lichts in den Gasflammen; so lange Kohlentheilchen, wie früher, ausschliesslich die Träger der Lichtemission waren, hatte man stets durch strahlende Wärme empfindliche Verluste, und ihr Ersatz durch Substanzen, die kein

1) 1 Kilowatt = 1000 Watt oder VA. 736 VA. = 1 Pf. = 75 mk; 1 w = 425 Meterkilogr.; somit:

w	mk	Pf.	VA.
1	425	5,73	4164
0,00235	1	0,01333	9,81
0,1765	75	1	736
0,00024	0,102	0,00136	1

$$1 \text{ Stunden Pf.} = \frac{75 \cdot 60 \cdot 60}{425} = 635 \text{ w.}$$

$$1 \text{ „ A.} = 0,0375 \text{ g H.}$$

normales Spectrum liefern, insbesondere durch den Auer'schen Strumpf, war daher ein grosser Fortschritt. Man braucht dem Auer'schen Strumpf zwar weniger Energie hinzuzuführen, als Kohlentheilchen, um eine gewisse Lichtmenge zu erhalten, bei gegebener Temperatur aber strahlen umgekehrt Kohlentheilchen mehr Licht aus, als das Auer'sche Gewebe, weil ja das Maximum der Emission, und zwar sowohl für Licht als für Wärme, der Kirchhoff'sche schwarze Körper liefert. Nur weil das Verhältniss von Licht zur Wärme beim Auer'schen Strumpf so sehr viel günstiger ist, als beim glühenden Kohlenstoff, vermag der erstere viel leichter die hohe Temperatur der Flamme anzunehmen und deshalb ist der Auerbrenner der gewöhnlichen Gasflamme so überlegen.

Gemische von Oxyden, welche kalt isoliren, werden beim Erwärmen gute Leiter. Erwärmt man somit den Glühkörper, so wird er ein wenig leitend, ein schwacher Strom durchfliesst ihn, bringt ihn nunmehr auf immer höhere Temperatur, der Glühkörper wird zu einem ausgezeichneten Leiter und bleibt es, so lange der Strom geschlossen ist. Zur Anregung des Glühkörpers ist also eine Vorwärmung erforderlich, und man erhält so durch Combination eines elektrolytischen Glühkörpers mit einer äusseren Wärmequelle eine gebrauchsfertige Lampe. Die völlige Unverbrennlichkeit der Oxyde macht das schützende Vacuum der gewöhnlichen Glühlampe entbehrlich.

Am einfachsten macht sich die Vorwärmung des Glühkörpers mit einem Streichholz. Man erhält so eine zwar billige, aber nicht sehr bequeme Lampe. Ein zweiter Weg besteht in der Combination des Glühkörpers mit einem elektrischen Heizkörper, der auf geeignete Weise durch den Strom, welcher den Glühkörper durchfliesst, ausgeschaltet wird.

Der Energieverbrauch für die Nernstlampe ist zur Zeit auf $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Watt für die Kerze festgesetzt worden. Die Nernstlampe soll zunächst für 25 Kerzen, 50 Kerzen und 100 Kerzen für Spannungen von 110 und 220 Volt hergestellt werden. Es sind aber auch Versuche im Gange, Lampen von solcher Grösse herzustellen, dass sie nicht nur die Wechselstrom-Bogenlampen, sondern auch die kleineren Typen der Gleichstrom-Bogenlampen, Jandus-Lampen u. dgl. mit Erfolg ersetzen können. — Im Handel sind diese Lampen noch nicht zu haben.

Vergleichung der Beleuchtungsarten.

H. Cohn suchte die Grenze festzustellen, bei welcher Lichtmenge man noch ohne Anstrengung lesen und schreiben kann, indem er die Zeit bestimmte, welche bei verschiedenen Beleuchtungsgraden nöthig war, um 36 hakenförmige Figuren in 6 m Entfernung vorzulesen. Es musste angegeben werden, ob die 36 Haken nach oben, unten, rechts oder links offen waren. Er fand nun, dass gelesen wurden bei

1 Meterkerzen	0 bis 12 Haken	in 40 bis 60 Sec.	mit sehr viel Fehlern,
5	"	36 " " 48 " 73 "	mit vielen Fehlern,
10	"	36 " " 30 " 60 "	mit einzelnen Fehlern,
20	"	36 " " 22 " 26 "	richtig,
50	"	36 " " 17 " 25 "	richtig wie bei gutem Tageslicht.

Ferner stellte er fest, dass in einer Minute von Zeitungsschrift 12 Zeilen bei 10 Meterkerzen, dagegen 16 Zeilen bei 50 Meterkerzen (wie bei Tageslicht) von gesunden Augen gelesen wurden. 50 Meterkerzen sind also eine gute, 10 Meterkerzen die geringste Beleuchtung, welche ein Arbeitsplatz haben darf¹⁾.

Bei der Vergleichung verschiedener Beleuchtungsarten bez. Kosten, Luftverunreinigung und Wärmeentwicklung (vgl. J. 1883, 1228) genügt es nicht, die von der Flamme selbst gelieferte Lichtmenge für 100 Kerzenstunden zu Grunde zu legen, vielmehr ist jedesmal der Zweck der Beleuchtung zu berücksichtigen.

Handelt es sich um die Beleuchtung kleiner Flächen, z. B. eines Schreibtisches, so ist zu berücksichtigen, dass, wie oben bemerkt, zur guten Beleuchtung eines Arbeitsplatzes 50 Meterkerzen, zur ausreichenden aber mindestens 10 Meterkerzen gehören. Eine Erdöllampe von 25 Kerzen gibt daher in 0,7 m Entfernung $25 : (0,7 \times 0,7) = 50$ Meterkerzen, d. h. eine gute Beleuchtung, in 1 m Entfernung natürlich 25 Meterkerzen, in 1,6 m noch 10 Meterkerzen, sie reicht daher zur Beleuchtung eines Schreibtisches vollkommen aus. Kleinere Lampen

1) D. h. die von den Lichtquellen auf jenen Tischplatz geworfene Lichtmenge soll so viel betragen, wie 10 Normalkerzen bei senkrechter Gegenüberstellung aus 1 m Entfernung hergeben würden. Flächenhelligkeit vgl. J. 1888, 28.

müssen, um die gewünschte Lichtmenge zu erzielen, zu nahe gestellt werden und wirken daher durch Wärmestrahlung unangenehm.

Für die Beleuchtung grösserer Räume wurden vielfach die Gasflammen mit Vorwärmung (S. 141), besonders die umgekehrten (S. 142), verwendet. Dass dieselben bei gleichem Gasverbrauch die 3- bis 5fache Lichtmenge geben, als gewöhnliche Brenner, somit für 100 Kerzenstunden entsprechend weniger Wärme, Kohlensäure u. s. w., ja die völlige Abführung der Verbrennungsproducte gestatten, ist ja zweifellos. Leider steht aber diese Sammelbeleuchtung insofern wesentlich hinter der Sammelheizung zurück, als die Wärmevertheilung leicht, der Lichtvertheilung aber oft unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstehen, da die verschiedenen Lampen das Licht in verschiedenen Richtungen nicht gleichmässig ausstrahlen, besonders aber, weil die Lichtstärke mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Der Siemens'sche invertirte gibt unter 45° 195, lothrecht 222 Kerzen. Wird dieser an der Decke angebracht, so gibt er in lothrechter Richtung in 1 m Entfernung also 222 Meterkerzen, in 2 m nur 55, in 3 m 25 und in 4 m nur 14 Kerzen; 4 m vom Fusspunkt treffen wir nur noch 6 Kerzen, so dass nur ein Kreis von etwa 2 m Halbmesser die erforderlichen 10 Meterkerzen erhielt:

	*	
195		195
	222	
	55	
	25	
6		14
		6

Ein 4 m langer Tisch wird somit durch 2 Lampen von je 25 Kerzen besser beleuchtet, als durch die 222 Kerzen in 4 m Höhe. Zu berücksichtigen ist ferner, dass alle umgekehrten Flammen die Zimmerdecken völlig dunkel lassen, was besonders in Festräumen ungemein hässlich ist. 25 Paraffinkerzen geben u. U. eine viel festlichere Beleuchtung als 250 Kerzen eines invertirten Brenners. Von Einfluss ist auch die Farbe der Zimmerausstattung¹⁾, alles Umstände, welche bei Benutzung der Zusammenstellung (s. Tabelle S. 159) über die Kosten von 100 Kerzenstunden, Luftverunreinigung u. dgl. zu beachten sind.

Zu den Angaben über Erdöllampen ist zu bemerken, dass die gewöhnlichen Lampen meist mehr Oel gebrauchen als 300 g, weil man versäumt, die Flamme richtig einzustellen. Schraubt man einen 25-Kerzenbrenner zurück, so dass die Flamme z. B. nur 20 Kerzen gibt, so nimmt der Oelverbrauch nur wenig ab, steigt somit für die gleiche Lichtmenge, z. B. von 300 auf 340 g. Gleichzeitig steigert sich ganz bedeutend die Neigung zur unvollständigen Verbrennung, weil bei Verkleinerung der Flamme die Temperatur abnimmt. Bestimmt man in einer oben aus dem Cylinder unmittelbar in den S. 55 besprochenen Apparat gesaugten Gasprobe Kohlensäure und Sauerstoff, so wird man fast immer einen bedeutenden Luftüberschuss finden. Vermindert man diesen, so steigert sich die Temperatur und damit auch die Leuchtkraft der Flamme, so dass es nicht schwierig ist, den Oelverbrauch auf 280 g zu ermässigen (vgl. J. 1883, 1229). Bei Lichtmessungen sollte man diese einfache Gasanalyse nicht versäumen. Für den täglichen Gebrauch wird man der Sicherheit wegen immer einen Luftüberschuss vorziehen. Jedenfalls gibt eine richtig construirte und behandelte Erdöl- bez. Solaröl-lampe keine oder höchstens unmerkliche Spuren unvollständig verbrannter Producte. Auch bei anderen mit Cylindern versehenen Brennern ist eine Verunreinigung der Luft durch Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe nicht zu befürchten (J. 1894, 114). Bei allen freibrennenden Flammen ist dagegen, da völlig ruhige Luft selten zu erhalten sein wird, eine Luftverunreinigung durch Kohlenoxyd u. dgl. allerdings leicht vorhanden. Für Leuchtgas kommt dazu, dass bei schlechter Anlage oder nachlässiger Behandlung dieses direct aus der Leitung in die Zimmerleitung treten kann. Leuchtgas (aber auch Erdöl) enthält ferner stets Schwefel, gibt also beim Verbrennen Schwefelsäure und Schwefelwasserstoff, welche auf Zimmerpflanzen, vielleicht auch auf die Bewohner, nach A. Girard sogar auf Fenstervorhänge u. dgl. durch Bildung von Hydrocellulose nachtheilig einwirken, und Witz zeigte, dass diese Verbrennungsproducte namentlich alle mit Anilin-

1) Es beträgt die Menge des reflectirten Lichtes in Procenten: schwarzer Sammt 0,4, schwarzer Drap 1,2, schwarzes Papier 4,5, dunkelblau 6,5, dunkelgrün 10,1, hellroth 16,2, dunkelgelb 20,0, blau 30,0, hellgelb 40,0, hellgrün 46,5, hellorange 54,8, weiss 70,0, Spiegel 92,3.

farben gefärbte Stoffe missfarbig machen. C. Wurster schildert in lebhaften Farben die Gefahren, welche Büchersammlungen und auch den Menschen durch die Verbrennungsprodukte des Leuchtgases drohen; er hält aber nicht nur die Schwefligsäure, sondern auch die bei der Verbrennung entstehende Salpetrigsäure für bedenklich (J. 1888, 108).

Bei Vergleichung der verschiedenen Beleuchtungsarten ist ferner zu berücksichtigen, dass man mit Kerzen und Erdöllampen aus einem Zimmer in das andere gehen kann, mit Gaslampen (Acetylen) und elektrischen Lampen aber an eine Centralquelle angeschlossen ist.

Man erhält so für die gebräuchlichsten Beleuchtungsarten im Durchschnitt folgende Vergleichszahlen für Kosten, Luftverunreinigung u. dgl. (J. 1891, 64; 1896, 68):

		Lampen- stunde		Berechnet auf 100 Kerzenstunden							Strahlende Wärme für 8 Kerzen in 1 Minute auf 1 qd in 37,5 cm Abstand
		Lichtstärke	Kosten	Verbrauch	Kosten	CO ₂ - Entwicklung	H ₂ O- Entwicklung	Wärme-Ent- wicklung 1)	Strahlende Wärme	Leuchtende Strahlung in Proc. der Ges.-Energie	
Kerzen	Stearin . .	1	1,3	920 g	130	1,18	1,04	8100	—	—	cal.
	Paraffin . .	1	1,2	770 g	120	1,22	0,99	7980	1080	0,45	8,7
Erdöl	Flachbrenner	4	0,6	600 g	13,2	0,95	0,80	6240	—	—	8,2
	Rundbrenner	25	1,9	330 g	7,3	0,53	0,44	3432	1080	—	10,8
Spiritusglühlicht .		36	3,3	270 cc (220 g)	(8,6) 9,1	0,38	0,25	1247	—	—	10,6 (1,2)
Leucht- gas	Schnitt- brenner	12	2,9	1,6 cbm	25,6	0,91	1,71	8480	820	0,35	6,2
	Argand- brenner	25	4,8	1,2	19,2	0,68	1,28	6360	700	—	6,1
	Glühlicht	46	2,2	0,25	(4) 4,5	0,12	0,12	1060	140	0,75	1,0
Elektrisches Glühlicht		15	4,1	—	27,3	0	0	400	250	7,14	2,2

Für die strahlende Wärme sind die Werthe von Rubner (J. 1895, 76) eingesetzt; dabei sind 8 Kerzen in 37,5 cm Abstand als gute Beleuchtung angenommen, welche 50 Meterkerzen gut entsprechen; die 1,2 cal. sind für Spiritusglühlicht entsprechend der Gesamtwärme nach dem Gasglühlicht geschätzt. Entsprechende Versuche von Reichenbach (J. 1898, 99) ergaben ähnliche Werthe. Jedenfalls geben Erdöllampen für den Schreibtisch recht lästige strahlende Wärme.

1) Der bei der Verbrennung entwickelte Wasserdampf entweicht oft als solcher, besonders in Zimmern ohne künstlichen Luftwechsel, es wird aber auch ein grösserer oder geringerer Theil an den Wänden oder Fensterscheiben verflüssigt. Es ist daher wohl richtiger, den Brennwerth, wo hier, berechnet auf Wasserdampf von 20° in Rechnung zu setzen (vgl. J. 1887, 158).