

ist immer nötig, daß der Stromkreis zunächst geschlossen und dann erst an einer Stelle geöffnet wird, während die Stromquelle andauernd wirksam bleibt. Unter diesen Umständen kann der Lichtbogen zur Beleuchtung dienen; diese Beleuchtungsart nennt man *elektrisches Bogenlicht*, die Vorrichtungen zu ihrer Erzeugung *Bogenlampen*.

Als Körper, zwischen denen man in den Bogenlampen den Lichtbogen entstehen läßt (*Elektroden*), verwendet man *Kohlenstäbe*, und zwar teils solche aus gleichmäßig gepreßter harter Kohlenmasse (*Homogenkohlen*), teils solche aus einem festen Kohlenmantel mit lockerem, die elektrische Leitfähigkeit erhöhendem Kern oder „Docht“ (*Dochtkohlen*). Damit der Lichtbogen entsteht, muß bei dem kürzesten Lichtbogen (1 mm lang) bei Gleichstrom eine Spannung von mindestens 36 Volt, bei Wechselstrom eine solche von etwa 28 Volt vorhanden sein. Die nötige Spannung steigt mit der zunehmenden Länge des Bogens; sie beträgt z. B. bei einem 7—8 mm langen Lichtbogen mindestens 70 Volt. Am üblichsten sind Lichtbogen von 1—3 mm Länge. Die Temperatur des Lichtbogens liegt zwischen 2000 und 4000°; das hauptsächlich Leuchtende sind die weißglühenden Enden der Kohlenstäbe, nicht der eigentliche Flammenbogen zwischen ihnen.

Von den Kohlen fliegen glühende Kohleteilchen fort, jedoch ist bei Gleichstrom diese *Zerstäubung* nicht bei beiden Elektroden gleich, vielmehr bei der positiven Kohle viel stärker. Deshalb höhlt sich diese, die auch eine viel höhere Temperatur als die negative Kohle annimmt, kraterförmig aus, während sich die negative Elektrode zuspitzt (Fig. 463). Darum setzt man bei *Gleichstrombogenlampen* mit übereinanderstehenden Kohlen die positive nach oben, weil der Krater dann gewissermaßen als Reflektor wirkt und die größte Lichtmenge nach unten wirft. Da die positive Kohle schneller abbrennt als die negative, macht man sie dicker, damit beide Kohlenstäbe gleiche Länge haben. Als positive Kohle dient Dochkohle, als negative dagegen Homogenkohle. Beim Betriebe mit Wechselstrom brennen beide Kohlen gleichmäßig und spitz ab; man verwendet deshalb in *Wechselstrombogenlampen* Dochkohlen gleicher Stärke.

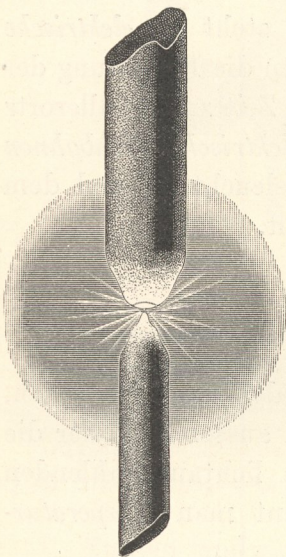


Fig. 463. Elektrischer Lichtbogen (Gleichstrom).

1. Regulierungsvorrichtungen.

Da die Elektroden beim Betriebe abbrennen, während andererseits der Lichtbogen nur bei einem bestimmten, geringen Abstand beider erhalten bleibt, muß jede Bogenlampe Vorrichtungen enthalten, durch die die Kohlen nachgeschoben und in passendem Abstand erhalten werden. Die Regulierung, die man dem Strome selbst überträgt, muß auch dafür sorgen, daß beim „Einschalten“ der Lampe beide Kohlen in Berührung kommen (oder daß sie sich außerhalb der Brennperiode überhaupt ständig berühren), weil dies und die erst nach Stromschluß erfolgende Entfernung der Kohlenspitzen voneinander nötig ist, um den Lichtbogen zu bilden. Weiter muß die Regelung etwaige Schwankungen in der Stromstärke ausgleichen, indem sie den Abstand der Kohlen, d. h. den Widerstand der Lampe, vergrößert, wenn der Strom zu stark wird; dagegen den Abstand verringert, wenn der Strom zu schwach wird. Die Regelung darf dabei nicht ruckweise erfolgen, was ein flackerndes Brennen und Zucken ergäbe, vielmehr muß die Kohlenbewegung ganz allmählich geschehen, dabei aber doch sofort auf alle Änderungsfaktoren reagieren.

Als Mittel zur Regulierung bedient man sich des Elektromagnetismus, und zwar im besondern der Tatsache, daß eine mit isolierten Drahtwindungen versehene Hohlspule (*Solenoid*) einen passenden Kern aus Weicheisen in ihr Inneres hineinzieht, wenn die Drahtwindungen vom Strom durchflossen werden. Nach der Art der Schaltung der Regulierungsvorrichtung unterscheidet man Hauptstromlampen, Nebenschlußlampen und Differentiallampen.

In der *Hauptstrombogenlampe* (Fig. 464) steht die positive Elektrode 3 durch eine Stange 5 mit dem Hebel 6 in Verbindung und kann gehoben und gesenkt werden. An dem einen Ende des Hebels 6 hängt der Eisenkern 7, der vom Solenoid 8 angezogen werden kann. Auf der anderen

Seite des um 9 drehbaren Hebels 6 sitzt das Gegengewicht 10. Der positive Strom kommt von 1, fließt durch die Wickelung des Elektromagnets 8 in die positive Elektrode 3, durch die negative Kohle 4 und von ihr durch 2 zur Stromquelle zurück. Passende Einstellung des Gegengewichtes 10 bewirkt, daß bei einer bestimmten Stromstärke der Kern 7 in eine beabsichtigte Stellung zur Spule 8 kommt und entsprechend der Lichtbogen bei einer bestimmten Bogenlänge eine bestimmte Spannung zeigt. Wenn unter diesen Verhältnissen die Bogenlampe normal funktioniert und die Kohlenspitzen dann allmählich abbrennen, wird der Lichtbogen länger, also sein Widerstand größer, was zu einer Verringerung der Stromstärke führt. Hierdurch wird der Elektromagnetismus des Solenoids 8 geschwächt; Kern 7 wird weniger angezogen, Gegengewicht 10 bringt die rechte Hebelseite zum Sinken, und entsprechend sinkt auch die positive Elektrode 3. Hierbei wird die Lichtbogenlänge kleiner, der Widerstand geringer und dementsprechend die Stromstärke größer, so daß der Elektromagnetismus in 8 wieder wächst und 7 mehr angezogen wird. So regelt sich die Lampe, und zwar bleibt der Reguliermechanismus in Ruhe, wenn die Stromstärke ihren normalen Wert erreicht hat, auf den das Gegengewicht 10 eingestellt war. Die Hauptstromlampe reguliert *auf konstante Stromstärke*. Schaltet man die Lampe aus, so wird auch 8 stromlos und verliert seine Anziehungskraft, so daß sich 7 hebt und Kohle 3 auf Kohle 4 herabsinkt. Beide bleiben in Berührung, bis der Strom wieder eingeschaltet wird, wodurch dann 7 aufs neue angezogen und entsprechend 3 gehoben wird, so daß sich der Lichtbogen bildet.

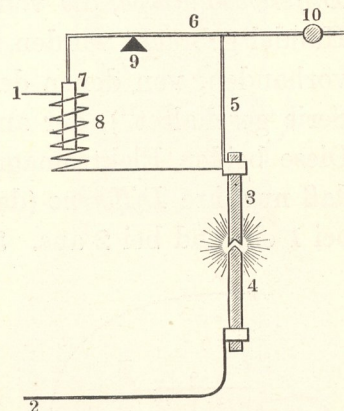


Fig. 464. Schema der Hauptstrombogenlampe.

Derartige Hauptstromlampen sind nur brauchbar, wenn nicht noch andere Lampen in demselben Stromkreis brennen; sie versagen sofort, wenn zwei Lampen hintereinander geschaltet werden. Denn wenn hier die eine Lampe normal brennt, während bei der zweiten die Elektrodenentfernung zu groß ist, nähert die Regulierung die Kohlen der zweiten Lampe einander und verstärkt so den gesamten Strom. Dies führt dann zu einem übergroßen Kohlenabstand in der ersten Lampe usw. — kurz, eine Lampe stört immer die andere, und beide gleichzeitig kommen nicht zum normalen Brennen. Diese Übelstände vermeiden die Nebenschlußlampe und die Differentiallampe.

In der *Nebenschlußbogenlampe* (Fig. 465) wird nur ein abgezwigter Teil des Stromes zur Regulierung benutzt. Der Maschinenstrom tritt bei 1 ein und bei 2 aus; 3 ist die positive, 4 die negative Kohle. Erstere hängt an dem Halter 5 und durch diesen am Hebel 6, der um 9 drehbar ist. 10 ist das Gegengewicht des Hebels, das mit 5 zusammen dem anderen Hebelende nicht ganz das Gleichgewicht hält. Der Hebelausschlag wird durch 11 begrenzt. Das Solenoid 8 liegt zum Hauptstrom im Nebenschluß, d. h. in einer Stromabzweigung zwischen 9 und 12; 7 ist der Eisenkern. Berühren sich bei Stromschluß die Kohlen nicht (da das Gewicht von 7 überwiegt), so läuft der Strom von 1 über 9 und das Solenoid 8 nach 12 und 2.

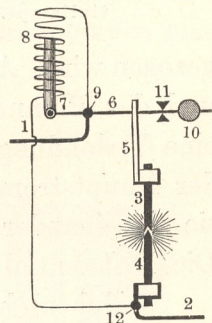


Fig. 465. Schema der Nebenschlußbogenlampe.

Hierdurch wird der Eisenkern 7 in 8 hineingezogen, so daß die Kohlen 3 und 4 zur Berührung kommen. Dann findet aber der Strom den weniger Widerstand bietenden Weg 1, 9, 5, 3, 4, 2, so daß Spule 8 stromlos wird und 7 sich senkt. Der Lichtbogen zwischen 3 und 4 bildet sich und wird zum ruhigen Brennen geregelt. Diese Lampe, bei der also Lichtbogen und Reguliervorrichtung parallel geschaltet sind, kann auch bei Bruch der Kohlen usw. niemals den ganzen Stromkreis öffnen, da der Strom dann den Weg durch die Regulierspule findet. Ist der Lichtbogen gebildet, so steht die Nebenschlußspule unter der Spannung des Lichtbogens. Das Gegengewicht wird so eingestellt, daß bei einer beabsichtigten Lichtbogenlänge eine bestimmte Lichtbogenspannung vorhanden ist und der Reguliermechanismus sich in Ruhe befindet. Die Nebenschlußlampe reguliert *auf konstante Spannung*. Bei den Nebenschlußlampen sind äußere Stromschwankungen von viel geringerem Einfluß als bei den Hauptstromlampen, aber in gewissem Grade störend

machen sich auch hier noch Stromschwankungen bemerkbar. Wird z. B. aus äußeren Ursachen der in die Lampe eintretende Strom zu stark, so werden auch die Ströme in den beiden Stromzweigen zu stark, d. h. das Licht brennt stärker als normal, und die gleichzeitig stärker wirkende Regulierspule bringt die Kohlen noch näher zusammen, so daß also das schon zu starke Licht noch stärker wird. Umgekehrt ist es bei zu schwachem Strom. Die Regelung gleicht also die äußeren Stromschwankungen nicht vollständig aus, wenn sie auch viel besser wirkt als diejenige der Hauptstromlampen.

Die Möglichkeit, viele Lampen in einem Stromkreis hintereinander zu schalten, ohne daß diese im geringsten durch äußere Stromschwankungen beeinflußt werden, verdankt man der *Differentiallampe*, die von v. Hefner-Alteneck erfunden und von Siemens & Halske zuerst in den Handel gebracht worden ist. Bei der Differentialbogenlampe (Fig. 466) sind zwei Elektromagnete vorhanden, von denen der eine in den Hauptstrom eingeschaltet (d. h. mit dem Lichtbogen „in Serie geschaltet“), der andere parallel dazu geschaltet ist (also in einer Stromabzweigung liegt). Diese beiden Elektromagnete beeinflussen die Kohlenentfernung in entgegengesetzter Weise, so daß nur ihre *Differenz* (daher „Differentiallampe“) zur Wirkung kommt. Der Strom tritt wieder bei 1 ein und bei 2 aus. 3 ist die obere, 4 die untere Kohle, 5 und 6 sind die beiden Spulen, von

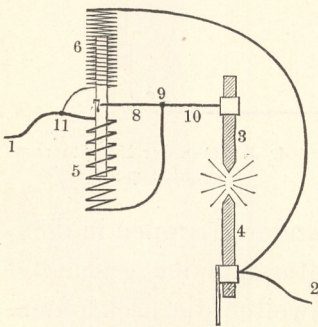


Fig. 466. Schema der Differentiallampe.

denen die erstere mit wenigen Windungen dicken, letztere mit vielen Windungen dünnen Drahtes versehen ist. In die Spulen ragen die Enden des Eisenkernes 7 hinein. Der Kern 7 hängt an dem einen Ende des um 9 drehbaren Hebels 8—10, mit dessen anderem Ende Kohle 3 verbunden ist. Berühren sich anfangs die Kohlen 3 und 4, so geht der Strom durch 1, 11, 5, 9, 10, 3, 4, 2, während 6 viel größeren Widerstand bietet und deshalb stromlos bleibt. Der Strom zieht jetzt 7 in 5 hinein, wodurch sich die mit dem anderen Hebelende verbundene Kohle 3 hebt und der Lichtbogen erscheint. Nunmehr besteht zwischen 3 und 4 ein erheblicher Luftwiderstand, und deshalb zweigt sich bei 11 ein Teil des Stromes nach 6, 2 ab, so daß Kern 7 nach oben mehr in 6 hineingezogen wird. Auf diese Weise regelt die verbundene Wirkung beider Spulen die Kohlenentfernung und das Brennen der Lampe in sehr vollkommener Weise. Die Differentialschaltung ist also eine Verbindung von Hauptstromschaltung und Nebenschlußschaltung. Herrscht die Wirkung der Hauptstromspule vor, so müssen sich die Kohlen im stromlosen Zustande berühren, während sie voneinander entfernt sein müssen, wenn die Wirkung der Nebenschlußspule überwiegt. Die Differentiallampe reguliert auf *konstanten Widerstand des Lichtbogens*.

Nebenschlußlampen sowie Differentiallampen müssen, wenn sie zu mehreren hintereinander geschaltet werden, noch eine Vorrichtung erhalten, durch die eine Lampe ganz aus dem Stromkreise ausgeschaltet wird, wenn sie durch irgendwelche Umstände (z. B. Abbrechen einer Kohle) überhaupt erlischt. Ohne eine solche Ausschaltvorrichtung ginge nämlich der gesamte Strom durch die Zweigleitung des Solenoids und würde diese schwachen Drahtwindungen stark erhitzen (oder ganz durchbrennen), dabei andererseits durch den Widerstand der Spulenwindungen selbst so geschwächt werden, daß die übrigen Lampen erlöschen. Die erwähnte automatische Ausschaltvorrichtung besteht gewöhnlich aus einem kleinen Magnet, der beim Erlöschen der Lampe dem Strom einen weniger Widerstand bietenden Weg unter Umgehung der dünnen Regulierspule schafft.

Nebenschlußlampen sowie Differentiallampen müssen, wenn sie zu mehreren hintereinander geschaltet werden, noch eine Vorrichtung erhalten, durch die eine Lampe ganz aus dem Stromkreise ausgeschaltet wird, wenn sie durch irgendwelche Umstände (z. B. Abbrechen einer Kohle) überhaupt erlischt. Ohne eine solche Ausschaltvorrichtung ginge nämlich der gesamte Strom durch die Zweigleitung des Solenoids und würde diese schwachen Drahtwindungen stark erhitzen (oder ganz durchbrennen), dabei andererseits durch den Widerstand der Spulenwindungen selbst so geschwächt werden, daß die übrigen Lampen erlöschen. Die erwähnte automatische Ausschaltvorrichtung besteht gewöhnlich aus einem kleinen Magnet, der beim Erlöschen der Lampe dem Strom einen weniger Widerstand bietenden Weg unter Umgehung der dünnen Regulierspule schafft.

2. Lampen mit offenem Lichtbogen.

Lampen mit übereinanderstehenden Elektroden. Die mechanische Anordnung der Teile in den Bogenlampen ist verschieden. Bei fast allen Lampen sind die beiden Kohlenhalter durch eine Kette oder Schnur verbunden, die über eine Rolle geführt ist. Das Übergewicht des einen Kohlenhalters treibt dann ein mit der Seilrolle verbundenes Rädergetriebe an; ein Flügelrad, das zugleich Sperrrad ist, wirkt dabei hemmend bzw. verlangsamernd. Dadurch, daß man nicht nur die eine Kohle, sondern beide beweglich macht, erreicht man einen wesentlichen Vorteil: Ist nur die obere Kohle