



## **Der Graetz für Alle**

**Graetz, Leo**

**Stuttgart, 1929**

Sechstes Kapitel. Die Wärme- und Lichtwirkungen des elektrischen Stromes und ihre Anwendungen.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83225](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83225)

## SECHSTES KAPITEL

# DIE WÄRME- UND LICHTWIRKUNGEN DES ELEKTRISCHEN STROMES UND IHRE ANWENDUNGEN

Elektrische Ströme erhält man nicht umsonst. Damit ein Strom in einem Draht fließen kann, muß eine Stromquelle vorhanden sein, sei es ein galvanisches Element oder eine Dynamomaschine. Bei der letzteren müssen wir Arbeit aufwenden, um den Strom zu erzeugen, und bei dem galvanischen Element chemische Energie. Nur durch Aufwendung von Energie in irgend einer Form können wir einen Strom erzeugen, nicht umsonst.

Dieser Aufwand von Energie, der dauernd geleistet werden muß, solange ein Strom fließt, zeigt sich nun darin an, daß jeder Strom einen gewissen *Effekt* besitzt (S. 28), durch welchen er wieder imstande ist, Arbeit zu leisten. Wenn aber der Strom keine wirkliche mechanische Arbeit leistet (wir werden sehen, daß wir Anordnungen treffen können, bei denen er solche mechanische Arbeit leistet), so verwandelt sich die Energie des elektrischen Stromes in *Wärme*. *In jedem Stück eines Leiters, das von einem Strom durchflossen wird, wird Wärme erzeugt, und zwar immer mehr, je länger der Strom fließt, in jeder Sekunde dieselbe Wärmemenge.*

Diese Wärme wird in jedem einzelnen Teile des Drahtes durch den Strom erzeugt, und um die Gesetze dieser Wärmeentwicklung kennenzulernen, ist die erste Frage die: *Wie hängt die erzeugte Wärmemenge in einem Drahtstück mit dem Widerstand desselben zusammen?* Der Versuch hat nun gelehrt, daß von einem und demselben Strome in einem Drahtstück umso mehr Wärme erzeugt wird, je größer der Widerstand dieses Drahtstückes ist. Die nächste Frage ist die: *Wie hängt die Wärmemenge, die in einem bestimmten Drahtstück erzeugt wird, ab von der Stärke des Stromes?* Schickt man durch einen Draht einmal einen Strom von 1 Ampere, dann einen Strom von 2 Ampere, dann einen Strom von 3 Ampere, so zeigt sich, daß die Erwärmung des Drahtes auch immer größer wird, je größer die Stromstärke ist, und zwar sehr beträchtlich. Wenn statt 1 Ampere 2 Ampere herrschen, so ist die entwickelte Wärmemenge 4 mal, wenn 3 Ampere herrschen, ist sie 9 mal so groß. Das heißt also: Wird die Stärke des Stromes doppelt, dreifach, vierfach so groß, als sie war, so wird die entwickelte Wärme jedes einzelnen Leiterstücks bei sonst gleichen Umständen schon 4-, 9-, 16 mal so groß. Die Erwärmung also hängt ab von dem *Quadrat der Stromstärke*.

Diese beiden Gesetze geben also zusammengefaßt das Gesetz: *In jedem Leiterstück ist die in jeder Sekunde entwickelte Wärmemenge gleich dem Widerstand des Leiterstücks, multipliziert mit dem Quadrat der Stromstärke.*



## SECHSTES KAPITEL

Dieses Gesetz der Wärmeentwicklung durch den galvanischen Strom wurde von *Joule* (ausgesprochen dschaul) zuerst experimentell gefunden, einem englischen Bierbrauer, der weniger durch sein Bier als durch seine vortrefflichen physikalischen Experimente berühmt geworden ist. Man nennt es deshalb das *Joulesche Gesetz* und die durch den Strom in Leitern erzeugte Wärme auch die *Joulesche Wärme*.

Die Joulesche Wärme erhöht nun die Temperatur der Drähte, und zwar umso mehr, je dünner der Draht ist, weil dabei einerseits infolge des großen Widerstandes mehr Wärme erzeugt wird und weil andererseits infolge der geringen Maße des Drahtes durch diese Wärmemenge die Temperatur stark erhöht werden muß. So kann man durch die Joulesche Wärme Drähte zum Glühen und sogar zum Schmelzen bringen, umso leichter, je dünner die Drähte sind.

Diese Eigenschaft des galvanischen Stromes, daß er seinen Stromkreis erwärmt und einzelne Teile desselben sogar zum Glühen bringen kann, hat ihre wichtigste Anwendung dadurch gefunden, daß man durch *Edison* gelernt hat, sie zum Beleuchten von Wohnungen und Straßen zu benutzen.

Die auf diesem Prinzip beruhenden Lampen nennt man bekanntlich Glühlampen. Die Glühlampen enthalten jetzt alle einen dünnen Draht aus *Wolfram*. Wolfram ist dasjenige Metall, das am schwersten schmilzt, seine Schmelztemperatur liegt zwischen 2850 und 3000° C, so daß man einen solchen Draht durch den Strom auf sehr hohe Temperatur erhitzen kann. Diese Glühlampen werden von der *Osramgesellschaft* hergestellt und heißen Osramlampen. Osram ist aber nicht der Name eines Metalls, sondern bloß eine Fabrikbezeichnung. Da glühende Drähte sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden und rasch verbrennen, so ist es eine notwendige Forderung, sorgfältig den Sauerstoff der Luft von ihnen abzuhalten. Man muß also die Drähte in einen luftleeren Raum bringen, und das erreicht man, indem man sie in *Glasgefäße* einschließt, aus denen alle Luft sorgfältig ausgepumpt ist. Es muß aber zu diesem Zweck der Metalldraht auf irgend eine Weise durch Einschmelzen in dem Glasgefäß befestigt sein. Das läßt sich nun zum Glück leicht machen, wenn man an die Enden des Metalldrahtes Platindrähte oder, bei dem jetzigen Mangel an Platin, Molybdändrähte befestigt (durch Anschmelzen oder durch gemeinsame Verkupferung). Platin und Molybdän lassen sich nämlich leicht und dauerhaft in geeignetes Glas einschmelzen, weil sie denselben Ausdehnungskoeffizienten haben wie diese. Bei der Vorzüglichkeit der neuen Luftpumpen ist es dann nicht schwer, die Glasgefäße fast vollkommen luftleer zu machen.

Die aus dem Glasgefäß herausführenden Drähte gehen dann zu zwei voneinander isolierten Metallstücken außen am Lampenkörper, die man speziell die *Kontakte* nennt und von denen das eine am Boden, das andere an der Seite des Glasgefäßes angebracht ist. Jede Lampe wird nun beim Gebrauch in eine *Fassung* eingesetzt, die an Wandarmen, Kronleuchtern, Lampenständern u. dgl. befestigt ist und zu welcher die beiden Leitungsdrähte, die den Strom in die



## DIE WÄRME- UND LICHTWIRKUNGEN DES ELEKTRISCHEN STROMES

Lampe schicken sollen, hingeführt sind. Die Fassung enthält also ebenfalls zwei isolierte metallische Teile, mit welchen die äußeren Leitungsdrähte verbunden sind. Sobald die Lampe in ihre Fassung eingesetzt ist, geht der Strom durch den Glühfaden.

Bei der am häufigsten benutzten *Edisonfassung* ist an den Lampenkörper seitlich ein metallisches Schraubengewinde (das *Edisongewinde*) angebracht, wie man es bei der Lampe in **Fig. 83** sieht. Mit diesem Schraubengewinde ist der eine Platindraht verbunden.

**Fig. 83**



Der andere geht an ein isoliertes Metallstück am Fuß des Lampenkörpers. Die Lampe wird in ihre Fassung **Fig. 84** eingeschraubt. In die Fassung ist nämlich die zugehörige Schraubenmutter eingeschnitten, und in diese führt der eine Draht der Zuleitung von der Stromquelle. Am Boden der Fassung befindet sich isoliert eine Metallfeder, mit welcher der zweite Draht von der Stromquelle verbunden ist. Beim Einschrauben der Lampe in die Fassung drückt ihr Metallblättchen am Boden auf die Feder auf und bewirkt so einen vorzüglichen Kontakt, so daß der Strom sicher hindurchgehen kann. Zuweilen wird der untere Kontakt durch einen Griff (Hahn) beweglich gemacht, wie es **Fig. 85** zeigt.

**Fig. 84**



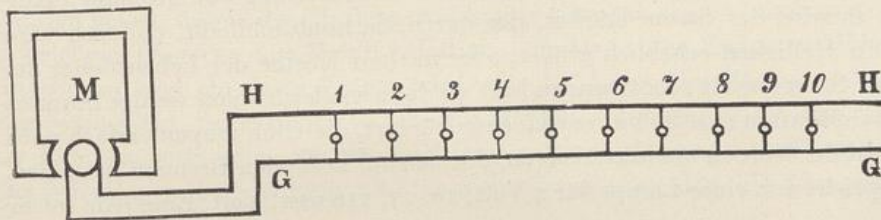
**Fig. 85**



Die Glühlampen besitzen im allgemeinen einen sehr hohen Widerstand und brauchen daher auch eine große Spannung an ihren Enden, aber sie brauchen nur verhältnismäßig schwache Ströme. Für eine 50kerzige Osramlampe von 110 Volt Spannung braucht man einen Strom von etwa nur 0,5 Ampere.

Um eine ganze Anzahl Glühlampen von einer und derselben Quelle, etwa einer Dynamomaschine, betreiben zu lassen, so daß sie unabhängig voneinander sind, hat *Edison* zuerst die einfachste Schaltung angegeben, deren Vorzüge wir schon oben S. 78 angeführt haben. Er schaltete nämlich nicht etwa die Lampen alle hintereinander in denselben Stromkreis, sondern er brachte die Glühlampen in sogenannte *Parallelschaltung*, wie sie in **Fig. 86** gezeichnet ist. In dieser bedeutet M die Maschine und 1, 2, 3 bis 10 die Lampen. Es gehen also von der Stromquelle dabei zwei Leitungen H H und G G aus, und

**Fig. 86**





## SECHSTES KAPITEL

zwischen diese werden die einzelnen Lampen parallel geschaltet. Die beiden Leiter haben gewöhnlich 110 Volt Spannungsdifferenz, weil man für diese Spannung die Lampen leicht konstruieren kann. In manchen Fällen aber macht man die Spannungsdifferenz gleich 220 Volt.

Die Lichtstärke einer Glühlampe hängt von der Größe der Jouleschen Wärme ab, die in ihr erzeugt wird, also ist sie außer von der Stärke des Stromes allein abhängig von der Größe des Widerstandes des Glühfadens.

Man kann jede Lampe natürlich beliebig stark leuchten lassen, wenn man Ströme von verschiedener Stärke durch sie hindurchsendet. Aber der elektrische Strom übt eine zerstörende Wirkung auf die Glühfäden aus, indem er sie nämlich allmählich *zerstäubt*. Je stärker der durch die Fäden fließende Strom ist, umso stärker ist diese Zerstäubung und umso leichter wird die Lampe ruiniert, indem schließlich an einer Stelle, an welcher der Faden am dünnsten geworden ist, ein Bruch stattfindet. Daher schadet ein zu starker Strom jeder Lampe, und es gibt für jede Lampe eine bestimmte Stromstärke, bei welcher sie einerseits eine genügende Lebensdauer, anderseits eine passende Helligkeit hat. Man hat die normale Lebensdauer einer Glühlampe auf 600 bis 1000 Brennstunden festgesetzt und bestimmt danach die Stromstärke, die sie führen darf, um eine gewisse Helligkeit zu geben. Man gibt aber gewöhnlich nicht an, mit welcher Stromstärke eine Lampe normal brennt, sondern man gibt an, wie groß die Spannungsdifferenz an ihren Enden sein soll, damit sie normal, d. h. mit der angegebenen Kerzenzahl, brenne. Da nämlich der Widerstand der Lampe durch ihre Verfertigung gegeben und bekannt ist, so folgt aus dieser normalen Spannung ohne weiteres auch die normale Stromstärke.

So hat z. B. eine bestimmte Glühlampe einen Widerstand von 480 Ohm, wenn sie heiß ist. Falls durch diese Lampe ein Strom von 0,23 Ampere hindurchgeht, so brennt sie gerade normal und hat dann eine Lichtstärke von 25 Kerzen. Die Spannung an den Enden der Lampe ist, wie wir wissen, stets gleich der Stromstärke, die sie durchfließt, multipliziert mit ihrem Widerstand. Daher kann man leicht ausrechnen, daß an den Enden dieser Lampe eine Spannung von  $480 \times 0,23 = 110$  Volt herrschen muß. Man sagt daher, daß die betreffende Lampe eine 25-Kerzen-Lampe für 110 Volt sei, d. h. daß sie zwischen zwei Leitungen von 110 Volt Spannungsdifferenz eingeschaltet werden darf und dabei normal mit 25 Kerzen Lichtstärke brennt und auch genügend lange Zeit aushält. Bringt man diese Lampe zwischen zwei Leitungen von kleinerer Spannungsdifferenz, so ist auch der durchfließende Strom schwächer und die Lampe brennt mit zu geringer Helligkeit. Bringt man sie in eine Leitung von größerer Spannung, so wird der Strom stärker, der durch sie hindurchfließt, dadurch wird auch die Helligkeit erheblich größer, aber nur auf Kosten der Lebensdauer der Lampe. Statt 600 bis 1000 Stunden hält sie dann vielleicht bloß wenige Stunden oder gar Minuten aus. So hat es sich eingebürgert, die Glühlampen einfach nach der Zahl der Volt zu charakterisieren, die sie zum normalen Brennen brauchen. Man spricht von einer Lampe für 4 Volt, 10, 25, 110 usw. Volt. Eine jede solche



## DIE WÄRME- UND LICHTWIRKUNGEN DES ELEKTRISCHEN STROMES

Lampe hat nun, je nach der Länge und Dicke ihrer Glühfäden, eine bestimmte normale Helligkeit, und zwar gibt es Glühlampen in allen Größen, deren Lichtstärke von einer einzigen Normalkerze bis zu mehreren Tausenden variiert. Für die Beleuchtung im Zimmer ist die passendste Helligkeit bei dem Lichtbedürfnis, wie es sich jetzt eingebürgert hat, die von 25 Kerzen, und daher haben auch die am meisten gebrauchten Glühlampen diese Lichtstärke. Für bessere Beleuchtung nimmt man Lampen von 32 oder auch 50 oder 100 Kerzen. Lampen von geringerer Helligkeit, bis zu einer Normalkerze, werden nur für spezielle Zwecke, etwa als Nachtlampen, für Dekorationszwecke oder dergleichen benutzt, während Lampen von größerer Helligkeit, bis zu 2000 Normalkernen, für Straßenbeleuchtung und glänzende Beleuchtung von Geschäftshäusern, Sälen usw. dienen.

Da an den Enden einer jeden Lampe eine bestimmte Spannung in Volt herrscht und da die Lampe von einem Strom mit einer bestimmten Zahl Ampere durchflossen wird, so enthält jede brennende Lampe einen gewissen *Effekt*, der (in Watt ausgedrückt) gleich dem Produkt der Volt und der Ampere ist (s. S. 70). Also z. B. unsere eben erwähnte Glühlampe, die bei 110 Volt Spannung 0,23 Ampere Stromstärke braucht, um normal zu brennen, hat dabei einen Effekt von 25,3 Watt. Da also diese Lampe bei rund 25 Watt Verbrauch eine Lichtstärke von 25 Kerzen gibt, so kommt auf jede Kerze ein Verbrauch von 1 Watt.

Die Metallfadenlampen haben im allgemeinen einen Effekt, also einen Energieverbrauch, der etwas größer als 1 Watt pro Kerze ist. Also eine Lampe von 100 Kerzen braucht etwa 100 Watt. Wenn sie zwischen zwei Leitern von 110 Volt Spannungsdifferenz brennen soll, so erfordert sie einen Strom von

$$\frac{100}{110} = 0,91 \text{ Ampere. Ihr Widerstand ist daher gleich } \frac{110}{0,91} = 121 \text{ Ohm. Wenn}$$

dagegen eine 100-Kerzen-Lampe in einem Leitungsnetz brennen soll, in welchem 220 Volt Spannungsdifferenz herrscht, so braucht sie

$$\frac{100}{220} = 0,454 \text{ Ampere}$$

und muß daher einen Widerstand von  $\frac{220}{0,454} = 484 \text{ Ohm}$  haben.

Aus den angeführten Berechnungen ergibt sich, daß der Widerstand des Glühfadens in den Lampen eine erhebliche Größe besitzt. Da Wolfram ein guter Leiter ist, so muß der Draht dafür, auch wenn er sehr dünn ist (der Durchmesser der Drähte wird zwischen 0,01 und 0,04 mm genommen), erhebliche Länge haben, und es entstand die Aufgabe, diese langen Fäden in einer Glasbirne von nicht zu großen Dimensionen unterzubringen. Diese Aufgabe wurde dadurch gelöst, daß in die Glasbirne ein kurzer Glasstab eingeschmolzen wurde, in welchem Tragarme aus Metall befestigt sind, die an den Enden zu Haken umgebogen sind. In diese Träger wird nun der lange Metallfaden zickzackförmig eingelegt. Seine Enden werden durch Platinzuführungen mit dem Sockel der Lampen verbunden. **Fig. 87** zeigt eine solche Glühlampe in Birnenform. Für Schaufensterbeleuchtung und ähnliche Zwecke werden die Lampen als



## SECHSTES KAPITEL

Röhrenlampen, wie **Fig. 88**, ausgebildet, in welchen ein langer Wolframfaden ausgespannt ist, der durch seitliche Befestigungen gerade gehalten wird.

Die Lebensdauer der Wolframlampen ist sehr gut, sie beträgt durchschnittlich über 1000 Stunden. Die Temperatur des Wolframfadens in den Lampen liegt zwischen 1800 und 2000°.

Daß man bei diesen Wolframlampen, obwohl der Schmelzpunkt der Drähte ja noch viel höher liegt, doch nicht eine noch höhere Temperatur und dadurch einen geringeren Effektverbrauch als 1 Watt pro Kerze erzielen konnte, liegt daran, daß diese Fäden bei Steigerung der Temperatur zerstäuben, und dadurch bei höherer Temperatur ihre Lebensdauer erheblich verkürzt wird. Wenn auch die Glühlampenfabriken keinen Übelstand an einer geringen Lebensdauer der Lampen finden würden, so finden ihn die Käufer umso mehr, und es mußte eben ein Kompromiß zwischen der Lebensdauer und dem Effektverbrauch getroffen werden. Bei einer Temperatur des Wolframfadens von 2100° fängt die Zerstäubung schon an, unliebsam zu werden.

Die Wolframlampen werden auch für sehr kleine Lichtstärken in verschiedenen Formen hergestellt. Diese werden mit Spannungen von 2 bis 4 Volt, also von einigen Trockenelementen oder Akkumulatoren betrieben; mehrere solche Lampen für geringe Spannung kann man nun auch zweckmäßig hintereinander schalten, so daß sie dann zusammen von einer größeren Spannung gespeist werden. So werden z. B. von der Osramgesellschaft kleine Lampen in Form von Christbaumkerzen, wie **Fig. 89**, hergestellt, von denen jede für 7 Volt eingerichtet ist, so daß 16 von ihnen hintereinander an die gewöhnlichen 110 Volt angeschlossen werden können. Bei der Hintereinanderschaltung erlöschen natürlich alle Lampen, wenn eine von ihnen zerstört oder herausgedreht wird.

Während für den Gebrauch in Häusern Lampen von 25 bis 100 Kerzen passend sind, ist man aber weiter gegangen, Glühlampen von sehr großer Stärke, solche von 200 bis 4000 HK herzustellen. Und dabei ist es weiter gelungen, den Effektverbrauch dieser hochkerzigen Glühlampen mit Wolframdrähten noch bedeutend zu erniedrigen, so daß sie bloß noch etwa ein halbes Watt pro Kerze verbrauchen.

Die Gesichtspunkte, die zu diesem Fortschritt geführt haben, sind folgende. Die Temperatur der Wolframfäden, bei welcher die Zerstäubung anfängt unliebsam zu werden, liegt, wie gesagt, bei etwa 2100°. Infolge der Zerstäubung der Fäden kann man ihre Temperatur nicht noch höher steigern, wodurch man sonst den Effektverbrauch der Lampen verringern könnte. Wäre es möglich, die

**Fig. 87**



**Fig. 88**





## DIE WÄRME- UND LICHTWIRKUNGEN DES ELEKTRISCHEN STROMES

Zerstäubung zu verhindern, so könnte man die Fäden stärker belasten, die Temperatur steigern und dadurch einen erheblich geringeren Effektverbrauch als den von 1 Watt pro Kerze erzielen. Nun wird die Zerstäubung der Drähte dadurch befördert, daß die Drähte sich in einem luftleeren Raum, in einem Vakuum befinden. Wenn man in den Lampenkörper ein Gas von Atmosphärendruck einführen würde, so könnte man die Zerstäubung wesentlich vermindern. Natürlich darf man nicht Luft in die Lampen füllen, weil deren Sauerstoff den Faden angreifen würde, aber Stickstoff oder Argon oder andere Edelgase sind Gase, die mit Wolfram keine chemische Verbindung eingehen; mit diesen könnte man die Lampen füllen. Indes hat dieses Einführen eines Gases in die Lampen zunächst eine große Schattenseite. Die Gase leiten die Wärme von dem Glühfaden beträchtlich ab, und man braucht daher zunächst viel mehr Energie, um den Faden auf der hohen Temperatur zu halten; statt den Effekt zu verbessern, würde die Gasfüllung ihn verschlechtern. Aber dem läßt sich abhelfen dadurch, daß man den Glühdraht nicht gerade oder zickzackförmig ausspannt, wie in den bisher besprochenen Lampen, sondern daß man ihn zu einer engen Spirale zusammenrollt. Es werden dadurch die meisten Oberflächen-elemente verhindert, ihre Wärme an das umgebende Gas in vollem

Fig. 89

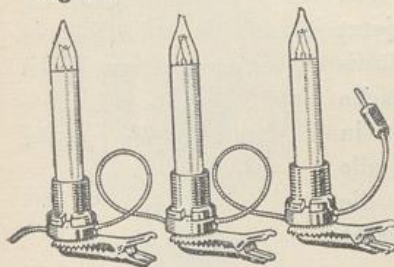


Fig. 90



GRAETZ FÜR ALLE 7

Betrage abzugeben, und die Versuche haben gezeigt, daß man auf diese Weise, durch Füllung mit indifferenten Gasen und durch Zusammenrollung der Drähte, Lampen herstellen kann, die nur noch etwa ein halbes Watt pro Kerze verbrauchen. Solche Lampen nennt man im normalen Sprachgebrauch *Halbwattlampen*, technisch werden sie als *Gasfüllungslampen* bezeichnet, oder als *Osram-Nitralampen*. Man hat diese Konstruktion für Lampen von 25 Kerzen an, aber namentlich für mittelstarke und sehr starke Lampen, solche von 100, 200, 300, 500, 1000, 2000, 3000 Kerzen Stärke angewendet. Bei den geringkerzigen Lampen dieser Art ließ sich ein so geringer Effektverbrauch wie bei den hochkerzigen Lampen bisher nicht erzielen. Die geringkerzigen Lampen brauchen 1 Watt und sogar mehr pro Kerze, und ihre Lebensdauer ist auch geringer als die der gewöhnlichen Metallfadenlampen, aber bestechend ist bei ihnen das reine weiße Licht. Fig. 90 zeigt eine solche Osram-Nitralampe.

Man verstärkt die Beleuchtung von Räumen und Straßen durch Glühlampen wesentlich, wenn man die Lampen in reflektierende Flächen

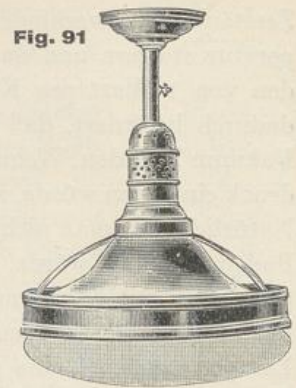


## SECHSTES KAPITEL

einsetzt, durch welche das gesamte Licht nur nach derjenigen Seite geworfen wird, auf die es fallen soll. Die von der Osramgesellschaft eingeführten *Wiskott-Spiegelreflektoren*, von denen **Fig. 91** eine Abbildung gibt, sind für solche Zwecke besonders eingerichtet. Sie tragen auf der Innenfläche hochpoliertes Silber, das durch einen hauchartigen Lacküberzug vor Beschädigungen geschützt ist. Die Lampen können tief oder weniger tief in die Reflektoren eingehängt werden und geben dadurch mehr konzentrierte (tiefstrahlende) oder mehr zerstreute (breitstrahlende) Beleuchtung. Die Beleuchtung von Büros, Fabriken, Schaufenstern, Bahnhöfen wird bei Anwendung von diesen Reflektoren 50 bis 60 Proz. billiger als ohne solche. Für Innenräume werden die Reflektoren, wie **Fig. 91** zeigt, unten durch eine opale Glasglocke abgeschlossen.

Die Kunst der zweckmäßigen Beleuchtung, namentlich von Schaufenstern, aber auch von Wohn- und Arbeitsräumen, durch richtige Anbringung von Lampen passender Stärke und durch richtige Verwendung von geeigneten Reflektoren fängt in Deutschland jetzt erst an, eine ihrer Bedeutung entsprechende Würdigung zu erfahren. Die Osramgesellschaft, welche diese Lichtwirtschaft zu verbreiten sucht, hat in Berlin ein großes *Lichthaus* errichtet, in welchem alle hierbei in Betracht kommenden Umstände und die Wirkungen falscher und richtiger Beleuchtung direkt zur Anschauung kommen.

Die transparente Beleuchtung von Geschäftsschildern und von Hausnummern beginnt sich jetzt einzuführen, da sie viele Annehmlichkeiten bei geringen Kosten bietet. Vor allem aber entwickelt sich jetzt auch in Deutschlands großen und mittleren Städten die *Lichtreklame* sehr stark, so daß dadurch oft eine überwältigende Fülle von Licht auf den Straßen verbreitet wird. Hauptsächlich sind es natürlich die großen Straßen und Plätze, an denen solche Reklameschriften an den Häusern und auf den Dächern angebracht werden, zum Teil als stillstehende Schrift, zum Teil aber auch, und zwar am wirksamsten, als *Wanderschrift*. Bei der letzteren werden auf der Reklamefläche sehr viele (1000 bis 20 000) Glühlampen, je 10 vertikal übereinander in horizontalen Reihen gleichmäßig angeordnet, so daß sie einen *Glühlampenraster* bilden. Von jeder Glühlampe führen zwei Drähte zu einem *Kontaktraster*, der beliebig entfernt sein kann, und auf welchem bewegliche Stifte angebracht sind, die mit den von den Glühlampen kommenden Drähten verbunden sind. Durch Typenklötze, die man unter den Stiften verschiebt und die auf einer endlosen Kette



**Fig. 92**





## DIE WÄRME- UND LICHTWIRKUNGEN DES ELEKTRISCHEN STROMES

angebracht sind, werden nun immer die passenden Stifte gehoben, so daß sie Kontakt machen und dadurch die zugehörigen Glühlampen zum Leuchten bringen. Außer der eigentlichen Reklameschrift kann man auf dieser Kette, während der Bewegung, noch Typen anbringen, die den Text von letzten Telegrammen ergeben, so daß die Beschauer fast gezwungen sind, auf die Reklame aufzumerken.

Für Reklamezwecke dienen auch die kleinen *Glimmlampen* (Fig. 92), welche mit Neon gefüllt sind und ein auffallendes orangerotes Licht geben. Sie beruhen auf Erscheinungen, die wir in Kapitel 9 besprechen werden.

Der große Vorzug jeder elektrischen Beleuchtung vor allen älteren Beleuchtungsarten ist der, daß man die elektrischen Lampen von der Ferne aus durch einen Griff zum Leuchten oder zum Erlöschen bringen kann. Glühlampen, die zugänglich sind und einzeln entzündet oder ausgelöscht werden sollen, werden in ihren Fassungen mit einem Hahn versehen (wie in Fig. 85), der beim Drehen einen Kontakt hervorbringt oder öffnet. Man kann jedoch einzelne Lampen oder viele zusammen (etwa alle Lampen eines Lüsters) auch bequem von der Ferne entzünden oder auslöschen, indem man nur in die Leitung zu den Lampen einen *Ausschalter* irgendwo anbringt. Diese Ausschalter, von denen Fig. 93 eine Form geöffnet zeigt, haben wir bereits auf S. 25 f. beschrieben.

Es wird also z. B. die Leitung, welche in ein Zimmer führt und zwischen deren beide Drähte alle Lampen dieses Zimmers parallel eingeschaltet sind, zuerst an diesen Ausschalter geführt, so daß der eine Leitungsdraht unterbrochen ist und seine beiden Enden mit den Metallfedern F verbunden sind. Durch eine bloße Drehung des Griffes kann man dadurch sofort die beiden getrennten

Metallfedern leitend verbinden, dadurch den Strom schließen und damit das ganze Zimmer erleuchten oder durch Weiterdrehen des Griffes wieder verdunkeln.

Man kann auch den Ausschalter so einrichten, daß er mehrere Kontakte besitzt, so daß man z. B. je nach seiner Stellung von einem Lüster ein Viertel der Lampen oder drei Viertel oder alle Lampen brennen lassen kann. Das Schema zu einer solchen Einrichtung ist in Fig. 94 gezeichnet. Zwischen die beiden horizontal gezeichneten Hauptleitungen sind zwei parallel geschaltete (durch vertikale Striche angegebene) Leitungen gelegt, von denen die

Fig. 93

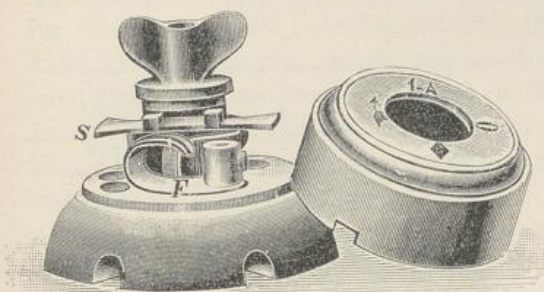
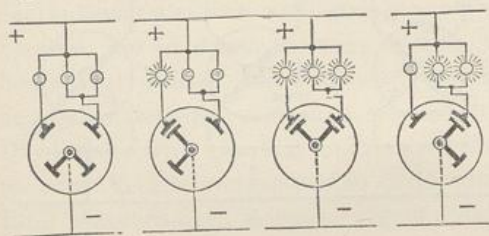


Fig. 94





## SECHSTES KAPITEL

erste (links) eine Lampe, die zweite (rechts) zwei (parallele) enthält. Der Ausschalter, der durch einen Kreis mit Kontakten und dem doppelarmigen Griff dargestellt ist und den man *Serienschalter* nennt, gestattet nun, wenn man den Griff in der Richtung des Uhrzeigers dreht, folgende Verbindungen zu machen. In der ersten Stellung ist alles ausgeschaltet, in der zweiten brennt die Einzellampe, in der dritten brennen alle drei Lampen und in der vierten bloß die beiden zusammengeschalteten. Solche Schaltungen kann man natürlich in beliebiger Komplikation ausführen.

Häufig will man eine Glühlampe oder einen Lüster nicht bloß von einer Stelle aus anzünden und auslöschen können, sondern von zwei oder mehr Stellen aus. Bei der Treppenbeleuchtung z. B. will man beim Eintreten in die Haustür die Treppenlampen anzünden und an der Wohnungstür sie auslöschen können oder umgekehrt. Die zu diesem Zweck dienenden Ausschalter bezeichnet man als *Korrespondenzschalter*.

Diese werden gewöhnlich der bequemerer Verbindung halber mit vier Kontakten hergestellt, obwohl man nur zwei Kontakte braucht. In **Fig. 95** sieht man die beiden Schalter I und II zwischen die negative und die positive Leitung mit einer Lampe L eingeschaltet. Zwei Kontakte jedes Schalters sind untereinander und mit je einer der beiden Leitungen verbunden, die beiden anderen Kontakte des einen Schalters sind mit den entsprechenden des zweiten verbunden. Man sieht aus den vier Stellungen 1, 2, 3, 4 der drehbaren Stücke in den beiden Schaltern, daß, wenn man in einem der beiden Schalter den drehbaren Griff weiterdreht, die Lampe abwechselnd hell und dunkel wird.

Will man von mehr als zwei Stellen aus die Lampen anzünden, so muß man die weiteren Stellen mit sogenannten *Kreuzschaltern* versehen, bei denen die drehbare Achse zwei Federsysteme trägt, die abwechselnd von den vier Kontakten

Fig. 95

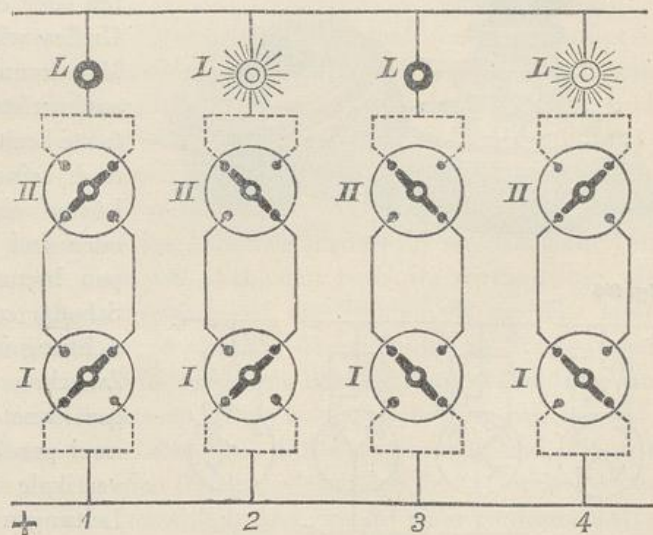
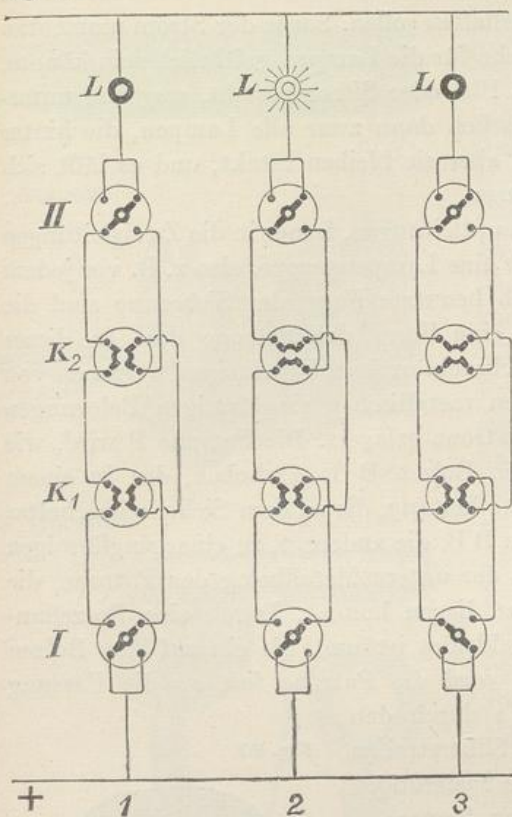




Fig. 96



entweder je zwei nebeneinanderliegende oder je zwei einander gegenüberliegende verbinden oder auch abwechselnd das eine Paar und dann das andere Paar nebeneinanderliegende Kontakte verbinden. Der letztere Fall ist in der Zeichnung **Fig. 96** angenommen, bei der von 4 Stellen (I,  $K_1$ ,  $K_2$ , II) aus die Lampe angezündet oder ausgelöscht werden kann. In dieser Figur sind I und II zwei Korrespondenzschalter, wie in Fig. 95, und  $K_1$  und  $K_2$  sind zwei Kreuzschalter, L ist die Lampe. Drei verschiedene Stellungen der Schalter sind in 1, 2, 3 gezeichnet. Aus 1 ergibt sich 2 durch Drehen des Schalters  $K_2$ , aus 2 ergibt sich 3 durch Drehen von I. Welchen von den vier Schaltern man auch weiterdreht, immer wird abwechselnd die Lampe L hell oder dunkel sein.

Eine wichtige Forderung aber

für alle elektrischen Betriebe ist die, daß die Apparate, also in unserem Falle die Glühlampen, gegen etwaige Zufälle, die durch zu starke Ströme entstehen, geschützt werden. Käme zufällig ein zu starker Strom in die Lampen, so würden diese rasch durchbrennen. Solche zu starken Ströme können in einer Leitung hauptsächlich durch den sogenannten *Kurzschluß* entstehen. Wenn nämlich die beiden Leitungen, zwischen denen alle Lampen sich befinden, auf irgend eine Weise nicht mehr gegeneinander isoliert sind, sei es, daß die isolierende Umspinnung beschädigt ist oder daß Balken oder Mauern, an denen sie befestigt sind, stark feucht geworden sind, oder daß durch einen Zufall bei einer Manipulation die Drähte in Berührung kommen, so ist der Widerstand der äußeren Leitung viel geringer, als er sein sollte, und daher werden die Ströme, die in dieser Leitung fließen, zu stark, und alle Apparate können beschädigt werden. Die Sicherung gegen diese Gefahr ist zuerst von *Edison* angegeben worden, und auch sie beruht auf der Jouleschen Wärme.

Die Gefahr wird nämlich dadurch vermieden, daß an allen passenden Stellen, an allen Verzweigungspunkten der Leitungen dünne Metallstreifen in die Leitung eingeschaltet werden, sogenannte *Sicherungen*, welche so abgemessen



## SECHSTES KAPITEL

werden, daß sie schmelzen, wenn ein stärkerer Strom durch sie hindurchfließt als derjenige, den sie noch gerade aushalten sollen. Sowie der Strom momentan eine zu große Stärke bekommt, welche für die Lampen gefährlich sein könnte, schmilzt der Metallstreifen, der aus Blei oder Silber besteht, weg und unterbricht dadurch den Strom. Es erlöschen dann zwar alle Lampen, die hinter dieser Sicherung eingeschaltet sind, aber sie bleiben intakt, und es läßt sich die Sicherung mit Leichtigkeit ersetzen.

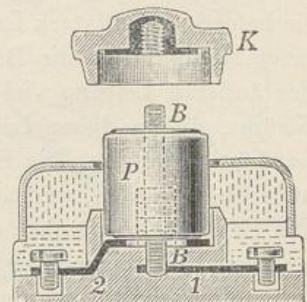
Solche Sicherungen werden in die Hauptleitungen, ferner in die Zweigleitungen und endlich an jeder Abzweigung für eine Lampengruppe, also z. B. vor jedem Zimmer, eingeschaltet. Eine vielfach benutzte Form der Sicherung sind die *Patronensicherungen*. **Fig. 97** stellt eine Form der Patrone dar. In dieser befindet sich der Schmelzdraht in zickzackförmigen Windungen, umgeben von isolierendem Pulver. Er ist zwischen metallischen ringförmigen Belegungen auf der Ober- und Unterseite der Patrone gelagert. Die Patrone P wird, wie **Fig. 98** zeigt, auf einen metallischen Bolzen B B geschoben, der in einem *Sicherheitsschalter* angebracht ist. Eine Leitung, die zu dem Sicherheitsschalter führt, nämlich 1, wird zu dem Bolzen B B, die andere, 2, zu einer ringförmigen Metallunterlage geführt, auf welche der untere Metallbelag der Patrone, die über den Bolzen geschoben wird, zu liegen kommt. Durch eine Porzellan-*kappe* K, die innen metallisch ausgekleidet ist und die ein auf den Bolzen passendes Schraubengewinde trägt, wird die Patrone fest an die Fassung gedrückt. Der Strom geht von 1 durch den Bolzen zur Kappe, dann durch den Silberstreifen der Patrone nach 2. Man verfertigt die Sicherungen für die Stromstärken 3, 6, 10, 15, 20 usw. Ampere.

Der elektrische Strom war seit der Einrichtung von elektrischen Zentralen in den großen Städten und seit der Einrichtung von Großkraftwerken für die kleinen Städte und Dörfer schon allgemein zu einer großen Menge von Anwendungen, speziell für Beleuchtung und Arbeitsleistung, verwendet worden, ehe man ernstlich daranging, ihn auch zum *Heizen* und *Kochen*, allgemein zur Wärme-*erzeugung*, zu verwenden. Erst in den letzten Jahren, nach dem Kriege, beginnt die Elektrotechnik mit Energie gerade diese Benutzung des elektrischen Stromes allgemein zu verbreiten und sucht die großen Vorteile, welche die elektrische Wärme-*erzeugung* vor den früheren Methoden besitzt, durch Herstellung und zweckmäßige Einrichtung geeigneter Apparate der Allgemeinheit zugänglich zu machen. Man bezeichnet diese Aufgaben als solche der *Elektrowärmewirtschaft*.

**Fig. 97**



**Fig. 98**





## DIE WÄRME- UND LICHTWIRKUNGEN DES ELEKTRISCHEN STROMES

Fig. 99



Fig. 100

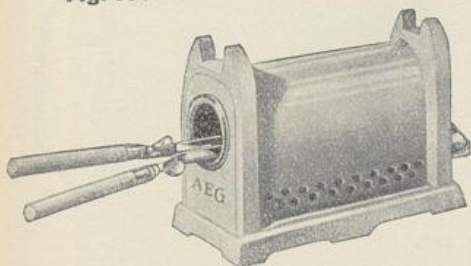
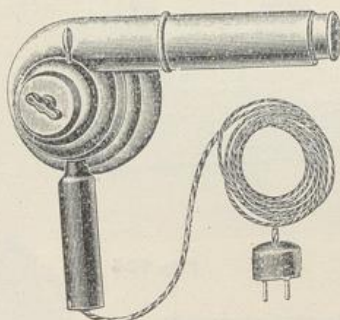


Fig. 101



Da Drähte durch die elektrischen Ströme, von denen sie durchflossen werden, auf jeden beliebigen Grad erwärmt werden können, so lag an sich der Gedanke sehr nahe, diese Joulesche Wärme durch passende Anordnung der Drähte auch zum Kochen und Heizen zu benutzen, also diese Wärme etwa in Gefäßen zu entwickeln, in welchen man Wasser zum Sieden oder durchströmende Luft für Heizzwecke auf hohe Temperatur bringen will.

Es kommt dabei wesentlich auf die Kosten an, zu welchen man die elektrische Energie haben kann, und es werden jetzt allgemein die Tarife für diese Benutzung der Elektrizität sehr niedrig gestellt. Wenn aber die Frage der Ökonomie erledigt ist, so bietet der elektrische Betrieb auch in diesem Gebiet eine große Menge Vorzüge, nämlich solche der Gefahrlosigkeit, der Reinlichkeit, der steten Betriebsbereitschaft, der großen Bequemlichkeit. In der Tat entwickelt ja ein Strom in einem Leiter fortwährend Wärme, solange er fließt, und diese Wärme kann man natürlich leicht auf andere Körper übertragen,

indem man einfach die sich erwärmenden Drähte mit diesen Körpern in enge Berührung bringt. Dabei muß man die Drähte aus einem Material wählen, welches hohe Schmelztemperatur, großen spezifischen Widerstand und geringe Oxydationsneigung besitzt. Als solches Material hat sich besonders *Chromnickelstahl* bewährt. Denjenigen Teil der Apparate, in welchem die Leitungsdrähte liegen und durch welchen der Strom fließt, nennt man den *Heizkörper*. Zur Isolierung der Drähte nimmt man zum Teil Mikanit (das aus Glimmer und Lack hergestellt wird), zum Teil bettet man sie unter Druck in Magnesia. Zum Teil bestehen die Heizkörper aus dichten Tonkörpern, welche Rinnen und Röhren zur Aufnahme der Drähte besitzen. Man bringt auch die Drähte in *Heizpatronen*, wie Fig. 99, an, welche aus Tonmaterial mit Zementüberzug bestehen und einfach ausgetauscht werden können. Von außen sieht man natürlich von den Heizkörpern nichts, sondern man sieht nur die Drahtschnüre, durch welche der Strom ihnen zugeführt wird. So zeigt Fig. 100 einen Brennscherenwärmer, dessen Gehäuse aus weißglasiertem Porzellan besteht. In Fig. 101 ist ein vielfach benutzter elektrischer Haartrockenapparat (den die Gesellschaft Sanitas,



## SECHSTES KAPITEL

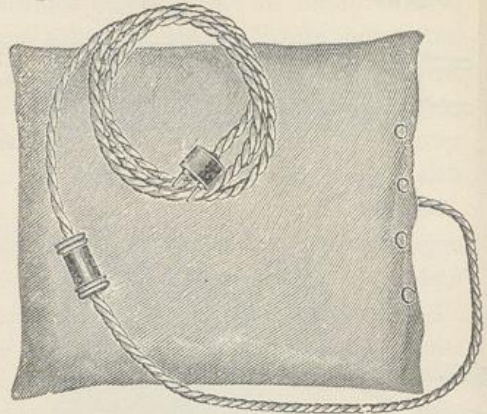
Berlin, als Föhn bezeichnet hat) abgebildet. Er besteht aus Aluminium mit isolierendem Griff und besitzt innen einen kleinen elektrischen Motor, der durch einen Ventilator die Luft ansaugt und über die Heizkörper streichen läßt, so daß ein passend warmer Luftstrom aus der Öffnung des Apparates herausbläst. Die elektrischen Heizkissen

**Fig. 102** enthalten die Heizdrähte im Innern eines Kissens, das zum Abknöpfen eingerichtet ist. Es wird an einen Steckkontakt angeschlossen und bildet für Kranke und Schwache ein wertvolles Heilmittel. Sehr beliebt sind im Haushalt die elektrischen Bügeleisen **Fig. 103**, welche an einen Steckkontakt angeschlossen werden und ein dauerndes Bügeln, ohne das sonstige Auswechseln des Eisens, gestatten und dadurch billig und zeitsparend im Betrieb sind. Sie enthalten neuerdings innen einen Schalter, der selbsttätig den Strom ausschaltet, wenn die Temperatur über die zulässige Grenze steigt.

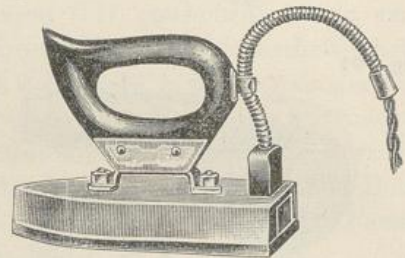
Zum raschen Erwärmen von kleinen Wassermengen werden *Tauchsieder* hergestellt, wie **Fig. 104** einen zeigt, die in das Wasser eingestellt und an einen Steckkontakt angeschlossen werden. Um größere Wassermengen für das Schlafzimmer oder die Küche zu erwärmen, dienen die *Heißwasserspender*, von denen **Fig. 105** einen der AEG. zeigt. Für die Küche werden Kochplatten hergestellt, die an die Leitung angeschlossen werden und auf welche die Töpfe mit den Speisen gestellt werden. **Fig. 106** zeigt einen solchen Tischherd der AEG. mit 2 Kochplatten. Größere Kochherde werden fest an die Leitungen angeschlossen und enthalten eine Anzahl Schalter, durch welche man gerade die gewollten Kochplatten einstellen kann und durch die auch die Stromstärke reguliert werden kann. Bei einem solchen elektrischen Herd wird die Arbeit der Kochkünstlerin durch Feuer, Ruß u. dgl. gar nicht beeinträchtigt.

Die elektrische Heizung von Wohn- und Geschäftsräumen bürgerte sich bisher noch wenig ein. Bei den üblichen, für

**Fig. 102**



**Fig. 103**



**Fig. 104**

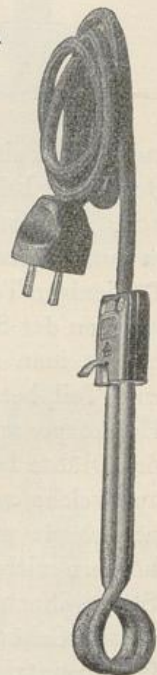




Fig. 105

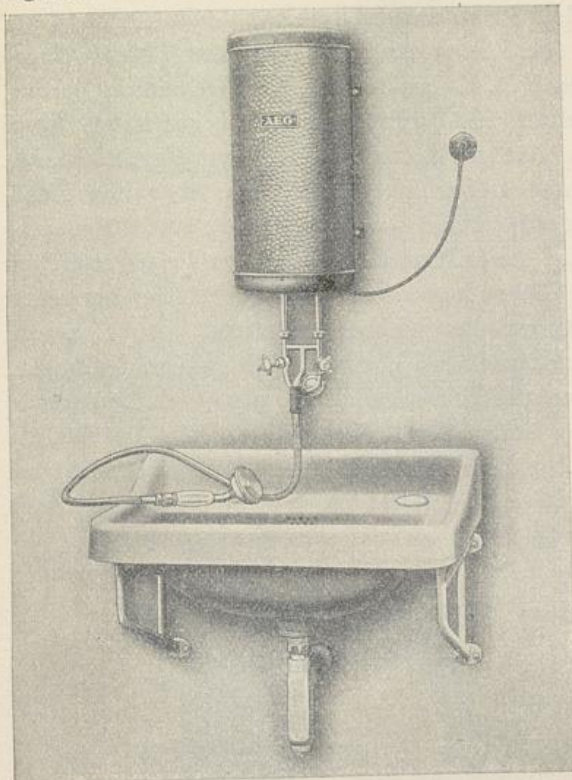
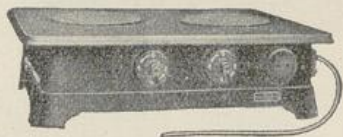


Fig. 106



Wärmeapparate an sich schon ermäßigten Preisen ist das elektrische Heizen zu teuer, im Verhältnis zur Zentralheizung und Ofenheizung. Man beginnt diesen Nachteil zu beseitigen durch Konstruktion von elektrischen *Speicheröfen*. Bei diesen ist der Ofen mit einer Speichermasse, z. B. Sand oder Speckstein gefüllt, welche durch die elektrischen Heizelemente auf 100° und mehr erwärmt wird. Der Ofen hat solche Wärmeisolation, daß seine Temperatur sich bei stundenlangem Stehen nur wenig ändert. Man heizt (ladet) solche Öfen während der Nacht zu dem sehr billigen Nachttarif und am Tage hält er dann die Zimmer ohne weitere Energiezufuhr genügend warm. Sogar für Backöfen hat man diese Konstruktion angewendet. Bei dem niedrigen Nachttarif (in München z. B. 3 Pfennig pro Kilowatt-

stunde) ist in diesen Fällen die elektrische Heizung auch ökonomisch und mit anderen Methoden konkurrenzfähig.

Auf der Jouleschen Wärmeentwicklung beruht auch die glänzende Erscheinung des *elektrischen Bogenlichts*.

Im Jahre 1821 beobachtete der englische Physiker *Davy* einen höchst merkwürdigen und glänzenden Vorgang. Als er nämlich die Pole einer sehr starken galvanischen Batterie mit zwei Stäben aus Kohle verband und diese Kohlen aneinander brachte, daß sie sich berührten, ging der starke elektrische Strom durch sie hindurch. Als er aber die Enden der beiden Kohlen danach ein wenig voneinander entfernte, so daß eigentlich der Strom unterbrochen sein mußte, entstand zwischen den Kohlen ein außerordentlich helles Licht. Es kamen die Enden der Kohle in helle Weißglut, und ebenso glühte die Luft bläulich



## SECHSTES KAPITEL

zwischen ihnen, und der Strom war nicht unterbrochen sondern dauerte an, wobei die glühende Luft eben den Strom weiterleitete.

Diese Erscheinung nennt man den *elektrischen Lichtbogen* oder *Flammenbogen* und das Licht selbst daher *Bogenlicht*. Es erklärt sich die Erscheinung daraus, daß erwärmte Luft die Elektrizität verhältnismäßig ziemlich gut leitet. Wenn daher die Spannung der Elektrizität groß genug ist, so kann die Elektrizität auch den Widerstand einer warmen Luftschicht überwinden. Aber diese Überwindung des großen Widerstandes geht nur mit Entwicklung von Wärme vor sich, die hierbei so stark wird, daß die Luft und die Enden der Leiter, zwischen denen die Luft sich befindet, ins Glühen kommen. In dem Lichtbogen herrschen außerordentlich hohe Temperaturen, die zwischen 3000 und 4000° C liegen. Das eigentlich Leuchtende im elektrischen Licht ist nicht der Flammenbogen, welcher als glühendes Gas nur wenig Licht aussendet. Das eigentlich Leuchtende sind vielmehr die weißglühenden Enden der Kohlen selbst. Dabei werden die Kohlen allmählich zerstäubt. Aber diese *Zerstäubung* der Kohlen ist nicht bei beiden die gleiche. Von der positiven Kohle reißen sich die Teilchen in weit größerer Zahl ab als von der negativen, und so kommt es, daß, wenn Gleichströme angewendet werden, die positive Kohle sehr bald sich aushöhlt und einen weißglühenden Krater bildet. Die negative Kohle dagegen bleibt während des Vorgangs immer erhaben und spitzt sich zu.

**Fig. 107** zeigt die Erscheinung des Bogenlichtes, wobei oben die positive Kohle sich befindet, unten die negative.

Um das Bogenlicht zu erzeugen, muß man eine Stromquelle anwenden, welche 40 bis 50 Volt Spannung an den Enden der beiden Kohlen erzeugt. Sonst kann der Flammenbogen nicht dauernd bestehen bleiben. Bei Wechselströmen beträgt die notwendige Spannung nur 28 bis 30 Volt.

Die Helligkeit des elektrischen Lichtes hängt natürlich ab von der *Stärke* des Stromes, welcher durch die Kohlen hindurchgeht, und man kann durch Veränderung der Stromstärke die Helligkeit des Lichtes in sehr weiten Grenzen verändern, von der

**Fig. 107**

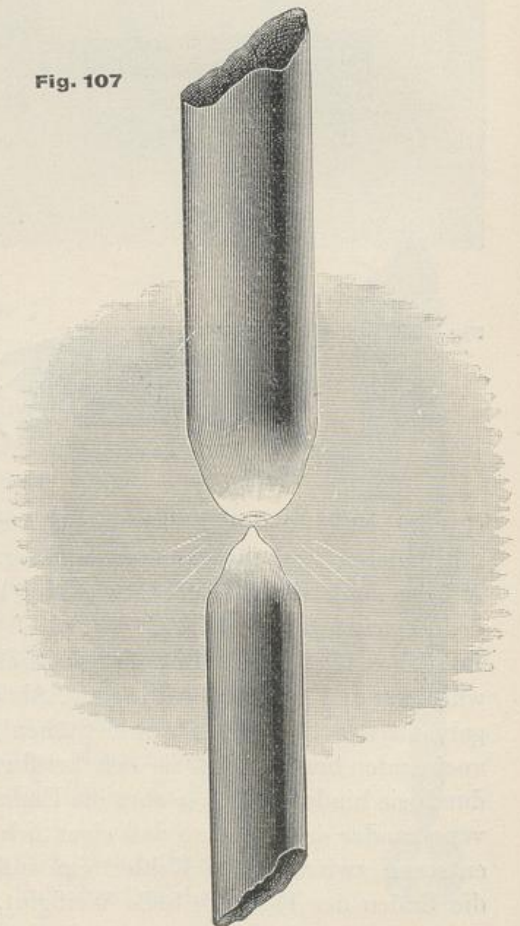




Fig. 108

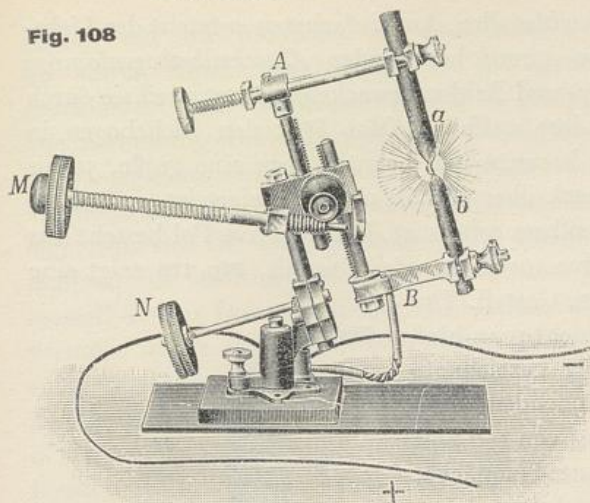
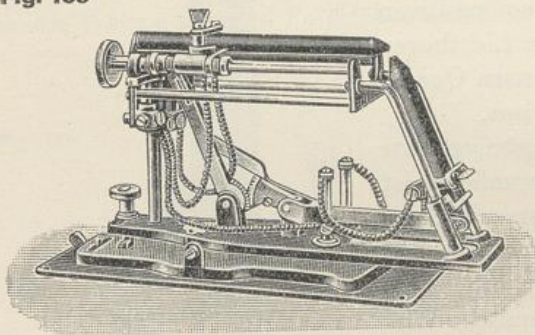


Fig. 109



Stärke von einigen hundert Kerzen bis zu der von vielen tausend Kerzen.

Da die Kohlen durch das Abbrennen (durch die Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft) kleiner werden, so vergrößert sich ihr Abstand, der Widerstand der Luftschicht wird größer, und der Lichtbogen würde erlöschen, wenn man nicht die Kohlen von Zeit zu Zeit einander näherte.

Man muß also den Abstand der Kohlen regulieren, was man am einfachsten mit der Hand macht. Eine Abbildung einer *Handregulierungs-lampe* für das Bogenlicht zeigt **Fig. 108**. Bei + und — kommen die Leitungsdrähte von der Zentrale an die beiden Kohlenhalter A und B, die mittels des Griffes M durch Drehen derselben einander genähert oder voneinander entfernt werden können. In

den Haltern A und B sind die Kohlen a und b befestigt.

Die Anwendung des Bogenlichts zur Beleuchtung von Straßen und großen Räumen hat jetzt fast aufgehört, da die starken Halbwattlampen viel bequemer im Gebrauch sind. Nur auf den Leuchttürmen sind noch sehr starke Bogenlampen im Gebrauch. Dagegen für Unterrichtszwecke ist die Projektion von Bildern mittels des Bogenlichts noch die wirksamste. Dabei benutzt man am bequemsten die Handregulierung.

Auch für die Projektion der Bilder in den Lichtspieltheatern benutzt man Handregulierungslampen. Dabei hat es sich für die Projektion als vorteilhaft erwiesen, die Kohlen nicht direkt übereinander anzuordnen, sondern vielmehr so, daß die positive Kohle horizontal liegt und die negative schief oder senkrecht zu dieser steht. **Fig. 109** zeigt eine solche *Kinolampe*. Man betreibt solche mit so starken Strömen, daß sie Lichtstärken bis 15 000 Kerzen geben.

Man kann einen Lichtbogen nicht bloß zwischen zwei sich zuerst berührenden und dann getrennten Kohlen erzeugen, sondern auch zwischen Metallen, nament-

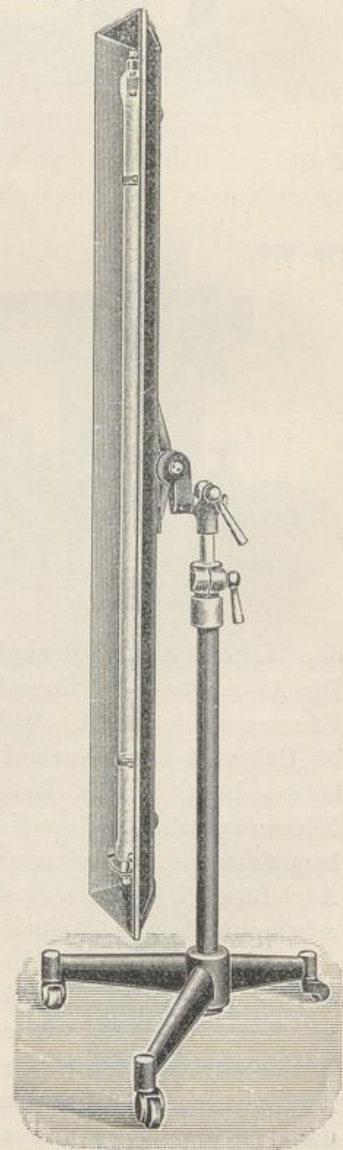


## SECHSTES KAPITEL

lich zwischen leicht zerstäubenden Metallen. Am einfachsten entsteht der Lichtbogen an Quecksilber, und die darauf beruhenden *Quecksilberbogenlampen* werden auch oft zu Beleuchtungs- und Reklamezwecken benutzt, weil sie durch ihr grünlichblaues Licht besonders auffallen. Man läßt den Lichtbogen in Quecksilberdampf statt in Luft brennen und benutzt dazu eine große, 50 bis 100 cm lange Glasröhre, die Quecksilber enthält und evakuiert ist, so daß sie ganz mit dem Dampf des Quecksilbers erfüllt ist. Der negative Pol besteht aus flüssigem Quecksilber, der positive aus Eisen oder Graphit. **Fig. 110** zeigt eine solche Quecksilberlampe in einem Gestell. Um den Lichtbogen zu zünden, braucht man bloß die Röhre zu *kippen*, wofür das gezeichnete Gestell geeignet ist. Man läßt, nachdem man an die beiden Pole eine Spannung von 110 Volt angelegt hat, durch Kippen das unten (zunächst am positiven Pol) befindliche Quecksilber langsam zum negativen Pol laufen. Dann geht der Strom durch das flüssige Quecksilber, und sobald das Quecksilber sich von dem positiven Graphitpol trennt, entsteht der Lichtbogen und breitet sich nun durch den ganzen Quecksilberdampf von oben nach unten aus.

Ein Hauptvorteil des Quecksilberbogenlichts gegenüber dem gewöhnlichen Bogenlicht ist sein Reichtum an Strahlen von kurzer Wellenlänge, den violetten und *ultravioletten* Strahlen. Solche Strahlen haben eine sehr erhebliche photographische und allgemein chemische Wirkung und eine sehr ausgesprochene medizinische, heilende Wirkung bei Hautleiden. Wenn man aber den Quecksilberlichtbogen in einem Glasrohr erzeugt, so kommt dieser Vorteil nicht zur Wirkung, weil das Glas die ultravioletten Strahlen größtenteils absorbiert (verschluckt). Dagegen ist Quarz für solche Strahlen sehr durchlässig. Auch eine bestimmte Glassorte, die das *Jenaer Glaswerk Schott & Gen.* herstellt und welches sie aus diesem Grunde *Uviolglas* nennt, ist, anders als die gewöhnlichen Gläser, für die ultravioletten Strahlen ziemlich durchlässig, wenn auch nicht so vollkommen wie Quarz. Die aus solchem Glas konstruierten Quecksilberdampflampen nennt man *Uviollampen*. **Fig. 111** stellt eine kleine derartige

**Fig. 110**





## DIE WÄRME- UND LICHTWIRKUNGEN DES ELEKTRISCHEN STROMES

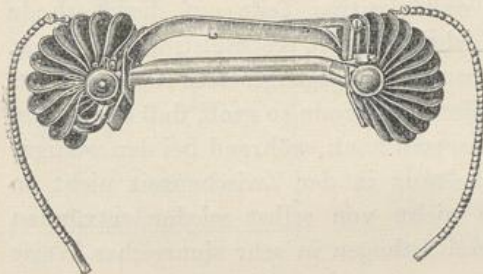
Lampe dar, die komplett mit dem nötigen Widerstand geschaltet ist und die durch einen Steckkontakt an die gewöhnliche Starkstromleitung angeschlossen wird. Zur Zündung wird sie gekippt.

Die Benutzung dieser Lampen aus Uviolglas sowie derjenigen aus Quarz ist sehr ausgedehnt in chemischen Fabriken und in photographischen Ateliers. Vermöge ihres Reichtums an ultravioletten, photographisch wirksamen Strahlen eignen sie sich für Abendphotographien weit mehr als die gewöhnlichen Bogenlampen. Die wichtigste Anwendung hat aber die Quecksilberlampe, und zwar speziell die aus Quarz gebildete, auf medizinischem Gebiet erlangt. Dort hat sie vermöge der in ihr enthaltenen ultravioletten Strahlen, wie vorliegende Versuche beweisen, ein wichtiges Feld zur Behandlung der Hautkranken. Für diesen Zweck ist die *Quarzlampe*, welche von der Quarzlampengesellschaft m. b. H. in Hanau hergestellt wird, folgendermaßen eingerichtet. Das Quecksilber befindet sich in einem Quarzrohr, dem *Brenner* der Lampe, welchen **Fig. 112** zeigt. Das eigentliche Rohr ist mit zwei quer angesetzten Gefäßen, ebenfalls aus Quarz, versehen, welche die Quecksilberelektroden enthalten. Diese Gefäße sind außen mit Fächern aus Metall umgeben, die als Kühler dienen, indem sie die Wärme von den Polgefäßen aufnehmen und ausstrahlen. Als Folge der

**Fig. 111**



**Fig. 112**



hohen Temperatur, die in dem Rohr herrscht, ergibt sich, daß der Dampfdruck des Quecksilbers hoch ist. Bei diesem hohen Druck kann nun aber für gleiche Spannung das Rohr viel kürzer genommen werden als sonst, wodurch die Lampe eben ihre bequeme Form erhält. Der Lichtbogen schnürt sich dabei auf einen Faden im Innern des Rohres zusammen. Die Lampe wird durch Kippen entzündet. Durch einen regulierbaren Vorschaltwiderstand kann die Stromstärke in der Lampe geändert werden.

Andererseits aber erlaubt die Quarzlampe noch folgende Anwendung. Die ultravioletten Strahlen des Sonnenlichts werden von der Atmosphäre stark absorbiert, aber in hochgelegenen Orten, den Höhenkurorten, sind sie noch reichlich vorhanden und üben dort den belebenden Einfluß auf den Organismus des Menschen aus, der als



## SECHSTES KAPITEL

Einfluß der Höhensonne schon lange medizinisch erkannt und geschätzt wurde. Da nun eine Quarzlampe auch große Mengen von ultravioletten Strahlen aussendet, so kann sie in dieser Beziehung die Wirkung der Höhenkurorte ersetzen. In der Medizin wird sie deswegen unter der Bezeichnung „*künstliche Höhensonne*“ bereits vielfach benutzt. Da unter dem Einfluß der ultravioletten Strahlen der Sauerstoff der Luft zum Teil in Ozon umgewandelt wird, so hat man bei der künstlichen Höhensonne ebenso wie bei der natürlichen auch zugleich den Heilfaktor des Ozons. Für die Belebung und Erfrischung des Organismus, ferner zur Steigerung des Stoffwechsels und zur Herabsetzung des Blutdrucks hat sich die künstliche Höhensonne vielfach bewährt.

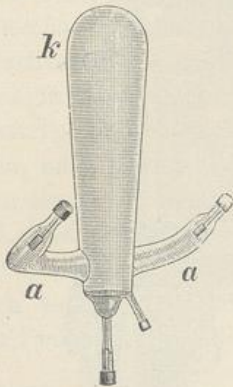
Der Quecksilberlichtbogen hat noch eine ganz andere, wichtige Anwendung erfahren. Die großen elektrischen Kraftwerke liefern ausschließlich Wechselströme und Drehströme, und zwar wegen der außerordentlichen Billigkeit der Fortleitung von hochgespannten Wechselströmen und wegen der bequemen und einfachen Möglichkeit, Wechselströme von hoher Spannung in solche von niederer Spannung zu transformieren. Aber für manche Zwecke ist der Gleichstrom doch unentbehrlich, nämlich für alle elektrochemischen Zwecke und speziell für das Laden von Akkumulatoren; für andere Zwecke ist der Gleichstrom zwar nicht unentbehrlich, aber doch in mancher Beziehung dem Wechselstrom überlegen, z. B. für Trambahnen. In solchen Fällen entsteht die wichtige Aufgabe, Wechselströme in Gleichströme umzuformen oder, wie man sagt, Wechselströme *gleichzurichten*. Es sind eine Reihe von Methoden erfunden worden, durch welche eine solche Gleichrichtung erzielt werden kann. Eine Anwendung im großen aber hat bisher nur die eine Methode gefunden, welche gerade den Quecksilberlichtbogen benutzt. Der *Quecksilberdampfgleichrichter* arbeitet nämlich ohne bewegliche Teile, also ohne Wartung, und ist sowohl für kleine wie für große Leistungen ausgeführt. Er beruht auf einer Eigenschaft des Quecksilberbogenlichts im Vakuum. Während nämlich ein Lichtbogen zwischen Kohlen auch mit Wechselstrom betrieben werden kann, ist das bei einem Lichtbogen, der Metallelektroden besitzt, nicht der Fall, und zwar wegen der größeren Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle. Zum Bestehen des Lichtbogens ist nämlich notwendig, daß die Kathode desselben (der negative Pol) eine sehr hohe Temperatur (Weißglut) besitzt, weil aus solchen glühenden Körpern die negativen Elektronen leicht austreten können. Die Weißglut wird beim Zünden eines Lichtbogens dadurch hervorgebracht, daß positive Teile auf die Kathode stürzen und sie erhitzen. Wird aber der Lichtbogen mit Wechselstrom betrieben, so erkaltet die Kathode, während der Strom die entgegengesetzte Richtung hat, und zwar ist diese Erkaltung bei einer Metallelektrode so groß, daß der Strom dann nicht mehr ohne neue Zündung einsetzen kann, während bei den weniger gut leitenden Kohlelektroden die Erkaltung in der Zwischenzeit nicht so intensiv ist, daß der Lichtbogen sich nicht von selbst wieder entzünden könnte. Dies wird nun beim Quecksilberlichtbogen in sehr sinnreicher Weise



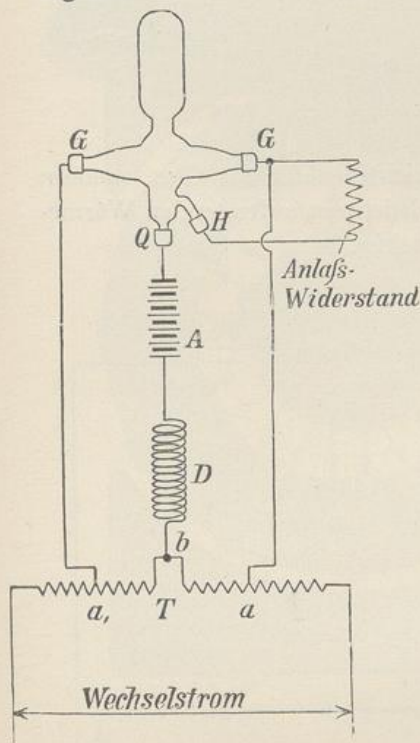
## DIE WÄRME- UND LICHTWIRKUNGEN DES ELEKTRISCHEN STROMES

zur Gleichrichtung von Wechselströmen ausgenutzt. **Fig. 113** zeigt einen solchen *Gleichrichterkolben*. Er ist eine luftleere Glasbirne, welche zwei umgebogene Glasansätze *a a* besitzt. In diesen befindet sich je eine Graphitelektrode, während unten im Kolben eine große Quecksilberelektrode zu sehen ist und daneben noch eine kleine Quecksilberelektrode, die nur zur ersten Zündung der Dampflampe dient. Um einen Wechselstrom gleichzurichten und durch ihn etwa eine Akkumulatorenbatterie zu laden, wird eine Schaltung benutzt, die aus **Fig. 114**

**Fig. 113**



**Fig. 114**



zu ersehen ist. Der Wechselstrom geht durch einen Transformator *T*, der aber nicht notwendig die Spannung zu erhöhen braucht, sondern nur der Schaltung wegen angebracht ist, und wird von dessen Enden *a* und *a*<sub>1</sub> zu den beiden Graphitelektroden *G G* geführt. Von der Mitte des Transformators aus führt die Leitung über eine Drosselspule *D* zur großen Quecksilberelektrode *Q* des Gleichrichters, und in diese Leitung werden die Akkumulatoren *A* so eingeschaltet, daß an *Q* der positive Pol derselben gelegt ist. Durch einen Anlaßwiderstand wird bei der ersten Einschaltung *H* mit *G* verbunden und durch Kippen des Gefäßes der Lichtbogen zwischen *H* und *Q* erzeugt. Ist so einmal *Q* auf die hohe Temperatur gebracht worden, so behält es diese nun dauernd bei, da nun, infolge des Wechselstroms, immer abwechselnd die eine der beiden Graphitelektroden *G G* positiv wird und den Strom durch die Lampe sendet. Immer bleibt *Q* negative Elektrode, und trotzdem in *a T a*<sub>1</sub> ein Wechselstrom herrscht, fließt in *b D A Q* stets ein gleichgerichteter Strom von *Q* nach *b*. Die Quecksilberdampfgleichrichter werden von verschiedenen Fabriken (Siemens-Schuckertwerke, AEG., Gleichrichter-Ges. usw.) in vollständiger Ausrüstung, mit allen Schaltern, Meßapparaten, Sicherungen, Anschlußdosen usw. hergestellt, und zwar sind die kleinen Anlagen, bis etwa 10 Ampere und 250 Volt Gleichstrom direkt tragbare Apparate, die man an verschiedenen Orten aufstellen kann. So zeigt **Fig. 115** eine solche Kleingleichrichteranlage der SSW. von der Rückseite. Man sieht in der Figur den



## SECHSTES KAPITEL

Gleichrichterkolben und unten den Transformator sowie die Drosselspule. Auf der Vorderseite sind Sicherungen und Steckdosen und ein Schieberwiderstand zur Regelung des Gleichstromes angebracht. Die Glaskolben können für Ströme bis zu 100 Ampere benutzt werden, ja die AEG. hat Glaskolben mit Strömen bis zu 250 Ampere belastet.

Eine zweckmäßige Modifikation dieser Gleichrichter sind die *Argonalgleichrichter* der DeutschenTelephon-und Kabelwerke in Berlin. Bei diesen ist der Dampfraum mit Argon gefüllt, und das Quecksilber enthält einen kleinen Zusatz eines Alkalimetalles. Dadurch wird bewirkt, daß der Gleichrichter leicht zündet, sogar ohne Kippen. Diese Gleichrichter sind besonders für kleine Spannungen, bis 100 Volt, geeignet.

Für sehr große Leistungen werden die Gleichrichter nicht aus Glas, sondern aus Metall hergestellt. Die großen, in den Gleichrichtern auftretenden Wärmemengen werden dann durch Wasserkühlung beseitigt.

Fig. 115

