

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

L. inw.

4905

Wissenschaftliche  
Bibliothek



Beleuchtung und  
Heizung,  
von J. Herding

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298999

Григорья и. Гусева.  
46/1.



J. F. Herding  
Beleuchtung und Heizung

Wey  
/ III

# Naturwissenschaftliche Bibliothek für Jugend und Volk

Herausgegeben von Konrad Höller und Georg Ulmer in Hamburg

Reich illustrierte Bändchen im Umfange von 140—200 Seiten.

Geschmackvoll gebunden je M. 1.80. Geheftet M. 1.40

- Aus Deutschlands Urzeit . . . . . Von Gust. Schwantes  
Der deutsche Wald . . . . . Von Prof. Dr. Buesgen  
Die Ameisen . . . . . Von F. Viehmeier  
Das Aquarium . . . . . Von C. Heller  
Das Terrarium . . . . . Von Dr. P. Krefft  
Beleuchtung und Heizung . . . Von J. S. Herding

Diese Sammlung wendet sich in bewusster Einfachheit an einen Leserkreis, der klaren Auges und warmen Herzens Nahrung sucht für seinen Wissensdrang und eingeführt werden will in ein ihm bis dahin entweder ganz verschlossen gebliebenes oder nur wenig bekanntes Land.

Jeder Band behandelt ein in sich abgeschlossenes Gebiet dem Stande der Wissenschaft entsprechend aus der Feder eines berufenen Sachmannes. Die Sprache ist dem Verständnis der reiferen Jugend und des Mannes aus dem Volke angepaßt, klar, deutlich und schlicht. Fremdwörter und wissenschaftliche Ausdrücke sind vermieden.

Besonderes Gewicht wird darauf gelegt, den Leser anzuregen, selbstständig zu beobachten und zu experimentieren. Illustration ist reichhaltig, die Ausstattung vornehm und gediegen.

So dürfte die Naturwissenschaftliche Bibliothek bald zu dem bevorzugtesten Geschenkwerk gehören und spielend verkäuflich sein.

Weitere Bändchen befinden sich in Vorbereitung.

m

Naturwissenschaftliche Bibliothek  
für Jugend und Volk  
Herausgegeben von Konrad Höller und Georg Ulmer

# Beleuchtung und Heizung

Von

J. F. Herding



Leipzig  
Verlag von Quelle & Meyer

W. / M

II 4905



Alle Rechte vorbehalten.

Akc. Nr. 3698 /50

## Vorwort.

Beleuchtung und Heizung sind von den ältesten Zeiten her bekannt; wer sie erfunden, ist geschichtlich nicht festzustellen. In der Sage der alten Griechen ist das Feuer göttlichen Ursprungs. Prometheus, der Vorherdenkende, hat es vom Himmel geholt, hat den Menschen den göttlichen Funken gebracht und ihnen damit die Möglichkeit gegeben, nach und nach eine höhere Kulturstufe zu erreichen. Übersehen wir uns das Dichterische dieser Sage in das Nüchterne, so ist der Blitz der göttliche Funke, der die Menschen mit dem Feuer bekannt gemacht hat. Mag die erste Kenntnis der Verbrennung dem Menschen nun geworden sein, wie sie will, die Beleuchtungs- und Heizungsanlagen blieben Jahrtausende denkbar einfach. Erst das 19. Jahrhundert brachte einen Umschwung, dem dann ein gewaltiger Aufschwung folgte. Während bis dahin Kienspan, Öllampe und Kerze die einzigen Lichtspender waren, Kamin und gemauerter Herd einzig als Heizanlagen in Betracht kamen, hat die Neuzeit eine Fülle der verschiedensten Beleuchtungskörper, eine Menge von vorzüglichen Koch- und Heizapparaten hervorgebracht, an denen der Mensch der Jetztzeit nicht achtlos vorübergehen, die er nicht als etwas Zauberhaftes, ihm Unverständliches betrachten darf. Ihre Bekanntschaft will in bescheidenem Rahmen dieses Buch vermitteln. Dazu ist nötig, daß der Leser vertraut wird mit den chemischen und physikalischen Vorgängen, worauf moderne Heizung und Be-

leuchtung beruhen. Sie sind deswegen eingehend betrachtet. Im Anschluß daran ist versucht worden, die verschiedenen Errungenschaften der Technik vorzuführen, wobei die Kostenfrage stets berücksichtigt ist, um so ein Bild über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Anlagen zu gewinnen. Diese sind zumeist auch im Bilde vorgeführt. Eine Reihe von Firmen hat die Freundlichkeit gehabt, Klischees zur Verfügung zu stellen. Indem ich ihnen an dieser Stelle meinen Dank ausspreche, möchte ich auch namentlich auf sie verweisen. Es sind:

Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin. (Fig. 49.)

Deutsche Gasglühlicht-Aktiengesellschaft, Berlin. (Sigg. 50 u. 52.)

Eisengießerei-Aktiengesellschaft vorm. Kenling & Thomas, Berlin.  
(Sigg. 62 u. 63.)

Esch & Co., Mannheim. (Sigg. 64—66.)

Max Kohl, Chemnitz. (Fig. 70.)

Hugo Schneider, Leipzig. (Sigg. 4, 21, 22, 23, 30—32, 34.)

Westinghouse Elektrizitäts-Aktienges., Berlin. (Fig. 53.)

Zentrale für Spiritusverwertung, Berlin. (Sigg. 33 u. 69.)

Der aufmerksame Leser wird manches Neue, manche Anregungen finden, die ihn in den Stand setzen, vorhandene Anlagen zu verbessern und wirtschaftlicher zu behandeln und bei Neuanschaffungen das für ihn Passende auszuwählen. Möge das Büchlein vor allem dazu beitragen, Beleuchtung und Heizung im Haushalt dadurch zu bessern, daß alte Gewohnheitsünden abgelegt werden, die Bedienung der Anlagen nicht rein mechanisch, sondern mit Bedacht und Sorgfalt den geltenden Grundsätzen gemäß erfolgt.

Hamburg, Oktober 1908.

**J. S. Herding.**

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Die ältere Steinzeit oder paläolithische Periode . . . . .	1
Einleitung: Die Eiszeit . . . . .	1
1. Die Waldzeit . . . . .	5
2. Die Steppenzeit . . . . .	14
3. Die Renntierzeit . . . . .	26
II. Die jüngere Steinzeit oder die neolithische Periode . . . . .	37
1. Die mittlere Steinzeit, eine Übergangsstufe von der älteren zur jüngeren Steinzeit . . . . .	37
2. Die jüngere Steinzeit (5000—2000 v. Chr.) . . . . .	41
Die Ergebnisse der sprachvergleichenden Wissenschaft . . . . .	80
III. Die Metallzeit . . . . .	86
1. Die Bronzezeit (2000—1000 v. Chr.) . . . . .	86
Die Pfahlbauten . . . . .	112
2. Die Hallstattzeit (1000—400 v. Chr.) . . . . .	115
3. Die La Tènezeit (400 v. Chr. bis Christi Geburt) . . . . .	132
4. Die Kultur der Germanen in der älteren römischen Kaiserzeit. (Von Christi Geburt bis 200 n. Chr.) . . . . .	143
Die Weiterentwicklung der germanischen Kultur bis zum Unter- gang des Heidentums. Schlußwort . . . . .	169
Regifter . . . . .	178



# I. Einleitung. Allgemeines.

## 1. Kapitel.

### Licht und Wärme.

Ihre Bedeutung für die Erde im allgemeinen, für den Menschen im besonderen.

Licht und Wärme sind uns allen zwei ganz geläufige Ausdrücke. Nur wo unser Auge blickt, da nehmen wir Licht wahr. Wird es geschlossen, so ist alles um uns verschwunden, in tiefes Dunkel getaucht, und statt der sicheren Führung unseres Blickes sind wir ziemlich hilflos auf unseren Tastsinn angewiesen. Kein Sinn ist in so hohem Grade empfindlich als der Gesichtssinn; anders derjenige, womit wir die Wärme wahrnehmen. Der Wärmesinn ist über die ganze Haut verbreitet; aber er zeichnet sich durch seine Stumpfheit aus. Gewöhnlich empfinden wir Licht und Wärme gleichzeitig. Die Strahlen der Sonne wirken auf das Auge und auf den Wärmesinn. In allen Fällen scheint dem aber nicht so zu sein. An schwülen Sommerabenden leuchtet es im Grase. Forscht ihr nach, so findet ihr ein graues, unscheinbares Tierchen, das Johanniskwürmchen, von dem das Licht ausgegangen ist. In der Luft schweben zur gleichen Zeit leuchtende Punkte, die Leuchtkäfer. Es sind die geflügelten Männchen der im Grase sitzenden leuchtenden Weibchen. Hier strahlt Licht aus, es wirkt auf unser Auge; aber zu einer Wärmeempfindung kommt es nicht. Genau so ist es bei leuchtendem, faulem Holz und in manchen anderen Fällen. Wir dürfen aber nicht behaupten, daß hier nur Licht- und nicht auch Wärmewirkung vorhanden sei; es ist vielmehr anzunehmen, daß die geringe Empfindlichkeit unseres Wärmesinnes es zu keiner Wärmeempfindung kommen läßt, während der scharfe Gesichtssinn das schwache Licht noch deutlich wahrnimmt. Danach möchte man nun leicht annehmen, Licht und Wärme seien

dasselbe. Diese Annahme ist irrig. Der Ofen, worin das Feuer erloschen ist, strahlt Wärme aus, ohne daß hier gleichzeitig eine Lichtwirkung auftritt. Was ist nun Licht? Was ist nun Wärme? Es ist schwer, das in Kürze zu sagen. Die „Alten“ glaubten, das Licht strahle vom Auge aus, treffe die Gegenstände und mache diese, von ihnen zurückkehrend, sichtbar. Daß aber unser Auge nicht die Quelle des Lichts ist, zeigt sich im Dunkeln. Nicht das Auge liefert das Licht, sondern es ist dasjenige Körperwerkzeug, worauf ein „Etwas“, das von den Gegenständen ausgeht, einzuwirken vermag. Nachdem die Vorstellung der „Alten“ im Laufe der Zeit richtig gestellt war, handelte es sich nunmehr darum, zu ergründen, was dieses „Etwas“ sei, das von der Außenwelt kommt und unser Auge erregt. Der große englische Gelehrte Jsaak Newton (geb. 5. Jan. 1643, gest. 31. März 1727) nahm an, daß den leuchtenden Körpern ein äußerst feiner Stoff entströme, der im Auge die Lichtempfindung hervorrufe. Dieser Ansicht stellte sich bald eine andere gegenüber, wonach das von den leuchtenden Körpern ausgehende „Etwas“ nichts Körperliches, nichts Greifbares ist, sondern eine wellenartige Bewegung des „Lichtäthers“, womit das ganze Weltall erfüllt gedacht werden muß. Er ist anzusehen als ein unendlich feiner, unwägbarer und äußerst elastischer Stoff, der alle Substanzen durchdringt. In diesem unendlichen Äthermeer erzeugt der leuchtende Körper wellenartige Bewegungen, ähnlich wie der Stein, den wir ins Wasser tauchen und wieder herausziehen, die ruhende Wasseroberfläche erzittern macht. Gelangen diese Wellen in unser Auge, so reizen sie den Sehnerven der Netzhaut. Dieser Reiz ruft im Gehirn eine Lichtempfindung hervor. Danach also ist das Licht kein Stoff, sondern nur Bewegung. Ähnlich steht es mit der Wärme. Hier war man bis in das 19. Jahrhundert hinein der Ansicht, sie sei ein feiner unwägbarer Stoff, der sich mit den wägbaren Stoffen verbinden, von einem in den andern überfließen könne. Wenn die Kohle verbrenne, so werde ihr „Wärmestoff“ ausgetrieben, werde frei. Bei dem Schmelzen eines festen Körpers dagegen werde „Wärmestoff“ aufgenommen. Eis und „Wärmestoff“ geben Wasser. Diese Ansicht hat man heute vollständig aufgegeben. Wir sehen in unzäh-

ligen Fällen Wärme aus Bewegung hervorgehen. Zwei Eisstücke lassen sich ohne Zufuhr von Wärme von außen her durch einfaches Aneinanderreiben zum Schmelzen bringen. Beim Seilen von Eisen werden beide Teile heiß, ohne daß Wärme zugeführt wird. Es bleibt also nur die Annahme übrig, daß die nötige Wärme aus der zur Reibung aufgewendeten Arbeit entstanden ist. Weil so durch Bewegung Wärme entstanden ist, umgekehrt aus der Wärme auch Bewegung entstehen kann, liegt es sehr nahe anzunehmen, daß die Wärme selbst ein Bewegungszustand ist, und zwar ein solcher, bei dem sich der Körper nicht als Ganzes bewegt, sondern nur seine kleinsten Teilchen, die Moleküle. Daß wir diese Bewegung nicht sehen können, darf uns nicht stören. Die Kleinheit der Moleküle erklärt uns dies genügend. Jeden Stoff kann man sich in kleine Stoffteilchen und diese stets in noch kleinere zerlegt denken. Man nimmt jedoch an, daß die Teilbarkeit ihre Grenzen hat und nennt die kleinsten unter sich gleichartigen Teilchen eines Stoffes „Moleküle“. Über ihre Größe sind Vermutungen und Berechnungen aufgestellt. Wir müßten ein Millimeter in zehn Millionen Teile teilen, wenn wir den Durchmesser eines Moleküls feststellen wollten. Denken wir uns einen Regentropfen bis zur Größe der Erde ausgedehnt, so würden die einzelnen im Tropfen vorhandenen Wassermoleküle die Größe von gelben Erbsen haben. Das mag uns die Kleinheit der Moleküle und die Unmöglichkeit, ihre Bewegung wahrzunehmen, vor Augen führen. So haben wir, der heute herrschenden Ansicht folgend, im Licht und in der Wärme nicht Stoffe vor uns, sondern Bewegungszustände, deren plötzliches Aufhören für unseren Erdball den Untergang alles organischen Lebens bedeuten würde. Sie sind, wenn auch nicht die einzigen, so doch bei weitem die wichtigsten Bedingungen für die Entwicklung und das Fortbestehen von Pflanze und Tier. Nur unter dem Einfluß des Lichtes kann sich in den Blättern der Pflanze die Stärke bilden, die uns in der Form von Kartoffelmehl, Reisstärke, Maizena usw. allen bekannt ist. Sie bildet ihrerseits den Ausgangspunkt für die Bildung aller anderen Pflanzenstoffe und schafft damit die Daseinsmöglichkeit für die Tierwelt, die ihre Nahrung mittelbar oder unmittelbar der

Pflanzenwelt entnimmt. Daß neben dem Licht die Wärme notwendig ist, um Pflanzen- und Tierwelt das Bestehen zu ermöglichen, zeigt uns das Aufhören jeglichen Lebens dort, wo die Temperatur dauernd unter dem Gefrierpunkt des Wassers liegt. Es muß so sein, da der Kreislauf der nährenden Säfte an das Wasser gebunden ist. Wird das letztere zum Gefrieren gebracht, so hört einesteils der Kreislauf auf, andernteils tritt, weil sich das Wasser beim Erstarren ausdehnt, ein Zersprengen der kleinen Körpergefäße, z. B. der Adern, ein. Was über Tier und Pflanze gesagt ist, das gilt auch vom Menschen. Auch für ihn ist bei Aufhören von Licht und Wärme keine Daseinsmöglichkeit mehr vorhanden. Wer wollte im übrigen all die Fälle untersuchen, wo Licht und Wärme dem Menschen helfen und geholfen haben, seine Stellung zu vervollkommen, immer mehr zum Herrn der Schöpfung zu werden. Möglich ist ihm dieses allerdings erst geworden, nachdem er gelernt hatte, durch Beleuchtung und Heizung jederzeit nach seinem Belieben Licht und Wärme zu erzeugen. Je vollkommener sein Wissen und sein Können auf diesen Gebieten wurde, um so größer war der Aufschwung auf allen anderen Gebieten. Handel und Industrie sind mit der Entwicklung der Beleuchtungs- und Heizungstechnik mächtig emporgeblüht, und was hier für die großen Betriebe von ungeheurem Vorteil war, das kann für den einzelnen, das kann für den kleinen Haushalt bei geeigneter Umformung, bei richtiger Würdigung der gegebenen Verhältnisse großen Segen spenden. Dazu gehört aber eingehendes Verständnis aller Vorgänge, deren Erforschung uns zur modernen Beleuchtung und Heizung geführt haben.

## 2. Kapitel.

### Licht- und Wärmequellen.

Der chemische Prozeß als Wärmequelle.

Eine seit längerer Zeit nicht gebrauchte Stricknadel ist rostig geworden. In der Ermangelung von Sandpapier legen wir sie auf den Fußboden, setzen den einen Fuß darauf und rollen die Nadel hin und her. Der Erfolg ist ein doppelter: die Nadel ist blank geworden und — warm. Um die Nadel ins Rollen zu bringen,

mußten unsere Beinmuskeln eine gewisse Kraft ausüben, um die Reibung am Boden und der Schuhsohle zu überwinden. Wir zersägen einen Holzblock, wir feilen einen Schlüssel, wir treiben einen Nagel in die Wand; stets muß unsere Kraft einen Widerstand überwinden, stets leisten wir eine Arbeit. Diese ist um so größer, je dicker der Block ist, je mehr wir von dem Schlüssel abfeilen müssen, je tiefer der Nagel in die Wand eindringen soll; sie ist also abhängig von dem Wege. So verstehen wir unter Arbeit die Überwindung eines Widerstandes auf einem bestimmten Wege. Oft leistet man eine Arbeit, ohne einen Erfolg zu sehen. Schlägt man 20—30mal mit einem Hammer auf einen Anboß, so bleibt der letztere auf demselben Fleck, einen sichtbaren Erfolg hat unsere Arbeit also nicht gehabt, wohl aber einen fühlbaren. Der Hammer ist warm geworden. So läßt sich Arbeit in Wärme umwandeln. Im großen zeigte dies zuerst der Engländer Rumsford am Ende des 18. Jahrhunderts. Er ließ in einem eisernen Zylinder durch zwei Pferde einen stumpfen Bohrer drehen, wie er damals zum Ausbohren von Kanonenrohren gebraucht wurde. Zylinder und Bohrer waren in ein Gefäß mit  $9\frac{3}{8}$  kg Wasser von  $15^{\circ}\text{C}$  Wärme gestellt. In  $2\frac{1}{2}$  Stunden war das Wasser zum Sieden gebracht.

Als Wärmequelle kommt die mechanische Arbeit für uns wenig in Betracht. Die freiwerdende Wärme ist in den meisten Fällen lästig, ja sie ist geeignet, uns Schaden zuzufügen. Radachsen laufen sich warm, Maschinenteile können glühend werden; wir müssen daher durch fleißiges Schmieren Sorge tragen, daß die Reibung gering, die freiwerdende Wärmemenge klein ist. Wenn wir aber an kalten Wintertagen unsere Hände reiben oder sehen, wie die Arbeiter, um die halberstarrten Glieder zu erwärmen, kräftig die Arme um den Körper schlagen, dann dürfen wir uns dessen erinnern, daß mechanische Arbeit eine Wärmequelle ist.

Durch Reiben, also durch eine Arbeitsleistung, erzeugen wir die Wärme, die notwendig ist, um das Streichholz zu entzünden. Indem unsere Vorfahren mit einem Stahl gegen einen Kieselstein schlugen, entstanden die Funken, mit deren Hilfe der Feuerschwamm zum Glimmen gebracht wurde, und bei den

Wilden finden wir heute noch Völkerschaften, die durch Reiben zweier verschieden harter Hölzer Feuer erzeugen, wie es Freitag im „Robinson“ macht. Das ist freilich etwas mühsam und umständlich, Feuchtigkeit macht es unmöglich; aber wir dürfen nicht vergessen, daß die Zündhölzer erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts allgemein in Aufnahme kamen; bis dahin war das „Feueranmachen“ eine langwierige Sache. Darauf ist es auch zurückzuführen, daß bei den „Alten“ fast überall „ewige Feuer“ unterhalten wurden, und daß auf dem Herd des alten Germanen die Flamme nie erlosch. Wie sehr durch die Witterung Entzündung und Zündung in Frage gestellt wurde, zeigte sich auch bei dem Stahlfeuerzeug. Stahl und Stein mußten bei den Gewehren zu Anfang des 19. Jahrhunderts das Pulver zur Entzündung bringen. Bei Regenwetter hörte daher das Schießen auf und in der Schlacht nahm man dann den Gewehrlauf in die Hand und schlug mit dem Kolben drein. So wurde die Schlacht an der Katzbach im Jahre 1813 entschieden.

Die Erde hat ihre eigene Wärme. Das beweisen uns die Vulkane und die heißen Quellen. Bewiesen ist ferner die Zunahme der Temperatur mit der Tiefe. Die Beobachtungen sind gemacht worden bei der Bohrung artesischer Brunnen in Bergwerken und bei der Anlage von Tunneln. So erreichte die Temperatur in dem Bohrloch bei Sperenberg in der Nähe von Berlin bei 1313 m Tiefe eine Höhe von  $48^{\circ}\text{C}$ , in dem von Schladebach bei Magdeburg bei 1392 m eine solche von  $49^{\circ}\text{C}$ . Im Mont Cenis herrscht an der innersten Stelle, 1600 m unter der Bergspitze, eine Temperatur von  $29\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ , im St. Gotthard, 1700 m unter dem Gipfel, eine solche von  $31^{\circ}\text{C}$  und die höchste Temperatur hat man in einem andern Bohrloch bei Schladebach gemessen, nämlich  $56^{\circ}\text{C}$  1750 m unter der Oberfläche und 1650 m unter dem Meerespiegel. Im Mittel nimmt die Temperatur um  $1^{\circ}\text{C}$  zu für je 25—30 m, doch schwanken die Zahlen je nach dem Gestein, dessen Wärmeleitungsvermögen bei Kohlenarten, Erden und Gips äußerst gering ist, während es in den Metallen den höchsten Grad erreicht. Jedenfalls weisen alle Beobachtungen über Tiefentemperaturen darauf hin, daß sich im Erdinnern Wärmequellen befinden. Von dieser Wärme

gibt die Erde aber nur wenig an die Lufthülle ab. Die Quelle für die Luftwärme und damit die Hauptwärmequelle der Erde ist die Sonnenbestrahlung. Die Größe der durch diese zugeführten Wärmemenge hat man zu berechnen versucht, wobei man sich als Maß der „Kalorie“ bedient. Bringen wir in einem kleinen Topf Wasser zum Sieden, so zeigt das Thermometer ebensogut  $100^{\circ}\text{C}$ , wie wenn wir in einem größeren Gefäß die zehnfache Menge zum Kochen bringen. Doch lehrt die Erfahrung, daß wir im zweiten Fall einer weit größeren Menge Feuerung bedürfen als im ersten. Das Thermometer gibt uns nur Aufschluß über den Wärmegrad, nicht aber über die Wärmemenge. In den meisten Fällen ist diese aber von größerer Bedeutung als der Wärmegrad. Als Maß für die Wärmemenge betrachten wir die Menge, die notwendig ist, um die Temperatur von 1 kg Wasser um  $1^{\circ}\text{C}$  zu erhöhen und nennen sie „eine Kalorie“. Solcher Wärmeeinheiten oder Kalorien empfängt 1 qcm Erdoberfläche (also soviel wie ein Fingernagel) jährlich  $\frac{1}{4}$  Million. Daraus ergibt sich für die Gesamtoberfläche der Erde eine Wärmemenge, die hinreichend wäre, eine 36 m dicke Eiskruste zu schmelzen. Ein Teil der Sonnenwärme wird von der Luft zurückgehalten, wenn die Strahlen durch die Atmosphäre hindurchgehen; der wesentlichste Teil aber wird von der Erdoberfläche aufgesogen und erhöht die Temperatur der letzteren. Die erwärmte Erdkruste ihrerseits strahlt von der empfangenen Wärme aus. Dadurch werden die unteren Luftschichten erwärmt. Aufnahme und Ausstrahlung sind sehr verschieden. Die dunklen und rauhen Flächen der festen Erdrinde nehmen die Wärme schnell auf, strahlen sie aber auch rasch wieder aus, während bei den Wasserflächen der Weltmeere das Umgekehrte der Fall ist. Bei der Erwärmung und Abkühlung spielt auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft eine große Rolle. Wolkenbildung hindert das Hindurchgehen der Wärmestrahlen. Alle diese Umstände bedingen zum Teil das Klima eines Ortes. Mit den Wärmestrahlen zugleich empfangen wir Lichtstrahlen von der Sonne. Wie letztere unsere Hauptwärmequelle ist, so ist sie auch die Hauptlichtquelle. Messungen haben gezeigt, daß sie uns ebensoviel Licht spendet, wie es nahezu 12000 Wachskerzen in 43 cm Entfernung tun würden.

Neben der Sonne verschwinden alle anderen Licht- und Wärmequellen; sie erhält und bedingt alles Tier- und Pflanzenleben, trotzdem nur ein winziger Bruchteil ( $\frac{1}{2.200.000.000}$ ) der Licht- und Wärme- fluten, welche die Sonne in das Weltall hinausendet, die Erde trifft.

Licht ohne Wärme nehmen wir wahr beim Leuchten gewisser Körper unterhalb der Temperatur des Glühens oder Verbrennens. Wahrscheinlich wird auch hier Wärme frei. Während aber der hochentwickelte Gesichtssinn imstande ist, die geringe Lichtmenge wahrzunehmen, ist der wenig empfindliche Wärmesinn nicht mehr fähig, die geringe Wärme zu empfinden. An erster Stelle muß hier der Phosphor genannt werden. Wer noch die alten Reibzündhölzer gekannt hat, wird wissen, wie bei ihrem Anstreichen an der Wand in einem dunklen Zimmer leuchtende Linien entstanden, bestehend aus leuchtenden kleinen Phosphorteilchen. Die Eigenschaft des Phosphors, im Dunkeln zu leuchten, hat ihm seinen Namen („Lichtträger“) gegeben und nach ihm sagt man von solchen Körpern, die unterhalb der Temperatur des Glühens oder Verbrennens leuchten, sie „phosphoreszieren“. Dahin gehören außer dem Phosphor die Leuchtpflanzen und Leuchttiere (Johannismwürmchen), dann Holz, Laub, Fleisch, Fisch im Zustande des Faulens, wobei das Leuchten von außerordentlich kleinen, bei der Säulnis sich entwickelnden Bakterien ausgeht. In vielen Fällen ist für das Leuchten eine vorausgehende starke Besonnung oder Bestrahlung durch künstliches Licht notwendig. Von den in der Natur vorkommenden Körpern, die durch Bestrahlung leuchtend werden, sind vor allem gewisse Arten von Diamant- und Flußspat zu nennen. Viel schöner zeigen aber die künstlichen Leuchtsteine diese Erscheinung. Diese können hergestellt werden durch Glühen etnes Gemisches von Schwefel und kohlen-saurem Kalk oder kohlen-saurem Baryt oder kohlen-saurem Strontian. Die Farbe, worin sie leuchten, ist sehr häufig abhängig von der Darstellung. Vielfach dienen die Leuchtfarben zur Anfertigung hübscher Spielereien, z. B. im Dunkeln leuchtender Schmetterlinge, Blumen, Ansichtspostkarten, Streichholzbüchsen, Zifferblätter. Eine Zeit lang wurden Leuchtsteine zur Beleuchtung von Räumen, worin feuergefährliche Gegenstände lagerten, empfohlen. Die geringe

Lichtstärke, die oft zu wiederholende Bestrahlung, die allmähliche Abnahme der Phosphoreszenz ließ davon absehen, als die moderne Technik andere Beleuchtungsapparate an die Stelle setzen konnte, die bei gleicher Betriebsicherheit jene Mängel nicht zeigen.

Als wichtigste irdische Wärme- und Lichtquelle bleibt nunmehr der Verbrennungsprozeß. Ihn müssen wir eingehend kennen lernen, wenn wir das moderne Heizungs- und Beleuchtungsweisen verstehen wollen.

Der Verbrennungsprozeß ist ein chemischer Vorgang.

Zu den bekanntesten Stoffen gehören die Metalle. Sie zeichnen sich durch einen eigenartigen Glanz, den Metallglanz, aus und sind gute Leiter für Wärme und Elektrizität. Unter ihnen zeichnet sich das Zinn durch seinen niedrigen Schmelzpunkt (220°) aus. Seine Unveränderlichkeit bei gewöhnlicher Temperatur sowie seine schöne weiße Farbe haben es schon in früher Zeit Verwendung finden lassen. Beim Erhitzen schmilzt es. Das flüssige Zinn läßt sich gut gießen. Wird aber das geschmolzene Zinn weiter erhitzt, so bildet sich an der Oberfläche eine Haut, die nach und nach verschiedene Farben annimmt, und die zum Schluß grau erscheint. Entfernen wir die Haut, so bildet sich stets wieder eine neue. Die Haut stellt einen festen Körper dar, genau denselben, den wir erhalten, wenn wir einen Streifen Stanniol (Zinnfolie, Silberpapier) in der Zündholzflamme verbrennen. Wir nennen den Körper daher Zinnasche. Wie das Zinn, so verhalten sich die meisten Metalle, nur daß ihre Aschen anders gefärbt sind. Die Bleiasche ist gelb (Bleiglätte) oder rot (Mennige), die Zinkasche weiß (Zinkweiß), die Eisenasche schwarz (Eisenhammerschlag, der den Boden um den Amboss des Schmiedes herum bedeckt). Selbst das Quecksilber liefert bei tagelangem Erhitzen an der Luft auf ungefähr 250° eine feine rote Asche. Anders verhalten sich Gold, Silber und Platin. Sie bleiben selbst beim stärksten Erhitzen unverändert und verwandeln sich nicht in Asche. Man nennt sie deshalb „Edelmetalle“, während man die andern als „Unedle Metalle“ zu bezeichnen pflegt. Indem sich die letzteren in Asche verwandeln, verändern sie sich vollkommen. Der neue Körper hat ganz andere Eigenschaften; er läßt nicht einmal seine Abstam-

mung erkennen. Diesen Vorgang der vollständigen Stoffänderung bezeichnen wir als chemischen Prozeß. Forschen wir nach der Ursache! Ein Stück blankes Kupferblech, in der Flamme geglüht, färbt diese grün und überzieht sich selbst mit einer schwarzen Masse, die sich durch Klopfen mit dem Hammer entfernen läßt und die wir deshalb Kupferhammerschlag nennen. Es ist die Kupferasche. Wickeln wir vor dem Erhitzen das Blech zu einem Fidibus zusammen, so zeigt das Metall nach dem Glühen äußerlich dieselbe Veränderung; im Innern aber ist es, wie sich beim Aufrollen zeigt, unverändert geblieben. Warum? Die Antwort scheint recht nahe zu liegen. Die Umwandlung in Asche im Innern ist unterblieben, weil die Luft keinen Zutritt hatte. Natürlich ist dies nur eine Behauptung, die wir beweisen müssen. Nehmen wir an, es sei die Luft die Ursache der Metallveränderung, so liegt es nahe zu untersuchen, ob auch sie selbst sich verändere. Die Antwort gibt uns folgender Versuch. In einer Glasröhre erhitzen wir blankes Kupferblechschmelze, während wir gleichzeitig langsam 1000 ccm Luft darüber hinstreichen lassen. Die am andern Ende der Röhre austretende Luft fangen wir in einem Meßzylinder auf. Nach Beendigung des Versuchs zeigt sich, daß das Kupfer sich zum großen Teil in Asche verwandelt hat, und daß von den 1000 ccm Luft nur mehr 790 ccm verblieben sind, 210 sind auf dem Wege über das glühende Kupfer hinüber verloren gegangen. Prüfen wir den farb-, geruch- und geschmacklosen Luftrest in dem Meßzylinder, indem wir einen brennenden Holzspan hineintauchen, so zeigt es sich, daß er das Brennen nicht unterhalten kann; der brennende Span erlischt; die Flamme wird erstickt. Lebewesen gehen in diesem Gas nach kurzer Zeit an Erstickung zugrunde. Wir nennen den Luftrest Stickstoff und erkennen, daß er einen bedeutenden Teil (79%) der atmosphärischen Luft ausmacht und daß beim Verbrennen 21% (oder nahezu  $\frac{1}{5}$ ) der Luft verschwinden. Wo mögen sie geblieben sein? In der Metallasche? Auf nicht ganz leichte Weise könnten wir den Nachweis führen, daß dieser Teil von dem Kupfer zurückgehalten ist, das damit Kupferasche gebildet hat. Scheinbar genügt sogar ein einfaches Wägen der Röhre vor und nach dem Versuch. Mancherlei

Nebenumstände aber können das Resultat beeinflussen, das leicht und einwandfrei der folgende Versuch uns gibt.

An den einen Arm einer Wage hängen wir einen Hufeisenmagneten, der eine größere Menge Eisenstaub trägt. Dann bringen wir die Wage ins Gleichgewicht. Hierauf erhitzen wir den Eisenstaub in einer Spiritusflamme; er verbrennt und verwandelt sich in Eisenasche. Gleichzeitig sinkt die Schale, woran der Magnet hängt. Daraus folgt: Die Eisenasche ist schwerer als das unverbrannte Eisen. Es muß etwas hinzugekommen sein, nämlich das verschwundene eine Fünftel der Luft. Danach besteht eine Metallasche aus dem Metall und festgewordener Luft. Diese Behauptung hat sich

aus den an-  
gestellten Ver-  
suchen ergeben;  
sie ist wahr-  
scheinlich rich-  
tig; aber end-  
gültig bewiesen  
ist sie erst, wenn  
wir durch Um-  
kehrung des

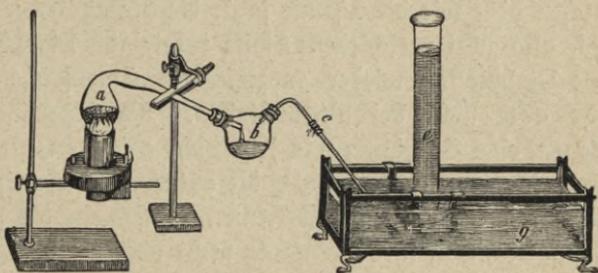


Fig. 1.

Versuchs aus einer Metallasche das Metall und die mit ihm vereinigte Luft wiedergewinnen können. Dazu bietet uns die rote Quecksilberasche Gelegenheit. (Fig. 1). Wir erhitzen sie in einer schwer-schmelzbaren Retorte auf ungefähr 700°. Die rote Masse färbt sich schwarz und durch den Hals entweichen Luftblasen und Quecksilberdampf. Der letztere verdichtet sich in der Vorlage, von der aus wir ein Glasrohr leiten, dessen andere Öffnung sich unter Wasser befindet. Darüber halten wir ein mit Wasser gefülltes Gläschen. Blasen steigen auf, verdrängen das Wasser, so daß das Glas sich mit der Luft füllt. Wir verschließen die Öffnung des mit dem Gas gefüllten Gläschens, heben es aus dem Wasser heraus und prüfen den Inhalt, indem wir einen glimmenden Holzspan hineintauchen. Er entzündet sich, was er in gewöhnlicher Luft nicht tun würde. Das gewonnene Gas kann also das Brennen unter-

halten und zwar besser als die atmosphärische Luft. Wir nennen es „Sauerstoff“.

Ein Blick in die Vorlage zeigt uns einen oder mehrere silberglänzende Tropfen, die wir durch Schütteln vereinigen können. Die Kugel lassen wir in eine kleine Schale fallen; es ist Quecksilber. So haben wir also durch Wärme die rote Quecksilberasche in Quecksilber (Metall) und Sauerstoff (Luft) zerlegt. In dem letzteren haben wir das verschwundene eine Fünftel (21%) der Luft, die sonach in 100 Teilen 21 Teile Sauerstoff und 79 Teile Stickstoff enthält. Den Sauerstoff haben wir nunmehr als die Ursache der Veränderung der unedlen Metalle erkannt. Er bildet mit den letzteren die Metallaschen oder wie die Chemie sagt: die Metalloxyde. In ihnen haben sich also zwei verschiedene Stoffe vereinigt. Die Chemie ist imstande, die Verbindung wieder zu zerlegen. Eine solche Zerlegung gelingt ihr aber nicht bei allen Stoffen. Sie bezeichnet diejenigen, bei denen eine Zersetzung bis jetzt nicht gelungen ist, als chemisch einfache Körper oder Elemente, die anderen als chemische Verbindungen. Letztere setzen sich aus Elementen zusammen, die sich darin derartig festhalten, daß ihre Trennung mehr oder minder große Mühe macht.

Wir haben zu Anfang festgestellt, daß die kleinsten Teile eines Stoffes, von denen wir annehmen, daß sie auf mechanischem Wege nicht mehr zu teilen sind, als Moleküle bezeichnet werden. Alle Moleküle eines Stoffes sind unter sich gleich. So müssen also die Moleküle der Eisenasche jedes für sich noch aus Eisen und Sauerstoff bestehen, aus kleinsten Teilen, die nicht für sich bestehen können, die sich zu zwei oder mehreren zu Molekülen vereinigen. Diese nennt die Chemie „Atome“. Bestehen die Moleküle aus gleichen Atomen, so haben wir in dem Körper ein Element vor uns; haben sich im Molekül aber ungleichartige Atome vereinigt, so ist eine chemische Verbindung entstanden. Im Molekül halten sich die Atome fest. Sie sind die aller kleinsten Massenteilchen, zeigen aber daselbe, was alle Massen zeigen, nämlich das Bestreben, sich einander zu nähern, einander festzuhalten. Dieses Bestreben nennen wir allgemein „Massenanziehung“, und wo sie von den Atomen gezeigt wird, sprechen wir von der Atomanziehung, der

„Affinität“ oder der „chemischen Verwandtschaft“. Die Anziehungskraft der Atome verschiedener Elemente ist nicht gleich groß, sondern außerordentlich verschieden. Das Blei überzieht sich schon beim Liegen an der Luft mit Bleiasche, das Zinn verwandelt sich erst beim Erhitzen in Zinnasche, das Quecksilber verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft nur dann, wenn wir es tagelang auf  $250^{\circ}$  erwärmt halten und die Edelmetalle zeigen auch beim stärksten Erhitzen keine Neigung, sich mit dem Luftsauerstoff zu vereinigen. Diese Tatsachen haben dazu geführt, die Atomanziehung als chemische Verwandtschaft zu bezeichnen. Je größer sie ist, desto schneller geht die Verbindung vor sich. Der Verbindungsvorgang ist in den meisten Fällen von einem Freiwerden von Wärme begleitet, und so wird der chemische Prozeß zur Wärmequelle. Gießen wir Schwefelsäure in Wasser, so steigt die Temperatur des Gemisches außerordentlich. Mischen wir 3 Teile Wasser mit 1 Teil Säure, so beträgt die Temperaturerhöhung ungefähr  $150^{\circ}$  C. Ähnlich große Wärmemengen werden beim Kalklöschfen frei. Das lehrt uns schon der aufsteigende Wasserdampf. Wollen wir den Vorgang genau beobachten, so verfahren wir am besten in folgender Weise. Wir nehmen Marmorbruchstücke und werfen sie in den Herd, sobald die Kohle darin in Glut liegt. Nach dem Erlöschen des Feuers oder wenn der Marmor gut durchgeglüht ist, nehmen wir ihn (mit der Feuerzange!) heraus und lassen ihn gänzlich abkühlen. In einem alten irdenen Gefäß, das aber sauber sein muß, beträufeln wir den gebrannten Kalk, denn darin hat sich der Marmor beim Glühen verwandelt, mit kaltem Wasser so, daß die Stücke gut feucht sind, aber keine Flüssigkeit in der Schale stehen bleibt. Es dauert nur wenige Minuten (oft nur Sekunden), dann steigt Wasserdampf auf, die festen Stücke bekommen Risse und das Ganze zerfällt zu einem feinen weißen Pulver, dem gelöschten Kalk, aus dem sich durch Mengen mit Wasser Kalkbrei und Kalkmilch herstellen lassen. Während des Löschens hat sich die Temperatur des Gefäßes so stark erhöht, daß wir es nicht anfassen können. Diese beiden Beispiele mögen zeigen, wie große Wärmemengen bei chemischen Prozessen frei werden. Als nutzbare Wärmequellen kommen sie aber kaum in

Betracht. Hier sind wir fast einzig und allein auf den Verbrennungsprozeß angewiesen. Unter „Verbrennung“ verstehen wir im gewöhnlichen Leben die Vereinigung eines Körpers (des Brennstoffs) mit dem Sauerstoff unter Licht- und Wärmeentwicklung. Der Chemiker faßt den Begriff weiter und spricht auch da von einer Verbrennung, wo Licht- und Wärmeerscheinungen fehlen, z. B. wenn sich das Eisen beim Liegen an der Luft verändert. Auch ist bei der Verbrennung nicht unbedingt der Sauerstoff nötig, da andere Elemente, wie z. B. der Schwefel seine Stelle vertreten können. Zinkstaub und Schwefel vereinigen sich unter großartiger Feuererscheinung, Stanniol und Kupferblech verbrennen lebhaft im Schwefeldampf. Für das Verständnis unserer Kapitel kommt aber nur die Verbindung mit dem Sauerstoff unter Licht- und Wärmeentwicklung in Betracht, welchen Vorgang wir als „eigentliche Verbrennung“ bezeichnen wollen.

Die Verbrennung beginnt mit der Entzündung. Gewöhnlich führen wir sie herbei, indem wir den zu verbrennenden Körper mit einem brennenden in Berührung bringen. Erforderlich ist das nicht. Legen wir ein kleines Stückchen Schwefel auf ein Schwarzblech, unter das wir eine Gas- oder eine Spiritusflamme stellen, aber so, daß die Flamme nicht um das Blech herumschlägt, so schmilzt der Schwefel nach einiger Zeit ( $111^{\circ}$  C.). Weiter erhitzt (auf  $260^{\circ}$ ) entzündet er sich und verbrennt mit blauer Flamme zu schwefliger Säure, die unseren Atmungsorganen lästig fällt. Entfernen wir jetzt die Flamme, so schreitet die Verbrennung fort, hört aber auf, lange bevor aller Schwefel verbrannt ist. Der Versuch zeigt uns zunächst, daß die Entzündung des Schwefels eintritt, ohne daß eine Berührung mit einem brennenden Körper stattgefunden hat. Sie tritt ein, sobald die Temperatur des Schwefels auf  $260^{\circ}$  gestiegen ist. Wie der Schwefel, so verhalten sich alle brennbaren Körper; sie entzünden sich bei einer bestimmten Temperatur, die wir als Entzündungstemperatur bezeichnen. Sie ist bei verschiedenen Stoffen verschieden. Bei manchen Körpern, wie bei dem Phosphor, liegt sie so niedrig, daß sie sich schon bei gewöhnlicher Temperatur entzünden, sie sind selbstentzündlich. Auch bei demselben Brennstoff kann sich die Entzündungstemperatur ändern; sie liegt um so niedriger, je

feiner der Körper verteilt ist. Kohlenstaub entzündet sich schon durch einen einzigen Funken, Koks erst in der Rotglut. Für die Entzündung ist erforderlich, daß der Sauerstoff Zutritt hat. Solche Gemische, welche die Bedingungen der Verbrennung (d. s. innige Mischung mit Sauerstoff oder Luft) in sich tragen, entzünden sich leicht und verbrennen fast momentan, wobei durch die entwickelte Verbrennungswärme die gasförmigen Verbrennungsprodukte stark ausgedehnt werden. Solche Gemische sind die Träger der Explosionen; sie finden als Spreng- oder Explosivstoffe Verwendung. Weitaus die größte Mehrzahl der brennbaren Körper entzündet sich erst bei höherer Temperatur. Diesen muß zunächst wenigstens an einer Stelle eine größere Wärmemenge zugeführt werden, um die Entzündung zu bewirken. Reicht nun die an dieser Stelle entwickelte Verbrennungswärme aus, um die nächstgelegenen Teile auf die Entzündungstemperatur zu bringen, so brennt der Körper fort, andernfalls erlischt er, wenn ihm nicht neue Wärme zugeführt oder die Verbrennungswärme durch künstlichen Luftzug oder gar durch Zuführung von reinem Sauerstoff gesteigert wird. Haben wir einen Holzspan an einem Ende zum Brennen gebracht und halten ihn mit diesem nach unten, so setzt sich die Verbrennung fort; halten wir ihn aber als Fackel mit der Flamme nach oben, so wird er, wenn er nicht sehr klein, d. h. sehr harzreich ist, erlöschen. Im ersten Fall kommt für die Erwärmung der nächstgelegenen, nicht brennenden Teile fast die gesamte Verbrennungswärme zur Wirkung, im letzten Fall aber wird von dieser durch den aufsteigenden Luftzug ein wesentlicher Teil fortgeführt. Der Rest reicht nicht mehr aus, die weiterliegenden Holzteile auf die Verbrennungstemperatur zu bringen.

Der auf dem Eisenblech zum Verbrennen gebrachte Schwefel erlischt nach einiger Zeit. Das Eisen ist ein guter Wärmeleiter. Indem es die Wärme, die beim Verbrennen des Schwefels entsteht, fortleitet, findet eine Abkühlung statt. Dadurch sinkt der Wärmegrad des Schwefels unter die Entzündungstemperatur und die Verbrennung hört auf. Die Kerze erlischt, wenn wir plötzlich einen kalten Luftzug gegen die Flamme blasen. Senken wir von oben-

her ein feinmaschiges Drahtnetz auf eine Gasflamme hernieder, so wird die Flamme zusammengedrückt. Das Gas brennt nur unterhalb des Netzes und erst, wenn dieses an einigen Stellen glüht, schlägt die Flamme hindurch. Lassen wir umgekehrt das Gas von dem Brenner durch das Drahtnetz hindurchströmen und entzünden es oberhalb desselben, so überträgt sich die Verbrennung auf den Teil zwischen Brenneröffnung und Netz nicht eher, als bis das letztere teilweise glüht (Figg. 2 u. 3). In beiden Fällen leitet das

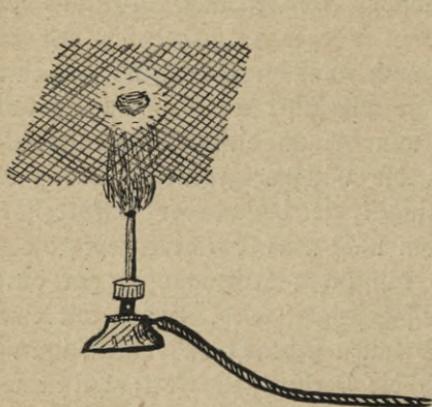


Fig. 2.

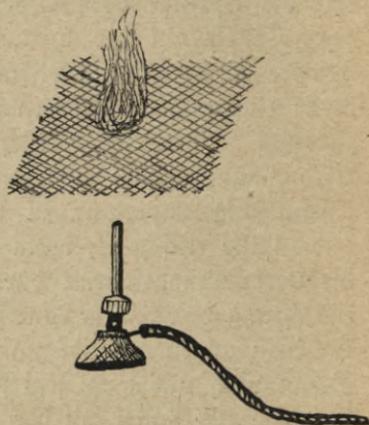


Fig. 3.

Metallnetz große Wärmemengen fort, wodurch eine Abkühlung herbeigeführt wird, die so groß ist, daß an der andern Seite nicht mehr die Entzündungstemperatur vorhanden ist. Anwendung findet diese Abkühlung durch ein Drahtnetz bei dem Brenner des Gasglühlichtes, wo ein kleines Netz das Hinunterschlagen der Flamme verhindern soll (Fig. 4) und bei der Sicherheitslampe von Davy, wie sie in Bergwerken benutzt wird (Figg. 5 u. 6). Eine Öllampe ist allseitig verschlossen, nur durch ein feinmaschiges Drahtnetz kann die Luft zur Flamme treten. Gerät der Bergmann mit der Lampe in ein explosives Gemisch (Schlagende Wetter, s. d.), so entzündet sich dies innerhalb des Netzes. Es kommt hier zu einer schwachen Explosion, wobei meist die Lampe erlischt. Nach außen hin aber verhindert

das Metallnetz die weitere Entzündung und damit die Explosion. Wenn trotz des Gebrauchs solcher Lampen Unglücksfälle und folgenschwere Explosionen vorgekommen sind, so rührt dies daher, daß entweder die Lampen unrichtig gebaut, oder die Drahtneze beschädigt sind oder endlich der Arbeiter im Bergwerk („unter Tag“) die Lampe geöffnet hat, was allerdings streng verboten ist.

Die Einleitung einer Verbrennung, die Entzündung hat in früheren Zeiten große Schwierigkeiten gemacht. Heute bildet dafür in fast allen Fällen das Zündholz den Ausgangspunkt. Lange Zeit waren

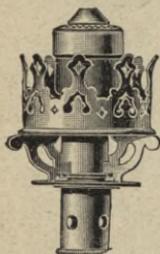


Fig. 4.

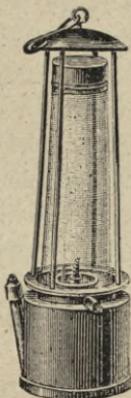


Fig. 5.

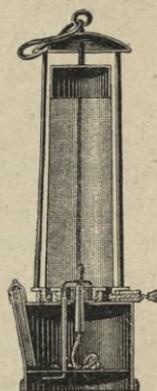


Fig. 6.

die Reibzündhölzer mit einer Zündmasse aus Schwefel und Phosphor in Gebrauch, bis ihre Herstellung und ihr Vertrieb für Deutschland durch Reichsgesetz ab 1. Januar 1907 verboten wurde. Sie hatten den Vorteil, daß sie an jeder Fläche zündeten, aber den Nachteil großer Giftigkeit.

Die Zündhölzchen sind in jedem Fall Stäbchen aus Holz, die mit dem einen Ende in geschmolzenen Schwefel oder in geschmolzenes Paraffin und dann in eine Zündmasse getaucht sind. Nach dem Trocknen der letzteren lassen sie sich durch Reiben entweder auf besonders hergerichteten oder auf beliebigen Flächen zur Entzündung bringen. Zur Herstellung der Hölzchen benutzt man meist Tannen- und Fichtenholz. Dieses wird in Würfel zerschnitten, die dann zu

Stäbchen zerspalten werden. Vielfach treibt man die Holzwürfel auch durch einen eigenartigen Hobel hindurch, dessen Eisen mit Löchern versehen ist, deren vordere Ränder zugespitzt sind. Führt man das Holz dagegen, so entstehen sovielerunde Hölzchen, als Löcher in dem Eisen sind. Neuerdings verfährt man auch in Deutschland so, wie man es in Schweden seit längerer Zeit getan hat. Die Stämme werden in Stücke von ca. 40 cm Länge zerschnitten. Diese werden entrindet und auf einer Maschine, die einer Drehbank nicht unähnlich ist, durch ein der Länge nach angreifendes Messer in ein spiralförmig sich abwickelndes Holzband von der Dicke eines Zündhölzchens verwandelt, das von kleineren Messern sofort in einzelne Streifen zerlegt wird, deren Breite gleich der Länge der gewünschten Hölzchen ist. Diese Streifen werden von einer Art Häckselmaschine in einzelne Stäbchen zerlegt. In vielen holzreichen Gegenden in Thüringen, im Bayer- und Böhmerwald beschäftigt man sich mit der Herstellung von Holzdraht, der dann in der Form fertiger Hölzchen an die Zündholzfabriken abgegeben wird. Um die Hölzchen mit Zündmasse zu versehen, werden sie auf schmale, mit Riemen versehene Brettchen gelegt, von denen viele aufeinandergelegt und durch Schrauben zu einem Stapel vereinigt werden. Man bewirkt dadurch, daß alle Hölzchen in gleicher Höhe stehen und weit genug voneinander entfernt sind. Das Hölzchenstecken wird durch Maschinen besorgt, wie denn überhaupt der ganze Betrieb in den modernen Zündholzfabriken möglichst maschinell betrieben wird. Sollen die Hölzchen in Schwefel getaucht werden, so wird dieser in einem flachen, genau wagerechtstehenden Kasten geschmolzen, so daß die Flüssigkeit eine 1 cm hohe Schicht bildet. Dahinein werden die Rahmen getaucht. Sollen die Hölzer mit Paraffin getränkt werden, so läßt man sie nur einige Millimeter in die geschmolzene Masse eintauchen, die sich dann in den Poren hochsaugt. Die Zündmasse der gewöhnlichen Phosphorzündhölzer besteht zunächst aus einem Bindemittel, Dextrin oder arabischem Gummi, das in soviel Wasser gelöst wird, daß es damit einen dünnen Sirup bildet. Diese Masse wird auf 50° erwärmt, und dann wird der gewöhnliche gelbe Phosphor, der schon bei 44° schmilzt, damit verrieben. 5% Phos-

phor genügen vollständig. Die Mischung geschieht in geschlossenen Gefäßen unter Anwendung von Maschinen und guten Ventilationsvorrichtungen. Das Gemisch wird auf Stein- oder Eisenplatten flach ausgebreitet; dann taucht man die getränkten Hölzchen ein. Danach werden sie in geheizten Räumen getrocknet, aus dem Rahmen genommen und verpackt. In bezug auf die Menge des verwendeten Phosphors mag gesagt sein, daß eine Million gewöhnlicher Phosphorzündhölzer ungefähr  $\frac{1}{2}$  kg Phosphor enthalten.

Um den giftigen Phosphor zu verbannen, hat man andere Zündmassen erfunden, wiederum solche, die an jeder Fläche zünden und solche, die einer bestimmten Reibfläche bedürfen. Zu den letzteren gehören die schwedischen Zündhölzer, die in vorzüglicher Qualität zuerst in Jönköping in Schweden dargestellt wurden und heute noch dort in kolossalen Mengen hergestellt werden. Beträgt doch der Gesamtexport Schwedens an Zündhölzern über neun Millionen Kilogramm im Werte von über fünf Millionen Mark. Die Zündmasse dieser Hölzchen besteht aus chlorsaurem Kali; auf der Reibfläche befindet sich roter Phosphor, der die giftigen Eigenschaften des gelben nicht besitzt und nahezu unschädlich ist. Phosphorzündhölzer von großer Vollkommenheit tauchten in Deutschland um das Jahr 1830 auf. Die Verwendung des 1847 entdeckten roten Phosphors zu Zündflächen für phosphorfremde Zündhölzer zeigte 1848 der Chemiker Böttger. Es wurde daraufhin eine Fabrik in Schüttenhofen in Böhmen gegründet, die aber nicht bestehen konnte, weil das Publikum die Anwendung einer bestimmten Reibfläche zu unbequem fand. Als dann aber zehn Jahre später dieselben Hölzchen von Schweden aus nach Deutschland kamen, fanden sie überall Eingang, und nahezu gleichzeitig mit ihnen in den Handel gebrachte Sicherheitszündhölzer, die an jeder Fläche zündeten, konnten keinen Absatz finden. So ändert sich der Geschmack des Publikums.

Bei der Verbrennung verhalten sich die Körper verschieden. Manche verbrennen mit, manche ohne Flamme. Eine Flamme ist ein brennendes Gas; deshalb verbrennen nur solche Stoffe mit Flamme, die entweder gasförmig sind wie das Leuchtgas, oder flüchtig sind wie Petroleum und Spiritus, oder die bei höherer

Temperatur gasförmige Produkte liefern wie Fette und die Steinkohle. Alle anderen Körper wie reiner Kohlenstoff und Eisen verbrennen ohne Flamme, nachdem sie auf eine Temperatur gebracht sind, bei der sie glühen.

Eine Kerzenflamme (Fig. 7) zeigt vier Teile: einen dunklen inneren Teil, den Kern (b), umgeben von einem leuchtenden, dem Mantel (c), dem sich nach außen ein nichtleuchtender, die Hülle (d), anschließt. Am unteren Teil zeigt sich ein blauer Saum, der

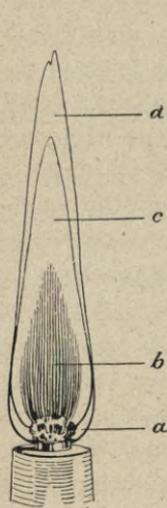


Fig. 7.

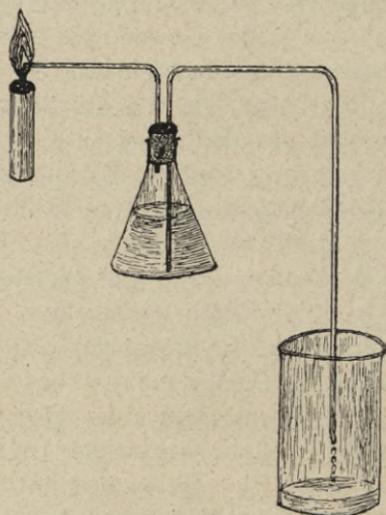


Fig. 8.

Fuß oder Schleier (a). Wir untersuchen zuerst den Kern. Wir füllen zu dem Zwecke eine Kochflasche, wie sie der Chemiker braucht (Fig. 8), mit Wasser und verschließen sie mit einem doppelt-durchbohrten Kork. Durch die eine Öffnung des letzteren geht ein Glasrohr bis nahe auf den Boden der Flasche,

durch die andere ein Rohr, das oben unterhalb des Korkens endigt. Beide Röhren sind außerhalb der Flasche rechtwinklig umgebogen. Die erstere verbinden wir durch einen Gummischlauch mit einem zur feinsten Spitze ausgezogenen Glasrohr, so daß beim Herniederhängen des Schlauches die Spitze sich reichlich 30 cm unter dem Boden der Gasflasche befindet. Jetzt rücken wir die Öffnung des kürzeren Rohres genau in den Kern der Flamme, saugen dann aus der Spitze langsam Wasser ab, das infolge der Heberwirkung selbsttätig weiterfließt. In dem Grade, wie die Flasche sich von Wasser entleert, füllt sie sich mit Gas aus dem Kern der Flamme. Ist nahezu alles Wasser

aus der Flasche entfernt, so nehmen wir das eine Rohr aus der Flamme heraus und heben das Rohr mit der Spitze hoch, ziehen es aus dem Schlauch heraus und stecken dafür einen Trichter auf. Durch diesen gießen wir Wasser ein, das die Flasche füllt, wodurch das Gas aus dem kurzen Rohr austritt, an dessen Öffnung wir es entzünden. Es verbrennt mit leuchtender Flamme. Der Versuch hat uns also gezeigt, daß das Innere der Kerzenflamme, der dunkle Kern, aus einem brennbaren Gas besteht. Es folgt der Mantel. Halten wir in die Flamme eine kalte Porzellanschale, so wird sie geschwärzt; es hat sich Ruß, d. i. fein verteilter Kohlenstoff, darauf abgeschieden. Ebenso fein verteilt findet er sich im Mantel der Flamme, wo die kleinen glühenden Kohlenstoffteilchen das Leuchten besorgen, bevor sie in den äußeren Teil, die Hülle, hineingetrieben werden, wo sie verbrennen. Dieser dritte Teil ist in Folge des hellleuchtenden Mantels dem Auge wenig sichtbar, zeichnet sich aber in Folge der Wärme, die beim Verbrennen des Kohlenstoffs frei wird, durch seine Heizwirkung aus. Im Innern der Flamme fehlt es gänzlich an Sauerstoff; es findet daher im Kern keine Verbrennung statt. Im Mantel ist Sauerstoff vorhanden. Dieser wird von dem mit dem Kohlenstoff zusammen das brennbare Gas bildenden Wasserstoff aufgenommen, der bei niedriger Temperatur eine größere Verwandtschaft zum Sauerstoff hat als der Kohlenstoff. Die Verbrennungswärme des Wasserstoffs bringt den Kohlenstoff auf die Glühtemperatur, die glühende fein verteilte Kohle bedingt die Leuchtkraft des Mantels. In der Hülle verbrennend, wird ihre Verbrennungswärme frei. Danach haben wir im Mantel die lichtgebende, in der Hülle die wärmegebende Zone der Flamme. Im Fuß der Flamme ist Sauerstoff genug vorhanden, daß Wasserstoff und Kohlenstoff gleichzeitig verbrennen können, daher der bläuliche Saum, der Schleier. Fehlt in einer Flamme der fein verteilte glühende feste Körper, so fehlt der Mantel; die Flamme ist nichtleuchtend. Reiner Wasserstoff, wie wir ihn erhalten, wenn wir mit Hilfe des elektrischen Stromes das Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff (S. 29) zerlegen, verbrennt mit kaum sichtbarer Flamme, aber unter großer Wärmeentwicklung, da die gesamte Verbrennungswärme frei wird. Solche

nichtleuchtenden Flammen werden leuchtend, wenn wir den Staub fester Körper, z. B. Kreide, hineinblasen. Leuchtende Flammen scheiden bei der Abkühlung oder bei Sauerstoffmangel den festen Körper ab. Letzteres ist der Fall bei der ruhenden Petroleumlampe. Leuchtende Flammen können wir entleuchten durch genügende Zuführung von Luft (Sauerstoff). Dies geschieht beim Bunsenbrenner (Figg. 9 u. 10). Aus einer Öffnung strömt das Leuchtgas. Wird es hier entzündet, so verbrennt es mit leuchtender Flamme. Deutlich lassen sich die einzelnen Teile unterscheiden. Über die Ausflußöffnung des Gases

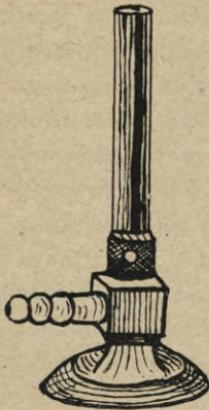


Fig. 9.

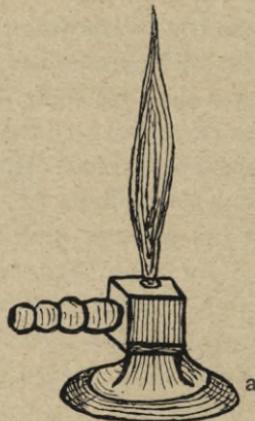


Fig. 10.



ist bei dem vollständigen Brenner a ein weiteres Rohr c, ein Schornstein, geschoben, der in seinem untersten Teil zwei oder mehr Löcher besitzt. Das ausströmende Gas reißt durch diese Öffnungen Luft mit, mischt sich damit, und das Gemisch von Gas und Luft verbrennt, am obern Ende des Schornsteins entzündet, mit schwachblauer, nichtleuchtender Flamme. Durch die Mischung mit Luft ist für reichlich Sauerstoff gesorgt, so daß mit dem Wasserstoff gleichzeitig der Kohlenstoff verbrennt. Dadurch wird die Wärmewirkung bedeutend gesteigert. — Aus dem Vorhergehenden folgt, daß beim Verbrennungsprozeß mit Flamme überlegt werden muß, ob wir eine Beleuchtungs- oder eine Heizwirkung erzielen wollen. Die Leucht-

kraft einer Flamme ist um so größer, je heller der feinverteilte Stoff glüht, d. h. je leichter er ins Glühen kommt oder je höher die Temperatur der Flamme ist. Die letztere ist abhängig von der Beschaffenheit des verbrennenden Körpers und von der größeren oder geringeren Vollkommenheit seiner Verbrennung.

Sehr häufig spielt die Dauer der Verbrennung eine große Rolle. Die freierwerdende Verbrennungswärme ist nur abhängig von der Natur und der Menge des verbrennenden Körpers. Je schneller also ein Verbrennungsprozeß verläuft, desto größer ist die Wärmewirkung, die ihren Ausdruck in der erreichten Temperatur findet. Die Verbrennung, d. i. die Verbindung mit dem Sauerstoff, kann momentan vor sich gehen. Ein Gemisch von 21 Wasserstoff und 1 Sauerstoff vereinigt sich augenblicklich, sobald wir eine Flamme daran bringen. Dabei wird momentan die gesamte Verbrennungswärme frei, wodurch eine Temperatur von ungefähr 3000° erzeugt wird. Wärme dehnt die Körper aus, und so wird hier der Rauminhalt auf das zehnfache ausgedehnt. Weil diese plötzliche Ausdehnung der umgebenden Luft wegen nicht möglich ist, muß der Druck auf das zehnfache des gewöhnlichen Luftdrucks (auf 10 Atmosphären) steigen. Dadurch werden die gewaltigen mechanischen Wirkungen bedingt, die bei dem Entzünden des genannten Gemisches, das der Chemiker als Knallgas bezeichnet, eintreten. Der Knall ist die Folge der heftigen Luferschütterung. Den ganzen Vorgang bezeichnen wir als Explosion. Solch plötzliche Vereinigungen gehen auch andere Gase (Leuchtgas, Grubengas, Acetylen u. a.) ein, wodurch gefährliche Explosionen entstehen. Ihre Verhinderung und die zu treffenden Vorsichtsmaßregeln sollen an den betreffenden Stellen besprochen werden.

Von großer Wichtigkeit sind die Verbrennungsprodukte. Da bei jeder Verbrennung (in unserm Sinne) Sauerstoff verbraucht wird, welcher der Luft entzogen wird, so führen weitaus die meisten Beleuchtungs- und Heizungsanlagen zu einer dauernden Verschlechterung der Luft, indem sie Sauerstoffmangel hervorrufen. Wird der Sauerstoff hierbei der freien Lufthülle entzogen, so wird durch die Luftströmungen bald ein Ausgleich herbeigeführt, anders wenn der zur

Verbrennung notwendige Luftsaurestoff einem wenn auch nicht völlig abgeschlossenen Luftquantum, vielleicht dem eines Zimmers entnommen wird. Hier muß für frische Zufuhr von außen gesorgt werden. In vielen Fällen vollzieht sich diese ohne unser Zutun durch die Mauern des Hauses von selbst. Der rohe und trockene Backstein, in noch höherem Maße der Sandstein ist außerordentlich luftdurchlässig, wie uns dies ein Versuch zeigt (Fig. 11). In die Breitseiten eines Ziegelsteins von gewöhnlicher Größe ist je eine Füllung hineingemeißelt, in welche Blechplatten hineinpassen. Diese sind in der Mitte durchbohrt und in die Öffnungen sind Ansatzröhren eingelassen. Die

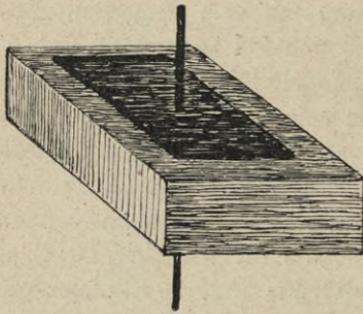


Fig. 11.

Platten werden mit Pech auf dem Stein befestigt und dann das Ganze mehrfach mit Asphaltlack überzogen. Verbindet man jetzt eins der Ansatzröhrchen durch einen Gummischlauch mit der Gasleitung, so tritt das Gas durch den Stein hindurch und durch das andere Röhrchen aus, wo man es entzünden kann. Sollte der Lacküberzug an einer Stelle eine Undichtigkeit zeigen, so tritt auch hier Leucht-

gas aus. Stellt man vor die eine Rohröffnung eine brennende Kerze, so kann man durch Hineinblasen von Luft in das andere Ansatzrohr durch den Stein hindurch die Kerze auslöschen. Diese Durchlässigkeit hört aber auf, wenn der Stein mit Wasser getränkt oder mit einem Ölfarbenanstrich versehen ist. Daraus folgt gleichzeitig, daß der Versuch nur dann gelingt, wenn ein trockner Ziegelstein benutzt wird. Besser geeignet erscheinen die feuerfesten Steine, die der Töpfer verwendet, und am besten ein Sandstein, den der Steinmeß zurechtgehauen hat. Eine Erneuerung der Luft im Zimmer findet natürlich auch durch die Undichtigkeiten an Fenstern und Türen statt. Immerhin kann eine fleißige Lüftung nie schaden, da, wie wir sehen werden, es nicht allein auf die Zufuhr von Sauerstoff von außenher ankommt, sondern ebenso sehr auf die Abfuhr von Verbrennungsprodukten, die zumal bei freien Flammen die Zimmerluft wesentlich verschlechtern.

Alle unsere Brennstoffe, mögen sie der Beleuchtung oder der Heizung dienen, enthalten Kohlenstoff. Wenn er verbrennt, d. h. wenn er sich mit dem Sauerstoff verbindet, so entsteht ein luftförmiger, farbloser Körper, ein Gas, das den Namen Kohlenäure oder richtiger Kohlendioxyd führt. Wir können es auch erhalten, wenn wir ein Stückchen Soda mit starkem Essig übergießen. Es entweicht aus der Soda unter Aufbrausen. Haben wir den Versuch in einem Trinkglas angestellt, so erfüllt das Gas bald den Raum über der Flüssigkeit. Halten wir die Nase hinein, so fühlen wir ein Prickeln, genau so wie wir es empfinden beim Trinken von stark aufbrausendem Selterwasser. Tauchen wir in den mit Kohlenäure erfüllten Raum des Trinkglases einen brennenden Holzspan, so erlischt er. Das Kohlendioxyd kann das Brennen nicht unterhalten. Es ist schwerer als die atmosphärische Luft, mit der es sich trotzdem sehr schnell mischt. Nur an wenigen Orten der Erde (Dunsthöhle bei Pyrmont, Hundsgrotte bei Neapel, Todestal auf Java, am Saacher See), wo es in größeren Mengen fortwährend der Erde entströmt, ist über dem Boden eine Schicht Kohlenäure gelagert, im übrigen ist sie in der Lufthülle fast gleichmäßig verteilt, von der sie im ganzen nur 0,04% ausmacht. Auf 10000 Teile Luft kommen also nur 4 Teile. Da sie das Brennen nicht unterhalten kann, ist sie auch zum Atmen nicht tauglich; im Gegenteil wird sie beim Atmungsprozeß aller Lebewesen ausgeschieden. Daß sich trotzdem das Mengenverhältnis in der Atmosphäre nicht ändert, hat darin seinen Grund, daß sie den Pflanzen als wichtigstes Nahrungsmittel dient. Von den grünen Pflanzenteilen während der Tagesbelichtung aufgenommen, bildet die Pflanze daraus unter dem Einfluß des Sonnenlichtes die Stärke, die der Ausgangspunkt für die Bildung aller anderen Pflanzenstoffe ist. Infolge der Ausatmung schon wird in geschlossenen Räumen, worin sich Menschen in größerer Zahl aufhalten, der Gehalt der Luft an Kohlenäure zunehmen; sehr viel mehr aber, wenn sie als Verbrennungsprodukt auftritt. Nach Vierordt nimmt ein erwachsener Mensch in 24 Stunden 746 g oder 520 l Sauerstoff auf und scheidet 867 g oder 444 l Kohlenäure aus, also 18,5 l pro Stunde. Um Licht von 16 Kerzen

Helligkeit zu erhalten, verbrauchen wir im gewöhnlichen Gasbrenner ungefähr 0,52 cbm Gas in der Stunde, das beim Verbrennen 172400 ccm Kohlenäure liefert. Ein Rundbrenner verbraucht ungefähr 0,05 kg Petroleum, das 73600 ccm Kohlenäure liefert, und wollen wir die Helligkeit mit Stearinkerzen erzielen, so werden pro Stunde 0,12 kg Stearin verbraucht, die 208000 ccm Kohlenäure erzeugen. Ist also die Ventilation keine vorzügliche, so steigt der Gehalt an Kohlenäure im Zimmer sehr schnell. Der zulässige Gehalt für Wohnräume beträgt 0,07%; doch steigt er in beleuchteten Räumen nicht selten auf 0,1%. In schlecht ventilirten Räumen, die mit Menschen gefüllt sind, hat man schon 2% beobachtet. Bei diesem Prozentsatz erlöschen Kerzen und Lampen; ein Aufenthalt in solchen Räumen kann für die Gesundheit des Menschen ernste Folgen haben. Obgleich das Gas nicht eigentlich giftig ist, hindert es, wenn größere Mengen in der Luft vorhanden sind, seine Ausscheidung aus dem Körper, was dann zu Krankheitserscheinungen führt. Wenn ein Mensch längere Zeit Luft einatmet, die größere Mengen an Kohlenäure enthält, so stellen sich Kopfschmerzen, Schwindelgefühl und Brustbeklemmungen ein. Wo sich derartige Anfälle zeigen, ist in allererster Linie für Zuführung guter Luft zu sorgen. In jedem Fall aber tut man besser, es nicht erst zu einer solchen Luftverschlechterung kommen zu lassen, sondern da, wo die natürlichen Ventilationswege, Poren, Ritzen usw. bei Fenstern, Türen und Wänden, nicht ausreichen, durch fleißiges Lüften für die Zuführung der verbrauchten und die Zufuhr frischer Luft zu sorgen. Hinzugefügt mag noch werden, daß der Aufenthalt in warmer, kohlenäurereicher Luft die Haut des Menschen sehr empfindlich, seinen Organismus also zu Erkältungen geneigt machen soll. Wer einmal aus einem menschenüberfüllten, schlecht ventilirten Saal ins Freie getreten ist, wird erinnern, daß ihn draußen für längere Zeit ein unangenehmes Frösteln befallen hat, selbst dann, wenn die Außentemperatur nicht sehr von der des Saales abwich.

Zu Kohlendioxid verbrennt der Kohlenstoff nur, wenn genügend Sauerstoff vorhanden. Bei Sauerstoffmangel bildet sich entweder Kohlenoxyd oder Kohlendunst, in jedem Fall ein farb-, geruch- und

geschmackloses Gas, welches das Brennen nicht unterhalten kann, selbst aber brennbar ist. Es verbrennt mit blauer, nichtleuchtender Flamme zu Kohlensäure. Schauen wir in einen Regulierofen, der mit glühenden Koks gefüllt ist, so sehen wir über der Glut schwachblaue, züngelnde Flämmchen, das ist verbrennendes Kohlenoxyd, das sich zunächst bei der Verbrennung des Kohlenstoffes der Zunder gebildet hat. Das Kohlenoxyd ist außerordentlich giftig und umso gefährlicher, als es mit den Sinnen nicht wahrnehmbar ist. Der Kohlendunst enthält neben Kohlenoxyd auch Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff. Er entströmt dem Ofen, wenn die Verbindung mit dem Schornstein zu frühzeitig gesperrt wird. Eine solche Sperrung ist bei vielen, hauptsächlich älteren Ofenkonstruktionen durch das Schloß ermöglicht, eine Klappe, die quer zur Längsachse des Ofenrohrs gestellt werden kann und dann den Durchgang der Verbrennungsgase hindert. Der Zweck dieser Vorrichtung ist die Abstellung des Luftzuges, nachdem das Feuer erloschen ist, um dadurch eine vorschnelle Abkühlung des Ofens zu verhindern. Das vorzeitige Schließen hat vielen Menschen den Tod gebracht, und noch werden alljährlich viele Todesfälle infolge von Vergiftung durch Kohlendunst bekannt. Beim Einatmen färbt das Kohlenoxyd das Blut hellrot, indem es sich mit den roten Blutkörperchen verbindet und diese zur Sauerstoffaufnahme unfähig macht, worauf dann der Tod eintritt. Die Einatmung reinen Kohlenoxyds läßt in der Regel den Betreffenden wie vom Blitzstrahl getroffen zur Erde fallen. Enthält die Luft geringere Mengen, so zeigen sich beim Einatmenden Kopfschmerzen, Ohrensausen, Schwindel, Uebelkeit und Muskelschwäche. Später geht diese in Lähmung über, es schwindet das Bewußtsein, bis endlich der Tod eintritt. Selbst bei rechtzeitiger Hilfe stellen sich oft Nachkrankheiten ein, so daß wir das Kohlenoxyd zu den gefährlichsten Blutgiften rechnen und Sorge tragen müssen, daß es nicht ins Zimmer gelangt. In den gewöhnlichen Heizanlagen findet nur eine sehr unvollkommene Verbrennung des Kohlenstoffes statt. Ein Teil verbrennt zu Kohlendioxyd, ein anderer Teil zu Kohlenoxyd, ein dritter entweicht als Ruß und wird zur Ursache der Rauchplage. Die unvollständige Verbrennung zu

Kohlenoxyd bedingt einen großen Wärmeverlust, da bei der Bildung von Kohlensäure ungefähr fünfmal soviel Wärme frei wird, als wenn die Kohle nur zu Kohlenoxyd verbrennt. So groß ist der Wärmeverlust bei der Rußabscheidung nicht, da in 1 cbm schwarzen Rauches nicht einmal 2 g Kohlenstoff enthalten sind. Aber für die Gesundheit ist diese Rußbildung höchst nachteilig, abgesehen davon, daß sie für unsere Hausfrauen sehr lästig wird. Die Gegenwart von Ruß in der Luft hindert die gründliche Ventilation; sie führt zur Nebelbildung und verringert dadurch die Zahl der Sonnentage, was sich hauptsächlich in den Großstädten zeigt (London, Hamburg). Auch der Pflanzenwuchs leidet sehr darunter. So interessiert die Frage der Rauchverbrennung gleichzeitig die Technik und die Gesundheitspflege. Leider hat die Lösung dieser schwierigen Aufgabe nur geringe Fortschritte gemacht. Ganz besonders befinden sich die Hausfeuerungsanlagen auf sehr niedriger Stufe. Außer großer Rußabscheidung gestatten sie nur geringe Ausnutzung der erzeugten Wärme, die bei manchen Küchenöfen nur 8% beträgt. Weiteres darüber findet sich bei der Besprechung der Heizungsanlagen.

Haben wir so die Umwandlung des Kohlenstoffs beim Verbrennungsprozeß verfolgt, so folgt jetzt diejenige des Wasserstoffs (Fig. 12). Wenn wir durch Wasser, dem etwas Schwefelsäure zugefügt ist, den elektrischen Strom (S. 83) leiten, derart, daß die Pole der Stromquelle mit zwei sich nicht berührenden Platinblättchen verbunden sind, so steigen, sobald der Strom geschlossen ist, am Platin Blasen auf, die sich in darüber gehaltenen Gläsern auffangen lassen. Nach einiger Zeit nehmen wir wahr, daß in dem einen Glas genau die doppelte Gasmenge sich befindet. Prüfen wir diese, indem wir einen brennenden Span heranbringen, so zeigt sich, daß die Luftart brennt. Prüfen wir das Gas in dem andern Gläschen, indem wir einen glimmenden Holzspan eintauchen, so beginnt dieser zu brennen. Wir erkennen daran unsern alten Bekannten, den Sauerstoff. Durch den elektrischen Strom haben wir die Bestandteile des Wassers, Sauerstoff und Wasserstoff erhalten. Der letztere entwickelt sich auch, wenn wir Zinkblechschmelze mit Salzsäure übergießen. Er ist ein farb-

geruch- und geschmackloses Gas, das mit nichtleuchtender Flamme brennt, aber das Brennen nicht unterhalten kann. Es ist 14,43 mal leichter als die atmosphärische Luft und dient daher zum Füllen von Luftballons, wenn diese zu größerer Höhe aufsteigen sollen, während man sonst gewöhnlich Leuchtgas verwendet. Mit Sauerstoff oder Luft gemischt, explodiert es (S. 23). Angezündet, verbrennt es, indem es sich mit dem Sauerstoff wieder zu Wasser verbindet. Eine über die Flamme gehaltene Glasglocke läßt den Wasserdampf an den kalten Glaswänden sich verdichten. Der Wasserstoff ist in sehr vielen Brennstoffen mit dem Kohlenstoff verbunden. Diese Verbindungen bezeichnet man als Kohlenwasserstoffe. Beim Verbrennen verbindet sich jedes Element mit dem Sauerstoff, so daß neben der Kohlensäure Wasserdampf entsteht. Der letztere ist von allen Verbrennungsprodukten jedenfalls das unschädlichste.

In manchen Fällen ist den Brennstoffen Schwefel beigemischt, meist in der Form von Verbindungen.

So sind uns allen die gold-

glänzenden Schuppen auf Steinkohlen bekannt; sie sind eine Verbindung von Schwefel und Eisen. Beim Verbrennen solcher Kohle bildet sich Schwefeldioxyd oder schweflige Säure. Die unangenehme Einwirkung dieses Gases auf die Atmungsorgane zeigt sich häufig bei Eisenbahnfahrten, wenn der Rauch aus dem Schornstein der Lokomotive durch das Fenster ins Wagenabteil dringt. Auch das Leuchtgas enthält Spuren von Schwefelverbindungen, die

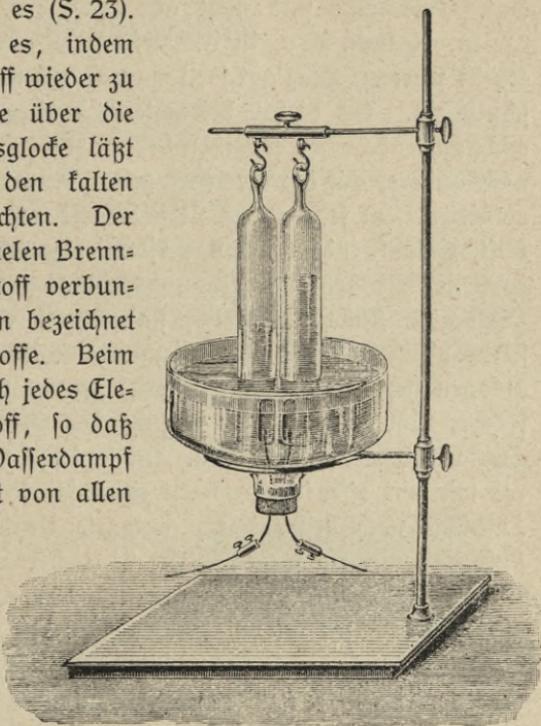


Fig. 12.

beim Verbrennen Schwefeldioxyd liefern. Die geringen Mengen werden von uns nicht wahrgenommen, doch melden sie ihr Vorhandensein, indem sie eine ungemein schädliche Wirkung auf lebende Pflanzen ausüben, die in solchen Zimmern stehen, wo Gas verbrannt wird. Schwefeldioxyd ist für die Pflanzen ein starkes Gift. Allerdings sind nicht alle gleich empfindlich. Während Geranien, Kakteen u. a. in Zimmern, die abends durch Gasglühlicht erhellt werden, ganz gut fortkommen, gehen Palmen und Araukarien schnell ein. Die bisher betrachteten Verbrennungsprodukte sind die wichtigsten; daneben entstehen bei unvollständiger Verbrennung häufig noch andere, auf die hier einzugehen, Raum und Zweck dieses Buches verbieten. In jedem Fall verschlechtert ein Verbrennungsprozeß die Luft, einmal, indem ihr Sauerstoff entzogen wird, zum andern, indem sie mit den Verbrennungsprodukten vermischt wird, die im günstigsten Falle unschädlich sind, meist aber unvorteilhaft, nicht selten giftig auf den Organismus einwirken. Wo also Heizungsanlagen sich befinden, muß Sorge getragen werden für die Zufuhr frischer Luft und für die Abfuhr der Verbrennungsprodukte durch geeignete Schornsteinanlagen. Da letzteres überall da unmöglich ist, wo wir mit offenen Flammen arbeiten, so ist hier durch verstärkte Lüftung, noch besser durch geeignete Ventilationsanlagen, für die Luftreinigung zu sorgen. Es ist daher vollständig verkehrt, im Winter die Fenster geschlossen zu halten. Wenn auch infolge der größeren Temperaturunterschiede draußen und drinnen der Luftausgleich durch die Wände hindurch größer ist als im Sommer, so hält sie doch nicht gleichen Schritt mit der durch verstärkte Heizung und stundenlange Beleuchtung hervorgerufenen Luftverschlechterung. Vielsach wird die gründliche Durchlüftung geheizter Zimmer für Verschwendung gehalten; aber gerade die Lüfterneuerung steigert die Wärmeausbeute der vor sich gehenden Verbrennungsprozesse, so daß die bei der Lüftung entweichende Wärmemenge reichlich wieder eingebracht wird.

---

## II. Die Beleuchtung.

### 3. Kapitel.

#### Das Licht.

Die Fortpflanzung des Lichts. Wirkung farbiger Lichtstrahlen. Die Lichtstärke und ihre Messung.

Das Licht ist die Ursache der Helligkeit. Von der Lichtquelle ausgehend, pflanzt es sich geradlinig nach allen Seiten hin oder, wie wir zu sagen pflegen, strahlenförmig fort. Treffen die Lichtstrahlen einen undurchsichtigen Körper, so entsteht hinter diesem ein dunkler Raum, den wir als Schatten bezeichnen. Gehen die Strahlen dabei von einer punktförmigen Lichtquelle aus, so ist der Schatten gleichmäßig dunkel, kein Lichtstrahl erhellt ihn, und

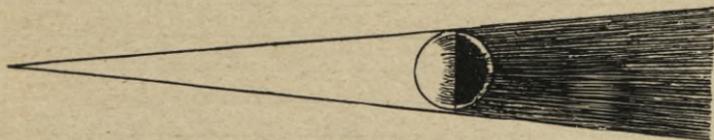


Fig. 13.

eine scharfe Grenze trennt den vollkommen dunklen Raum von dem angrenzenden erleuchteten (Fig. 13). Bilden sich beide auf einer Fläche ab, so entsteht ein scharf umrandetes Schattenbild. Das ist der Fall bei dem elektrischen Bogenlicht. Ist aber die Lichtquelle nicht punktförmig (Sonne, Gasglühlicht), so entsteht hinter dem undurchsichtigen Körper ein kegelförmiger (pyramidaler) Raum, dessen Grundfläche gleich dem Querschnitt des beleuchteten Körpers und der vollkommen dunkel ist. Er verjüngt sich um so mehr, je weiter wir uns von dem Körper entfernen. Umgeben ist er von einem

zum Teil beleuchteten Raum, der um so mehr Lichtstrahlen empfängt, je weiter wir uns von dem vollständig dunklen, dem Kernschatten, entfernen, bis er unmerklich in den hellbeleuchteten Raum

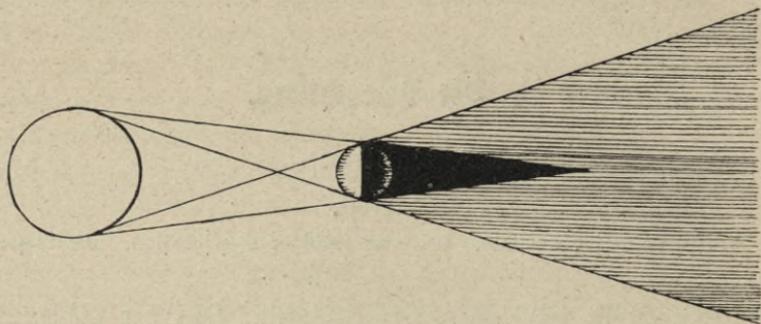


Fig. 14.

übergeht (Fig. 14). Dieser nur zum Teil beleuchtete Raum heißt Halbschatten. Das Bild beider auf einer Fläche, der Schlagschatten, läßt klar die allmähliche Abnahme der Helligkeit erkennen. Es ist leicht ein-

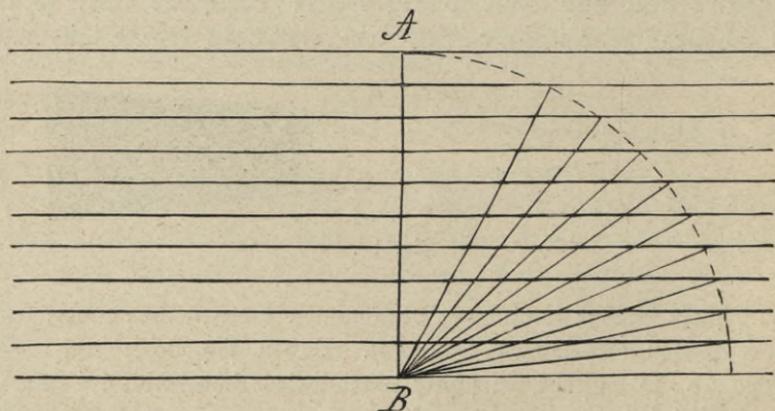


Fig. 15.

zusehen, daß solcher Schatten keine scharfen Grenzen besitzt. Der Gesamtunterschied in der Helligkeit des belichteten und des unbelichteten Raumes ist natürlich abhängig von der Lichtstärke. Diese wird zunächst durch den Winkel bedingt, unter dem die Lichtstrahlen auf-

fallen. Die Wirkung ist am größten, wenn die Strahlen die beleuchtete Stelle senkrecht treffen (Fig. 15). Die nebenstehende Figur läßt uns die Richtigkeit dieses Satzes leicht erkennen. Der Stab AB wird von allen 12 parallelen Strahlen getroffen, wenn er mit ihrer Richtung einen rechten Winkel bildet. Je schiefener aber der Winkel wird, desto weniger Strahlen treffen den Stab, dessen Länge unverändert bleiben soll. Was hier von der Wirkung der Lichtstrahlen gesagt ist, gilt auch von den Wärmestrahlen. Der Satz bedingt hauptsächlich die Licht- und Wärmewirkung der Sonnenstrahlen, da diese bei der sehr großen Entfernung der Sonne untereinander gleichgerichtet oder parallel sind.

Zum zweiten ist die Wirkung abhängig von der Entfernung des beleuchteten Körpers von der Lichtquelle (Fig. 16). Es sei  $K_1, K_2$  die Licht-

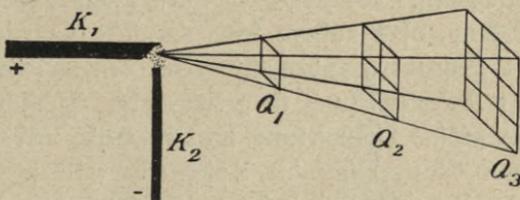


Fig. 16.

quelle. In der Entfernung 1 werde die Fläche  $a_1$  von einer bestimmten Anzahl Strahlen getroffen; dann sehen wir, daß sich die Anzahl dieser Strahlen nicht ändert, die in der Entfernung 2 die Fläche  $a_2$  trifft und in der Entfernung 3 die Fläche  $a_3$ . Die Fläche  $a_2$  ist aber viermal, die Fläche  $a_3$  neunmal so groß wie Fläche  $a_1$ . Wenn aber die vierfache Fläche nicht mehr Strahlen empfängt als die einfache, so kommt auf ein gleichgroßes Flächenstück nur der vierte Teil der Strahlen oder die Lichtstärke beträgt  $\frac{1}{4}$ . Wird die Entfernung dreimal so groß, so sinkt die Helligkeit auf  $\frac{1}{9}$ . Also:

Entfernung:	Stärke der Beleuchtung:
1 (10 cm)	1 (144 Kerzen)
2 (20 cm)	$\frac{1}{4} = \frac{1}{2 \cdot 2} = \frac{1}{2^2}$ ( 36 " )
3 (30 cm)	$\frac{1}{9} = \frac{1}{3 \cdot 3} = \frac{1}{3^2}$ ( 16 " )
4 (40 cm)	$\frac{1}{16} = \frac{1}{4 \cdot 4} = \frac{1}{4^2}$ ( 9 " )

Das Gesetz lautet: Die Lichtstärke nimmt ab im Quadrate der Entfernung.

Endlich ist die Lichtstärke abhängig von der Farbe der Lichtstrahlen. Lassen wir weißes Sonnenlicht durch ein dreiseitiges Glasprisma (Glasristalle an den Petroleum- und Gasströmen) fallen, so zeigen sich dem Auge die sieben Regenbogenfarben: rot, orange, gelb, grün, blau, indigo und violett. Das weiße Sonnenlicht läßt sich in diese farbigen Strahlen zerlegen, die wiederum durch eine erhobene oder Sammellinse (Brennglas) zu weißem Licht vereinigt werden können. Die farbigen Lichtstrahlen sind in ihrer Wirkung verschieden. Während die roten Lichtstrahlen eine größere Wärmewirkung, aber nahezu keine chemische (Einwirkung auf photographische Platten) ausüben, ist es bei den violetten Strahlen umgekehrt; ihre Wärmewirkung ist gering, aber chemisch sind sie sehr wirksam. Die größte Lichtwirkung liegt in Gelb, woraus sich auch der leuchtende Glanz blühender Rapsfelder erklärt. Wichtig für die künstliche Beleuchtung werden diese Tatsachen überall da, wo feste, glühende Körper als Lichtquelle dienen. Ihre Lichtstärke ist gering, wenn der feste Körper nur zur Rotglut gelangt, wie bei dem feingewirkten Kohlenstoff in der Flamme einer Öllampe. Die Lichtwirkung ist am größten, wenn es uns gelingt, den festen Körper zur Weißglut zu bringen.

Um die Leuchtkraft einer Lichtquelle zu bestimmen, müssen wir ihre Lichtstärke messen, d. h. mit derjenigen einer andern vergleichen. Als Maß dient die Normalkerze (NK). Man vergleicht die Lichtstärke der zu untersuchenden Lichtquelle mit derjenigen einer Paraffinkerze von 20 mm Durchmesser und 50 mm Flammenlänge. An Stelle dieses sehr ungenauen Maßes ist vielfach die Hefnerkerze (= 1,224 Normalkerzen) getreten. Alle Maße sind schwankend und die Bestimmungen von Lichtstärken sehr schwierig. Man bedient sich dazu des Lichtstärkemessers oder Photometers. Bei allen derartigen Apparaten geht man davon aus, daß die Lichtstärke abnimmt im Quadrat der Entfernung. Wenn also zwei Lichtquellen an einem Orte dieselbe Wirkung ausüben, d. h. dieselbe Helligkeit hervorbringen, so muß die weiter entfernte die größere Lichtstärke besitzen. Dabei ist eine dreimal so weit entfernte aber

nicht dreimal, sondern neunmal so stark wie die in der einfachen Entfernung. Ein sehr einfaches Photometer ist das von Rumford (Fig. 17). Das Wesentliche zeigt die nebenstehende Figur. CD stellt eine weiße Wand dar, vor der sich ein undurchsichtiger Stab (Bleistift) befindet. Wenn sich nun die eine Lichtquelle in I, die andere in L befindet, so entstehen auf der Wand zwei Schatten, der eine in a, der andere in b. Der Teil der Wand zwischen a und b ist von beiden Lichtquellen, a aber nur von I, b nur von L beleuchtet. Wären die Leuchtkräfte beider Flammen gleich stark, so müßten die beiden Schatten gleich dunkel erscheinen, falls die

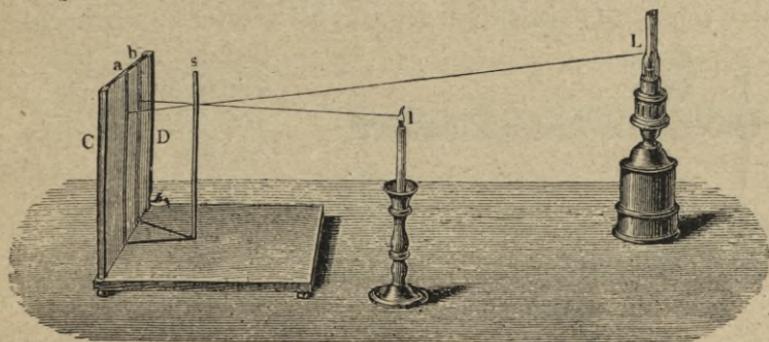


Fig. 17.

Lichtquellen sich in gleicher Entfernung befänden. Ist aber L stärker, so wird a dunkler erscheinen als b. Um beide Schatten gleich zu machen, müssen wir L weiter entfernen. Sind a und b gleich, so braucht man nur die Entfernungen für I und L zu messen, die kleinere in die größere zu dividieren und das Resultat mit sich selbst zu multiplizieren, dann erhält man die Zahl, die angibt, wievielmals stärker die eine Lichtquelle ist als die andere. War I eine Normalkerze in 10 cm, L eine Petroleumlampe in 40 cm Entfernung, so folgt:  $40:10=4$ ,  $4 \cdot 4=16$ ; also beträgt die Lichtstärke der Lampe 16 Normalkerzen.

Scheinbar noch einfacher ist das Photometer von Bunsen (Fig. 18). Der wesentliche Bestandteil ist ein Papierblatt mit einem Fettsleck in der Mitte. Hält man das Papier zwischen Lichtquelle

und Auge, so erscheint der Fleck hell. Bringt man aber das Auge zwischen Lichtquelle und Papierblatt, so erscheint der Fleck dunkel. Den Grund für diese Erscheinung finden wir darin, daß der Fettfleck Lichtstrahlen durchläßt. Stellen wir nun die zu vergleichenden Lichtquellen rechts und links von dem Papierblatt auf, so daß ihre Strahlen den Fettfleck treffen, so erscheint dieser an der jener stärkeren Lichtquelle entgegengesetzten Seite hell. Entfernen wir diese Lichtquelle weiter, so wird ein Zeitpunkt eintreten, wo die hindurchtretenden Strahlen beider Flammen dieselbe Wirkung ausüben. Die Folge ist die, daß unser Auge den Fettfleck nicht mehr von dem umgebenden Papier zu unterscheiden vermag; der Fettfleck ist verschwunden.

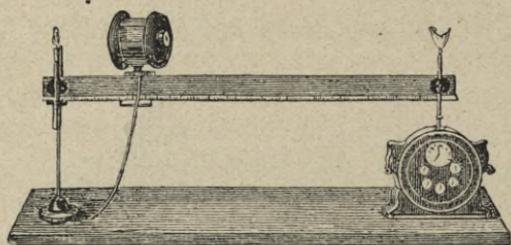


Fig. 18.

Stellen wir jetzt die Entfernungen fest und verfahren wie oben, so erhalten wir wieder diejenige Zahl, die uns angibt, wievielmals stärker die eine Lichtquelle ist als die andere. So einfach die Sache hier

erscheint, so einfach ist sie aber keineswegs. Eine ganze Reihe von Umständen läßt das Resultat sehr ungenau werden. Einmal erhält jedes Feld Licht von beiden Quellen; dann aber sind die Ränder des Fettflecks nicht scharf. Indem man diese Übelstände abgestellt hat, ist man zu brauchbaren Photometern gekommen, die aber hier nicht besprochen werden können. Mit diesen hat man die Lichtstärke der verschiedensten Lichtquellen gemessen. Aber nicht auf die absolute Leuchtkraft allein kommt es an, sondern bei der praktischen Verwendbarkeit ist vielmehr die Frage, wie groß ist die Helligkeit, die irgendein Punkt des zu beleuchtenden Raumes empfängt. Man vergleicht diese dabei mit derjenigen, die eine Normalkerze im Abstände von 1 m erzeugt. Nach Untersuchungen von Cohn in Breslau soll beim Lesen die Helligkeit etwa 50 Meterkerzen (MK) betragen, also gleich derjenigen von 50 Kerzen im Abstände von 1 m sein. Aus dieser letzten Betrachtung ergibt sich, daß keine Licht-

quelle jeder Anforderung Genüge leisten wird. Anders ist die Sache, wenn es sich um die Beleuchtung eines Tisches, anders, wenn es sich um die eines Zimmers, eines Saales, eines Platzes handelt. Auch die Qualität der Lichtart spielt dabei eine Rolle. Das Edison-Glühlicht ermöglicht schwer eine genauere Farbenunterscheidung, das Nernstlicht besitzt diesen Fehler nicht. In der Qualität an erster Stelle ist das Azetylenlicht zu nennen, das daneben eine ungemein große Verteilung auf zahlreiche kleine Brenner gestattet. Danach kommen Osramlampe und das Auerlicht in allen seinen Formen sowie für große Lichtquellen das elektrische Bogenlicht. Mit Rücksicht auf die Luftverschlechterung ist den elektrischen Lichtquellen der Vorzug zu geben. Bei den geschlossenen Glühlampen findet weder ein Sauerstoffverbrauch statt, noch werden Verbrennungsprodukte abgegeben. Auch ist bei allen elektrischen Lampen die Wärmeabgabe gering. In letzter Linie ist der Kostenpunkt von Bedeutung. Häufig gibt er bei Beleuchtungsanlagen den Ausschlag. Alle diese Fragen sind bei der Entwicklung der modernen Beleuchtung von entscheidendem Einfluß gewesen.

#### 4. Kapitel.

### Geschichte der Beleuchtung.

Wenn heute einer der biederen Stadtväter aus dem 14. und 15. Jahrhundert seine Augen wieder öffnen würde, so müßte er sich über so manche Veränderung in seiner Vaterstadt wundern. Nicht als kleinstes Wunder würde ihn die Beleuchtung der Straßen und Läden fesseln. Im Mittelalter gab es eine ständige Straßenbeleuchtung nicht, und noch in der neueren Zeit suchte man sie in kleineren Städten vergeblich. Nur bei dem Aufenthalt hervorragender Gäste wurden die Bewohner von Einem hohen Rat verpflichtet, die Straßen durch ausgehängte Pechfackeln zu erhellen. Seit Anfang des vorigen Jahrhunderts machte sich in den größeren Städten die Öllampenbeleuchtung geltend. Sie behauptete vielfach ihre Herrschaft bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts. In kleineren Städten fehlte jegliche Straßenbeleuchtung. Spät Heimkehrende mußten mit der Laterne

in der Hand vorsichtig durch das Dunkel wandern. Köstlich beschreibt uns Friß Reuter eine solche Wanderung durch die Straßen von Malchin im 21. Kapitel seiner „Stromtid“. Eine Wandlung trat ein, als das zu Ende des 18. Jahrhunderts entdeckte Verfahren zur Gewinnung von Leuchtgas eine allgemeinere Verwendung des letzteren anbahnte. So erhielten 1814 die Straßen Londons eine Gasbeleuchtung, 1825 folgte Hannover, 1826 Berlin, 1828 Dresden und Frankfurt a. M., 1838 Leipzig, 1846 Hamburg. Anfangs allerdings hatte die Neuerung mit starkem Mißtrauen zu kämpfen. Die stete Furcht vor einer Explosion des gasförmigen Brennstoffs ließ in manchen Städten die neue Beleuchtung lange nicht aufkommen. Viel länger noch währte es, bis man dem unheimlichen Gast den Eintritt in die Wohnhäuser gestattete. Aber als erst einige Kühne vorangegangen waren, mußten andere folgen, meist schon aus Gründen der Selbsterhaltung. Die besser beleuchteten Schaufenster oder Auslagen des Konkurrenten lockten die Käufer an. Wollte man also seine Kundschaft nicht verlieren, so mußte man wohl oder übel auch in den sauren Apfel beißen und dem Leuchtgas Tor und Tür öffnen. Da trat als neuer Mitbewerber das Petroleum auf den Plan. Eine Reihe von Verbesserungen der anfangs auch für Petroleum benutzten Öllampen machte die Petroleumbeleuchtung zu einem gefährlichen Rivalen der Gasbeleuchtung. Für die Straße hatte die letztere allerdings so entschiedene Vorteile, daß hier ein Verdrängen durch das Petroleum nicht zu fürchten war. Die Empfindlichkeit seiner Flamme gegen Zug, die notwendige Nachregulierung der brennenden Petroleumlampe, in allererster Reihe die Anforderungen der Lampen an eine zeitraubende, aufmerksame Bedienung, alle diese Nachteile hoben den Vorteil größerer Billigkeit nicht nur auf, sondern brachten es dahin, daß die Petroleumbeleuchtung für größere Ortschaften nicht nur unwirtschaftlich, sondern auch unmöglich wurde. Um so mehr aber hielt die Petroleumbeleuchtung ihren Einzug in die Wohnräume. Der Straßenbeleuchtung durch Leuchtgas war inzwischen ein neuer Gegner entstanden. Mit der Herstellung großer, leistungsfähiger Dynamomaschinen hatte man eine Quelle für Elektrizität, die nahezu jede gewünschte Menge liefern konnte. Schon lange

kannte man die gewaltige Lichtstärke des elektrischen Bogenlichtes; aber für Beleuchtungszwecke hatte es nicht in Betracht kommen können, da es keine Elektrizitätsquelle gab, die billigen Ansprüchen genügte. Die bekannten galvanischen Elemente kamen als einzige Stromquelle in Frage. Zur Speisung einer einzigen größeren Bogenlampe bedurfte es einiger Hunderte solcher Elemente, deren Wartung und Füllung mehr Kosten verursachte, als jetzt die Reihe von Bogenlampen, wodurch ganze Straßenzüge beleuchtet werden. Sobald man aber in der Dynamomaschine die gewünschte Stromquelle hatte, entwickelte sich das elektrische Beleuchtungsweisen außerordentlich rasch. Bogenlicht und elektrisches Glühlicht nahmen mit der Gasbeleuchtung den Kampf auf. Die größere Helligkeit, das bequeme Inbetriebsetzen und Auslöschten der Lampen gab dem Bogenlicht zu Zwecken der Straßenbeleuchtung den Vorzug, während das elektrische Glühlicht durch sein ruhiges Licht, die leichte Handhabung und das gänzliche Fehlen eintretender Luftverschlechterung als ideales Beleuchtungsmittel innerhalb des Hauses gelten mußte. Einzig kam noch die Kostenfrage in Betracht. Gegenüber dem Leuchtgas war die Verteuerung entweder unwesentlich oder es trat gar, wie beim Bogenlicht, mit Bezug auf die Leistung eine entschiedene Verbilligung ein. So sah man schon in Gedanken die letzte Gasflamme erlöschen, die letzte Petroleumlampe zu dem Bodenrummel wandern. Die Aktionäre der Gasanstalten wurden allgemein bemitleidet. Doch die Rechnung stimmte nicht. Durch die Erfindung des Dr. Auer von Welsbach sollte das Leuchtgas nur zu allgemeinerer Verwendung kommen. Die Vorzüge des Gasglühlichtes waren nicht zu verkennen. Große Helligkeit bei geringem Gasverbrauch, ein ruhiges weißes Licht von großer Billigkeit, das waren Eigenschaften, die ihm vor dem elektrischen Licht den Vorzug gaben. Gerade infolge des niedrigen Preises — bei gleicher Helligkeit stellt sich das Edison-Glühlicht sechs- bis siebenmal so hoch — ist das Gasglühlicht entschieden Sieger gewesen in den Wohnräumen wie in den Läden und auf den Straßen. Nur wo es auf Geld nicht ankommt oder wo ganz besondere Lichtwirkungen erzielt werden sollen, hat man dem elektrischen Licht den Vorzug gegeben, das in der Form lichtstarker Bogenlampen bei

gleicher Leuchtkraft sich auch nur wenig höher berechnet. Wo besondere Umstände, wie natürliche Wasserkräfte, die Elektrizität sehr billig zu beschaffen gestatten, da wird man fast nur elektrische Beleuchtungsanlagen finden, an andern Orten hat die Verwendung von Leuchtgas zugenommen, wenngleich, wie wir sehen werden, es diesen Namen kaum mehr verdient, soweit es sich um seine Benutzung handelt. Der Kampf um die Vorherrschaft hat die Techniker dazu geführt, dauernd auf Verbesserungen zu sinnen. So haben die Petroleumlampen, abgesehen von dem Petroleumglühlicht, eine seltene Stufe der Vollkommenheit erreicht, so tauchen auf dem Gebiet der elektrischen Lichttechnik alljährlich Neuheiten und nicht unwesentliche Verbesserungen auf. Während sich die älteren Leuchtstoffe und Beleuchtungsarten zu erhalten versuchen, werden neue erfunden, von denen das Azetylen schnell größere Verwendung gefunden hat, nicht allein in Radfahrlaternen, sondern zur Beleuchtung selbst größerer Anlagen. Noch in 2200 m fand ich auf dem Sellajoch-Unterkunftshaus in den Alpen Azetylenbeleuchtung. Genaueres über die geschichtliche Entwicklung der einzelnen Beleuchtungszweige werden wir bei ihrer Betrachtung finden; diese Zeilen sollen nur dazu dienen, uns in großen Zügen die allmähliche Entwicklung vor Augen zu führen und uns im besonderen zeigen, welche gewaltigen Aufschwung die Beleuchtungstechnik von 1850 ab genommen hat.

## 5. Kapitel.

### Die Kerzenbeleuchtung.

Feste Beleuchtungsstoffe. Die Kerzenfabrikation.

Zur Herstellung von Kerzen dienen verschiedene feste Leuchtstoffe, zur Hauptsache Wachs, Talg, Ceresin, Stearin, Paraffin und Walrat. Bei dem Worte Wachs denken wir an das Bienenwachs, das von der Honigbiene zwischen den Leibesringen ausgeschieden und im Bienenstocke zu Waben geformt wird. Das Naturwachs ist gelb. Am Sonnenlichte oder durch Chlor wird es gebleicht. Es dient besonders zur Herstellung von Kerzen. Vielsach wird es mit Talg, Paraffin und anderen Stoffen verfälscht. Wachs wird in

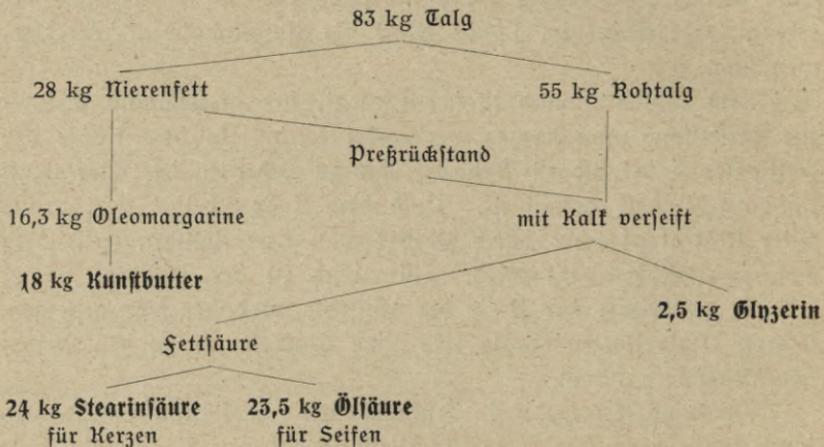
größerer Menge von Österreich, dann auch von Deutschland und Griechenland geliefert. Andere Wachsarten sind das Karnaubawachs und das chinesische Wachs. Ersteres stammt von den brasilianischen Wachspalmen. Es sitzt in Form dünner Schüppchen auf den ca. 1 m langen Blättern einer 20—30 m hohen Fächerpalme. Die Schuppen werden abgeklopft und zusammengeschmolzen. Das so erhaltene Wachs besitzt einen sehr hohen Schmelzpunkt. Das chinesische Wachs wird durch die Wachsschildlaus auf einer Eschenart erzeugt. Es findet im Lande selbst als Kerzenmaterial viel Verwendung.

Dem Wachs ähnlich ist der Walrat, der in England vielfach zur Herstellung von Kerzen verwendet wird. In dem Kopfe des Pottwales findet sich ein Behälter, der zu Lebzeiten des Tieres mit flüssigem Walrat gefüllt ist. Nach dem Tode scheidet sich daraus fester Walrat ab, der durch Pressen von dem flüssigen Teil, dem Spermacetiöl, getrennt wird. Allmählich ist der Pottwal immer seltener geworden; der Preis des Walrats ist daher sehr gestiegen, so daß Walratkerzen ebenso wie reine Wachskerzen zu den Luxusgegenständen gehören.

Diejenige Kerze, die in früherer Zeit am häufigsten Verwendung fand, war aus Talg hergestellt, meist aus Rindertalg, aus dem Fett des Rindes gewonnen. Roher Talg schmilzt bei ca. 43° und erstarrt bei 37°. Durch Auspressen wird das Talgöl gewonnen, der Rückstand, der als Preßtalg in den Handel kommt, schmilzt erst bei 45°. An die Stelle des Talglichtes sind mit der Zeit die Stearin- und Paraffinkerzen getreten. Erstere bestehen aus Stearinsäure. Sie wird aus Fetten gewonnen. Diese bestehen aus Glycerin und sogenannten Fettsäuren, nämlich der Stearin-, der Palmitin- und der Ölsäure. Diese drei unterscheiden sich durch ihren Schmelzpunkt; die Ölsäure erstarrt bei 4°, ist also bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, Palmitin- und Stearinsäure sind fest und schmelzen erst bei 60°. In den meisten Fällen wird das betreffende Fett mit Ätzkalk behandelt, mit dem sich die Fettsäuren verbinden. Glycerin wird abgeschieden. Aus dem fettsauren Kalk werden die Fettsäuren durch Schwefelsäure abgeschieden. Sie bilden einen Brei, der durch Auspressen in Ölsäure

und ein Gemisch von Stearin- und Palmitinsäure zerlegt wird. Während die erstere den Ausgangspunkt für die Seifengewinnung bildet, dient das letztere als Material zur Kerzengewinnung.

Interessant möchte eine Tabelle sein, die ich der „Chemischen Technologie von Gustav Schulz“ entnehme. Danach liefert ein Ochse mittlerer Größe 83 kg Talg. Diese bringen an verwertbaren Produkten:



Als weiteres Kerzenmaterial ist das Paraffin zu nennen. Es wird in großen Mengen bei der Destillation des Braunkohlenteers gewonnen. 100 kg Braunkohlenteer liefern durchschnittlich 15—20 kg Paraffin. Es bildet eine wachsähnliche, aber nicht klebende Masse, die zum Unterschied von Stearin durchscheinend ist. Das unter 50° schmelzende Paraffin wird Weichparaffin genannt; es dient zum Tränken der Zündhölzer. Das Hartparaffin hat einen Schmelzpunkt über 50° und wird zu Kerzen verarbeitet. Zu erwähnen ist noch das Erdwachs, das stets mit Erdöl zusammen vorkommt. Es findet sich in größeren Mengen in Galizien, in Rumänien und Ungarn. Durch Behandlung mit rauchender Schwefelsäure wird es entfärbt und kommt dann als Ceresin in den Handel. Es dient zur Herstellung von Kerzen und in vielen Fällen als Ersatz für Bienenwachs.

Die Kerzenfabrikation muß sich nach dem Rohmaterial richten. In jedem Fall kommt es darauf an, Cylinder herzustellen, durch deren Mitte ein Docht verläuft. Er wird aus Baumwolle hergestellt und ist entweder gedreht oder die einzelnen Fäden sind geflochten. Gedrehte Döchte werden für Talg- und Wachskerzen verwendet, die geflochtenen bei Stearin-, Paraffin- und Walratkerzen benützt. Die Dicke der Döchte muß sich nach dem Material und der Stärke der Kerzen richten. Ist der Docht im Verhältnis zu schwach, so bleibt ein ungeschmolzener Rand, der beim weiteren Niederbrennen bricht, worauf das flüssige Fett an der Kerzenwand herabrinnt. Ist die Kerze zu schwach im Verhältnis zum Docht, so bildet sich kein Bassin, aus dem der Docht gleichmäßig gespeist werden kann. Bei fast allen Kerzen verbrennt die Baumwollfaser nur unvollkommen. Damit sie keine Kohle hinterläßt, tränkt man sie mit einer Lösung von phosphorsaurem Ammoniak oder Borsäure. Wo dies nicht der Fall ist, muß das obere, verkohlte Stück des Döchtes zeitweilig mit der Lichtschere, einem Instrument, das dem heutigen Geschlecht fast unbekannt sein wird, entfernt werden. Die Herstellung der Kerzen erfolgt in der Regel durch Ziehen oder Gießen. Talglichte werden gezogen. Man reiht zu dem Zweck 15—20 Döchte auf einen Holzstab, den sogenannten Döchtspieß. Ungefähr 12 solcher Spieße taucht man in heißen und dann wiederholt in fast erstarrten Talg ein, bis die Kerze die gewünschte Stärke hat. Dann pflegt man sie noch einmal in heißeres Fett zu tauchen, um eine glattere Oberfläche zu erzeugen. Sehr häufig gibt man ihnen auch einen Mantel aus besserem Material, wie denn überhaupt das Lichtziehen den Vorteil bietet, daß man Fette verschiedener Qualität verarbeiten kann.

Die Stearinkerzen bestehen aus dem Gemisch von Stearin- und Palmitinsäure. Der Schmelzpunkt liegt 10—20° höher als der des Talgs. Beim Erstarren wird es kristallinisch, so daß die Kerzen brüchig werden und beim Brennen leicht ablaufen. Um dies zu verhindern, setzt man Paraffin hinzu. Diese Kerzen werden gegossen. Die Gußformen bestehen meist aus einer Metallmischung von Blei und Zinn. Sie sind mit einem Trichter zum leichteren Ein-

füllen des Settes versehen und besitzen eine Vorrichtung zum Festklemmen des Dochtes, der durch die untere Spitze der Form hindurchgeht. Die letztere wird durch heißes Wasser oder Dampf angewärmt; dann wird das geschmolzene Fett eingefüllt. Nach dem Erstarren, das man durch Abkühlung der Form mittels kalter Luft beschleunigt, werden die Kerzen herausgezogen, bisweilen durch Luft und Licht gebleicht, mit Seife und Soda gewaschen und zum Schluß durch Rollen zwischen Tuch poliert. Dieses Verfahren ist durch zahlreiche Erfindungen nach allen Seiten hin verbessert worden. Besondere Maschinen gestatten einen ununterbrochenen Betrieb. Der Wert der Stearinkerzen wird im Handel nach ihrer Härte und nach ihrer Farblosigkeit bemessen.

Paraffinkerzen sind aus Paraffin hergestellt, dem man meist 10% Stearinsäure zusetzt, um den Schmelzpunkt zu erhöhen und das Krummwerden im Leuchter zu verhindern. Mit sogenannten Elefantenschalen werden die Paraffinkerzen schwarz gefärbt. Sie kommen dann als Trauerkerzen in den Handel. Die zum Färben benutzten Schalen stammen von einer west- und einer ostindischen Pflanze; sie sondern ein anfangs braunes, später schwarzes, austrocknendes Öl ab, das eine starkfärbende Kraft besitzt. Große Wachskerzen (Kirchenlichte) bereitet man, indem man das Wachs in warmem Wasser erweicht, dann in den Händen tüchtig durchknetet und daraus Bänder formt, die um einen gespannten Docht herumgewickelt werden. Auf einer Marmortafel werden die Kerzen dann vollständig glatt gerollt. Kleinere Kerzen werden wie Stearinkerzen gegossen oder durch Angießen erhalten. Im letzteren Falle dreht der Arbeiter den über einer Pfanne mit geschmolzenem Wachs aufgehängten Docht mit der linken Hand um sich selbst, während er ihn mit der rechten Hand mit Wachs begießt. Haben die Kerzen eine gewisse Stärke erlangt, so rollt man sie, um dann wieder mit dem Begießen fortzufahren. Zum Schluß findet auch hierbei ein Ausrollen auf Marmorplatten statt. Vielfach werden dem Wachs Paraffin oder Ceresin zugesetzt. Die in England bevorzugten Walratterkerzen (Spermacetikerzen) werden wie die Stearinkerzen hergestellt. Gereinigter Walrat wird mit wenig Paraffin versetzt. Die Kerzen sind sehr schön durch-

scheinend und farblos, geben eine hohe, hellleuchtende Flamme, verzehren sich aber schnell und sind sehr teuer. In anderer Art war die Kerze schon den alten Römern bekannt. Sie benutzten mit Wachs oder Teer getränkte Schnüre zur Beleuchtung. Eigentliche Kerzen scheinen zur Zeit der Christenverfolgungen aufgefunden zu sein. Jedenfalls waren Wachs- und Talgkerzen schon im 3. Jahrhundert im Gebrauch; doch haben sie erst um das Jahr 1000 allmählich den Kienspan verdrängt. Im 18. Jahrhundert wurde an den Fürstenhöfen mit dem Verbrauch von Wachskerzen ein ungeheurer Luxus getrieben. Ein einziges Hoffest in Dresden erforderte 14000 Stück Wachslichte. Die tadellose Herstellung von Stearinkerzen gelang erst 1834. In alten Zeiten wurden alle Kerzen gezogen; das Gießen von Kerzen wurde jedenfalls erst im 17. Jahrhundert versucht. Wenn durch die modernen Beleuchtungsarten die Kerze als allgemeines Beleuchtungsmaterial auch nahezu verdrängt ist, so hat doch die bequeme Handhabung, die leichte Transportierbarkeit ihr dauernden Gebrauch gesichert; ganz abgesehen von den Weihnachtskerzen, die im nordischen Deutschland den Christbaum schmücken.

## 6. Kapitel.

### Lampenbeleuchtung.

Flüssige Beleuchtungstoffe und ihre Verwendung in Lampen.

Hier kommen in Betracht das Brennöl und das Petroleum mit seiner Verwandtschaft. Als Brennöl diente vor Einführung des Petroleums allgemein das Rüböl. Es wird durch Auspressen der Samen einiger in Deutschland angebauter Ölpflanzen (Raps, Rübsen) gewonnen. Man unterscheidet Rüböl und Kohlsaatoil. Deutschland führt jährlich über 10 Mill. kg davon aus. Gereinigt besitzt es eine hellgelbe Farbe, einen eigentümlichen Geruch und einen unangenehmen Geschmack. Zu Beleuchtungszwecken wird es nur wenig mehr verwendet (Nachtlampen, Grubenlampen, Radfahrlaternen, Sicherheitslampen in Theatern und großen Sälen); es dient heute als Schmieröl und zur Seifenfabrikation. Neben dem Rüböl kommen

hauptsächlich in andern Ländern Sesamöl, Leindotteröl, Maisöl, Erdnußöl u. a. für die Füllung von Öllampen in Frage.

Die einfachste Öllampe ist das Nürnberger Nachtlicht von Glasen. Eine kleine Glasschale oder ein kleines Trinkglas ist in seinem untern Teil mit Wasser gefüllt. Darüber befindet sich eine Schicht Rüböl. Diese trägt drei Korkstücke, die ihrerseits einen kleinen Blechfranz tragen, durch dessen Öffnung in der Mitte ein kurzer, anfangs mit Talg getränkter Docht geht, der durch eine Papierscheibe senkrecht auf dem Blechfranz gehalten wird. Infolge des Tränkens mit Talg läßt sich der Docht leicht entzünden. Später wird durch die Haarröhrchenanziehung das Rüböl hochgesaugt, das dann mit kleiner Flamme verbrennt.

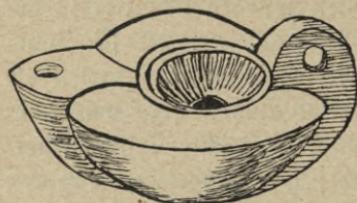


Fig. 19.

Dieser kleine Beleuchtungsapparat ist noch vielfach in Gebrauch. Die Kosten sind äußerst gering, die Helligkeit allerdings auch. Sie läßt aber für die Nacht ein Zurechtfinden im Zimmer zu und wird wiederum beim Schlafen nicht lästig.

Eigentliche Öllampen waren schon bei den alten Ägyptern in Gebrauch. Sie wurden in mannigfacher Form bis in das verflossene Jahrhundert hinein verwendet (Fig. 19). Ein massiver Runddocht taucht in das Öl ein, wovon er allzu reichliche Mengen der Flamme zuführt. Diese ist groß genug, um soviel Verbrennungswärme zu erzeugen, daß reichlich Öl vergast; aber für diese Gasmassen ist nicht genug Sauerstoff vorhanden, um eine vollkommene Verbrennung herbeizuführen. Die kleinen Kohlenstoffteilchen gelangen nur zur beginnenden Rotglut und die Leuchtkraft ist deshalb gering. Wird der Docht weiter herausgezogen, so genügt die Luftzufuhr nicht mehr zur Verbrennung des Kohlenstoffs, der sich als Ruß ausscheidet. Die Folge muß sein, daß die Flamme rot bleibt und wenig leuchtet, dabei aber sehr leicht bläut. Vorteilhafter gestaltet sich die Sache beim Flachdocht, der eine Flamme mit größerer Oberfläche liefert. Das Öl gas kommt mit einer größeren Luftmenge in Berührung und die Verbrennung ist daher vollständiger. Leider bewirkt die

große Oberfläche auch eine starke Abkühlung, die dann fortfällt, wenn der Flachdocht zu einem Cylinder zusammengebogen wird, wie wir dies bei den modernen Petroleumlampen finden. Überhaupt hat sich die Lampentechnik erst nach Einführung des Petroleums entwickelt. Es ist daher richtiger, vor der Entwicklung der Lampenbeleuchtung erst das Leuchtmaterial, das Petroleum, kennen zu lernen.

Das Erdöl oder Petroleum war schon den alten Völkern, Steinölquellen in der Nähe des Euphrat waren schon Alexander dem Großen bekannt. Das Öl, das sie liefern, wird noch heute von den Bewohnern der Umgegend zu Leuchtzwecken benutzt. Im alten Ägypten scheint man Erdöl beim Einbalsamieren der Leichen benutzt zu haben. Herodot, ein griechischer Schriftsteller, erzählt um 450 v. Chr. von einem Erdöl liefernden Brunnen auf Zanthé, einer jonischen Insel. Im 18. Jahrhundert diente ein in Norditalien gefundenes Steinöl zur Beleuchtung einiger italienischen Städte (Genua). Auch in der Provinz Hannover ist das Erdöl seit 500 Jahren bekannt; es wurde als Wagenschmiere und Heilmittel benutzt. Als solches wurde auch das Steinöl von St. Quirin am Tegernsee in Oberbayern von den Mönchen verkauft. In Amerika wurde es seit langem von den Indianern verwendet. Aber noch 1809, als man in Burkville in den Vereinigten Staaten Nordamerikas bei Bohrung nach Salzquellen einen 4 m hohen Strahl von Erdöl erhielt, legte man dieser Entdeckung keine Bedeutung bei. Ungefähr 50 Jahre später stieß der amerikanische Farmer Drake in Madville in Pennsylvania bei Anlegung eines Brunnens auf ein ergiebiges Öllager. Diese Auffindung gab den Anstoß zur Petroleumgewinnung. 1861 wurde der erste überfließende Brunnen erhalten, der täglich ungefähr 450 hl lieferte. Die Nachricht von diesen Entdeckungen zog eine Menge Volks nach Pennsylvania und Virginien. Bis zu Ende 1860 waren 2000 Bohrlöcher abgeteuft, von denen viele eine reiche Ausbeute gaben. Es brach ein förmliches „Ölfieber“ aus, ähnlich dem „Goldfieber“, das so viele packte, als die Goldsunde in Kalifornien und Australien bekannt wurden. Die Zustände im Ölgebiet spotteten anfangs jeder Beschreibung. Kolossale Mengen

Erdöl ergossen sich in die nahen Bäche und Flüsse, da es den Besitzern an Fässern fehlte, um den Reichtum zu fassen. Auch mangelte es an Transportwagen und Transportmitteln. Oft entzündeten sich die dem Erdboden entströmenden Gase, setzten die Quellen in Brand, und gewaltige Feuersbrünste richteten schauerliche Verwüstungen an. Mitunter ergriff das Feuer den Fluß, der mit einer Ölschicht bedeckt war und dann waren alle Anstrengungen, das Feuer in die Gewalt zu bekommen, nutzlos. Aber amerikanische Tatkraft schuf bald bessere Zustände. Eisenbahnen wurden eröffnet, Kanäle gebaut und zum Transport des Öls nach den Hafen- und Reinigungsplätzen legte man Rohrleitungen von gewaltiger Länge an. Eine Röhrenleitung nach der Küste ist ca. 630 km lang, 15 cm weit und hat 8 Millionen Mark gekostet. Ungefähr um dieselbe Zeit entwickelte sich die Petroleumindustrie in Galizien und in Baku am Kaspischen Meere. Heute sind die Hauptfundorte:

Rußland in Baku (jährlich 10 Mill. t);

Nordamerika in Pennsylvania, Ohio, Kalifornien und Kanada (jährlich 9 Mill. t), daneben

Java, Ostindien, Japan, Galizien und Rumänien.

Deutschland gewinnt im Elsaß ungefähr 50 000 t jährlich, weniger in der Provinz Hannover.

Was nun die Entstehung des Steinöls in der Erde betrifft, so gingen die Ansichten der Forscher darüber weit auseinander. Der Franzose Berthelot meinte, daß es unorganischen Ursprungs sei, Mendelejew nahm an, daß im glutflüssigen Erdinnern Verbindungen von Kohlenstoff und Metallen mit Wasser in Berührung gekommen seien, wobei sich Metalloxyde gebildet hätten, während der Kohlenstoff sich mit dem Wasserstoff zu den bekannten Kohlenwasserstoffen des Petroleums vereinigt habe. Heute ist man allgemein der Ansicht, daß das Erdöl aus Resten von Lebewesen entstanden, also organischen Ursprungs ist. Bei der langsamen Zersetzung dieser Stoffe unter Luftabschluß und einem gewissen Druck durch das überlagernde Gestein bildet sich aus den eiweißhaltigen Stoffen Schwefelwasserstoff, während von dem Zellstoff zuletzt nur Kohlenstoff nachbleibt. Diese Substanzen treten mit im Boden vorhandenen, sauerstoffhaltigen

Eisenverbindungen in Wechselbeziehung. Zunächst entzieht der Kohlenstoff dem Eisenoxyd seinen Sauerstoff; das Eisen verbindet sich mit dem Schwefel des Schwefelwasserstoffs zu Schwefelkies und der freiwerdende Wasserstoff vereinigt sich im Augenblick des Entstehens mit dem Kohlenstoffrest. Diese Bildung erfolgt in den Faulschlammgesteinen. Der Faulschlamm oder das „Sapropel“ bildet sich in abflußlosen stehenden Gewässern aus den Überresten der pflanzlichen und tierischen Organismen bei Abschluß der Luft durch einen Säulnisprozeß. Von ihm entstehen dauernd neu so große Mengen, daß man daraus die Entstehung der in der Erde vorkommenden Erdölmasse erklären kann. Sehr häufig tritt das Petroleum mit dem Kochsalz zusammen auf und dies erklärt sich leicht, wenn wir bedenken, daß der Faulschlamm sich namentlich und in großen Mengen an den Flachküsten der Meere und in abflußlosen Gebieten bildet, wo stehende Wasserflächen gleichzeitig natürliche Salzgärten schaffen. Ein interessantes Beispiel dafür liefern die Gebiete nördlich vom Kaspischen Meer.

Um das Rohpetroleum zu gewinnen, sind mancherlei Vorkehrungen zu treffen, für deren Anlage meist die in Amerika gemachten Erfahrungen maßgebend gewesen sind. Wo das Bohrloch gemacht werden soll, wird zunächst ein 20—25 m hoher, hölzerner, pyramidenförmiger Bohrturm („Derrick“) errichtet. An seiner Spitze befindet sich eine Rolle, über die ein Hanfseil läuft, woran der Bohrmeißel hängt. Dieser ist aus Stahl hergestellt und besitzt eine besonders gehärtete, stumpfe Schneide. Der Bohrer wird unter Drehen auf und ab bewegt und durchdringt so das unter ihm befindliche Erdreich. In Amerika liegt das Petroleum oft bis 1 km tief in ziemlich festem Gestein, das durch Explosion mit Nitroglycerin gesprengt wird. In manchen Fällen springt das Erdöl nach der Sprengung infolge des Drucks der eingeschlossenen Gase hoch empor, sonst muß es herausgepumpt werden. Die Quellen werden in Röhren gefaßt. Das gewonnene Petroleum gelangt in die Reinigungsanstalten. In Rußland befinden sich die Erdöllager weniger tief unter der Erdoberfläche, meist nur 150 m, in durchgängig sandigem Grunde. Man hat deswegen beim Bohren leichtere Mühe und kann weitere Röhren benutzen.

Das gewonnene Rohpetroleum ist sehr verschieden zusammengesetzt. Es stellt eine dunkle Flüssigkeit dar, 0,78—0,94 mal so schwer wie eine gleiche Menge Wasser, also leichter als das letztere. Den Hauptbestandteil bilden Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff, die sogenannten Kohlenwasserstoffe, die unter sich sehr verschieden sind je nach der Anzahl von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen, die sich in einem Molekül finden. Je geringer die Anzahl der Atome ist, die ein Molekül bilden, desto niedriger liegt der Siedepunkt. So gibt es also Kohlenwasserstoffe, die bei gewöhnlicher Temperatur luftförmig, andere, die flüssig, und endlich solche, die fest sind. Alle diese finden sich als Gemisch im rohen Erdöl. Daneben finden sich schwefelhaltige und stickstoffhaltige Stoffe in geringerer Menge. Das Rohpetroleum findet als solches nur geringe Verwendung; weitaus das meiste wird durch Destillation und chemische Reinigung zerlegt. Es wird aus Kesseln destilliert derart, daß man die Temperatur nach und nach steigert. Dabei erhält man 1. das unter 150° übergehende Rohbenzin, 2. das zwischen 150° und 300° übergehende Leuchtöl und 3. die Rückstände (Masut). Der Gehalt an diesen drei Stoffen wechselt je nach der Herkunft des Erdöls. Öl aus Pennsylvania liefert ungefähr 15% Rohbenzin, 70% Leuchtöl und 15% Rückstand; russisches aus Baku 5% Rohbenzin, 30% Leuchtöl und 65% Rückstand.

Das Rohbenzin wird chemisch mit Schwefelsäure und Natronlauge behandelt, um es zu reinigen. Dann wird es vorsichtig destilliert, wobei schon bei sehr niedriger Temperatur Stoffe übergehen, die in gut gekühlten Vorlagen aufgefangen werden. Später erhöht man die Temperatur, wobei man gleichzeitig die Vorlage wechselt. Auf diese Weise wird das Rohbenzin im allgemeinen in vier Produkte zerlegt. Zuerst scheidet sich ab:

Petroleumäther mit einem Siedepunkt von 30—60°, das spezifische Gewicht beträgt ca. 0,65. Er findet u. a. Verwendung als Lösungsmittel für Harze, Kautschuk und Öl. Dann geht über:

Benzin mit einem Siedepunkt von 60—110° und einem spezifischen Gewicht von 0,7. Angewendet wird es als „Fleckwasser“, in der chemischen Wäscherei, zum Entfetten der Wolle, um das Öl

aus den Palmkernen zu ziehen, und in den Benzinmotoren (Automobile). Drittens scheidet sich ab:

Schwerbenzin (Cigroin). Es siedet zwischen  $110^{\circ}$  und  $140^{\circ}$  und hat ein spezifisches Gewicht von 0,75. Es wird in besonders konstruierten Lampen als Leuchtöl verbrannt. Endlich gehen über:

Pużöle mit einem Siedepunkt von  $140$ — $160^{\circ}$ . Sie dienen zum Pużen von Maschinenteilen und werden auch als Ersatz für Terpentinöl verwendet.

In ähnlicher Weise verfährt man bei der Reinigung der Leuchtöle. Sie werden gleichfalls mit Schwefelsäure und Natronlauge behandelt, danach filtriert und, wenn nötig, gebleicht. Die im Handel vorkommenden Petroleumsorten sind farblose oder schwach gelbliche Flüssigkeiten, die häufig stark blau, selten grün schimmern. Ihr Geruch ist eigenartig und je nach der Herkunft verschieden. Wichtig für die Beurteilung des Petroleums als Leuchtöl ist die Untersuchung, ob es noch viel niedrig siedende Bestandteile enthält. Im allgemeinen wird die Forderung erhoben, daß das Petroleum erst bei  $150^{\circ}$  anfangen soll zu siedern. Gerechtfertigt ist diese Forderung nicht; denn es können auch niedriger siedende Öle vorhanden sein, ohne daß der Entflammungspunkt von  $21^{\circ}\text{C}$  bei 760 mm Luftdruck, wie ihn das deutsche Reichsgesetz verlangt, herabgesetzt wird. Das gewöhnliche amerikanische Petroleum (Standard white) enthält bis 20% Öle, die unter  $150^{\circ}$  siedern. Gesetzlich maßgebend dafür, daß ein Öl als Leuchtpetroleum im Handel abgegeben werden darf, ist der Entflammungspunkt. Das ist diejenige Temperatur, bei welcher das Petroleum, mit darüber stehender Luft gemischt, beim Anzünden entzündet. Er darf in Deutschland und Österreich, wie oben gesagt, bei einem für den Gebrauch zugelassenen Petroleum nicht unter  $21^{\circ}$  bei einem Barometerstand von 760 mm liegen. Er liegt bei dem von der Bremer Firma Aug. Korff in den Handel gebrachten „Kaiseröl“ bei  $50$ — $53^{\circ}$ . Beim amerikanischen Petroleum liegt er gerade an der Grenze. Ein Petroleum ist um so besser, je gleichartiger es ist, d. h. je weniger verschieden die Siedepunkte der einzelnen im Leuchtöl befindlichen Kohlenwasserstoffe sind. Die leichter siedenden Öle steigen schneller im Docht empor; so tritt bei

sehr verschieden zusammengesetztem Petroleum leicht eine Entmischung ein. Das im Bassin der Lampe befindliche Öl wird allmählich immer reicher an Schwersiedenden Bestandteilen; es tritt deshalb starke Verkohlung des Dochtes und Herabminderung der Leuchtkraft ein. In einem solchen Fall muß das im Bassin befindliche Petroleum entfernt werden. Bessere Petroleumsorten (Kaiseröl) zeigen diesen Übelstand nicht. Auch die Abkühlung wirkt bei verschiedenen Petroleumsorten verschieden. Das amerikanische Petroleum ist reich an Stoffen, die bei niederer Temperatur fest werden. Es scheidet schon bei  $-10^{\circ}$  reichliche Mengen von festem Paraffin aus und wird bei weiterer Abkühlung ganz dick. Das ist ein großer Übelstand, wenn das Petroleum zu Zwecken der Straßenbeleuchtung dienen soll. Das russische Leuchtöl zeigt diesen Nachteil nicht.

Bei der Verarbeitung des Rohöls bleiben Rückstände (Masut), die zum Teil als Heizmaterial verwendet werden. Teils gewinnt man daraus durch weitere Destillation Brennöle mit hohem Siedepunkt und besonders Schmieröle. Namentlich findet eine Weiterverarbeitung des Rückstandes der russischen Erdöle statt, die, wie wir gesehen haben, sehr reich daran sind. Zur Gewinnung der Schmieröle werden die Petroleumrückstände aus besonderen Kesseln mit Zuhilfenahme von überhitztem Wasserdampf destilliert, wobei man die übergehenden Öle, je nach dem Siedepunkt getrennt, aufhängt. Der endlich bleibende Rückstand (Goudron) wird bei Straßenpflasterungen usw. dem Asphalt zugesetzt. Die Destillationsprodukte werden als Solaröl, das noch zu Brennzwecken dient, als Spindelöle, Maschinenöle und Zylinderöle unterschieden. Sie unterscheiden sich in dem Grad der Zähflüssigkeit. Ein richtiges Schmieröl muß so zähflüssig sein, daß es die Berührung der reibenden Teile verhindert, sich dazwischen immer in dünner Schicht erhält. Ist es zu dickflüssig, so vermehrt es die Reibung; ist es zu dünnflüssig, so wird es herausgeschleudert. Selbstverständlich müssen alle Maschinenöle frei von Säuren sein, da sonst die Metallteile angegriffen werden. Bei Verarbeitung des amerikanischen Petroleums gewinnt man besonders Vaselin. Es ist eine salbenartige, aus festem Paraffin und

Öl bestehende Masse. Sie wird durch Tierkohle gereinigt und zu medizinischen Zwecken verwendet.

Wenn wir uns eingehender mit dem Petroleum, seinem Vorkommen, seiner Gewinnung und den Nebenprodukten beschäftigt haben, so geschah es, um der Bedeutung dieses Rohstoffs gerecht zu werden, der nicht nur in der Beleuchtung eine Umwälzung hervorgerufen hat, sondern dessen Verwendung, wenn wir die Nebenprodukte einschließen, eine außerordentlich vielseitige geworden ist.

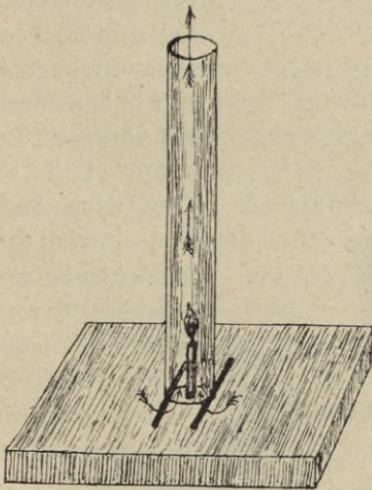


Fig. 20.

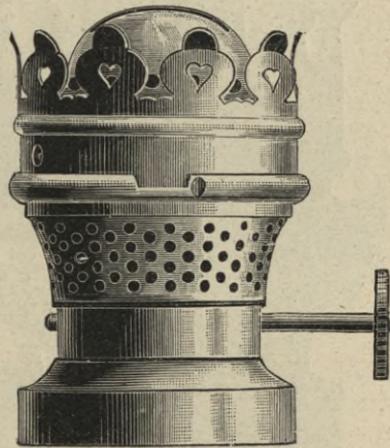


Fig. 21.

Zu Leuchtzwecken wird das Petroleum in Lampen verbrannt. Anfangs wurde die alte Flachdochtöllampe verwendet; doch schritt man bald zu Verbesserungen. Zunächst erzielte man ein ruhigeres Brennen und eine vollständigere Verbrennung, indem man die Flamme mit einem Zylinder umgab. Einmal wird diese dadurch gegen unregelmäßigen Luftzug geschützt, die Flamme flackert nicht; dann aber bewirkt der regelmäßige Luftzug eine reichere Luftzufuhr und damit vollständigere Verbrennung (Fig. 20). Aus dem roten wird ein weißes Licht. Der Zylinder wirkt wie ein Schornstein. Die warme Luftsäule über der Flamme steigt nach oben und unten

wird kalte, sauerstoffreiche Luft eingesaugt. Damit diese möglichst durch die Flamme hindurch muß, ist der Zylinder der Flachdochtlampe (Fig. 21) bauchig erweitert. Die verhältnismäßig große Abkühlung durch die zuströmende kalte Luft verringert die Leuchtkraft. Diesem Übelstand ist abgeholfen bei dem Rundbrenner (Fig. 22). Diese Lampen besitzen einen Flachdocht, der sich erst in dem kegelförmig verengenden Brennerrohr zum Runddocht zusammenbiegt.

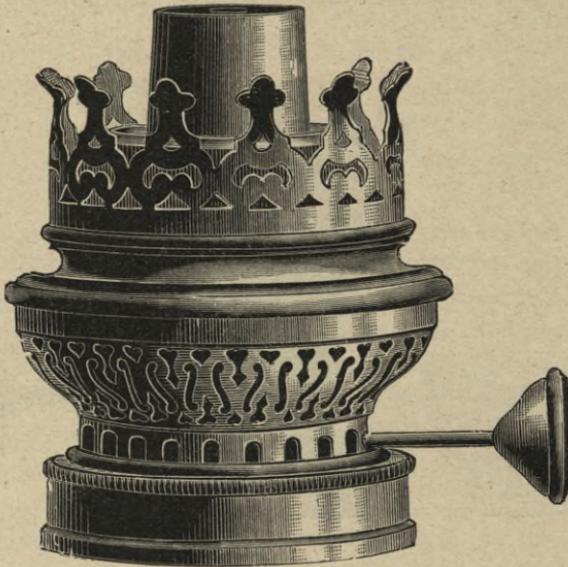


Fig. 22.

Ein großer Teil der zuströmenden Luft geht durch das Brennerrohr und tritt in das Innere der Flamme. Der andere Teil der Luft wird durch eine starke Einschnürung des umgebenden Glaszylinders fast waagrecht gegen die Flamme getrieben. Damit dies in richtiger Weise geschieht, muß sich die Einschnürung in bestimmter Höhe

befinden. Derartige Petroleumlampen sind heute noch fast allgemein in Gebrauch, während der Flachdochtbrenner mehr und mehr verschwunden ist. Wir finden ihn bei billigen Küchenlampen und in weltfernen Gegenden, wo man sich mit der geringeren Helligkeit begnügt, um Petroleum zu sparen. Bei dem gewöhnlichen Rundbrenner hat sich gezeigt, daß die Leuchtkraft keineswegs mit der Vergrößerung des Brenners und des Dochtes in gleichem Maße zunimmt; sehr bald leidet sie unter mangelnder Luftzufuhr. Trotzdem ist es gelungen, Petroleumlampen mit großer Leuchtkraft herzustellen

(Fig. 23). Über dem Dochttring befindet sich eine freisrunde Scheibe, die sogenannte Brandscheibe. Gegen diese schlägt der durch das Brennerrohr eintretende Luftzug, wodurch eine tulpenartige Ausbuchtung der Flamme rings um die Scheibe herum bewirkt wird. Selbstverständlich ist für eine solche Lampe ein anderer Glaszylinder nötig, der, bauchig erweitert und von größerer Höhe, einmal für stärkeren Luftzug sorgt und zweitens durch seine Form die außerhalb des Brennerrohrs aufsteigende Luft möglichst vollständig der Flamme zuführt. Um die Größe der letzteren regulieren zu können, muß man den Ölzutritt regeln können, was durch Auf- und Niederschrauben des Dochtes geschieht, in welchem das Petroleum infolge der Haarröhrchenanziehung emporsteigt. Das Verstellen des Dochtes erfolgt bei einfachen Lampen mit schmälere Docht durch Zahnrädchen, die in den Docht eingreifen, und die von außen mit Hilfe einer Scheibe zu drehen sind. Bei größeren und stärkeren Dochten würde das Heben nicht gleichmäßig erfolgen. Man schließt sie

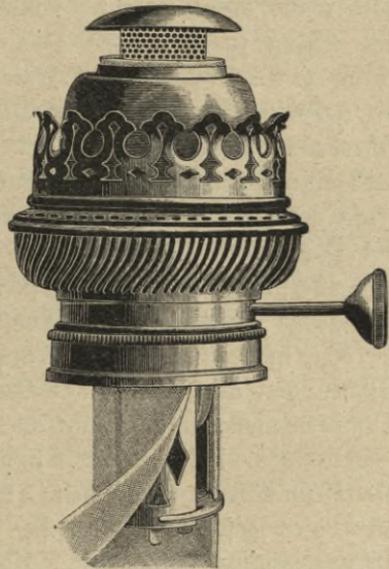


Fig. 23.

in ein zylindrisches Rohr ein und hebt das letztere, das mit einer Zahnstange versehen ist, durch Drehen eines Rädchens, dessen Zähne in die der Zahnstange eingreifen (vgl. Fig. 23). Wohl auf keinem Gebiet sind so viele Verbesserungen versucht wie auf diesem. Immerfort werden neue und bessere Brenner in den Handel gebracht, um das Petroleum dem Leuchtgas konkurrenzfähig zu erhalten. Man hat dabei große Erfolge zu verzeichnen. — Besonders gut konstruierte Petroleumlampen nehmen es an Helligkeit mit dem Gasglühlicht auf.

Noch ein Wort über die Explosionen von Petroleumlampen. Anfangs war es entschieden die schlechte Reinigung des Petroleums im Bunde mit fehlerhaft konstruierten Lampen, die zu Explosionen führte. Seit der Petroleumhandel staatlich überwacht wird, fällt die erste Ursache fort, bleibt also nur noch die letzte. Alle Lampen zeigen unten im Brenner ein Loch, das bei der Fabrikation entsteht, bei besseren verlötet, bei billigeren aber geöffnet ist. Häufig hört man, dieses Loch sei notwendig, um den Gasen im Behälter den Abzug zu gestatten. Das ist falsch. Die Wärmeleitung bei einem guten Brenner darf keineswegs so groß sein, daß dadurch im Behälter eine so reichliche Vergasung stattfindet, um hier einen Überdruck zu erzeugen. Wohl aber könnte bei einem Unterdruck Luft eingesaugt werden, die mit den vorhandenen Brenngasen ein explosives Gemenge darstellt, das durch ein herunterfallendes glühendes Dochtstückchen an dem Loch entzündet wird. So ist dieses nicht nur überflüssig, sondern schädlich. In jedem Fall kann aber durch sorgfältige Reinigung der Lampen die Explosionsgefahr beseitigt werden, wobei vor allem darauf zu achten ist, daß verkohlte Dochtteilchen von allen Teilen des Brenners entfernt werden. Die meisten Lampenexplosionen sind eingetreten beim Nachfüllen brennender Petroleumlampen. Bei stärkerer Erwärmung haben sich im leeren Bassin Petroleumdämpfe gesammelt. Häufig sind sie mit Luft vermischt, oder dies geschieht, wenn sie beim Eingießen des Öls aus der Brenneröffnung entweichen. Kommen sie mit der Flamme in Berührung, so kann die Explosion erfolgen, die sich dann unter Umständen auf das Bassin überträgt. Zur Sicherheit ist also anzuraten, die Lampe zu löschen und sie dann zu füllen. Auch das Auslöschten der Lampe kann gefährlich werden. Ein tiefes Hinunterschrauben des Dochtes läßt leicht glühende Krustenteile des letzteren in den Brenner herabfallen; ein Ausblasen der voll brennenden Lampe treibt die Flamme in den Brenner; beides kann im Verein mit anderen unglücklichen Umständen zu Explosionen führen. Diese werden vermieden, wenn das Auslöschten durch einen Lampenlöscher erfolgt, einem Hütchen, das, auf den Zylinder gestülpt, den Luftzug unterbindet und die Flamme sofort in ihren eigenen Verbrennungsgasen ersticken läßt.

Um niedrigsiedende Öle wie Schwebbenzin oder Ligroin, ebenso um hochsiedende Schweröle zu verbrennen, sind besonders konstruierte Lampen nötig, deren Beschreibung aber über den Rahmen des Buches hinausgehen würde.

Noch auf eines sei hingewiesen. Die Einführung der Petroleumbeleuchtung hat unsere ganze Lebensweise von Grund aus geändert. Das spärliche Licht, das ein Kienspan oder eine Talgkerze spendeten, erlaubte an den langen Winterabenden nur solche Beschäftigungen, bei denen die Tätigkeit der Hand nur wenig durch das Auge korrigiert zu werden brauchte. Wir sehen die Frauen am Spinnrad arbeiten, während die Männer in der Nähe des Ofens sich unterhalten. Das Lesen konnten die Augen nur kurze Zeit aushalten. Ein „Bücherverschlingen“, wie es heute Mode ist, gab es nicht. Wenige Seiten wurden von dem einen laut vorgelesen, worauf man sich dann über den Inhalt unterhielt. Auch die Kunst des Erzählens wurde eifrig gepflegt und den Worten der alten Märchenerzählerin lauschte alt und jung. Jetzt erhellt die Petroleumlampe den Raum. An Stelle des wenig einträglichem Spinnens, das man den Maschinen überläßt, sind andere Arbeiten getreten, die sonst nur bei Tageslicht verrichtet werden konnten. Der Unterschied von Tag- und Abendarbeit ist geschwunden, vielleicht nicht immer zum Vorteil des Menschen, dessen Nerven im Dunkel der langen Nächte mehr Zeit hatten, sich zu erholen. Vielleicht liegt in dieser Änderung auch ein Grund, daß die Lieblingschriftsteller damaliger Zeit, wie z. B. Jean Paul, heute vergessen sind. Ihre tiefsinnigen, häufig auch langatmigen Betrachtungen, der ganze Satzbau erfordern ein sehr langsames Lesen, das dem Menschen von heute nicht behagt. So sind sie mit dem Kienspan und der Talgkerze von der Bildfläche verschwunden.

## 7. Kapitel.

### Die Gasbeleuchtung.

Das Leuchtgas und seine Gewinnung. Gewöhnliche Gaslampen. Das Gasflühlicht. Das Ölgas. Das Azetylen.

Wenn Kienspan und Talgkerze im Hause durch das Petroleum verdrängt worden sind, so ist außerhalb der Wohnräume zu Zwecken

der Straßenbeleuchtung das Leuchtgas an die Stelle des Brennöls getreten. Schon Ende des 17. Jahrhunderts beobachtete man das Auftreten brennbarer Gase bei der Gewinnung von Koks aus Steinkohlen. Das Gas ließ man unbeachtet. Erst am Ausgang des 18. Jahrhunderts wurde es von dem Engländer Murdoch zu Beleuchtungszwecken verwendet, während gleichzeitig der Franzose Lebon die Benutzung von Holzgas zu demselben Zweck vorschlug. Der

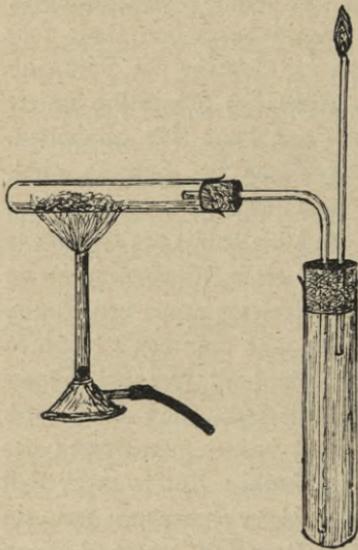


Fig. 24.

erstere beleuchtete 1792 sein Haus und seine Werkstätte mit Leuchtgas und führte dieses 1798 in den Fabrikgebäuden von Baneton und Watt in Soho ein. Ein Amerikaner benutzte es zur Beleuchtung eines Saales in Baltimore im Jahre 1801. Danach trat das Leuchtgas seinen Siegeslauf an. Schon im 4. Kapitel sind die Jahreszahlen angegeben, wann die größeren Städte Europas eine Leuchtgas-Straßenbeleuchtung erhalten haben; mögen sie hier noch einmal aufgeführt werden: 1814 London, 1815 Paris, 1826 Berlin, 1828 Dresden und Frankfurt a. M., 1838 Leipzig, 1840 Köln, 1846

Hamburg, 1847 Breslau, 1850 München. In fast allen Fällen wurden Steinkohlen für die Gewinnung des Gases benutzt. Die Apparate für die Fabrikation sind dem Grundgedanken nach von Murdoch und seinem Schüler Clegg erfunden. Letzterer führte die Reinigung durch Kalk ein und konstruierte 1815 die erste Gasuhr. Am bedeutendsten ist heute noch die Leuchtgasgewinnung in England. Dort werden jährlich über 14 Mill. t Steinkohlen zu diesem Zweck verbraucht und über 4000 Mill. cbm Gas erzeugt.

Eine einfache Gasanstalt können wir uns leicht herstellen (Fig. 24). Ein Probierglas wird mit Steinkohlenstückchen zur Hälfte

gefüllt und durch einen Korken, durch den ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr geht, verschlossen. Das Glas wird wagerecht in einen Halter eingespannt, nachdem die Kohle gleichmäßig verteilt ist. Das rechtwinklig gebogene Rohr geht durch einen doppelt durchbohrten Korken, der ein zweites Probierglas verschließt. Durch die andere Öffnung des zweiten Korkens geht ein zur Spitze ausgezogenes, gerades Rohr. Das letztere hängende Probierglas wird zum Zwecke der Abkühlung in ein Glas mit Wasser gestellt. Ist der Apparat soweit vorbereitet, so wird das wagerecht eingespannte Glas anfangs

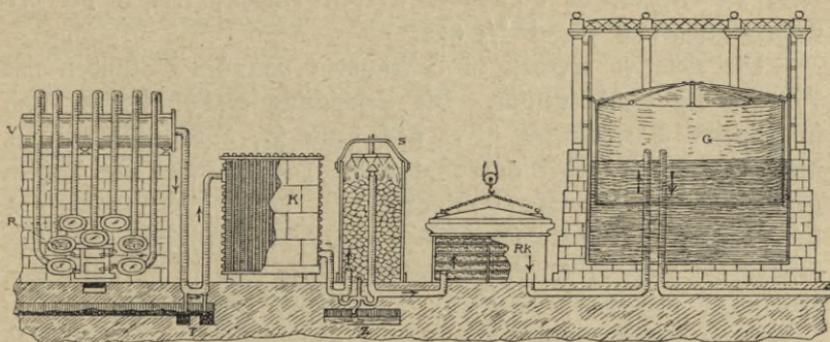


Fig. 25.

gleichmäßig erhitzt (durch Spiritus- oder besser Gasflamme). Allmählich kann man vom verschlossenen Ende her stärker erhitzen, worauf die Gasentwicklung beginnt. Nach einiger Zeit kann das Gas an der Spitze entzündet werden. Gleichzeitig beobachtet man die Ausscheidung von Teer im zweiten Probierglas. Statt mit Steinkohle kann man das Glas mit Sägespänen, Papierschnitzeln, Lederabfällen beschicken; immer erhält man ein Gas, das mit leuchtender Flamme verbrennt. Hat die Gasentwicklung aufgehört, so findet sich im ersten Probierglas eine poröse, koksähnliche Masse.

Ähnlich ist der Vorgang im großen (Fig. 25). Die Steinkohlen werden unter Luftsabschluss in Röhren aus Schamotte, seltener aus Gußeisen, den sogenannten Retorten (R), erhitzt. Die Länge der Röhren beträgt 2—3 m, ihr Durchmesser 30—50 cm. Sie liegen zu mehreren

(6—12) über- und nebeneinander in einem Retortenofen, worin sie mit Koks-, Steinkohlen-, Teer- oder heute meist mit Generatorgasfeuerung erhitzt werden.

Bei der letzteren findet die vollständigste Ausnutzung des Brennmaterials statt. In welcher Weise das Generatorgas aus den Koks hergestellt und zum Heizen verwendet wird, ist im Kapitel: „Heizmaterialien“ unter Generatorgas zu finden. Die vollständige Ausnutzung des Brennmaterials führt zu großer Ersparnis des letzteren. Während bei gewöhnlicher Koksfeuerung bis 40% der gewonnenen Koks zu Heizzwecken verwendet werden müssen, reichen bei der Generatorfeuerung 14—18% aus.

Die Retorten werden in Zeiträumen von 4—5 Stunden mit 75—200 kg Kohle gefüllt. Die Beschickung geschah früher, und in kleineren Gasanstalten ist es noch heute so, durch Mulden, die der Form der Retorten angepaßt sind. Diese werden mit Kohlen gefüllt, in die Retorten hineingeschoben, dann umgewendet und herausgezogen. Die Kohlen bleiben zurück. In größeren Betrieben erfolgt die Füllung durch Maschinen. Jede Retorte ist mit einem Mundstück versehen, das aus dem Ofen herausragt. Es ist durch einen Deckel mit Hebelverschluß verschließbar und besitzt ein nach oben gehendes Abzugsrohr. Die Gasentwicklung beginnt schon bei 50°, die Hauptentwicklung erfolgt zwischen 500 und 1000°; doch steigert man die Temperatur auf 1200—1400°. Der Generatorofen gestattet durch Änderung der Heizgasführung die allmähliche Steigerung, so daß die Retorte erst in der vierten und fünften Stunde die Höchsttemperatur erhält. Bei dieser wird ein Teil der gebildeten Kohlenwasserstoffe in seine Bestandteile Kohlenstoff und Wasserstoff zerlegt. Der letztere entweicht; der erstere scheidet sich als Retortengraphit an den Wänden in Form einer sehr festen Masse aus. Nach Beendigung der trockenen Destillation, wie man den Vorgang nennt, werden die Retorten entleert. Mit langen Eisenstangen werden die Koks herausgeholt („gezogen“) und mit Wasser abgelöscht. Danach werden die Retorten sofort wieder beschickt. 1000 kg Kohle geben ungefähr 680 kg Koks. Die aus der Retorte aufsteigenden Gase und Dämpfe sind von ungleicher

Beschaffenheit, je nach der Temperatur, bei der sie entweichen. Um ein Gas von möglichst gleichförmiger Beschaffenheit zu erhalten, sorgt man durch ungleichzeitige Beschickung dafür, daß in den verschiedenen Retorten verschieden hohe Temperaturen herrschen. Das aufsteigende Gas passiert zunächst eine Vorlage (V), die hydraulik. Sie stellt ein langes, wagerechtes Rohr aus Schmiedeeisen dar, in das die nach unten umgebogenen Enden der Abzugsröhren einmünden. Die Vorlage ist zum Teil mit Teer gefüllt. Die Mündungen der Röhren liegen wenige Zentimeter unter dem Teerspiegel. Dadurch werden sie verschlossen. Auch beim Öffnen der Retorten kann kein Gas zurücktreten. Durch die hydraulik wird eine Abkühlung der Steinkohlengase bewirkt. Gewisse Bestandteile mit hochliegendem Siedepunkt verdichten sich und scheiden sich als Teer ab. Um den Spiegel des letzteren in der Vorlage in immer gleicher Höhe zu erhalten, was unbedingt nötig ist, wenn der Gasdruck in den Retorten gleichbleiben soll, ist die hydraulik mit einem Überlaufrohr versehen, durch das der Teer in eine gemauerte Teergrube (Teerzisterne) abfließt. Das auf ungefähr 70—90° abgekühlte Gas wird zur vollständigen Abkühlung durch den Kondensator (K) geleitet. Man unterscheidet Luft- und Wasserkondensatoren. Sie bestehen aus auf- und niedergehenden Schlangentröhrchen. Bei Luftkühlung sind diese hoch und eng, bei Wasserkühlung weniger hoch, aber weit und vom Kühlwasser umgeben. Von den unteren Biegungen führen Röhren in die Sammelgrube, in welche der Teer, der sich ausscheidet, abfließt. Um das Gas vollständig davon zu befreien, wird es durch den Teerscheider von Andouie und Pelouze geleitet. Dieser besteht zur Hauptsache aus einer dreifachen Glocke, die mit Löchern und Schlitzen versehen ist, an deren scharfen Rändern sich der Teer abscheidet. Das aus dem Teerscheider entweichende Gas ist reich an Ammoniak, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff. Das erstgenannte Gas löst sich leicht in Wasser. Eine ungefähr 30prozentige Lösung kommt als Salmiakgeist in den Handel und ist allgemein bekannt. Die Kohlensäure, das Verbrennungsprodukt der Kohle, ist nicht brennbar. Ein Gehalt an Ammoniak und Kohlensäure setzt die Heiz- und Leuchtkraft des Gases herab; die Stoffe

müssen deshalb entfernt werden. Der Schwefelwasserstoff zeichnet sich durch seinen unangenehmen Geruch aus. Er bildet sich, wenn Eiweißstoffe in Fäulnis übergehen, daher der Gestank fauler Eier. Beim Verbrennen verbinden sich die Bestandteile Schwefel und Wasserstoff mit dem Sauerstoff zu schwefliger Säure und Wasserdampf, wovon die erstere unsern Atmungsorganen sehr lästig fällt und für die Pflanzen, wie wir gesehen haben, ein starkes Gift ist. Um Ammoniak und zum großen Teil auch die Kohlensäure zu entfernen, benutzt man die leichte Löslichkeit dieser Gase. Das Steinkohlengas wird im Wascher oder Skrubber (S) gewaschen. Diesem Zweck dienen 10—25 m hohe, eiserne Türme, gewöhnlich durch eine senkrechte Scheidewand in zwei Kammern geteilt so, daß das Gas in der einen empor-, in der andern herniedersteigt. Früher wurden die Abteile mit Koks, heute sind sie durch Holzroste gefüllt, über die von oben her durch eine Brause ständig ein feiner Sprühregen sich ergießt. Das aufsteigende Gas kommt innig mit dem Wasser in Berührung und gibt Ammoniak und Kohlensäure daran ab. Mehrere solcher Wascher sind miteinander verbunden. Das aus dem ersten austretende Gas tritt in den zweiten, dann in einen dritten und vielleicht in einen vierten Skrubber ein. Aus dem letzten fließt ein Wasser ab, das sehr wenig Ammoniak enthält, mit ihm wird das Gas im vorletzten Skrubber gewaschen, dann gelangt es in den zweiten und von diesem in den ersten, den es als ungefähr 3%iges Ammoniakwasser verläßt, um in die Teerzisterne abzufließen. Das Heben des Ammoniakwassers auf die Türme wird durch Pumpen besorgt, wovon eine ganze Reihe in Tätigkeit ist, die zum Teil dazu bestimmt sind, den in der Sammelgrube befindlichen Teer und das darüber stehende Ammoniakwasser getrennt in große Sammel tanks zu befördern, von denen aus die Überführung in die chemischen Fabriken erfolgt, wo sie weiter verarbeitet werden. Neuerdings benutzt man zum Waschen die Standardskrubber, wagerecht liegende, in Abteilungen geteilte, halb mit Wasser gefüllte Zylinder, worin Bleche rotieren, die an einer Achse befestigt sind.

Indem das Gas nacheinander die Hydraulik, den Kondensator und die Wascher passiert, muß es große Widerstände überwinden. Das

würde einen großen Gasdruck verlangen, der naturgemäß in der Retorte am größten sein müßte. Der Überdruck würde zu einem Sprengen der Retorte führen können, die Gasausbeute schmälern und das Gas selbst zu lange Zeit dem zerstörenden Einfluß der weißglühenden Retortenwände aussetzen. Um den Gasdruck herabzusetzen, befindet sich hinter den Waschern der Exhaustor, der nach den Retorten zu saugend wirkt und auf der andern Seite dem Gas denjenigen Druck erteilt, daß es durch die Reinigungskasten in den Gasometer gelangen kann. Als Exhaustoren benutzt man Saug- und Druckpumpen oder Dampfstrahlexhaustoren. Auf die Einrichtung der verschiedenen Arten kann hier nicht eingegangen werden. Am vorteilhaftesten wäre ein Unterdruck in den Retorten, der aber beim Öffnen der letzteren zum Einströmen von Luft führen würde. Auch sonst würde ein Druck, der niedriger als der Luftdruck wäre, an undichten Stellen ein Einströmen von Luft und damit die Bildung explosiver Gemenge zur Folge haben. So muß also in allen Teilen ein Überdruck vorhanden sein. Man erniedrigt diesen im Kondensator und Washer auf 4 mm, während er sich in den Retorten auf 24—40 mm erhöht. Der Exhaustor treibt das Gas in die Trockenreiniger (Rk). In großen, eisernen Kasten befinden sich hölzerne Hürden oder auch Börter aus Weidengeflecht, worauf die Gasreinigungsmasse liegt. Diese besteht gewöhnlich aus Raseneisenstein, dem Mineral, das große Teile in der norddeutschen Tiefebene als Anflug, als Rasen bedeckt oder sich im Boden als Eisensandstein findet und ihn vollkommen unfruchtbar macht. Es besteht zur Hauptsache aus einer Verbindung von Eisenoxyd mit Wasser, die uns im gewöhnlichen Leben als Rost bekannt ist. Dieser Stoff bildet in der Erde als Brauneisenstein große Lager und dient zur Eisengewinnung. Dazu eignet sich aber der Raseneisenstein seiner zahlreichen Verunreinigungen wegen nicht; wohl aber kann er bei der Reinigung des Leuchtgases Verwendung finden. Er hält im Reinigungskasten den Schwefelwasserstoff zurück. Nachdem die Masse mit dem letzteren gesättigt ist, wird sie an der Luft ausgebreitet, wobei die Masse wieder in wasserhaltiges Eisenoxyd (Eisenhydroxyd) übergeht, während der Schwefel sich abscheidet. In dieser Weise wird die Masse zum

abermaligen Gebrauch wiederhergestellt (regeneriert). So kann sie etwa 10—14 mal benutzt werden. Dabei häuft sich allmählich bis 50% Schwefel an. Dann wandert sie in die chemischen Fabriken, wo aus dem Schwefel die schweflige Säure gewonnen wird, die ihrerseits zur Herstellung von Schwefelsäure dient. Gleichzeitig werden auch noch andere Nebenprodukte gewonnen. Nachdem das Gas nacheinander meist drei Trockenreiniger passiert hat, ist es gebrauchsfertig. Es geht zunächst durch die Stationsgasuhr, die den gewöhnlichen Gasuhren ähnlich, nur größer gebaut ist, und die Menge des im Gaswerk gewonnenen Leuchtgases anzeigt. Von hier gelangt es in die Gasometer (G). Diese bestehen aus einem gemauerten Bassin, das mit Wasser gefüllt ist. Nahe über dem Wasserspiegel befinden sich die Mündungen zweier Röhren, wovon die eine für den Eintritt, die andere für den Austritt des Gases bestimmt ist. In dem Bassin befindet sich ein beiderseits offener Zylinder, aus Eisenplatten zusammengenietet und gedichtet, dessen oberer Rand nach innen umgebogen ist. Innerhalb des Zylinders befindet sich eine Glocke aus Eisenblech mit der Öffnung nach unten. Der untere Rand ist nach außen umgebogen, so daß er eine Rinne bildet. Im ungefüllten Zustand liegt die Decke der Glocke ganz nahe der Wasseroberfläche im Bassin. Strömt das Gas ein, so hebt sich die Glocke. In gewisser Höhe greift dann in ihre untere Rinne der obere umgebogene Rand des Zylinders. Bei weiterer Füllung wird auch dieser aus dem Bassin gehoben, wobei das in der Glockenrinne bleibende Wasser den Verschuß bildet. Die Geradführung von Glocke und Zylinder wird durch Leitrollen bewirkt, die zwischen der Gasometerwand und neben der letzteren befindlichen Pfeilern laufen. Derartige Gasometer werden sehr groß gebaut; die größten sind imstande, bis 100000 cbm Gas aufzunehmen. Um sie gegen den Einfluß von Wind und Wetter zu schützen, sind sie häufig in Gebäuden untergebracht, wodurch auch das leichte Gefrieren des Wassers im Bassin und den Rinnen im Winter verhindert wird. An der Außenwand befindet sich meist ein Zifferblatt mit einem Zeiger, der durch die auf- und abgehende Glocke bewegt wird und den Gasinhalt des betreffenden Gasometers direkt abzulesen gestattet.

Der Gasdruck in dem letzteren ist zu groß, als daß man das Leuchtgas unmittelbar von hier aus in das Rohrnetz der Stadt leiten könnte. Es wird deshalb ein Druckregulator eingeschaltet (Fig. 26). Er besteht aus einem Wasserbehälter, worin sich eine mit Schwimmervorrichtung befindliche Glocke aus Eisenblech befindet. Von der Mitte des Daches der Glocke hängt an kurzer Kette ein Kegel hernieder, der mit der Glocke steigt und sinkt. Indem er sich hebt, verengt er die Austrittsöffnung eines Rohres, das vom Gasometer herkommt. Durch Auflegen von Gewichten auf die Glocke kann man diese und damit den Kegel senken; die Austrittsöffnung wird erweitert; größere Gasmengen strömen hindurch und der Druck in der Leitung wird stärker. Im unbelasteten Zustande heben sich Glocke und Kegel soweit, daß die Öffnung im Zufuhrrohr vollständig geschlossen ist. Alles Nähere zeigt die Figur. Je nach dem Verbrauch, der zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten verschieden ist, wird der Druck in der Leitung geändert; er wechselt in Hamburg zwischen 30 und 80 mm Druck einer Wasserfülle.

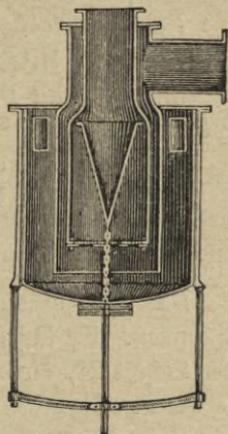


Fig. 26.

Zur Leitung benutzt man in den meisten Fällen gußeiserne Röhren, die an den Verbindungsstellen mit Blei ausgegossen oder mit Wergwicklung und Mennigkitt gedichtet werden. Man legt die Röhren, wenn es irgend angeht, nie wagerecht, sondern gibt ihnen eine Steigung von  $\frac{1}{2}$ —1 m:100 m. Wo dies der Bodenverhältnisse wegen nicht angeht, versieht man die Leitung an den tiefgelegenen Stellen mit kleinen Bassins, worin mitgerissene Flüssigkeiten, die sich nachträglich verdichten, gesammelt werden. Diese sogenannten Wassertöpfe werden von Zeit zu Zeit entleert. Auf dem Wege von der Gasanstalt bis zu dem Brenner verliert das Gas an Druck. Da es leichter ist als die atmosphärische Luft, hat es das Bestreben aufzusteigen. Man beobachtet daher, daß die Flammen in höhergelegenen Stadtteilen besser brennen. Eine Menge

Gas geht verloren infolge der Undichtigkeiten in den Leitungen. Selbst wo diese gut gedichtet sind, beträgt der Verlust über 5%, steigt aber bisweilen auf 15% und mehr.

Die Ausbeute an Gas richtet sich nach dem verwendeten Material. Man benützt im allgemeinen backende Kohlen, die wenig Schwefel und Asche enthalten. Die beste Gaskohle ist die englische Kannelkohle, meist aus Newcastle, die auch in Norddeutschland viel verarbeitet wird. Auch die schottische Bogheadkohle liefert viel Gas, das sich außerdem durch seine hohe Leuchtkraft auszeichnet. In Deutschland werden westfälische, rheinische, sächsische und schlesische Kohlen verarbeitet. Die erstgenannten liefern das beste Gas und in größter Menge; sie gleichen etwa den geringeren englischen Kohlen. 1000 kg Bogheadkohle liefern etwa 430 cbm Gas. Im Mittel liefern 1000 kg Kohlen:

270—300 cbm Leuchtgas,

600—700 kg Koks,

40—50 „ Teer und

100 „ Ammoniakwasser mit 2—3% Ammoniak.

Das Leuchtgas setzt sich aus sehr verschiedenen Bestandteilen zusammen. Es lassen sich unterscheiden: die leuchtenden Bestandteile oder Lichtgeber, die verdünnenden Bestandteile oder Lichtträger und die verunreinigenden Bestandteile. Die Lichtgeber machen ungefähr vier Raumteile aus. Es sind kohlenstoffreiche Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff. Die Lichtträger sind bis zu 93 Raumteilen vertreten; sie sind die nichtleuchtenden aber stark heizenden Bestandteile und bestehen zur Hauptsache aus: Wasserstoff (ca. 50 Raumteile), Grubengas (ca. 35 Raumteile) und Kohlenoxyd (ca. 8 Raumteile). Die Verunreinigungen bestehen aus Kohlenensäure, Stickstoff und geringen Mengen Schwefelwasserstoff; es sind im ganzen 3—5 Raumteile, alles auf 100 Raumteile Leuchtgas bezogen. Das Steinkohlengas ist farblos, von eigentümlichem Geruch und nur halb so schwer als die atmosphärische Luft, weshalb es zum Füllen von Luftballons verwendet werden kann. Seine Entzündungstemperatur liegt bei heller Rotglut, also ungefähr bei 600°. Mit Luft gemischt kann es explodieren. Die Explosionsfähigkeit beginnt bei Mischung

von 1 Teil Gas mit 16 Raumteilen Luft, ist am stärksten bei einem Raumteil Gas auf 10—12 Teile Luft und hört auf bei einem Gemisch, das aus 1 Raumteil Gas und 4 Raumteilen Luft besteht. Das luftthaltige Gas verbrennt mit nichtleuchtender Flamme (s. Bunsenbrenner und Gasheizofen). Das Leuchtgas äußert auf Pflanzen und Tiere giftige Wirkungen, auf die letzteren schon wegen seines Gehalts an Kohlenoxyd. Ein Gehalt an 3% soll schon einen Menschen töten können; doch fällt schon  $\frac{1}{10000}$ % durch seinen Geruch auf. Besondere Umstände allerdings können zu Unglücksfällen führen und die Zahl der durch Leuchtgasvergiftung Getöteten ist alljährlich keine ganz geringe. Mitunter treten Vergiftungen ein, wenn zufällig ein Hahn nicht geschlossen ist. Hier macht die Nase aber gewöhnlich auf den Feind aufmerksam. Anders wenn das Gas bei Rohrbrüchen benachbarten Grundstücken oder dem Straßenboden entströmt. Namentlich im Winter steigt es dann nicht zur Straßenoberfläche, sondern mit Vorliebe in den Häusern empor. Der Grund liegt nicht in dem hartgefrorenen Boden, der das Gas ebenso leicht durchtreten läßt als ungefrorener, sondern vielmehr in der starken Erwärmung der Häuser, deren durch die Heizung erwärmte und daher verdünnte Luft eine bedeutende Saugwirkung ausübt. Die Gaszufrömmung nimmt um so mehr zu, je größer der Unterschied in der Temperatur des geheizten Zimmers und der Grundluft ist. So kann das Gas aus großen Entfernungen, beobachtet sind 80 m, durch dicke Mauern in die Häuser gelangen und wird um so gefährlicher, als es beim Durchströmen des Erdbodens und der Mauern seinen eigentümlichen Geruch verliert und geruchlos wird. Die Kennzeichen der Leuchtgasvergiftung sind ähnliche wie bei der Kohlendunstvergiftung (s. daselbst). Werden größere Mengen eingeatmet, so treten Bewußtlosigkeit und später der Tod ein.

Im Boden wirken die im Leuchtgas enthaltenen Dämpfe schädlich auf die Pflanzen ein, namentlich in der Periode des Wachstums. Ein Ausströmen von  $\frac{3}{4}$  cbm pro Tag, auf 20 qm Bodenfläche verteilt, tötet die Wurzeln der stärksten Bäume in kurzer Zeit.

Gut gereinigtes Gas verbrennt zu Kohlensäure und Wasserdampf; schlecht gereinigtes liefert daneben andere, der Gesundheit

schädliche Verbrennungsprodukte. Soll das Leuchtgas also in geschlossenen Zimmern verbrannt werden, so ist sorgfältigste Reinigung unbedingt nötig.

Um einerseits die Bildung explosiver Gemische, andererseits schädigende Einflüsse auf die Gesundheit zu vermeiden, sind bei eintretendem Gasgeruch gewisse Verhaltensmaßregeln unbedingt zu beachten. Diese sind von den Gaswerken zu Hamburg zusammengestellt und werden mit jeder Gasrechnung dem Abnehmer aufs neue überreicht. Mögen sie der Wichtigkeit halber hier abgedruckt werden.

1. Bei Wahrnehmung von Gasgeruch ist für die Entfernung jeglichen Feuers nicht nur aus dem Raume, in welchem der Gasgeruch sich zuerst bemerkbar gemacht hat, sondern aus allen Lokalitäten, welche mit dem betreffenden Raum durch Türen oder Fenster, Luftschächte usw. in Verbindung stehen, zu sorgen. Das Auffuchen der fehlerhaften Stelle in der Gasleitung oder an den Beleuchtungskörpern durch Ableuchten ist unter allen Umständen zu unterlassen.

2. Nach der Entfernung jeglichen Feuers aus den betreffenden Räumen sind dieselben durch Öffnen der Türen und Fenster (besonders der oberen Flügel) in ausreichender Weise zu durchlüften.

3. Die Zuführung von Gas ist durch Schließen der Haupthähne abzusperren.

4. Die Direktion der Gaswerke ist sofort zu benachrichtigen oder ein Gasfitter zuzuziehen.

5. Bei der Wahrnehmung von Gasgeruch in einem geschlossenen Raum ist in den oberen Teilen besondere Vorsicht nötig, da das Gas leichter als die atmosphärische Luft ist und somit das Bestreben hat, sich an der Decke des betreffenden Raumes anzusammeln.

6. Wasserflußlampen (sogenannte Zuglampen) müssen stets mit ausreichender Füllung versehen werden, da die Füllung mit der Zeit verdunstet und dann Gasentweichung aus der Lampe stattfindet.

7. Gummischläuche, Metallschläuche sind mit den Apparaten und Hähnen sicher zu verbinden (durch Festbinden, Festschrauben usw.)

und dicht zu halten. Das Belassen der Schläuche unter Gasdruck nach dem Gebrauch der betreffenden Apparate ist daher zu vermeiden, die Hähne vor den Schläuchen sind nach dem Gebrauch zu schließen.

8. Zur Verhütung von Gefahren ist es zu empfehlen, beim Auslöschten der Flammen nicht nur die Brennerhähne, sondern auch den Haupthahn zu schließen. Hierdurch wird die Gefahr, die durch Ausströmen unverbrannten Gases entstehen kann, am besten vermieden; der Hahn an der Flamme ist stets zu schließen.

9. Bei Leitungen, die längere Zeit nicht benutzt werden, muß der zugehörige Haupthahn abgeschlossen werden. —

Bevor wir das Gas auf seinem Wege zum Brenner weiter verfolgen, wollen wir uns noch ein wenig um die bei seiner Darstellung erhaltenen Nebenprodukte kümmern. Gibt uns doch eine gut geleitete Gasanstalt einen Einblick in einen chemischen Großbetrieb, wo nichts umkommt, wo alles verwertet wird, wo täglich und stündlich daran gearbeitet wird, die Herstellungskosten zu verringern und die Ausbeute zu erhöhen. In den Retorten bleiben die Koks zurück. Sie bestehen aus nahezu (95%) reinem Kohlenstoff und Aschenbestandteilen. Sie sind als Heizmaterial geschätzt und werden in großen Mengen bei allen Zentralheizungen verwendet. An den Wänden der Retorten scheidet sich der feste Retortengraphit ab. Er findet Verwendung in der Elektrotechnik zur Herstellung von Kohlen für galvanische Elemente und von Lichtkohlen.

Ein wichtiges Nebenprodukt bildet der Steinkohlenteer. Er stellt eine schwarze Masse dar, die spezifisch schwerer als Wasser ist. Er besteht aus sehr verschiedenartigen Stoffen, die aus ihm gewonnen und dann zum Teil weiter verarbeitet werden. Zu dem Zweck wird der Teer, ähnlich wie das Rohpetroleum (S. 50), einem Destillationsprozeß unterworfen. Die übergehenden Dämpfe werden verdichtet und nach dem Siedepunkt getrennt aufgefangen. Man unterscheidet gewöhnlich Leichtöl mit einem Siedepunkt bis 150°, Mittelöl bis 200°, Schweröl bis 300° und Anthracenöl bis 400°. Das als Rückstand bleibende Hartpech wird abgekühlt und dann in eine gemauerte Pechgrube abgelassen, wo es zu einer spröden Masse erstarrt. Die Leichtöle

werden nach Behandlung mit Natronlauge und starker Schwefelsäure in Benzol, Toluol und Xylol geschieden, die fast rein in den Handel kommen und zur Darstellung der Teerfarbstoffe dienen. Aus den Mittelölen gewinnt man Naphthalin und Karbolsäure. Die Schweröle liefern das Mittel, womit Holzschwellen (bei Eisenbahnen) getränkt (imprägniert) werden, und aus dem Anthracenöl gewinnt man das Anthracen, das den Ausgangspunkt zur Darstellung sehr schöner und haltbarer Farbstoffe bildet. Seit 1860 hat sich die Teerfarbenindustrie außerordentlich entwickelt. 1903 gab es über 70 Fabriken, die sich mit ihrer Herstellung beschäftigten. Der Wert der jährlich hergestellten Teerfarben übersteigt 220 Millionen Mark; allein in Deutschland werden für 180 Millionen Mark künstliche Farbstoffe hergestellt. Aus dem Vorangegangenen folgt, daß der Steinkohlenteer eine außerordentlich vielseitige Verwendung findet, zumal er in rohem Zustand auch als Heizmaterial teils für sich allein, teils in Verbindung mit Kohlenklein in der Form von Briketts verwendet wird. Ferner dient er zur Rußbereitung, zum Anstrich für Mauerwerk, Metall, Holz und Dachpappe und auch zur Desinfektion. Das bei der Teerdestillation gewonnene Pech dient gleichfalls bei der Herstellung von Briketts, dann zur Fabrikation von Dachpappe, Lacken und Asphaltrohren.

Über dem Teer sammelt sich in der Teerzisterne das Gaswasser, das durch Pumpen von dem ersteren getrennt, in großen Behältern gesammelt wird, um dann in chemische Fabriken zu gelangen, wo das Ammoniak daraus gewonnen wird. Zu diesem Zweck wird das Gaswasser meist unter Zusatz von Kalk erhitzt. Das entweichende Gas wird durch Kohle und Öl gereinigt und in Wasser oder Schwefelsäure aufgefangen. In letzterem Falle erhält man schwefelsaures Ammoniak, das besonders zur Herstellung von wertvollen Düngemitteln für die Landwirtschaft dient. Die Lösung von Ammoniak in Wasser bildet den Salmiakgeist des Handels, der vielfache Verwendung findet. Nach Schätzungen von Lunge und Köhler betrug die Menge des aus Gaswasser hergestellten schwefelsauren Ammoniaks 1898 in Deutschland 100 000 t.

Es bleibt noch die Gasreinigungsmasse. Aus ihr werden durch

besondere Verfahren wertvolle Salze gewonnen; der Rückstand besteht aus Eisenhydroxyd und Schwefel. Letzterer wird durch Erhitzen der Masse an der Luft in schweflige Säure verwandelt, die dann zur Herstellung von Schwefelsäure dient.

Durch eine derartige Ausnützung der Nebenprodukte und durch Herabminderung der Herstellungskosten ist es möglich geworden, 1 cbm Leuchtgas zum Preise von 0,10 M. zu liefern; doch schwankt dieser Preis je nach der Lage des Ortes, ob die Zubringung der Kohle sich teuer oder billig stellt, nach dem Marktpreis der Kohle und nach dem Lohn, der den Gasarbeitern gezahlt wird. Je nach dem Gewinn, den der Fabrikant, in vielen Fällen die Gemeinde, erzielen will, wird dann das Gas zu einem Preise von 0,12 bis 0,20 M. das Kubikmeter an die Abnehmer abgegeben, häufig billiger, wenn es zu Heizzwecken oder zum Betrieb von Gasmotoren dient. In Hamburg zahlt man, ganz gleich für welchen Zweck das Gas gebraucht wird, 0,14 M. pro Kubikmeter.

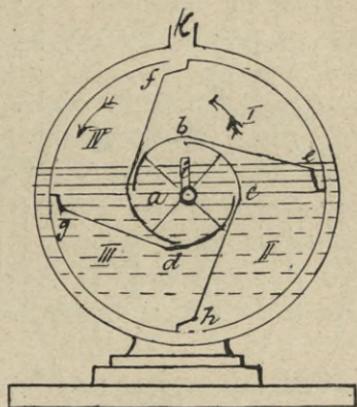


Fig. 27.

Die Menge des vom Abnehmer verbrauchten Gases wird durch die Gasuhr festgestellt. Zur Hauptsache sind zwei verschiedene Uhren im Gebrauch, die Trockengasmesser und die sogenannten nassen Gasuhren. In den ersteren sind zwei kleine Blasebälge aus gasdichtem Stoff. Ist der eine gefüllt, so neigt er sich und bewegt dadurch einen Schieber, wodurch bewirkt wird, daß das Gas in den zweiten Blasebalg eintritt, während das in dem ersten enthaltene in die Hausleitung gelangt. Ist der zweite gefüllt, so stellt er den Schieber so, daß das Gas wieder dem ersten zugeführt wird. Die Bewegung des Schiebers überträgt sich auf ein Zählwerk, das die verbrauchte Menge in Kubikmetern abzulesen gestattet. Die nassen Uhren sind gewöhnlich Trommelgasmesser (Fig. 27). In einem eisernen Gehäuse,

das reichlich zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist, dreht sich eine aus vier Kammern bestehende Trommel um ihre Achse. Jede Kammer enthält einen Schütz (a, b, c, d) für den Eintritt und einen zweiten (e, f, g, h) für den Gasaustritt. Niemals befinden sich beide Schütze einer Kammer gleichzeitig oberhalb des Wassers. Das Gaszuleitungsrohr i mündet oberhalb des Wasserspiegels. Das ausströmende Gas tritt durch Schütz b in die Kammer II, füllt sie und dreht sie in der Pfeilrichtung, während das Wasser aus dem Schütz h ausfließt.

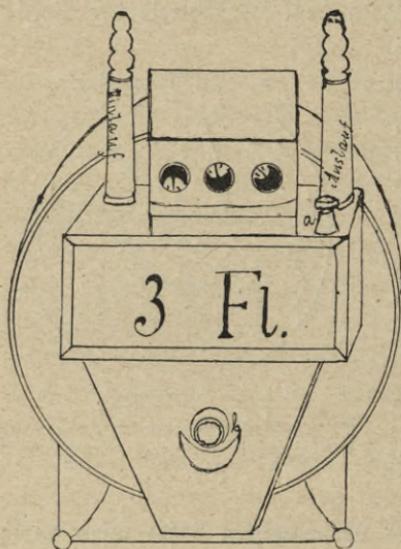


Fig. 28.

Nach einer Vierteldrehung ist die Kammer I in die Stellung von IV gelangt und der Schütz b gesperrt. Das Gas tritt nun durch c in die Kammer III ein, die nun ebenfalls in der Richtung des Pfeiles gedreht wird. Das in IV angesammelte Gas strömt aus Schütz f in den Raum zwischen Trommel und Gehäuse aus und gelangt in die Hausleitung k. Die Trommelachse steht mit einem Zählwerk in Verbindung, und aus dem Inhalt der Kammer bestimmt sich die Menge des durch die Uhr gegangenen Gases. Teile des Wassers werden durch das Gas mitgerissen; die Hausleitung muß daher nach

der Uhr zu ein Gefälle haben, damit das sich verdichtende Wasser zurückfließen kann, andernfalls verstopft es die Leitung. Da das zum Füllen der Uhr dienende Wasser allmählich verdunstet, so muß von Zeit zu Zeit nachgefüllt werden. Zu diesen Zweck wird die Verschraubung a gelöst (Fig. 28), irgend eine Flamme entzündet und dann Wasser aufgegossen. Damit die Uhr nicht zu weit gefüllt wird, öffnet man die Verschraubung b vorn an dem Gehäuse. Ist zuviel Wasser vorhanden, so hebt dieses einen Schwimmer, der ein Ventil am Auslaßrohr öffnet, so daß ein Zuviel abläuft. Ist der Wasser-

stand richtig reguliert, so werden beide Öffnungen a und b wieder mit den Verschraubungen versehen. Eine richtige Füllung ist nur möglich, wenn die Kammern sich drehen, weshalb sie zu erfolgen hat, wenn an irgend einer Stelle der Hausleitung Gas entnommen wird. Sinkt der Wasserspiegel in der Uhr zu weit, so tritt keine genügende Füllung ein, um die Trommel in Drehung zu versetzen; diese steht still, der Gaszufluß hört auf und die Lampen erlöschen. Enthält die Uhr zuviel Wasser, so werden die einzelnen Kammern nicht vollständig mit Gas gefüllt; der Abnehmer muß also mehr Gas bezahlen, als er verbraucht hat. Das kann auch vorkommen, wenn die Uhr zu warm steht. Wärme dehnt die Körper aus, und für jeden Grad nimmt der Raum, den das Gas einnimmt, um  $\frac{1}{273}$  zu. Eine Temperaturerhöhung von  $3^{\circ}$  führt also zu einer  $1\%$ igen Raumnahme. Da ein Raummaß angewendet wird, zahlt der Abnehmer also ein  $1\%$  mehr. Deshalb findet die Uhr ihren Platz am besten an einem dunklen und kühlen, aber frostfreien Ort. Keinesfalls darf das Wasser in der Uhr gefrieren; an kalten Orten muß statt des Wassers säurefreies Glycerin verwendet werden, das außerdem den Vorzug hat, nicht zu verdunsten, so daß eine Nachfüllung überflüssig wird.

Von der Gasuhr führt die Hausleitung zu den Gasauslaßstellen. Gewöhnlich werden Eisenrohre verwendet, deren Weite sich nach der Anzahl der Gasentnahmestellen richtet. In manchen Fällen z. B. bei Tischlampen, läßt sich keine starre Leitung anwenden; man pflegt dann Schläuche zu benutzen. Einfacher Gummischlauch läßt allmählich Gas durch; besser sind die Metallspiralschläuche. In allen Fällen ist aber darauf zu achten, daß der Schlauch an den Ansatzstellen gasdicht schließt. Jedenfalls ist dort, wo die starre Leitung aufhört, ein Hahn anzubringen, der bei Nichtbenutzung der beweglichen Leitung abgeschlossen werden muß, damit die Schlauchverbindung nicht dauernd unter Druck steht.

Das Gas verbrennt mit leuchtender Flamme. Die Gasbrenner sind aus Eisen, Porzellan oder Speckstein angefertigt. Sie liefern je nach ihrer Einrichtung Flammen von verschiedener Gestalt und verschiedener Helligkeit. Der einfachste ist der Einlochbrenner. Hier

strömt das Gas aus einer kleinen, freisrunden Öffnung aus. Die Flamme ist kegelförmig und gibt wenig Licht, weil der Sauerstoff nicht eindringen kann. Die Verbrennungswärme ist gering; der Kohlenstoff gelangt nicht zur Weißglut. Man benützt diese Brenner als Scheibenwärmer, um Eisblumen und Fensterstschweiß von den Ladenscheiben fernzuhalten. Vielfache Verwendung findet der Fledermausflügelbrenner. Das hohle Brennerrohr trägt einen halbkugelförmigen Aufsatz, in dem mit einer Säge ein feiner Schlitze gemacht ist. Das Gas breitet sich beim Ausströmen aus und es entsteht eine fächerförmige Flamme. Beim Fischschwanz- oder Zweilochbrenner tritt das Gas aus zwei einander gegenüberstehenden Öffnungen, die miteinander einen rechten Winkel bilden. Die Gasstrahlen treffen aufeinander und geben eine einzige fischschwanz-ähnliche Flamme. In abgeänderter Form findet dieser Brenner heute vielfache Verwendung bei der Azetylenbeleuchtung (Fig. 38). Der Rund- oder Argandbrenner läßt das Gas aus 15—30 Löchern eines Ringes austreten. Es entsteht eine einzige röhrenförmige Flamme, der von außen und innen Luft zugeführt wird. Durch Anwendung eines Lampenzylinders wird der Luftzug geregelt. Die Flamme ist recht hell, der Gasverbrauch aber bedeutend. Alle diese Brenner und eine große Anzahl anderer, die einen größeren Leuchteffekt erzielen wollten, werden heute wenig mehr benützt. An die Stelle der unmittelbaren Gasbeleuchtung ist die mittelbare getreten. Nicht mehr der glühende Kohlenstoff ist der Lichtträger, sondern andere feste Körper werden durch die entleuchtete Gasflamme zum Glühen gebracht, um ihrerseits Licht auszustrahlen. Das ist beim Gasglühlicht der Fall.

Schon bald nach der Entdeckung von Sauerstoff und Wasserstoff wurden besondere Brenner hergestellt, mit deren Hilfe es möglich war, in eine Wasserstoffflamme soviel Sauerstoff einzuführen, wie zum Verbrennen nötig war. Dabei wird eine große Wärmemenge frei; die Temperatur an der Spitze des Kegels einer derartigen Knallgasgebläseflamme beträgt über 2000°. In der Flamme schmilzt Platin und der feuerfeste Kalk gelangt zur hellsten Weißglut. Dabei strahlt er ein außerordentlich helles Licht aus, das jenem einer elektrischen Bogenlampe gleichkommt. Nach seinem

Erfinder heißt es das Drummondsche Kalklicht. Einen derartigen Brenner zeigt Fig. 29. Es hat zur Beleuchtung von Leuchttürmen Verwendung gefunden, ebenso bei der Vorführung von Nebelbildern. An die Stelle der Kalkstifte sind später vielfach solche aus gepresster, gebrannter Magnesia getreten und solche aus Zirkonerde, der Verbindung eines sehr seltenen Metalles, des Zirkons, mit dem Sauerstoff. Diese haben den Vorteil, daß sie schon bei niederer Temperatur zur hellsten Weißglut gelangen. Man kann daher den Wasserstoff durch Leuchtgas ersetzen. Immerhin bedarf es der Zuführung von Sauerstoff, daher konnten diese Lichtquellen niemals allgemeinere Verwendung finden. Da trat Dr. Auer von Welsbach (1886) mit seiner Erfindung hervor. Er hatte herausgefunden, daß ein Gemisch zweier

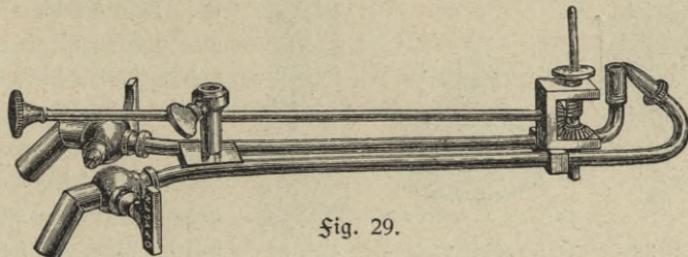


Fig. 29.

seltener Oxyde, der Sauerstoffverbindungen von Thorium und Cerium, in der Flamme eines gewöhnlichen Bunsenbrenners erhitzt, ein intensives Licht ausstrahlen. Dabei war die Zusammensetzung des Gemisches nicht gleichgültig. Es durfte, falls die große Lichtwirkung eintreten sollte, nicht unter  $\frac{1}{2}$  und nicht über 1% Ceroynd enthalten. Seine Erfindung wurde ihm patentiert. Während die andern Glühstoffe in Form von Stäben oder Platten verwendet wurden, schlug Dr. Auer hier ein neues Verfahren ein. Ein strumpffartiges Gewebe aus Baumwolle wird mit einer Lösung von salpetersaurem Thorium und Cerium getränkt und dann getrocknet. Nach dem Trocknen wird das Gewebe geglüht (abgebrannt), wobei die Baumwolle verbrennt, während von den salpetersauren Salzen die feuerbeständigen Oxyde nachbleiben. Diese bilden dann das feinmaschige, leicht zerstörbare Skelett, das als Glühstrumpf in den Handel kommt. Um ihm für den Transport eine größere Festigkeit zu geben, wird es mit einer

feinen Schellacksschicht überzogen, die vor dem eigentlichen Gebrauch, mit einem Zündholz entzündet, durch Abbrennen entfernt wird. Um den Strumpf benutzen zu können, ist ein besonderer Brenner (Fig. 30) notwendig, der dem Bunsenbrenner sehr ähnlich ist. Das Gas tritt aus mehreren sehr feinen Öffnungen (Fig. 31), mischt sich in einem mit Löchern versehenen Schornstein (Fig. 32) mit Luft, passiert ein Drahtnetz und wird oberhalb des letzteren entzündet, wo es mit nichtleuchtender Flamme verbrennt. Das Drahtnetz verhindert ein Zurückschlagen der Flamme und breitet diese tulpenartig aus. In der Mitte trägt der Brenner einen Stift aus gepreßter, gebrannter



Fig. 30.



Fig. 31.



Fig. 32.

Magnesia, woran der Glühstrumpf aufgehängt ist. Das Ganze ist von einem Glaszylinder umgeben, der in diesem Fall weniger den Luftzug regeln, als vielmehr den Strumpf und die Flamme gegen Seitenzug schützen soll, der einmal das ruhige Leuchten stören würde,

zum andern das empfindliche Strumpfgewebe zerstören könnte. Das eben ist der Nachteil der Glühstrumpfbeleuchtung, daß die Leuchtkörper außerordentlich vorsichtig behandelt werden müssen. Das Licht ist schön weiß und ruhig. Die entwickelte Wärmemenge ist gering, da der Gasverbrauch ein geringer ist. Dies führt auch zu einer wesentlich geringeren Luftverschlechterung und daneben zu einer Ersparnis, die bei  $2\frac{1}{2}$ —3facher Helligkeit einem Fledermausflügelbrenner gegenüber ungefähr 50% ausmacht. Wo durch unvorsichtiges Umgehen mit den Strümpfen diese oft erneuert werden müssen, geht die Ersparnis an Gas selbstverständlich drauf; hinzukommt noch, daß bei Beschädigungen des Glühkörpers meist auch die Glaszylinder springen, da bei vorhandenen Rissen und Löchern im Gewebe die Hitze der Gasflamme nicht mehr abgefangen wird, sondern sich an diesen Stellen gegen das Glas richtet, das dann in-

folge der ungleichmäßigen Erwärmung springt. Sehr widerstandsfähig gegen Temperaturwechsel sind die Jenagläser der Firma Schott & Genossen in Jena. Nicht alle Brenner sind genau gearbeitet; auch wechselt mit dem Gasdruck die Menge der zum Entleuchten des Gases notwendigen Luft. Wird von dieser der Flamme zuviel zugeführt, so raucht sie, während die Lichtstärke infolge der verminderten Heizkraft abnimmt. Man kann sich helfen, indem man eins oder zwei der kleinen Löcher am Schornstein mit Korkstückchen verstopft. Ist der Gaszufluß zu groß, so schlägt die Flamme durch das Gewebe hindurch, ohne die Leuchtstärke des letzteren zu erhöhen. Dann ist der Hahn einzudrehen, die Gaszufuhr einzuschränken. Das hat auch zu geschehen, wenn die Glühkörper länger im Gebrauch sind. Man bewirkt dadurch auch eine Zunahme der Helligkeit, die nur bei ganz bestimmter Wärmezufuhr ihren Höhepunkt erreicht. Glühkörper werden heute von den verschiedensten Firmen in den Handel gebracht. Viel Minderwertiges ist darunter; auch hier gilt der Satz: Gute Ware kostet gutes Geld. Noch immer liefert die Deutsche Auer-Gesellschaft vorzügliche Strümpfe; ihre Marke „D. G. A.“ spendet ein starkes, dem Auge wohlthuendes Licht.

Durch Konstruktion besonderer Lampen hat man versucht, das Leuchtgas durch Spiritus und Petroleum zu ersetzen. Im Handel sind Spiritusglühlampen zu haben, die sehr ruhig brennen, dem Gasglühlicht nicht nachstehen und auch dort die Benutzung dieser modernen Beleuchtungsart gestatten, wo Gasanschluß nicht zu haben ist. Vorzügliche Lampen verschiedener Konstruktion werden von der „Zentrale für Spiritus-Verwertung G. m. b. H., Berlin,“ in den Handel gebracht, die sich nicht allein für das Zimmer, sondern auch für die Beleuchtung von Straßen und Plätzen eignen. Während bei den Formen „HS 2 Nr. 4029“ und „Amor“ ein besonderes Füllen der Anheizschale mit Spiritus erfolgen muß, ist dies bei „Rustikus“ und „Auer“ nicht nötig. Die letzten beiden brennen mit ständiger Heizflamme. Je nach der Helligkeit, die verlangt wird, ob der Brenner für Innen- oder Außenbeleuchtung dienen soll, ist dem einen oder dem andern Brenner der Vorzug zu geben (Fig. 33). Die umstehende Abbildung zeigt einen Spiritus-Glühlichtbrenner. Er brennt nach einmaligem An-

heizen ohne ständige Hilfsflamme. Die erzeugte Leuchtcrast be-  
trägt ca. 60 Kerzen bei einem Verbrauch von stündlich  $\frac{1}{8}$  l Spiritus.  
Er kostet mit Glühstrumpf und Zylinder M. 7.50. Dem Petroleum-  
glühlicht haften noch mancherlei Mängel an. Wegen des großen Kohlen-

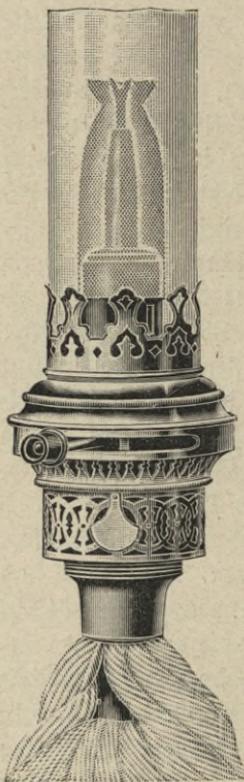


Fig. 33.

stoffgehalts ist es nicht leicht, die Petroleum-  
flamme zu entleuchten, was unbedingt geschehen  
muß, wenn keine Rußbildung stattfinden soll.  
Eine peinlich saubere Behandlung der Lampe  
und vor allem des Dochtes, der in allen Teilen  
gleiche Mengen Öl der Flamme zuführen muß,  
ist Vorbedingung für das Entleuchten. Aber  
selbst wenn dieses anfangs gelungen ist, bedarf  
es einer fortwährenden Regulierung, da die  
Dochtätigkeit sich ändert, die Zufuhr von Petro-  
leum nicht gleichbleibt. Ein wenig mehr, und  
große Mengen von Ruß scheiden sich ab, ver-  
stopfen das Gewebe und fliegen im Zimmer  
umher. Eine glückliche Lösung der vollkomme-  
nen Petroleumvergasung und damit der Frage  
des Petroleumglühlichts scheint der Firma  
Schneider in Leipzig gelungen zu sein. Die Ab-  
bildung ihrer „Kronoslampe“ befindet sich auf  
der nächsten Seite (Figg. 34 u. 35). G, H  
und K sind die Vergasungseinrichtungen.

Mit dem Leuchtgas verwandt ist das Öl-  
gas, auch wohl Fettgas genannt. Man erhält es  
durch starkes Erhitzen von Rückständen der Petro-  
leumgewinnung. Zu seiner Herstellung werden  
hochsiedende Paraffinöle (s. Petroleum) in besonderen Apparaten  
verdampft. Die Dämpfe werden durch glühende Röhren geleitet  
und dabei zersetzt. Die entweichenden Gase werden ähnlich wie bei  
der Leuchtgasfabrikation von Teer befreit und gereinigt und dann  
in einem Gasometer gesammelt. Für den Gebrauch wird das Gas  
in Stahlzylinder gepreßt und dient dann hauptsächlich zur Beleuch-  
tung von Eisenbahnwagen und Leuchtbojen. Neuerdings wird es

vielfach mit 20—30% Azetylen gemischt, um seine Leuchtkraft zu erhöhen. Dieses Gemisch bezeichnet man als Mischgas. Als Brenner benutzt man gewöhnliche Gasbrenner.

Eine andere Verbindung aus Kohlenstoff und Wasserstoff, das Azetylen, hat in der allerneuesten Zeit Bedeutung erlangt. Es ist in gereinigtem Zustand ein nicht unangenehm riechendes Gas, leichter

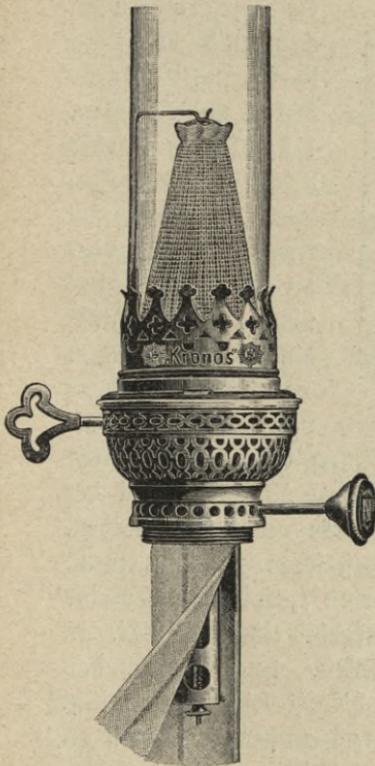


Fig. 34.

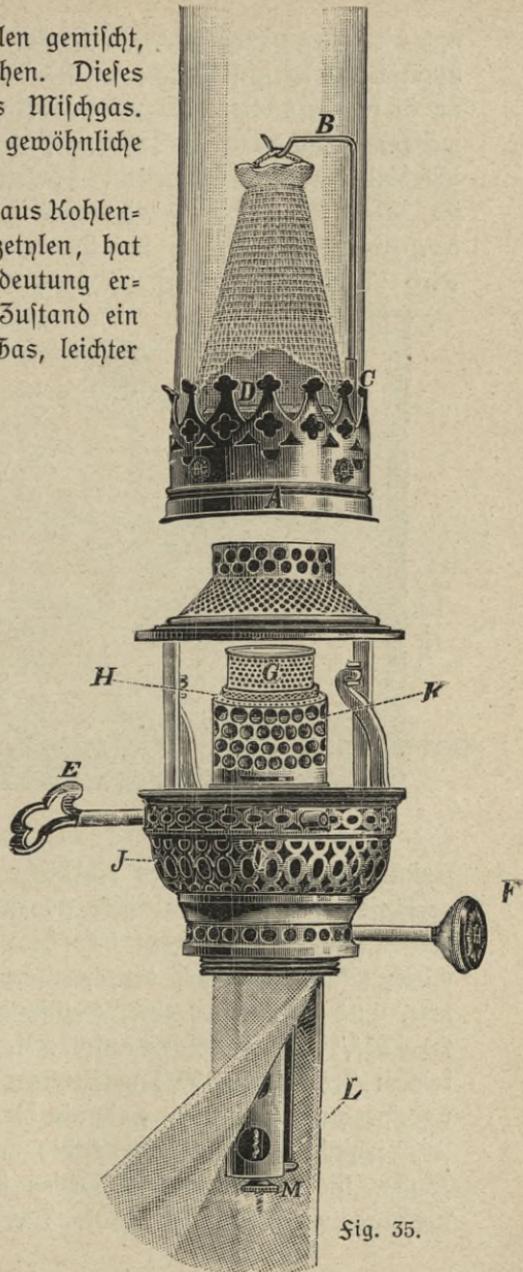


Fig. 35.

als die atmosphärische Luft. Unter einem Druck von 21 Atmosphären (21 kg auf 1 qcm) bei 0° läßt es sich verflüssigen. Flüssig ist es sehr explosiv. Auch mit Luft gemischt gibt es explosive Gemenge, ebenso wenn es auf ungefähr 500° erhitzt wird. Es wird aus Kalziumkarbid hergestellt. Die Herstellung gelang zuerst Wöhler im Jahre 1862. Die Azetylenindustrie wurde aber erst 1892 durch den Amerikaner Wilson ins Leben gerufen. Das Kalziumkarbid wird in elektrischen Öfen (S. 160) aus Kalk und Koks hergestellt,

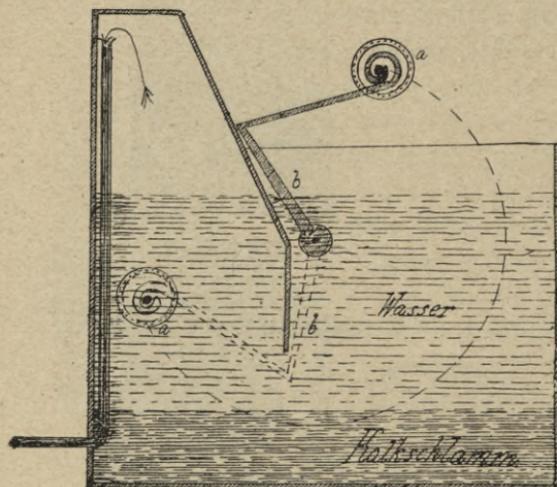


Fig. 36.

wozu eine Temperatur von ungefähr 3000° erforderlich ist. Es sieht grauschwarz aus und bildet in Berührung mit Wasser Ätzkalk und Azetylen. 1 kg Kalziumkarbid liefert ca. 300 l Azetylen, daneben geringe Mengen anderer Gase, die den üblen Geruch (nach Knoblauch) bewirken. Bei der Einwirkung von Wasser auf Kal-

ziumkarbid tritt eine sehr erhebliche Erhitzung ein; die Zersetzung verläuft meist außerordentlich stürmisch. Deshalb müssen bei der Entwicklung von Azetylen besondere Apparate verwendet werden. Gleichmäßiger läßt sich der chemische Prozeß schon gestalten, wenn man statt des Wassers eine Salzlösung oder 60% Spiritus oder eine 20—30% ige Zuckertlösung auf das Kalziumkarbid einwirken läßt. In keinem Fall aber erhält man reines Azetylen. Auch setzt sich das unreine zum Teil um, wodurch die Leuchtkraft leidet. Das läßt sich verhindern, wenn das Karbid mit einem großen Überschuß an Wasser in Berührung tritt. Dies ist der Fall in dem Azetylenapparat von Bucher (Fig. 36). Das Karbid wird in Form grober

Stücke in die mit Löchern versehene Büchse (a) eingeführt und diese mit einem Deckel verschlossen. Die Enden der verlängerten Achse werden in die Spiralen zweier knieförmig gebogenen Arme (b, b) gelegt, die dann durch Drehen einer Kurbel so bewegt werden, daß die Büchse unter Wasser gelangt. Nachdem die in ihr enthaltene Luft ausgeströmt ist, wird die Büchse unter den abgeteiltten Hohlraum gebracht, in dem sich das Azetylen sammelt. Von hier aus gelangt es durch ein Rohr in ein Gasometer. Zur Reinigung leitet man es vor dem Gebrauch durch lockeren Chlorkalk. Vielfach hat man auch Azetylenautomaten hergestellt, die jederzeit nur soviel Gas erzeugen sollen, als man benötigt. Eine besonders einfache Bauart zeigen die Azetylenlampen für Radfahrer (Fig. 37). Im unteren Teil befindet sich Karbid in Stücken. Der obere Teil ist mit Wasser gefüllt, das auf ein Ventil drückt. Dieses wird ein wenig geöffnet und tropfenweis fällt das Wasser auf die Masse, worauf die Azetylenentwicklung beginnt.

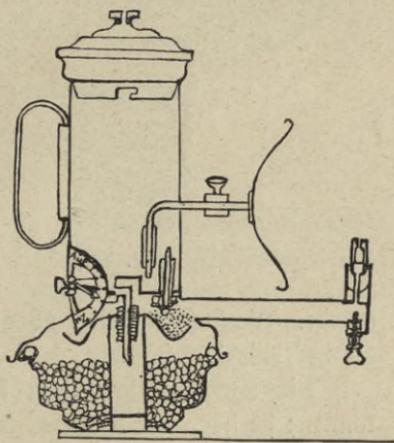


Fig. 37.

Das Azetylen verbrennt an der Luft nur unvollständig, wie dies der folgende Versuch zeigt. In eine Schale mit Wasser werfen wir ein Stückchen Kalziumkarbid. Sofort beginnt die Gasentwicklung. An der Wasseroberfläche entstehen Blasen, die wir mit einem brennenden Holzspan entzünden. Das Gas verbrennt mit hellleuchtender Flamme, aber unter gewaltiger Rußabscheidung. Um diese Rußbildung beim Verbrennen zu verhindern, müssen besondere Brenner verwendet werden. Die Austrittsöffnungen müssen sehr fein gebohrt sein. Sehr viel sind die Doppelbrenner im Gebrauch (Fig. 38). Sie sind den Zweiloch- oder Fischechwanzbrennern, die wir beim Leuchtgas kennen gelernt haben, sehr ähnlich. Aus zwei sehr feinen Löchern tritt das Gas aus; die Gasstrahlen treffen sich

unter einem rechten Winkel und geben entzündet eine fächerartig ausgebreitete, sehr helle Flamme. Beim Dolanbrenner (Fig. 39) erhält das austretende Azetylen einen Luftmantel, ohne daß sich das Gas mit der Luft mischt, wodurch die Leuchtkraft beeinträchtigt

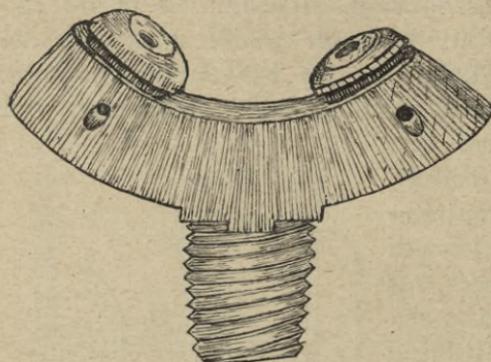


Fig. 38.

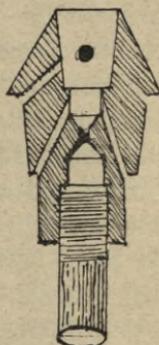


Fig. 39.

würde. Die Luft begleitet aber die Flamme allseitig und verhindert dadurch die Rußbildung.

Die Azetylenbeleuchtung hat das Leuchtgas nicht verdrängen können; sie hat aber trotzdem große Verbreitung gefunden. An vielen Orten hat man kleine Azetylen-gaserzeuger aufgestellt, die größere Etablissements mit dem nötigen Gas versehen. Noch in 2200 m Höhe habe ich auf dem Sellajoch in Südtirol eine derartige Einrichtung gefunden. Seiner großen Leuchtkraft wegen hat das Gas in Radfahr- und Automobil-laternen mit Vorliebe Verwendung gefunden und zur besseren Beleuchtung der Eisenbahnwagen wird es bis zu 30% dem Ölgas beigemischt.

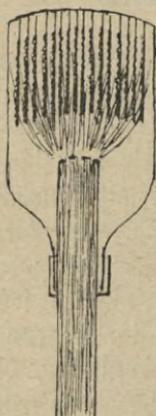


Fig. 40.

Wo in industriellen Betrieben zu Heizungszwecken eine Wassergasanlage vorhanden ist, benutzt man auch das Wassergas (S. 127) zu Leuchtzwecken. Da es mit schwachleuchtender Flamme verbrennt, muß es entweder durch Zusatz von Benzoldämpfen

kohlenstoffreicher (karburiert) werden, oder man läßt die starkheizende Wassergasflamme gegen porzellanhartgebrannte Magnesiacylinder strömen, die mit Asbestschnüren an einem Metallkamm aufgehängt sind. Sie werden weißglühend und strahlen ein helles Licht aus (Fig. 40). Eine derartige Beleuchtungsanlage befindet sich in Hamburg auf dem Gebiet der Wasserfiltrationswerke auf der Kaltenhofe. In Amerika ist das karburierte Wassergas an manchen Orten an die Stelle des Leuchtgases getreten. Weiteres darüber findet sich im zweiten Abschnitt dieses Buches.

## 8. Kapitel.

### Die elektrische Beleuchtung.

Elektrisches Glühlicht. Elektrische Bogenlampen.

**Elektrischer Strom.** Tauchen wir in ein Becherglas (Fig. 41), das mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist, eine Zinkplatte (Zinkblech), stellen ihr gegenüber eine Kupferplatte (so, daß sich die Platten nicht berühren, und verbinden die beiden dann durch Drähte mit einem Galvanoskop (Sigg. 42 u. 43), so zeigt die Nadel des letzteren einen Ausschlag. Das Galvanoskop besteht aus einer Magnetnadel, um die herum in vielfachen Windungen mit Seide umspinnener (isolierter) Kupferdraht geleitet ist, also aus einer Magnetnadel und einer Spule. Der Ausschlag der ersteren ist uns ein Beweis, daß beim Eintauchen von Zink und Kupfer in verdünnte Schwefelsäure Elektrizität entsteht, die sich durch einen Leiter ausgleicht. Der Ausgleich dauert, solange sich noch Schwefelsäure und Zink im

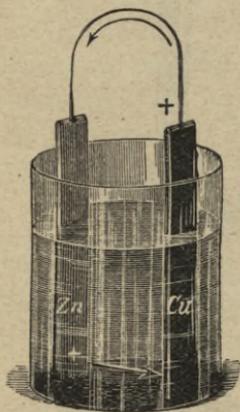


Fig. 41.

Becherglas befinden. Es müssen also auch ebensolange neue Elektrizitätsmengen entstehen. Ihren dauernden Ausgleich durch einen Leiter hindurch bezeichnen wir als „elektrischen Strom“. Sein Vorhandensein erkennen wir mit Hilfe des Galvanoskops. Man hat

nun zwei Arten von Elektrizität unterschieden. Die eine erhalten wir, wenn wir einen Glasstab, die andere, wenn wir eine Hartgummistange reiben. Die erstere bezeichnet man als Glas- oder positive Elektrizität, die letztere als Hartgummi- oder negative Elektrizität. In Kürze spricht man auch von Plus- (+) und Minus- (—) Elektrizität. Man hat nun nachgewiesen, daß das Zink negativ, das Kupfer positiv elektrisch ist. Statt dieser beiden Metalle kann man auch andere Körper nehmen. Eine solche Zusammenstellung zweier fester und eines flüssigen Leiters nennt man ein „galvanisches Element“. Werden die festen Leiter durch einen

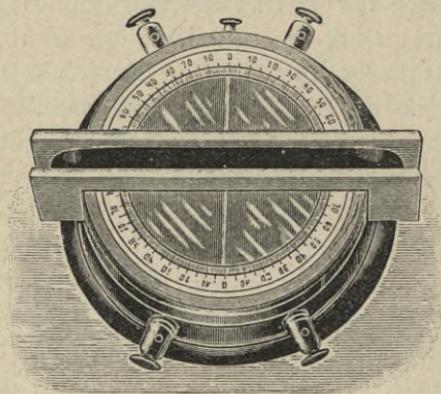


Fig. 42.

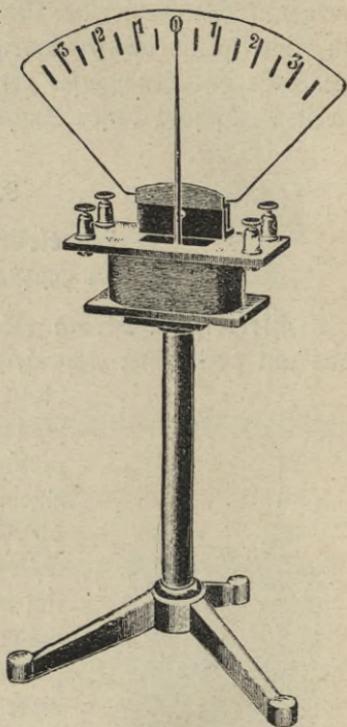


Fig. 43.

Draht verbunden, so findet in diesem der Ausgleich statt; der Strom ist geschlossen. Je nachdem, wie wir die Enden der Galvanospule mit den Drähten, die vom Zink und Kupfer herkommen, verbinden, schlägt der Nordpol der Nadel nach der einen oder der anderen Seite aus; der Ausschlag ist abhängig von der Stromrichtung und als solche bezeichnet man den Weg vom positiven zum negativen Leiter. Das galvanische Element ist lange Zeit die einzige Strom-

quelle gewesen. Die Technik hat eine große Anzahl verschiedener Elemente hervorgebracht, von denen viele noch heute ausgedehnte Verwendung finden. (Haustelegraph.)

Bei ihrem Ausgleich vermag die Elektrizität Wirkungen hervorzubringen, die sehr verschiedener Art sein können. Eine solche Wirkung haben wir bereits kennen gelernt, die Ablenkung der Magnetnadel. Sie hat darin ihren Grund, daß der vom Strom durchflossene Leiter selbst magnetisch wird. Eine weitere Wirkung zeigt sich, wenn der Strom durch einen flüssigen Leiter geht. Lösen wir das als Kupfervitriol bekannte blaue Salz auf, gießen die Lösung in ein Becherglas und stellen zwei Lichtkohlen hinein, die wir mit den Platten des Elements verbinden, so wird das Kupfervitriol zerlegt in Kupfer und Schwefelsäurerest. Das Kupfer scheidet sich an der negativen Kohle (Kathode) aus und überzieht diese. Der Schwefelsäurerest entzieht dem Wasser in der Lösung den Wasserstoff und bildet damit Schwefelsäure, während der ausgeschiedene

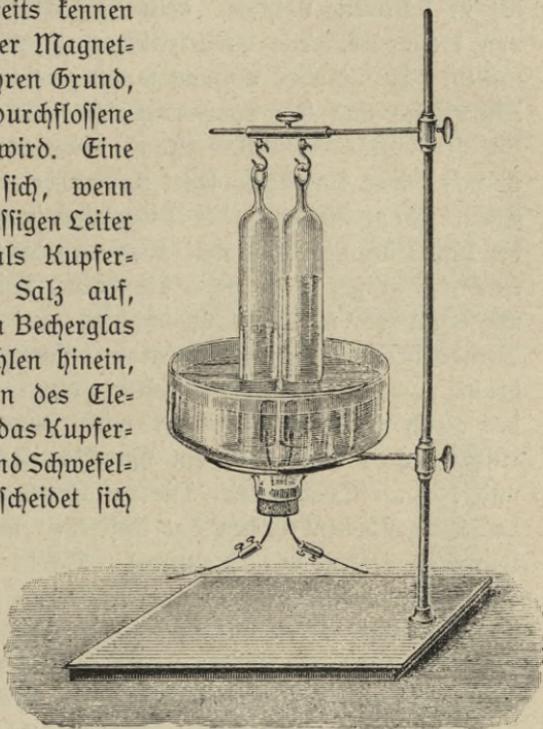


Fig. 44.

Sauerstoff an der positiven Kohle (Anode) in Blasen aufsteigt. So tritt allmählich Entfärbung ein, indem an die Stelle des blauen Kupfervitriols farblose Schwefelsäure tritt. Stellen wir in verdünnter Schwefelsäure zwei Platinbleche einander gegenüber (Fig. 44), die wir mit dem Element verbunden haben, so wird die Schwefelsäure in Wasserstoff und Schwefelsäurerest zerlegt. Der erstere steigt in Blasen an dem negativen Platinblech auf; der Schwefelsäurerest

zerlegt wie oben das Wasser und der freier werdende Sauerstoff steigt an der Anode auf. Wir erhalten also die Bestandteile des Wassers und zwar stets doppelt so viel Wasserstoff als Sauerstoff. Die Menge des entwickelten Wasserstoffes liefert uns ein Maß für die Elektrizitätsmenge oder Stromstärke. Wir sagen von einem Strom, der in 1 Minute nahezu 7 ccm Wasserstoff liefert, er hat die Stärke von 1 Ampère. Die Elektrizitätsmenge wird also in Ampère gemessen. Sie ist aber abhängig von zwei anderen Größen, von dem Widerstand und der Spannung. Jeder Leiter setzt dem Ausgleich der Elektrizität einen Widerstand entgegen, der zunächst abhängig ist von seiner Natur; so leitet Kupfer den Strom sechsmal besser als Eisen. Am geringsten ist der Widerstand in einem Silberdraht. Außer der Natur des Leiters kommt aber auch die Länge der Leitung in Betracht, je größer diese, desto größer der Widerstand. Dieser nimmt wiederum ab mit dem Querschnitt. So müßten wir also einem Eisendraht einen sechsmal so großen Querschnitt als einem Kupferdraht von gleicher Länge geben, wenn der Widerstand in beiden gleich groß sein soll. Er wird gemessen in Ohm ( $\Omega$ ). Den Widerstand 1 Ohm hat ein Quecksilberfaden von 106 cm Länge und 1 qmm Querschnitt. Die verschiedenen Elektrizitäten der beiden Leiter im Element haben das Bestreben sich auszugleichen. Dieses Bestreben nennen wir Spannung. Sie ist die treibende Kraft, die bei bestimmten Widerstand eine bestimmte Menge durch den Leiter hindurchtreibt. Man hat ihr daher auch den Namen elektromotorische Kraft gegeben. Je größer sie ist, desto größere Mengen von Elektrizität vermag sie bei gleichbleibendem Widerstand durch den Stromkreis zu führen. Als Maß für die Spannung dient das Volt. Diese Spannung muß ein Strom haben, der nach Überwindung von 1 Ohm Widerstand noch die Stärke 1 Ampère besitzt. Wollen wir also eine bestimmte Wirkung erzielen, so müssen wir bei gegebenem Widerstand für die nötige Spannung sorgen. Das Produkt aus Spannung und Menge drückt die elektrische Arbeit aus, die ein Element oder eine Zusammenstellung von Elementen (eine Batterie) oder eine Dynamomaschine leistet. Beträgt die Spannung 1 Volt, die Menge 1 Ampère, so bezeichnet man das Produkt, also 1 Volt

mal 1 Ampère als die Einheit der Leistung, als 1 Watt. 736 Watt sind gleich einer Pferdestärke (PS.).

**Wärmewirkung des elektrischen Stromes.** Fließt ein elektrischer Strom durch einen Leiter, so erwärmt sich dieser bis zu einer bestimmten Temperatur. Diese ist dann erreicht, wenn der Leitungsdraht durch Ausstrahlung ebensoviel Wärme verliert, wie ihm durch den Strom zugeführt wird. Damit er sich nicht zu stark erhitzt, muß er bei bestimmter Stromstärke einen gewissen Querschnitt haben. Für Kupferdrähte, die einen Strom von 10 Ampère leiten sollen, muß der Querschnitt 1,5 qmm betragen, bei 100 Ampère dagegen 50 qmm. Um gesichert zu sein, daß ein Leiter niemals von einem stärkeren Strom durchflossen wird, als wofür er vorgesehen ist, werden in den Stromkreis sogenannte Sicherungen eingeschaltet, dies sind kurze Stücke aus Blei oder leichtschmelzbarem Metall, deren Temperatur sich bei zu großer Stromstärke derart erhöht, daß sie abschmelzen, wodurch der Strom dann unterbrochen wird. Namentlich wird das geschehen bei „Kurzschluß“. Darunter versteht man die widerstandslose Verbindung zweier stromführender Drähte. Da die Spannung bleibt, ein Widerstand nicht vorhanden ist, so wächst die Stromstärke außerordentlich, was bei fehlender Sicherung zu einer starken Erhitzung der Leitung führen würde. In dünnen Drähten steigert sich die Temperatur leicht bis zum Glühen. Die glühenden Drähte können zum Heizen (s. elektrische Heizung) und als Beleuchtungsmittel Verwendung finden. Sie bilden den Ausgangspunkt für das elektrische Glühlicht. Ein anderer Vorgang führt zum elektrischen Bogenlicht. Verbinden wir eine Feile mit dem einen Pol des Elements und fahren dann mit dem Draht, der vom anderen Pol kommt, über die Feilzähne, so beobachten wir ein Funkenprühen. Kleine Teile des Kupferdrahtes werden losgerissen und vom hindurchgehenden Strom in Glut versetzt. Leiten

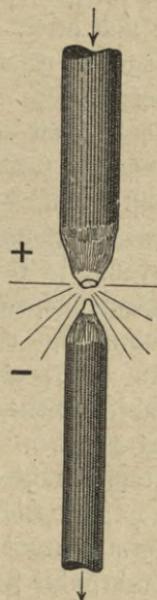


Fig. 45.

wir durch zwei sich berührende Kohlen den Strom, so wird, wenn wir die Kohlen ein wenig voneinander entfernen, der Strom nicht unterbrochen. Der Ausgleich erfolgt in Gestalt eines Lichtbogens zwischen den beiden Kohlenspitzen, die dabei in hellste Weißglut geraten (Fig. 45). Von ihnen geht zum größten Teil das Licht aus, weniger vom eigentlichen Lichtbogen, der aus heißen Gasen und feinverteilter Kohle besteht. Die Kohlen verbrennen an den Spitzen und zwar die positive schneller als die negative, die erstere höhlt sich dabei kraterartig aus. Die angeführten Grunderscheinungen waren lange bekannt, ohne daß es zu einer praktischen Ausnutzung kam. Dies konnte erst geschehen, als in der Dynamomaschine eine praktische, billige und vor allem leistungsfähige Stromquelle gewonnen war. Es würde über den Rahmen des Buches hinausgehen, wenn diese hier in ihren Einzelheiten behandelt würde; doch aber müssen wir sie in ihrer Wirkungsweise kennen lernen.

**Die Dynamomaschine.** Nehmen wir eine hohle Holzrolle, auf die ein isolierter Kupferdraht in mehrfachen Windungen aufgewickelt ist und deren hohler Innenraum uns die Einführung eines Stabmagneten gestattet! Die Enden der Spule verbinden wir mit dem Galvanoskop. Führen wir jetzt den Nordpol ein in die Spule, so erhalten wir einen Ausschlag. Sofort aber kehrt die Nadel in die Ruhelage zurück. Es muß also der Leiter von einem Strom durchflossen sein, dessen Dauer außerordentlich kurz war. Wir wollen ihn als „Stromstoß“ bezeichnen. Ziehen wir jetzt den Magneten heraus, so erhalten wir einen zweiten Stromstoß; aber die Nadel schlägt nach der entgegengesetzten Seite aus. Die beiden Stromstöße haben also verschiedene Richtung. Sie wechselt, je nachdem wir den Nord- oder Südpol des Magneten von der einen oder der anderen Seite der Spule her in diese hineinbewegen oder aus ihr herausziehen. Genau dieselben Stromstöße erhalten wir, wenn der Magnet ruht und wir die Spule bewegen.

Jetzt wickeln wir die Spule um einen eisernen Anker von der Form eines doppelten T (Fig. 46), der sich um eine Achse dreht. Er befindet sich zwischen zwei weichen Eisenstücken ( ), in die ein Hufeisenmagnet mit seinen Polen gesteckt ist. Den Eisenstücken hat

man den Namen „Polschuhe“ gegeben; das eine ist nordmagnetisch, das andere süd magnetisch. Lassen wir nunmehr die Spule eine halbe Umdrehung machen, so nähert sich das eine Ende dem Nordpol, während es sich vom Südpol entfernt, das andere Ende entfernt sich vom Nordpol und nähert sich dem Südpol; wir erhalten also vier Stromstöße von gleicher Richtung, während bei der nächsten halben Umdrehung wieder vier Stromstöße entstehen, deren Richtung derjenigen der ersten vier entgegengesetzt ist. Die Enden der Spule führen zu zwei Messingzylindern, die sich auf der Ankerachse befinden, aber von ihr isoliert sind. Gegen die Zylinder drücken Federn, die zu zwei Klemmschrauben führen. Verbinden wir die letzteren durch einen Draht, so ist der Stromkreis geschlossen. In ihm kreisen Stromstöße, deren Richtung mit jeder halben Umdrehung des Ankers wechselt. Bei hoher Umdrehungszahl folgen sie einander so schnell, daß sie bei ihrem Ausgleich die-

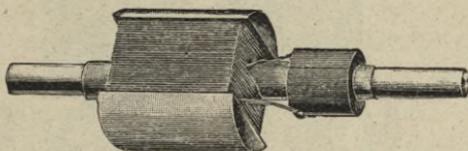


Fig. 46.

selben Wirkungen zu erzielen imstande sind, wie der vom Element ausgehende Strom. Nur findet ein fortwährender Wechsel in der Stromrichtung statt; die Maschine liefert Wechselstrom.

Soll der Ausgleich außerhalb der Maschine dauernd in der gleichen Richtung stattfinden, so muß die Stromabnahme eine andere werden. Statt der beiden Messingzylinder bringt man auf der Achse zwei von ihr und voneinander isolierte Halbzylinder aus Messing an (Fig. 46). Jede der beiden Federn (oder Bürsten aus Kupfer) berührt, wenn der Anker sich dreht, bald den einen, bald den andern. Mit der Drehung ändert sich aber die Stromrichtung, und der Halbzylinder, der eben der einen Feder positive Elektrizität zuführte, gibt nach einer halben Umdrehung negative an die andere Feder ab. So wechselt also die Richtung in der Ankerspule, nicht aber in der von den Federn ausgehenden äußeren Leitung, diese hat Gleichstrom. Der Strom ist um so kräftiger, je stärker der Magnet ist; wir können den Stahlmagneten also besser durch einen Elektro-

magneten ersetzen, zu dessen Erregung wir wiederum den Strom unserer Maschine verwenden können. In den Eisenkernen bleibt stets ein schwacher Rest von Magnetismus zurück. Dieser genügt, um bei Umdrehung des Ankers in der Spule schwache Stromstöße zu erzeugen. Diese werden gleichgerichtet und um die Eisenkerne geleitet, deren Magnetismus sie verstärken. Der stärkere Magnete-

tismus läßt stärkeren Strom entstehen und so verstärkt einer den anderen, bis die Arbeitsmaschine den Widerstand nicht mehr zu überwinden, dem Anker keine größere Umdrehungsgeschwindigkeit mehr zu erteilen vermag. Dieser Widerstand beruht auf der magnetischen Anziehung und Abstoßung, die sich daraus erklärt, daß die vom Strom durch-

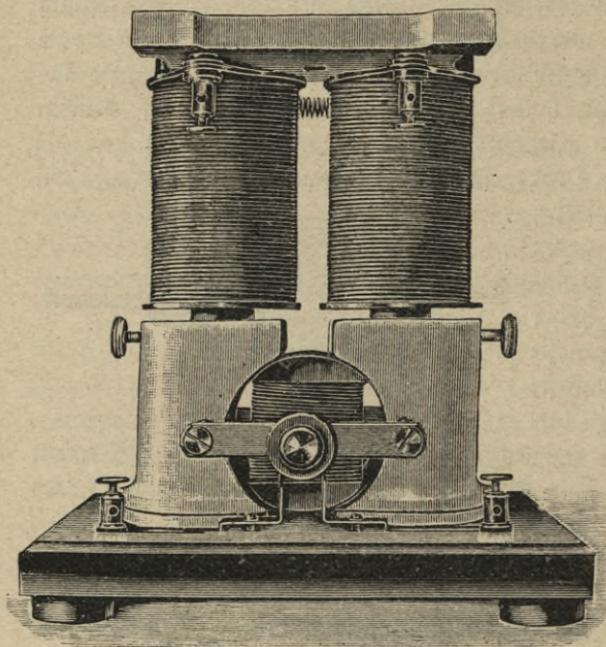


Fig. 47.

flossene Spule selbst in einen Magneten verwandelt wird. Was wir nun vor uns haben, ist die Dynamomaschine (Fig. 47). Mit ihrer Hilfe wandeln wir Arbeit in Elektrizität um. In der Einfachheit, wie hier beschrieben, finden wir die Dynamomaschine im praktischen Leben nicht; vor allem sind die Anker von anderer Form; aber das Prinzip ist bei allen dasselbe. Um einen Vergleich zu haben über die Leistungsfähigkeit von Dynamomaschine und Element, sei hier ein Beispiel angeführt. Bei einer sogenannten

Vierpolmaschine betrage die Antriebskraft 27 Pferdestärken; dann kann sie leisten 120 Volt und 150 Ampère bei 840 Umdrehungen in der Minute, also  $120 \cdot 150 = 18000$  Watt = 24,45 PS. Ein Bunsenelement, Zink in verdünnter Schwefelsäure, Kohle in konzentrierter Salpetersäure leistet 1,8 Volt bei höchstens 18 Ampère. Abgesehen von der Bedienung stellt sich der Verbrauch an Stoffen im Bunsenelement auf M. 1.44 für eine Leistung von 1 Pferdekraft pro Stunde. Diese kostet in großen elektrischen Zentralen etwa M. 0.16, also nur den neunten Teil. Dabei dürfen wir aber keineswegs von den Kosten der Bedienung absehen, da gerade kräftige Elemente hohe Anforderungen an die Wartung stellen. Daraus erklärt es sich denn auch, daß die elektrische Beleuchtung eine Errungenschaft der letzten Jahrzehnte ist.

**Die elektrischen Glühlampen.** In jeder Glühlampe strahlt ein fester Körper, der beim Hindurchgehen des Stromes glühend wird, das Licht aus. Schon 1838 machte Jobard in Brüssel den Vorschlag, ein dünnes Kohlenstäbchen im luftleeren Raum zum Glühen und Leuchten zu bringen. Einer seiner Schüler baute solch eine Lampe mit Hilfe eines Stäbchens aus Retortengraphit. In den vierziger Jahren hatte Grove ebenfalls eine Glühlampe konstruiert; der leuchtende Körper war hier ein Platindraht. Von da ab bewegten sich die Versuche, brauchbare Lampen herzustellen in zwei Richtungen, die einen benutzten Metalldrähte, die anderen versuchten brauchbare Kohlendrähte herzustellen. Die Zahl der Versuchenden wurde immer größer. Für die Verwendung von Metallen sprach, daß sie sich leicht in Form dünner Drähte herstellen ließen; aber keines der bekannten widerstand dauernd der hohen Temperatur; ihre Anwendung blieb wegen der Schmelzbarkeit stets unsicher. Von den geeigneten Leitern blieb also nur die Kohle übrig. Hier lag die Schwierigkeit in der Herstellung dünner Drähte. Diese wurde von den amerikanischen Elektrotechnikern Sawyer und Man überwunden. Sie schnitten aus Kartonpapier kleine bogenförmige Stücke, die sie zwischen Graphitpulver verkohlten. Mit den gewonnenen Kohlendrähten, die sie in Glasglocken einschlossen, stellten sie die ersten Glühlampen her, die allerdings eine sehr geringe Brenndauer hatten.

Diese wurde verlängert, als man die Glocke luftleer machte. Das war im Jahre 1878. Infolge der Abwesenheit des Sauerstoffs konnte die Kohle nicht verbrennen. Der Amerikaner Maxim schloß nun weiter, daß statt der luftleeren Glocken auch solche genügen müßten, die mit einem sauerstofffreien Gas gefüllt wären. Er nahm Leuchtgas und beobachtete nun, daß sein Kohlenfaden nicht verzehrt, sondern allmählich stärker wurde. Den Grund fand er richtig darin, daß der glühende Kohlenfaden die Kohlenwasserstoffe des Leuchtgases zersetzt, wobei sich der Kohlenstoff, ähnlich dem Retortengraphit, auf dem Kohlenbügel abscheidet. Dies geschieht zunächst da, wo der Faden am hellsten glüht, wo also seine Temperatur am höchsten ist. Das wird aber, wie wir gesehen haben, dort der Fall sein, wo der Faden am dünnsten ist. So wird also das Glühen im Leuchtgas dahinführen, daß der Kohlenbügel allmählich überall die gleiche Stärke erhält. Da dies unbedingt notwendig ist, wenn die Lampe bei bestimmter Spannung und bestimmtem Stromverbrauch eine bestimmte Helligkeit entwickeln soll, so ist das Glühen der Kohlendrähte im Leuchtgasstrom bis heute beibehalten worden. Soweit war man bis Ende 1879 gekommen. Da nahm sich Edison, der sich bis dahin noch mit metallenen Glühdrähten beschäftigt hatte, der Sache an und es gelang ihm, in kurzer Zeit eine zweckentsprechende Glühlampe mit Kohlenfaden zu konstruieren. Er ließ dann die erste Glühlichtbeleuchtung auf dem Dampfer „Kolumbia“ einrichten. So sehr wir nun sein Verdienst um die praktische Ausgestaltung der elektrischen Glühlampe anerkennen müssen, so dürfen wir ihn doch nicht als ihren Erfinder betrachten. Das sind Sawyer und Man, wie dies auch vom amerikanischen Patentamte ausdrücklich anerkannt worden ist. In Deutschland schenkte man der Glühlichtbeleuchtung anfangs wenig Beachtung; anders wurde die Sache, als Edison 1881 ihre Vorzüge auf der ersten elektrischen Ausstellung in Paris vorführte.

An jeder Glühlampe lassen sich drei Teile unterscheiden: die Glasbirne, der Kohlenfaden und der Fuß mit den Zuleitungsdrähten. Die Kohlenfäden wurden von Edison aus Bambusfasern hergestellt, die in einem Ziehheißfen einen bestimmten Querschnitt erhielten. Dann

wurden sie gebogen und nun zwischen glühenden Eisenplatten verkohlt. Der Vorteil war, daß sie auch in Form des Kohlenfadens noch etwas elastisch waren, ihr Nachteil der verhältnismäßig hohe Herstellungspreis. Heute werden sie meist aus einem knetbaren Teig hergestellt, der sich gut verkohlen läßt. Er wird mit Hilfe einer Presse durch ein Mundstück getrieben, so daß er als Faden austritt. Der letztere wird sofort auf seine Gleichmäßigkeit geprüft. Wird er für gut befunden, so erhält er auf einem heißen Biegeeisen seine Form, entweder die Gestalt eines U oder einer einfachen oder mehrfachen Schlinge. Dann wird er verkohlt, indem man die Fäden schichtweise mit Graphitpulver bedeckt, sie in ein halbzylindrisches Gefäß aus feuerfestem Ton (Muffel) bringt, dessen Fugen gut verschmiert werden, und das dann mit seinem Inhalt in Glühöfen einige Stunden stark geglüht wird. Man läßt dann erkalten und nimmt nach dem Öffnen die Fäden vorsichtig heraus, die nunmehr auf die bestimmte Länge zerschnitten werden. Häufig erhalten die Enden eine Verstärkung. Die Birne wird vom Glasbläser geblasen; sie besitzt unten eine weite Öffnung, oben endigt sie in einem dünnen Rohr. Der Fuß besteht aus Bleiglas, in das zwei Platindrähte eingelassen sind. Warum Platin? Die Fabrikanten würden jedes andere Fabrikat lieber verwenden; aber es kann durch kein anderes ersetzt werden. Jeder Körper dehnt sich beim Erwärmen aus. Da das Platin beim Hindurchgehen des Stromes erwärmt wird, muß es sich ausdehnen. Mit ihm das umgebende Glas, das durch die Wärmeabgabe des Platins gleichfalls erwärmt wird. Nun ist die Größe der Ausdehnung bei verschiedenen Körpern verschieden, und von allen in Betracht kommenden Körpern dehnt sich nur das Platin annähernd ebenso stark aus wie das Glas, alle andern Metalle bedeutend stärker. Die Verwendung der letzteren würde zu Undichtigkeiten führen, die der Luft den Zutritt in das luftleere Innere der Birne gestatten würden. So muß sich der Glühlampenfabrikant damit abfinden zur großen Freude der Gewinner von Platin, dessen Preis infolge der großen Nachfrage bedeutend in die Höhe gegangen ist. Während ich 1883 für 1 g 1,20 M. zahlen mußte, ist der Preis für 1 kg in den letzten Jahren bis auf 5400 M. gestiegen,

um in allerletzter Zeit wieder ein wenig zu fallen. Dabei hat man die Platinfäden in dem Fuß allmählich immer mehr verkürzt; auch wird das Metall aus den ausrangierten Lampen wiedergewonnen. Die Enden der Platindrähte, die in das Innere der Birne hineinragen, müssen nunmehr mit den Enden des Kohledrahtes verbunden werden. Dies geschieht entweder, indem man die Metallenden oben breit klopft und dann zu Röhren biegt, in welche die Kohledrähte hineingesteckt und mit einem Kitt aus Kohlepulver festgehalten werden, oder man nimmt den elektrischen Strom zu Hilfe. Dieser muß die Metall- und Kohledrahtenden durch einen Überzug aus Kupfer, das er, wie wir oben gesehen haben, aus einer Lösung von Kupfervitriol abscheidet, vereinigen. Die Technik hat auch andere Mittel gefunden, um die Vereinigung herbeizuführen. — Jetzt gilt es, in dem Kohlesaden überall den gleichen Widerstand zu erzeugen, was wir eben dadurch erreichen, daß wir ihn im Leuchtgasstrom glühen, indem wir den elektrischen Strom hindurchsenden, wobei geeignete Meßapparate eingeschaltet werden, die genau den Zeitpunkt bestimmen, wann der Draht den gewünschten Widerstand hat. Danach wird der Fuß in die untere weite Öffnung der Birne eingeschmolzen, deren oberes Röhrchen jetzt mit einer Quecksilberluftpumpe verbunden wird, um sie luftleer zu machen. Ist der nötige Grad der Luftverdünnung, und dies ist ein sehr hoher, erreicht, so wird das Röhrchen zugeschmolzen und abgezogen. Es bleibt die kleine Spitze, die wir am Kopfe jeder Birne beobachten. Damit ist die Birne fertig und könnte dem Handel übergeben werden, wenn nicht die Verbindung der Leitung mit den aus der Lampe herausragenden Platinendchen große Unannehmlichkeiten hätte. Um diese aus dem Weg zu räumen, erhält der Fuß der Lampe eine Fassung. Der eine Zuleitungsdraht wird aufwärts, der andere abwärts gebogen. Über den letzteren hinüber wird ein Zylinder geschoben, der den ersteren am Glase festklemmt. Der Hohlraum im Innern wird mit Gips ausgefüllt und in diese Füllung eine kleine Bodenplatte aus Messing gedrückt, die den Zylinder aber an keiner Stelle berührt. Mit ihr wird der eine Zuleitungsdraht verlötet (b), während das Ende des andern (a) an dem Messingzylinder festgelötet

ist (Fig. 48). Bei der sogenannten Edisonfassung besitzt der Messingzylinder Schraubengänge, die in ebensolche einer Mutter hineinpassen. Diese sind mit dem einen Pol der Stromquelle verbunden, während die Zuleitung vom anderen zu einer federnden Bodenplatte führt, die gegen die Platte im Gipsstücken der Lampenfassung drückt. So ist die Stromzuführung in einfachster Weise gelöst. Die Edisonfassung ist daher heute noch eine der besten und weit verbreitet. Wir verstehen jetzt auch, warum eine Lampe erlischt, wenn wir sie ein wenig aus der Fassung herausdrehen; die Bodenplatten berühren sich nicht mehr; der Strom ist also unterbrochen.

Der Faden leuchtet um so heller, je höher wir seine Temperatur steigern. Es wird zwar auch der Stromverbrauch, die elektrische Arbeit, größer; aber das Verhältnis zwischen entwickelter Helligkeit und Stromverbrauch wird günstiger. Neben der Lichtmenge erhalten wir auch Wärmemengen und das Verhältnis beider gestaltet sich um so günstiger für die erstere, je höher die Temperatur steigt. Mit ihrer Steigerung aber nimmt die Lebensdauer der Lampe ab. Beim Hindurchgehen des Stromes zerfällt allmählich ein Teil des Kohlefadens; der Staub setzt sich an den Wänden der Birne ab, schwärzt diese und hemmt mehr oder minder den Durchgang der Strahlen, so daß die Helligkeit abnimmt. Als Nutzbrenndauer bezeichnet man daher die Zeit bis zur Helligkeitsabnahme von 20%, also um ein Fünftel. Diese Grenze ist um so eher erreicht, je höher wir die Temperatur im Kohlefaden steigern. Da die Neuanschaffung einer Lampe Geld kostet, so werden wir von einem guten Fabrikat höchste Lichtleistung bei mäßigstem Stromverbrauch und größter

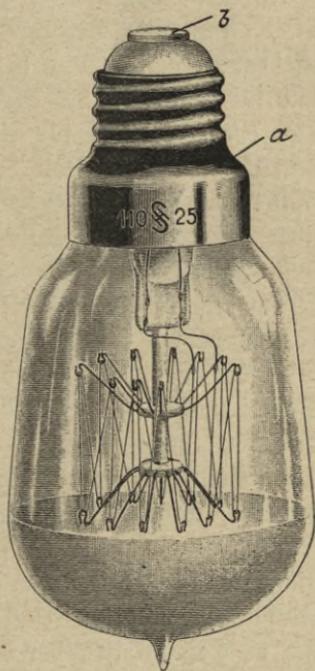


Fig. 48.

Brenndauer verlangen. Die Technik hat hier allmählich große Fortschritte gemacht. Während anfangs eine elektrische Pferdekraft mit nahezu  $7\frac{1}{2}$  Ampère Stromstärke bei 100 Volt Spannung etwa 8 Lampen mit je 16 Normalkerzen Helligkeit speisen konnte, ist die Zahl der Lampen heute auf 15 bis 16 gestiegen. Während also früher der Stromverbrauch pro 16 Kerzenlampe 1 Ampère betrug, ist er heute bei gleicher Leistung auf die Hälfte gesunken. Heute liefert jede gute Glühlampenfabrik Lampen für niedrigen Stromverbrauch ca. 2,7 Watt (S. 87) pro Kerze, für mittleren ca. 3,1 Watt und für hohen ca. 3,5 Watt pro Kerze. Bei den drei Arten stellt sich also der Verbrauch für eine 16 Kerzenlampe auf 43,2, 49,6 und 56 Watt; bei 110 Volt Spannung werden also beansprucht 0,393, 0,451 und 0,501 Ampère. Die Nutzbrenndauer dieser Lampen ist aber außerordentlich verschieden; sie beträgt im Mittel 300, 600 und 800 Stunden. Welche Lampe anzuschaffen ist, das muß sich nach dem Strompreise richten. Ist die Stromquelle sehr billig, so hat der Käufer der Lampe kein Interesse an weitgehender Stromersparnis, wohl aber spielt der mehr oder minder häufige Lampenersatz eine große Rolle. Genau umgekehrt liegen die Verhältnisse da, wo der Strompreis ein hoher ist, beispielsweise dort, wo der Lampenbesitzer an ein öffentliches Elektrizitätswerk angeschlossen ist. Eingehende Untersuchungen darüber, welche Lebensdauer bei verschiedenen Strompreisen in Betracht der Gesamtkosten für Stromverbrauch und Lampenersatz die günstigste ist, wurden von W. Wild veröffentlicht. Er bezieht sich auf Glühlampen für 200 Volt und 16 Kerzen Helligkeit. Danach stellen sich die Gesamtkosten per Stunde bei einer Leistung von 16 Kerzen:

Brennzeit in Stunden	Strompreise per 1000 Wattstunde in Pfennig:					
	$8\frac{1}{3}$	$16\frac{2}{3}$	25	$33\frac{1}{3}$	$41\frac{2}{3}$	50
100	1,3104	1,8000	2,288	2,784	3,280	3,776
200	0,9248	1,4320	1,936	2,432	2,928	3,456
300	0,8032	1,3200	1,840	2,352	2,864	3,392
400	0,7472	1,2752	1,808	2,336	2,860	3,392
500	0,7200	1,2576	1,792	2,336	2,864	3,424
600	0,7024	1,2528	1,800	2,352	2,886	3,456
700	0,6944	1,2528	1,811	2,368	2,928	3,488
800	0,6896	1,2576	1,824	2,400	2,960	3,536

Da für den Haushalt eigene Elektrizitätsquellen kaum in Frage kommen, so muß der Strom von einem öffentlichen Elektrizitätswerk bezogen werden. So kommt also die letzte Spalte in Betracht, wonach Lampen von geringstem Stromverbrauch mit 300stündiger Nutzungsdauer zu verwenden sind. Da der Strom überall dort, wo nicht Wasserkräfte die Antriebsmaschinen treiben, mit 50 Pfennig und darüber für die Kilowatt-(1000 Watt)stunde berechnet wird, stellt sich der Preis für das Edisonglühlicht bei Leistung von 16 Kerzen auf ca.  $3\frac{1}{2}$  Pf. die Stunde, während die Kosten für Gasglühlicht von derselben Helligkeit nur 0,6 Pf. für die gleiche Zeit betragen. Die Folge davon ist denn auch gewesen, daß das letztere im Konkurrenzkampf Sieger geblieben ist. Diese Tatsache hat aber wiederum den Ansporn gegeben, die elektrische Glühlichtbeleuchtung zu verbessern, die Leistung zu erhöhen und den Stromverbrauch herabzusetzen. Die Bemühungen sind nicht ohne Erfolg geblieben. Einmal hat man versucht, den Kohlefaden durch andere Stoffe zu ersetzen. Das ist der Fall bei den Nernst-, Osmium-, Iridium-, Zirkon-, Tantal- und Wolframlampen. Andererseits ist es gelungen, die Kohlefadenlampen wirtschaftlicher zu gestalten, allerdings ist man unter einen Verbrauch von 2,5 Watt pro Kerze nicht heruntergekommen. Dabei stellt sich die Beleuchtung aber immer noch fünfmal teurer als das Gasglühlicht, dem sie an Kosten erst gleichkommen wird, wenn es gelingt, eine Lampe zu konstruieren, deren Stromverbrauch  $\frac{1}{2}$  Watt pro Kerze beträgt. Das würde gewaltige Umwälzungen hervorrufen; die Nachfrage nach Strom würde bedeutend steigen, was dann vielleicht wiederum zu einer Verbilligung der Stromabgabe führen könnte. Vorläufig sind wir aber so weit noch nicht; wir dürfen uns freuen, wenn aus den vielen Versuchen zunächst eine brauchbare Lampe hervorgeht, die sich pro Kerze mit 1 Watt begnügt. Immerhin ist es interessant, die neueren Lampen kennen zu lernen, zumal viele davon im Handel sind.

**Die Nernstlampe** (Fig. 49). Bei der Nernstlampe besteht der Glühkörper aus den Oxiden seltener Erden. Diese leiten bei gewöhnlicher Temperatur den Strom nicht, wohl aber, wenn sie auf

eine bestimmte Temperatur erhitzt werden. Dieser Umstand ist aber auch ein großer Übelstand der Lampe. Sie bedarf einer besonderen Anheizvorrichtung, die aus einer Heizspirale besteht, durch welche beim Einschalten Strom hindurchgeht, wobei das Kernstäbchen allmählich auf  $700^{\circ}$  erhitzt wird. Ist diese Temperatur erreicht, so wird die Heizspirale selbsttätig ausgeschaltet; der Strom geht durch das Stäbchen,

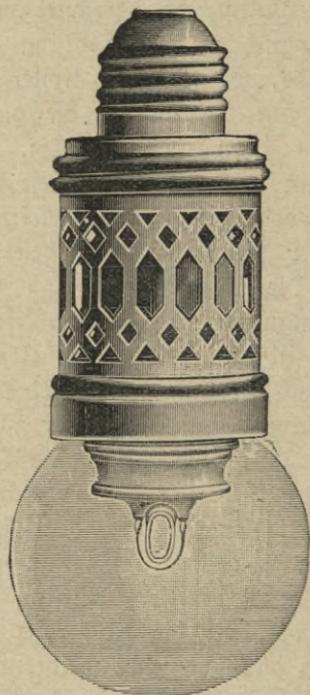


Fig. 49.

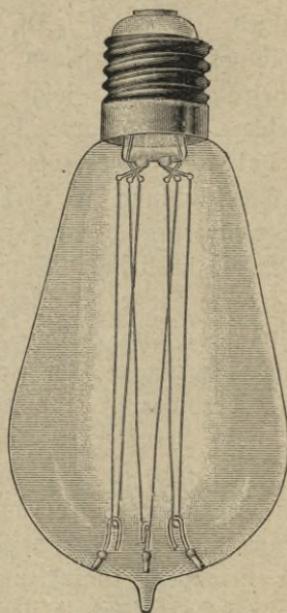


Fig. 50.

das nun seinerseits in Weißglut gerät und ein sehr helles Licht ausstrahlt. Die Strahlung geht bei bedeutend höherer Temperatur vonstatten, wie beim gewöhnlichen Glühlicht; die Lampe ist nach dem, was wir oben feststellen konnten, also wirtschaftlicher. Sie spendet ein schönes, helles Licht bei durchschnittlichem Stromverbrauch von 1,5—1,6 Watt pro Kerze. Neben kleineren Lampen mit 40 bis 80 Wattverbrauch, also 25—50 Kerzenstärke, werden größere

von 100—200 Watt hergestellt, die 65—135 Kerzen Helligkeit erzeugen. Sie können also eine Reihe von Glühlampen ersetzen. Neben dem Nachteil des Vorwärmens kommt die Empfindlichkeit des Brenners gegen Erschütterungen in Betracht. Seine mittlere Lebensdauer beträgt bei sorgsamer Behandlung ungefähr 300 Brennstunden.

**Auers Osmiumlampe** (Fig. 50). Dem Erfinder des Gasglühlichtes hat auch die elektrische Beleuchtung eine Glühlampe zu verdanken. Er beschäftigte sich gegen Ende der neunziger Jahre mit der Herstellung eines neuen Glühkörpers für elektrische Lampen und fand als besonders geeignet das Osmium. Es ist dies ein seltenes Metall, das sich gemeinsam mit dem Iridium stets in der Gesellschaft des Platins findet. Es besitzt einen so hohen Schmelzpunkt, daß es nur im elektrischen Lichtbogen geschmolzen werden kann. Um diese Unschmelzbarkeit nutzbar zu machen, wird aus dem feinpulvrigen Metall mit Hilfe organischer Bindemittel eine Paste angefertigt, woraus man mittels einer Presse dünne Fäden herstellt. Diese Fäden werden unter Luftsabschluss erhitzt, bis das Bindemittel verkohlt und elektrisch leitend geworden ist. Dann bringt man den Faden, der neben Osmium Kohlenstoff enthält, in einer mit Wasserdampf gesättigten Wasserstoffatmosphäre durch Hindurchleiten des Stromes längere Zeit zur höchsten Weißglut, wobei die Kohle verbrennt, während die feinen Osmiumteilchen zu einem Draht zusammensintern. Dieser muß in luftleere Birnen eingeschlossen werden, da das Osmium beim Erhitzen an der Luft verbrennt. Bisher sind nur Lampen für niedrige Spannung (bis 55 Volt) in den Handel gebracht. Der Stromverbrauch beträgt nur 1,5 Watt pro Kerze; demgegenüber kommt aber der hohe Anschaffungspreis in Betracht, der um so mehr ins Gewicht fällt, als der Preis für Osmium nach dem Bekanntwerden auf 5000 M. für das Kilogramm stieg. Den Vertrieb hatte die Auergesellschaft übernommen, die also in der Osmiumlampe und den Gasglühlichtkörpern zwei konkurrierende Erfindungen desselben Mannes auf den Markt brachte. Eine neugegründete Bergbaugesellschaft sollte für die Beschaffung des erforderlichen Rohmaterials sorgen, von dem die Auergesellschaft die

größte Menge zurückzuerhalten hoffte, da sie für die ausgebrauchte Lampe 0,75 M. bezahlte. Die Lebensdauer der Osmiumlampe kam derjenigen der Kohlenfadenlampe gleich; doch hatte sie dieser und der Nernstlampe gegenüber den Nachteil, daß sie nur hängend angebracht werden konnte, da der Faden beim Glühen weich wurde und sich durchbog. Auch mußten, da der Strom in so niedriger Spannung von den Zentralen nicht geliefert wird, stets mehrere Lampen hintereinander geschaltet werden und gleichzeitig brennen. Inzwischen hat die Auergesellschaft, nachdem von ihr die Osramlampe in den Handel gebracht ist, die Osmiumlampe ganz zurückgezogen.

**Die Tantallampe** (Fig. 51). Sie fällt sofort durch ihr eigenartiges Netzwerk im Innern auf. Die Idee, Drähte aus Tantalmetall für Glühlampen zu verwenden, hatte schon Edison (1878); aber seine Versuche hatten keinen Erfolg. Werner v. Bolton nahm sie wieder auf. Das Tantal findet sich in manchen Erzen, die reichlich zu beschaffen sind. Sein Schmelzpunkt liegt bei 2300°. Unter Luftabschluß ist es eines der glühbeständigsten Metalle. Ein Verfahren, aus dem Tantalpulver das geschmolzene Metall herzustellen und dieses zu Drähten usw. zu verarbeiten, ist Siemens & Halske patentamtlich geschützt worden. Das Metall läßt sich verhältnismäßig leicht bearbeiten, insbesondere bietet das Ziehen sehr feiner Drähte keine Schwierigkeiten. Der Durchmesser der Fäden beträgt 0,035 bis 0,05 mm, trotzdem erfordert eine Lampe von 110 Volt Spannung und 25 Kerzen einen Faden von 650 mm Länge. Sein Gewicht beträgt 0,022 g, so daß aus 1 kg Tantalmetall Fäden für 4500 Glühlampen gewonnen werden können. Ein Rahmengestell, das ebenfalls patentiert ist, gestattet die Aufwicklung des langen Fadens, der in eine luftleere Birne eingeschlossen ist. Der Stromverbrauch ist nahezu derselbe wie bei der Osmiumlampe; sie hat aber vor dieser den Vorzug, daß sie bei 110 Volt brennt und in jeder Lage angebracht werden kann. Die Nutzbrenndauer beträgt 400 bis 600 Brennstunden, wobei zu beachten ist, daß sie mit zunehmendem Alter gegen Erschütterungen empfindlich wird, da der Faden nach 2—300 Brennstunden Bruchigkeit zeigt. Sie gibt ein stets gleichmäßiges,

weißes Licht; auch ist es von Vorteil, daß die leuchtende Fläche größer ist als bei den einfachen Bügellampen. Der Anschaffungspreis beträgt zurzeit ungefähr 2,50 M. Gegenüber der Osmiumlampe hat sie eine bedeutend größere Verbreitung gefunden.

**Die Zirkonlampe.** Nachdem man gefunden hatte, daß manchen Metallverbindungen mit dem Sauerstoff der letztere im elektrischen

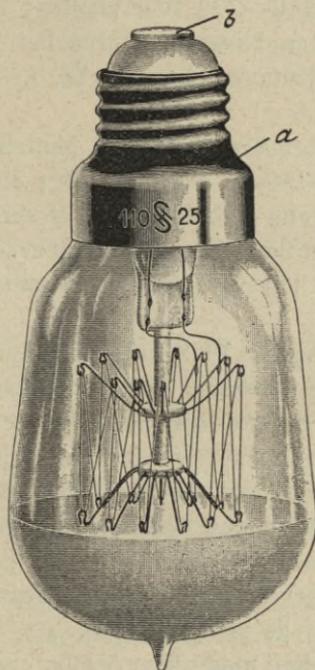


Fig. 51.

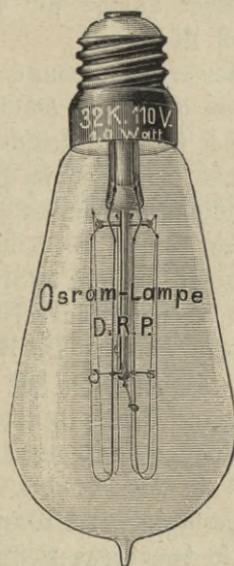


Fig. 52.

Lichtbogen entzogen wurde, ging man daran, alle Metalle einer derartigen Behandlung zu unterziehen, wobei man bis dahin unbekannte Verbindungen der Metalle mit dem Kohlenstoff, sogenannte Karbide, erhielt. Von diesen ist die eine Gruppe durch Wasser zersetzbar. Hierher gehört das Kalziumkarbid (S. 80), das uns zur Entwicklung des Acetylens dient. Die andere Gruppe ist sehr beständig und hierher gehört das Zirkonkarbid, das in der Zirkonlampe zur Herstellung des Glühfadens Verwendung findet. Leider liegt der Schmelz-

punkt der reinen Zirkonkarbidfäden nicht hoch genug, um gute Resultate zu erzielen; es ist aber gelungen, durch Zusatz von schwer schmelzbaren Metallen Fäden zu erhalten, die allen Ansprüchen genügen.

Die nach diesem Verfahren hergestellten Lampen sollen bei 1 Watt Stromverbrauch pro Kerze eine Nutzbrenndauer von 1000 Stunden haben. Sie sind in erster Linie für niedrige Spannungen berechnet; doch lassen sich solche für 110—220 Volt schaffen, indem man in einer Lampe mehrere Fäden hintereinanderschaltet. Der Preis einer Lampe für 40 Volt Spannung beträgt M. 3.—, für 120 Volt M. 4.—.

**Die Iridiumlampe.** Sie ist der Osmiumlampe ähnlich und wird von der Firma Gölcher in den Handel gebracht. Das Iridium findet sich in der Gesellschaft von Platin und Osmium, ist ebenfalls selten und steht hoch im Preis. Sein Schmelzpunkt liegt über 2000°. Die Iridiumfadenlampen eignen sich nur für niedrige Spannungen; ihr Preis beträgt M. 3.50.

**Wolfram- und Molybdänlampen.** Wolfram und Molybdän sind schwer schmelzbare Metalle, die sich daher zur Herstellung von Glühfäden eignen. Die Herstellung dieser Fäden ist verschieden und mehrere Gesellschaften sind daran, diese Lampen weiter auszugestalten. Die Auergesellschaft benutzt Legierungen von Osmium und Wolfram. Sie bringt diese neueren Glühfäden in den Osmin- und Osramlampen in den Handel. Allen Wolframlampen sind ein geringer Stromverbrauch (1,1 Watt pro Kerze) und eine lange Brenndauer eigen, so daß große Hoffnungen auf sie gesetzt werden.

Die deutsche Gasglühlichtgesellschaft macht über die Osramlampe (Fig. 52) folgende Angaben: Die Lichtstärke beträgt 32—50 Kerzen bei Spannungen von 110—130 Volt, der Stromverbrauch beträgt 1 Watt pro Kerze. Die Lebensdauer kann auf durchschnittlich 1000 Brennstunden angegeben werden, während welcher Zeit die Lichtabnahme ganz gering ist. Darnach ergibt sich der Kohlenfadenlampe gegenüber eine bedeutende Ersparnis. Bei einem Strompreis von M. 0.50 pro Kilowattstunde, einem Preis von M. 4.— für die Osramlampe und M. 0.50 für die Kohlenfadenlampe mit 500 Stunden Brenndauer stellen sich die Kosten wie folgt:

Kerzenstärke	Stromkosten in 1000 Brenn- stunden: M.	Lampenersatz in 1000 Brenn- stunden: M.	Gesamtkosten in 1000 Brenn- stunden: M.
1. Kohlenfadlampe:			
16	28.—	1.—	29.—
25	43.75	1.—	44.75
32	56.—	1.—	57.—
50	87.50	1.—	88.50
2. Osramlampe:			
32	16.—	4.—	20.—
50	25.—	4.—	29.—

Auch gegenüber der Tantallampe und der Nernstlampe soll sich eine Stromersparnis von 33—45 % bei bedeutend größerer Lebensdauer ergeben. —

Der letzte Abschnitt hat uns gezeigt, daß viele Erfinder an der Ausgestaltung der elektrischen Glühlampenbeleuchtung arbeiten und daß bereits große Erfolge erzielt sind. Es ist gewiß eine Leistung, wenn der Stromverbrauch von 7 Watt pro Kerze allmählich auf 1,5 bis 1 Watt herabgedrückt ist.

Die Quecksilberdampf Lampe (Fig. 53). Nicht nur in fester, sondern auch in flüssiger und luftförmiger Form können die Metalle den Strom leiten. Schon 1860 zeigte ein Engländer die große Lichtstärke beim Hindurchleiten von Strom durch Quecksilberdampf. Diese Tatsache wurde aber erst vor einigen Jahren durch Hewitt ausbeutet, nachdem er gefunden hatte, daß im Innern der Lampe eine ganz bestimmte Temperatur und eine bestimmte Dichte des Quecksilberdampfes herrschen müsse, wenn man ein vorteilhaftes Licht erhalten will. Die Hewittlampe stellt einen Zylinder dar, dessen Länge mit der Spannung wächst. Der Stromverbrauch beträgt nur 0,33 bis 0,15 Watt pro Kerze. Inbezug auf Leuchtkraft und Ruhe des Lichtes ist die Quecksilberlampe von keiner anderen übertroffen; ihre Lebensdauer ist groß; man hat Lampen, die nach 8000 Brennstunden nichts zu wünschen übrig lassen. Der Preis für

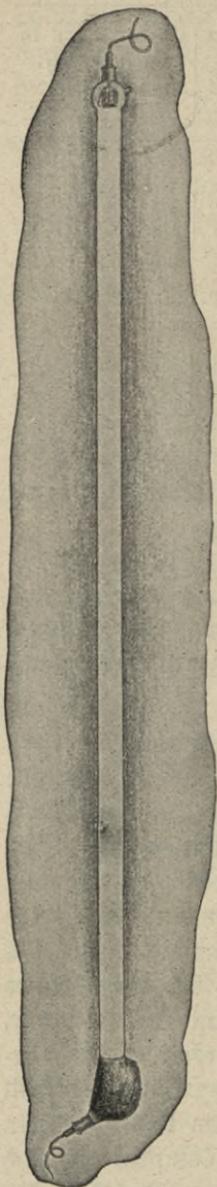


Fig. 53.

eine Hewittlampe von 75 cm Länge mit 500 bis 600 Kerzenstärke beträgt zirka M. 120.—. Ihrer allgemeinen Einführung steht hauptsächlich die unangenehme, blaugrüne Farbe des Lichts entgegen, die roten Strahlen fehlen fast gänzlich. Daher kommt es, daß im Schein der Quecksilberlampe alle Farben mit Ausnahme von weiß und schwarz verändert werden. Bereits an anderer Stelle (s. S. 34) haben wir gesehen, daß das weiße Sonnenlicht nicht einfach ist, sondern sich in Strahlen von verschiedener Farbe zerlegen läßt. Während die Höhe der Warmwirkung bei den roten, die Lichtwirkung bei den gelben Strahlen liegt, zeichnen sich die violetten durch ihre chemische Wirkung aus. Diese ist am größten bei den Strahlen, die außerhalb der violetten liegen. Sie sind dem Auge nicht sichtbar, erzeugen aber auf der photographischen Platte Bilder. Man hat sie ultraviolette Strahlen genannt. An diesen ist das Licht der Quecksilberlampe reich; leider läßt das gewöhnliche Glas sie nicht hindurch. Um diese Strahlen nutzbar zu machen, hat Heräus in Hanau die Lampenhülle aus Quarzglas (Hanauer Glas) hergestellt. So können die ultravioletten Strahlen ungehindert in die Umgebung gelangen. Derartige Quarzglas ist sehr teuer; der Preis der Lampe steigt auf M. 300.— Nun ist es, dem Glaswerk von Schott u. Genossen in Jena gelungen, ein Glas herzustellen, das ebenfalls die betreffenden Strahlen durchläßt und dabei den Vorzug der Billigkeit hat. Die von der Firma in den Handel gebrachten Quecksilberdampflampen heißen Uviolampen; ihr Preis beträgt M. 125.—. Sie eignen sich zu Aufnahmen bei künstlichem Licht,

zur Prüfung von Farben auf ihre Echtheit, zur Anwendung in der Heilkunde. Kleine Insekten und Bakterien werden durch die ultravioletten Strahlen getötet. Auch ist, wie die Entdeckung Sinsens gezeigt hat, bei Einwirkung von Licht die Heilung der unter dem Namen „Lupus“ bekannten furchtbaren Hautkrankheit möglich. Leider fehlte es noch an wirksamen Lampen zur Erzeugung ultravioletter Strahlen, die jetzt in den Uviolampen vorliegen. Sie gestatten eine kürzere Belichtungsdauer und die Behandlung großer Flächen, sind bequem in der Handhabung und billig wegen ihres geringen Stromverbrauchs. Zu eigentlichen Beleuchtungszwecken ist die Uviolampe ungeeignet; sie brennt dunkel und wirkt verändernd auf das Auge, das bei ihrer Benutzung durch eine Brille geschützt werden muß. Da auch bei der gewöhnlichen Hewittlampe die unangenehme Lichtfarbe ihre allgemeine Einführung hindert, hat man versucht, die Farbe zu ändern, was allerdings bisher nicht in genügender Weise gelungen ist. In London sind die Quecksilberdampflampen vor kurzem zur Außenbeleuchtung verwendet worden. Jede hat eine Leuchtkraft von 800 Kerzen bei 110 cm Länge und 200 Volt Spannung. Die Lampe selbst ist in eine wasserdichte Laterne eingebaut. Soll die Lampe entzündet werden, so muß sie gekippt werden, wobei das Quecksilber von einer Elektrode zur andern fließt. Das Abreißen des Quecksilberfadens leitet den Lichtbogen ein. Das Entstehen des letzteren läßt die Quecksilberlampe den Übergang bilden von der eigentlichen Glühlampe zum Bogenlicht.

**Die elektrischen Bogenlampen.** Verbindet man zwei Drähte mit einer kräftigen Stromquelle und bringt darauf ihre Enden in Berührung, so ist der Strom geschlossen. Heben wir nun die Berührung auf, indem wir die Enden einige Millimeter weit voneinander entfernen, so wird der Strom dadurch nicht unterbrochen. Er geht von dem einen zum andern über, wobei eine glänzende Lichterscheinung sich zeigt. Zwischen den Drahtenden entsteht eine kleine starkleuchtende und äußerst heiße Flamme. Die Erklärung dieses Vorganges ist leicht zu geben. Bei dem Aufheben der Berührung wächst der Widerstand und demgemäß steigt die Temperatur. In

dem Augenblick, wo sich die beiden Drahtenden nur noch an einer einzigen kleinen Stelle berühren, werden sie an dieser so stark erhitzt, daß kleine Mengen des Metalles verdampfen. Dieser Dampf füllt nach der Trennung den Zwischenraum und leitet den Strom, allerdings viel schlechter als das feste Metall. So hat der Strom an der Unterbrechungsstelle einen großen Widerstand zu überwinden; er entwickelt demgemäß auf kleinem Raum eine große Wärmemenge,

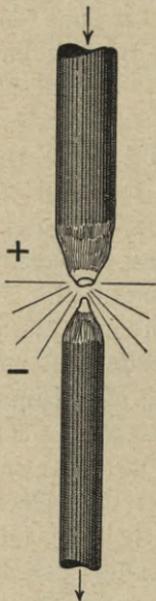


Fig. 54.

die genügend ist, um weitere Metallteile zu verdampfen und so den Luftweg für den Strom gangbar zu machen. Es findet also hier nicht wie beim elektrischen Funken ein Ausgleich durch die Luft statt; dazu wäre eine viel höhere Spannung nötig; sondern der leitende Metalldampf stellt die Brücke für den Stromweg dar.

Die Erscheinung wird glänzender, wenn wir statt der Metalldrähte zwei zugespitzte Kohlenstäbe (Fig. 54) benutzen. Werden diese zunächst in Berührung gebracht, dann auf einige Millimeter voneinander entfernt, so entsteht ein Flammenbogen, der von der einen Kohle ausgeht, sich dann verbreitert und sich endlich nach der andern Kohle hin wieder zusammenzieht. Die Gase und Dämpfe, die hier den Strom leiten, sind weißglühend. Sie strahlen im Verein mit den weißglühenden Kohlenspitzen ein außerordentlich helles, weißes Licht aus. Dabei ist die Flamme nur klein, sehr viel kleiner als

eine Kerzenflamme. Die Wärmewirkung des Flammenbogens ist die höchste, die wir erzeugen können. Mit ihrer Hilfe ist es gelungen, alle Körper zu schmelzen, ja selbst zu verflüchtigen, mit Ausnahme des Kohlenstoffes, den man noch nicht zum Schmelzen gebracht hat. Allerdings wird auch die Kohle verzehrt und zwar die positive zweimal so schnell als die negative. Dabei höhlt sich die erstere kraterförmig aus. Die erste Beobachtung machte Davy 1810. Er verwandte Holzkohlenstifte und einen Strom von 2000 Elementen. An Stelle der Holzkohle trat später der Retortengraphit (S. 69),

aus dem Stäbe geschnitten wurden. Heute wird der Retortenrückstand gemahlen und in ein feines Pulver verwandelt. Dieses wird in besonderen Maschinen mit Ruß und Steinkohlenteer gemischt, so daß eine knetbare Masse entsteht, die mit Pressen unter starkem Druck durch ein Mundstück getrieben wird, wodurch sie ihre Form erhält. Die herausquellenden Stäbe werden auf die richtige Länge zerschnitten, mit Kohlenpulver in halbzylindrische Gefäße aus feuerfestem Ton (Muffeln) verpackt und im Glühofen geglüht. Nach dem Glühen folgt die Prüfung. Stäbe, die sich stärker verzogen haben, werden aufs neue gemahlen. Neuerdings werden auch Kohlen mit einem Hohlraum im Innern, sogenannte Dochtkohlen, hergestellt. Das Innere wird mit Metall oder sonstigen Stoffen ausgefüllt. Den Zweck dieser Dochtkohlen werden wir später kennen lernen.

Die Lichtkohlen werden allmählich verzehrt. Das hat zur Folge, daß ihr Abstand größer wird und allmählich eine Größe erreicht, bei welcher der Strom nicht mehr übergeht. Es ist daher notwendig, die beiden Kohlen in einem bestimmten Abstand zu erhalten. Dazu dient die Regulierung. Der einfachste Regulator ist die Hand des Menschen; aber sie ist auch der teuerste und der unzuverlässigste. Nur in wenigen Fällen bedient man sich daher der Handregulierung, in allen anderen benutzt man selbsttätige Regulatoren. Diese sind bei jeder Bogenlampenfabrik anders gebaut; der Hauptsache nach lassen sich aber zwei Arten unterscheiden, die Regulierung mit und ohne Uhrwerk. In Betracht kommen beim Lichtbogen wie überall die drei Größen: Spannung, Widerstand und Stromstärke. Nun hat man gefunden, daß die Spannung des Lichtbogens mit der Entfernung der beiden Spitzen wächst, aber nur bis zu einer gewissen Grenze; darüber hinaus bleibt sie für alle Stromstärken gleich. Das ist nur so zu erklären, daß bei dieser Grenze der Widerstand im Lichtbogen abnimmt bei zunehmender Stromstärke. Nehmen wir eine Entfernung unterhalb der Grenze, so wird also bei ihrer Vergrößerung die Spannung wachsen. Wir haben also nur dafür zu sorgen, daß die gleiche Spannung erhalten bleibt und beim Wachsen derselben ein Uhrwerk ausgelöst wird, durch dessen Bewegung die Kohlen wieder auf den richtigen Abstand

genähert werden. Ist dies geschehen, so wird das Uhrwerk gesperrt. Statt der Spannung können wir auch die Stromstärke auf bestimmter Höhe erhalten und gelangen dadurch zu demselben Ziel. Die Auslösung des Uhrwerks erfolgt durch einen in den Stromkreis eingeschalteten Elektromagneten, der einen Anker anzieht. Dieser ist mit einer Feder verbunden, die ihn vom Magneten loszureißen sucht. Sinkt im Stromkreis die Stärke, so wird die magnetische Kraft geringer, die Feder reißt den Anker ab und das Uhrwerk ist ausgelöst. Die Kohlen-

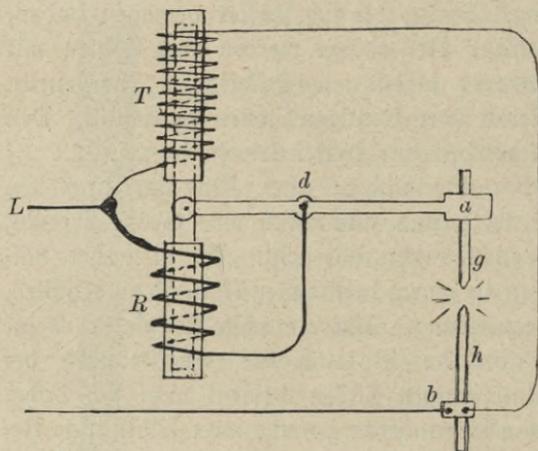


Fig. 55.

spitzen bewegen sich einander entgegen; dabei verringert sich der Widerstand, während gleichzeitig die Stromstärke wächst. Ist der richtige Abstand wiederhergestellt, so ist die Kraft des Magneten derartig gewachsen, daß er den Anker wieder anzieht, wodurch das Uhrwerk gesperrt

wird. In ähnlicher Weise vollzieht sich die Regulierung bei allen Lampen, in denen ein Uhrwerk den Abstand der Kohlen regelt, wenn auch die mannigfachsten Abänderungen und Vereinfachungen vorgenommen sind.

Bei der zweiten Gruppe von Lampen fällt das Uhrwerk fort; der Strom selbst besorgt die Bewegung der Kohlen. Um die Einrichtung derartiger Lampen im Prinzip zu verstehen, soll hier die sogenannte Differentiallampe von Hefner-Alteneck beschrieben werden (Fig. 55). Die in Betracht kommenden Teile sind schematisch in der obenstehenden Figur dargestellt. L ist der Leitungsdraht, der sich vor seinem Eintritt in die Lampe teilt. Nach unten setzt er sich als Spule R in einigen dicken Windungen fort und endigt hier im

Drehpunkt des Hebels  $d$ , von wo aus der Strom durch den Kohlenhalter  $a$  in die Kohle  $g$  gelangt. Von der Verzweigung geht dann ferner eine Spule  $T$ , die aus vielen dünnen Windungen besteht, nach oben, um sich später bei  $b$  mit der Hauptleitung zu vereinigen. In den Spulen liegt ein Kern aus weichem Eisen, der mit dem Hebel fest verbunden ist. Berühren sich nun anfangs die beiden Kohlen, so wird der Strom den bequemeren Weg ausschließlich durch die Spule  $R$  wählen, da die wenigen Windungen dicken Drahtes ihm keinen Widerstand entgegensetzen. Beim Hindurchgehen des Stromes aber wird die Spule stark magnetisch und zieht den Eisenkern in sich hinein. Dadurch wird der Kohlenhalter  $a$  mit der Kohle  $g$  gehoben, die sich dabei von der Kohle  $h$  entfernt, wodurch der Lichtbogen entsteht. Gleichzeitig wächst der Widerstand und erreicht die Größe des in der Spule  $T$  herrschenden. Die Folge wird sein, daß anfangs ein geringer Teil des Stromes, später ein größerer durch die Spule  $T$  hindurchgeht, diese wird gleichfalls magnetisch, zieht ebenfalls den Eisenkern an und verhindert, daß dieser weiter in die Spule  $R$  hineingezogen wird. Wächst der Abstand der Kohlen, so wird der Weg durch  $R$  immer unbequemer, die Strommenge durch  $T$  deshalb immer größer; sie wird daher den Eisenkern emporziehen, wodurch  $g$  und  $h$  einander genähert werden. Gleichzeitig mit der Abnahme des Widerstandes zwischen den Kohlenspitzen geht wieder eine größere Strommenge durch  $R$ . Die Regulierung ist beendet, wenn sich die Stromwirkungen in  $R$  und  $T$  das Gleichgewicht halten. Wir sehen also, wie bei dieser Lampe der Strom selbsttätig für die rechtzeitige Bewegung der Kohlen sorgt. Die Unterschiede (Differenzen) im Widerstand führen zur Regulierung, daher der Name „Differentiallampe“. Derartige Lampen sind in großer Anzahl im Gebrauch; nur sind auch hier vielfache Abänderungen und Verbesserungen vorgenommen. —

Das ungedeckte Licht der Bogenlampen ist für die meisten Zwecke zu grell; man umgibt den Lichtbogen deshalb mit einer Glocke aus mattem Glas. Meist benutzt man jetzt Opalglas, das halbdurchsichtig ist und verhältnismäßig wenig Licht zurückhält, dieses aber derart zerstreut, daß es nicht von einem Punkt, sondern von einer

größeren Fläche herzukommen scheint. Regulierung und Lampe werden meist durch einen Blechmantel geschützt, wodurch das Ganze den Eindruck einer Laterne gewinnt. Diese Art der Umhüllung trägt viel zur Schonung bei hauptsächlich, wenn die Lampe im Freien hängt. Bei der gewöhnlichen Bogenlampe strahlt die positive Kohle ca. 85%, die negative ca. 10%, der Flammenbogen selbst 5% der gesamten Lichtmenge aus. Der Stromverbrauch beträgt 0,8—0,5 Watt pro Kerze, woraus sich ergibt, daß dort, wo es auf große Helligkeit ankommt, jede andere Lichtquelle vom Bogenlicht an Billigkeit übertroffen wird. Unangenehm ist bei vielen Lampen die Regulierung, ferner das Wandern des Flammenbogens, was bei zunehmender Kohlenstärke in immer größerem Maße stattfindet. Die Ursache ist leicht zu finden. Die Kohlen brennen nicht überall gleichmäßig ab; der Bogen aber sucht sich die Stelle geringsten Widerstandes. Um das Wandern einzuschränken, benutzt man Dochkohlen (S. 107), deren Inneres mit leicht verbrennlicher Kohle gefüllt ist. Die Kraterbildung wird dadurch erleichtert, das Abbrennen gleichmäßiger und der Flammenbogen bleibt mehr an derselben Stelle.

Wie man bei der elektrischen Glühlichtbeleuchtung nicht bei der Kohlenfadenlampe stehen geblieben ist, so hat auch die Bogenlampentechnik große Fortschritte gemacht. Sie alle bis ins Einzelne zu verfolgen, dazu fehlt hier der Raum. Nur namhafte Erfindungen, die zum Teil schon in einem größeren Maße Verwendung gefunden haben, mögen hier erwähnt werden.

**Das Bremer-Licht.** Auf der letzten Pariser Weltausstellung erregte eine in 140 m am Eiffelturm angebrachte Bogenlampe von 30 000 Kerzen Helligkeit durch diese und durch ihr rötliches Licht großes Aufsehen. Diese und andere Lampen von gleicher Bauart waren ausgestellt von der Aktiengesellschaft „Eos“, System Bremer. Die Konstruktion ist eine ganz andere wie bei den gewöhnlichen Bogenlampen. Das zeigt sich schon darin, daß die gesamte Reguliervorrichtung fehlt (Fig. 56). Statt zweier Kohlen befinden sich in der Bremerlampe vier, wovon zwei mit der positiven, die andern beiden mit der negativen Polklemme verbunden sind. Die beiden

gleichnamigen Kohlen sind unter einem spitzen Winkel gegeneinander gerichtet. Sie gleiten infolge ihres Eigengewichtes bis zur gegenseitigen Berührung herab. Diese Stelle wird für beide Kohlenpaare auch nach dem Abbrennen immer dieselbe sein; damit bleibt aber dann auch ihr Abstand stets gleich. Sie stehen sich nicht gegenüber, sondern bilden nahezu einen rechten Winkel miteinander. Der Flammenbogen ist demgemäß horizontal gerichtet und nach unten hin fächerförmig ausgebreitet. Eine weitere Neuerung besteht in dem Zusatz von Kalk, Magnesia usw. zu den Lichtkohlen, der bis 50 % beträgt. Die Folge davon ist bedeutende Leuchtkraft des eigentlichen Flammenbogens, die sonst nur 5 % der gesamten Lichtmenge beträgt. Messungen haben ergeben, daß der Stromverbrauch ein außerordentlich geringer ist. Während er bei den gewöhnlichen Bogenlampen nicht unter  $\frac{1}{2}$  Watt pro Kerze liegt, verlangt das Bremerlicht nur 0,15 Watt. Infolge der

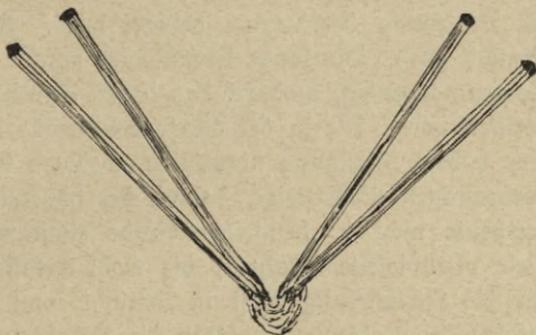


Fig. 56.

großen Lichtstärke hat die Lampe zur Beleuchtung von Straßen und Plätzen Verwendung gefunden. Auch der Reichtum an gelben und roten Strahlen ist nicht ohne Bedeutung. Da gerade diese imstande sind, feuchte Luft und Nebel zu durchdringen, erscheint das Bremerlicht als Lichtquelle für Leuchttürme und Scheinwerfer geeignet.

Das **Elektrolyt-Bogenlicht von Rasch** ist dadurch gekennzeichnet, daß der Flammenbogen erzeugt wird zwischen unverbrennbaren Metalloxyden ähnlich denjenigen, die bei der Kernlampe Verwendung finden. Gerade wie hier müssen sie auch in der Bogenlampe vorgewärmt werden, damit sie leitend werden. Das geschieht durch einen gewöhnlichen Lichtbogen. Die Lampe be-

anspricht pro Kerze 0,25 Watt, also die Hälfte gewöhnlicher Bogenlampen. Ein weiterer Vorteil ist darin zu erblicken, daß sie sich für kleine Kerzenzahl herstellen läßt.

**Dauerbrandlampen (Zanduss, Reginalampe).** Unter diesem Namen sind Bogenlampen in den Handel gebracht, bei denen sich die Kohlen sehr langsam verzehren. Dies wird dadurch bewirkt, daß die Glasglocke luftdicht schließt. Nachdem der anfänglich darin enthaltene Sauerstoff verzehrt ist, entsteht der Lichtbogen fernerhin in einer Atmosphäre aus Kohlensäure und Stickstoff; ein weiteres Abbrennen der Kohlen findet nicht statt, nur eine Zerstäubung, wie wir sie bei der Kohlenfadenslampe kennen gelernt haben. Der Vorteil dieser Lampen liegt auf der Hand; er besteht darin, daß an der Bedienung der Lampe gespart wird. Aber die Nachteile sind ziemlich groß. Die lange Brenndauer macht die Verwendung dieser Kohlen notwendig, wodurch das lästige Wandern des Bogens hervorgerufen wird. Die in der Glocke eintretende Luftverdünnung macht eine höhere Spannung notwendig, wodurch die Zahl der pro Kerze verbrauchten Watt steigt, da mit der höheren Spannung die Lichtausbeute nicht in demselben Grade zunimmt. Es entstehen sehr viele ultraviolette Strahlen, die wohl chemisch wirksam sind, aber für die Lichtwirkung nicht in Betracht kommen. Dazu gesellt sich infolge der Kohlenverstäubung die Veraschung der Glocke und damit verbunden eine wesentliche Helligkeitsabnahme. Diese Gründe sind es, die der Einführung von Dauerbrandlampen in Deutschland im Wege stehen, während sie in Amerika allgemeinere Verwendung gefunden, da die Verringerung der dort höheren Bedienungskosten die Nachteile leichter in den Kauf nehmen läßt. In allerneuester Zeit ist eine Metaldampf-Bogenlampe in den Handel gebracht, die gleichzeitig Dauerbrandlampe sein und größte Helligkeit bei geringem Stromverbrauch geben soll. In einer geschlossenen Glasvase stehen sich die beiden Kohlen gegenüber. Die untere negative ist von einem Napf umgeben, der mit Quecksilber gefüllt ist. Die Glocke schließt luftdicht. Nach der Entstehung des Lichtbogens verwandelt die strahlende Wärme einen Teil des Quecksilbers in Dampf. Die Dämpfe leiten im Lichtbogen die Elektrizität und verleihen ihm

größere Helligkeit. In den vom Bogen entfernten Teilen der Glocke verdichten sich die Quecksilberdämpfe und fließen in den Napf zurück, wobei sie die verstäubte Kohle gleichzeitig mitreißen sollen. Der Stromverbrauch soll 0,15—0,2 Watt pro Kerze betragen, die Brenndauer 1000—1600 Stunden. Auch läßt sich der Lichtbogen färben, was bei der unangenehmen Farbe des Quecksilberlichtes notwendig erscheint.

---

### III. Die Heizung.

#### 9. Kapitel.

#### Die wichtigsten Heizmaterialien.

Bei den meisten Arbeiten, die im Haushalt, im Gewerbe und in der Großindustrie zu verrichten sind, bedürfen wir der Wärme. Unsere wichtigste irdische Wärmequelle ist der Verbrennungsprozeß. Wo sehr hohe Temperaturen notwendig werden, benutzen wir die Elektrizität. Im ersten Fall bedürfen wir geeigneter Brennstoffe, die uns zum Teil die Natur bietet, die wir zum andern Teil erst herstellen müssen. Danach lassen sich natürliche und künstliche Brennstoffe unterscheiden. Je nach ihrem Aggregatzustand zerfallen sie wieder in feste, flüssige und luftförmige. Nicht alle sind in ihrer Leistung gleich. Je lebhafter die Verbindung mit dem Sauerstoff verläuft, je weniger dieser Vorgang durch störende Beimengungen oder Verunreinigungen gehindert wird, je vollständiger die Verbrennung ist, desto größer ist die erzielte Wärmewirkung, der Wärmeeffekt. Hierbei kann es sich aber um zweierlei handeln, um die freiwerdende Wärmemenge überhaupt und um die Temperatur, welche beim Verbrennen erreicht wird. Für die erstere haben wir in der „Kalorie“ bereits ein Maß gefunden. Wir verstehen darunter die Wärmemenge, die notwendig ist, um die Temperatur von 1 kg Wasser um 1 Grad zu erhöhen. Die Temperatur messen wir mit dem Thermometer. Bis 400° lassen sich die mit Quecksilber gefüllten benutzen, darüber hinaus gibt die Ausdehnung eines starren Metallstabes den Wärmegrad an. Derartige Instrumente zum Messen hoher Temperaturen bezeichnet man als Pyrometer (Feuermesser). Sehr gebräuchlich ist das von Petersen (Fig. 57). Es besteht aus

einem Platinstab, der mit einem Ende einer eisernen Röhre fest verbunden ist und sich am freien Ende in einem Eisenstab fortsetzt. Dieser wirkt auf einen Hebelarm ein, dessen längerer Arm ein Zeigerwerk in Bewegung setzt. Das Ende des Eisenrohrs mit dem Platinstab wird der Hitze, die gemessen werden soll, ausgesetzt. Eisen und Platin dehnen sich ungleich aus; der Hebel bewegt sich und mit ihm der Zeiger, so daß man auf einem getheilten Gradbogen die Hitzegrade ablesen kann. Sehr genau sind diese Angaben freilich nicht. — Viel wichtiger als die unter Umständen zu erreichende Temperatur ist meist die Kenntniss der beim Verbrennen

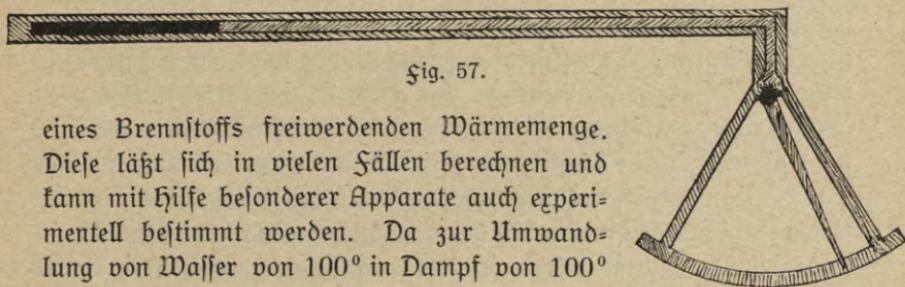


Fig. 57.

eines Brennstoffs freiwerdenden Wärmemenge. Diese läßt sich in vielen Fällen berechnen und kann mit Hilfe besonderer Apparate auch experimentell bestimmt werden. Da zur Umwandlung von Wasser von  $100^{\circ}$  in Dampf von  $100^{\circ}$  536 Kalorien notwendig sind, gibt man, um die Heizwirkung eines Brennstoffs zu kennzeichnen, vielfach auch an, eine wievielfache Menge seines Eigengewichts an Wasser der Brennstoff zu verdampfen vermag.

Betrachten wir zunächst die natürlichen Brennstoffe und von diesen zuerst das Holz. Es besteht zur Hauptsache aus der Holzfasern (ca. 50%), daneben finden sich selbst im lufttrocknen Holz 10—20% Wasser. Die Faser oder Zellulose besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Der Gehalt an diesen Elementen beträgt im Mittel 50%, 6% und 44% und ist bei allen Holzarten fast gleich. Die große Menge des vorhandenen Sauerstoffs, daneben das Wasser bewirken, daß der Heizwert verhältnismäßig gering ist. Ein Kilogramm Holz liefert beim Verbrennen ca. 3000 Kalorien. Es entzündet sich schon bei niedriger Temperatur (ca.  $300^{\circ}$ ) und verbrennt mit langer Flamme. Das ist ein Zeichen davon, daß viel Gas frei wird. Meist wird das Holz als solches verbrannt; nur für bestimmte Zwecke

erfolgt eine Umwandlung in Holzkohle. Es bildete in früheren Zeiten fast das ausschließliche Brennmaterial und hat sich als solches in holzreichen Gegenden bis heute erhalten. Seiner geringen Heizkraft wegen verbunden mit einem verhältnismäßig hohen Preise, ist es zum großen Teil verdrängt worden von den natürlichen Kohlen. Hierher gehören Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit. Unter sich sind sie sehr verschieden. Allen gemeinsam ist die Entstehung aus Pflanzen. Betrachten wir zunächst den Torf. An vielen Stellen der Erde, namentlich in regen- und nebelreichen Gebieten der gemäßigten Zone, wo die Verdunstung gering ist, bilden sich, wenn die Bodenbeschaffenheit dies gestattet, seichte Wassertümpel. Hauptsächlich geschieht dies dort, wo der Untergrund aus fettem, schlammigem Ton besteht. Das stehende, seichte Wasser wird von gesellig auftretenden Pflanzen überwuchert und diese Pflanzendecke bildet wiederum einen wirksamen Schutz gegen schnelle Verdunstung. So entsteht allmählich ein Mittelzustand zwischen Land und Wasser, das Moor. Von den Uferändern aus zieht sich die Pflanzendecke immer weiter in den See hinein, bis sie allmählich zu schwer wird und zu Boden sinkt. Indem sich dieser Vorgang vielfach wiederholt, wird das Wasser immer mehr verdrängt. Diejenigen Pflanzen, die hauptsächlich zur Vermoorung führen, sind Heidearten, Ried- und Wollgräser, Torfmoose und in Höhenlagen die Zwergkiefer. In den Grünlandsmooren sind es die Ried- und Wollgräser und die Astmoose, während die Torfmoose fehlen. Zur Bildung der Heidemoore führen die Torfmoose und später die Heidearten. Die abgestorbenen Pflanzen unterliegen, bedeckt von Schlamm, Wasser und lebenden Pflanzen, einem langsamen Zerlegungsprozeß. Die Holzfaser, die den größten Teil der Pflanze ausmacht, besteht schon beinahe zur Hälfte aus Kohlenstoff. Bei der Umwandlung entweichen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, aber nicht zu gleichen Teilen, die letzteren in bedeutend größerer Menge als der erstgenannte, so daß während die Masse an Gewicht verliert, der Kohlenstoff einen immer größeren Bestandteil des Restes ausmacht. So entsteht der Torf, bei dem der Kohlenstoffgehalt bis 60% beträgt. In jedem größeren Torflager kann man die Übergänge verfolgen von der Pflanzen-

faser bis zum Pechtorf, der eine dunkelbraune bis schwärzliche Masse bildet und seine Abstammung von der Pflanze dem bloßen Auge nicht mehr verrät. Daraus folgt aber auch, daß die verschiedenen Torfarten in bezug auf ihre Heizkraft nicht gleichwertig sind. Je weiter der Verkohlungsprozeß fortgeschritten ist, desto größer ist das Heizvermögen. Die Wärmewirkung liegt zwischen 3000 und 5000 Kalorien. Ausgedehnte Torfmoore besitzt Deutschland in Hannover, Schleswig-Holstein, Oldenburg und Bayern. Die Gewinnung richtet sich nach der Beschaffenheit. Der faserige, feste Torf wird mit dem Spaten gestochen (Stechtorf), während weicher, schlammartiger Torf durch Heraus schöpfen (Baggern) gewonnen, dann getrocknet und in Form gebracht wird (Bagger- und Bactorf). Eine Bedeutung hat der Torf auch dadurch erlangt, daß man ihn als Torfstreu oder Torfmull in Viehställen verwendet. Den Übergang vom Holz zur Steinkohle bildet die Braunkohle. Sie ist entstanden durch Vermoderung von Holz. Die Pflanzenreste lassen erkennen, daß dabei die Nadelhölzer vorherrschend gewesen sind. Viele von diesen sind ausgestorben, aber auch Wellingtonien und der Sandarachstrauch haben zur Bildung der Braunkohle beigetragen, daneben als Laubbäume Ahorn, Weide, Erle, Hainbuche, Walnuß, Eiche, Ulme, Lorbeer u. a. Das Vorkommen von Fächerpalmen und immergrünen Bäumen in den Braunkohlenlagern Deutschlands läßt erkennen, daß diese Pflanzen damals in nördlichen Gegenden gediehen, wo sie heute nicht mehr fortkommen können. Sehr häufig zeigt die Braunkohle noch vollständig das Holzgefüge; bei der älteren Pechkohle ist es verschwunden. Das Auge ist nicht immer imstande die Braunkohle von der Steinkohle zu unterscheiden; auch im Heizwert nähern sich einige Arten der ersteren (Borneo, Sumatra) guter englischer Kohle oder kommen ihr gleich. Immer aber gibt die Braunkohle auf unglasierten Porzellanscherben einen braunen Strich und mit Kalilauge gekocht eine braune Flüssigkeit, was bei der Steinkohle nicht der Fall ist. Im Mittel besteht sie aus 65% Kohlenstoff, 5% Wasserstoff und 32% Sauerstoff, daneben enthält sie Stickstoff und Schwefel, der vielfach mit Eisen verbunden ist. Der Gehalt an unverbrennbaren Stoffen (Aschengehalt) ist sehr verschieden; er

schwankt zwischen 1<sup>o</sup>/<sub>100</sub> und 60<sup>o</sup>/<sub>100</sub> der Gesamtmasse. Beste Braunkohle entwickelt beim Verbrennen bis 6000 Kalorien. Fundorte sind in Deutschland in Sachsen, Anhalt, Bayern und der Rheinprovinz. Große Lager besitzt das nördliche Böhmen. Die Pechkohle ist ein vorzügliches Brennmaterial, während andere Arten nicht einmal den Transport lohnen. Durch Zusammenpressen mit Wasser stellt man Braunkohlenbriketts her; sie geben wenig Hitze, halten aber das Feuer hin und werden aus diesem Grunde in Hausstandsfeuerungen gern benutzt. In ihrer Heizwirkung sind sie mit den Steinkohlenbriketts nicht zu vergleichen, die aber auch ungefähr zehnmal so teuer sind. Einige Braunkohlearten dienen der Paraffingewinnung, indem man sie der trockenen Destillation unterwirft.

Weitaus das wichtigste Brennmaterial liefert uns heute die Steinkohle. Nicht allein, daß sie unverarbeitet in außerordentlich großen Mengen in unseren Heizanlagen verbraucht wird, liefert sie auch die Koks und die luftförmigen Brennstoffe, die für die moderne Heizung in Betracht kommen. Unzweifelhaft ist auch sie pflanzlichen Ursprungs. Bei ihr ist der langsame Verkohlungsprozeß noch weiter fortgeschritten als bei der Braunkohle. Welche Zeiträume notwendig waren, um aus der Holzfaser allmählich Steinkohle werden zu lassen, das entzieht sich unserer Berechnung; jedenfalls aber beginnt der Prozeß bei der Holzfaser, während der Anthrazit das letzte Produkt darstellt. Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff entweichen aber nicht in gleichen Mengen, stets so, daß der Körper bei zunehmender Gewichtsabnahme reicher an Kohlenstoff erscheint. Das mögen auch die nachstehenden Tabellen zeigen.

100 Gewichtsteile des betr. Körpers enthalten im Mittel:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	
Holzfaser . . . . .	50	6	44	100
Torf . . . . .	59	6	35	100
Braunkohle . . . . .	69	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	25 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	100
Steinkohle . . . . .	82	5	13	100
Anthrazit . . . . .	95	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	100

Auf 100 Teile Kohlenstoff kommen also:

	Kohlen- stoff	Wasser- stoff	Sauer- stoff
Holzfaser . . . . .	100	12	88
Torf . . . . .	100	10	60
Braunkohle . . . . .	100	8	37
Steinkohle . . . . .	100	6	16
Anthrazit . . . . .	100	2,6	2,6

Die beim Verkohlungsprozeß entstehenden Gase sind Sumpfgas, Kohlenäure und Wasserdampf. Sie kommen in Blasen an die Oberfläche, wenn wir mit einem Stoß den Torfschlamm aufwühlen; sie finden sich eingeschlossen in den Braunkohlen- und Steinkohlenlagern. Beim Abbau treten sie in das Bergwerk. Das Sumpfgas oder Grubengas führt mit Luft gemischt zu Explosionen, die Kohlenäure kann zum Erstickungstod führen. Beide Gase, vom Bergmann als „schlagende“ und „stickende Wetter“ bezeichnet, werden ihm in hohem Grade gefährlich und haben alljährlich den Tod vieler Menschenleben zur Folge. Man rechnet, daß durch sie jährlich 3 bis 4 von 1000 ihren Tod finden, daß also ungefähr 75 000 t geförderte Kohle ein Opfer erfordern. Die Steinkohlen finden sich in Schichten (Flözen), häufig mehrere übereinander zwischen anderem Gestein, meist Schieferton und Sandstein. Nach Lage und Mächtigkeit sind die einzelnen Flöze sehr verschieden. Bei 60 cm beginnt meist schon der Abbau. Schichten von 30 m Mächtigkeit sind außerordentlich selten. Häufig liegen mehrere Flöze übereinander (Fig. 58). Die Steinkohle findet sich in gewaltigen Mengen auf der Erde. Die größten Becken sind in Nordamerika, England und Deutschland, diejenigen in China harren noch der Ausbeutung. Große Kohlenlager besitzen auch Frankreich, Belgien, Österreich und Rußland. In Deutschland wird Steinkohle gewonnen im Ruhrgebiet, im Saarbecken, in Ober- und Niederschlesien, in der Plauerer und der Zwidauer Gegend und am Deister.

Die Steinkohle ist schwarz, oft glänzend und spezifisch schwerer als die Braunkohle. Trocken und aschenfrei enthält sie 73—92 %

Kohlenstoff, 4—6% Wasserstoff und 4—20% Sauerstoff. Der Aschengehalt beträgt bis 15%. Der Heizwert beträgt 6—7000 Kalorien. Beim Erhitzen unter Luftabschluß (s. Leuchtgas) zerfällt die Kohle in flüchtige Stoffe und einen festen Rückstand, die Koks. Das Aussehen der letzteren ist im Verein mit der Menge der entwickelten Gase maßgebend für die Beurteilung der Kohle. Man unterscheidet Flamm-, Fett- und Magerkohlen. Bei den letzteren sind die Koks sandig und nicht zusammengesintert, die entwickelte

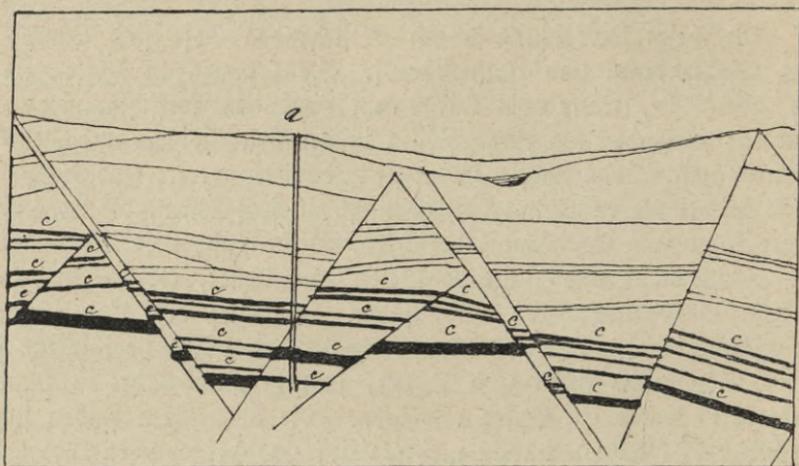


Fig. 58.

Gasmenge ist gering, daher verbrennen sie mit kurzer Flamme. Infolge ihres hohen Kohlenstoffgehalts eignen sie sich besonders für Heizwecke. Am bedeutendsten ist die Heizkraft der westfälischen Sandkohle und des Anthrazits, der sich besonders häufig in Amerika findet. Sie verlangen aber einen sehr kräftigen Zug und sind daher mit Vorteil nur in besonderen Öfen (Anthrazit-, Dauerbrandöfen) zu verwenden. Die Flammkohlen liefern eine reiche Gasausbeute und wenig zusammengesinterten Koks. Sie brennen mit langer ruhiger Flamme und finden in Kesselfeuerungen und bei der Eisenverarbeitung Anwendung. Die Fettkohlen zeichnen sich dadurch aus, daß sie gut zusammengesinterte Koks liefern. Die kurzflammigen

dienen zur Kofsgewinnung, die langflammigen find die Schmiedekohlen. In großen Mengen fällt bei der Förderung der Kohlen sowie bei ihrer Bearbeitung Kohlenklein (Grus) ab, der nur schwer verkäuflich ift. Mit Hilfe von Bindemitteln, wie Teerpech und Harz, ftellt man daraus die Steinkohlenbriketts her, die als Heizmaterial für Lokomotiven vielfach Anwendung finden.

Um eine Vorftellung von der Menge zu erhalten, die alljährlich zu Tage gefördert und verbraucht wird, mögen hier folgende Zahlen Platz finden. Die Gesamtförderung auf der ganzen Erde betrug 1905 über 800 Millionen Tonnen. England förderte 1900 ungefähr 230 Millionen Tonnen, die Vereinigten Staaten 250 Millionen Tonnen und Deutfchland 150 Millionen Tonnen, davon 110 Millionen Tonnen Steinkohlen im Werte von nahezu 1000 Millionen Mark und 40 Millionen Tonnen Braunkohle, deren Wert ca. 100 Millionen Mark betrug.

Als natürlich vorkommender, flüffiger Brennstoff kommt das Erdöl in Frage. Selten dient es in rohem Zustande zu Heizwecken, meist find es die bei der Destillation gewonnenen Produkte, wie das Petroleum. Sein Heizwert ift sehr bedeutend; er beträgt ca. 10000 Kalorien. Das ift der Grund, weshalb man auf Schiffen teilweise die Ölfeuerung eingeführt hat. Bei gleichem Raum gestattet das Petroleum der Kohle gegenüber dem Schiff ein längeres Verweilen auf See; andererseits kann der notwendige Vorrat an Petroleum in einem kleineren Raum untergebracht werden, fo daß Platz für die Aufnahme von Frachtgut gewonnen wird.

Quellen natürlicher, luftförmiger Brennstoffe finden sich auf der Erde nur sehr wenig. In der Nähe der Erdölquellen treten oft große Mengen brennbarer Gase aus Bohrlöchern und Spalten zutage, die in der Umgegend zu Beleuchtungs- und Heizwecken benutzt werden. Eine derartige Quelle bei Pittsburg liefert ein Gas, das einen Heizwert von 8000 Kalorien besitzt. Seit alten Zeiten find die Gasquellen von Baku bekannt. Das Feuer der entzündeten Gase wurde von den Parfen verehrt.

Wenden wir uns nun den künstlichen Brennstoffen zu. Durch Verkohlung des Holzes wird die Holzkohle gewonnen. Zünden

wir einen Holzspan an und lassen ihn an der Luft verbrennen, so bleibt nichts zurück als ein winziges Häuflein Asche. Bewegen wir aber den brennenden Span allmählich in ein Probierglas hinein, so ist die Verbrennung des herrschenden Luftmangels wegen nur eine unvollkommene; der Span verwandelt sich in Kohle, ohne seine Form dabei zu verlieren. Eine Prüfung mit der Wage vorher und nachher zeigt uns die Gewichtsabnahme. Sauerstoff und Wasserstoff und mit ihnen eine geringe Menge Kohlenstoff sind aus dem Holz entfernt. Im Probierglas haben sich dabei wässerige und teerige Teile abgeschieden. Ähnlich verfährt man im großen. Das Holz wird unter Luftsabschluss erhitzt, wobei gasförmige und flüssige Stoffe

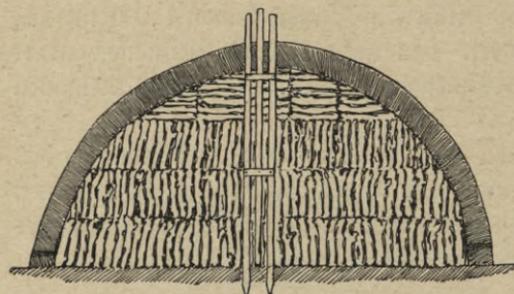


Fig. 59.

entweichen, während Holzkohle zurückbleibt. Die Verkohlung erfolgt in Meilern oder in Retorten.

Wo in großen Wäldern die Holzabfuhr mit Schwierigkeiten verknüpft ist, wo es an Transportmitteln fehlt, da finden

wir den Köhler, der bald hier, bald dort seinen Meiler baut, solange die Witterung günstig ist, und oft den ganzen Sommer hindurch fern von den Seinen im Forst ein Einsiedlerleben führt. Selten, daß er Menschen zu Gesicht bekommt. Einträglich ist sein Geschäft nicht, und sauer muß er sich es werden lassen (Fig. 59). Um einen in der Mitte liegenden, engen Schacht schichtet er senkrecht und wagerecht die Holzstücke, so daß ein Haufen von der Form einer großen Halbkugel entsteht. Dieser wird mit Erde und Kohlenklein bedeckt. Dann wird er in der Mitte entzündet. Den Luftzug regelt der Köhler, indem er von der Seite her Löcher in den Meiler stößt. Nach dem Loche zu findet eine langsame Verbrennung eines Teiles des Holzes statt, wobei die größere Menge in Kohle verwandelt wird. An der Farbe des Rauches, der aus dem Schacht aufsteigt, der anfangs weiß, später bläulich aussieht, erkennt der Kohlenbrenner, wie weit

die Verbrennung im Innern fortgeschritten ist. Sobald der Rauch seine weiße Farbe verliert, wird das Zugloch mit Erde verstopft, während weiterhin am Umfang des Meilers ein neues gestoßen wird. Nach etwa acht Tagen ist die Umwandlung vollendet. Das letzte Zugloch und die Schachthöfning werden verstopft. Das Feuer im Innern erlischt. Den Meiler läßt man 24 Stunden abkühlen; dann wird er abgedeckt und die heißen Kohlen werden mit Wasser abgelöscht. Die Destillationsprodukte gehen verloren. Wo man den Holzteer gewinnen will, wird der Meiler über einer eingemauerten Grube erbaut. Die Ausbeute an Holzkohle beträgt ungefähr 25% des verwendeten Holzes. Neuerdings findet die Verkohlung des Holzes vielfach in Retorten statt, wobei wertvolle Nebenprodukte gewonnen werden, namentlich Teer und Holzessig, die dann vielfach weiter verarbeitet werden. Die Holzkohle hat je nach der Temperatur, bei der sie gewonnen wurde, eine verschiedene Zusammensetzung. Je höher diese steigt, desto reicher an Kohlenstoff ist das Produkt, desto geringer aber ist die Ausbeute. 100 Teile Holz liefern, wenn die Verkohlung bei ca. 300° vorgenommen wurde, 33 Teile Holzkohle mit einem Gehalt von 73% Kohlenstoff. Bei 1200° beträgt die Ausbeute 17 Teile mit 94% Kohlenstoff. Dabei hat die unter 300° gewonnene, braunschwarze Rotkohle fast denselben Wirkungswert, wie die bei höherer Temperatur erhaltene Schwarzkohle. In holzreichen Ländern findet die Holzkohle bei der Gewinnung der Metalle Anwendung. Sie hat vor der Steinkohle und den Koks den Vorzug, daß sie vollkommen schwefelfrei ist und daher reinere Schmelzprodukte liefert. Besonders gute Eisensorten werden mit Holzkohle in Schweden und Steiermark erschmolzen. Im Übrigen ist sie ihres hohen Preises wegen fast überall durch die Koks verdrängt. Der Heizwert der Holzkohle beträgt bis 7000 Kalorien. Eine Kohle von ähnlichem Heizwert wird durch Verkohlung von Torf erhalten, die sogenannte Torfkohle. Werden Braunkohlen der trockenen Destillation zum Zwecke der Paraffingewinnung unterworfen, so bleibt als kohlenstoffreicher Rückstand die Grube, die im Haushalt in besonderen Öfen zum Heizen und Kochen verwendet wird (S. 153).

Weitaus wichtiger als die letztgenannten Brennstoffe ist der

Destillationsrückstand der Steinkohle, die Koks. Ihr Wert ist allmählich um so größer geworden, je mehr der Holzreichtum zurückgegangen ist. Ein unmittelbarer Ersatz für Holzkohle durch die Steinkohle ist in der Technik meist nicht möglich, da ihr Schwefelgehalt ihre Verwendung verbietet. Auch versperrt sie im Schachtofen durch die Abscheidung von Teer dem Luftzug den Weg, und endlich haben die Koks einen größeren Heizwert; mit ihrer Hilfe lassen sich höhere Temperaturen erzeugen.

Als Nebenprodukt haben wir die Koks bereits bei der Leuchtgasgewinnung kennen gelernt; später aber haben wir bei der Einteilung der Steinkohlen erkannt, daß die Rückstände nicht immer von gleicher Beschaffenheit sind. Die besten Koks werden aus wasserstoffarmen, kurzflammigen Settkohlen erhalten, woraus sich ergibt, daß die Gaszinder minderwertig sind. Daraus erklärt sich auch der verschiedene Preis der in chemischer Hinsicht gleichen Stoffe; während für Gaszinder September 1907 in Hamburg 18 M. per Kubikmeter gefordert wurden, mußten westfälische Koks mit 21 M. bezahlt werden. Um möglichst aschenarme Koks zu erhalten, werden die Steinkohlen vielfach gewaschen, wodurch die Gangmassen entfernt werden. Abgesehen von den Aschebestandteilen enthalten die Koks ca. 96% Kohlenstoff; ihr Heizwert beträgt 8000 Kalorien.

Die Verkokung erfolgt heute allgemein in geschlossenen Öfen von sehr verschiedener Bauart. Während man die sich entwickelnden Gase früher gleich in die Öfen leitete und dort verbrannte, sendert man heute Teer und Ammoniak ab. Das gewonnene Gas ist mehr als hinreichend, um die Öfen zu heizen; beträchtliche Mengen können noch zu andern Zwecken verwendet werden. Bei offenen Öfen beträgt die Koksausbeute ca. 60%, bei geschlossenen steigt sie auf 85%; daneben werden 3% Teer und 1% schwefelsaures Ammoniak gewonnen. Von den verschiedenen Öfen mag hier der von Hoffmann-Otto beschrieben werden (Fig. 60). Eine große Anzahl von Einzelöfen ist hier zu einem Ganzen vereinigt; sie liegen nebeneinander, sind 9 m lang, 1,60 m hoch und 60 cm breit. Durch Öffnungen a im Gewölbe erfolgt das Einfüllen der Kohlen; aus den Öffnungen b ziehen die Gase ab, die dann Kühlanlagen und Wascher passieren,

um dann wieder in den Ofen zu gelangen. Diese Einführung erfolgt abwechselnd durch die eine Hälfte der Röhren, die das Gas unter die Ofen führen können, während gleichzeitig durch die nicht zur Einführung von Gas benutzten, aber sehr heißen Kanäle der andern Hälfte Luft eingeblasen wird, die mit dem Gas verbrennt. Die Heizgase umströmen die Ofen, um dann die andere Hälfte der Lufteinführungskanäle zu erhitzen. Nach einer Stunde wird gewechselt, die Luft passiert die erhitzten Kanäle der zweiten Hälfte und die Verbrennungsprodukte schlagen

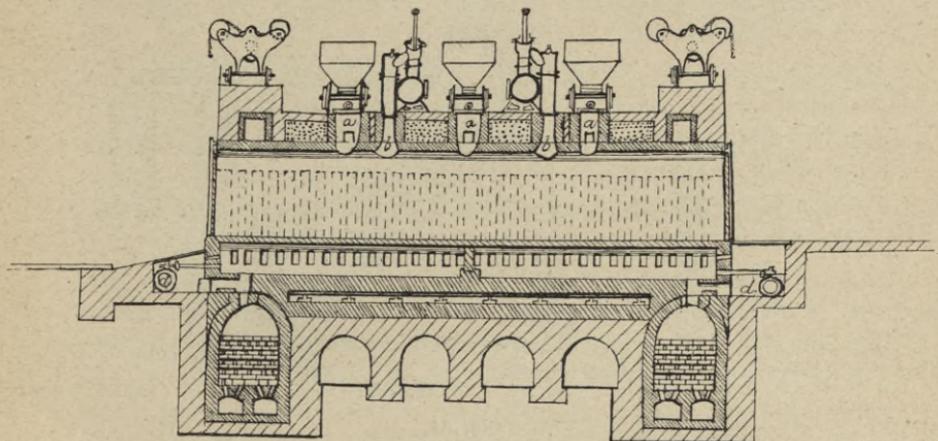


Fig. 60.

den umgekehrten Weg ein. Die Dauer der Verkokung beträgt für 6000 kg Kohlen 48 Stunden. Dann werden die Seitenwände geöffnet und die gesamte Koksmaße wird durch einen Stempel auf einen Löschraum herausgedrückt, wo sie durch Aufspritzen von Wasser gelöscht wird.

Von großer Wichtigkeit für die Heizung sind die gasförmigen Brennstoffe geworden. In den Haushaltungen benutzen wir zu diesem Zwecke das Leuchtgas; in der Technik werden besondere Gase zu Heizzwecken hergestellt, namentlich Wassergas, Generatorgas und Mißgas. Die Benutzung brennbarer Gase zu Heizzwecken erfolgte zuerst zu Anfang des zweiten Drittels des vorigen Jahrhunderts. 1837 war es der Franzose Favre du Saure, der die aus dem Hochofen abziehenden sogenannten Gichtgase verwertete. Von der Zeit

ab ist die Benutzung von Gasfeurungen sehr ausgedehnt worden. Die Gichtgase werden nicht besonders hergestellt, ebenso stellen die in den Koksöfen benutzten Heizgase ein Nebenprodukt der Verkokung dar. Das Leuchtgas ist ausführlich bei der Beleuchtung besprochen worden; es findet nur im kleinen zu Heizwecken Verwendung.

Generatorgas, Wassergas und Mischgas werden mit Hilfe von Steinkohlen und Koks erzeugt. Sie werden gewonnen durch unvollständige Verbrennung von Kohlenstoff zu Kohlenoxyd oder durch

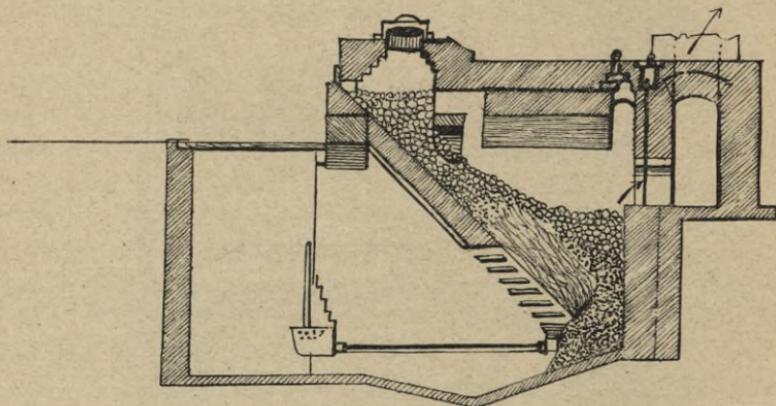


Fig. 61.

Entnahme von Sauerstoff aus der Kohlensäure durch glühende Kohle, wobei gleichfalls Kohlenoxyd entsteht. Endlich läßt man glühenden Kohlenstoff auf Wasserdampf einwirken, wobei der erstere sich mit dem Sauerstoff des letzteren zu Kohlenoxyd verbindet, während der Wasserstoff frei wird. Sonach bestehen die Heizgase also zur Hauptsache aus Kohlenoxyd und Wasserstoff.

Zur Gewinnung von Generatorgas werden die festen Brennstoffe in einem Schachtofen aufgeschüttet und die Luftzuführung so geregelt, daß nur eine unvollkommene Verbrennung stattfindet. Vielfach benutzt wird der Generator von Siemens (Fig. 61). Hier werden die Steinkohlen oder Koks durch eine Öffnung eingeschüttet. Das Nachfüllen geschieht alle zwei, drei oder vier Stunden. Die Füllöffnung ist durch einen Wasserverschluß gedichtet. Das Brennmaterial

gleitet allmählich eine schiefe Ebene hinunter und gelangt auf den Treppenrost. Durch diesen tritt eine beschränkte Menge von Luft und Wasserdampf ein. Letzterer wird erhalten durch Verdampfen von Wasser, das sich in einem eisernen Trog befindet, mit Hilfe der beim Verbrennungsvorgang erhaltenen strahlenden Wärme. Luft und Wasserdampf liefern in Berührung mit der glühenden Kohle Kohlenoxyd und Wasserstoff, denen der Luftstickstoff beigemischt ist. Die Brenngase werden durch Kanäle entführt und mit vorgewärmter Luft meist an Ort und Stelle verbrannt. Dies geschieht unter sehr gleichmäßiger Wärmeentwicklung. Die verbrauchten Heizgase gelangen nicht gleich in die Esse, sondern umströmen in besonderen Kanälen gitterartige Heizräume, worin die zur Verbrennung der Brenngase notwendige Luft vorgewärmt wird. Diese Einrichtung nennt man den Regenerator. Durch die Zuführung von heißer Luft bewirkt man eine bedeutende Steigerung der Verbrennungstemperatur. Findet die Verbrennung des Generatorgases nicht an Ort und Stelle statt, findet also infolge der Fortleitung erst eine Abkühlung statt, so wird das Gas gleichfalls vor dem Verbrennen im Regenerator vorgewärmt. So erhält man leicht diejenigen Temperaturen, die notwendig sind zum Glaseinschmelzen, zum Schmelzen von Eisen und Stahl, zum Brennen der Ton- und Porzellanwaren. In allen diesen Fällen wird die Generatorfeuerung mit Vorteil verwendet. Eine besondere derartige Anlage gelangt bei der Leuchtgasgewinnung zur Anwendung. Das Generatorgas besitzt einen Heizwert von ungefähr 900 Kalorien pro Kubikmeter.

Das Wassergas entsteht beim Hinüberleiten von Wasserdampf über glühende Kohlen. Das technisch gewonnene Gas enthält zirka 50 % Wasserstoff, 40 % Kohlenoxyd, 2 % Sumpfgas, 4 % Sauerstoff und 4 % Stickstoff. Es besitzt einen Heizwert von 3000 Kalorien. Die Kosten der Herstellung sind gering; sie belaufen sich auf 3—5 Pf. pro Kubikmeter. Diese Tatsache, verbunden mit dem hohen Heizwert, läßt die allgemeine Einführung des Wassergases zu Heizzwecken sehr vorteilhaft erscheinen; im Wege steht nur die große Giftigkeit. Sie ist allerdings kaum größer als beim Leuchtgas. Während das letztere seine Anwesenheit aber sofort durch den Geruch verrät, ist

das erstere geruchlos. Durch Beimengung starkriechender Stoffe ließe sich dieser Übelstand abstellen. Tatsächlich dient das Wassergas in Nordamerika nach Mischung mit kohlenstoffreichen Gasen und Dämpfen als Leuchtgas und auch in der Gasanstalt Hamburg-Barmbeck hat man Wassergas in größeren Mengen dem Leuchtgas zugesetzt. Bei der Herstellung von Wassergas muß sich die Kohle in Weißglut befinden. Die dazu erforderliche Wärmemenge erzeugt man im Apparat selbst durch Verbrennen eines Teiles der Kohle mit Hilfe von Luft, wobei Generatorgas entsteht. Dieser Teil des Prozesses wird als „Heißblasen“ bezeichnet. Ist die Temperatur hoch genug gestiegen, so stellt man den Luftzug ab und bläst Wasserdampf ein, worauf eine Zeitlang Wassergas erhalten wird, das man in Wäschern reinigt und dann in einem Gasometer sammelt. Die Temperatur sinkt; es erfolgt wieder das Heißblasen, dem dann wieder das „Gasmachen“ folgt. Natürlich findet auch das gewonnene Generatorgas Verwendung. Werden Wassergas und Generatorgas nicht getrennt aufgefangen, sondern gemischt, so erhält man das Mischgas, dessen Herstellungswert sehr gering ist, während sein Heizwert immer noch zirka 1200 Kalorien pro Kubikmeter beträgt. Es dient zu Heizzwecken und zum Betriebe von Gasmotoren.

So haben wir in diesem Kapitel die wichtigsten Brennstoffe kennen gelernt, von denen allerdings für den Haushalt nur wenige in Betracht kommen, während die meisten in den Großbetrieben Verwendung finden. Gerade hier bedingt der Verbrauch an Brennstoffen den Preis der Fabrikserzeugnisse. Um diesen soviel nur möglich herabzumindern, ist kein Versuch unterlassen, geeignete Brennstoffe zu schaffen und die Feuerungsanlagen so zu gestalten, daß bei höchster Wärmeleistung vollkommenste Ausnutzung des Brennmaterials erzielt wird, um den Verbrauch an letzterem auf das geringste Maß zu beschränken. Soweit sind wir im Kleinbetrieb, vor allem in unseren Wohnungen noch nicht. Einmal sind die Brennstoffe nicht die vorteilhaftesten und billigsten, zum andern gestatten die Feuerungsanlagen nur eine beschränkte Ausnutzung und liefern uns nur einen Bruchteil des Wärmewertes, der bei den Brennstoffen angeführt wurde. Wie sehr die Wirklichkeit hinter der Ausnutzungsmöglichkeit

zurückbleibt, mag an der Dampfkesselheizung gezeigt werden. 1 kg Steinkohlen liefert beim Verbrennen nach Rechnung 7500 Kalorien. Um 1 kg Wasser von 0° in Dampf von 100° zu verwandeln, sind 636 Kalorien erforderlich. Danach müßte man imstande sein, mit 1 kg Steinkohlen 11,8 kg Wasser zu verdampfen. In Wirklichkeit erhält man bei gewöhnlichen Zylinderkesseln nur  $6\frac{1}{2}$ , bei den besten Röhrenkesseln 10 kg Dampf.

## 10. Kapitel.

### Die Heizungsanlagen.

Alle diejenigen Anlagen, die darauf abzielen, uns den Wärmeinhalt verbrennender Heizmaterialien in nutzbarer Form zu überliefern, nennen wir Heizungsanlagen. Wir verstehen in erster Linie darunter aber die Einrichtungen, die uns in unseren Wohnräumen während der kalten Jahreszeit angenehme Wärme spenden sollen. Die Technik unterscheidet Heizungs- und Feuerungsanlagen, je nachdem, ob der oben angegebene Zweck erreicht werden soll, oder ob es sich darum handelt, mit Hilfe des Feuers gewisse Arbeiten zu verrichten. Danach würde der Küchenherd zu den letzteren, der Stubenofen zu den ersteren zählen. Beginnen wir mit den Heizungsanlagen. Liegt ihr Hauptwert darin, daß sie uns den Aufenthalt in kalten Klimaten ermöglichen, so darf auch nicht vergessen werden, daß sie, falls sie richtig angelegt sind, in hohem Grade für die Gesunderhaltung der Wohnungen sorgen. Die erheblich höhere Zimmertemperatur veranlaßt eine ganz bedeutende Ventilation, die sich durch Ritzen, Fugen und Poren der Türen, Fenster und Steine vollzieht. In nichtgeheizten Zimmern findet dieser Vorgang nicht statt. Der ausgeatmete Wasserdampf verdichtet sich an den Wänden, macht die Mauern feucht und läßt in den Zimmern einen moderigen (muffigen) Geruch hochkommen, der selbst bei energischem Lüften nicht weichen will. Vorbedingung ist allerdings eine gute Heizungsanlage, andernfalls kann sie selbst erhebliche Luftverschlechterung veranlassen. Schlechte Beschaffenheit, ebenso häufig aber schlechte Bedienung lassen Verbrennungsprodukte in größeren Mengen in die

Wohnräume treten, was dann zu schweren gesundheitlichen Schädigungen führen kann. Die Ursachen dafür, daß die Rauchgase ins Zimmer treten, können in größeren Undichtigkeiten des Ofens liegen, viel häufiger aber sind sie in fehlerhafter Bauart des Schornsteins zu suchen. Viel Unheil hat die Rauchrohrklappe, das sogenannte Schoß, angerichtet. Der Zweck der Klappe ist die Regulierung des Zuges und das Verschießen des Schornsteins nach der Verbrennung des Heizmaterials, um dadurch das Aufsteigen der warmen Luft aus dem Zimmer zu verhüten. Aus Unverstand wird sie vielfach geschlossen, solange noch glühende Kohle im Ofen ist. Dann bildet sich bei mangelndem Luftzutritt das giftige Kohlenoxyd, dessen Wirkungen bereits besprochen sind. Bis 70 % der Kohlendunstvergiftungen sind auf diesen Umstand zurückzuführen. Bei modernen Öfen ist sie überflüssig, da die luftdichtschließenden Türen vollauf Ersatz bieten. In manchen Orten ist daher das Anbringen von Rauchrohrklappen verboten. Immerhin ist auch dann noch die größte Sorgfalt auf Anlage und Instandhaltung zu nehmen, um einen Austritt von Kohlenoxyd zu verhindern. Bei Beginn jeder Heizungsperiode sollen die Anlagen von einem erfahrenen und gewissenhaften Heizungstechniker nachgesehen werden. Auch ist darauf zu sehen, daß Öfen, bevor sie in Benutzung genommen werden, äußerlich vom Staub befreit werden. Dieser enthält sehr viel organische Stoffe, die bei ihrer Verkohlung unangenehm riechende Gase erzeugen, die gewiß nicht zur Verbesserung der Zimmerluft beitragen. Manche Unbequemlichkeit haben die gewöhnlichen Öfen im Gefolge. Vor allem wird der mit jeder Kohlenfeuerung verbundene Staub lästig. Schlechte Anlagen erzeugen viel Ruß, der aus der Esse entweicht, um sich dann zu senken. Er verhindert vielfach das ausgiebige Lüften der Zimmer, da die Hausfrauen allzuängstlich bemüht sind, ihn von Gardinen und Möbeln fernzuhalten. Von großer Bedeutung ist der Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Es fehlt allerdings noch an Erfahrungen dafür, wie groß er sein muß, damit sich Menschen recht wohl befinden; immerhin zeigt die Beobachtung eines jeden, daß ein zu geringer Grad Unbehagen verursacht. Je wärmer die Luft wird, desto mehr Wasserdampf vermag sie auf-

zunehmen. Sie läßt die Feuchtigkeit der Mauern verdunsten, um sich auf diese Weise mit Wasserdampf anzureichern. Findet nun, wie bei allen Ventilationsheizungen ein dauerndes Fort- und Zuströmen statt, so tritt fortwährend trockene Luft ein, die bald dem Zimmer keine Feuchtigkeit mehr zu entziehen vermag und dann die Schleimhäute des Menschen angreift. Wir fühlen Rauheit im Gaumen und Schlund, und dies Gefühl steigert sich leicht zur Unbehaglichkeit. Durch das Aufstellen von Wasser in flachen Schüsseln kann dem Übelstand abgeholfen werden. Stets ist für regen Luftwechsel zu sorgen. Die nötige Temperatur im Zimmer darf nicht auf Kosten der Reinheit der Luft gewahrt werden. Absperrung der Luft von außen ist stets verwerflich; fleißiges Lüften auch im Winter unbedingt erforderlich. In gesundheitlicher Beziehung haben diejenigen Heizungsanlagen unbedingt den Vorzug, die mit einer Ventilationsvorrichtung verbunden sind. Allerdings ist der Betrieb kostspieliger; man darf für den Mehrverbrauch an Brennstoffen reichlich ein Fünftel in Rechnung stellen. Wesentlich ist der Einfluß der Wände. In einem Zimmer, das lange nicht geheizt worden ist, kann uns frösteln, trotzdem die Lufttemperatur schon eine recht hohe ist. Ein gleichmäßiger Wärmegrad ist hier ungleich schwerer zu erreichen als in Räumen mit durchwärmten Wänden. Die Erklärung hierfür finden wir in den Ansprüchen, die Luft und Wände an die Heizung stellen. Um 1 Kubikmeter Luft um 1 Grad zu erwärmen, werden 0,3 Kalorien verbraucht, für die gleiche Leistung bei 1 Kubikmeter Backstein sind zirka 500 Wärmeeinheiten erforderlich. 1 Kubikmeter Wasser beansprucht sogar 1000 Kalorien, wenn seine Temperatur um 1 Grad erhöht werden soll. Darauf ist es zurückzuführen, daß sich Zimmer in einem Neubau mit feuchten oder gar nassen Wänden schwer heizen lassen, zumal auch große Wärmemengen durch das Verdunsten des Wasser verzehrt werden. — Das Wärmebedürfnis des Menschen ist sehr verschieden; Körperbeschaffenheit, die Art des Berufs, auch Gewöhnung spielen dabei eine Rolle. Als zuträglich dürfen gelten:

- in Turnhallen, Eisenbahnen . . . . . 12—14° C,
- in Werkstätten bei Körperanstrengungen . 12—15° C,

in Werkstätten bei sitzender Beschäftigung	16° C,
ebenso in Schulen und Theatern,	
in Wohnzimmern . . . . .	18° C.

Alle Heizungsanlagen lassen sich in Lokalheizungen und Zentralheizungen unterscheiden, je nachdem, ob jedes zu heizende Zimmer eine besondere Heizvorrichtung besitzt, oder ob für mehrere ein gemeinsamer Ofen aufgestellt ist, der den einzelnen Räumen die Wärme mit Hilfe von Luft, Wasser oder Dampf zuführt. Die meisten Heizvorrichtungen lassen drei Teile unterscheiden: den Verbrennungsraum, den Heizraum und den Schornstein. Ihre Bauart muß sich im wesentlichen nach dem Brennmaterial, das verwendet werden soll, richten. Dieses soll im Verbrennungsraum möglichst vollständig verbrannt werden. Die dabei sich entwickelnde Verbrennungswärme wird zum Teil von hier aus abgegeben, gelangt aber zum größten Teil mit den Heizgasen in den Heizraum. Dieser soll den ersteren Wärme entziehen. Er besteht aus Kanälen, deren Wandungen den Heizgasen Wärme fortnehmen; doch darf dies nicht zu vollständig geschehen, damit im Schornstein noch ein lebhaftes Aufsteigen von Luft stattfindet. Für gewöhnlich sollen die in die Esse eintretenden Gase noch eine Temperatur von 200 Grad besitzen. Zu starke Abkühlung setzt den Luftzug unter Umständen soweit herab, daß dieser den Ofen in umgekehrter Richtung passiert, wobei dann Verbrennungsgase und Rauch ins Zimmer treten. Je nach dem Material, woraus sie hergestellt sind, darf den Kanälen eine verschiedene Länge gegeben werden. Bei eisernen Öfen verlängert man das Abzugsrohr, wodurch man an Heizfläche gewinnt. Das eiserne Rauchrohr entzieht den Heizgasen viel Wärme; es darf also nicht übermäßig lang sein, wenn die ersteren noch hinreichend warm in den Schornstein gelangen sollen. Viel langsamer findet die Wärmentziehung in Kanälen aus feuerfesten Steinen oder Ton statt, weshalb hier der Heizraum in Form der Züge in den Ofen eingebaut ist. Die Heizgase durchstreichen hier eine Reihe auf- und absteigender Röhren, bevor sie in die Esse gelangen. Diese stellt einen aufrechten Kanal dar. Sie soll die Verbrennungsprodukte abführen und den nötigen Luftzug erzeugen. Die ersteren sind stark erwärmt und bilden im Schornstein eine warme Luftsäule,

die infolge ihres geringen spezifischen Gewichts das Bestreben hat, nach oben zu steigen. Dieser Auftrieb ist um so größer, je heißer und länger die Luftsäule im Schornstein, je größer also der Unterschied im spezifischen Gewicht der Innen- und Außenluft ist, und je weniger Hindernisse der aufsteigenden Rauchsäule entgegenstehen. Diese sind am geringsten bei vollkommen runden, im Innern glatten Schornsteinen. Ihre Weite muß sich nach der Größe des Rostes im Verbrennungsraum richten; der Querschnitt soll im untern Teil gleich der Rostfläche sein, oben am Ausgang noch  $\frac{3}{5}$  davon betragen. Um die Esse gegen Abkühlung zu schützen, ist es zweckmäßig, die Schornsteine nicht in die Umfassungsmauern der Gebäude zu legen. Zur Herabminderung der Feuergefährdung muß dafür Sorge getragen werden, daß alles Holzwerk aus der Nähe fernbleibt; auch dürfen die Wände der Esse keine geringere Wandstärke als mindestens  $\frac{1}{2}$  Backstein besitzen. Alle Schornsteine müssen über das Dach des Hauses hinausgeführt sein, da andernfalls der Rauch durch Windstöße leicht zurückgetrieben wird. Bei gut gebauten Schornsteinen läßt der Wind übrigens den Zug ganz unverändert, wenn er ihn nicht durch Saugwirkung befördert. Schädlicher wirkt infolge der damit verbundenen Abkühlung der Rauchgase das Hineinregnen. Um dieses zu verhindern und bei fehlerhaft konstruierten Anlagen dem Wind den Eintritt zu versperren, versieht man die Essen mit Aufsätzen, den sogenannten Schornsteinkappen.

Die Wärmeabgabe des Heizraumes an die Außenluft richtet sich nach dem Material, woraus seine Wände hergestellt sind; sie ist bei einem Heizkörper aus Eisen ungefähr doppelt so groß wie bei einem solchen aus Ton. Abhängig ist sie von der Größe der Oberfläche. Da mit dieser der Raum wächst, den der Heizkörper einnimmt, hilft man sich, indem man ihn mit senkrechten Rippen versieht, wie dies bei den Apparaten der Fall ist, die bei der Wasser- und Dampfheizung in Betracht kommen.

Die einfachste Form der Lokalheizung ist der Feuerkorb. Ein eiserner Behälter, ringsum vergittert, nimmt das Heizmaterial auf. Das Gitter hindert das Herausfallen des Brennstoffes; eine Schornsteinanlage fehlt. Der Brennstoff gibt seine Wärme direkt und in-

dem er den Feuerkorb erwärmt, indirekt an das Zimmer ab, in das gleichzeitig die Verbrennungsprodukte gelangen. Ein geregelter Luftzug fehlt, die Verbrennung schreitet langsam fort, die Wärmeabgabe ist gering und die Verschlechterung der Luft eine bedeutende. Für ein kälteres Klima durchaus unbrauchbar, finden wir ihn in südlichen Gegenden, in Italien und Spanien, wo den Häusern eine eigentliche Heizungsanlage fehlt. Zu anderen Zwecken, namentlich um ein rasches Austrocknen der Wände neuerbauter Wohnungen herbeizuführen, werden mit glühenden Koks gefüllte Rostkörbe aufgestellt. Einen Feuerkorb im Kleinen enthält auch der Wärmeschemel (Feuerkiese), dessen sich Marktfrauen und alte Leute bedienen, um durch Aufsetzen der Füße diese warm zu halten. Ähnlich vollzieht sich auch die Heizung der Plätten (Plätteisen), die mit Holzkohle oder Glühstoff beschickt werden; auch der gewöhnliche Lötosen des Klempners (Spenglers) gehört hierher. Wo die Heizapparate in geschlossenen Räumen Aufstellung finden, sind sie schon wegen der Verschlechterung der Luft, die sie herbeiführen, verwerflich, abgesehen davon, daß ihr Betrieb recht kostspielig, die Wärmeabgabe hingegen gering ist.

Dem Feuerkorb ähnlich sind die alten deutschen Herde und der Kamin; nur daß in vielen Fällen eine Schornsteinanlage die Hauptmasse der Verbrennungsprodukte ins Freie führt. Mitunter fehlt diese Einrichtung, und dann müssen sich die Rauchgase ihren Weg zu Türen und Fenstern hinaus suchen. Derartige „Räucherfaten“ findet man in Schleswig-Holstein noch heute. In dem rauchgeschwärzten Gebälk hängen Schinken und Würste, die hier zu vorzüglichster Rauchware werden. Eine Regelung des Luftzuges findet nicht statt; als Brennmaterial können daher nur Holz und Torf Verwendung finden, die auf dem steingemauerten Herd aufgeschichtet verbrennen. Mit der Abnahme des Holzreichtums, mit der Einführung der Steinkohle mußte daher der offene Herd allmählich verschwinden, der geschlossene trat an seine Stelle, zunächst in England, von woher er zu uns kam. Er führt deshalb an vielen Orten noch heute den Namen „Englischer Herd“. Der Kamin ist vielfach verbessert worden. Durch Einführung eines Rostes hat man es dahingebracht, daß

Steinkohlen und Koks Verwendung finden können, durch einen Vorhang ist es möglich geworden, den Luftzug zu regeln, und weitere Veränderungen haben dahin geführt, daß statt der 6% der vom Brennstoff entwickelten Wärmemenge, die im alten Kamin an das Zimmer abgegeben wurden, in modernen Anlagen jetzt 30% nutzbar gemacht werden. Immerhin haben alle Verbesserungen nicht hingereicht, um ihn für Gegenden mit rauhem Winterklima brauchbar zu machen. Hier dient er dem Zimmer als Schmuck, wobei er vielfach mit einem Zimmerofen vereinigt wird. Die letzteren sind außerordentlich vielgestaltig, je nach dem Brennstoff, womit sie beschickt werden sollen, nach dem Material, woraus sie hergestellt sind, nach den Räumen, die von ihnen zu beheizen und nach der Brenndauer, die von ihnen beansprucht wird. Wir wollen nacheinander betrachten den eisernen Ofen, den Kachelofen und den Dauerbrandofen. — Nur selten noch findet man den gewöhnlichen eisernen (Kanonen-) Ofen. Verbrennungsraum und Aschenfall sind durch einen Rost getrennt; der Heizraum wird durch das aufsteigende Rauchrohr gebildet. Er zeigt alle Vor- und Nachteile eiserner Öfen; er wird sehr schnell heiß und gibt die Wärme schnell ab. Die Temperatur im Zimmer steigt rasch, um ebenso schnell zu sinken, wenn das Feuer erloschen ist. Wollen wir also eine dauernde, angenehme Wärme erzielen, so müssen wir im Ofen ein mäziges Feuer unterhalten, was große Anforderungen an die Wartung stellt. Ein Zuviel an Feurung bei gutem Zug läßt den Ofen leicht glühend werden, wobei die auf der Oberfläche angesammelten Staubteile verbrennen. Dadurch entstehen übelriechende Gase, die auch stark reizend auf die Atmungsorgane wirken. Durch viele Verbesserungen hat man es heute dahingebacht, daß die Mängel verschwunden sind, ja daß man heute einem guten eisernen Ofen den Vorzug vor einem Kachelofen geben darf. Der moderne eiserne Regulierofen enthält in seinem untersten Teil den Aschenfall; darüber, durch einen Rost getrennt, liegt der Verbrennungsraum mit zwei Türen. Die untere dient zum Herausnehmen der Asche, die obere zum Einfüllen des Heizmaterials. Hinter der unteren Tür befindet sich ein stehender Rost, um sie gegen die Berührung mit den glühenden

Kohlenmassen zu schützen und um ein Herausfallen der Feurung bei Öffnung der Thür zu verhindern. Sämliche Thüren, auch die des Aschenfalls, sind mit Hilfe von Schrauben bis zu einem gewissen Grade luftdicht zu verschließen. An der Thür des Aschenfalls, sowie an der unteren des Verbrennungsraumes sind Rosetten angebracht, durch deren Drehung Öffnungen freigelegt werden, die der Luft den Eintritt in den Ofen gestatten. Es kommt nun darauf an, ein mäßiges Feuer lange Zeit zu unterhalten. Bei den alten Öfen konnte dies nur geschehen durch Zuführung geeigneten Brennstoffs in geringer Menge; bei den modernen Regulieröfen erfolgt es durch die Regelung des Luftzuges. Nachdem der Verbrennungsraum von Aschenbestandteilen und Schlacken befreit ist, diese auch aus dem Aschenraum entfernt und die Öffnungen des Rostes vollkommen freigelegt sind, wird der stehende Rost eingesetzt und die untere Thür luftdicht zugeschraubt. Dann folgt die Füllung des Ofens durch die obere Thür. Der Aschenfall wird verschlossen und nur die Rosette geöffnet. Die Entzündung geschieht von oben her, worauf auch die oberste Ofentür luftdicht abgeschlossen wird. Der Eintritt der Luft erfolgt nunmehr nur durch den Aschenraum und den darüber befindlichen Rost. Sie durchstreicht die Kohle (Koks) und gelangt oben mit der Flamme in Berührung. So wird also die Verbrennung von oben nach unten fortschreiten. Sehr bald gestaltet sich diese so lebhaft, daß die Rosette weiter zugeschraubt und in den meisten Fällen ganz geschlossen werden kann, da die vorhandenen Undichtigkeiten noch einer genügenden Luftmenge den Eintritt gestatten. Keinesfalls dürfen irgendwelche Thüren geöffnet werden. Sollte die Verbrennung zu langsam fortschreiten, daß nicht die gewünschte Wärmemenge frei wird, oder sollte das Feuer zu verlöschen drohen, so wird durch Öffnung der Aschenfallrosette der Luftzug verstärkt. Immer ist darauf zu achten, daß den Eisenteilen nur mäßige Wärmemengen zugeführt werden, sorgsam darauf, daß sie nicht glühend werden. Einerseits würde dies zur Staubverbrennung führen, andererseits wird das glühende Eisen, da es weich ist, sich werfen. Dann ist aber ein luftdichter Verschuß der Thüren nicht mehr zu erzielen; der Ofen ist kein Regulierofen mehr und die Vorteile

sind geschwunden. Sorgsame Reinigung und achtsame Regulierung gestatten beste Ausnutzung des Brennmaterials. Die bei der allmählich fortschreitenden Verbrennung entwickelte Wärme treibt aus den unteren Kohlenschichten das Leuchtgas aus, das in der Flamme vollständig verbrannt wird; die Rauchentwicklung ist gering und bei sorgsamer Behandlung läßt sich die Wärmeausnutzung bis 60 % steigern. Dem Verfasser wurde es nicht schwer, in einem mittelmäßigen eisernen Regulierofen mit einer Füllung von 20 l Kohlen 24 Stunden hindurch ein Feuer zu unterhalten, das in einem Zimmer von 50 cbm Luftraum dauernd eine angenehme Wärme von 16° C erzeugte. Herr Professor Voller, Hamburg, hat mit besonders gut konstruierten eisernen Regulieröfen weit bessere Wirkungen erzielt; eine einzige Füllung hat 72 Stunden Feuer unterhalten. Als Brennmaterial finden am besten nichtbackende Kohlen und Koks Verwendung. Ein Nachschütten ist wenig ratsam; auch darf es nur mit der nötigen Vorsicht ausgeführt werden. Niemals darf die ganze Glut bedeckt werden. Geschieht dies, so füllen nicht entzündete brennbare Gase und Dämpfe, die aus der nachgeschütteten Kohle entwickelt werden, bald alle Teile des Ofens. Ist die Luftzufuhr groß genug, so entstehen explosive Gemenge, die sich in dem Augenblick entzünden werden, wo die Flamme zum Durchbruch kommt. Die Folge ist dann sehr leicht ein Sprengen des Ofens, was mindestens sehr unangenehm ist, da der umhergeschleuderte Ruß alle Teile des Zimmers bedeckt, abgesehen von den Reparaturkosten, die eine derartige Ofenexplosion im Gefolge hat. Soll nachgeschüttet werden, so darf der neue Brennstoff in nicht zu großer Menge in den Ofen gegeben werden und nur so, daß mindestens die Hälfte der Glut unbedeckt bleibt. Immer ist das Nachschütten mit einem Verlust an Wärme verbunden, da infolge der Umkehrung des Verbrennungsvorgangs, der nunmehr von unten nach oben gerichtet ist, reichliche Ruß- und Gasmengen ungenutzt in den Schornstein gelangen. — Um einen größeren Heizkörper zu erhalten, ist der eigentliche Ofen mit einem Aufbau versehen, durch den hindurch die Heizgase streichen, bevor sie durch das Rauchrohr in die Esse abziehen.

In sehr vielen Fällen hat der eiserne Unterbau, der den Verbrennungsraum enthält, einen Aufbau aus Kacheln erhalten, in dem sich auf- und niedergehende Züge befinden, durch welche die Rauchgase streichen, bevor sie in den Schornstein gelangen. Während der Unterbau also wie ein eiserner Ofen wirkt, soll der Oberbau die Vorzüge des Kachelofens bringen. Das Eisen ist ein guter Wärmeleiter; es nimmt die Wärme rasch auf, gibt sie aber auch sehr schnell wieder ab; genau entgegengesetzt verhalten sich die Kacheln, die Tonziegel; sie erwärmen sich langsam, halten die Wärme lange und geben sie nur langsam in kleinen Mengen ab. Sie bleiben noch lange heiß und sind daher zur Wärmeabgabe befähigt, wenn das Feuer im Ofen erloschen ist. Wärmeaufnahme und -abgabe erfolgen beim Eisen über 30mal schneller als bei Ton. So soll der Aufbau also gewissermaßen als Wärmespeicher dienen. Wo allerdings der eiserne Ofen gut gebaut ist und gut bedient wird, da ist der Kachelbau überflüssig, ja vielleicht vom Übel, da er leicht Undichtigkeiten zeigt, auch die vergrößerte eiserne Heizfläche nicht ersetzen kann. Um dieselbe Wirkung zu erzielen, muß durch vermehrte Luftzufuhr der Verbrennungsvorgang beschleunigt werden, was natürlich auf Kosten der Dauer erfolgt. Daß trotzdem die Regulieröfen mit Kachelaufbau bevorzugt werden, hat nur in dem besseren Aussehen seinen Grund. Die Behandlung und Beschickung ist natürlich derjenigen der eisernen Regulieröfen gleich; ebenso gilt das über das Nachschütten Gesagte auch hier, da eine Explosion von Heizgasen in den Zügen des Aufbaues das Auseinandertreiben des Kachelkörpers sicher zur Folge hat.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei dem eigentlichen Kachelofen, der ganz aus Ton hergestellt ist und vom Zimmer oder vom Korridor aus bedient wird. Hier wird für kurze Zeit ein starkes Feuer unterhalten; die Flammen streichen in Zügen durch alle Teile des Ofens, um ihre Wärme möglichst vollständig an die Tonmasse abzugeben, die dann ihrerseits diese langsam an den zu heizenden Raum abgibt. Während bei dem eisernen Regulierofen alles darauf abzielen muß, ein mäßiges Feuer lange Zeit zu unterhalten, bedarf der eigentliche Kachelofen eines lebhaften Feuers auf kurze Zeit.

Meist sind die letzteren für Holzfeuerung eingerichtet. Wir finden sie hauptsächlich in Rußland und Schweden, dann aber auch in deutschen Gebirgsgegenden, wo sich um sie herum die Ofenbank zieht, während über dem Ofen sich nicht selten die Bettstatt befindet. Da nach dem Erlöschen des Feuers der aufsteigende Luftstrom im Ofen zu einer Abkühlung der Steinmasse führt, wird der Zug durch die Rauchrohrklappe gegen den Schornstein hin abgeschlossen. Geschieht das Schließen zu frühzeitig, so treten die Folgen auf, die wir schon betrachtet haben. Man hat daher in vielen Fällen auch hier das Schoß beseitigt und dafür luftdichtschließende Ofentüren angebracht.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß Räume um so leichter auf eine gleichmäßige Temperatur zu bringen sind, je weniger sie auskühlen. Die Gründe dafür haben wir bereits kennen gelernt. Während die Luftmasse nur geringer Wärmemengen bedarf, haben die Steinwände große Mengen nötig, um die gewünschte Temperatur zu erreichen. So kann es kommen, daß uns in einem lange nicht geheizten Zimmer fröstelt, obgleich die Luft in Folge der Heizung bereits eine Temperatur von  $16^{\circ}\text{C}$  zeigt. Die kalten Wände entziehen unserm Körper durch Strahlung Wärme. Um das Auskühlen der Zimmer zu verhindern, müssen wir also dauernd den Wärmeverlust ersetzen, indem wir dauernd geringe Wärmemengen zuführen. Diese Aufgabe sollen die Dauerbrandöfen lösen. Der gewöhnliche Regulierofen ist dazu nicht imstande. Einmal ist das Nachschütten unpraktisch und zweitens häufen sich Asche und Schlacken im Ofen an. Sie können während des Brennens nicht entfernt werden. Diesem Übelstand will der Schüttelrost abhelfen. Zwei Roste liegen übereinander, wovon der eine hin- und herbewegt werden kann. Bei dieser Bewegung fallen alle feineren Aschenteile in den Aschenraum. Durch geeignete Vorrichtungen kann stets von oben her neues Feuerungsmaterial zugeführt werden. Beste Luftzugregulierung gestattet genaue Regelung der Verbrennung und damit Ersatz des Wärmeverlustes im Zimmer. Derartige Vorrichtungen lassen sich in jedem Regulierofen anbringen, wodurch dieser zum Dauerbrenner wird. Allerdings nur in beschränktem Maße. Allmählich häufen sich größere Aschenteile im

Ofen an, die nur durch die Tür entfernt werden können. Je nach dem Brennmaterial muß der Betrieb des Ofens nach 8 bis 14 Tagen

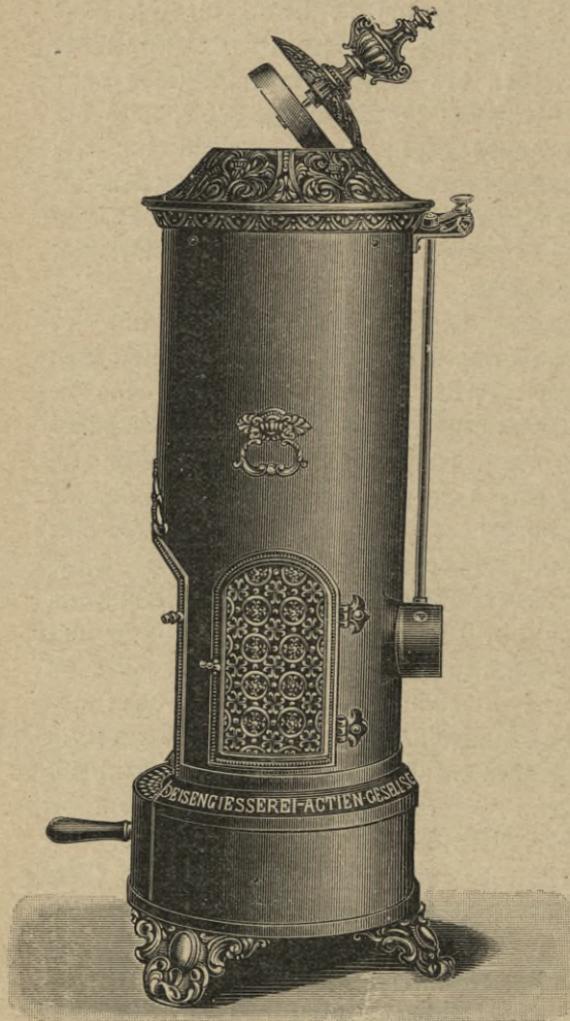


Fig. 62.

eingestellt werden; dann muß eine gründliche Reinigung vorgenommen werden. Mit Aschenarmen Koks oder Anthrazit läßt sich die Brennperiode bedeutend verlängern, Gaszinder und Kohle setzen sie herab. Die Ofen haben den Vorteil, daß sie auch in der Weise gewöhnlicher Regulieröfen zu benutzen sind, wenn man das Feuer nicht ununterbrochen Tag und Nacht unterhalten will. Andererseits verlangt der Schüttelrost peinlich saubere Behandlung, wenn nicht eine Verschlechterung in der Luftzuführung eintreten soll. Häufig versagt er seinen Dienst, wenn sich Schlacken dazwischen setzen. Die Urteile über die Umwandlung gewöhnlicher Regulier-

öfen in Dauerbrenner gehen auseinander; bei sorgfamer Behandlung und richtiger Auswahl des Brennstoffes haben sie sich bewährt,

wobei allerdings richtige Anlage durch einen mit der Sache vertrauten Heizungstechniker oder Ofenbauer Vorbedingung ist.

Die eigentlichen Dauerbrandöfen sind ausnahmslos aus Eisen hergestellt. Es gibt die verschiedensten Systeme, die hier natürlich nicht alle betrachtet werden können. Seiner Einfachheit wegen mag der Dauerbrandofen von Cadé hier behandelt werden und als ein sehr leistungsfähiger soll der von Musgrave in Betracht kommen. Der erstere verlangt als ausschließlichen Brennstoff kleingeschlagenen Anthrazit (sog. Peas), der durch beste deutsche Magerkohle (im Handel auch Anthrazit genannt) ersetzt werden kann (Fig. 62 u. 63). Wie die nebenstehende Abbildung zeigt, besteht der Ofen aus einer

Grundplatte auf Füßen, dem Aschenkasten, dem Herdkastenschieber unten rechts mit beweglicher Klappe (in der Figur heruntergelassen), zwei senkrechten Rosten, die den Feuerraum

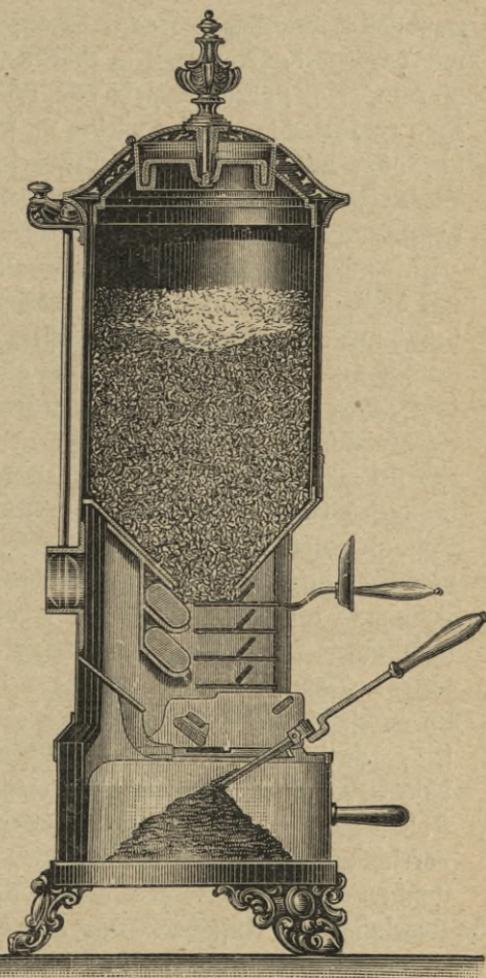


Fig. 63.

einschließen, und darüber dem Füllraum, der oben eine mit Sand gefüllte Rinne besitzt, in die der Rand des Deckels faßt. Soll der Ofen in Betrieb genommen werden, so wird auf den Herdkastenschieber eine Handvoll Hobelspäne gebracht, darauf ungefähr ebensoviel Holzkohle und darüber der Anthrazit in Stücken nicht unter 16 und nicht über 25 mm. Das Füllen geschieht nach Abheben des Verschlussdeckels von oben her. Nachdem dieser wieder an seine Stelle gebracht ist, werden die Späne entzündet und bald befindet sich der Ofen in flottem Brand. Die Luft tritt durch den vorderen Rost ein, streicht durch die verhältnismäßig dünne Schicht glühender Kohle und verläßt mit den Verbrennungsprodukten den Feuerraum durch den hinteren Rost, um durch das Heizrohr in den Schornstein zu gelangen. Das letztere besitzt nur einen geringen Durchmesser, um einen möglichst eingegengten starken Luftzug zu erhalten. Das abbrennende Material wird aus dem Füllraum selbsttätig ersetzt, indem der Anthrazit infolge seiner eigenen Schwere herabsinkt. Von 12 zu 12 Stunden wird von oben her neuer Brennstoff nachgefüllt, gleichzeitig wird die Asche entfernt. Zu diesem Zweck bewegt man den Abstechchieber durch den vorderen Rost in den Ofen hinein. Er wird durch Nuten festgehalten und verhindert ein Herabfallen der über ihm lagernden Masse. Jetzt zieht man den Herdkasten soweit heraus, daß die bewegliche Klappe nach unten fällt. Über sie hinweg gleitet die Asche in den Aschkasten. Dann wird die Klappe gehoben, der Herdkasten wieder hineingeschoben, der Abstechchieber entfernt, worauf der Ofen wieder seine Dienste leistet. Um den Ofen also dauernd in Brand zu halten, hat man nur nötig, für rechtzeitige Füllung und rechtzeitiges Ablassen der Asche zu sorgen. Jeder Ofen ist mit einer Reguliervorrichtung versehen, einer Klappe, durch die der Zug mehr oder minder abgesperrt werden kann. Bei dem älteren Modell ist die Regelung noch einfacher. Das aus dem Ofen austretende Feuerrohr ist nach unten verlängert und hier mit einer Schiebeklappe versehen. Wird diese geschlossen, so muß der gesamte Luftzug durch den Ofen; wird sie geöffnet, so gelangt die Zimmerluft in mehr oder minder großer Menge direkt in den Schornstein, wodurch der Zug im Ofen selbst stark herabgedrückt wird, so daß die Verbrennung nur langsam

fortschreitet. Eine wesentliche Einrichtung des Ofens, die nicht ohne weiteres ins Auge fällt, dürfen wir nicht übersehen, das ist das Zirkulationsrohr. Es beginnt unter der Grundplatte, führt durch den Füllraum und endigt unter dem Sandring. Durch das Rohr wird atmosphärische Luft in den Kohlenraum eingeführt, aus dem sie durch den Schornstein abgosaugt wird, wobei die Gase, die sich dort entwickeln, wo Feuer und unverbrannte Kohle sich berühren, mitgerissen werden. Sie gelangen in das Feuer und werden hier vollständig verbrannt. Würde das Zirkulationsrohr fehlen, so würden sich die brennbaren Gase über dem Anthrazit im Füllraum sammeln und könnten hier zu Explosionen führen. Wenn der Ofen also leicht zu bedienen ist, so handelt es sich ferner um seine Leistungsfähigkeit. Nach den Angaben der Fabrik (Eisengießerei-Aktien-Gesellschaft, vorm. Kenling & Thomas zu Berlin) beträgt der Verbrauch an Heizmaterial für eine Heizleistung von 100, 200, 300, 400 cbm in 24 Stunden im Durchschnitt 5—6, 8—10, 12—14 und 16—18 kg Anthrazit. Bei einem Preise von M. 3.60 pro 100 kg stellen sich also die täglichen Kosten auf M. 0.22, 0.36, 0.50 und 0.65. Der Verbrennungsvorgang im Ofen ist mehrfach eingehend untersucht worden. Die Verbrennung ist eine vollkommene. In den Verbrennungsgasen fanden sich, je nachdem der Brand scharf oder stark abgeschwächt war, 6,3 bis 0,6 % Kohlenäure, 13,2 bis 19,8 % Sauerstoff und 79,6 bis 80,5 % Stickstoff. Trotz genauester Untersuchungen konnten selbst Spuren von Kohlenwasserstoffen, vor allem aber von Kohlenoxyd nicht nachgewiesen werden, auch nicht in der den Ofen umgebenden Luft. Dies Ergebnis hat dazu geführt, daß der Ofen an vorhandene Kachelöfen angeschlossen werden darf. Die letzteren werden durch die abziehenden Heizgase erwärmt, was zu einer Vermehrung der Wärmeausnutzung führt. Die oben angegebenen Zahlen zeigen, daß in den abziehenden Gasen noch große Mengen von Sauerstoff vorhanden sind; der Ofen verbraucht sehr viel Luft. Diese entnimmt er dem Zimmer, stündlich zirka 27,6 bis 41,4 cbm. Daraus hat man dem Ofen einen Vorwurf gemacht, meiner Ansicht nach mit Unrecht. Die verbrauchte Luft wird sehr schnell durch frische Außenluft ersetzt, die durch Tür- und Fensterspalten eindringt und

die stets in genügendem Maße erwärmt wird. Was gegen den Ofen einzuwenden ist, ist zunächst der Staub, der beim Ablassen der Asche und beim Nachfüllen des Anthrazits in das Zimmer gewirbelt wird; doch kann vorsichtige Handhabung diese Plage auf ein geringes Maß einschränken. Dann sind die feuerfesten Steine des hinteren Rostes dem Verschlacken ausgesetzt und bedürfen einer oftmaligen Erneuerung. Ebenso verbrennt der hintere Roststab im Herdkastenschieber leicht, so daß auch dieser von Zeit zu Zeit erneuert werden muß. Sorgfältige Behandlung vermag auch hier

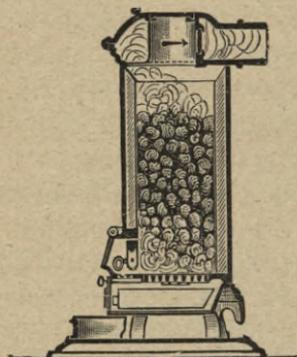


Fig. 64.

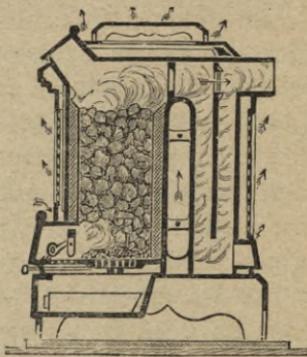


Fig. 65.

vieles zu tun. Endlich ist die ausschließliche Verwendung eines Brennmaterials von ganz bestimmter Größe ein Übelstand, den man nicht abstellen kann. Andere Dauerbrandöfen eignen sich für jedes Brennmaterial, wobei aber zu bemerken ist, daß die kleineren Formen einwandfrei meist auch nur mit Anthrazit brennen. Für größere ist Koksfeuerung sehr angebracht. Ein Ofen, der sich vielfach bewährt hat, ist Musgraves Irischer Ofen (Esch & Co., Mannheim) (Fig. 64 u. 65). Die Einrichtung ist aus den nebenstehenden Figuren ersichtlich; die kleineren Modelle haben keine Luftpammer, so daß die Heizgase sofort in den Kamin gelangen. Die größeren Formen haben zur besseren Wärmeausnutzung eine Heizkammer, die von den abziehenden Gasen durchstrichen wird, bevor sie in den Schornstein gehen. Die frische Luft läßt sich bei diesen auch von außen zuführen, so daß keine Sauerstoffentnahme aus dem Zimmer

erfolgt. Die Wärmeabgabe geschieht an keiner Stelle direkt an das Eisen, sondern stets an ein feuerfestes Steinfutter. Die Öfen sind vorzügliche Dauerbrenner, die ohne Unterbrechung den Winter hindurch brennen, ohne daß es nötig wäre, sie öfter als nach je 12 Stunden zu bedienen. Es wäre falsch, sie nur gelegentlich zu benutzen und dann vielleicht noch mit geringen Mengen Brennstoff zu beschicken. Der außerordentlich geringe Mehrverbrauch an Feuerung bei gelindem Wetter und während der Nacht wird aufgewogen durch die volle Ausnutzung des Brennstoffes, das Fortfallen der Kosten für das neue Anheizen und durch die geringe Menge an Heizmaterial, die erforderlich ist, um das durchwärmte Zimmer auf eine höhere Temperatur zu bringen. Der Ofen verliert seine Vorzüge, wenn er nicht als Dauerbrenner, sondern nur gelegentlich benutzt wird. Nur im ersten Fall bildet er einen guten Wärmebehälter, der infolge der Ausfütterung und der Heizrippen stetig ausstrahlt und an den Schornstein nur soviel abgibt, als zur Erhaltung des Zuges notwendig ist. Das beste Brennmaterial bilden neben Anthrazit kleingeschlagene Koks; gewöhnliche Kohlen lassen sich verwenden, wenn man den Ofen als Schürofen benutzt. Die Möglichkeit, ihn in dieser Form zu benutzen, gibt ihm einen Vorzug vor allen denen, die nur als Dauerbrenner zu benutzen sind. Die Öfen brennen außerordentlich sparsam; eine Zeigerregulierung gestattet die Einstellung für jede Temperatur. Das Anheizen, die Behandlung, das Entfernen von Asche und Schlacken gestalten sich sehr einfach; doch ist überall eine gewisse Sorgfalt nötig; wie denn jeder gute Ofen nur leistungsfähig ist und so erhalten wird, wenn ihm eine sorgfältige und verstandesgemäße Behandlung zu teil wird. Klagen fallen in allen Fällen, wo nicht Fehler in der Anlage sind, auf den Heizenden zurück. Der Ofen in der folgenden Abbildung (Fig. 66) kostet in einfachster Ausführung M. 62.—. Er ist 1,10 m hoch und heizt 160 cbm. Der Füllraum faßt 24 Liter Koks. Bei Verbrauch dieser Menge in 24 Stunden stellt sich der Aufwand an Heizmaterial pro Tag auf zirka M. 0.28. Die Betrachtung der vorgenannten beiden Dauerbrandöfen möge genügen; aus der großen Zahl der anderen mögen genannt werden

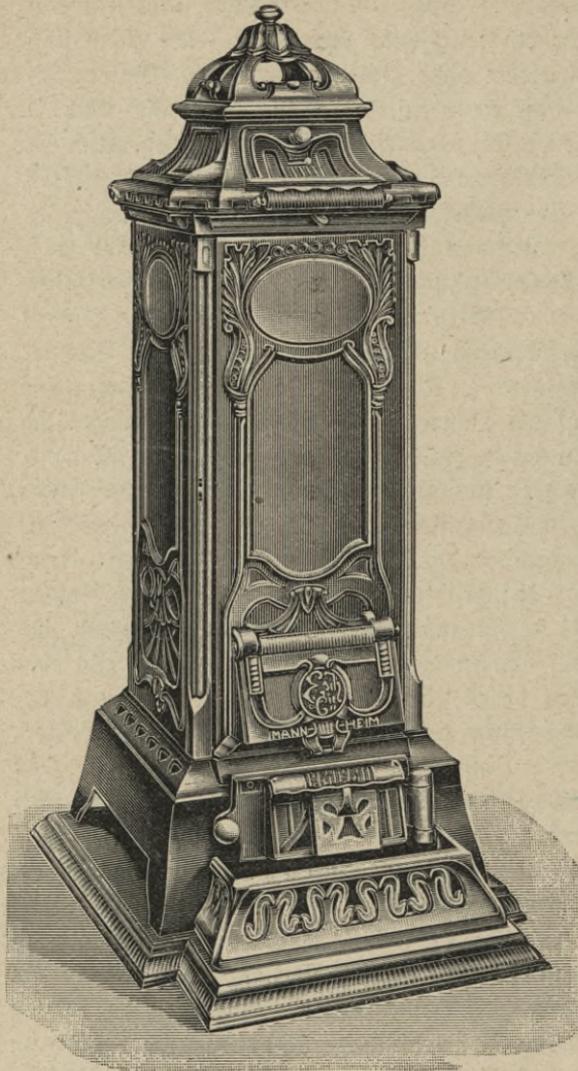


Fig. 66.

die Öfen von Juncker & Ruh, von Lönholdt, von Rießner. Bei allen ist der Grundgedanke derselbe: dauernde Zuführung des Brennstoffes von obenher, zeitweiliges Entfernen der Asche ohne Unterbrechung des Verbrennungsvorganges, weitgehende Regulierung des Luftzuges und damit der Stärke der Verbrennung im Ofen. Ein guter Dauerbrandofen ist ein angenehmer Zimmergenosse. Nicht allein, daß er uns des lästigen Anheizens überhebt; er versorgt uns stets mit angenehmer und ausreichender

Wärme. Wir brauchen nicht im Winter morgens auf die allmähliche Erwärmung des Zimmers zu warten, gar

deswegen im Bett zu bleiben oder der Kälte durch dickere Kleidung zu begegnen.

durch Einhüllen in

**Zentralheizungen.** Bei den Zentralheizungen ist für mehrere Räume, meist für ganze Gebäude, oft sogar für ganze Häuserblöcke nur eine Heizungsanlage vorhanden, die zumeist im Keller aufgestellt ist, und von der aus die Wärme den einzelnen Räumen durch Vermittlung von Luft, Wasser oder Dampf zugeführt wird. Je nach dem Mittel, das zur Verbreitung der Wärme dient, unterscheidet man Luft-, Wasser- und Dampfheizungen.

**Die Luftheizung (Fig. 67).** Man benutzt im allgemeinen eiserne Öfen, da die Herstellung des Heizkörpers aus feuerfesten Steinen wohl eine Überhitzung verhütet, auch länger Wärme abgibt, aber bei hohem Wärmebedarf den Anforderungen nicht genügt und vor allem nicht imstande ist, Räume schnell zu erwärmen. Der Feuerraum ist entweder mit Planrost versehen und dann für öftere Beschickung eingerichtet, oder es ist ein mit einer Schüttvorrichtung

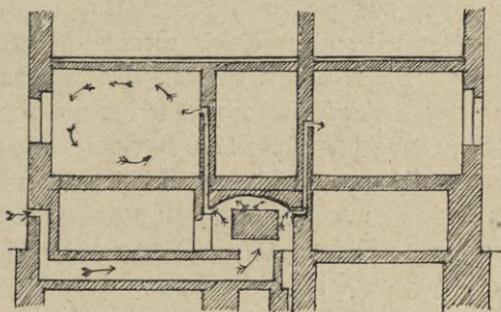


Fig. 67.

versehener Schachtöfen, der dauernd brennt. Die Beschickung erfolgt von außen, während der Ofen selbst sich größtenteils in der Heizkammer befindet und ohne weiteres oder durch ein Zwischenstück getrennt in den Heizkörper übergeht. Letzterer besteht aus eisernen Schlangenrohren, oder er ist kastenförmig. Gewöhnlich ist er, um die Oberfläche zu vergrößern, mit Rippen versehen. Seine Oberfläche soll nicht über  $500^{\circ}$  erwärmt werden; die Temperatur der durch ihn erwärmten Luft nicht über  $55^{\circ}$  steigen. Ofen und Heizkörper befinden sich in der Heizkammer, die man möglichst tief und senkrecht unter den zu heizenden Räumen anlegt. Sie ist aus Backsteinen erbaut und besitzt meist eine doppelte Wand. Dazwischen befindet sich eine Luftschicht, welche die Wärmeableitung verhindert. In die Heizkammer führt von unten her ein Kanal, durch den Außenluft in die Kammer geführt wird. Diese ist selbstverständlich

an staubfreier Stelle, wo sie möglichst rein ist, zu entnehmen. Sie wird in gut konstruierten Anlagen vor dem Eintritt in die Kammer noch besonders gereinigt und mit Feuchtigkeit gesättigt. In der Heizkammer erwärmt, gelangt sie durch die aus dem obern Teil der letzteren abzweigenden Heizkanäle in die zu beheizenden Räume. Für jeden Raum ist ein besonderer Kanal notwendig, weshalb eine Luftheizungsanlage gleich beim Bau eines Hauses getroffen werden muß. Die Austrittsöffnungen der Heizluft bringt man in gewöhnlichen Räumen in ca. 2 m Höhe an, in Kirchen und sehr hohen Sälen aber ca. 4 m über dem Fußboden. Soll die eingeführte, heiße Luft sich nun gleichmäßig verteilen, so ist eine weitere Reihe von Kanälen notwendig, die in ihrer Gesamtheit die Ventilationsanlage bilden. Diese Kanäle endigen einerseits nahe dem Boden der Heizkammer, andererseits oberhalb des Daches. Mit dem zu heizenden Raum steht der Kanal durch eine obere und eine untere Öffnung in Verbindung, die durch Klappen zu verschließen sind. Bei der Heizung ist nur die untere zu benutzen, die den Raum mit der Heizkammer verbindet. Durch sie entweicht die kalte Zimmerluft, während vom Heizkanal her heiße Luft eintritt. Nur für den Fall, daß man plötzlich heiße Luft ablassen will, ist die obere Klappe zu öffnen, wodurch die Verbindung mit der Außenluft hergestellt, die heiße Luft zum Abzug über das Dach hinausgetrieben wird. Im Sommer kann durch das Öffnen dieser Klappe für Ventilation im Raum gesorgt werden.

Die Luftheizung ist in ihrer Anlage die billigste Zentralheizung; auch sind die Betriebskosten nicht hoch. Wo die Konstruktion muster-gültig, der Betrieb einwandfrei ist, wird sie allen Ansprüchen genügen. Wo Klagen laut geworden sind, liegen die Gründe entweder in fehlerhafter Herstellung oder in mangelhaftem Betrieb. Wo nicht für Staubfreiheit der zugeführten Luft gesorgt ist, wo man ihr nicht die nötige Feuchtigkeit zuführt, daß sie zu trocken ins Zimmer gelangt, da allerdings wird die Luftheizung unangenehm und ein längerer Aufenthalt in derart geheizten Räumen zur Qual.

**Die Wasserheizung.** (Fig. 68). Die Wasserheizung besteht aus einem in sich geschlossenen Röhrensystem, das unten von einem Kessel

ausgeht und oben in einem Reservoir endigt. Wird der Kessel geheizt, so steigt das warme Wasser in dem einen Zweig der Rohrleitung empor und gibt dabei die Wärme an die Wände der letzteren ab, von denen aus sie in die zu heizenden Räume ausstrahlt. Durch den anderen Zweig sinkt das abgekühlte Wasser in den Kessel zurück, um hier wieder erhitzt zu werden. Je nach der Temperatur, auf welche das Wasser gebracht wird, unterscheidet man Warmwasserheizungen mit Nieder-, Mittel- und Hochdruck. Die Erwärmung des Wassers beträgt im ersten Fall höchstens  $100^{\circ}$ , im zweiten bis  $150^{\circ}$  und steigt im letzten auf  $200^{\circ}$ . Bei der Warmwasserheizung ist

das im höchsten Teil befindliche Reservoir offen (s. Fig. 68), in den beiden andern Fällen muß es, um durch den höheren Druck in der Anlage den Siedepunkt des Wassers zu erhöhen, geschlossen sein. Die Erwärmung der Heizkörper beträgt bei der Warmwasserheizung  $40\text{--}70^{\circ}$ , bei der Heißwasserheizung  $50\text{--}200^{\circ}$ . Die erstere gibt eine milde und gleichmäßige Wärme; sie eignet sich sehr gut für Dauer-

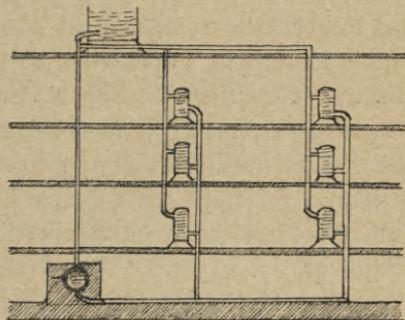


Fig. 68.

heizung, weniger für unterbrochenen Betrieb, da das Anheizen mehrere Stunden währt. Auch ist in den Ruhepausen die Gefahr des Einfrierens vorhanden. Der Betrieb ist verhältnismäßig billig und vor allem einfach; die erste Anlage ist allerdings ziemlich teuer. Sie hat in Schulen, Krankenhäusern, Warmhausanlagen in Gärtnereien vielfach Eingang gefunden. Bei der Hochdruckheizung verringern sich die Anlagekosten bedeutend, da statt des Kessels Heizschlangen verwendet werden und die Heizkörper in den einzelnen Räumen von viel geringerer Ausdehnung sind. Die Anlage muß auf einen Druck von 150 Atmosphären geprüft werden. Die entwickelte Wärme ist nicht milde und die Temperatur der Heizkörper so hoch, daß aufliegender Staub verbrennt, was zur Erzeugung übler Gerüche führt.

**Die Dampfheizung.** Bei dieser gibt der Wasserdampf seine Wärme an den Heizkörper ab. Entweder man verwendet Dampf von sehr niedriger Spannung, der sich in einem aus Rippen hergestellten Heizkörper verdichtet und dabei pro Kilogramm 536 Wärmeinheiten an diesen abgibt, oder man verwendet hochgespannten Wasserdampf, der an einen Heizkörper von geringer Ausdehnung seine Wärme abgibt. Danach unterscheidet man Niederdruck- und Hochdruckdampfheizung. Die letztere Form findet in den Eisenbahnwagen Verwendung. Die Niederdruckdampfheizung hat vielfach in Schulen und öffentlichen Gebäuden auch als Dauerheizung Verwendung gefunden. Der Dampf wird in einem gewöhnlichen Kessel erzeugt; das Kondensationswasser fließt aus dem Heizkörper in einen Sammler und von diesem durch eine besondere Rohrleitung in den Kessel zurück. Wesentliche Verbesserungen, selbsttätige Regulierung der erzeugten Dampfmenge je nach Verbrauch und Temperatur, Beheizung des Kessels durch Dauerbrandanlagen haben dieser Form auch Anwendung verschafft zur Heizung kleinerer und größerer Wohnhäuser; zumal die Bedienung durch einen gelernten Heizer und Wärter überflüssig ist.

Was die Kosten der einzelnen Heizungsanlagen betrifft, so hat darüber das Landesmedizinalkollegium in Sachsen Erhebungen angestellt. Die sachgemäß in 40 Lehranstalten ausgeführten Untersuchungen haben ergeben, daß je 100 cbm zu heizender Raum erfordern bei:

Luftheizung . . . .	pro Tag	0,16 M.	für Heizung,	Anlagekosten	M. 270.—
Dampfheizung . . . .	" "	0,15 "	" "	" "	650.—
Heißwasserheizung . .	" "	0,13 "	" "	" "	350.—
gewöhnl. Ofenheizung "	" "	0,22 "	" "	" "	90.—

Am wenigsten günstig stellt sich also die Ofenheizung, die auch unter Berücksichtigung erzielter gleichmäßiger Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt der Luft und Verunreinigung der letzteren die schlechteste war.

## 11. Kapitel.

**Heizungsanlagen.**

Während die Heizungsanlagen dazu dienen, in den von uns bewohnten Räumen eine angenehme Wärme und angemessene Temperatur zu erzeugen, bedürfen wir im Haushalt, im Kleingewerbe und in der Großindustrie anderer Anlagen zum Kochen, zur Bearbeitung der Rohstoffe, zur Gewinnung der letzteren: das sind die Heizungsanlagen. Für den Haushalt kommen in Betracht: der englische Herd, der Grubeofen, der Petroleum-, der Gas- und der Spirituskocher, zu denen sich endlich noch die elektrischen Kochapparate gesellen.

**Der englische Herd.** Einen großen Aufschwung nahmen die Heizungsanlagen nach der Erfindung der Dampfmaschine. Hier erkannte man die Wichtigkeit der vollkommenen Ausnutzung des Brennmaterials. Die Grundsätze, die für die Heizung von Dampfkesseln allmählich maßgebend wurden, fanden auch Berücksichtigung bei der Anlage von Küchenheizungen und führten zum Bau sogenannter englischer Herde. Diese besitzen einen kastenförmigen, eisernen Verbrennungsraum, dessen Wände mit feuerfesten Steinen ausgefetzt sind. Der Boden besteht aus einem Rost, der bei größeren Anlagen aus einzelnen Stäben hergestellt ist, die bei Abnutzung jeder für sich auszuwechseln sind. Bei kleineren Herden sind die Stäbe zu einem Gitterrost vereinigt. Die Größe der Spalten, die man in ihrer Gesamtheit als „freie Rostfläche“ bezeichnet, muß zur Größe des Verbrennungsraums im richtigen Verhältnis stehen, weil durch sie hindurch so reichlich Luft zugeführt werden muß, daß eine möglichst vollkommene Verbrennung stattfindet. Unter dem Rost befindet sich der Aschenfall, der gleichfalls einen kastenförmigen Raum darstellt. Aschenfall und Verbrennungsraum sind vorn durch Türen zu verschließen. Der Tür des letzteren gegenüber liegt die Feuerluke, die Öffnung für den Abzug der Verbrennungsgase. Diese werden, bevor sie in die Esse abziehen, in Kanälen um Brat- oder Backfassen herumgeleitet, wodurch eine bessere Ausnutzung der erzeugten Wärmemenge erzielt wird. Nach oben wird die Wärme an die

Herdplatte abgegeben, die an einer oder mehreren Stellen Öffnungen besitzt. Diese können durch Ringe und Platten verschlossen werden. Ihre Entfernung ermöglicht das Kochen auf freiem Feuer. Bei den meisten englischen Herden ist die Wärmeausnutzung sehr gering, sehr häufig nur 8%. Der Grund dafür liegt einerseits in der mangelhaften Anlage, andererseits im Betrieb. Wo der Herd unmittelbar an der Wand steht, die Heizgase also direkt in den Schornstein gehen, beträgt die Temperatur der letzteren beim Verlassen des Herdes meist noch 3—400°. Da 200° vollständig genügen, um in der Esse einen guten Zug hervorzubringen, so geht eine große Wärmemenge nutzlos verloren. Wo neben der Küche ein Zimmer liegt, würde man in diesem sehr gut einen Kachelaufbau an der betreffenden Wand herstellen können, durch den die Heizgase des Herdes zum Schornstein geleitet würden. Er wäre vollständig imstande, das Zimmer zu heizen, ohne daß hierfür mehr als die Kosten der Anlage in Rechnung zu bringen wären. Auch die Größenverhältnisse der freien Rostfläche, des Verbrennungsraumes, der Feuerluke und des Schornsteins, sowie die vorhandene Regulierung des Zuges sind selten einwandfrei. In jedem Fall werden aber die Betriebskosten unnütz erhöht. Da wir es im Hause mit fertigen Anlagen zu tun haben, woran selten etwas zu ändern ist, müssen wir uns nach dieser Seite in das Unvermeidliche fügen. Was wir aber tun können, sollen wir auch machen, Betrieb und Wartung des Herdes so gestalten, daß wir bei kleinster Menge an Brennstoff größte Wärmemenge erhalten. Dagegen wird viel gesündigt. Das Heizmaterial, das für den Herd hauptsächlich in Betracht kommt, ist die Kohle. Sie entwickelt stets zu Anfang der Erwärmung eine Menge von Gasen und Dämpfen. Diese müssen verbrennen, andernfalls verschwenden wir große Mengen Heizmaterial und vergrößern die Rauchplage, die selbst bei guter Heizung noch groß genug ist. Damit sie verbrennen, muß für die nötige Menge Luft und für Berührung mit der Flamme gesorgt werden. Deshalb ist zunächst notwendig, daß die freie Rostfläche erhalten bleibt; Schlacken und Aschenteile müssen aus den Zwischenräumen der Roststäbe sorgsam entfernt werden. Dann ist darauf zu sehen, daß die Feurung stets

in der Richtung von der Thür nach der Feuerluke verbrennt. Beim Nachgeben von Brennstoff ist also die Feuertür zu öffnen, dann die Glut nach hinten zu schieben und endlich auf den freigewordenen Raum vorn das neue Brennmaterial zu geben. Wer so verfährt, erreicht eine allmähliche Erwärmung von hinten nach vorn, eine langsame Gasentwicklung unter gleichzeitiger reichlicher Luftzuführung. Das Gemisch streicht über die Glut, entzündet sich und verbrennt, spendet uns dabei die freiwerdende Wärme und erzeugt wenig Rauch. Wer aber anders verfährt, tut es zum Schaden seines Geldbeutels. Ein Unfug ist es, die Ringe aus der Herdplatte zu entfernen, und dann durch diese Öffnung den Brennstoff aufzufüllen. Die Gase werden in diesem Falle in großer Menge entwickelt, kommen aber nur mit der Luft in Berührung, die beim Hindurchstreichen durch die glühende Kohle ihren Sauerstoff bereits eingebüßt hat. Sie entweichen dann unverbrannt mit dem Stickstoff und der Kohlensäure, reißen auch feinverteilten Kohlenstoff mit und führen so zur Vergrößerung der Rußplage, ohne daß die in ihnen aufgespeicherte Wärme frei wird. Die Ringe sind dazu da, das Kochen und Braten auf freiem Feuer zu ermöglichen, nicht zum Nachfüllen von Kohlen, was einzig und allein durch die Ofentür erfolgen darf. Ein einfaches Rechenexempel mag hier zeigen, wieviel eine sorgsame Hausfrau durch richtiges Heizen sparen kann. Sie gebrauche bei schlechter Bedienung des Herdes 4 cbm Kohlen zum Preise von M. 15.— pro cbm, also M. 60.— für Feurung in der Küche bei Ausnutzung von 8% der möglichen Wärmemenge. Steigert sie die letztere durch ihre Aufmerksamkeit und Sorgfalt auf 20%, so sinkt der Kohlenverbrauch auf 1,6 cbm, die Kosten verringern sich also um M. 36.—, ohne daß jemand davon einen Nachteil, alle aber einen Vorteil durch die geringere Rußbildung haben.

**Der Grudeherd.** Er ist hauptsächlich in einigen Gegenden Mitteldeutschlands beliebt, wo infolge von Braunkohlenlagern und der Verwertung der Braunkohle zur Herstellung von Paraffin Braunkohlenfoks oder Grude leicht erhältlich sind. Der Grudeherd besteht aus dem Verbrennungs- und dem Heizraum. Beide bilden zusammen einen einzigen Herdkasten. Der untere Teil besteht aus

einer den Kasten seiner Länge und Breite nach füllenden Schublade aus Eisen, die zum großen Teil mit Grudeasche gefüllt ist. In der Mitte dieser Asche vollzieht sich die langsam fortschreitende Verbrennung der Grude, die ihre Verbrennungswärme direkt an den darüber befindlichen Heizraum abgibt. Der letztere ist nur durch einige Stäbe, die Töpfen und Schüsseln einen Halt geben sollen, von dem ersteren getrennt. Vorn ist er durch eine Tür verschlossen, hinten geht von ihm aus das Rauchrohr in die Esse. Das Feuer läßt sich, falls man die glühende Grude mit Asche bedeckt, ungemein lange hinhalten. Eine große Wärmemenge kann der Ofen natürlich nicht liefern; auch gelangen Verbrennungsprodukte ins Zimmer, die nicht ganz geruchlos sind.

**Die Petroleumkocher.** Wo es gilt, vorübergehend Wärmemengen zum Wärmen und Kochen zu erhalten, wird die Benutzung des Herdes unwirtschaftlich, und man bedient sich mit Vorteil flüssiger Brennstoffe, die einmal keine teure Heizanlage beanspruchen und deren Weiterbrennen sich verhindern läßt, sobald die weitere Wärmezufuhr unnötig wird. Daneben haben derartige Kocher noch den Vorteil, daß sie sich leicht transportieren lassen, ihre Verwendung also nicht an den Ort gebunden ist. In den gewöhnlichen Petroleumöfen wird das Erdöl durch einen oder mehrere, meist flache Dochte hochgesaugt und wie in den Lampen verbrannt, wobei es mit Flamme verbrennt. Alle Nachteile der Lampen haften also auch diesen Öfen an. Sie bedürfen einer scharfen Überwachung, um das Rußen zu verhindern; sie sind sämtlich nicht geruchlos und die Verbrennung mit Flamme gestattet keine volle Ausnutzung des Heizwertes. Da eine Schornsteinanlage fehlt, gelangen die Verbrennungsprodukte ins Zimmer und tragen wesentlich zur Verschlechterung der Luft bei. Wie die Lampen, so erfordern die Öfen saubere Reinigung und besonders ein gutes Herrichten des Dochtes. Das Schwitzen und Überlaufen des Petroleums macht die Handhabung mit dem Ofen nicht gerade angenehm. Die Betriebskosten sind nur mäßig. Man hat vielfach andere Formen gebaut, die das Petroleum nicht leuchtend verbrennen lassen; allgemeinere Einführung hat bis jetzt keine gefunden.

**Die Spirituskocher.** Ein bedeutend angenehmeres Brennmaterial als das Petroleum bietet der Spiritus; zumal er mit nichtleuchtender und nichttrübender Flamme verbrennt; allerdings kann er an Billigkeit nicht mit dem Petroleum konkurrieren. Der einfache Spirituskocher läßt die Brennflüssigkeit in einer Schale verbrennen. Die breite wehende Flamme gestattet aber nicht die volle Ausnutzung der Verbrennungswärme. Durch Verbesserungen hat man es dahin gebracht, daß der Spiritus gleichmäßig und vollkommen verbrennt. Derartige Spirituskochapparate stehen den Gaskochern an Leistungsfähigkeit kaum nach und haben den Vorteil, daß sie auch da zu verwenden sind, wo eine Gasanstalt oder der Anschluß an eine solche fehlen. Vorzügliche Kocher werden von der Gesellschaft für Spiritusverwertung, Berlin C, in den Handel gebracht, die wohl eine kurze Betrachtung beanspruchen dürfen. Der Hauptvorteil liegt wie bei allen modernen Spirituskochern darin, daß der Spiritus vor dem Verbrennen vergast wird. Meist tritt das Gas aus einem ringförmigen Kranz kleiner Löcher am oberen Teil des Brenners aus. Die Flamme besteht also aus einer großen Anzahl kleiner Spiritusgasflammen. Die weitere Verbesserung besteht darin, daß man die Brenner regulierbar gemacht hat. Wo es sich darum handelt, schnell etwas zum Kochen zu bringen, bedarf man einer größeren Wärmemenge als dort, wo eine siedende Flüssigkeit auf dieser Temperatur erhalten werden soll. Durch einfaches Drehen eines Schlüssels kann man die Flamme regulieren. Diese Brenner haben sich in all den Fällen bewährt, wo es sich um das Kochen und Warmhalten geringer Mengen handelt. Die obengenannte Gesellschaft hat nun Apparate in den Handel gebracht, die größeren Anforderungen genügen. Sie ähneln in Form und Anlage den Gaskochern (Fig. 69). Um den Ofen in Betrieb zu setzen, wird ein Ventil geöffnet. Aus diesem tritt eine geringe Menge Spiritus in eine unter dem Brenner befindliche Schale. Nachdem das Ventil wieder geschlossen ist, wird der Spiritus entzündet. Jetzt wird das Ventil wieder geöffnet. Das erzeugte Gas tritt aus einer feinen Öffnung, mischt sich mit Luft und tritt dann aus den feinen Löchern des Brenners aus, wo es fast farblos verbrennt. Die Flamme ist leicht zu regulieren, dabei ist der Betrieb sparsam.

Ein Liter Wasser wird in ca. 8 Minuten zum Sieden gebracht, wozu ca.  $\frac{1}{30}$  Liter Spiritus (also 1 Pf. Kosten) erforderlich ist. Um 5 Liter Flüssigkeit 1 Stunde lang bei kleingestellter Flamme im Kochen zu erhalten, ist ungefähr  $\frac{1}{8}$  Liter Spiritus notwendig, was ca. 4 Pf. Kosten verursacht. Wo es sich also nicht um die Herstellung sehr umfangreicher Mahlzeiten handelt, ist der Betrieb kein allzu kost-

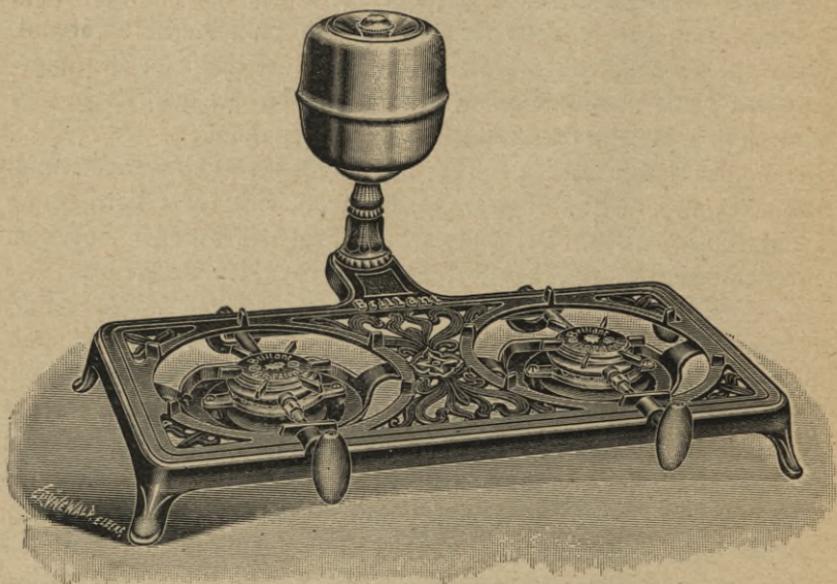


Fig. 69.

spieliger, zumal wir der Annehmlichkeiten gedenken müssen. Kein umständliches Anheizen ist erforderlich; wir haben nicht nötig zu warten, bis ein genügend starkes Feuer vorhanden ist, bis alle Teile des Ofens hinreichend erwärmt sind. Ist das Getränk, ist die Speise bereitet, so wird der Kocher abgestellt, wodurch jeder weitere Verbrauch von Brennmaterial aufhört. Im Herd würde die vorhandene Kohlenmenge weiterhin nutzlos verzehrt werden. Während bei dem letzteren die nutzbare Wärmemenge 8—20% beträgt, also  $\frac{8}{10}$ — $\frac{9}{10}$  unbenutzt verloren gehen, werden bei guten Spirituskochapparaten 60—70% wirklich zum Kochen verwandt. Wir

sehen also, daß die Benutzung des Spiritus keineswegs unwirtschaftlich ist; nur muß man für einen guten Kocher sorgen. Dieser ist in der Anschaffung teurer, trägt aber durch Minderverbrauch an Brennstoff die Mehrkosten der Anschaffung leicht wieder ein.

**Die Gaskocher.** Während die Kohlenfeuerung in den Herden nur eine sehr beschränkte Ausnutzung des Brennmaterials gestattet, läßt sich diese in gut konstruierten Gasöfen auf 98% erhöhen. Damit haben wir in ihm einen vorteilhaften Heizapparat. Leider kann er nur da Verwendung finden, wo eine Anlage für das nötige Gas sorgt, und der Anschluß an das Rohrnetz einer Gasanstalt möglich ist. Jeder Gaskocher besteht aus einem Brenner, der dem einfachen von Bunsen (S. 22) ganz ähnlich ist. In allen Fällen tritt das Gas aus einer kleineren oder größeren Öffnung in ein Mischrohr, das in dem Teil, der den Brenner umgibt, Löcher besitzt, durch die von dem einströmenden Gas Luft mitgerissen wird. Gas und Luft mischen sich und strömen aus Öffnungen des Mischrohrs aus, wo das Gemenge entzündet wird. Der leuchtende Teil der Gasflamme ist verschwunden; das Gemenge verbrennt nichtleuchtend. Die Flamme kann direkt zum Kochen benutzt werden, wie dieses bei allen offenen Gaskochern der Fall ist. Auch kann der Apparat mit einer Heizplatte aus Eisen versehen werden, die dann ihre Wärme an Töpfe und Geschirr abgibt. Gute Gaskocher, bei denen eine vollständige Verbrennung des Gases erzielt wird, werden für die verschiedensten Zwecke und in den verschiedensten Größen von vielen namhaften Fabriken in den Handel gebracht. Ihre Vorteile liegen in der leichten Aufstellung, dem leichten Anzünden und der Möglichkeit, die entwickelte Wärmemenge recht vollständig auszunutzen. Die Regulierung des Gaszuflusses durch einen Hahn gestattet, nur soviel Wärme zu entwickeln, als gerade erforderlich ist. Das Schließen des Hahnes hebt jeden weiteren Brennstoffverbrauch auf. Die nichtleuchtende Flamme scheidet keinen Ruß ab, die Töpfe bleiben sauber und die Betriebskosten sind gering, weil die Ausnutzung der Verbrennungswärme eine sehr vollständige ist. Diese Vorteile zeigen sich allerdings nur da, wo mit Sorgfalt der Gaszufluß geregelt wird. Ob auf dem Herd, der einmal schon des Zuges wegen die erforderliche

Kohlenmenge verlangt, das Wasser heftig siedet oder nur eben noch im Kochen erhalten wird, das beeinflusst den Verbrauch an Kohle kaum. Ganz anders liegt die Sache bei dem Gaskocher, wo die heftige Dampfbildung auf Kosten des zuviel verbrauchten Gases geschieht. Bei dem Herdfeuer pflegen wir, um ein abermaliges Anzünden des Feuers, ein erneutes Anwärmen des Ofens zu vermeiden, das Feuer hinzuhalten, was entschieden wirtschaftlich ist. Lassen wir aber das Gas unnütz brennen, so ist das Verschwendung, die sich bitter rächt, indem die Rechnung der Gasanstalt nachher recht groß wird. Ein Übelstand der offenen Gaskocher, den sie mit den Spiritus- und Petroleumöfen teilen, ist der Austritt der Verbrennungsprodukte in die Wohnung, wodurch die Luft verschlechtert wird. Bei geschlossenen Gaskochern ist es möglich, die Gase in die Esse zu entführen. Dies ist unbedingt dort anzuraten, wo sehr umfangreiche Gaskochanlagen stundenlang benutzt werden. Die Verbrennungsprodukte bestehen fast ausschließlich aus Wasserdampf und Kohlenäure; sie werden nur da schädlich, wo allzuviel Gas verbrennt, ohne daß ausreichend für Lüftung gesorgt wird. Auf eines muß aber noch hingewiesen werden. Fehler in der Bauart, häufig auch ein zu weitgehendes Eindrehen der Flamme läßt diese zurückschlagen. Das Gemisch verbrennt nicht mehr an den Öffnungen des Mischrohrs, sondern das Gas verbrennt innerhalb des letzteren an der Austrittsöffnung des Zuleitungsrohrs. Abgesehen davon, daß dieser Vorgang, wenn er andauert, den Brenner zerstört, bilden sich bei der unvollkommenen Verbrennung Produkte von unangenehmem Geruch und giftigen Eigenschaften. Äußerlich ist das Herunterschlagen daran zu erkennen, daß die Flamme eine matt-rötliche Farbe annimmt. Dann ist der Hahn zu schließen und nach dem Wiederöffnen das Gas aufs neue zu entzünden. Da das Leuchtgas sehr giftiger Natur ist, müssen die Hähne bei Nichtbenutzung gut verschlossen gehalten werden. Wo die Zuleitung durch Schläuche mit dem Kocher verbunden ist, muß die erstere einen Haupthahn besitzen, damit die Schlauchverbindung nicht dauernd unter Druck steht. Gewöhnliche Gummischläuche lassen stets, wenn sie älter werden, Gas durch, was sich durch seinen Geruch verrät. Dann müssen

sie erneuert werden. Besser sind die Stahlspiralschläuche, zumal da, wo Kocher und Gaszuleitungsrohr dauernd verbunden bleiben. Von den Gaskochern, die besonderen Zwecken dienen, mögen hier die Anlagen zum Heizen von Badeöfen und für Heißwasserleitung erwähnt sein. Auch für die Heizung von Wohnräumen, Schulzimmern usw. kommt das Gas in Betracht. Die Verbrennung erfolgt nach denselben Grundsätzen; stets aber ist hier der Anschluß an den Schornstein notwendig. In den meisten Fällen wird eine derartige Heizung zu kostspielig und kann mit den anderen Heizanlagen nicht konkurrieren; auch sind bei verkehrter Handhabung Unglücksfälle nicht ausgeschlossen. Die Wärmeabgabe erfolgt an metallene, mit Rippen versehene Heizkörper, die ihrerseits die Wärme an die Luft ausstrahlen.

**Das elektrische Kochen und Heizen.** Weniger noch als auf dem Gebiete der Beleuchtung ist die Elektrizität imstande auf dem der Heizung den Kampf aufzunehmen, wenn die elektrischen Koch- und Heizanlagen auch ganz unverkennbare Vorzüge haben. Wie bei dem elektrischen Glühlicht, so handelt es sich auch hier um die Wärmewirkung des elektrischen Stromes, die da eintritt, wo er einen Leiter durchfließt. Die Größe der Wärmeentwicklung hängt, wie wir gesehen haben, nur von der Stromstärke und dem Widerstande ab. Da wir es in der Hand haben, diese ganz beliebig groß zu machen, so können wir innerhalb des Leiters jede Temperatur erzeugen. Diese liegt, wo es sich um das Heizen handelt, unter  $200^{\circ}$  C. Angenommen nun, es sollte ein Zimmer geheizt werden. Wir wollen eines von mittlerer Größe wählen, 5 m lang, 4 m breit,  $3\frac{1}{2}$  m hoch. Die Außentemperatur betrage  $-10^{\circ}$  C., innen wünschen wir  $20^{\circ}$  C.; dann müssen wir pro Minute ungefähr 35 Kalorien zuführen. Diese werden erzeugt durch einen Strom von 24 Ampere Stärke, wenn er die gewöhnliche Spannung von 100 Volt besitzt. Dieser Strom speist 48 16kerzige Kohlenfadenlampen. Die von diesen erzeugte Wärme geht ohne Verlust ins Zimmer; wir hätten also bei einer derartigen Beleuchtung die Heizung als Zugabe. Aber die Kosten! Der Verbrauch (100 Volt 24 Amp.) beträgt 2400 Watt oder 2,4 Kilowatt, die von einem Elektrizitätswerk bezogen mit M. 1.20 pro Stunde berechnet werden. Eine 10stündige Heizung

des Zimmers würde also M. 12.— kosten; das wäre bei Einrichtung eines Hauses eine Ausgabe, die sich nur ein amerikanischer Milliardär leisten kann. Trotzdem sind mit der elektrischen Heizung praktische Versuche gemacht worden und zwar an Orten, wo infolge vorhandener Wasserkraft der Strom außerordentlich billig ist. In größerem Maße schon hat die elektrische Heizung zur Erwärmung von Kochgeschirr Verwendung gefunden. In diesen Fällen ist der Topf von dem Netz des stromdurchflossenen Leiters umgeben und erhält von diesem die Wärme. Der Leiter selbst ist nach außen durch eine Asbestpackung gegen Wärmeverlust geschützt. Das Ganze ist in ein Metallgefäß eingeschlossen. Die einfache Einschaltung des Stromes genügt, um den Inhalt des Topfes oder Kessels zu erhitzen. Vollständige Sauberkeit, Geruch- und Gefahrlosigkeit sind die Vorzüge, wenn nur die hohen Kosten nicht wären. Auch Bügeleisen mit elektrischer Erwärmung sind hergestellt und mancherlei andere elektrische Heiz- und Kochapparate. Solange aber der Preis für die Stromabgabe auf jeziger Höhe bleibt, sind sie alle miteinander mehr Luxus- als wirkliche Gebrauchsgegenstände.

Zu erwähnen wäre hier noch die Ausnutzung der außerordentlich hohen Temperatur des elektrischen Lichtbogens, die man einerseits zum elektrischen Schweißen von Eisen, andererseits zum Schmelzen schwererschmelzbarer Körper benutzt. Einen solchen elektrischen Schmelzofen zeigt die nebenstehende Figur (Fig. 70). Er stammt aus der Fabrik von Max Kohl, Chemnitz. Derartige Öfen dienen auch zur Herstellung von Calciumcarbid (S. 80).

Besonders hohe Hitzegrade lassen sich auch durch Anwendung von Thermit erzielen. Es ist dies meist eine Mischung von Eisenoryd und Aluminiumfeilspänen. Der wirksame Bestandteil ist das Aluminium. Dieses weiße, glänzende Metall ist stets mit einer ganz feinen Haut von Aluminiumoryd überzogen, die das darunterliegende Metall gegen die Einwirkung des Luftsauerstoffs schützt. Bringen wir einen schmalen Streifen von dünnem Aluminiumblech in die Flamme eines Bunsenbrenners, so schmilzt das Metall. Die geschmolzene Masse tropft aber nicht ab, sondern bleibt in dem Orydüberzug wie in einem Beutel hängen, woran sich die Festigkeit der

Aluminiumasche erkennen läßt. Von dieser Haut befreit, würde sich das Metall mit dem Sauerstoff sofort verbinden, da es eine Verwandtschaft zu dem letzteren besitzt, deren Größe kaum von einem andern bekannten Körper erreicht wird. Ist die Verbrennung einmal eingeleitet, so schreitet sie mit außerordentlicher Hestigkeit fort, wobei die Temperatur auf 3—4000° steigt. Das Aluminium nimmt dabei den Sauerstoff, wo es ihn findet. Darauf beruht die Anwendung von Thermit. Das Gemisch von Aluminiumfeilspänen

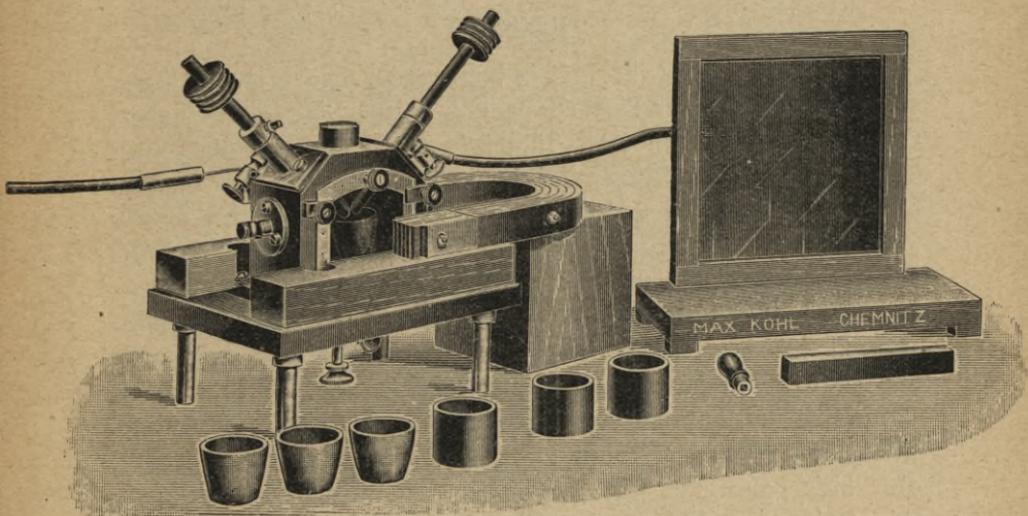


Fig. 70.

und Eisenoxyd wird mittels einer Zündkirsche, die aus Aluminiumstaub und Salpeter besteht, entzündet. Dann verbrennt das Metall, wobei es dem Eisenoxyd den Sauerstoff entzieht, so daß metallisches Eisen entsteht, das sich in flüssiger Form am Boden des Tiegels sammelt. Das Thermit hat mannigfache Anwendung gefunden, hauptsächlich dient es zur Vereinigung von Eisenstücken; doch haben auch die Diebe sich die Erfindung zu Nutzen gemacht, um mit Hilfe des Thermits Löcher in die eisengepanzerten Geldschränke zu schmelzen.

Anschließend hieran wären die Feuerungsanlagen der Großherding, Beleuchtung u. Heizung.

betriebe zu besprechen. Die Grundgedanken sind bereits bei den Heizmaterialien besprochen; die Einzelheiten in den Einrichtungen gehen je nach den Zwecken, denen sie dienen sollen, sehr weit auseinander und ihre Betrachtung kann im Rahmen dieses Buches nicht erfolgen. Fast überall ist man von der direkten Kohlenfeuerung zur Gasheizung übergegangen, wobei Generator-, Wasser- und Mischgas Verwendung finden.

### Rückbild.

Nachdem wir miteinander, dem Gange der Entwicklung folgend, die großen Gebiete der Beleuchtung und Heizung durchstreift haben, mögen wir jetzt einen Blick rückwärts tun. Der gewaltige Aufschwung hat im verflossenen Jahrhundert seinen Anfang genommen, ohne daß zurzeit ein Ende abzusehen ist. Gerade in der Gegenwart sind Gelehrte und Techniker bemüht, das Gewonnene und Bestehende zu vervollkommen, Neues und Besseres zu finden und an die Stelle des Alten zu setzen. Während Beleuchtungs- und Heizungsanlagen für den Großbetrieb sich immer wirtschaftlicher gestalten und einen hohen Grad von Vollkommenheit erreicht haben, sind die Fortschritte im hauswirtschaftlichen Betrieb keineswegs bedeutend. Nicht, daß es nicht gelungen wäre, gute Einrichtungen zu treffen; aber diese haben nur sehr spärlich Eingang gefunden. Wirtschaftliche Anlagen verlangen eine tieferegehende Kenntnis; in das Neue muß man sich mit Liebe hineinarbeiten; die ersten mißlungenen Versuche dürfen nicht abschrecken; vielmehr müssen wir nach den Ursachen des Mißlingens forschen, um so Erfolge zu erreichen. Vielfach bleibt man dem Alten getreu, weil das Neue uns zunächst ungewohnt und häufig auch unbequem ist; lieber werfen wir das Geld zum Fenster hinaus, als daß wir uns in unserer Gemütslichkeit stören lassen, und doch sind gerade Beleuchtung und Heizung die Gebiete, wo gespart werden und wo bei sorgfamer Wirtschaft viel für die Gesundheit der Hausbewohner geschehen kann. Dieser Einsicht kann sich der nicht verschließen, der die chemischen und physikalischen Grundlagen begriffen hat, und deswegen sind diese

im vorliegenden Buch recht ausführlich behandelt worden. Mögen sie eifrig studiert werden, damit die vielen Verfündigungen auf den Gebieten der Beleuchtung und Heizung an Zahl abnehmen.

Ein Einfluß auf die Auswahl von Öfen und Herden steht uns vor allem in den Großstädten meist nicht zu. Wir haben es in den Mietswohnungen mit fertigen Anlagen zu tun. Leider sind diese sehr selten einwandfrei. In den meisten Fällen ist nach dem Grundsatz „billig und schlecht“ ausgewählt worden, um an Baukosten zu sparen. Was kümmert es den Hauswirt, wieviel Brennmaterial seine Mieter ungenutzt vergeuden müssen. Klare Einsicht der letzteren in die Verhältnisse vermag auch hier allmählich eine Besserung herbeizuführen. Ablehnung von Wohnungen mit schlechten Heizanlagen wird zur Folge haben, daß mit der Zeit Besserung eintritt.



## Register.

- Abkühlung einer Flamme**  
 durch ein Drahtnetz 16  
 — — durch Wärmeleitung 15  
**Affinität** 13  
**Ammoniak** 70  
**Ammoniakwasser** 62  
**Ampere** 86  
**Anilinfarben** 70  
**Anode** 85  
**Anthrazen** 70  
**Anthrazenöl** 69  
**Anthrazit** 120  
**Arbeit, als Wärmequelle**  
 5  
 — Begriff der 5  
**Argandbrenner** 74  
**Atom** 12  
**Auers Osmiumlampe** 99  
**Auer von Welsbach** 75  
**Aufstellung der Gasuhr**  
 73  
**Auslöschfen von Petroleumlampen** 56  
**Azethlen** 40, 79  
 — apparat 80  
 — automaten 81  
 — radfahrlaternen 81  
  
**Bäcktorf** 117  
**Benzin** 50  
  
**Benzol** 70  
**Bienenwachs** 40  
**Bogenlampe, elektr.** 105  
 — Regulierung 107  
**Bohrlöcher-Temperaturen** 6  
**Bohrtürme (Petroleum)**  
 49  
**Böttger** 19  
**Brandscheibe** 55  
**Braunkohle** 117  
**Braunkohlenbrifetts** 118  
**Bremerlicht** 110  
**Brennöil** 45  
**Brennstoffe** 114  
**Brifetts, Brannkohlen-**  
 118  
 — Steinkohlen- 121  
**Bunsenbrenner** 22  
**Bunsens Photometer** 35  
  
**Cadeofen** 141  
**Calciumcarbid** 80  
**Ceresin** 42  
**Ceroghd** 75  
**Chemischer Prozeß** 9  
 — als Wärmequelle 13  
**Chemische Verwandtschaft** 13  
**Chinesisches Wachs** 41  
  
**Dampfheizung** 150  
  
**Dauerbrandlampe** 112  
**Dauerbrandofen** 135, 139  
**Dauer der Verbrennung**  
 23  
**Davy (Lichtbogen)** 106  
**Davys Sicherheitslampe**  
 16  
**Differentiallampe** 108  
**Docht** 43  
**Dochtkohlen** 107  
**Dochtspieß** 43  
**Dolanbrenner** 82  
**Doppelbrenner** 81  
**Druckregulator** 65  
**Drummondsches Kalklicht**  
 75  
**Durchlüftung geheizter**  
 Zimmer 30  
**Dynamomaschine** 88  
  
**Edelmetalle** 9  
**Edison** 92  
**Einfache Gasanstalt** 58  
**Einlochbrenner** 73  
**Eiserner Ofen** 135  
**Elektrische Arbeit** 86  
 — Glühlampen 91  
**Elektrischer Schmelzofen**  
 160  
 — Strom 83  
**Elektrisches Bogenlicht**  
 39, 105

Elektrisches Heizen 159  
 — Kochen 159  
 Elektrizität (Menge) 86  
 Elektrolyt-Bogenlicht  
 111  
 Elektromotorische Kraft  
 86  
 Element, chemisches 12  
 — galvanisches 84  
 Entflammungspunkt 51  
 Entzündung 14  
 Entzündungstemperatur  
 14  
 Erdnußöl 46  
 Erdöl 47, 121  
 Erdwachs 42  
 Erdwärme 6  
 Esse 132  
 Erhäufstor 63  
 Explosion 15, 23  
 — von Leuchtgas 67  
 — von Petroleumlam-  
 pen 56  
 Explosivstoffe 15  
 Fassung (Glühlampen-)  
 94  
 Feuchtigkeitsgehalt der  
 Luft in geheizten  
 Zimmern 130  
 Feuerkorb 133  
 Feuerungsanlagen 151  
 Fette 41  
 Fettgas 78  
 Fettkohlen 120  
 Fettsäuren 41  
 Finfen 105  
 Fischschwanzbrenner 74,  
 81  
 Flachdochtlampe 54  
 Flamme 19  
 — Bestandteil der 20

Flamme, Entleuchten der  
 22  
 — Leuchtendmachen der  
 22  
 Flammenbogen 88, 106  
 — Wandern des 110  
 Flammkohlen 120  
 Fledermausflügelbren-  
 ner 74  
 Flöz, Steinkohlen- 119  
 Füllen der Gasuhr 72  
 Gasanstalt 59  
 — einfache 58  
 Gasausbeute 66  
 Gasbeleuchtung 38, 57  
 Gasbrenner 73  
 Gasgeruch, Verhalten bei  
 Wahrnehmung von  
 G. 68  
 Gasglühlicht 39, 74  
 Gasglühlichtbrenner 16  
 Gaskocher 157  
 Gasleitung 65  
 Gasmachen (Wassergas)  
 128  
 Gasquellen, natürliche  
 121  
 Gasometer 64  
 Gasreinigungsmaße 70  
 Gaswasser 70  
 Gasuhr 71  
 Galvanisches Element 84  
 Galvanoskop 83  
 Gelöschter Kalk 13  
 Generator 126  
 Generatorgas 125, 126  
 Geschichte der Beleuch-  
 tung 37  
 — der Kerze 45  
 — des Leuchtgases 57

Giftigkeit des Leuchtgases  
 68  
 Glafen Nachtlicht 46  
 Glaselektrizität 84  
 Gleichstrom 89  
 Glühlampen, elektrische  
 91  
 — Fassung 94  
 — Geschichte 91  
 — Herstellung 93  
 — Kosten der Beleuch-  
 tung durch 96  
 — Teile 92  
 Glühstrumpf 75  
 Gluzerin 41  
 Goudron 52  
 Grubengas 66  
 Grude 123  
 Grudeofen 153  
 Halbschatten 32  
 Hanauer Glas 104  
 Harzelektrizität 84  
 Hausgasleitung 73  
 Hefner-Alteneck (Diffe-  
 rentiallampe) 108  
 Hefnerkerze 34  
 Heißblasen (Wassergas)  
 128  
 Heißwasserheizung 149  
 Heizraum 132  
 Heizungsanlagen 129  
 Heizung, Kosten der 150  
 Heräus (Hanauer Glas)  
 104  
 Herd, deutscher 134  
 — englischer 134, 151  
 Hewittlampe 103  
 Holz 115  
 Holzessig 123  
 Holzkohle 121

- Holzteer 123  
Hydraulik 61
- Janduslampe 112  
Jobard 91
- Kachelofen 135, 138  
Kaiseröl 51  
Kalkbrennen 13  
Kalkbrei 13  
Kalklöschchen 13  
Kalkmilch 13  
Kalorie 7, 114  
Kamin 134  
Karburiertes Wassergas 83  
Karnaubawachs 41  
Kathode 85  
Kernschatten 32  
Kerze als Gasfabrik 20  
Kerzenbeleuchtung 40  
Kerzenfabrikation 43  
Kerzenflamme 20  
Knallgasgebläse 74  
Kohlendioxyd 25  
Kohlendunst 26  
Kohlendunstvergiftung 26, 30  
Kohlenoxyd 26  
Kohlensäure 25, 66, 119  
— als Nahrungsmittel der Pflanzen 25  
— Eigenschaften 26  
— Einwirkung auf den Menschen 26  
Kohlenwasserstoffe 29  
Kohlssaatöl 45  
Koks 60, 69, 118, 124  
Koksöfen 124  
Kondensator (Leuchtgas) 61
- Kupfervitriol, Zersetzung durch den el. Strom 85  
Kurzschluß 87
- Lampenbeleuchtung 45  
Lampenzylinder, seine Bedeutung 53  
Leichtöl 69  
Leindotteröl 46  
Leuchtgas, Bestandteile 66  
— Explosion 67  
— Geschichte 38, 57  
— Giftigkeit 67  
— Nebenprodukte 69  
— Preis 71  
— Wirkung auf die Pflanzen 67  
Leuchtkraft 34  
Leuchtöle 51  
Leuchtsteine, künstliche 8  
Lichtäther 15  
Licht, seine Bedeutung 3  
Lichtbogen 88, 106  
Licht, Fortpflanzung 31  
Lichtgießen 43  
Lichtstärke 33  
Licht, Wesen des Lichtes 2  
Lichtziehen 43  
Lokalheizung 132  
Lötofen 134  
Luft als Ursache der Metallveränderung 10  
Luftdurchlässigkeit der Steine 24  
Luftheizung 147  
Lüftung 26, 30, 130, 131  
Luft, Zusammensetzung der 12
- Lupus, Heilung durch Beleuchtung 105
- Maisöl 46  
Man und Sawyer 91  
Massenanziehung 12  
Masut 52  
Magim 92  
Meiler 122  
Metalle, ihre Veränderung beim Erhitzen an der Luft 9  
Meterkerze 36  
Minuselektrizität 84  
Mischgas 79, 125, 128  
Mittelöle 69  
Moleküle 3, 12  
MoHydänlampen 102  
Muffel 93  
Musgraves Ofen 144
- Nachfüllen von Petroleumlampen 56  
— bei Regulieröfen 137  
Nachtlcht 46  
Negative Elektrizität 84  
Nernstlampe 97  
Newton 2  
Normalkerze 34  
Nürnberger Nachtlcht 46
- Ofen, eiserner 135  
Ohm 86  
Ölfeuerung 121  
Ölgas 78  
Öllampen 46  
Öllampenbeleuchtung 37  
Ölsäure 41  
Opalglas 109  
Osmiumlampe 99  
Osramlampe 102

Palmitinsäure 41  
 Paraffin 42  
 Paraffingewinnung 118, 123  
 Paraffinkerzen 44  
 Pechfadel 37  
 Petroleum 47, 121  
 — äther 50  
 — beleuchtung 38  
 — Entstehung 47  
 — Fundorte 47  
 — glühlicht 77  
 — jährliche Produktion 47  
 — Kocher 154  
 — Lampen 53  
 — Quellen 47  
 Pferdestärke 87  
 Phosphor 8  
 Phosphoreszenz 8  
 Phosphorzündhölzer 18  
 Photometer von Bunsen 35  
 — von Rumford 35  
 Platin, seine Verwendung in Glühlampen 93  
 Platten (Plätteisen) 154  
 Pluselektrizität 84  
 Positive Elektrizität 84  
 Pußöle 51  
 Pyrometer 114  
  
 Qualität des Lichtes 37  
 Quecksilberasche, ihre Zerlegung 11  
 Quecksilberdampf Lampe 103  
  
 Radfahrlaternen 81  
 Raseneisenstein 63  
 Rauchrohrklappe 130

Rauchverbrennung 28  
 Regenerator 127  
 Reginalampe 112  
 Regulierofen 135  
 Regulierung bei Bogenlampen 107  
 Reibung als Wärmequelle 4  
 Reibzündhölzer 18  
 Retorte (Gasanstalt) 59  
 Retortengraphit 69  
 Rohbenzin 50  
 Rohpetroleum 49  
 Rostfläche, freie im Herd 151  
 Rüböl 45  
 Rumford 5  
 Rumfords Photometer 35  
 Rundbrenner 54  
 Rußabscheidung 28  
  
 Salmiakgeist 61  
 Sandkohle 120  
 Sauerstoff 12  
 Sauerstoffmangel 23  
 Sawyer und Man 91  
 Schatten 31  
 Scheibenwärmer 74  
 Scheinwerfer 111  
 Schlagende Wetter 119  
 Schlagschatten 32  
 Schmieröle 52  
 Schornsteinanlage 132  
 Schuß 130  
 Schwefel 14, 29  
 Schwefeldioxyd 29  
 Schwefelsaures Ammoniak 70  
 Schwefelwasserstoff 66  
 Schweflige Säure 29  
 Schwerbenzin 51  
 Sesamöl 46

Sicherheitslampe (Davy) 16  
 Sicherheitszündhölzer 19  
 Siemens Generator 126  
 Strubber 62  
 Sonnenbestrahlung 7  
 Spannung 86  
 Spermazetkerzen 44  
 Spiritusglühlicht 77  
 Spirituskocher 155  
 Sprengstoffe 15  
 Stahl und Stein 5  
 Standardstrubber 62  
 Starfbrenner (Petroleum) 55  
 Stationsgasuhr 64  
 Stearinkerzen 43  
 Stearinsäure 41  
 Stechtorf 117  
 Steinkohle 118  
 — Arten 120  
 — Eigenschaften 120  
 — Entstehung 118  
 — Förderung 119  
 Steinkohlenbriketts 121  
 Steinkohlenflöz 119  
 Steinkohlenteer 69  
 Stidende Wetter 119  
 Stidstoff 11  
 Stromrichtung 84  
 Stromstärke 86  
 Sumpfgas 119  
  
 Talg 41  
 Talgkerzen 43  
 Tantallampe 100  
 Teerfarben 70  
 Teergrube 61  
 Teerscheider 61  
 Teerzisterne 61  
 Temperatur 7  
 Thermit 160

- Thermometer 114  
 Thoriumoxyd 75  
 Tiefentemperaturen 6  
 Toluol 70  
 Torf 116  
 Torfmoor 116  
 Trauerkerzen 44  
 Trockengasmesser 71  
 Trockenreiniger 65  
 Trommelgasmesser 71  
 Ultraviolette Strahlen  
   104  
 Uedle Metalle 9  
 Uviollampe 104  
 Ventilation 26, 30, 129,  
   131  
 Verbrennung 14  
 Verbrennungsdauer 25  
 Verbrennungsprodukte  
   25  
 Verbrennungsprozeß 9  
 Verbrennungsraum 132  
 Vergiftung durch Kohlen-  
   dunst 26  
 Volt 86  
 Vorlage (Gasanstalt) 61  
 Wachs 40  
 Wachskerzen 44  
 Walrat 41  
 Walratkerzen 44  
 Wandern des Lichtbogens  
   110  
 Wärme, Bedeutung 3  
   — bedürfnis 151  
   — durch mechanische Ar-  
     beit 5  
   — durch Reibung 4  
   — schemel 154  
   — sinn 1  
   — stoff 2  
   — Wesen der 2  
 Wärmewirkung des elek-  
   trischen Stromes 87  
 Warmwasserheizung 149  
 Wascher (Gasanstalt) 62  
 Wassergas 82, 125, 127  
   — anlage 82  
   — beleuchtung 85  
   — karburiertes 85  
 Wasserheizung 148  
 Wasserstoff 21, 28, 66  
 Wassertöpfe (Gaslei-  
   tung) 65  
 Wasserzerzeugung 28, 85  
 Watt 87  
 Wechselstrom 89  
 Widerstand (Elektrizität)  
   86  
 Wolframlampen 102  
 Zink 70  
 Zentralheizung 137, 147  
 Zerlegung der Queck-  
   silberoxyde 11  
 Zirkonlampe 101  
 Zunahme des Gewichtes  
   bei der Umwandlung  
   der Metalle in Asche  
   11  
 Zündhölzer 17  
   — Herstellung 17  
   — Phosphor- 18  
   — Sicherheits- 19  
 Zündmasse an Zündhöl-  
   zern 19  
 Zurückschlagen der Flam-  
   me bei Gaskochern  
   158  
 Zweifloßbrenner 81







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298999