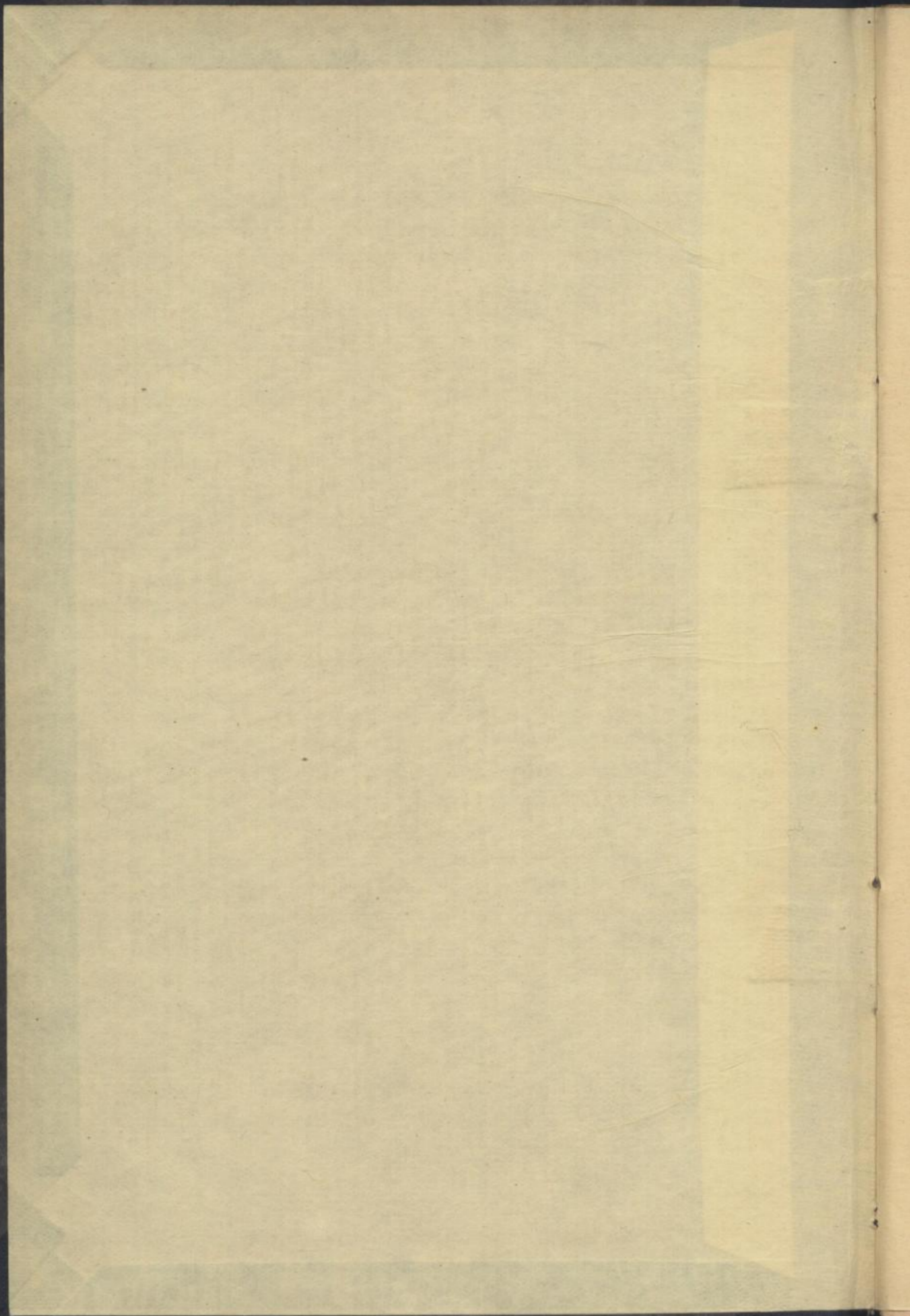


ein

Art. plast.

2591 *L*



Enzyklopädie der Photographie, Heft 59.

A. Hübl.

**Das Kopieren
bei elektrischem Licht.**

2. Auflage.

1920

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale).

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale).

Das Atelier des Photographen

Allgemeine Photographen-Zeitung mit Beiblatt

Photographische Chronik.

Herausgegeben von

Geh. Reg.-Rat Dr. A. Miethé, Professor an der Techn. Hochschule zu Charlottenburg und Vorsteher des Photochemischen Laboratoriums, und F. Matthies-Masuren, Maler und Schriftsteller.

Monatlich ein reich illustriertes Hauptheft mit Kunstbeilagen und wöchentlich eine Nummer des Beiblattes „Photographische Chronik“. Der Text behandelt sämtliche für Fachphotographen wichtige Gebiete und Fragen.

Bezugspreis vierteljährlich 9,50 Mk., das Beiblatt allein 4,— Mk.

==== Probehefte kostenfrei. ====

Hilfsbücher für Photographie

zum Selbstunterricht für Amateure sowie zur Vorbereitung für die Gehilfen- und Meisterprüfung der Fachphotographen.

Von Hans Schmidt,

Dozent für Photographie und Optik an der photographischen Lehr- und Versuchsanstalt des Lette-Vereins zu Berlin.

Band I: Vorträge über die photographischen Verfahren. 3.—4. Auflage. Mit 4 Tafeln. 4,90 Mk., gebunden 7,70 Mk.

Band II: Vorträge über photographische Optik. 2. Auflage. Mit 81 Abbildungen im Text, 1 farbigen Tafel und 1 Hilfstafel. 9,60 Mk., gebunden 12,40 Mk.

Band III: Vorträge über Chemie und Chemikalienkunde für Photographierende. 3.—4. Auflage mit einem Anhang über lateinische Bezeichnungen. 9,60 Mk., gebunden 12,40 Mk.

Photographische Verlagsgesellschaft m. b. H., Halle (Saale).

Photographische Rundschau und Mitteilungen

(Photographisches Zentralblatt).

Zeitschrift für Freunde der Photographie.

Herausgegeben unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner von

Chemiker Paul Hanneke,

Dr. R. Luther, o. Professor an der Techn. Hochschule Dresden, und F. Matthies-Masuren, Maler und Schriftsteller.

Erscheint monatlich zweimal in vornehmster Ausstattung mit Bildern in feinstem Buchdruck nach Arbeiten der bedeutendsten Lichtbildner.

Bezugspreis vierteljährlich 9,50 Mk.

==== Probehefte kostenfrei. ====

Enzyklopädie der Photographie, Heft 59.

Das Kopieren bei elektrischem Licht.

Von

Dr. h. c. **Arthur Hübl**,

korresp. Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Wien.

Mit 22 Abbildungen im Text und einer Tafel.

Zweite Auflage.

Halle (Saale).

Druck und Verlag von Wilhelm Knapp.

1920.



1925 I D 52

Vorwort zur zweiten Auflage.

Als das vorliegende Heft in erster Auflage erschien, war das Kopieren bei elektrischem Licht noch wenig gebräuchlich, und es konnte damals nicht viel mehr als eine Beschreibung der für diese Zwecke brauchbaren Lampen geboten werden.

In den letzten Jahren haben sich aber diese Verhältnisse geändert; die elektrische Kopierlampe findet immer mehr Verwendung, man hat ihre Vorzüge schätzen gelernt, weiß jetzt, wie und wo man sie benutzen soll, und hat reiche Erfahrungen auf diesem Gebiete gewonnen.

Und so mußte auch der Inhalt des Heftes eine vollständige Umarbeitung erfahren: die Beschreibung der Lampen ist kürzer gehalten, dagegen der Vorgang beim Kopieren ausführlich erörtert.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite.
Einleitung	I
I. Die Beleuchtung ebener Flächen	
1. Die Beleuchtung mit einer Lichtquelle	2
2. Die Beleuchtung mit mehreren Lichtquellen	7
3. Der Gebrauch von Reflektoren	8
4. Photochemische Lichtstärke	10
II. Die Lampen	
1. Elektrische Bogenlampen	14
a) Die gewöhnliche Bogenlampe	15
b) Lampen mit langen Lichtbogen	19
Lampen mit eingeschlossenem Lichtbogen (Dauerbrand- lampen)	19
Flammenbogenlampen	21
2. Quecksilberdampfampe	23
Das Beleuchtungsgesetz	25
III. Die Eigentümlichkeiten des elektrischen Lichtes	
1. Hartes und weiches Licht	30
2. Die spektralen Eigentümlichkeiten des Lichtes	34
IV. Der Vorgang beim Kopieren.	
1. Kopiereinrichtungen	40
2. Die Kopierzeit und der Gebrauch des Photometers	44
V. Vergleich der verschiedenen Lampentypen	
Photochemische Lichtstärke und Energieverbrauch; zweckent- sprechende Wahl der Lampen.	47



Einleitung.

Für die Beleuchtung des Originals bei der photographischen Aufnahme steht das elektrische Licht schon seit vielen Jahren überall in Verwendung. Man benutzt zu diesem Zwecke ausschließlich zwei oder vier Bogenlampen, die, um Reflexe zu vermeiden, stets zur Seite des Originals angebracht werden, und so gelingt es leicht, eine ganz gleichmäßige und genügend intensive Beleuchtung zu erzielen.

Bei Schwarz-Weiß-Originalen sind Hochspannungslampen mit eingeschlossenen Kohlen — sogenannte Dauerbrandlampen — sehr zu empfehlen, da sie ein an photographisch wirksamen Strahlen sehr reiches, violette Licht liefern und fast keinerlei Wartung erfordern, während bei der Aufnahme von farbigen Originalen gewöhnliche Bogenlampen oder Lampen mit Effektkohlen zur Verwendung kommen müssen, die ein Licht aussenden, das bezüglich der Farbe dem Tageslicht näher kommt. In jedem Falle fällt nur ein kleiner Teil — vielleicht ein Zehntel — des Lichtstromes der Lampe auf das Original, während die größte Menge des Lichtes verloren geht. Man nimmt aber diesen Verlust wegen der enormen Vorteile, welche die künstliche Beleuchtung sonst bietet, gern in Kauf.

Ganz anders stellen sich aber die Verhältnisse, wenn man das elektrische Licht für Kopierzwecke benutzen will, denn hier kommen stets wenig empfindliche Schichten — Chlorsilber, Eisensalze, Chromate usw. — in Betracht, die selbst bei gutem Licht lange Expositionen fordern. In diesem Falle werden die Betriebskosten unverhältnismäßig gesteigert, und eine so unökonomische Ausnutzung der Lichtquelle, wie bei der Negativphotographie, ist hier nur ausnahmsweise statthaft. Die Kosten für das Licht stehen mit den erzielten Vorteilen meist nicht im Einklange und darin liegt die Ursache, warum man sich gegen das Kopieren bei elektrischem Licht ziemlich ablehnend verhielt. Erst durch Verbesserung der Lampen und Kopiereinrichtungen gelang es, das elektrische Licht auch für diesen Zweck in die Praxis einzuführen.

I. Die Beleuchtung ebener Flächen.

Soll nach einem Negativ eine brauchbare Kopie entstehen, so muß man für eine gleichmäßige Beleuchtung der ganzen Kopierfläche Sorge tragen, was mit Hilfe künstlicher Lichter keineswegs leicht zu erreichen ist. Die meisten in Betracht kommenden Lichtquellen bestehen aus einem nur kleinen Leuchtkörper, eigentlich ist es nur ein leuchtender Punkt, der die Strahlen aussendet, und aus diesem Grunde sind sie für eine gleichmäßige Beleuchtung von ebenen Flächen nur wenig geeignet.

Es ist nicht leicht, die hier auftretenden Schwierigkeiten zu überwinden, und meistens ist das nur mit einem Lichtaufwand zu erreichen, der weit über das für den eigentlichen Zweck notwendige Maß geht.

1. Die Beleuchtung mit einer Lichtquelle.

Ein leuchtender Punkt L (Abb. 1) sendet nach allen Richtungen einen Lichtstrom von gleicher Intensität und wird daher eine Hohlkugel kk gleichmäßig hell beleuchten; auf eine größere Hohlkugel KK fällt der gleiche Lichtstrom, da aber ihre Oberfläche größer ist, so wird sie weniger hell beleuchtet sein, und die Abnahme der Beleuchtung, d. h. der Lichtstromdichte, ist dabei offenbar proportional

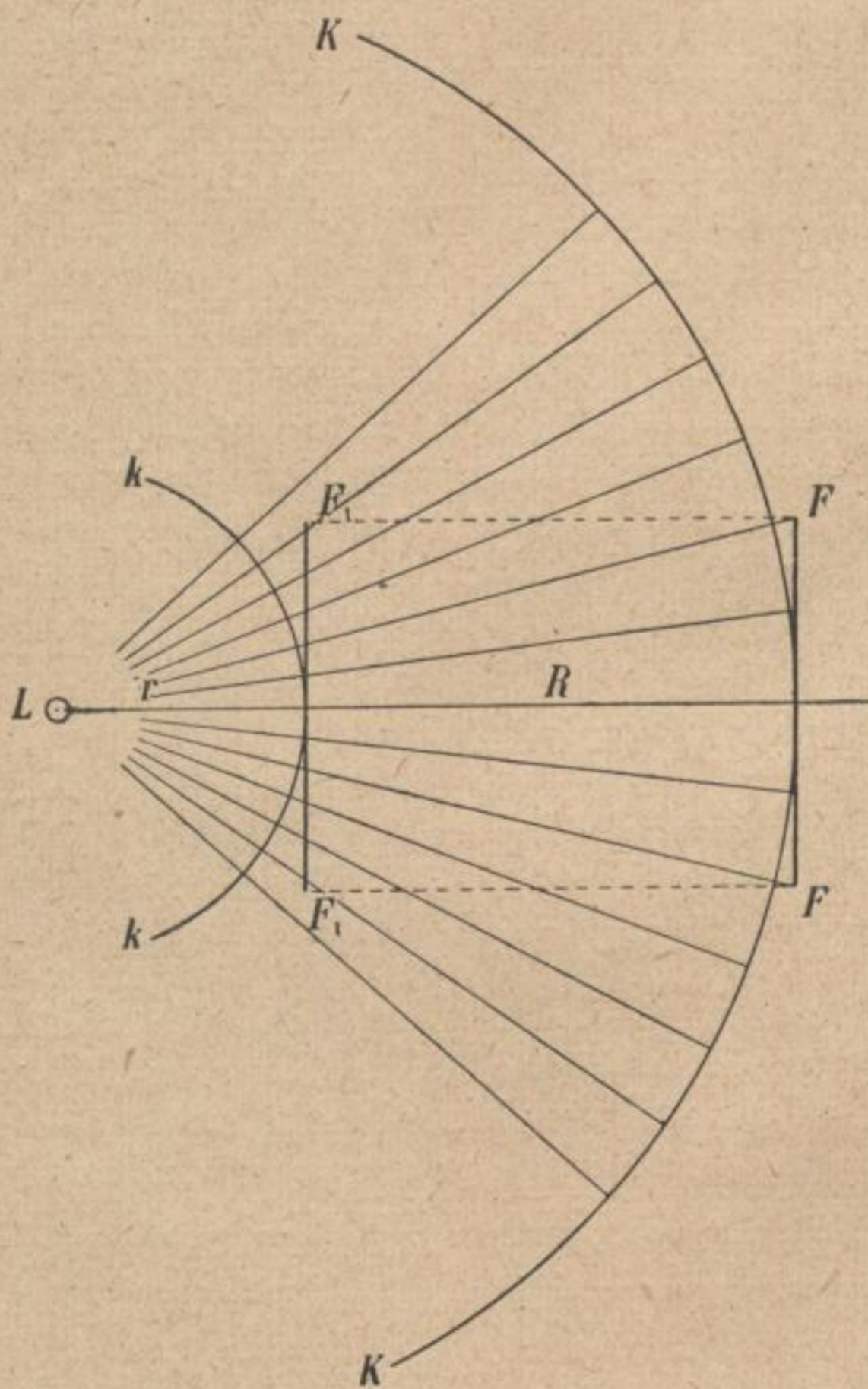


Abb. 1.

der Zunahme der Oberfläche. Die Oberflächen zweier Kugeln verhalten sich aber wie die Quadrate ihrer Halbmesser, daher nimmt mit der Vergrößerung der Kugelhalbmesser die Beleuchtung im quadratischen Verhältnisse ab. Verhalten sich die Halbmesser r und R z. B. wie $1:3$, so wird die große Kugel nur ein Neuntel so hell beleuchtet wie die kleine.

Das eben entwickelte Gesetz gilt aber nur für konzentrische Kugelflächen oder ebene Flächen, die man wegen ihrer Kleinheit annähernd als Teile der Kugelflächen betrachten kann. Ist aber die Ausdehnung der Ebene im Vergleich mit ihrem Abstand von der Lichtquelle bedeutend, so ist, wie Abb. 1 zeigt, das Gesetz nicht mehr zutreffend. Denkt man sich nämlich den von L ausgehenden Lichtstrom in eine Anzahl gleicher Bündel zerlegt, so wird die quadratisch gedachte — hier im Schnitt dargestellte — Ebene FF von $4 \times 4 = 16$ solcher Bündel getroffen; verschiebt man nun die Ebene auf ein Drittel des Abstandes von der Lichtquelle, also $F_1 F_1$, so wird sie von etwa $10 \times 10 = 100$ Lichtstrombündel erleuchtet. Die Beleuchtungen verhalten sich also wie $16:100$, oder annähernd wie $1:6$ und nicht wie $1:9$.

Die ebene Fläche wird daher von weniger Strahlen, von einem kleineren Lichtstrom getroffen als das konzentrische Kugelsegment, und, wie aus der Abbildung ersichtlich ist, macht sich dieser Unterschied hauptsächlich gegen den Rand zu bemerkbar. Hier ist der Querschnitt der Lichtstrombündel größer, und sie treffen überdies schief auf, werden also auf eine größere Fläche ausgebreitet als in der Mitte, und daher muß auch die Beleuchtung gegen den Rand zu abnehmen.

Beim Kopieren hat man es stets mit relativ ausgedehnten Flächen zu tun, die durch einen oder mehrere in einer Ebene liegende Kopierrahmen gebildet werden und die tunlichst gleichmäßig zu beleuchten sind. Es ist daher von Interesse, die Gesetze kennen zu lernen, welche für die Verteilung des Lichtes über solche von einer oder mehreren Lichtquellen beleuchteten Flächen maßgebend sind.

Sei L ein leuchtender Punkt (Abb. 2), der nach allen Seiten Strahlen von der Intensität J aussendet, und befindet sich die zu

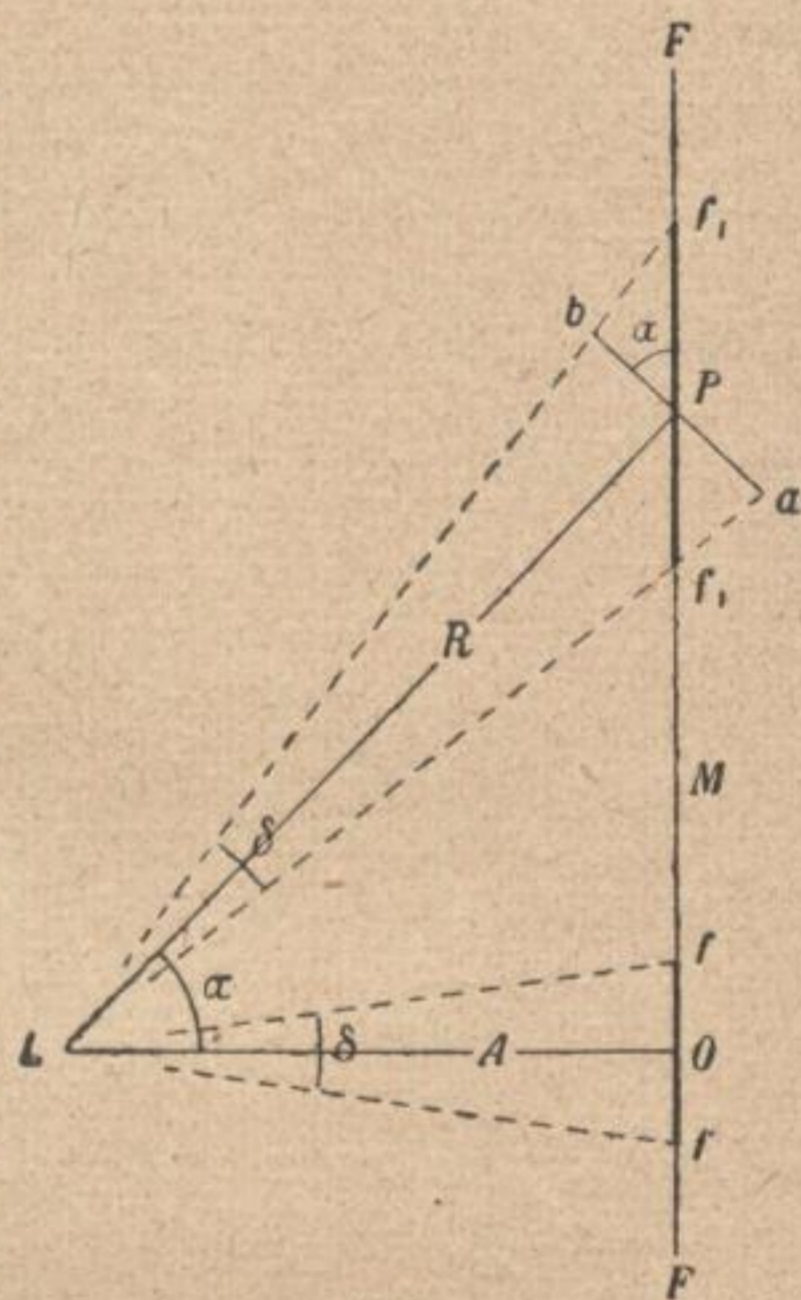


Abb. 2.

beleuchtende Fläche FF im Abstände A von der Lichtquelle, so wird ein bei O gelegenes Flächenelement, dessen Querschnitt ff ist, von dem Lichtstrombündel δ getroffen und mit der Intensität $E_0 = \frac{J}{A^2}$ beleuchtet. Um die Beleuchtung für ein seitwärts bei P gelegenes Flächenelement zu ermitteln, denkt man sich dasselbe zunächst senkrecht auf die Lichtstrahlen gestellt. Das gleiche Lichtstrombündel δ trifft dann auf eine größere, in der Entfernung R befindliche Fläche ab und die Beleuchtung derselben beträgt daher $E = \frac{J}{R^2}$.

Den Winkel α , welchen die Richtung nach P mit der Normalen LO bildet, bezeichnet man als „Ausstrahlungswinkel“, und es ist:

$$R \cos \alpha = A \text{ oder } R = \frac{A}{\cos \alpha}.$$

Führt man diese Größe in obiger Gleichung ein, so ergibt sich für die Beleuchtung des seitwärts im Abstände M gelegenen Flächenelementes ab :

$$E = \frac{J}{A^2} \cos^2 \alpha = E_0 \cos^2 \alpha.$$

Dieser Ausdruck gilt aber für ein Flächenelement, das senkrecht zu den in P auftreffenden Strahlen liegt. In der Ebene FF trifft das Lichtstrombündel δ ein noch größeres Flächenelement $f_1 f_1$, das also noch schwächer als ab beleuchtet wird. Die Beleuchtungsintensität nimmt proportional mit der Flächenvergrößerung ab, und da ab mit $f_1 f_1$ den Winkel α einschließt, also $ab = f_1 f_1 \cos \alpha$ ist, so ist die Beleuchtung des Flächenelementes $f_1 f_1$ nicht E , sondern:

$$e = E \cos \alpha = E_0 \cos^3 \alpha = \frac{J}{A^2} \cos^3 \alpha.$$

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich, daß die Beleuchtungsintensität im senkrechten Abstände von der Lichtquelle am größten ist und gegen die Ränder zu in konzentrischen Kreisen abnimmt, und zwar proportional der dritten Potenz von $\cos \alpha$.

Wenn man die Beleuchtung E_0 in der Mitte als Einheit annimmt, so ist der Beleuchtung aller im Winkelabstand α gelegenen Punkte, also aller Punkte, die in einem Kreis am Halbmesser $M = A \tan \alpha$ liegen, $e = \cos^3 \alpha$.

Die Werte von $\cos^3 \alpha$ und $\tan \alpha$ sind aus nachstehender Tabelle ersichtlich:

α°	$\cos \alpha$	$\cos^3 \alpha$	$\tan \alpha$
0	1,00	1,00	0,00
5	1,00	1,00	0,09
10	0,98	0,94	0,18
15	0,97	0,91	0,27
20	0,94	0,83	0,36
25	0,91	0,75	0,47
30	0,87	0,66	0,58
35	0,82	0,55	0,70
40	0,77	0,46	0,84
45	0,71	0,36	1,00
50	0,64	0,26	1,19
55	0,57	0,18	1,43
60	0,50	0,12	1,73
65	0,42	0,07	2,14

Kopiert man z. B. ein Negativ 50×50 cm mit einer 50 cm entfernten Lichtquelle, so ist α für den Rand 26° , für die Ecken 35° ; die Ränder erhalten daher nur 75% , die Ecken nur 55% jener Lichtmenge, welche auf die Mitte des Rahmens fällt.

Sehr übersichtlich werden diese Verhältnisse, wenn man die Intensitäten e auf der zu beleuchtenden Fläche graphisch darstellt. In Abb. 3 bedeute L eine im Abstand A vor der Ebene angebrachte Lichtquelle, welche nach allen Seiten Strahlen von der Intensität J aussendet. Die senkrecht auftreffenden Strahlen beleuchten daher mit der Intensität $\frac{J}{A^2}$, und jedem Punkt der Ebene, welche von den unter $10, 20, 30^{\circ}$ usw. ausgehenden Strahlen getroffen werden,

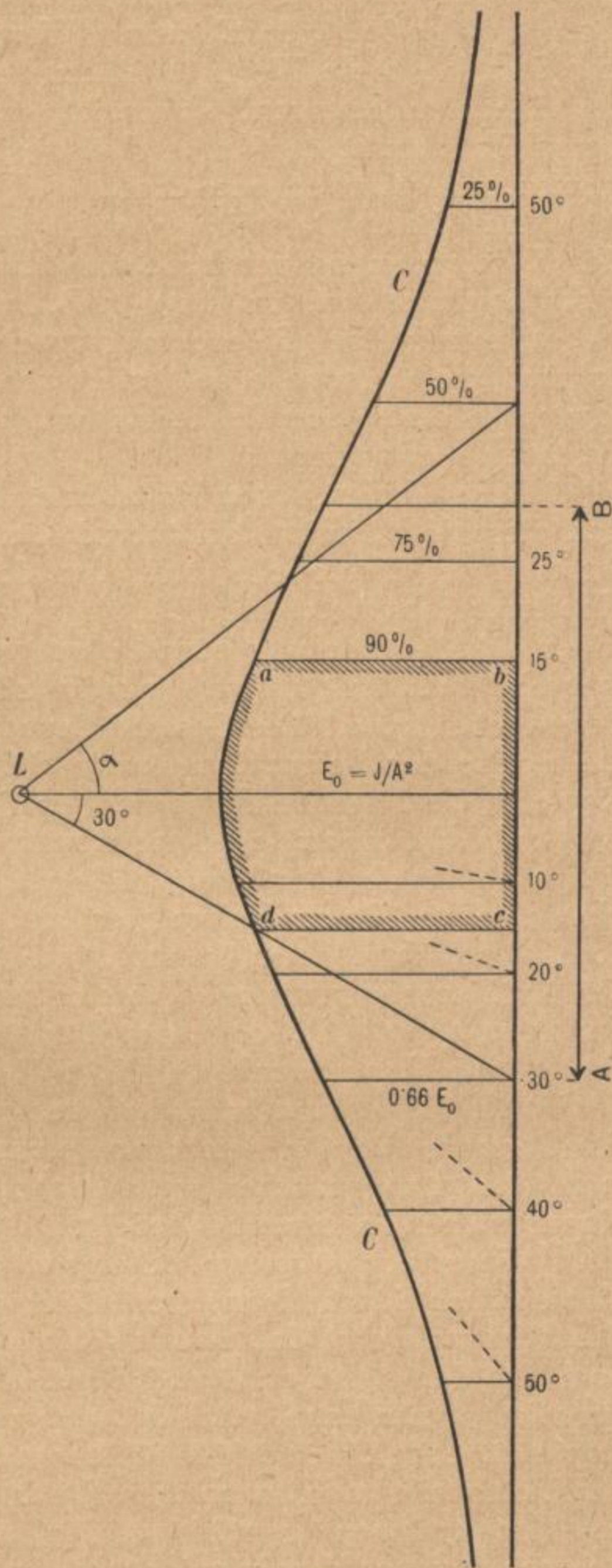


Abb. 3.

entsprechen nach umstehender Tabelle die Beleuchtungsintensitäten 0,94, 0,83, 0,66 E_0 usw. Werden in den Auftreffpunkten der Strahlen diese Werte in einem beliebigen Maßstab senkrecht zur Ebene aufgetragen, so ergibt sich eine gekrümmte Fläche, deren Querschnitt der Kurve C entspricht. Diese Kurve wird als „Beleuchtungskurve“ bezeichnet.

Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, daß die Beleuchtung des Kopierrahmens mit zunehmendem Ausstrahlungswinkel sehr rasch abnimmt, und will man z. B. zwischen Rand und Mitte des Negatives nur einen Beleuchtungsunterschied von 10 % tolerieren, so muß die Lichtquelle so situiert werden, daß der Kopierrahmen innerhalb eines Strahlenkegels von etwa 30° liegt, also der Strecke bc entspricht.

Beim Kopieren von Halbtonnegativen müssen auch tatsächlich diese Verhältnisse annähernd eingehalten werden, d. h. der Abstand der Lichtquelle muß etwa das Doppelte der Länge des Kopierrahmens betragen. Ein Negativ 30×40 cm muß man also in einem Abstände von etwa 80 cm von der Lichtquelle kopieren, während man mit einem Negativ 18×24 cm auf etwa 48 cm heranrücken kann. Die Gesamtbeleuchtung der Ebene wird durch die Fläche der Beleuchtungskurve CC repräsentiert, und für das Kopieren des Negatives kann nur der Teil $abcd$ verwendet werden.

Wie unökonomisch diese Ausnutzung des Lichtes ist, ergibt sich auch aus der Erwägung, daß man mit der Lichtquelle L eine Hohlkugel von 80 cm Halbmesser, also eine Fläche von fast 8 qm, ebenso hell beleuchten könnte, wie den Rahmen 30×40 cm, dessen Flächenraum nur 0,12 qm beträgt. Es gelangen daher nur etwa 1,5 % des von L ausgestrahlten Lichtes für den Kopierprozeß zur Verwendung.

Allerdings kann man bei weniger heiklen Arbeiten einen Strahlenkegel von vielleicht 40° ausnutzen, und überdies wird man, um ökonomischer zu arbeiten, wenn möglich, mehrere Kopierrahmen gleichzeitig belichten.

Wesentlich günstiger stellen sich die Verhältnisse, wenn man Kopien nach Strichzeichnungen, Lichtpausen usw. herzustellen hat. Die Erfahrung lehrt, daß man in solchen Fällen einen Lichtkegel von 60° , also den zwischen A und B gelegenen Teil der Beleuchtungskurve ausnutzen kann, ohne daß sich zwischen Rand und Mitte der Kopie störende Unterschiede fühlbar machen würden. Der Abstand der Lichtquelle kann in solchen Fällen also etwa gleich der Länge des Kopierrahmens gewählt werden, wodurch die Intensität der Beleuchtung und die Oekonomie — im Vergleich mit der früheren Anwendung — auf etwa das Vierfache gesteigert wird.

Mit einer punktförmigen Lichtquelle läßt sich also eine Ebene niemals gleichmäßig beleuchten; rückt man mit dem Kopierrahmen nahe an die Lichtquelle, so ist die Beleuchtung höchst ungleichmäßig, vergrößert man aber den Abstand so weit, daß ein ziemlich gleichmäßiges Lichtfeld entsteht, so wird die Beleuchtung zu schwach und der Lichtstrom wird nur zum geringsten Teile ausgenutzt.

2. Die Beleuchtung mit mehreren Lichtquellen.

Um ein homogenes, ebenes Lichtfeld von größerer Ausdehnung zu schaffen, kann man mehrere Lichtquellen kombinieren. Wenn in Abb. 4 L und L_1 zwei leuchtende Punkte sind und FF die zu beleuchtende Ebene vorstellt, so zeigen die beiden Beleuchtungskurven C und C_1 die in jedem Punkte der Ebene bestehende Beleuchtung an. Die Gesamtbeleuchtung jedes Punktes erhält man durch Addition der beiden Einzelbeleuchtungen. So wird z. B. der Punkt a von L aus mit der Intensität ab , von L_1 aus mit der Intensität ac beleuchtet, seine Gesamtbeleuchtung ist also $ab + ac = ad$. In dieser Weise erhält man C_2 als Kurve der Gesamtbeleuchtung. Der Abstand LL_1 kann nun so gewählt werden, daß die kombinierte Beleuchtung für eine tunlichst große Strecke homogen wird. Das ist, wie die Kurve C_2 zeigt, für die Strecke LL_1 bei den in der Abbildung angenommenen Verhältnissen der Fall. Wie ersichtlich, muß zu diesem Zwecke die zweite Lichtquelle senkrecht zu jenem Punkt der Ebene FF gebracht werden, in welchem die unter etwa 50° geneigten Lichtstrahlen der ersten Lichtquelle auftreffen.

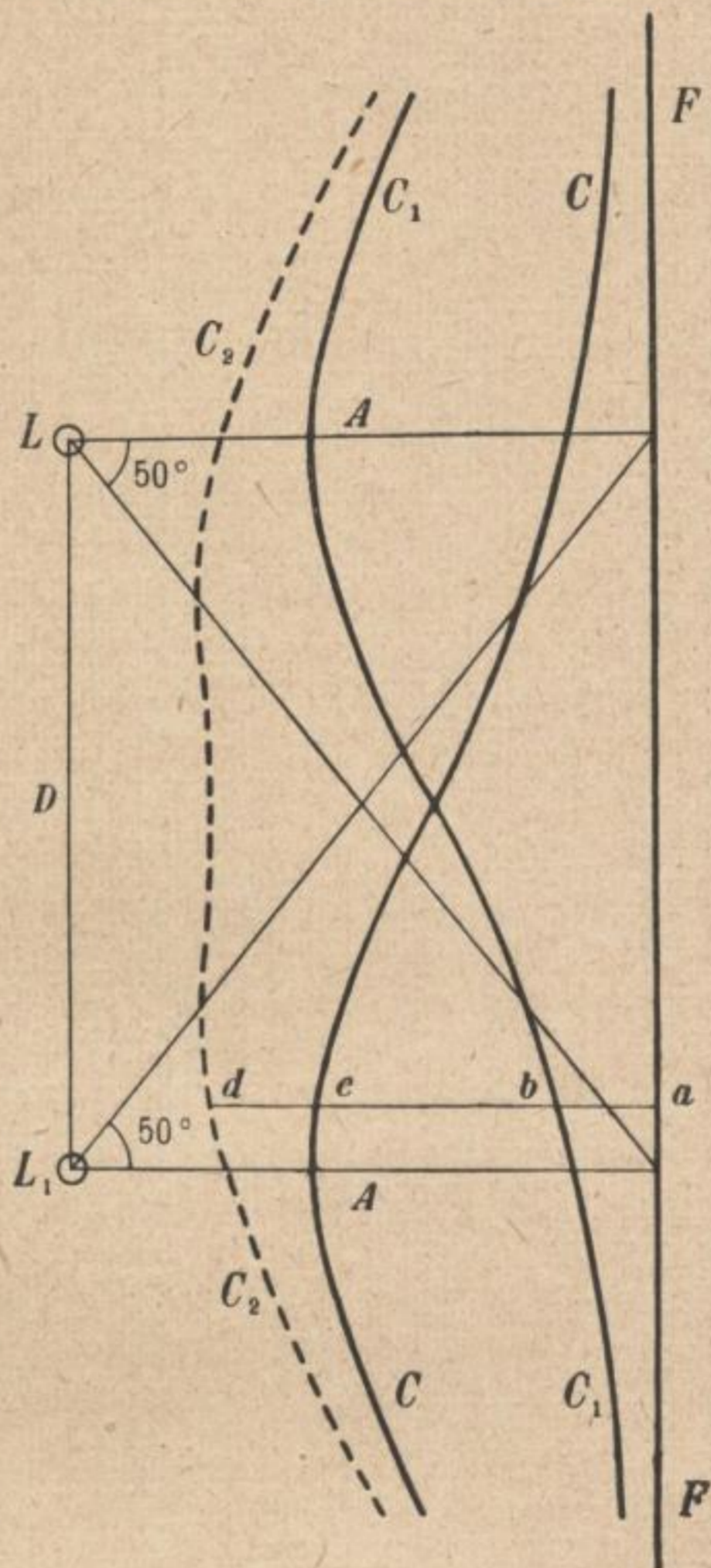


Abb. 4.

Die gegenseitige Entfernung D der beiden Lichtpunkte ist also so zu wählen, daß $D = A \tan 50^\circ$ wird, daß also $D = 1,2 A$ ist, wobei A den senkrechten Abstand der Lichtquellen von der Ebene bedeutet. Rückt man die Lichtquellen weiter auseinander, so entsteht zwischen ihnen eine etwas weniger beleuchtete Stelle, verringert man ihren gegenseitigen Abstand, so wird die Mitte stärker beleuchtet als die Ränder. Wenn man noch Beleuchtungsunterschiede von 10% toleriert, so kann man $D = 1,5 A$ wählen und erhält so eine etwa $1,8 A$ lange Strenge von annähernd gleichmäßiger Beleuchtung.

Die Breite der beleuchteten Fläche beträgt aber nur $\frac{1}{2} A$, denn sie entspricht einem Lichtstrahlenkegel von etwa 30° . Um eine quadratische Ebene gleichmäßig zu beleuchten, sind daher vier Lichtquellen erforderlich.

Diese kombinierte Beleuchtung mit zwei Lampen, seitwärts der Kamera, verwendet man stets bei der Herstellung der Negative. Bei gegenseitigem Abstand von 1 m und 80 cm Abstand vom Original erhält man ein Lichtfeld von über 1 m Länge und etwa 50 cm Breite, und vier derart situierte Lampen decken reichlich eine Fläche von 1 qm.

Weniger günstig verhalten sich solche Kombinationen bei der Beleuchtung von Kopierrahmen. Die Kurve C_2 fällt, wie Abb. 4 zeigt, seitwärts der Strecke LL_1 rasch ab, weshalb man eigentlich nur die halben Beleuchtungskurven ausnutzen kann. Die Beleuchtung mit mehreren Lichtquellen ist daher nur bei sehr großen Kopierflächen, z. B. Pausrahmen über 1 qm, empfehlenswert.

3. Der Gebrauch von Reflektoren.

Um eine rationellere Lichtausbeute zu erzielen, ist man vielfach bemüht, durch Reflektoren das seitwärts ausströmende Licht derart abzulenken, daß es gleichfalls auf die zu beleuchtende Fläche fällt. Sehr vollkommen wirken in dieser Beziehung die Reflektoren der Scheinwerfer, doch sind das kostspielige und leicht verletzliche Apparate, die in der photographischen Praxis wenig Verwendung finden.

Einfache metallisch glänzende Reflektoren sind ganz verwerflich, denn sie erzeugen wegen ihrer nicht korrekten Form Zonen verschiedener Helligkeit und Lichtlinien, die sich in der Kopie markieren. Man ist daher auf die Verwendung emaillierter oder mattweißer Reflektoren angewiesen.

Fällt ein Lichtstrahl auf eine mattweiße Fläche, so wird er nicht nach einer bestimmten Richtung reflektiert, sondern nach

allen Seiten zerstreut. Die beleuchtete Fläche sendet nach allen Richtungen diffuses Licht aus, ebenso als wenn sie selbst leuchtend wäre. Bringt man also hinter einer Lichtquelle eine nicht glänzende Fläche an, so wirkt diese wie ein zweiter selbstleuchtender Körper.

Eine leuchtende Fläche entsendet in senkrechter Richtung das meiste Licht, denn nach jeder anderen erscheint die Fläche entsprechend ihrer Projektion verkleinert und die Lichtausstrahlung verringert. Wäre in Abb. 5 die Lichtstärke der Fläche f in der Richtung ihrer Normale J_0 , so kommt unter dem Winkel α nur die Projektion der Fläche $f \cos \alpha$ in Betracht und die Lichtstärke ist daher $J = J_0 \cos \alpha$. Das gilt von jedem Flächenelement des Reflektors; es ist ganz gleichgültig, welche Form er besitzt, er wirkt stets nur wie eine leuchtende Ebene, deren Ausdehnung seiner Projektion in der Richtung des beleuchteten Punktes entspricht.

Der Reflektor ist also als eine zweite Lichtquelle zu betrachten, welche die direkte Beleuchtung verstärkt, und die wegen ihrer bedeutenden Ausdehnung ein relativ gleichmäßiges Lichtfeld erzeugt. Je größer der Reflektor gewählt wird, desto gleichmäßiger verteilt er sein Licht über die zu beleuchtende Ebene, desto geringer ist aber seine Helligkeit. Wenn es sich daher um eine tunlichst

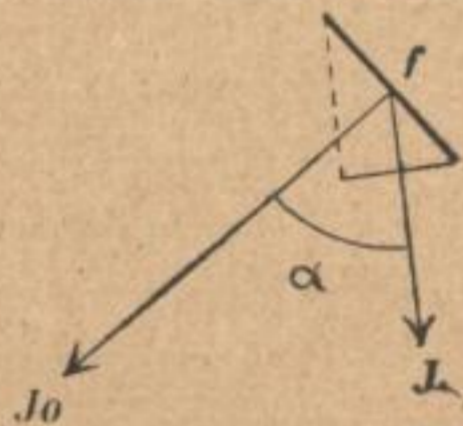


Abb. 5.

gleichmäßige Beleuchtung handelt, z. B. um die Beleuchtung der Originale bei der Negativphotographie, so sind Reflektoren etwa von der Größe der zu beleuchtenden Ebene empfehlenswert, will man dagegen kleinen Flächen tunlichst viel Licht zuführen, so wird man kleine, der Lichtquelle nahe Reflektoren benutzen.

Wie schon erwähnt, spielt die Form der Reflektoren keine besondere Rolle, man wird ihnen aber jedenfalls eine gekrümmte, die Lichtquelle umfassende Gestalt geben, damit sie tunlichst viel Licht auffangen und reflektieren.

Die Wirksamkeit der Reflektoren hängt auch wesentlich von der Beschaffenheit des Lichtstromes der Lampe ab. Entsendet diese nach allen Seiten Strahlen von fast gleicher Intensität, so wird der ganze Reflektor beleuchtet, so entsteht eine ausgedehnte leuchtende Fläche, die das Licht der Lampe sehr wirksam unterstützt. So wird z. B. die Aktinität einer Siemens-Schuckertschen Kopierlampe mit eingeschlossenem Lichtbogen durch den emaillierten Kastenreflektor auf das Doppelte erhöht. Bei Lampen dagegen, die ihr Licht nur nach bestimmten Richtungen ausstrahlen, wie das z. B. bei der gewöhnlichen Bogenlampe der

Fall ist, wird nur ein kleiner Teil des Reflektors beleuchtet und seine Wirksamkeit ist eine nur geringe.

Durch den Reflektor wird aber das Licht der Lampe nicht nur besser ausgenutzt, er bietet noch einen großen Vorteil, denn er macht den Lichtstrom homogen und breiter und dadurch für die gleichmäßige Beleuchtung ebener Flächen besser geeignet. Von den Strahlen, die ein leuchtender Punkt aussendet, kann ein Winkel von $30-40^{\circ}$ für die Beleuchtung eines Kopierrahmens ausgenutzt werden, benutzt man aber einen Reflektor, so wird das ausnutzbare Strahlenbündel auf $50-60^{\circ}$ vergrößert.

Alle weiß gestrichenen Körper nehmen bei der hohen Temperatur, der sie als Reflektoren ausgesetzt sind, in kurzer Zeit eine, wenn auch nur schwach gelbliche Farbe an und reflektieren dann nicht mehr die violetten — photographisch höchst wirksamen — Strahlen. Das dann reflektierte Licht ist zwar optisch sehr hell, aber von relativ geringem Einfluß auf den photographischen Prozeß.

Im allgemeinen wird der Wert der Reflektoren meist überschätzt, und wenn sie nicht tadellos weiß erhalten werden, verstärken sie die Beleuchtung nur wenig und bieten eigentlich nur den Vorteil, daß sie das Personal gegen das blendende direkte Licht schützen.

4. Photochemische Lichtstärke.

Um die Helligkeit des Lichtstromes zu ermitteln, welchen eine Lichtquelle in einer bestimmten Richtung aussendet, benutzt man bekanntlich eigene Instrumente, die man als Photometer bezeichnet. Dabei nehmen wir unser Auge zu Hilfe und vergleichen die zu prüfende Strahlung mit einer als Einheit angenommenen Lichtquelle.

Jedes Licht besteht aus einem Gemisch verschiedenfarbiger Strahlen, und bei einem photometrischen Vergleich kommen hauptsächlich die orangeroten, gelben und gelbgrünen Strahlen, die auf unser Auge am hellsten wirken, zur Geltung, während die relativ dunklen, blauen und violetten Strahlen dabei fast keine Rolle spielen.

Bei den photographischen Kopierprozessen sind aber gerade ausschließlich nur diese Strahlen wirksam. Aus der photometrischen Helligkeit einer Lichtquelle läßt sich also nicht auf ihre Wirksamkeit beim Kopierprozeß schließen, und diese muß daher besonders ermittelt werden. Handelt es sich nur um einen Vergleich der photographischen Wirksamkeit verschiedener Lampen, so geschieht das am besten in der Weise, daß man Chlorsilber-

papier dem Lichte derselben unter stets gleichbleibenden Verhältnissen aussetzt und die Zeiten beobachtet, die notwendig sind, um dem Papier eine gewisse, stets gleiche Schwärzung zu erteilen. Man kann z. B. einen Streifen Zelloidinpapier benutzen, der auf einem grauen Papier befestigt ist und der in bestimmter Entfernung, am besten 50 cm, von der Lichtquelle so lange belichtet wird, bis er bei der Betrachtung durch ein grünes Glas ebenso dunkel erscheint, wie die graue Unterlage. Die dabei notwendige Zahl in Sekunden soll als „Schwärzungszeit“ bezeichnet werden.

Die Beobachtung durch das grüne Glas ist notwendig, um einen sicheren Vergleich des sich rotbraun färbenden Zelloidinpapieres mit dem grauen Papier zu ermöglichen. Die reziproken Werte der so ermittelten Zahlen bilden dann ein relatives Maß für die photographische Wirksamkeit der Lichtquellen.

Wesentlich erleichtert werden solche Messungen dadurch, daß jetzt auf Veranlassung Dr. J. M. Eders ein Mattzelloidinpapier im Handel erhältlich ist, das stets eine annähernd gleiche Empfindlichkeit besitzt und einen für viele Zwecke vollkommen brauchbaren Ersatz des Chlorsilbernormalpapieres von Bunsen und Roscoe bildet. Dabei ist die Empfindlichkeit dieses Papieres nur wenig vom Feuchtigkeitsgehalt abhängig, während das erwähnte Normalpapier in feuchtem Zustande etwa doppelt so schnell geschwärzt wird wie im trockenen.

Die Schwärzungszeiten bilden aber nur ein relatives Maß für die photographische Wirksamkeit verschiedener Lichter, da das graue Vergleichspapier beliebig hell gewählt werden kann, und will man die photographische Lichtstärke einer Lampe durch eine allgemein verständliche und jederzeit leicht kontrollierbare Zahl definieren, so benutzt man zur Messung derselben am besten das EderHechtsche Photometer¹⁾.

Dieser kleine, vielfach brauchbare Apparat besteht aus einem auf Spiegelglas hergestellten Goldbergschen Graukeil im Formate 3×12 cm, auf dem eine Zelluloidfolie mit einer bezifferten Skala liegt. Diese Skala besteht in zwei Ausführungen, und zwar mit einer 2 mm-Teilung als Präzisionsskala und mit einer sehr deutlichen 5 mm-Teilung für das gewöhnliche Kopierphotometer. In Abb. 6 sind die beiden Skalen in halber Größe dargestellt. Die Teilstriche sind von 10 zu 10 mm beziffert und

1) Phot. Korr. 1919, S. 244. Das Photometer, sowie auch das Zelloidinpapier sind bei der Industriegesellschaft Herlango, Wien III, erhältlich.

die Millimeterteile werden als „Grade“ bezeichnet. Der Keil liegt in einem kleinen Rahmen mit dreiteiligem Deckel, durch den ein Streifen eines lichtempfindlichen Papiers an den Keil oder vielmehr an die Zelluloidfolie angepreßt werden kann.

Belichtet man ein so eingelegtes Papier, so entsteht, entsprechend der Intensität des wirksam gewesenen Lichtes, eine verschieden lange, allmählich verlaufende Schwärzung, und man kann den Wert des letzten, eben noch sichtbaren Skalenstriches als „Photometeranzeige“ ablesen. Der Keil läßt mit zunehmender

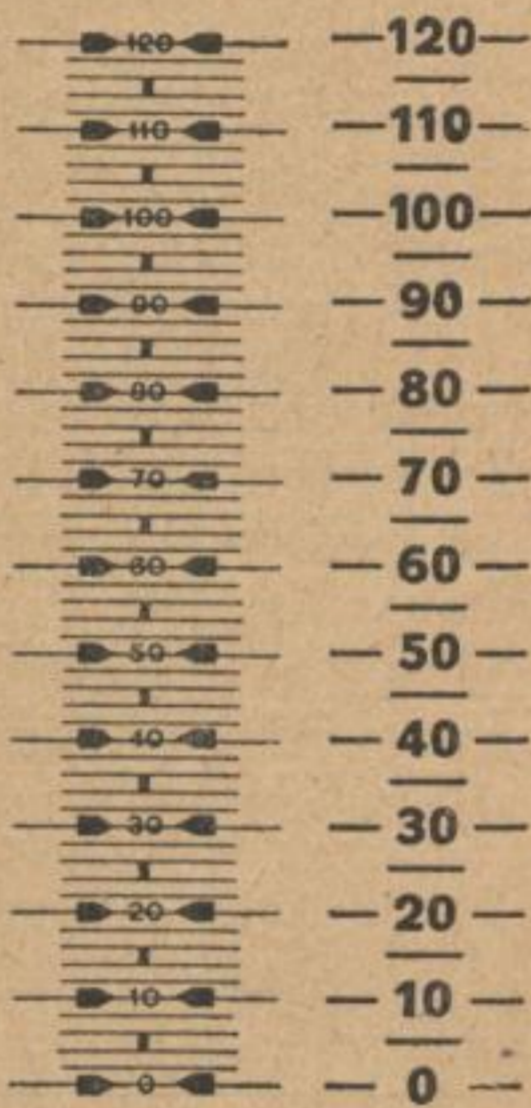


Abb. 6.

Dichte immer weniger Licht durch, und die den Photometergraden entsprechende „Lichtanzeige“ können einer jedem Photometer beigegebenen Tabelle entnommen werden.

Bemerkenswert ist es, daß alle Photometer gleiche Keile mit der Konstante 0,305 besitzen, und daß daher gleichen Graden bei allen Apparaten, gleichgültig wie die Skalen gestaltet sind, gleiche Lichtanzeigen entsprechen¹⁾.

Zur Ermittlung der Aktinität eines Lichtes beschickt man das Photometer mit einem Streifen des erwähnten Zelluloidpapiers und belichtet 1 m von der Lichtquelle entfernt, 10 Minuten lang oder 5 Minuten im Abstände von 70,6 cm. Bei einer Quecksilberlampe wird 10 cm von der Mitte des Rohres während 10 Minuten belichtet. Liest man die unter diesen Um-

ständen erzielte Photometeranzeige ab, so erhält man den „Aktinitätsgrad“ der Lampen als Maß für ihre photographische Lichtstärke.

Wenn z. B. die Messung für zwei Lampen die Aktinitätsgrade 85 und 70 ergeben hat, so findet man aus der Tabelle

1) Der Grad 10 ist willkürlich gewählt und dabei ist angenommen, daß das an dieser Stelle des Keiles durchgelassene Licht die Intensität $i = 1$ besitzt. Das von Grad m durchgelassene Licht ist daher: $\log i = 0,305 \left(\frac{m}{10} - 1 \right)$ und wenn zwei Stellen des Keils, die der Graddifferenz Δm entsprechen, die also Δm Millimeter voneinander abstehen, die Lichter i und i_1 durchlassen, so ist $\log \frac{i}{i_1} = 0,0305 \Delta m$ oder $\log \frac{i}{i_1} = d$. Für Benutzung dieser sehr bequemen Formel besteht eine vom Verfasser gerechnete Tabelle, die in der Zeitschr. f. Reproduktionstechnik, 1919, S. 77, und „Orthochromatische Photographie“, S. 45, enthalten ist.

für diese beiden Zahlen die Lichtanzeigen 193 und 67, und daher ist das Licht der einen Lampe nur $\frac{67}{193} = 0,35$ so wirksam, als das der anderen¹⁾.

Das Tageslicht von mittlerer Helligkeit, also etwa das Mittagslicht im Monat März bei wolkenlosem Himmel, läßt in 10 Minuten den Grad 85 erscheinen; das Licht der stärkeren Lampen ist also ebenso gut, wie dieses Tageslicht, während das Licht der schwächeren Lampe nur etwa $\frac{1}{3}$ so wirksam ist.

Um daher die Brauchbarkeit einer Lampe für Kopierzwecke zu definieren, genügt es, den Photometergrad anzugeben, den man auf 1 m Entfernung in 10 Minuten erhält; man ist dann über die bei dieser Lichtquelle notwendigen Kopierzeiten vollkommen orientiert²⁾.

Der Aktinitätsgrad steht selbstverständlich mit der Schwärzungszeit in innigem Zusammenhange, und wenn eine dieser Zahlen bekannt ist, kann man die anderen ermitteln, nur muß der der Schwärzung entsprechende Photometergrad bekannt sein. Zur Ermittlung desselben hat man lediglich bei Bestimmung einer Schwärzungszeit das Photometer in gleicher Entfernung mit zu belichten und den erreichten Grad m_s abzulesen. Wäre s die bekannte Schwärzungszeit, so ist der Aktinitätsgrad $m = m_s + 33 \log \frac{600}{s}$ und sucht man umgekehrt für einen bekannten Aktinitätsgrad die Schwärzungszeit, so ist $\log s = 2,78 - \frac{m - m_s}{33}$.

1) Das gleiche Resultat erhält man auch mit Hilfe der Formel $\log \frac{I}{n} = d$, denn $d = 15 \cdot 0,03 = 0,45$, daher $n = 0,35$.

2) Das Zelloidinpapier ist nicht immer von gleicher Empfindlichkeit, doch ist diese, im Vergleiche mit dem Bunsenschen Salzpapier auf jeder Packung angegeben und auf Grund dieser Empfindlichkeitszahl ist es leicht, jede Photometerangabe derart zu korrigieren, daß sie für das Salzpapier, dessen Empfindlichkeit mit Eins angenommen wird, Geltung hat. Wäre z. B. die Empfindlichkeit des Zelloidinpapiers mit e angegeben und ist die des Bunsen-Papiers gleich Eins, so werden beide gleiche Schwärzungen zeigen, wenn die wirksam gewesenen Lichtintensitäten sich wie $1 : \frac{1}{e}$ verhalten. Bezeichnet man die Korrektur der Photometerangabe mit Δm , so ist $\log e = 0,03 \Delta m$, also $\Delta m = \frac{\log e}{0,03}$. Für ein Papier mit der Empfindlichkeit $e = 1,1$ erhält man $\Delta m = 1,3$. Man hat also alle Photometerangaben um $1,5^0$ zu verkleinern, wenn sie jenen Graden entsprechen sollen, die man bei Benutzung von Bunsenschem Normalpapier gefunden hätte.

Dabei ist aber zu beachten, daß dieser Zusammenhang nur besteht, wenn man bei Bestimmung der Schwärzungszeit das lichtempfindliche Papier durch eine vorgeschaltete Glasplatte gegen die Mitwirkung der äußersten violetten und ultravioletten Strahlen schützt, denn auch das Licht, welches das Photometerpapier trifft, ist immer frei von diesen Strahlen, weil es den Glaskeil passiert hat. In gewisser Beziehung ist daher die Ermittlung der Schwärzungszeit dem Gebrauche des Photometers überlegen, denn wenn wir das Licht frei auf das Papier fallen lassen, so liefert sie uns auch ein Maß für die photographische Wirksamkeit der gesamten von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen, während man mit dem Photometer immer nur die sichtbaren Strahlen, und auch diese nur mit Ausschluß der äußersten violetten messen kann.

II. Die Lampen.

1. Die elektrischen Bogenlampen ¹⁾.

Das elektrische Bogenlicht entsteht bekanntlich durch den Uebergang eines elektrischen Stromes zwischen zwei sich nicht berührenden Kohlenspitzen (Abb. 7). Wegen des hohen Wider-

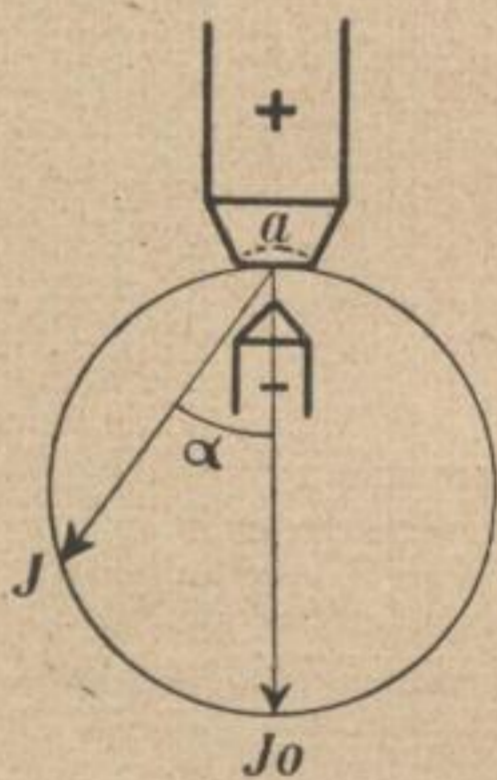


Abb. 7.

standes der Luftschicht entsteht dabei eine große Wärmemenge, die Kohlenenden werden glühend, verdampfen und verbrennen, Teilchen werden abgerissen, fliegen zur gegenüberliegenden Spitze und so entsteht eine glühende Strombrücke, die man als „Lichtbogen“ bezeichnet. Die Temperatur der beiden Kohlenspitzen und die damit im Zusammenhang stehende Verbrennung und Zerstäubung ist aber an beiden Polen nicht die gleiche, denn die positive Kohle ist viel heißer und wird rascher zerstört als die negative.

Nach kurzer Zeit bildet sich daher am positiven Kohlenende ein ausgehöhlter Krater *a* — entsprechend der heißesten Stelle — während die negative Kohle zu einer Spitze abbrennt. Dieser glühende Krater strahlt ein intensives Licht aus, während die

1) J. Zeidler, „Die elektrischen Bogenlampen“ und P. Högner, „Lichtstrahlung und Beleuchtung“. Verlag von F. Vieweg in Braunschweig. 1906.

negative Kohlenspitze wegen ihrer niederen Temperatur nur wenig leuchtet.

Der Lichtbogen ist von sehr verschiedener Länge und Helligkeit; bei der gewöhnlichen Bogenlampe ist er nur kurz und gar nicht leuchtend, während bei anderen Lampentypen ein langer und so hell leuchtender Bogen gebildet wird, daß das Kraterlicht kaum zur Geltung kommt.

Man erzielt einen solchen Lichtbogen entweder durch Erhöhung der Stromspannung oder dadurch, daß man den Kohlen gewisse Substanzen zufügt, die bei der hohen Temperatur der Kohlenenden verdampfen und zwischen ihnen eine gut leitende Dampfbrücke herstellen. Man bezeichnet solche Kohle als „Effekt- oder Brillantkohlen“, und den zwischen ihnen gebildeten Bogen als „Flammenbogen“.

Es lassen sich daher zweierlei Bogenlampen unterscheiden, und zwar solche mit kurzem Lichtbogen, bei welchen hauptsächlich der Krater der positiven Kohle beleuchtend wirkt, und das sind die gewöhnlichen Bogenlampen, und dann solche mit langem, hell leuchtendem Bogen, die man in „Flammenbogenlampen“ und „Hochspannungslampen“ teilt.

Bei Verwendung gewöhnlicher Kohlen strahlt der Lichtbogen stets ein an blauen, violetten und ultravioletten Strahlen sehr reiches Licht aus, und da die Veränderung der Kopierpapiere nur unter dem Einfluß solcher Strahlen erfolgt, so ist es klar, daß sich für Kopierzwecke hauptsächlich Lampen mit langem Lichtbogen eignen werden.

a) Die gewöhnliche Bogenlampe.

Bei der gewöhnlichen, mit etwa 45 Volt brennenden Bogenlampe ist der Lichtbogen kaum sichtbar und auch beim Kopieren macht sich derselbe nur wenig geltend. Es kommt also hauptsächlich das vom Krater a (Abb. 7) ausgestrahlte Licht in Betracht. Eine solche gekrümmte Fläche wirkt aber wie eine leuchtende Ebene, deren Ausdehnung ihrer Projektion in der Richtung des zu beleuchtenden Punktes entspricht. Denkt man sich daher den Krater durch eine kreisrunde Fläche von gleichem Durchmesser und gleicher Helligkeit ersetzt, so wird, wie auf S. 9 erwähnt wurde, in senkrechter Richtung das stärkste Licht von der Intensität J_0 ausgestrahlt, während unter einem Winkel α das Licht nur die Intensität $J = J_0 \cos \alpha$ besitzt. Wenn man daher tangierend an die Fläche eine Kugelfläche vom Durchmesser J_0 legt, so begrenzt diese die im Maßstab J_0 gemessene Lichtstärke nach jeder Richtung. Der Schnitt durch die Kugelfläche,

also der Kreis K , wird als „Intensitätskurve“ bezeichnet, und die Intensität in der Richtung α ist, wie die Abb. 7 zeigt, $J = J_0 \cos \alpha$.

Der Lichtausstrahlung des Kraters steht aber die negative Kohle hindernd im Wege; schon bei mm (Abb. 8) beginnt eine Abnahme des Lichtes durch den Schatten der Kohle, und der Raum nn liegt völlig im Dunkeln. Dadurch erfährt die Lichtausstrahlung eine bedeutende Beschränkung und die Intensitätskurve der Bogenlampen entspricht nicht dem Kreis K , sondern zeigt etwa die Gestalt der Kurve C . Das stärkste Licht wird

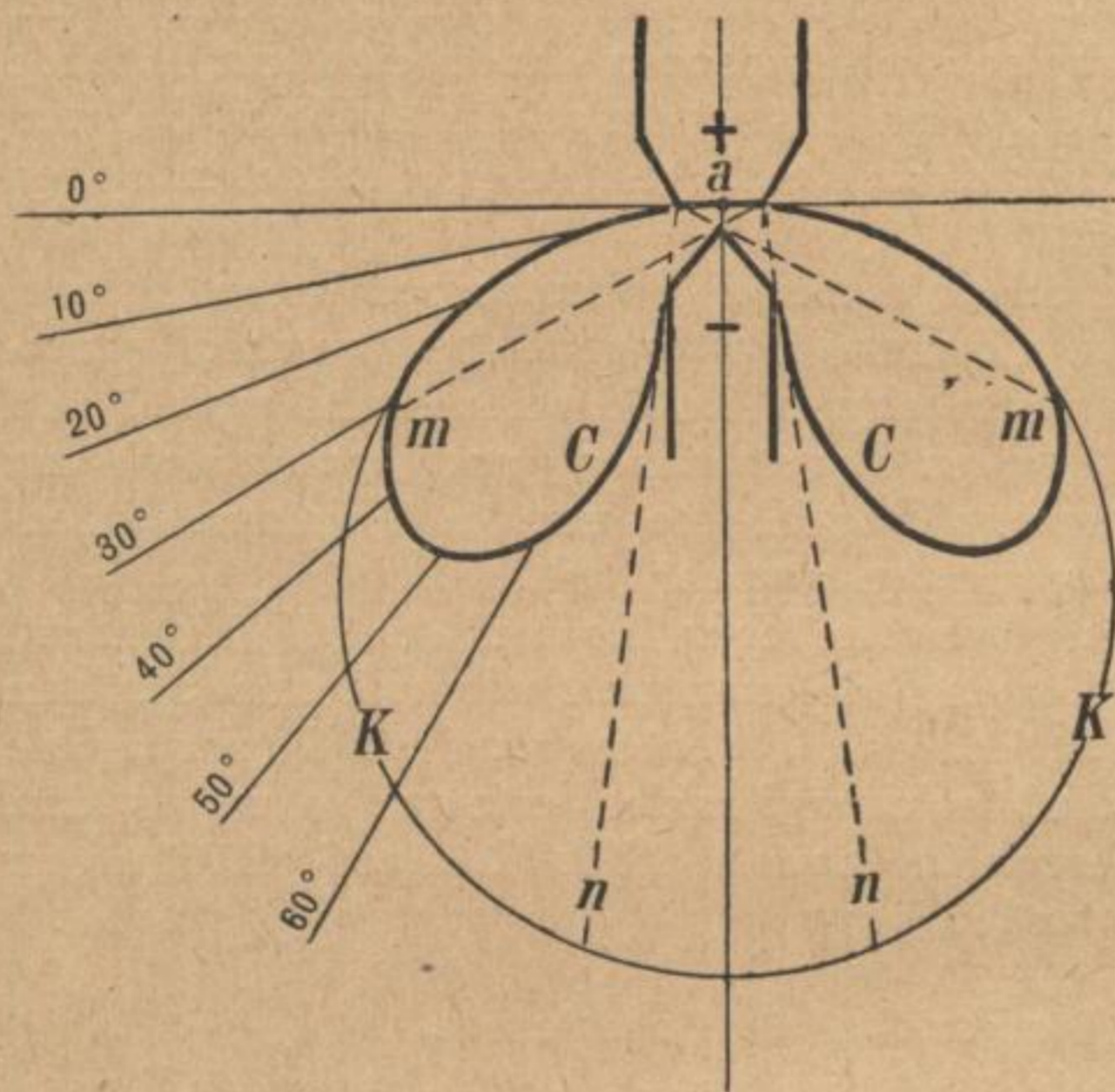


Abb. 8.

unter $40 - 50^\circ$ nach abwärts gestrahlt, während in horizontaler Richtung die Lichtstärke gleich Null ist, wenn man von der relativ geringen Lichtausstrahlung der negativen Kohle absieht.

Der räumlichen Ausbreitung des Lichtstromes entspricht ein Rotationskörper, der durch Drehung der Intensitätskurven um die Kohlenachsen entsteht.

Wenn man, wie in Abb. 9, eine Ebene FF parallel zu der Lampenachse belichtet, so ergibt sich KK als Beleuchtungskurve.

Wird die Ebene schief, z. B. senkrecht auf die unter 40° ausgesendeten Strahlen gestellt, also in die Lage $F_1 F_1$ gebracht, so erhält man die Beleuchtungskurve $K_1 K_1$.

Wie ersichtlich, sind diese Kurven wegen der durch die Kohlen behinderten Lichtausstrahlung stets stark gekrümmt. In der Lage FF ist die Kurve flacher, aber die hellsten unter 40° ausgesendeten Strahlen werden nur schlecht ausgenutzt, weil sie sehr schräg auf die Fläche fallen, und in der Lage $F_1 F_1$ findet wohl eine bessere, intensivere Beleuchtung statt, aber die Kurve ist noch steiler geformt.

Die gewöhnliche Bogenlampe ist also schon aus diesem Grunde für eine gleichmäßige Kopierrahmenbeleuchtung nur wenig geeignet; dazu kommt aber noch, daß die Lage des Kraters häufig wechselt, wodurch die Beleuchtungsverhältnisse unsicher werden.

Günstiger verhält sich in dieser Beziehung der von einer Wechselstromlampe ausgehende Lichtstrom, denn hier entstehen

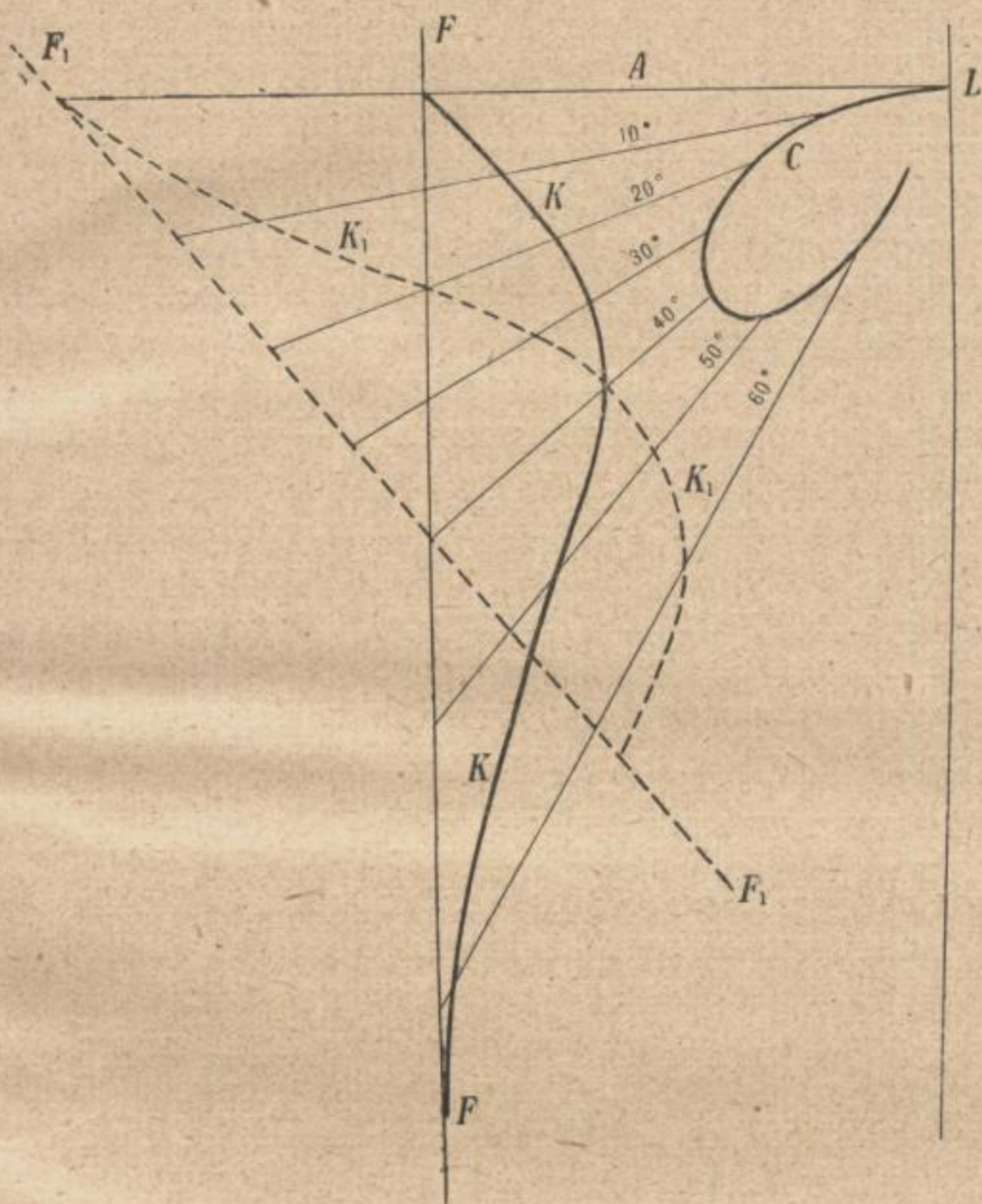


Abb. 9.

an beiden Kohlenenden flache Krater, die das Licht nach oben und unten gleichmäßig ausstrahlen. Die Lichtausbeute ist aber eine geringe, denn die Wechselstromlampe liefert bei gleichem Energieverbrauch kaum die Hälfte des Lichtes einer Gleichstromlampe. Aus diesem Grunde sind auch diese Lampen für Kopierzwecke nicht zu empfehlen.

Der fast nicht sichtbare Lichtbogen strahlt reichlich ultraviolettes Licht aus, das aber beim Kopieren kaum zur Geltung

kommt, da es vom Glas fast völlig absorbiert wird. In der intensivsten Strahlung einer 12 Amperelampe wurden im Abstand von 50 cm Zelloidinpapierstreifen bis zu einer gewissen Schwärzung belichtet, wozu 56 Sekunden erforderlich waren. Wurde aber das Zelloidinpapier mit einer 6 mm dicken, farblosen Glasplatte bedeckt, so stieg die Schwärzungszeit auf 87 Sekunden. Das Licht der Lampe enthielt also 36 % durch Glas absorbierbares Ultraviolett.

Mit der Größe der Lampe bzw. Stromstärke wächst auch die Länge des Bogens, daher die Menge der ultravioletten Strahlen, und ein Versuch zeigte, daß im Lichte einer 8 Amperelampe nur 14 %, im Lichte einer Scheinwerferlampe mit 100 Ampere aber 60 % derselben enthalten waren.

Die Verwendung von Reflektoren zur Konzentration des Lichtes auf nur einen Rahmen bringt, wie schon oben erwähnt wurde, nur wenig Nutzen. Ein Versuch mit einem weiß emailierten Halbzylinderreflektor hat gezeigt, daß durch solche Einrichtungen die Belichtungszeit kaum um 10—15 % abgekürzt wird.

Eine ausgedehnte, homogene Beleuchtung kann man aber mit jenen Apparaten erreichen, die man als Scheinwerfer bezeichnet. Die Kohlen sind horizontal vor einem Parabelspiegel angeordnet, und zwar ist der Krater der positiven Kohle gegen den Spiegel gerichtet, also vom Kopierrahmen abgewendet. Vor der Spiegelöffnung sind zwei Systeme von Zylinderlinsen angebracht, welche das vom Spiegel reflektierte Licht entsprechend ausbreiten und homogen machen. Solche Scheinwerfer sind für photographische Zwecke¹⁾ konstruiert worden und funktionieren zwar gut, sind aber für den allgemeinen Gebrauch zu kostspielig.

Eine viel einfachere Vorrichtung besteht darin, daß man nur einen weißgestrichenen kegelförmigen Reflektor mit abgerundetem Boden benutzt, in welchem die Kohlen gleichfalls horizontal und mit abgewendetem Krater gelagert sind. Dabei kommt also lediglich das von der beleuchteten Fläche ausgestrahlte, also zerstreute Licht zur Verwendung.

Eine solche Einrichtung war vor einigen Jahren im Militärgeographischen Institut in Wien für Kopierzwecke in Verwendung. Die Lampe wurde mit 100 Ampere gespeist und liefert bei 1 m Entfernung von den Kohlenspitzen ein ganz homogenes Lichtfeld von 1,2 m Durchmesser.

Die dicke, weißglühende Kohle strahlt aber eine derartige Hitze aus, daß die Rahmen selbst auf 1½ m Entfernung übermäßig heiß werden und selbst das Springen der Gläser eintreten

1) Jahrb. f. Phot. f. 1904, S. 106.

kann. Auch wird der Reflektor durch den Kohlenstaub bald verschmutzt, der Anstrich fällt ab und dadurch verliert das Licht sehr merkar an Aktinität.

Die Lampe wurde daher aufgelassen und durch die mittlerweile zu hoher Vollkommenheit entwickelten Kopierlampen mit eingeschlossenen Lichtbogen ersetzt.

b) Lampen mit langen Lichtbogen.

Wie schon oben erwähnt, kann die Vergrößerung des Lichtbogens entweder durch Erhöhung der Stromspannung oder durch Verwendung von Effektkohlen erzielt werden. Für Lampen, die zum Kopieren dienen sollen, können nur weiß brennende Effektkohlen, die man als Brillantkohlen bezeichnet, Verwendung finden, da andersfarbige Lichter zu arm an blauen und violetten Strahlen sind. Am reichsten an solchen Strahlen ist aber der zwischen gewöhnlichen Kohlen gebildete Bogen, daher diese auch den weißen Effektkohlen überlegen sind.

Lampen mit eingeschlossenen Lichtbogen.

Bei Lampen, die mit Strömen über 50 oder gar über 80 Volt gespeist werden, ist ein vollkommener Abschluß des Brennraumes gegen den Zutritt der Luft notwendig, da sonst die Kohlen in kurzer Zeit ihrer ganzen Länge nach glühend werden und enorm rasch verbrennen. Zu diesem Zwecke benutzt man eine Glasglocke, den sogenannten Brennzylinder, welcher die beiden Kohlen einschließt und luftdicht am Lampengehäuse aufsitzt. Der im Brennraum anfänglich vorhandene Sauerstoff wird durch die verbrennende Kohle bald verzehrt und ein weiteres Abbrennen der Kohlen dadurch verhindert, so daß diese von viel längerer Dauer sind als jene der gewöhnlichen Bogenlampen. Man bezeichnet daher solche Lampen auch als „Dauerbrandlampen“, und in diese Klasse gehört die „eingeschlossene Gleich- und Wechselstromlampe“ von Siemens-Schuckert, dann die Regina-, die Sonja-, die Janduslampe u. a. m.

Bei diesen Lampen kann, da die Kohlen nicht verbrennen, auch keine Krater- und Spitzenbildung stattfinden; die beiden Kohlen behalten stets, wie Abb. 10 zeigt, ihre flachen Enden, doch kommt jenes der positiven Kohle zum intensiven Glühen, während das negative Kohlenende dunkel bleibt. Die Dauerbrandlampe zeigt einen 2—3 cm langen, hell glänzenden Lichtbogen *b*, der ein intensives

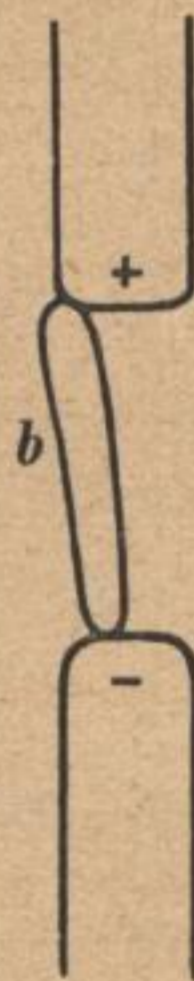


Abb. 10.

violettes Licht aussendet. Dieses Bogenlicht wird durch jenes der positiven, weißglühenden Kohle bedeutend verstärkt. Beleuchtet man einen parallel zu den Kohlen gestellten Bogen weißen Papierses mit einer solchen Lampe, so unterscheidet man deutlich die auch vom weißen Kohlenlicht hell erleuchtete Zone von dem nur violett beleuchteten Teil, der relativ dunkel erscheint. Läßt man aber das Licht auf einen Bogen Kopierpapier fallen, so ist die Schwärzung fast symmetrisch zum Fußpunkt der vom Lichtbogen auf die Papierfläche errichteten Senkrechten. Das violette Bogenlicht ist so wirksam, daß die weißglühende Kohle kaum mehr zur Geltung gelangt.

Während also die Lampe ihre leuchtenden Strahlen hauptsächlich schräg nach abwärts wirft, zeigt das photographisch wirksame, dem Bogen entstammende Licht in horizontaler Richtung die größte Intensität.

Die Siemens-Schuckert-Werke bauen solche Lampen für Gleichstrom von

220 Volt und 8 Ampere mit der Lampenspannung	160 Volt,
110 „ „ 12 „ „ „ „	80 „

und für Wechselstrom von

110 Volt und 15 Ampere mit der Lampenspannung 80 Volt.

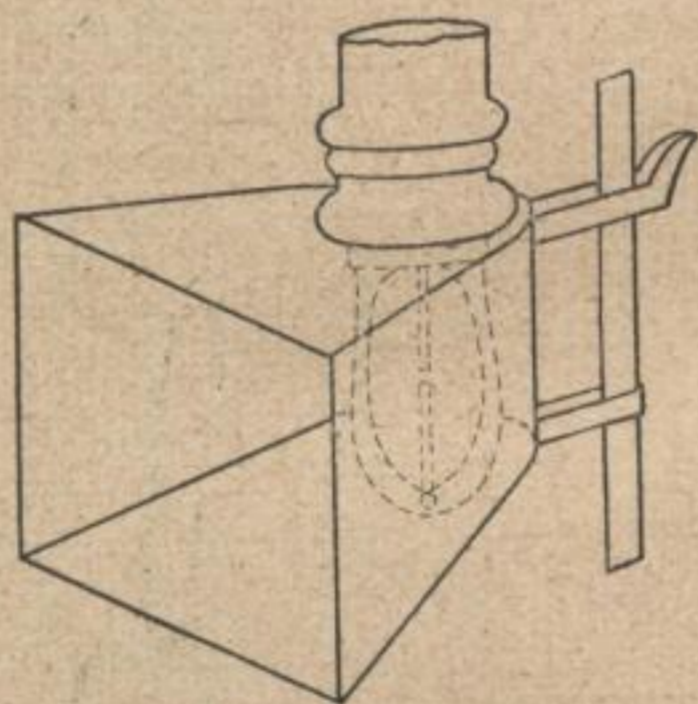


Abb. 11.

Da mit zunehmender Spannung die Länge und Helligkeit des Lichtbogens wächst, so ist das Licht der 220 Voltlampe nicht nur stärker, sondern auch viel reicher an aktinischen Violettstrahlen als das einer Lampe mit 110 Volt.

Die Lampen werden mit einem sehr wirksamen, kastenförmigen, weiß emaillierten Reflektor ausgestattet, dessen Form aus Abb. 11 ersichtlich ist. Durch denselben wird die Wirksamkeit der Lampe sehr bedeutend —

um mindestens 100 % — erhöht. Das frei nach allen Seiten ausgestrahlte Licht beleuchtet den Reflektor in seiner ganzen Ausdehnung, so daß derselbe eine große, gleichsam selbst leuchtende Fläche bildet, die das direkte Licht wesentlich verstärkt.

Das Licht dieser Lampen, die auch gegen Erschütterungen wenig empfindlich sind, bleibt stundenlang ganz unverändert, und die automatisch sich vollziehende Regulierung macht sich in keiner Weise bemerkbar. Die Lampen brennen daher vollkommen ruhig

und entsenden ein Licht von stets gleicher Aktinität. Dabei ist jedoch zu bemerken, daß sie gleich nach dem Entzünden nur etwa die Hälfte ihrer normalen Leuchtkraft zeigen, und daß diese erst nach etwa 6 Minuten langem Brennen erreicht wird, dann aber völlig konstant bleibt.

Die Aktinität der 220 Voltlampe ohne Reflektor, in der Richtung der Normalen, beträgt 75° , der Reflektor steigert sie auf 88° und dabei spielen, wie ein Versuch mit freiliegendem und mit Glas bedecktem Zelloidinpapier lehrt, die ultravioletten Strahlen fast keine Rolle, offenbar weil die vom Glas absorbierbaren Strahlen zum größten Teile schon von dem Brennzylinder zurückgehalten werden.

Das Licht der Lampe wird von den nur wenige Zentimeter messenden Flammenbogen ausgesendet, aber durch den Reflektor derart zerstreut, daß ein Strahlenkegel von etwa 60° für die Rahmenbeleuchtung ausgenutzt werden kann, deren Gleichmäßigkeit auch für Halbtonnegative genügt.

Flammenbogenlampen.

Beschickt man eine Bogenlampe mit sogenannten Effektkohlen, das sind Kohlen, welchen gewisse Metallverbindungen beigemischt sind oder die einen aus solchen Substanzen bestehenden Docht enthalten, so entsteht bei einer Lampenspannung von 40—45 Volt ein 2—3 cm langer hell leuchtender Flammenbogen.

Besonders günstig verhalten sich in dieser Beziehung Kalziumverbindungen, die einen überaus glänzenden Bogen von gelblicher Farbe entstehen lassen. Die aktinische Wirksamkeit dieses Lichtes ist aber nur gering und für Lampen, die photographischen Zwecken dienen sollen, benutzt man Kohlen mit einem Docht, der aus Magnesia, Eisen und den bei der Fabrikation der Gasglühlichtkörper abfallenden Edelerden besteht, und die man als Edelweiß-, Schneeweiß-, Brillantkohlen usw. bezeichnet.

Die photographische Wirksamkeit des Lichtes solcher Kohlen wird aber vielfach überschätzt, denn auch diese Leuchtzusätze steigern mehr die optische Helligkeit als die Aktinität, und die gewöhnliche Kohle liefert sogar in einer Gleichstromlampe bei gleichem Energieverbrauch ein photographisch besseres Licht als eine Weißkohle. Trotzdem kann aber die Verwendung solcher Kohlen in Kopierlampen zweckmäßig sein, denn der von dem Flammenbogen frei nach allen Seiten ausgehende Lichtstrom ermöglicht eine viel bessere Beleuchtung ebener Flächen als das enge Strahlenbündel der Gleichstromlampe, die mit gewöhnlichen Kohlen beschickt wird.

Etwas anders liegen die Verhältnisse bei einer Wechselstromlampe. Bei Verwendung von reiner Rußkohle leistet sie, wie schon erwähnt, viel weniger wie die Gleichstromlampe, mit Weißkohle dagegen werden beide Lampen gleichwertig.

Besonders günstig verhalten sich bei beiden Stromarten Flammenbogenlampen mit schräg gegeneinanderstehenden Kohlen, die, wie Abb. 12 zeigt, einen Winkel von etwa 20° einschließen. Zwischen den Kohlenspitzen entsteht beim Durchgang des Stromes ein langer, heller, leuchtender Lichtbogen *b*, der sich flammenförmig ausbreitet und durch Magnetisierung des die Kohlenspitzen

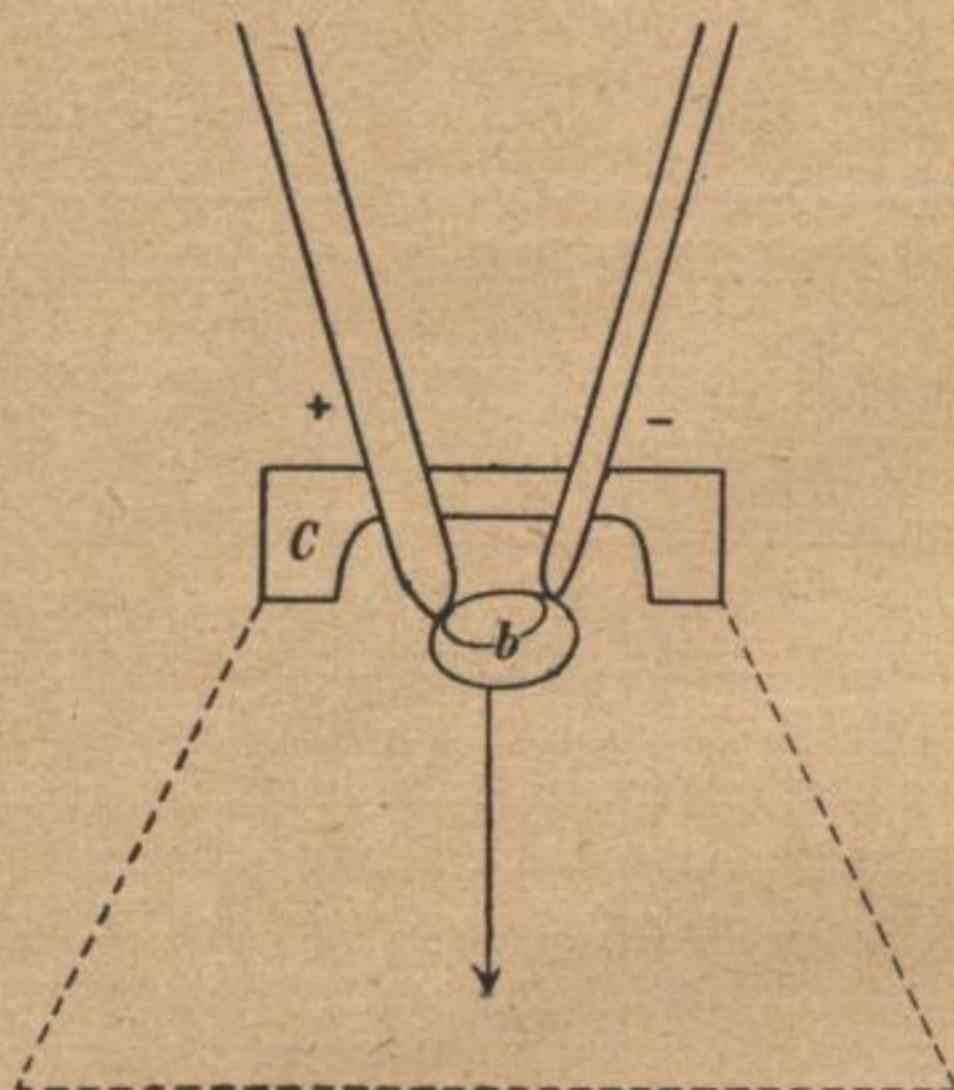


Abb. 12.

umgebenden Lampenteiles nach abwärts geblasen wird. Sollen solche Lampen ruhig brennen, so können nur dünne Kohlen benutzt werden, und um ihr rasches Verbrennen zu verhüten, befindet sich dicht über ihren Spitzen eine Einrichtung, die den Namen „Sparer“ führt und die aus einem ausgehöhlten Schamottestück *C* mit zwei schrägen Durchbohrungen für die Kohlen besteht. Im Hohlraum des Sparer bildet sich eine sauerstoffarme Luft, wodurch das Abbrennen der Kohlen wesentlich verzögert wird.

Das Licht der Lampen fällt ausschließlich nach abwärts, was bei schweren Rahmen und Steinen sehr bequem ist. Der Lichtbogen besitzt eine nahezu halbkugelförmige Gestalt und entsendet die Strahlen senkrecht auf seine Fläche.

Durch einen konischen Reflektor von der in Abb. 12 angedeuteten Form kann die Lichtstärke der Lampe um etwa 20 % erhöht werden. Viel günstiger wirken aber die kastenförmigen Reflektoren, mit welchen z. B. Falz & Werner die Lampen ausstattet.

In ähnlichen Lampen kann auch gewöhnliche Kohle gebrannt werden, und es werden auch solche Lampen mit 80 Volt Spannung, sogenannte Bivoltalampen, für beide Kohlenarten konstruiert, die sich durch besonders hohe Aktinität auszeichnen. Alle Lampen mit Effektkohlen haben den Nachteil, daß sich infolge des langen

Bogens nitrose Gase bilden und wegen der mineralischen Beschaffenheit der Leuchtsätze weiße Dämpfe entstehen, wodurch alle Objekte weiß beschlagen und blanke Metallteile angegriffen werden, die also in geschlossenen Räumen recht lästig sein können.

2. Die Quecksilberdampf Lampe.

Die Quecksilberdampf Lampe besteht aus einem evakuierten, meist 50 — 100 cm langen Glasrohr *a* (Abb. 13) mit eingeschmolzenen Metalldrähten, welche außen die Klemme *b* für die Stromzuleitung tragen und innen mit Quecksilber *q* bedeckt sind. Da der im Vakuum vorhandene Quecksilberdampf ein nur schlechter Elektrizitätsleiter ist, so funktioniert die Lampe nach dem Einschalten des Stromes nicht sofort, sondern muß erst in passender Weise

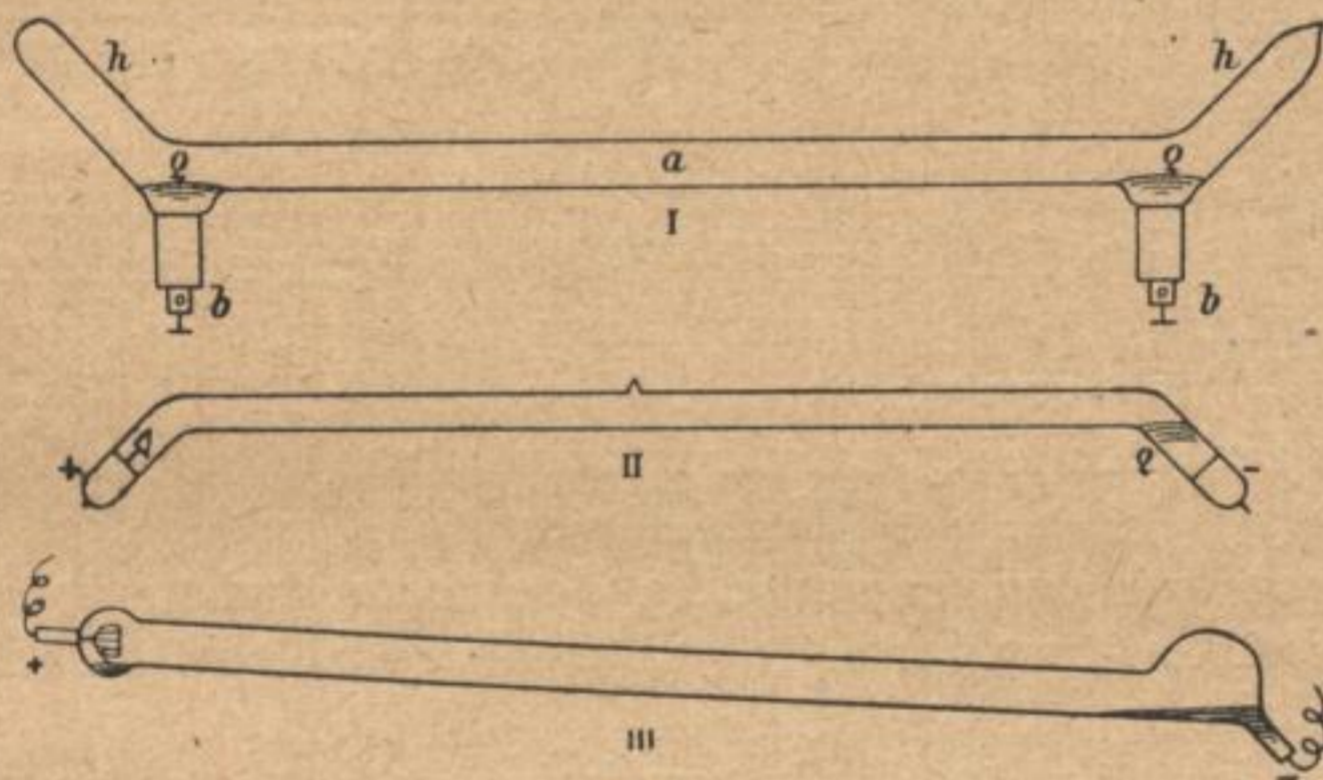


Abb 13.

in Gang gebracht werden. Am einfachsten schlägt man dabei auch den bei der gewöhnlichen Bogenlampe üblichen Vorgang ein. Bei dieser wird bekanntlich zunächst zwischen den beiden Kohlenenden ein Kurzschluß gebildet und dann werden die Kohlen auseinander gezogen, wodurch der Lichtbogen entsteht.

Aehnlich verfährt man bei der Quecksilberdampf Lampe. Man hebt eines ihrer Enden in die Höhe und erzeugt so durch das überfließende Quecksilber zunächst einen momentanen Kurzschluß zwischen beiden Elektroden, der dann die Bildung eines das ganze Rohr erfüllenden Lichtbogens zur Folge hat. Man nimmt an, daß die Stromleitung in der brennenden Lampe durch den ionisierten Quecksilberdampf vermittelt wird.

Während des Brennens findet eine heftige Zerstäubung und Verdampfung des Quecksilbers statt, und das Rohr besitzt daher die Kühlkammern *h h*, in welchen der Dampf kondensiert wird und dann wieder zu den Elektroden zurückfließt.

Im allgemeinen zeigen alle für Beleuchtungszwecke dienenden Quecksilberdampflampen die gleiche Form. Aus Abb. 13, I, ist eine „Watt“-Lampe ersichtlich. II zeigt eine Hageh-Lampe von Schott & Gen. in Jena und III die Quecksilberdampflampe von Cooper-Hewitt.

Die negative Elektrode muß während der Funktion stets mit Quecksilber bedeckt bleiben, da sonst die Lampe sehr schnell — oft schon nach einigen Sekunden — unbrauchbar wird. Die positive Elektrode kann dagegen aus Kohle, Eisen usw. bestehen und kann, wenn sie genügend groß ist, während des Stromdurchganges frei bleiben. Solche Elektroden besitzt die Hageh-Lampe und die Cooper Hewitt-Lampe, die man daher in jeder Lage benutzen kann, während die Watt-Lampen I nur Platindrähte als Elektroden haben, die stets unter Quecksilber gehalten werden müssen. Sie sind daher nur in ungefähr horizontaler Lage verwendbar.

Die für den Betrieb der Lampen erforderliche Stromspannung hängt von ihrer Länge ab und beträgt pro Zentimeter etwa 1 Volt.

Das Licht der Quecksilberdampflampe ist sehr ruhig und zeigt ein fahles, blaugrünes Aussehen.

Der leuchtende Quecksilberdampf strahlt, wie alle Dämpfe, nur Licht von einzelnen Wellenlängen aus und zeigt daher im Spektroskop kein kontinuierliches Spektrum, wie glühende feste Körper, sondern nur farbige, und zwar gelbe, grüne, blaue und violette Linien.

Das Licht enthält daher gar keine roten Strahlen, und rote Körper erscheinen daher bei dieser Beleuchtung gelbbraun oder schwarzblau, wenn sie im Tageslicht eine zinnoberrote oder karminrote Färbung besitzen.

Der große Reichtum an blauen und violetten Strahlen bedingt aber eine hohe photographische Wirksamkeit des Quecksilberlichtes, und der breite Lichtstrom, den die langen, leuchtenden Röhren aussenden, ermöglicht eine viel gleichmäßigere Beleuchtung von Räumen und Flächen als andere Lichtquellen mit kleinen, oft nur punktförmigen Strahlungszentren.

Es eignet sich daher gut zur Beleuchtung von Porträtateliers. Selbstverständlich kommen dabei mehrere Lampen, passend angeordnet, zur Verwendung, die ein zerstreutes, dabei vollkommen ruhiges Licht mit sehr weichen Schatten liefern.

Sehr gut brauchbar sind die Lampen wegen ihrer breiten Lichtausstrahlung auch bei der Herstellung von Kamerapositiven, da sich mit zwei derselben eine sehr gleichmäßige, vollkommen konstante Beleuchtung des Negatives bewirken läßt.

Weniger empfehlenswert sind sie aber für die Originalbeleuchtung bei Reproduktionen. Ihr Licht besitzt nämlich, wie später gezeigt werden soll, nur eine geringe Intensität, und ihr Abstand vom Original darf etwa 12 cm nicht übersteigen, wenn man jene Beleuchtung erzielen will, die uns ein gutes Tageslicht bietet. Auf so kurze Entfernung lassen sich aber größere Originale auch mit mehreren Lampen nicht mehr gleichmäßig beleuchten. Dazu kommt noch, daß man bei diesem Licht rote Pigmente niemals hell erhalten kann, denn wenn in der Beleuchtung rote Strahlen fehlen, kann auch eine rotempfindliche Platte keinen Nutzen schaffen.

Der leuchtende Quecksilberdampf entsendet auch reichlich ultraviolette Strahlen, die aber das Glasrohr größtenteils absorbiert, und die somit nicht zur Geltung kommen, da sie von der Glascheibe des Kopierrahmens zurückgehalten werden. Aus diesem Grunde ist die gleichfalls von Schott hergestellte Uviol-Lampe, die aus einem für Ultraviolett ziemlich durchlässigen Glas besteht, für die Praxis der Photographie ohne Bedeutung und auch die Quecksilberquarzlampe ist, wie später noch gezeigt werden soll, als Kopierlampe nicht mit Vorteil zu verwenden.

Das Licht der gewöhnlichen Quecksilberdampf Lampe ist im Vergleich mit dem Bogenlicht nur schwach, dafür ist aber ihre Wärmeentwicklung nur sehr gering, und man kann sie sehr nahe vor dem Kopierrahmen anbringen.

Das Beleuchtungsgesetz.

Wenn man mit einer Quecksilberdampf Lampe eine nahe gelegene und zu ihr parallele Ebene beleuchtet, so ist das für eine punktförmige Lichtquelle aufgestellte Beleuchtungsgesetz nicht mehr zutreffend, und es ist auch von Interesse für die Praxis, die infolge der Dimensionen der Lichtquelle geänderten Verhältnisse kennen zu lernen.

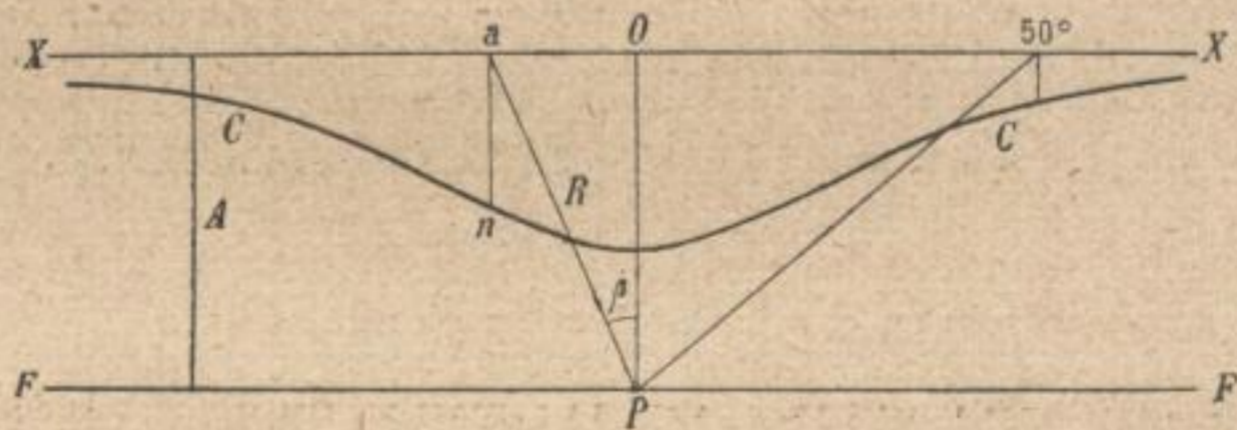


Abb. 14.

Sei in Abb. 14 XX eine solche Lampe, die man als leuchtende Linie auffassen kann, und entsendet jeder Punkt derselben Strahlen von der Intensität J_0 , so gilt für die Beleuchtung eines im Abstände A befindlichen Punktes P das gleiche Gesetz — sinngemäß

angewendet —, welches für die Beleuchtung einer Geraden durch einen leuchtenden Punkt S. 4 gefunden wurde. Wäre P ein leuchtender Punkt, der Strahlen von der Intensität J_0 aussendet, so kommt dem in der Geraden XX gelegene Punkt α die Beleuchtungsintensität $J = \frac{J_0}{A^2} \cos^3 \beta$ zu. Das gleiche Gesetz gilt auch umgekehrt für die Beleuchtung des Punktes P , wenn α leuchtend wäre, und es gilt selbstverständlich auch für jeden Punkt der als leuchtend angenommenen Linie XX .

Jeder Punkt derselben liefert daher zur Beleuchtung des Punktes P einen gewissen, verschieden großen Beitrag, der der Formel $J = \frac{J_0}{A^2} \cos^3 \beta$ entspricht, und trägt man senkrecht auf die Gerade XX diese Werte auf, so ergibt sich die Kurve CC , und das ist die gleiche Kurve, welche auch umgekehrt der Beleuchtung der Geraden XX durch den leuchtenden Punkt P entsprechen würde.

Die Gesamtbeleuchtung in P erhält man durch Addition aller dieser Beiträge, sie wird also durch den Flächeninhalt der Kurve CC repräsentiert. Der Beleuchtung durch die Strecke Oa entspricht die Fläche $Oanm$, und das gleiche Gesetz gilt für jede Strecke der leuchtenden Geraden XX .

Für die Kurvenfläche von O bis zu einem Punkt, der durch den Winkel β definiert ist, also für die Beleuchtung e des Punktes P durch dieses Stück der Quecksilberlampe findet man auf dem Wege der Rechnung den Ausdruck $e = \frac{J_0}{A} \sin \beta$.

Wäre die Lichtlinie XX beiderseits von O unendlich lang, so wäre $\sin \beta = 1$, und die Beleuchtung in P wäre dann $e_0 = \frac{J_0}{A}$.

Für einen anderen Abstand A_1 ist $e_0^1 = 2 \frac{J_0}{A_1}$, also $\frac{e_0}{e_0^1} = \frac{A_1}{A}$, d. h. die Beleuchtungen verhalten sich verkehrt proportional den Abständen. Das gleiche Gesetz gilt natürlich auch, wenn die Abstände im Vergleich zur Länge der Lampe klein sind; bei größeren Abständen treten jedoch merkliche Abweichungen auf, und das für eine punktförmige Lichtquelle bestehende quadratische Gesetz kommt immer mehr zur Geltung.

Sei z. B. die Länge der Lampe $x = 50$ cm und es wäre für verschiedene Abstände A die Beleuchtung unter der Lampenmitte zu bestimmen, so ermittelt man zunächst den Grenzwinkel β

für das Lampenende und kann dann e rechnen. Man erhält z. B. für:

$$A = 10 \text{ cm: daher } \beta = 68^\circ \text{ und } e_{10} = 0,186 J_0,$$

$$A = 20 \text{ cm: daher } \beta = 51^\circ \text{ und } e_{20} = 0,078 J_0,$$

$$A = 40 \text{ cm: daher } \beta = 32^\circ \text{ und } e_{40} = 0,026 J_0,$$

$$A = 100 \text{ cm: daher } \beta = 14^\circ \text{ und } e_{100} = 0,005 J_0.$$

Es ist also $e_{10} : e_{20} = 2,4 : 1$ und $e_{10} : e_{40} = 7,1 : 1$, d. h. durch Vergrößerung des Abstandes auf das Zwei- und Vierfache sinkt die Beleuchtung auf etwas mehr als $1/2$ und $1/7$, während das quadratische Gesetz $1/4$ und $1/16$ verlangen würde.

Vergrößert man aber den Abstand von 40 auf 100 cm, so ist $e_{100} : e_{40} = 5,2 : 1$, das ist ein Verhältnis, das dem quadratischen Gesetz sehr nahe kommt, da diesem der Quotient $6,2 : 1$ entspricht.

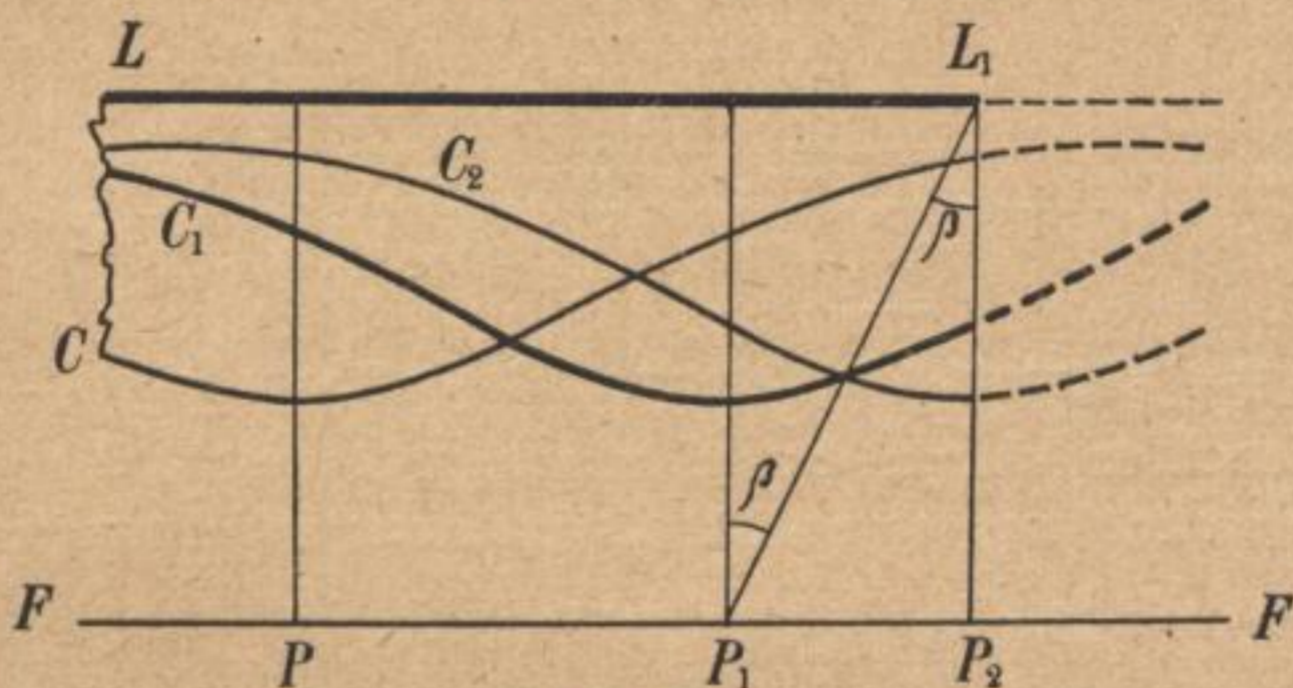


Abb. 15.

Um die Beleuchtung für irgendeinen anderen Punkt der parallel zur Lampe liegenden Strecke zu finden, hat man sich die Kurve C über dem betreffenden Punkt verschoben zu denken; ihr von der Lampe begrenzter Flächeninhalt repräsentiert dann stets die Beleuchtung. Wäre z. B. in Abb. 15 LL_1 der rechte Teil der Lampe, so kommt für den Punkt P die Fläche der Kurve C , für die Beleuchtung der Punkte P_1 bzw. P_2 jedoch nur die bis zum Lampenende L_1 reichenden Flächen der Kurven C_1 und C_2 in Betracht.

Die Beleuchtung wird daher von der Lampenmitte gegen ihr Ende zu abnehmen, und zwar proportional der Verkleinerung der Kurvenflächen. Bei einem im Vergleiche zur Lampenlänge kleinen Abstand kommt für einen unter ihrer Mitte liegenden Punkt P fast die ganze Kurvenfläche $e_0 = 2 \frac{J_0}{A}$ in Betracht. Die Beleuchtung im Punkte P_1 ist daher, entsprechend der Kurvenfläche C , nur $e = \frac{J_0}{A} + \frac{J_0}{A} \sin \beta$ oder $e = 1/2 e_0 (1 + \sin \beta)$. Diese Formel zeigt die Abnahme der Beleuchtung von der Mitte gegen

die Lampenenden. Unter dem Lampenende L_1 ist β daher auch $\sin \beta = 0$, also $e = \frac{1}{2} e_0$; diese Stelle ist also nur halb so hell beleuchtet, als jene unter der Lampenmitte.

Diese Verhältnisse sind, wie erwähnt, nur bei einem relativ kurzen Abstand zutreffend, wenn also z. B. wie in Abb. 16 eine 50 cm lange Lampe von der Fläche nur etwa 10 cm absteht. In

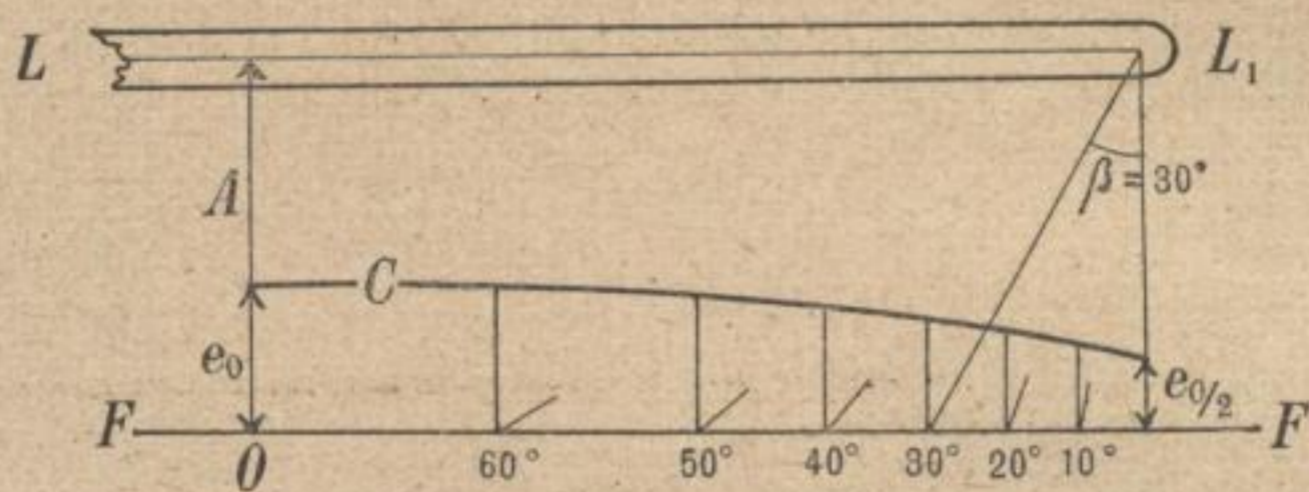


Abb. 16.

diesem Falle zeigt C die nach obiger Formel ermittelte Beleuchtungskurve, aus der zu ersehen ist, daß sich die gleichmäßige Beleuchtung unter der Lampe nur bis etwa $\beta = 40^\circ$ erstreckt.

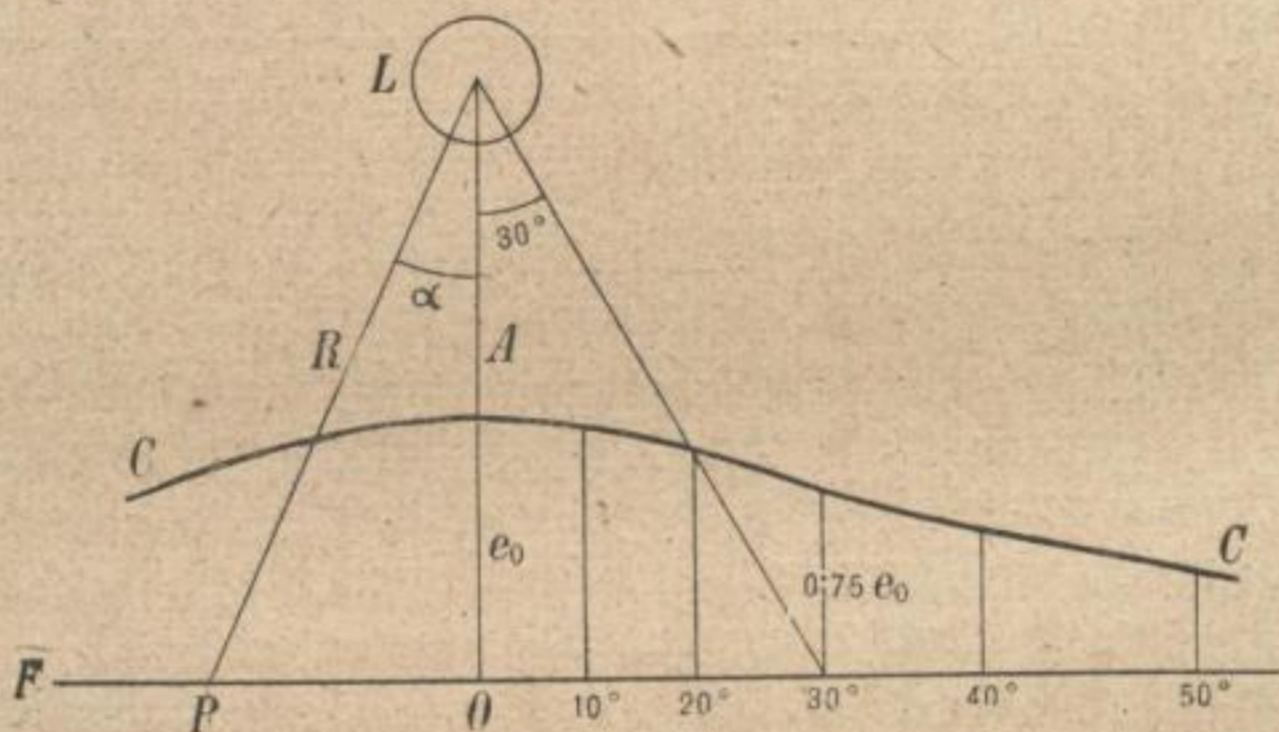


Abb. 17.

Die Beleuchtung einer zur Lampenachse senkrechten Geraden ergibt sich aus folgender Betrachtung. Wäre L in Abb. 17 der Querschnitt der Lampe und F die Gerade, so ist die Beleuchtung im Punkte O, wie oben gezeigt wurde, $e_0 = \frac{J_0}{A}$, im Punkte P daher $e = \frac{J_0}{R} \cdot \cos \alpha = \frac{J_0}{A} \cos^2 \alpha = e_0 \cos^2 \alpha$. Die Beleuchtungen zweier Punkte der Geraden F verhalten sich daher wie die Quadrate der Kosinuse der Ausstrahlungswinkel und CC

ist die diesem Gesetze entsprechende Beleuchtungskurve. Sie gilt gleichfalls nur für relativ sehr kurze Abstände, denn bei größerer Entfernung nimmt die Beleuchtung nicht mehr proportional mit dem Abstand ab. Immerhin ist aber die Beleuchtungskurve auch bei größeren Abständen flacher gestaltet als jene, die der Beleuchtung durch einen leuchtenden Punkt entspricht und die mit der dritten Potenz von $\cos \alpha$ abfällt.

Das von der Quecksilberdampfampe auf einer zu ihr parallelen Ebene hervorgebrachte Lichtbild wird also ungefähr einer Ellipse entsprechen, deren große Achse in der Richtung des Lampenrohres liegt. Abb. 18 zeigt die Grenzen des durch eine 50-cm-Lampe $L L$ in 10 cm Abstand entstehenden Lichtfeldes; den

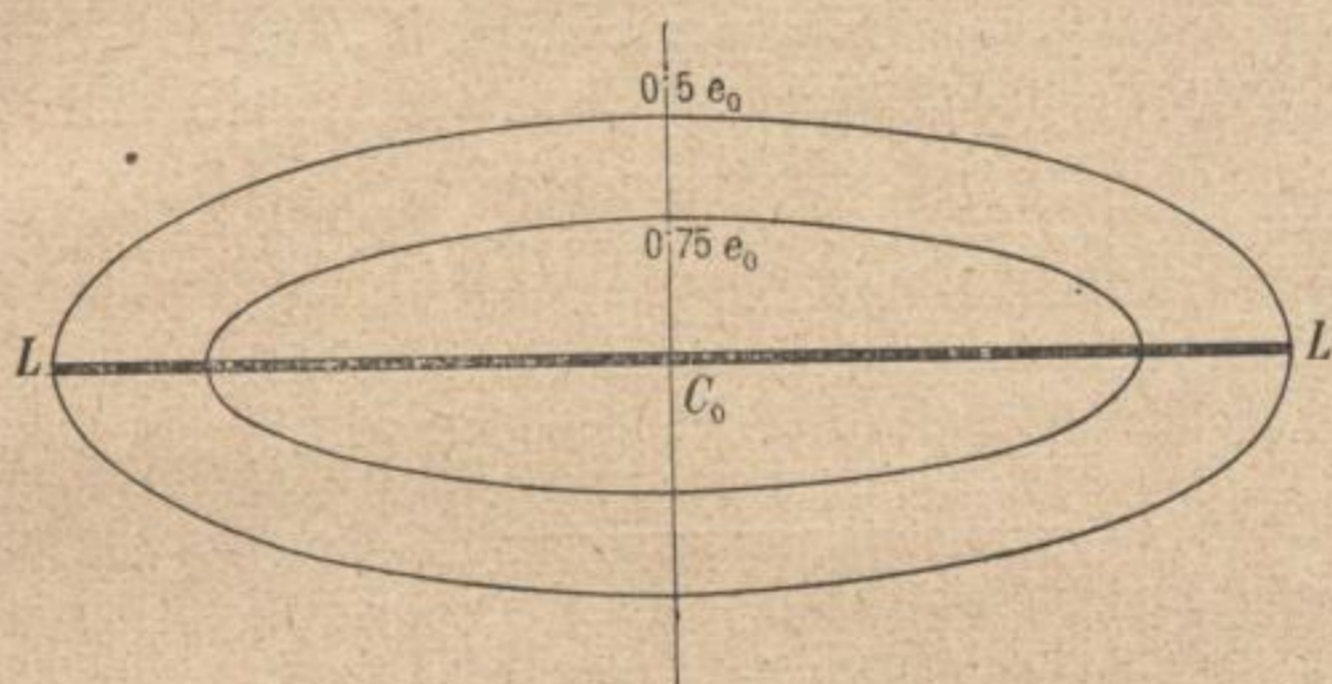


Abb. 18.

Punkten der kleinen Ellipse entspricht die Beleuchtung $e = 0,75 e_0$, sie begrenzt also jene Fläche, für welche die Beleuchtung größer als 75 % der Beleuchtung der Lampenmitte ist, und die größere Ellipse umfaßt die Fläche bis zu einem Lichtabfall von 50 %. Die gleiche Form zeigt auch die Schwärzung, welche bei der Belichtung eines Blattes Kopierpapier entsteht.

Aus den bisher gemachten Erörterungen ergeben sich nachstehende Folgerungen für die Verwendbarkeit der Quecksilberdampfampe in der Praxis. Das Licht der Lampe ist relativ schwach, und man kann sie daher zum Kopieren nur auf kurze Entfernungen, 10—20 cm, gebrauchen, da sonst sehr lange Belichtungszeiten nötig sind. Wegen der notwendigen Nähe der Lampe ist das noch brauchbare Bildfeld sehr schmal, bei einem Abstand von 10 cm besitzt es z. B. nur eine Breite von 10—12 cm. Um also ein Negativ 13×18 cm zu kopieren, muß man den Abstand mit wenigstens 12 cm bemessen, und die Kopierzeit ist dann gleich jener im Tageslicht.

Für größere Formate ist es unbedingt nötig, Lampenkombinationen zu verwenden, was bei dem geringen Preise der Lampen und den niedrigeren Betriebskosten leicht möglich ist.

Die Lampen werden dabei parallel in einer Ebene angeordnet, wobei für ihren gegenseitigen Abstand die S. 7 gegebenen Grundsätze zu berücksichtigen sind. Da die Beleuchtungskurven senkrecht zu den Lampenachsen etwas flacher verlaufen, als dort angenommen, so kann man ihre gegenseitige Entfernung D 1,7 bis 2 mal so groß, als den Abstand A von der Kopierfläche wählen. Das ist das Minimum an Lampen, die man braucht, um eine bestimmte Kopierfläche zu decken. Ist man zu einem größeren Lampenabstand gezwungen, wie das bei sehr großen Kopierflächen der Fall ist, so wird man D auf 1,5—1,0 verringern, um die Kopierzeit abzukürzen. Die notwendige Länge L der Lampen, um ein Negativ gleichmäßig zu beleuchten, das in der Richtung der Lampenröhren l cm mißt, erhält man aus der Formel:

$$L = l + 2 A \operatorname{tg} \beta = l + 1,4 A.$$

Die Lampen müssen also das Negativ beiderseits um etwa drei Viertel seines Abstandes überragen, und ein Negativ 60×80 cm braucht daher drei Lampen von etwa 1 m Länge.

III. Die Eigentümlichkeiten des elektrischen Lichtes und ihr Einfluß auf die Kopien.

Das künstliche Licht unterscheidet sich vom Tageslicht in zweifacher Beziehung: Es verdankt seine Ursache meist nur einer kleinen leuchtenden Fläche, während das zerstreute Sonnenlicht, das wir als Tageslicht bezeichnen, in breiter Flut vom Himmelsgewölbe niederströmt, und dann zeigen die künstlichen Lichter oft auch spektrale Eigentümlichkeiten, die bei ihrer Verwendung störend empfunden werden.

1. Hartes und weiches Licht.

Die von einer elektrischen Bogenlampe ausgesendeten Strahlen verursachen im Gegensatze zum zerstreuten Tageslicht harte, scharf begrenzte Schlagschatten.

Alle zufälligen Verunreinigungen auf der Rückseite der Negative oder am Kopierrahmenglas werden scharf abgebildet, und die oft auf der Glasseite der Negative angebrachte Flächenretusche, um einzelne Teile des Bildes zurückzuhalten, erscheint mit deutlichen Rändern begrenzt und wirkt dadurch in hohem Grade

störend. Selbst die bei Porträts übliche Bleistiftretusche auf der Schichtseite macht sich in der Kopie aufdringlich bemerkbar, denn sie besteht aus feinen Strichen und Punkten, die bei solchem Licht ebenso scharf abgebildet werden, wie wir sie im Negativ sehen.

Das zerstreute Tageslicht bildet weiche, aus Halbtönen gebildete Schatten; Schmutz und Unreinheiten am Glas verursachen daher keine Flecke und die Retusche auf der Rückseite der Negative keine Ränder. Auch die Bleistiftretusche wird als solche unmerkbar und stört nicht die Homogenität der Töne, denn die zarten Striche werden in der lichtempfindlichen Schicht des Papiers, da diese immerhin eine gewisse Dicke besitzt, unscharf abgebildet und fließen gegenseitig zu einer gleichmäßigen Abschattierung zusammen.

Man unterscheidet daher zwischen „hartem“ und „weichem“ Licht, und sehr gut läßt sich diese Eigentümlichkeit wahrnehmbar machen, wenn man ein Negativ, das verschieden breite Linien, beispielsweise das aus Abb. 19 ersichtliche Linienbündel enthält, auf irgendeinem Papier mit einem gewissen Abstand von der lichtempfindlichen Schicht kopiert. Das Negativ wird nach einer größeren Zeichnung angefertigt, und zwar so, daß scharfe, glasklare Linien auf gutgedecktem Grunde entstehen.



Abb. 19.

Legt man das Negativ mit der Glasseite auf ein lichtempfindliches Papier und belichtet, so werden die Linien in der Kopie um so breiter, je weicher das Licht ist. In hartem Licht, das nur von einem leuchtenden Punkt ausgeht, kopieren die Linien scharf und in ihrer tatsächlichen Breite; die von einer größeren leuchtenden Fläche schräg auffallenden Strahlen machen dagegen die Linien breit und unscharf, wodurch ihre schmalen Teile gegenseitig verwachsen und ihre breiten nur durch schmale Zwischenräume getrennt erscheinen.

Je schräger die seitlichen Strahlen einfallen, je größer also die leuchtende Fläche, je diffuser das Licht ist, desto auffallender ist die Veränderung, die das Linienbündel beim Kopieren erleidet, und man kann daher in dieser Weise recht gut auf die Beschaffenheit des Lichtes schließen.

Die beiliegende Tafel zeigt einige solcher Kopien, welche die lichtzerstreuende Wirkung eines Reflektors und den Einfluß von zwischengeschalteten trüben Medien (Papier, Mattglas usw.) klarstellen sollen.

Eine Dauerbrandlampe ohne Reflektor bildet die Linien, wie ersichtlich, scharf und ohne jede Verschmelzung ab; benutzt man einen Reflektor, so werden die Linien zwar unscharf, man erhält aber auch nicht annähernd jene Zerstreuung, die das Tageslicht im Freien zeigt.

Etwas besser wird das Resultat, wenn man den Flammenbogen durch ein vorgeschaltetes Blechplättchen abblendet, so daß nur die Reflektorstrahlen zur Wirkung kommen, doch muß dieser Vorteil mit etwa 50 % Lichtverlust erkauft werden. Eine vollkommene Zerstreuung des Lichtes erzielt man durch Auflegen von dünnem Papier auf den Kopierrahmen, und der Versuch lehrt, daß das dünnste Pauspapier vollkommen ausreicht, um das Licht weich wie das Tageslicht zu machen. Ebenso wirkt auch eine feingekörnte Mattscheibe, und eine solche kann sogar durch Einfetten transparent gemacht werden, sie reicht immer noch aus, um das Licht genügend zu zerstreuen.

Durch das Vorschalten eines solchen Mediums wird natürlich das Licht geschwächt, und die notwendige Verlängerung der Belichtungszeit läßt sich leicht mit Hilfe des Eder-Hechtschen Graukeil-Kopierphotometers ermitteln.

Man legt zu diesem Zwecke einen schmalen Streifen des Papiers, das man zum Diffusmachen des Lichtes benutzen will, der Länge nach derart in das Photometer, daß die halbe Keilhälfte frei bleibt, darauf einen Streifen eines lichtempfindlichen Papiers und belichtet etwa bis zum Grad 30 oder 40. Aus der Gradzahl, die man ohne und mit dem zwischenliegenden Papier erreicht hat, läßt sich die Opazität¹⁾ des Papiers bestimmen, und diese bildet das gesuchte Maß für die Verlängerung der Belichtungszeit. Hat man z. B. mit und ohne Papier die Zahlen 25 und 40 gefunden, so entsprechen diesen nach der dem Photometer beigegebenen Tabelle die durchgelassenen Lichtmengen 3,0 und 8,2, die Opazität des Papiers ist daher $\frac{8,2}{3} = 2,7$, und man hat mit dem Papier 2,7 mal so lange als ohne dieses zu belichten.

1) Die Lichtdurchlässigkeit einer trüben Schicht wird durch das Verhältnis des durchgelassenen Lichtes zum auffallenden Licht gemessen; man bezeichnet diese Zahl als „Transparenz“, und den reziproken Wert nennt man „Opazität“. Wäre T die Kopierzeit für irgendein Negativ und legt man ein durchscheinendes Medium von der Transparenz n auf das Negativ, so wird man die Zeit $T \frac{1}{n} = T_0$ kopieren müssen, wenn man mit O die Opazität bezeichnet.

Da das Ablesen der Grade, also der eben noch wahrnehmbaren Skalenstriche für solche Messungen, zu ungenau ist, so ist es viel besser, die Opazität des Papiers aus der „Verschiebung“ zu bestimmen. Man zerschneidet zu diesem Zwecke den kopierten Streifen der Länge nach, legt die beiden Teile übereinander und verschiebt sie derart, daß beide Abschattierungen vollkommen korrespondieren. Dann mißt man mit einem Millimetermaßstab die notwendig gewesene Verschiebung a ab und rechnet die gesuchte Opazität O mit Hilfe der Formel: $0,031 \cdot a = \log O$. Für paraffiniertes Papier, wie man es zum Verpacken photographischer Platten benutzt, wurde z. B. $a = 5$ mm gefunden, es ist daher $0,15 = \log O$ und $O = 1,4$; man hat also, wenn man ein solches Papier auf das Negativ legt, 1,4 mal solange zu beleuchten. Die gleiche Verlängerung der Belichtung erfordert auch dünnes Seidenpapier, während dünnes, weißes Schreibpapier die Kopierzeit auf das Doppelte verlängert. Am günstigsten verhält sich in dieser Beziehung dünnes, weißes, feinkörniges Mattglas, das die Kopierdauer kaum um 10 % verlängert und dabei doch eine dem Tageslicht gleiche Zerstreuung bewirkt.

Die Versuche mit dem Linienbündelnegativ, das man passend als „Zerstreuungsmesser“ bezeichnen kann, haben auch ergeben, daß es keineswegs gleichgültig ist, wo das lichtzerstreuende Medium angebracht wird. Am wirksamsten ist es auf der Glasseite des Negativs, und je mehr man es der Lichtquelle nähert, desto weniger kommt es zur Geltung.

Es hat daher auch gar keinen Zweck, die Lichtquelle mit einer Matt- oder Milchglaskugel zu umgeben, denn ein solches Licht kopiert ebenso hart, als ob es frei wäre. Das ist auch leicht verständlich, wenn man berücksichtigt, daß die Lichtquelle in dieser Weise eigentlich nur auf die Größe der Kugel ausgedehnt wurde; man hat aus dem Lichtpunkt eine leuchtende Scheibe von vielleicht 15 cm Durchmesser gemacht und damit nicht viel erreicht. Eine solche Scheibe erscheint uns, von dem etwa 1 m entfernten Rahmen aus betrachtet, unter einem Gesichtswinkel von 10° , und das ist ganz ungenügend, um das Licht weich zu machen, denn dazu ist eine Leuchtfläche von wenigstens 90° Ausdehnung erforderlich, wie sie uns das Firmament beim Kopieren im Freien bietet.

Die Anordnung des zerstreuen Mediums dicht am Negativ ist auch aus dem Grunde zweckmäßig, weil es dann einen viel geringeren Lichtverlust verursacht, als wenn man es irgendwo zwischen Lampe und Rahmen anbringen würde. Ein Mattglas am Negativ verlängert, wie schon erwähnt, die Kopierzeit nur

um etwa 10⁰/₀, bringt man es aber vor der Lampe an, gleichgültig, ob als Scheibe oder als Mattglaskugel, so wird das Licht auf 0,6 geschwächt und man hat dann 1,7 mal länger zu kopieren, und dabei bleibt das Licht doch hart. Und wenn man ein Blatt dünnes, weißes Schreibpapier, das, am Negativ liegend, die Kopierzeit verdoppelt, vor der Lichtquelle anbringt, so muß man fünfmal solange belichten, denn es läßt dann nur den zehnten Teil des Lichtes durch.

Diese eigenartige Erscheinung erklärt sich durch den Umstand, daß das Licht der Lampe ungeschwächt auf das Mattglas vor dem Negativ fällt und daß das ganze von der zerstreuen Schicht durchgelassene Licht auch zur Schwärzung des Kopierpapiers ausgenutzt wird. Ein vor der Lampe angebrachtes trübes Medium streut dagegen das Licht auseinander, und es fällt nur ein Teil desselben auf das Negativ.

Aus diesen Ausführungen ist zu entnehmen, daß man retuschierte Halbtonnegative bei elektrischem Licht anstandslos kopieren kann, wenn man sie mit einer Mattglasscheibe bedeckt oder ihre Rückseite mit feinkörnigem Mattlack überzieht, und daß derart vorgerichtete Negative eine kaum merkbare Verlängerung der Kopierzeit erfordern. Wird dagegen das Mattglas zwischen Rahmen und Lampe angebracht, so muß man wesentlich länger kopieren, und gar keinen Zweck hat es, die Lichtquelle mit einer Matt- oder Michglaskugel zu umgeben.

Um die Härte des elektrischen Lichtes zu beseitigen, wird auch vielfach eine kontinuierliche oder zeitweilige Bewegung der Rahmen oder der Lampe empfohlen. Man erhält z. B. die Lampe in pendelnder Bewegung oder legt die Rahmen auf einen um die Lampe rotierenden Tisch, oder man begnügt sich mit einer zeitweiligen Wendung der Rahmen um 90 oder 180⁰.

Alle diese Mittel sind aber nur geeignet, die vorhandenen Ungleichmäßigkeiten der Beleuchtung unschädlich zu machen, und in dieser Beziehung leisten sie vorzügliche Dienste, aber weiche Kopien, wie man sie durch Vorschalten von Mattglas oder Papier erhält, sind in dieser Weise nicht zu erzielen.

2. Die spektralen Eigentümlichkeiten des Lichtes.

Die Farbe künstlicher Lichter ist niemals rein weiß; besteht der lichtausstrahlende Teil aus einem festen glühenden Körper, wie das bei den gewöhnlichen Bogen- und Glühlampen der Fall ist, so erscheint uns das Licht mehr oder weniger rotstichig gefärbt, während glühende Gase oder Dämpfe Licht von sehr verschiedener Farbe ausstrahlen können. So sendet z. B. der

elektrische Flammenbogen bei Verwendung von Effektkohlen rötes, gelbes oder bläulichweißes Licht aus, und das Licht der Quecksilberlampe zeigt eine fahle, grünliche Farbe. Diese Farbenunterschiede spielen aber beim Kopieren keine Rolle, denn nur der Gehalt an blauen und violetten Strahlen macht das Licht photographisch wirksam, und die relative Menge dieser nur lichtschwachen Strahlen ist meist ohne jeden Einfluß auf seine Farbe.

Auch das Vorherrschen der blauen oder violetten Strahlen, das in gewissen Fällen wesentlich die Eigentümlichkeit der Kopien beeinflußt, ist aus der Lichtfarbe nur ganz ausnahmsweise zu erkennen, und man muß zu diesem Zwecke das Spektroskop zu Hilfe nehmen.

Das aus beiliegender Tafel ersichtliche Sonnenlichtspektrum zeigt ein geschlossenes, ziemlich gleichmäßiges Band, das im violetten Teil etwas über die *HK*-Linie reicht. Wenn man das von einem weißen Schirm reflektierte Licht einer 8-Ampere-Bogenlampe in ein Spektrum ausbreitet, so fehlt diesem fast der ganze blauviolette Teil. Dieses Licht enthält also weniger blauviolette Strahlen als das Tageslicht, was erklärlich ist, denn die Lichtemission dieser Lampe ist hauptsächlich dem positiven Kohlenkrater zuzuschreiben. Der kleine Lichtbogen kommt kaum zur Geltung, denn die dieses Licht charakterisierenden Cyanbanden — beiderseits der *HK*-Linie — sind nur schwach angedeutet.

Ein ganz anderes Aussehen zeigt das Spektrum einer 220-Volt-Hochspannungslampe mit eingeschlossenem Lichtbogen. Das kontinuierliche Spektrum der glühenden Kohlen verschwindet fast völlig, dafür treten aber die lichtstarken Cyanbanden des Bogens äußerst kräftig hervor. Auch bei der Herstellung dieses Spektrogrammes wurde nicht das direkte, sondern das von einem weißen Schirm reflektierte Licht benutzt, also jene Mischung von Kohlen- und Bogenlicht, die dem Lichtstrom der Lampe entspricht.

Bei solchen Hochspannungslampen kommen fast ausschließlich die beiden violetten Cyanbanden in Betracht, welche auch die eigentümliche Farbe des Lichtes bedingen. Verringert man die Spannung, so wird der Bogen immer kürzer, die Intensität der Cyanbanden nimmt ab und das Spektrum wird dem des Bogenlichtes immer ähnlicher. Das Licht einer solchen 110 Voltlampe zeigt daher eine mittlere Beschaffenheit.

Die Quecksilberlampe verdankt ihr Licht dem glühenden Quecksilberdampf, der, wie alle Dämpfe, nur Licht von einzelnen Wellenlängen ausstrahlt, und zeigt daher im Spektroskop kein kontinuierliches Spektrum, wie glühende feste Körper, sondern nur eine Anzahl farbiger Linien. Die beiliegende Tafel zeigt das

Spektrum des Quecksilberlichtes, wobei zur Orientierung über die Lage der Linien auf den unteren Teil ein Tageslichtspektrum aufexponiert wurde. Wie man sieht, besteht also das Quecksilberlicht nur aus gelben und grünen Strahlen, entsprechend den beiden Linien zwischen *D* und *E*, dann aus blauen Strahlen ungefähr von der Wellenlänge der *G*-Linie und aus reichlichen Mengen violetter Strahlen, wie die beiden Linien zwischen *G* und *H* zeigen.

Alle lichtempfindlichen Papiere sind zwar für die blauen und violetten Strahlen empfindlich, der Grad der Empfindlichkeit für diese beiden Spektralfarben ist aber verschieden, denn Chlorsilberpapiere sind hauptsächlich violetttempfindlich, während andere Silbersalze, z. B. das Citrat und die mit Eisen- und Chromsalzen hergestellten Schichten, vorwiegend durch die blauen Strahlen verändert werden.

Das Chlorsilber zeigt in dieser Beziehung überdies die Eigentümlichkeit, daß es anfänglich lediglich violetttempfindlich ist, sobald es aber eine, wenn auch nur sehr geringe Schwärzung erfahren hat, werden auch die blauen, grünen und selbst die orangegelben Strahlen wirksam. Dies mag mit ein Grund sein, warum sich bei allen Chlorsilberpapieren, und zu diesen zählen auch die Zelloidinpapiere, die spektrale Beschaffenheit des Lichtes kaum geltend macht, und es konnte auch die oft ausgesprochene Ansicht, daß man mit diesen Papieren brillantere Kopien erhält, wenn man sie mit vorgeschalteter Gelbscheibe, also mit Ausschluß der violetten Strahlen, kopiert, in Uebereinstimmung mit Dr. Formstecher¹⁾, nicht bestätigt werden.

Von sehr merkbarem Einfluß auf den Charakter der Kopie ist dagegen die Helligkeit des Lichtes. Kopiert man kurz bei grellem Licht, so erhält man weichere Bilder, als wenn man mit schwachem Licht lange Zeit belichtet, und aus diesem Grunde kann auch die Gelbscheibe die Brillanz der Kopien steigern.

Die verschiedenen Papiere verhalten sich jedoch in dieser Beziehung nicht gleich, und es scheint, daß diese Eigentümlichkeit mit der Größe des Schwarzschild'schen Exponenten oder vielmehr mit der Veränderlichkeit desselben im Zusammenhange steht.

Man kann sich übrigens über die Ursache, welche die verschiedene Brillanz der Bilder bedingt, leicht täuschen, weil auch die Feuchtigkeit des Papiers den Charakter der Kopien oft bedeutend zu beeinflussen vermag. Besonders auffallend ist das

1) Phot. Chronik 1919, S. 211.

Mattalbumin- und ähnliche Salzpapiere, die, trocken kopiert, überhaupt keine Kraft annehmen, fast unbrauchbare Kopien liefern. Aber auch bei Zelloidinpapieren macht sich dieser Umstand geltend, denn etwas feuchte Papiere bronzen in den Schatten viel stärker und zeigen nach dem Tönen und Fixieren tiefere Schwärzen, wodurch in vielen Fällen die Brillanz der Bilder wesentlich gesteigert wird.

Kopiert man lange bei schwachem Licht, so kann sich die Feuchtigkeit der Papiereinlagen im Rahmen geltend machen, und die Brillanz des entstehenden Bildes ist vielleicht diesem Umstande und nicht der geringen Lichtintensität oder der Gelbscheibe zuzuschreiben. Und eine im Sonnenlicht entstandene Kopie kann kraftlos sein, weil der Rahmen warm und trocken war.

Sehr auffallend ist der Einfluß der spektralen Beschaffenheit des Lichtes beim Empfindlichkeitsvergleich von Chlorsilberpapieren mit Chromat- oder Eisenschichten. Bei Tageslicht, das gleich viel Violett- und Blaustrahlen enthält, ist Pigment- oder Platinpapier im Vergleiche mit Zelloidinpapier viel empfindlicher als beim Lichte einer Hochspannungslampe, die hauptsächlich violette Strahlen aussendet. Setzt man das Verhältnis der Empfindlichkeiten von Zelloidin- und Platinpapier bei Tageslicht = 1, so zeigt letzteres beim Lichte einer 220-Volt-Dauerbrandbogenlampe nur etwa die halbe Empfindlichkeit.

Diese Tatsache ist für die Praxis sehr wichtig, weil man beim Kopieren von Chromat- oder Eisenpapieren sehr oft einen Streifen Zelloidinpapier im Photometer benutzt, und in diesem Falle ändert sich der Grad, bis zu welchem kopiert werden muß, mit der Beschaffenheit des Lichtes. Mußte z. B. bei Tageslicht ein Negativ auf Platinpapier bis 60° kopiert werden, so wird man bei Benutzung der erwähnten künstlichen Lichtquellen so lange belichten müssen, bis das Photometer den Grad 70 anzeigt.

Eine merkwürdige Eigentümlichkeit der Lichte mit überwiegenden Violettstrahlen besteht darin, daß Pigmentkopien, besonders Pigmentdiapositive, nicht so brillant ausfallen wie bei Tageslicht.

Diese Tatsache wird verständlich, wenn man das verschiedene Eindringungsvermögen der blauen und violetten Lichtstrahlen in die Chromatgelatineschicht beachtet, denn die Entstehung einer Pigmentkopie beruht auf Bildung eines Gelatine-reliefs, und je tiefer die wirksamen Lichtstrahlen in die Schicht eindringen können, desto kräftiger wird das nach dem Entwickeln gebildete Relief sein, desto brillanter erscheint uns das Bild.

Es ist wohl anzunehmen, daß alle aus Chromaten und organischen Substanzen gebildeten Schichten, dem allgemeinen Gesetz gehorchend, für jene Strahlen empfindlich sind, die sie absorbieren, daß sie also hauptsächlich durch die violetten und in abnehmender Stärke auch durch die blauen Strahlen verändert werden. Der durch die Violettstrahlen hervorgerufene Reduktionsprozeß bleibt aber auf der Oberfläche der Schicht beschränkt, weil diese Strahlen schon hier völlig absorbiert werden und nicht in das Innere der gelben Substanz eindringen können. Das Absorptionsvermögen der Schicht nimmt gegen Grün zu rasch ab, und daher werden die blauen, etwa bei der *G*-Linie gelegenen Strahlen nicht mehr ganz auf der Oberfläche zurückgehalten, sondern gelangen auch in das Innere der Schicht, um dort wirksam zu sein.

Die Violettstrahlen schaffen daher ein dünnes Oberflächenbild, während die Blaustrahlen die Reliefbildung bewirken, der Kopie daher die Brillanz verleihen, und darin liegt der Grund, warum das Licht der 220-Volt-Hochspannungslampen nur flache Bilder zu liefern vermag. Ein Vergleich der Spektren auf der beiliegenden Tafel läßt diese Verhältnisse deutlich erkennen: Das Licht der Hochspannungslampen enthält reichlich Violettstrahlen, und an der Stelle der reliefbildenden Blaustrahlen sehen wir ein ausgeprägtes Minimum, während im Tageslicht, im Licht der gewöhnlichen Bogenlampen und auch in dem der Quecksilberlampe große Mengen jener Strahlen vertreten sind, die der Umgebung der *G*-Linie angehören.

Daß diese Anschauung berechtigt ist, lehren verschiedene, der Erfahrung entnommene Tatsachen. So wird die Brillanz der Bilder durch Verwendung schwacher Sensibilisierungsbäder gefördert, weil die Schirmwirkung der Oberfläche bei schwach gefärbten Schatten geringer ist als bei satter Färbung, und die Benutzung eines grünen oder gelben Kopierfilters steigert die Brillanz, weil es die violetten Strahlen absorbiert und die in die Tiefe dringenden blauen durchläßt. Auch beim Lichte einer Hochspannungslampe erzielt man mit vorgeschaltetem Gelbfilter sehr brillante Kopien, das Mittel ist aber praktisch kaum verwendbar, weil es, wegen der geringen Mengen von Blaustrahlen in diesem Lichte, eine allzu bedeutende Verlängerung der Belichtungszeit erfordert.

Ein diesbezüglicher Versuch zeigte, daß die Belichtungszeit bei einer 220-Volt-Dauerbrandlampe durch eine Küvette von 1 cm Weite, die mit einer Kaliummonochromatlösung 1 : 5000 gefällt war, auf das 15fache verlängert wurde. Das erzielte Diapositiv besaß

aber mehr Brillanz als eine Tageslichtkopie, während im Lichte dieser Lampe ohne Filter nur ein flaes Bild zustande kam. Eine Lösung 1 : 20000 erscheint kaum mehr gelblich, sie ist aber doch von merkbarem, allerdings nicht ausreichendem Einfluss auf die Kopie und fordert eine Verlängerung der Belichtungszeit auf das Fünffache.

Es sind daher Lampen, die ihre Aktinität hauptsächlich dem violetten Bogenlicht verdanken, wie die 220-Volt-Dauerbrandlampe, für das Kopieren von Pigmentpapieren und Lichtdruckplatten wenig geeignet, sie sind aber brauchbar, wenn es sich um einen Chrom- oder Eisenprozeß handelt, der sich auf der Oberfläche der Schicht abspielt, wie das bei der Herstellung von Chromgelatinekopien für Photolithographie der Fall ist, oder wenn, wie bei der Herstellung von Eisenkopien, Platindrucken, Zyanotypien usw., die lichtempfindliche Schicht nur eine sehr geringe Dicke besitzt. Für Herstellung positiver Zyanotypien, die eine etwas stärkere Gummi-Eisenpräparation fordern, ist aber das Hochspannungslicht nicht mehr brauchbar, weil die Schicht mit den Violettstrahlen nicht durchkopiert werden kann, und das ist bei vielen Verfahren notwendig.

Aber auch bei sehr dünn aufgetragenen Schichten macht sich der Mangel an Tiefenwirkung des Lichtes doch auch dadurch bemerkbar, daß eine Neigung für flae Bilder besteht und daß der Grund der Strichnegative leicht durchkopiert. Ist man daher auf die Benutzung solcher Lampen, die sich durch eine besonders hohe Aktinität und sehr ökonomischen Betrieb auszeichnen, angewiesen, so wird man, wenn es sich um das Kopieren auf Eisen- oder Chromschichten handelt, für kräftige, gut gedeckte Negative sorgen müssen und Pigmentpapiere in schwachen, etwa $1\frac{1}{2}$ prozentigen Chrombädern sensibilisieren. Es ist aber besser, wenn man für solche Arbeiten Dauerbrandlampen mit nur 110 Volt Spannung oder eine andere Lampentype benutzt.

IV. Der Vorgang beim Kopieren.

Die Entfernung der Kopierrahmen von der Lichtquelle ist, wenn möglich, derart zu wählen, daß die Beleuchtungsintensität der Kopierflächen jener gleich kommt, die uns ein mittleres Tageslicht bietet, und es sind diese Entfernungen für die verschiedenen Lampen aus einer weiter unten angegebenen Tabelle zu entnehmen.

Kopiert man in kürzerem Abstand, so fehlt den Bildern wegen des zu starken Lichtes oft die nötige Brillanz, dagegen kann man die Entfernung auch größer wählen, und dazu ist man gezwungen, wenn es sich um große Kopierrahmen handelt, oder die von der Lichtquelle ausgestrahlte Wärme allzu bedeutend ist.

Ein weiterer wichtiger Umstand, der schon oben erwähnt wurde, betrifft den Feuchtigkeitsgehalt des Kopierpapiers. Die Rahmen werden beim Kopieren warm, die Papiereinlagen trocknen bald vollständig aus, und wenn man das Kopierpapier gleichfalls ganz trocken einlegt, so entstehen auf direkt kopierenden Silberpapieren oft kraftlose Bilder ohne tiefe Schwärzen. Man wird daher den Tagesbedarf solcher Papiere am besten in einer Lade aufbewahren, in der sich einige Bogen feuchtes Saugpapier befinden, und bei gewissen Silberpapieren ist auch ein zeitweiliges Anfeuchten der Papiereinlagen im Kopierrahmen erforderlich.

Auch Pigmentpapiere sollen nicht allzu trocken kopiert werden, dagegen ist bei Platinpapieren tunlichste Trockenheit anzustreben.

1. Kopiereinrichtungen.

Hat man Negative von sehr verschiedener Größe zu kopieren, so benutzt man eine Lampe ohne Reflektor und ordnet die Rahmen auf verschiebbaren Gestellen rings um dieselbe an. Kleine Formate nähert man der Lampe bis etwa 50 cm und große Rahmen stellt

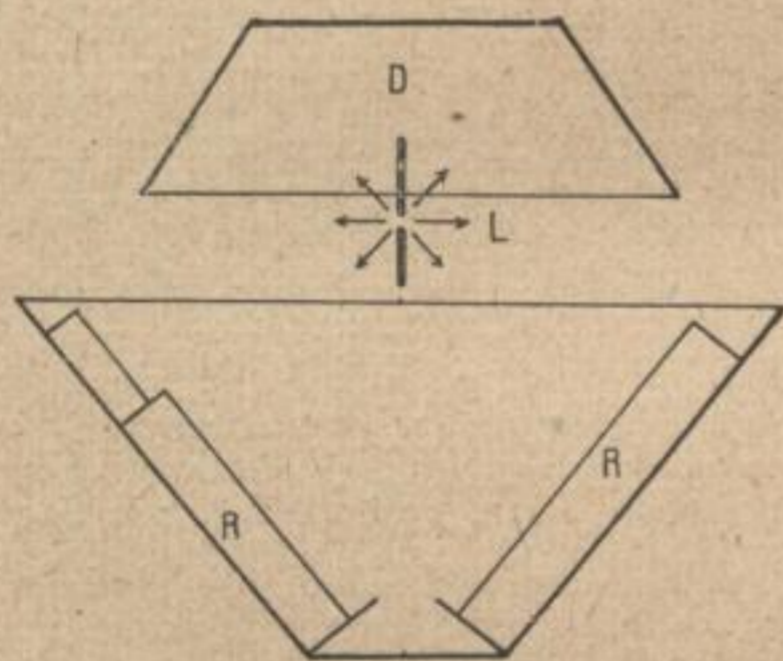


Abb. 20.

man derart auf, daß ihre Entfernung von der Lichtquelle etwa der doppelten Länge des Rahmens gleichkommt. Man hat auch verschiedene Einrichtungen hergestellt, um eine gleichmäßige Beleuchtung der Rahmenflächen bei tunlichster Ausnutzung des Lichtstromes zu erzielen. Sehr gut bewährt hat sich z. B. die in nebenstehender Abb. 20 skizzierte Kopiereinrichtung von Falz & Werner. Zwei Lampen *L* sind nebeneinander angeordnet,

unter ihnen liegen auf pultförmigen Trägern die Kopierrahmen *R*, und ein über die Lampen angebrachtes Dach *D* aus weiß-emaillierten Blechen reflektiert ihre seitlichen Strahlen nach abwärts. Die Lampen sowie der Reflektor lassen sich unabhängig voneinander heben und senken, und die schräggestellten Auflagen für die Kopierrahmen sind in eine wagerechte Tischfläche umzulegen.

Arbeitet man mit einer größeren Zahl kleinerer Rahmen von fast gleichem Format, wie dies z. B. beim Porträtphotographen der Fall ist, so ist es besser, ein kreisförmig um die Lampe angeordnetes Gestell zu benutzen, auf das die Rahmen, eventuell in zwei oder auch drei Reihen, übereinander aufgestellt werden. Alle Rahmen sind dann von der Lichtquelle gleich weit entfernt, die Kopierflächen stehen senkrecht auf die einfallenden Strahlen und sind daher einem vollkommen gleichen Lichteinfall ausgesetzt.

Man kann dann lediglich nach der Zeit kopieren, und wählt man den Rahmenabstand mit 70—75 cm, so kann man mit 20 bis 30 Rahmen 18—24 cm arbeiten. Eine 8-Ampere-Dauerbrandbogenlampe liefert bei dieser Anordnung ein Licht, das einem sehr guten, völlig konstanten Tageslicht gleich kommt.

Das kreisförmige Gestell ist drehbar um die Lampe eingerichtet, so daß die Bedienung aller Rahmen von einer Stelle aus erfolgen kann. Zum Halten des Brennglases der Lampe wird meist ein Drahtbügel benutzt, der einen auf die Rahmen fallenden Schattenstreifen verursacht, wodurch, ebenso wie durch Schlieren im Glase, Flecken in den Kopien entstehen können. Man vermeidet diese Fehler dadurch, daß man das Rahmengestell in kontinuierlicher Rotation erhält, oder doch zeitweilig, in kurzen Pausen weiter bewegt, oder aber, daß man für eine fortwährende pendelnde, drehende oder auf- und abwärtsschwingende Bewegung der Lampen sorgt.

Dadurch verliert auch das Licht etwas von seiner Härte, doch ist es beim Kopieren von Halbtonnegativen immer notwendig, die Rückseite derselben, wie schon oben besprochen wurde, mit einem feinkörnigen, farblosen Mattlack zu überziehen, was eine kaum merkbare Verlängerung der Kopierzeit bedingt.

Handelt es sich nur um eine geringe Zahl von Negativen, die gleichzeitig zu belichten sind, oder legt man einen besonderen Wert auf eine kurze Kopierzeit, oder sollen sehr große Negative kopiert werden, so ist es besser, die Lampe mit einem Kastenreflektor zu benutzen. Er gleicht, wie schon oben erwähnt wurde, die Strahlung derart aus, daß ein fast homogenes Lichtfeld von etwa 50° entsteht, macht das Licht weicher und kürzt die Kopierzeit auf die Hälfte ab. Auf 75 cm Entfernung kann die Lampe 4—6 kleinere Rahmen oder ein Negativ 60×60 cm belichten, und bei 1 m Abstand ist sie auch noch für Rahmen von fast 1 m im Quadrat geeignet.

Kopierlampen mit Reflektor werden am besten auf einem vertikalen Ständer derart montiert, daß sie sich mit Hilfe einer Kurbel der Höhe nach verstellen und überdies auch seitlich drehen

lassen. Sie bilden die beste und bequemste Kopiereinrichtung und sind besonders zu empfehlen, wenn in der Regel bei Tageslicht kopiert wird und das elektrische Licht nur an trüben Tagen, besonders im Winter, oder für Erledigung dringender Aufträge aushilfsweise zur Verwendung kommen soll.

Für sehr große Rahmen müssen mehrere Lampen benutzt werden, denn bei Abständen über 1 m ist keine Lampe mehr von ausreichender Stärke. Man kombiniert in solchen Fällen vier Lampen, die auf einem verschiebbaren Rahmen angebracht sind. Bei seitlicher Anordnung und 70—80 cm Abstand von der Kopierfläche erzielt man ein ganz homogenes Lichtfeld von 1—1 1/2 m Seitenlänge. Für die Herstellung von Lichtpausen benutzt man häufig die sogenannten „Lichtpauszylinder“, die zwar

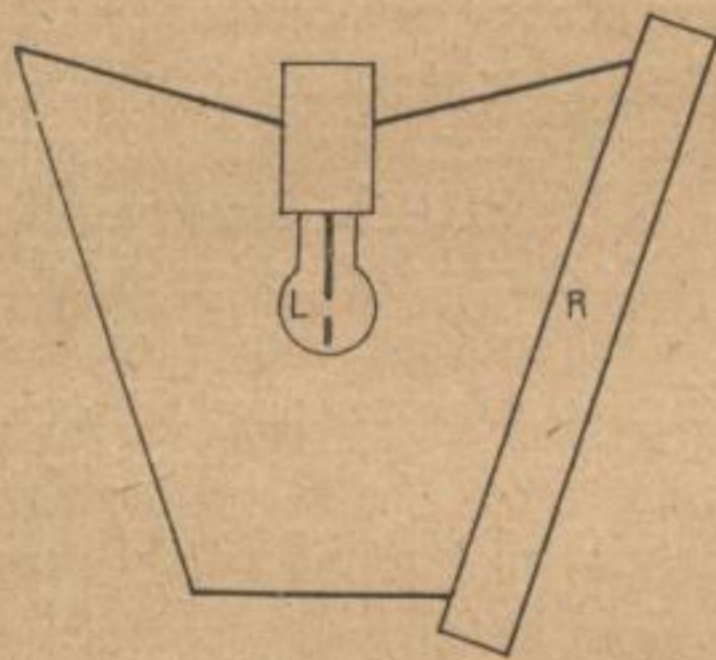


Abb. 21.

sehr ökonomisch arbeiten, aber auch zahlreiche Mängel besitzen. Man verwendet daher für diese Zwecke sehr oft auch große, pneumatische Kopierrahmen, die fahrbar eingerichtet sind und die in horizontaler Lage beschickt werden und sich vor der Lampe in vertikale Stellung bringen lassen. Die zur Belichtung dienende Bogenlampe *L* ist, wie Abb. 21 zeigt, in einen Doppelreflektor eingebaut, an den zu beiden Seiten die Rahmen *R*

angelegt werden können. Man erzielt in dieser Weise eine gleichmäßigere und hellere Beleuchtung, als wenn man die Rahmen ohne Reflektor vor die freistehende Lampe aufstellen würde. Bei der Herstellung von Lichtpausen ist eine besonders gleichmäßige Belichtung nicht erforderlich, und es lassen sich bei einem Abstand von 80 cm von der Lichtquelle noch Originale von fast 1 qm kopieren. Für noch größere Flächen kommen zwei oder auch drei Lampen nebeneinander mit 1,5—2 m langem Reflektor zur Verwendung.

Schwere Rahmen und besonders Steine kopiert man besser in horizontaler Lage, und in solchen Fällen sind Lampen mit vertikal nach abwärts gerichtetem Lichtstrom, im Verein mit einem passend gestellten Reflektor (S. 22), zu verwenden.

Im allgemeinen wird man für Kopierzwecke, wenn möglich, stets Lampen mit eingeschlossenem Bogen bevorzugen, es gibt aber auch Fälle, in welchen die Quecksilberlampe ausgezeichnete Dienste

leistet. Man benutzt stets Kombinationen von mehreren Lampen, die nach den S. 29 angegebenen Grundsätzen zusammengestellt werden, und Abb. 22 zeigt eine solche Einrichtung mit drei 65 cm langen Lampen, welche eine 10 cm entfernte Kopierrahmenfläche FF im Ausmaße 45×45 cm gleichmäßig beleuchten. Die Lampen sind am Holzrahmen h befestigt, der um o drehbar ist, damit sie zum Zwecke der Zündung gleichzeitig gekippt werden können. Sie sind hintereinandergeschaltet und brauchen einen Betriebsstrom von 220 Volt und 4 Ampere.

Die Lampen können von beiden Seiten benutzt werden, und es ist daher mit dieser im Betriebe überaus wohlfeilen Einrichtung

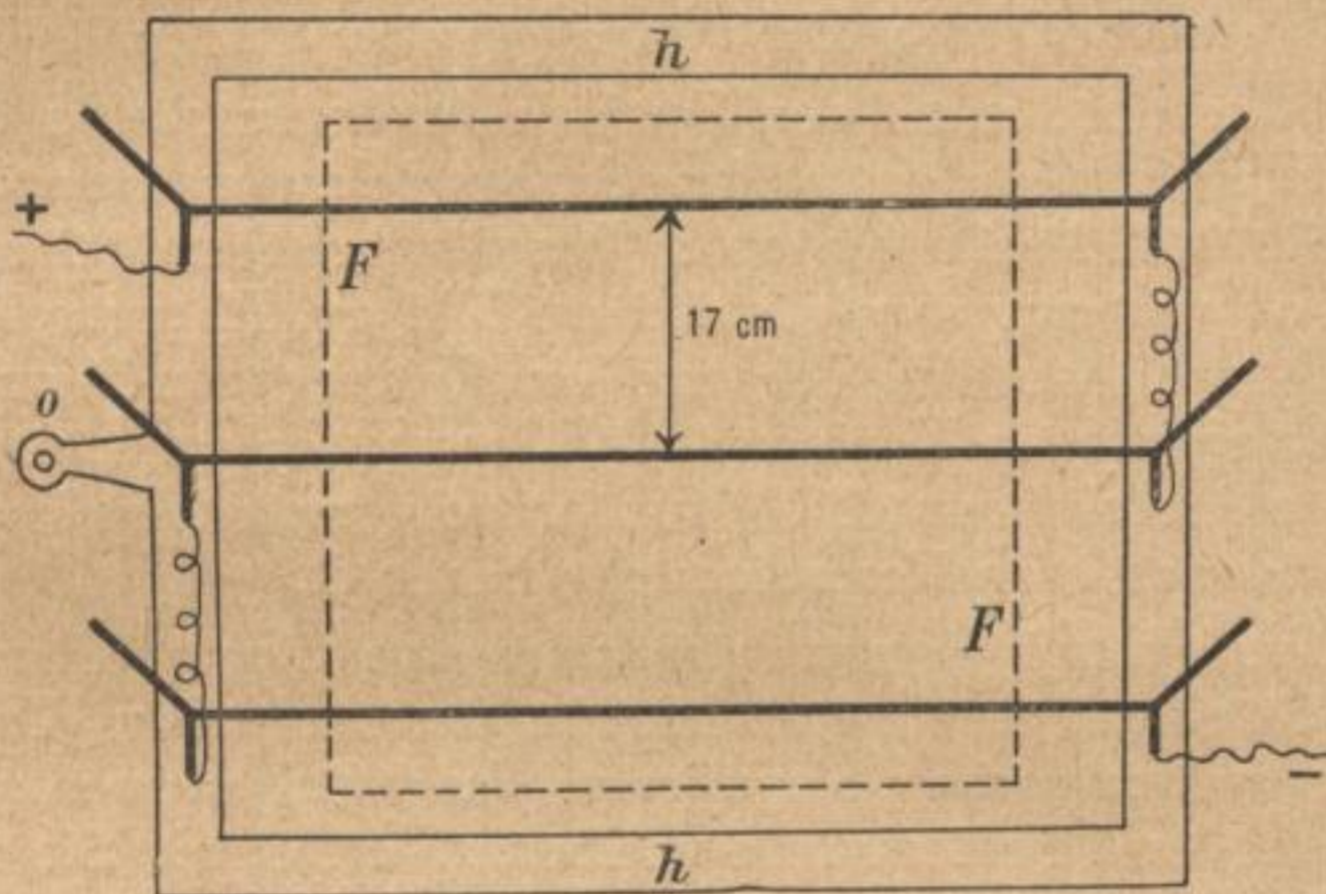


Abb. 22.

möglich, gleichzeitig mit acht kleinen oder zwei größeren Rahmen im Formate von 50×50 cm zu arbeiten.

Zuweilen ist es besser, die Lampen in einer horizontalen Ebene über die auf einem Tische liegenden Rahmen anzuordnen.

Ausgezeichnet hat sich die Quecksilberlampe bewährt, wenn es sich um das Kopieren abnorm großer Negative oder das Durchleuchten von Papieroriginalen zur Herstellung von Pausen oder Druckplatten handelt. Der Kopierrahmen ist horizontal auf einem fahrbaren Gestell angebracht, und zur Beleuchtung der Kopierfläche dient ein Aggregat von mehreren entsprechend langen Quecksilberlampen, die nebeneinander in einem auf- und abklappbaren Rahmen angeordnet sind. Ist der Kopierrahmen beschickt, so senkt man den Lampenrahmen nach abwärts, wodurch auch die Zündung der Lampen erfolgt.

In dieser Weise kann eine Kopierfläche von selbst 2 m Länge und von beliebiger Breite ganz gleichmäßig belichtet werden,

was in anderer Weise nur mit einer Kombination von mehreren Lampen, die einen unverhältnismäßig hohen Aufwand an elektrischer Energie fordern, zu erreichen wäre.

2. Die Kopierzeit und der Gebrauch des Photometers.

Das elektrische Licht bietet wegen seiner Gleichmäßigkeit den großen Vorteil, daß man nach der Zeit kopieren kann, wodurch das lästige Oeffnen der Kopierrahmen zum Zwecke der Kontrolle der Bilder, sowie auch die Benutzung eines Photometers entfällt. Hat man die Kopierzeit für ein Negativ einmal festgestellt, so braucht man sie nur einzuhalten und erhält mit voller Sicherheit eine beliebige Zahl ganz gleicher Bilder.

Man arbeitet nach der Zeit viel sicherer als in der sonst üblichen Weise, denn es ist keineswegs leicht zu beurteilen, ob eine Kopie auf Auskopierpapier bereits genügend überbelichtet ist, oder ob das nur wenig sichtbare Bild auf Platinpapier bereits entwicklungsreif ist, und bei der Verarbeitung von Pigment- und Gummipapieren, beim Kopieren von Lichtdruckplatten, von Chromkopien für Photolithographie usw. braucht man kein Photometer, was gewiß auch eine Vereinfachung bedeutet.

Selbstverständlich setzt das aber eine Lichtquelle von stets gleicher Stärke voraus, und das ist nur bei einer Lampe mit tadelloser automatischer Regulierung und bei aufmerksamer Instandhaltung und Bedienung derselben zu erzielen. Sie muß stets tadellos und ruhig brennen, passende Kohlen müssen benutzt werden, der die Lichtquelle umschliessende Brennzylinder, das Glasrohr der Quecksilberlampe usw. müssen peinlich rein gehalten werden, und besonders hat man für eine stets rein weiße Reflektorfläche zu sorgen.

Brennt die Lampe mit immer gleicher Stärke, so ist nur ihre Entfernung vom Kopierrahmen auf die Kopierzeit von Einfluß. Die Intensität des Lichtes nimmt im umgekehrt quadratischen Verhältnis mit dieser Entfernung ab, und wenn daher der Rahmen einmal 1 m, ein anderes Mal 70,6 oder 50 cm absteht, so verhalten sich die Lichtintensitäten wie 1:2:4, und ein Negativ, das auf 1 m z. B. 40 Minuten zu kopieren ist, hat man auf 70,6 oder 50 cm nur 20 oder 10 Minuten zu belichten. Anders liegen die Verhältnisse bei der Quecksilberlampe, deren Aktinität, kurze Entfernungen vorausgesetzt, proportional mit diesen abnimmt und eine Vergrößerung des Rahmenabstandes von 10 auf 20 cm, fordert daher nur eine Expositionsverlängerung auf das Doppelte.

Wie schon erwähnt, ist beim Kopieren mit elektrischem Licht ein Photometer prinzipiell entbehrlich; der geübte Kopist braucht es nicht, die Erfahrung lehrt ihn, aus dem Aussehen der Negative auf ihre Kopierzeit schließen. Dazu kommt noch, daß alle in einem Atelier hergestellten Negative einen bestimmten gleichen Charakter besitzen und daher gleiche Kopierzeiten fordern.

Will man dann aus irgendeinem Grunde eine andere Lampe oder ein anderes Papier benutzen, so ist es leicht, die den geänderten Verhältnissen entsprechende Kopierzeit zu ermitteln, denn diese nimmt proportional mit der Aktinität des Lichtes und der Empfindlichkeit des Papiers ab oder zu. Zeigt z. B. die bisher benutzte Lampe die Aktinität 80^0 und die neue 85^0 , so hat man, da diesen Graden die Lichtmengen 136 und 193 entsprechen, die Kopierzeit auf 0,7 zu verringern, also z. B. statt 10 Minuten nur 7 Minuten zu kopieren.

Dabei ist aber zu beachten, daß, wenn es sich um Kopien auf einem Eisen- oder Chrompapier handelt, die Lichtaktinitäten auch mit Hilfe dieser Papiere ermittelt werden müssen. Der Vergleich einer Dauerbrandlampe mit einer Quecksilberlampe ergab z. B. für Zelloidinpapier das Aktinitätsverhältnis 2, während für Platinpapier beide Lampen gleich wirksam sind.

Die Empfindlichkeit eines Papiers wird durch den „Empfindlichkeitsgrad“ gemessen; damit bezeichnet man jenen Photometergrad, der abgelesen wird, wenn man einen Streifen des Papiers 10 Minuten 1 m von der Lampe entfernt belichtet und dann in der dem Papier entsprechenden Weise fertiggestellt, also entwickelt, getont, fixiert usw. hat. Das gleiche Resultat findet man bei einem Lampenabstand von 70,6 cm in 5 Minuten, und bei Quecksilberlampen belichtet man auf 20 cm 10 Minuten lang.

Das Empfindlichkeitsverhältnis, und daher auch das Verhältnis der Kopierzeiten, ist dann durch das Verhältnis der den Graden entsprechenden Lichtmengen gegeben, die man der Photometertabelle entnimmt.

Wurde ein Negativ bei Tageslicht mit Hilfe des Photometers kopiert, und soll es nun bei künstlichem Licht nach der Zeit kopiert werden, so ist auch diese aus dem Empfindlichkeitsgrad des in Verwendung stehenden Papiers leicht zu ermitteln. Mußte z. B. bei der Herstellung einer Pigmentkopie bei Tageslicht bis 60^0 kopiert werden, wobei das Photometer mit der Rückseite des gleichen Papiers beschickt war, und beträgt dessen Empfindlichkeit bei dem Lichte der Kopierlampe 52^0 , so wird man das

Negativ, da $\frac{33,4}{19,1} = 1,7$ ist, im Abstände von 1 m 17 Minuten zu kopieren haben.

Das Photometer muß, wenn man bei künstlichem Licht kopiert, nur benutzt werden, wenn die Lampe ungleichmäßig brennt, und der Kopiergrad für Tageslicht gilt auch für das Lampenlicht, vorausgesetzt, daß das Photometer mit dem Kopierpapier beschickt wird.

Wie diese Ausführungen zeigen, ist es also leicht, aus der bekannten Kopierzeit oder dem Kopiergrad eines Negativs die Kopierzeit für ein anderes Licht oder für ein anderes Papier zu bestimmen. Man kann aber noch einen Schritt weitergehen und lediglich aus der Dichte eines Negativs, ohne daß es also notwendig wäre, eine Probekopie herzustellen, die Zeit rechnen, die man zum Kopieren dieses Negativs auf irgendeinem Papier bei einer bestimmten Lampe braucht.

Diesen Vorgang hat Otto Langer¹⁾ für das Kopieren auf Bromsilber- und Gaslichtpapieren empfohlen, er läßt sich aber auch ohne weiteres für Auskopierpapiere benutzen. Die zu diesem Zwecke notwendige Bestimmung der Dichte des Negativs geschieht mit Hilfe des Photometerkeiles, indem man diesen neben dem Negativ in der Durchsicht gegen den freien Himmel betrachtet und jenen Grad des Keils aufsucht, der uns ebenso gedeckt erscheint, wie das höchste Licht im Negativ. Man bedient sich dabei zweckmäßigerweise einer Maske aus schwarzem Papier mit einem kleinen kreisförmigen Ausschnitt, mit der man die dichteste Stelle des Negativs, wobei jedoch der Himmel bei Landschaftsnegativen nicht in Betracht kommt, isoliert, legt dann eine gleiche Maske auf den Photometerkeil und verschiebt sie derart, daß die Schwärzungen in beiden Ausschnitten gleich dicht erscheinen. Der dieser Keilstelle entsprechende Grad definiert die Dichte des Negativs. Würde man mit dem Photometer kopieren, so müßte man so lange belichten, bis das Photometer diesen „Dichtegrad“ des Negativs anzeigt, denn dann werden in der Kopie nur mehr die höchsten Lichter tonfrei sein, und will man nach der Zeit kopieren, so läßt sich auch diese auf Grund der obigen Erörterungen leicht bestimmen. Wurde z. B. die Dichte eines Negativs mit 55^0 ermittelt und ist die Empfindlichkeit des Papiers bei der zur Benutzung kommenden Lampe 45^0 , so ist,

1) Phot. Rundschau 1919, S. 245.

da sich die von den Photometergraden angezeigten Lichtmengen wie $\frac{21,9}{11,6} = 2$ verhalten, 20 Minuten zu kopieren.

Zur Ermittlung der Negativdichte gehört aber ein Keil, der aus einer, der geschwärzten Bromsilbergelatine ähnlichen trüben Masse besteht, und daher sind die völlig transparenten Teile der Eder-Hechtschen Photometer für diesen Zweck ganz ungeeignet. Die trübe Schicht des Negativs läßt nämlich nur stark zerstreutes Licht durch und erscheint uns daher viel dichter als eine transparente Schicht mit gleicher Deckfähigkeit beim Kopierprozeß.

Otto Langer hat bei seinen Keilen als schwärzende Substanz wahrscheinlich Ruß verwendet, und besonders geeignet für die Herstellung derartiger trüber Keile ist Bromsilbergelatine, die man durch Behandlung mit einem Entwickler geschwärzt hat.

Der Grundsatz: „So lange belichtet, bis die höchsten Lichte zu tonen beginnen“, ist allerdings nicht immer zutreffend, wenn man aber den Eigentümlichkeiten des Bildes Rechnung trägt und die Erfahrung mitsprechen läßt, so wird es wohl möglich sein, in dieser Weise die richtige Kopierzeit für jedes Negativ festzustellen.

V. Vergleich der verschiedenen Lampentypen.

Je geringer der Verbrauch einer Lampe an elektrischer Energie und je bedeutender die photochemische Helligkeit ihres Lichtes, desto ökonomischer ist ihr Betrieb, und vielfach werden diese Momente in erste Linie gestellt, wenn es gilt, die praktische Brauchbarkeit der verschiedenen Lampensysteme zu beurteilen. Dabei gelangt man aber leicht zu Fehlschlüssen, denn außer der Aktinität des Lichtes muß auch der Umfang, die Mächtigkeit des Lichtstromes berücksichtigt werden, und eine nicht minder wichtige Rolle bei der Beurteilung der Lampen spielt auch der Zweck, dem sie zu dienen haben, und der durch die jeweiligen Verhältnisse bestimmte Arbeitsvorgang.

Die nachstehende Tabelle gestattet einen Vergleich des in Hektowatt angegebenen Stromverbrauches der verschiedenen Lampen mit der Aktinität ihrer Lichte, die durch die reziproken Werte der Schwärzungszahlen definiert und auf die gleich Eins gesetzte Tageslichtaktinität bezogen sind. Die Schwärzungszeiten gelten für 1 m Abstand von der Lichtquelle, und das Papier war stets mit einer 6 mm dicken farblosen Glasplatte bedeckt, um die Wirkung der ultravioletten Strahlen auszuschließen. Die Ermittlung

der Schwärzungszeit für die Quecksilberdampfampe geschah auf 10 cm, und die Zeit für die Quecksilberquarzlampe wurde mit und ohne vorgeschalteter Glasplatte bestimmt.

Lampentype			Ampere	Volt	Hektowatt	Schwärzungszeit s in Sekunden	Aktinität A		Abstand E für Tageslichtaktinität in Meter
							aus der Schwärzungs- zeit gerechnet	Photometer- grade	
Bogenlampe	ohne	Reflektor	25	55	13,7	120	0,35	70	0,60
Flammenbogenlampe			24	110	26,4	70	0,60	77	0,77
Hochspannungslampe (Dauerbrand)	mit	Reflektor	4	220	8,8	100	0,42	72	0,65
			12	110	13,2	80	0,52	75	0,72
	ohne		8	220	17,6	32	1,30	88	1,15
			8			80	0,52	75	0,72
Quecksilberquarz- lampe	mit/ohne	Glas	3,5	220	7,7	40	1,05	85	1,02
						200	0,21	62	0,45
						auf 10 cm			
50-cm-Quecksilberlampe			4	55	2,2	47	0,90	83	0,10
Tageslicht	Ende März		—	—	—	42	1,00	84	—
Sonnenlicht	Mittag		—	—	—	10	4,20	105	—

Mit diesen Zahlen stehen die mit dem Photometer ermittelten und gleichfalls eingetragenen „Aktinitätsgrade“ im innigen Zusammenhange (S. 13).

Wie ersichtlich, ist das photographisch wirksamste Licht das der 8-Ampere-Dauerbrandlampe mit Reflektor, es ist bei 1 m Lampenabstand besser als das mittlere Tageslicht. Sehr gut ist auch das Licht der Quecksilberdampfampe, wenn man sie 10 cm entfernt vom Kopierrahmen benutzt. Die hohe Wirksamkeit der Quarzlampe dagegen wird lediglich durch den Reichtum ihres Lichtes an Ultraviolett bedingt, das jedoch bei photographischen Prozessen nur selten eine Rolle spielt, denn entweder ist es das Objektiv oder das Glas des Negativs und des Kopierrahmens, das diese Strahlen aufhält und dadurch die Aktinität der Lampe auf den fünften Teil reduziert.

Von Interesse für die Praxis sind auch die gleichfalls in die Tabelle aufgenommenen, der Aktinität „Eins“ entsprechenden Abstände von den Lichtquellen, also jene Entfernungen E , in welchen ihr Licht photographisch ebenso wirksam ist, wie das Tageslicht. E ist mit Hilfe der Formel $E = \sqrt{A}$ gerechnet. Weitere Folgerungen aus diesen Zahlen auf die Leistungsfähigkeit der Lampen, besonders auf die Oekonomie ihres Betriebes sind aber nicht zulässig, weil in dieser Beziehung die Verwendungsart der Lampen, besonders die mehr oder minder gute Ausnutzung ihres Lichtstromes, von wesentlicher Bedeutung ist.

Die Quecksilberdampf Lampe wird z. B. vielfach als die im Betriebe wohlfeilste Lichtquelle angesehen, und es ist ja auch tatsächlich mit dieser Lampe ein dem Tageslicht gleiches Licht mit nur 2,2 Hektowatt zu erzielen. Sie muß aber ganz nahe an den Rahmen herangerückt werden, vermag nur eine kleine Kopierfläche zu beherrschen, und wenn man daher eine größere Zahl von Rahmen zu belichten hat, so ist ihr die Dauerbrandlampe, die gleichzeitig auf 20 oder 30 Rahmen zu wirken vermag, trotz ihres achtmal so hohen Stromverbrauches in ökonomischer Hinsicht weit überlegen.

Sie ist aber andererseits ganz am Platze, wenn es sich um das Kopieren von nur einem oder zwei kleinen Negativen handelt, denn es wäre eine Verschwendung, wenn man für diesen Zweck eine große Kopierlampe brennen wollte.

Ueberblickt man die bisher gemachten Ausführungen, so ergeben sich bezüglich Verwendbarkeit der verschiedenen Kopierlampen nachstehende Schlußfolgerungen.

Die gewöhnliche Bogenlampe hat ein kleines, ungünstig gestaltetes Lichtfeld und ist, namentlich als Einzel Lampe, für Kopierzwecke nur wenig geeignet.

Durch Verwendung von Effektkohlen läßt sich ihre Leistungsfähigkeit steigern, besonders wenn man auf die Benutzung von Wechselstrom angewiesen ist. Wegen der Entwicklung von Rauch und nitrosen Dämpfen ist aber die Verwendung der Flammenbogenlampe nur in großen hohen Räumen angezeigt.

Die Hochspannungslampen brauchen fast gar keine Wartung und übertreffen alle anderen künstlichen Lichtquellen in bezug auf photochemische Lichtstärke und Oekonomie des Stromverbrauches.

Das gilt besonders von der 220-Volt-Lampe, die sich aber wegen ihres stark violetten Lichtes für die Herstellung von Pigmentbildern und Lichtdruckplatten nur wenig eignet; auch alle

anderen gelben Schichten kopieren bei diesem Licht weniger gut als bei Tageslicht.

Ungleich besser ist das Licht der 110-Volt-Lampe, die, wenn man die Negative etwas kräftiger hält und die Pigmentpapiere in schwachen Bädern sensibilisiert, für alle Zwecke brauchbar ist.

Die Hochspannungslampen strahlen relativ wenig Wärme aus, und man kann mit kleinen Rahmen bis 30 cm an die Lichtquelle heranrücken und erhält dann eine Beleuchtung, die dem Sonnenlichte mindestens gleichkommt.

Die Quecksilberdampf Lampe liefert ein zerstreutes, besonders zum Kopieren von Halbtonnegativen brauchbares Licht, und durch Kombination mehrerer Lampen läßt sich leicht eine homogene Beleuchtung selbst sehr großer Flächen erzielen. Das Licht ist zwar schwach, benutzt man aber die Lampen in kleiner Entfernung, im Abstände von 10—15 cm, so resultiert eine Rahmenbeleuchtung, die der Beleuchtung mit Tageslicht gleichkommt. Das Quecksilberlicht enthält überwiegend Blaustrahlen und ist daher auch zum Kopieren gelber Schichten brauchbar. Allerdings besitzt sie auch Mängel, und ihre leichte Zerbrechlichkeit, ihre zuweilen nur geringe Lebensdauer, die nicht immer sichere Zündung, sowie ihre Empfindlichkeit für Spannungsschwankungen, die bei hintereinandergeschalteten Röhren zuweilen ein Verlöschen der Serie zur Folge hat, stehen ihrer allgemeinen Verwendung hindernd im Wege.

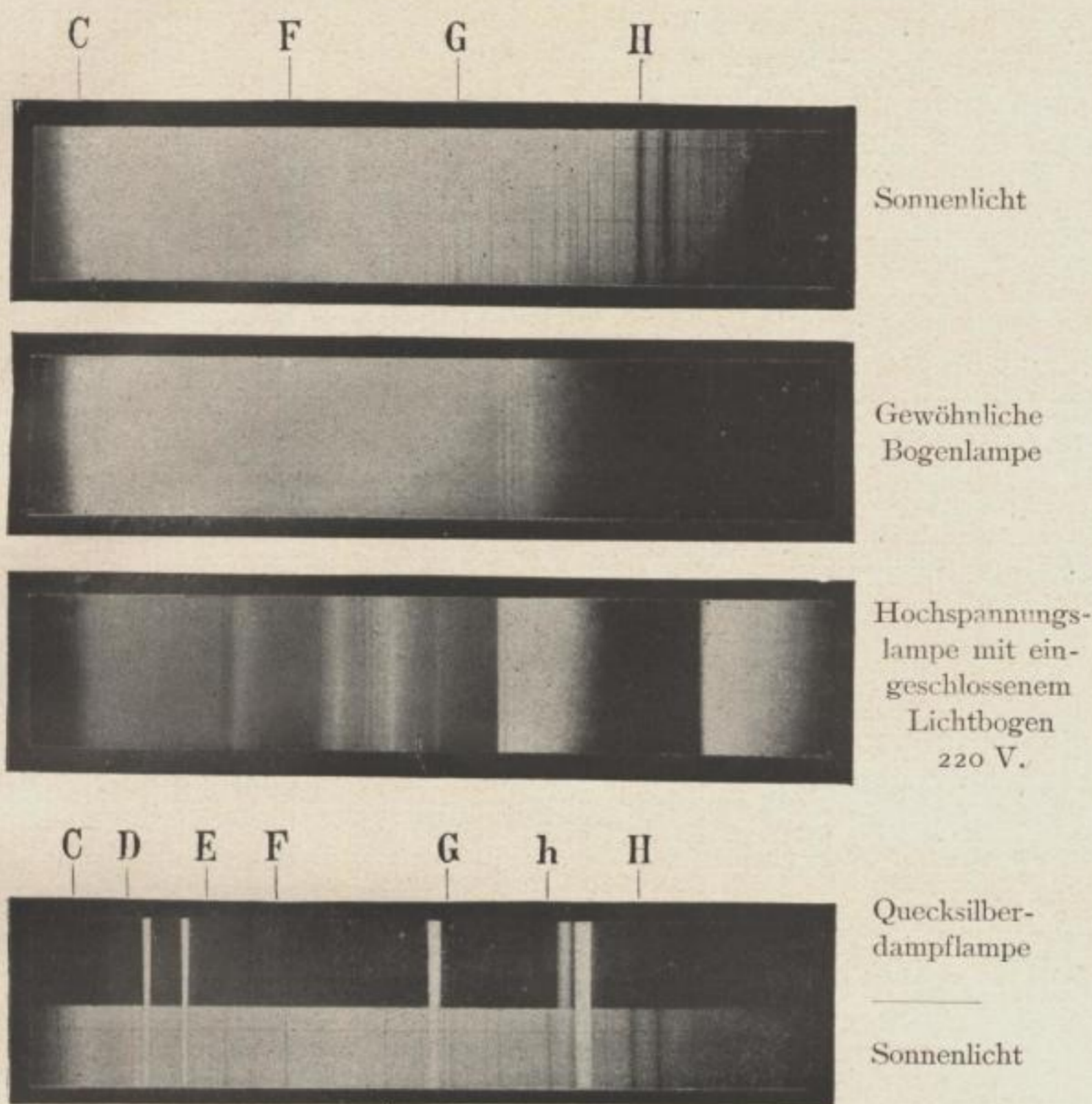
Dazu kommt noch, daß sich das Licht der Quecksilberdampf Lampe nicht auch auf eine kleine Fläche konzentrieren läßt, und daß das weiche, diffuse Licht für die Herstellung photo-mechanischer Druckplatten oft wenig geeignet ist. So erhält man z. B. beim Kopieren von Rasternegativen mit einem scharfen, von einem Punkt ausgehenden Licht bessere Resultate, als wenn man zerstreutes Licht benutzt.

Aber trotz dieser Mängel verdient die Lampe vollste Beachtung, da sie in vielen Fällen ausgezeichnete Dienste leistet, besonders bei der Ausführung stets gleichbleibender Kopierarbeiten in sehr großem Formate.

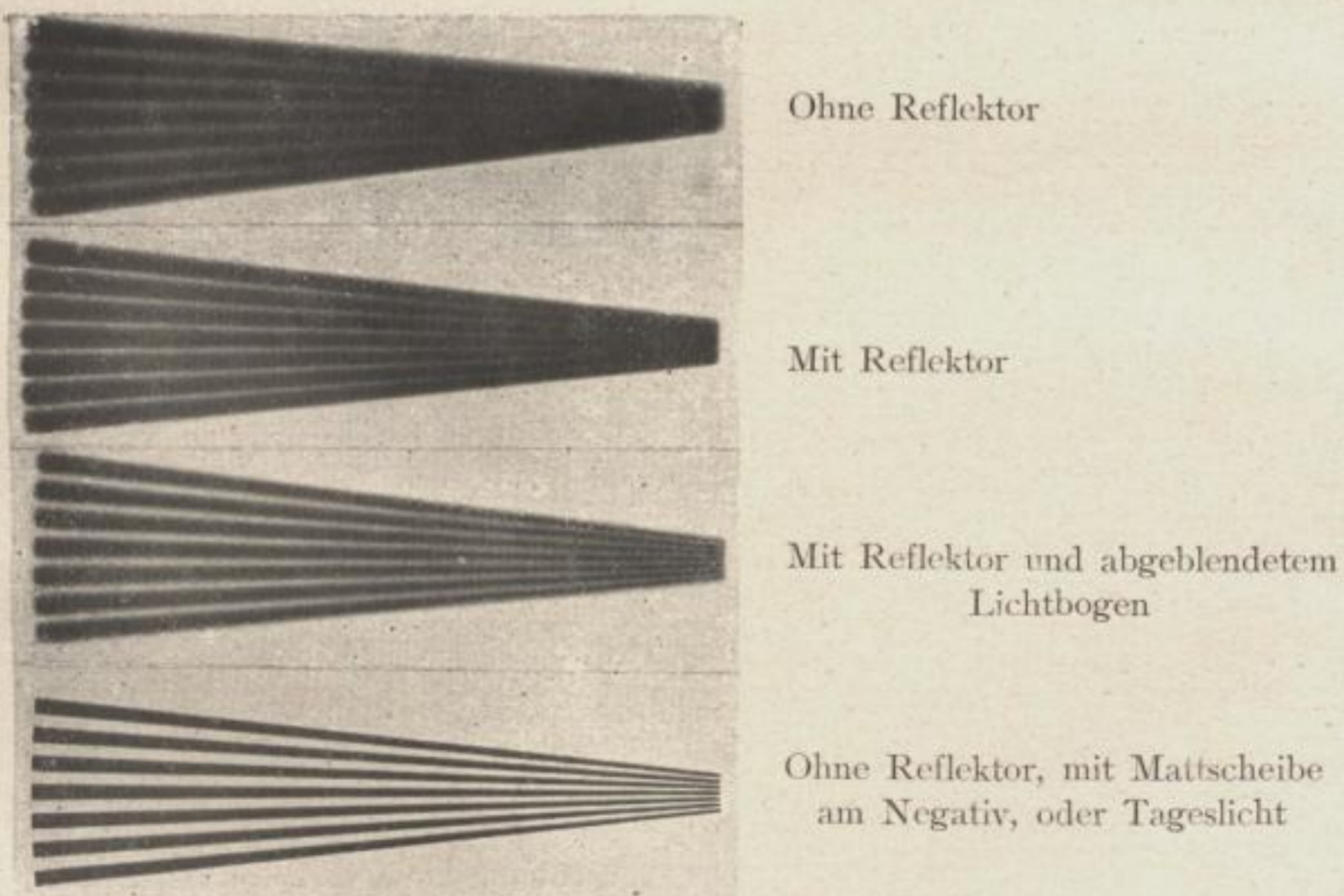
Die Quecksilberquarzlampe dürfte für Kopierzwecke nur ganz ausnahmsweise mit Vorteil zu benutzen sein. Nur wenn es sich um die Belichtung ohne Glas handelt, z. B. beim Kopieren von Rasterhäutchen auf Metall oder Stein, oder wenn mit Asphalt überzogene Steine zum Zwecke des Ecksteinschen Aetzverfahrens belichtet werden sollen, kann das äußerst aktinische Quecksilberlicht Vorteile bieten.

Das Licht der Lampe ist ungleich härter, als das der gewöhnlichen Quecksilberlampe, da die Leuchtfläche viel kleiner ist und die Kopierfläche verhältnismäßig entfernt angebracht werden kann.

Alle künstlichen Lichter unterscheiden sich in mehrfacher Beziehung vom Tageslicht, und ein vollkommener Ersatz für dieses, besonders ein Licht von gleicher spektraler Beschaffenheit, ist bisher noch nicht geschaffen. Es besteht auch keine Aussicht, ein solches Licht in Zukunft zu erzielen; bei passender Wahl der Lampe und einiger Erfahrung unterliegt es aber keinem Anstande, alle Kopierarbeiten, mögen sie dem Porträt- oder Reproduktionsfache angehören, mindestens ebenso gut wie beim Tageslicht auszuführen.



Aufgenommen mit Isocol - Gelatinetrockenplatten





Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale).

Ausführliches Handbuch der Photographie.

Von Hofrat Prof. Dr. Josef Maria Eder,
Direktor der Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt zu Wien.

Band I.

1. Teil: Geschichte der Photographie. 3. Auflage. Mit 148 Abbildungen und 12 Tafeln in Heliogravüre und Lichtdruck.
31,20 Mk., gebunden 38,75 Mk.
2. Teil: Photochemie (die chemischen Wirkungen des Lichtes). 3. Auflage. Mit 51 Abbildungen. 34,35 Mk., gebunden 42,15 Mk.
3. Teil: Die Photographie bei künstlichem Licht, Spektrumphotographie, Aktinometrie und die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes. 3. Auflage. Mit 409 Abbildungen und 10 Tafeln.
46,55 Mk., gebunden 55,25 Mk.
4. Teil: Die photographischen Objektive. 3. Auflage. Mit 272 Abbildungen.
21,85 Mk., gebunden 28,10 Mk.
- Heft 5: Die photographische Kamera und die Momentapparate. 2. Auflage. Mit 602 Abbildungen und 5 Tafeln. 21,05 Mk.

Band II. (Vergriffen.)

Band III.

- Heft 9 — 11 zusammen: Die Photographie mit Bromsilber-Gelatine und Chlorsilber-Gelatine. 5. Auflage. Mit 256 Abbildungen.
42,90 Mk., gebunden 52,40 Mk.

Band IV.

Heft 12 u. 13: vergriffen.

Band IV, 2. Teil: Das Pigmentverfahren, der Gummi-, Oel- und Bromöldruck und verwandte photographische Kopierverfahren mit Chromsalzen. 3. Auflage. Mit 46 Abbildungen.
27,95 Mk., gebunden 33,95 Mk.

Band IV, 3. Teil: Die Heliogravüre und der heliographische Schnellpressentiefdruck. Im Druck.

Jeder Band und jedes Heft sind einzeln käuflich.

Lehrbücher.

Das ABC des Lichtbildners. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Miethe. Mit 38 Abbildungen und 4 Tafeln. Taschengröße. 3,60 Mk.

Ratgeber im Photographieren. Leichtfaßliches Lehrbuch für Liebhaberphotographen. Von L. David, Generalmajor a. D. 157.—165. Aufl. 469.—495. Tausend. Mit 100 Textabbildungen, 31 Tafeln und einer Belichtungstabelle. Taschengröße.
Kartonierte 6,60 Mk., gebunden 8,70 Mk.

Leitfaden der praktischen Photographie. Von G. Pizzighelli, neu bearbeitet von Chemiker P. Hanneke. 14. Auflage von „Anleitung zur Photographie“. 37.—39. Tausend. Mit 269 Abbildungen und 9 Kunstdrucktafeln. 13,65 Mk., gebunden 16,50 Mk.

Photographisches Praktikum. Lehrbuch der Photographie. Von L. David, Generalmajor a. D. 3. Auflage. Mit 273 Abbildungen und 9 Kunstdrucktafeln. Gebunden 26,— Mk.

Lehrbuch der praktischen Photographie. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Miethe und Professor O. Mente. 3. Auflage. Mit 137 Abbildungen. Gebunden 22,10 Mk.

Optik.

- Vorträge über photographische Optik.** Von Dozent H. Schmidt.
3. — 4. Auflage. Mit 81 Abbildungen und 2 Tafeln. 9,60 Mk., gebunden 12,40 Mk.
- Die photographischen Objektive.** Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder.
3. Auflage. Mit 272 Abbildungen. 21,85 Mk., gebunden 28,10 Mk.
- Der Gebrauch der Blende in der Photographie.** Von Oberst H. Freiherr
von Cles. Mit 37 Abbildungen. 3,15 Mk.

Chemie und Photochemie.

- Rezepte und Tabellen für Photographie und Reproduktionstechnik,**
welche an der Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt zu Wien
angewendet werden. Herausgegeben von Hofrat Prof. Dr. J. M.
Eder. 9. Auflage. 8,60 Mk., gebunden 11,20 Mk.
- Vorträge über Chemie und Chemikalienkunde für Photographierende.**
Von Dozent H. Schmidt. 3. — 4. Auflage. Mit einem Anhang
über lateinische Bezeichnungen. 9,60 Mk., gebunden 12,40 Mk.
- Photographische Chemie und Chemikalienkunde** mit Berücksichtigung
der Bedürfnisse der graphischen Druckgewerbe. Von Prof. Dr.
E. Valenta. 2. Auflage.
I. Teil: **Anorganische Chemie.** Im Druck.
II. Teil: **Organische Chemie.** Im Druck.
- Photochemie.** Von Dr. J. Plotnikow. Mit 15 Abbildungen. 14,85 Mk.
- Photochemie** (die chemischen Wirkungen des Lichtes). Von Hofrat Prof.
Dr. J. M. Eder. 3. Auflage. Mit 51 Abbildungen. 34,35 Mk., gebunden 42,15 Mk.
- Anleitung zur Verarbeitung photographischer Rückstände** sowie zur
Erzeugung und Prüfung photographischer Gold-, Silber- und Platin-
salze. Von Prof. A. Lainer. Mit 13 Abbildungen. 5,85 Mk.
- Sammeln und Verwerten edelmetallhaltiger, photographischer Abfälle**
zwecks Verminderung der Kosten der photographischen Bild-
erzeugung. Von R. Rosenlechner. 2,60 Mk.

Negativverfahren.

- Vorträge über die photographischen Verfahren.** Von Dozent H. Schmidt.
2. Auflage. Mit 4 Tafeln. 4,90 Mk., gebunden 7,70 Mk.
- Die Photographie mit Bromsilber-Gelatine und Chlorsilber-Gelatine.**
Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder. 5. Auflage. Mit 256 Abbildungen
42,90 Mk., gebunden 52,40 Mk.
- Die Entwicklung der photographischen Bromsilber-Gelatineplatte bei
zweifelhaft richtiger Exposition.** Von Dr. A. Freiherrn von Hübl.
4. Auflage. Mit 1 Tafel. 4,70 Mk., gebunden 6,65 Mk.
- Die Standentwicklung und ihre Abarten** für den Amateur- und Fach-
photographen. Von Dozent H. Schmidt. 3. Auflage. Mit 20 Ab-
bildungen. Im Druck.
- Die Mißerfolge in der Photographie.** I. Teil: Negativverfahren.
Von H. Müller. 5. Auflage. Mit 4 Abbildungen und 8 Tafeln.
6,50 Mk., gebunden 8,85 Mk.
- Die orthochromatische Photographie.** Von Dr. A. Freiherrn von Hübl.
Mit 16 Abbildungen und 10 Tafeln. 12,40 Mk., gebunden 15,40 Mk.
- Die richtige Belichtung.** Von Dr. J. Rheden.
10,50 Mk., gebunden 13,50 Mk.

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale).

Positivverfahren nebst Diapositivverfahren und Vergrößern.

- Vorträge über die photographischen Verfahren.** Von Dozent H. Schmidt.
2. Auflage. Mit 4 Tafeln. 4,90 Mk., gebunden 7,70 Mk.
- Die Mißerfolge in der Photographie.** II. Teil: Positivverfahren. Von
H. Müller. 4. Auflage. 6,50 Mk., gebunden 8,85 Mk.
- Das Arbeiten mit Gaslicht- und Bromsilberpapieren** einschließlich des
Postkartendrucks, sowie einer kurzen Anleitung zur Herstellung
vergrößerter Bilder. Von Chemiker P. Hanneke. 2. Auflage.
Mit 35 Abbildungen und Tafeln. Im Druck.
- Das Kopieren bei elektrischem Licht.** Von Dr. A. Freiherrn von Hübl.
2. Auflage. Mit 20 Abbildungen und 2 Tafeln. Im Druck.
- Neuzeitliche photographische Kopierverfahren.** Ozobromprozeß, Brom-
silberpigmentpapier, Pigmentgravüre, Oeldruck, Bromöldruck,
Katatype, Druckschriften-Kopierverfahren. Von Dr. E. Stenger.
3. Auflage. Im Druck.
- Das Pigmentverfahren, der Gummi-, Oel- und Bromöldruck und
verwandte photographische Kopierverfahren mit Chromsalzen.**
Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder. 3. Auflage. Mit 46 Abbildungen.
27,95 Mk., gebunden 33,95 Mk.
- Das Bromöldruckverfahren und der Bromölumdruck.** Von Dr. E.
Mayer. 6.—7. Auflage. 11,70 Mk., gebunden 14,70 Mk.
- Die Selbstbereitung von Bromöldruckfarben.** Von E. Guttman.
2. Auflage. 1,95 Mk.
- Der Umdruck im Bromöldruckverfahren** (Handpressendruck). Von
E. Guttman. 2. Auflage. 2,60 Mk.
- Der Oeldruck.** Von Dr. F. Fuhrmann. Mit 11 Abbildungen und 4 Tafeln.
5,20 Mk.
- Der Gummidruck.** Von Dr. W. Kösters. 2. Auflage im Druck. Mit
etwa 22 Abbildungen. Neue Auflage in Vorbereitung.
- Der Gummidruck** und seine Verwendbarkeit als künstlerisches Aus-
drucksmittel in der Photographie. Von Th. Hofmeister. 2. Auf-
lage. Mit 4 Abbildungen und 4 Tafeln. 3,15 Mk.
- Der Platindruck.** Von Dr. A. Freiherrn von Hübl. 2. Auflage. Mit 7 Ab-
bildungen. 7,40 Mk.
- Die Ozotypie.** Ein Verfahren zur Herstellung von Pigmentkopien ohne
Uebertragung. Von Dr. A. Freiherrn von Hübl. 3,50 Mk.
- Die Diapositivverfahren.** Praktische Anleitung zur Herstellung von
Fenster-, Stereoskop- und Projektionsbildern usw. Von G. Mer-
cator. 3. Auflage. 4,70 Mk., gebunden 6,75 Mk.
- Handbuch des Vergrößerns** auf Papieren und Platten. Von Prof. Dr.
F. Stolze. Neu bearbeitet von P. Thieme. 4. Auflage. Im Druck.

Retusche und Kolorieren.

- Die photographische Retusche** mit besonderer Berücksichtigung der
modernen chemischen, mechanischen und optischen Hilfsmittel.
Nebst einer Anleitung zum Kolorieren von Photographien. Von
G. Mercator. 5. Auflage. 4,70 Mk., gebunden 6,65 Mk.
- Anleitung zum Kolorieren** photographischer Bilder jeder Art mittels
Aquarell-, Lasur-, Oel-, Pastell- und anderen Farben. Von G. Mer-
cator. 3. Auflage. Im Druck.

Apparate nebst Zubehör.

- Das Arbeiten mit kleinen Kameras** nebst praktischer Anleitung zu der Entwicklung der kleinen Negative, sowie der Herstellung von Kopien und Bildvergrößerungen. Von Chemiker P. Hanneke. 3. Auflage. Mit 64 Abbildungen. 4,70 Mk., gebunden 6,65 Mk.
- Die Spiegelreflexkamera.** Von A. Mayer, neu bearbeitet von P. Hanneke. 2. Auflage im Druck. Mit 52 Abbildungen. 4,20 Mk., gebunden 6,— Mk.
- Die Stereoskopie und das Stereoskop** in Theorie und Praxis. Von Prof. Dr. F. Stolze. 2. Auflage. Mit 46 Abbildungen. 9,75 Mk., gebunden 12,35 Mk.
- Die Panoramengeräte.** Von Prof. Dr. F. Stolze. Mit 33 Abb. 6,— Mk.
- Die photographischen Lichtfilter.** Von Dr. A. Freiherrn von Hübl. 2. Auflage. Mit 18 Abbildungen und 5 Tafeln. Im Druck.
- Die Belichtungsmesser der photographischen Praxis.** Von Dr. R. H. Blochmann. Mit 6 Abbildungen. 3,80 Mk., gebunden 5,75 Mk.

Photographieren bei künstlichem Licht.

- Das Photographieren mit Blitzlicht.** Von Dozent H. Schmidt. 2. Auflage im Druck. Mit 1 Tafel und 60 Abbildungen. 8,20 Mk., gebunden 10,— Mk.
- Die Photographie bei künstlichem Licht,** Spektrumphotographie, Aktinometrie und die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes. Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder. 3. Auflage. Mit 409 Abbildungen und 10 Tafeln. 46,55 Mk., gebunden 55,25 Mk.

Farbenphotographie.

- Die Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochrom- und anderen Rasterfarbenplatten.** Von Dr. A. Freiherrn von Hübl. 4. Auflage. Mit 8 Abbildungen. 4,70 Mk., gebunden 6,65 Mk.
- Die Photographie in natürlichen Farben** mit besonderer Berücksichtigung des Lippmannschen Verfahrens, sowie jener Methoden, welche bei einmaliger Belichtung ein Bild in Farben liefern. Von Prof. Dr. E. Valenta. 2. Auflage. Mit 32 Abbildungen und 6 Tafeln. 11,70 Mk., gebunden 14,05 Mk.
- Die Dreifarbenphotographie** mit besonderer Berücksichtigung des Dreifarbedruckes und ähnlicher Verfahren. Von Dr. A. Freiherrn von Hübl. 3. Auflage. Mit 40 Abbildungen und 4 Tafeln. 13,80 Mk., gebunden 16,40 Mk.

Kalender und Jahrbücher.

- Photographischer Notizkalender.** Begründet von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Miethe und Prof. Dr. F. Stolze, neu bearbeitet von Chemiker P. Hanneke und Schriftleiter W. König. Erscheint bereits seit 1896 regelmäßig zur Jahreswende. Inhalt: Kalendarium, Rezepte, Tabellen, Ratschläge, praktische Winke, rechtliche und gewerbliche Fragen. Taschengröße. Gebunden 5,20 Mk.
- Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik.** Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder. Berichte über die alljährlichen Fortschritte der Wissenschaft und Praxis auf jenen Gebieten. Erscheint bereits seit 1887. Preis eines Jahrganges 17,55 Mk., gebunden 21,20 Mk.
- Die photographische Kunst.** Siehe unter „Künstlerische Photographie“.

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale).

Künstlerische Photographie.

- Künstlerische Landschaftsphotographie.** Zwölf Kapitel zur Aesthetik photographischer Freilichtaufnahmen. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Mieth. 4.—5. Auflage. Mit 115 Textabbildungen und Reproduktionen nach Schöpfungen hervorragender Lichtbildner. In geschmackvoller Ausstattung und sorgfältigster Druckausführung unter Verwendung von bester Doppeltonfarbe und feinstem holzfreien Kunstdruckpapier. Im Druck.
- Bildmäßige Photographie.** Von Kunstmaler F. Matthies-Masuren. 3. Auflage. Mit 40 ganzseitigen Tafelbildern in feinsten Buchdruckausführung auf Chamoiskunstdruckpapier nach Landschafts- und Portratarbeiten der bekanntesten Lichtbildner des In- und Auslandes. 12,— Mk., gebunden 15,— Mk.
- Die photographische Kunst.** Ein Jahrbuch für künstlerische Photographie. Von Kunstmaler F. Matthies-Masuren. Stattliche Bände in Größe 22 × 29 cm mit je etwa 160 Abbildungen in Kunstbuchdruck und etwa 8 Tafeln in Gravüre oder Dreifarbendruck. Bisher erschienen die Jahrgänge 1902—1913. Preis eines Jahrganges 20,80 Mk. 10 Jahrgänge (1902 u. 1904—1912) zusammen bezogen nur 156,— Mk.
- Allgemeine Aesthetik der photographischen Kunst auf psychologischer Grundlage.** Von Dr. W. Warstat. 6,25 Mk.

Angewandte Photographie.

- Bild und Film im Dienste der Technik.** Von Ingenieur A. Lassally. I. Teil: **Betriebsphotographie.** Mit 34 Abbildungen. 8,35 Mk., gebunden 12,60 Mk. II. Teil: **Betriebskinematographie.** Mit 50 Abbildungen. 16,40 Mk., gebunden 19,— Mk.
- Lehrbuch der Röntgenographie.** Von H. Traut und Oberarzt Dr. H. Engelken. Mit 103 Abbildungen. 13,50 Mk., gebunden 16,50 Mk.
- Hochgebirgs- und Winterphotographie.** Praktische Ratschläge für Ausrüstung und Arbeitsweise. Von Dr. Kuhfahl. 3. Auflage. Mit 8 Bildertafeln. 6,20 Mk., gebunden 9,55 Mk.
- Die Heimphotographie.** Von A. Ranft. 2. Auflage. 4,70 Mk.
- Der Porträt- und Gruppenphotograph beim Setzen und Beleuchten.** Von E. Kempke. 3. Auflage. 3,— Mk.
- Die Wiederherstellung alter photographischer Bilder und Reproduktion derselben im ursprünglichen und in neuzeitlichen Verfahren.** Von Dr. E. Stenger. Im Druck.
- Die Photographie im Dienste der Presse.** Von P. Knoll. Mit 26 Abbildungen auf 13 Tafeln. 7,05 Mk., gebunden 11,30 Mk.
- Die Grundlagen der Reproduktionstechnik.** In gemeinverständlicher Darstellung. Von Prof. Dr. E. Goldberg. Mit 49 Abbildungen und 4 farbigen Tafeln. 9,75 Mk., gebunden 14,05 Mk.
- Die Photographie aus der Luft.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Mieth. 2. Auflage. 5,85 Mk., gebunden 7,95 Mk.
- Die Photogrammetrie bei kriminalistischen Tatbestandsaufnahmen.** Von Dr. F. Eichberg. Mit 21 Abbildungen. 5,45 Mk.
- Die Palimpsestphotographie (Photographie radiierter Schriften) in ihren wissenschaftlichen Grundlagen und praktischen Anwendungen.** Von P. R. Kögel, O. S. B. Mit 42 Abbildungen. 18,60 Mk.

SLUB Dresden



3 0414203

