

ENZYKLOPÄDIE DER PHOTOGRAPHIE UND
KINEMATOGRAFIE, HEFT 115

R. DEFREGGER
MESS- UND PRÜFUNGSMETHODEN
IN DER PHOTOGRAPHISCHEN PRAXIS



SLUB Dresden

zell1

R2017

8

14104

m001

MAG

05, GPH |
~~AP96300 D346~~

Enzyklopädie der Photographie und Kinematographie Heft 115

Wiss.-photogr. Institut
der Techn. Hochschule
DRESDEN A 24, George-Bähr-Str. 1

**Meß- und
Prüfungsmethoden**
in der
photographischen Praxis

Von

Dr. Robert Defregger

C 16

WISS.-photogr. Institut
d. S. Techn. Hochschule
DRESDEN-A. 24, George-Bähr-Str. 1

W.P.J.

Wk

C 16

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale)

1929

Wiss.-Photogr. Institut
der Techn. Hochschule
Dresden A. 2. 1. 1928

2001 m 001 NAG PH 2 (R 2017 8 14104



Copyright by Wilhelm Knapp, Verlagsbuchhandlung, Halle (S.)

2001.8.008655.001

Vorwort.

Über die Methoden, die in der photographischen Praxis und im Photohandel zur Prüfung der Apparatur und des Materials und zur Messung der zahlenmäßig angebbaren Eigenschaften derselben Verwendung finden, existiert keine zusammenfassende Darstellung. Sie sind teils in physikalischen, teils in den ausführlichen photographischen Handbüchern verstreut. Zweck vorliegenden Buches ist, dem Praktiker, vor allem auch dem ernst arbeitenden Amateur einen Leitfaden an die Hand zu geben, mit Hilfe dessen er alle wünschenswerten Messungen und Prüfungen selbst vornehmen kann. Wenn auch der Vollständigkeit wegen die wissenschaftlichen Methoden angeführt sind, so ist doch der Hauptwert auf Schilderung solcher Methoden gelegt, zu deren Anwendung es keiner Anschaffung von Spezialinstrumenten bedarf, sondern die mit vorhandenen Mitteln improvisiert werden können. Natürlich läßt sich eine Meß- oder Prüfungsmethode nur dann einwandfrei handhaben, wenn man sich über die Bedeutung der zu messenden Größen vollständig klar ist. Aus diesem Grunde waren leichtfaßlich gehaltene Einleitungen zur Klärung der Begriffe notwendig.

Der Verfasser ist sich sehr wohl bewußt, daß dieser erste Entwurf noch Lücken und Mängel aufweisen wird, die erst durch die Wünsche des Leserkreises offenbar werden. Er ist deshalb für jede Anregung und jeden Vorschlag zur Verbesserung dankbar.

München, 24. Dezember 1928.

Dr. Robert Defregger.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	III
Allgemeine Vorbemerkungen über Messungen und ihre Fehler . . .	I
I. Die photographische Kamera	4
1. Lichtdichtheit	4
2. Kassettendifferenz	6
3. Fehler der Einstellskala	8
4. Fehler der Sucher	10
II. Das photographische Objektiv	13
Bestimmung der Achse	13
1. Brennweite	15
Bestimmungsmethoden	17
a) Durch Bilder gleicher Größe	18
b) Durch stark verkleinerte Bilder	20
2. Die Lichtstärke. Vorbemerkungen	21
Der Begriff „Öffnungsverhältnis“	22
Bestimmung durch Umkehrung des Strahlenganges	23
Dieselbe mit Gaslichtpapier.	24
Methode der Zerstreuungskreise	26
3. Der nutzbare Bildwinkel. Vorbemerkung	28
4. Die Abnahme der Bildhelligkeit.	29
5. Die Abnahme der Bildgüte	33
Die drei Fehlergruppen	33
I. Chromatische Fehler	34
II. Strahlenvereinigungsfehler	35
Grenzen der Schärfe.	35
III. Verzeichnung	36
IV. Tiefenschärfe	37
6. Prüfung des Objektivs	40
7. Gebrauchsprüfung durch Probetafel	41
III. Das Gelbfilter	44
1. Der Filterfaktor	45
2. Die optische Reinheit	47
3. Dunkelkammerfilter	49
IV. Momentverschlüsse	52
1. Prüfung durch bewegten Punkt	53
Der Wirkungsgrad des Verschlusses	56
2. Behelfsmethode mit Fahrrad	57
3. Methode der kurzperiodischen Vorgänge	58
Automatische Verschlussauslösung	60
4. Ersatz der Stimmgabel durch Glühlampe	64
V. Die Trockenplatte	66
1. Vorbemerkungen.	69
2. Die Sensitometer	70
Die Lichtquellen	71
Eder-Hecht-Sensitometer	73
Prüfung von Entwicklern	73
Prüfung von Kopierpapieren	74
3. Farbensensibilisierung der Trockenplatte	75
4. Herstellung von Sensibilisierungskurven	76
Register	80

20

Allgemeine Vorbemerkungen über Messungen und ihre Fehler.

Das Ergebnis einer Messung ist immer eine Zahl, die angibt, wie oft die zugrundegelegte Einheit in der gemessenen Größe enthalten ist. Das System der Einheiten ist in den wissenschaftlichen Messungen allgemein zurückgeführt auf drei Grundeinheiten, nämlich Zentimeter für Länge und alle rein räumlichen Größen (wie z. B. Quadratcentimeter für die Fläche, Kubikcentimeter oder $\frac{1}{1000}$ Liter für das Volumen) Gramm für die Masse, in unserem Falle alles was durch Wägung ermittelt wird, Sekunde für die Zeit. Winkel messen wir durch den „Grad“, das ist der 360. Teil eines ganzen Kreisumfanges, mit anderen Worten, der 360. Teil des Winkels, der einer vollen Umdrehung entspricht.

Jede durch Beobachtungen gewonnene Zahl wird infolge der Unvollkommenheit der Meßwerkzeuge, der Unzulänglichkeit unserer Sinnensorgane, durch nichtberücksichtigte Einflüsse, z. B. sehr häufig der der Temperatur, mit einem Fehler behaftet sein. Wir unterscheiden grobe Fehler und zufällige (unvermeidliche) Fehler.

Wenn wir ein und dieselbe Größe, z. B. die Länge eines Stabes, wiederholt mit verschiedenen Maßstäben messen, so zeigen sie Abweichungen voneinander, die uns einen Anhalt dafür bieten, wie zuverlässig wir imstande sind das Resultat anzugeben.

Ein Beispiel möge dies klar machen. Messen wir einen Stab mit einem Schneidermeßband, d. h. einen mit Zentimeterskala bedruckten Band, so können wir wohl noch die Zehntelcentimeter schätzen, z. B. finden 76,8 cm.

Messen wir aber durch Anlegen an einen in Millimeter geteilten Gliedermaßstab, so sind wir imstande die Bruchteile von Millimetern zu schätzen, wir finden z. B. 77,25 cm. Wir sehen einen Widerspruch von fast einem halben Zentimeter, der auf die Unzuverlässigkeit der Schneiderbänder, die im Gebrauch länger werden, zurückzuführen ist. Nehmen wir aber einen anderen Gliedermaßstab, so finden wir vielleicht 77,38 cm und finden mit einem feinen Stahlmaßstab

77,12 cm. Diese Abweichungen sind auf die Ungenauigkeit der gebrauchten Maßstäbe zurückzuführen und in Zehntelmillimetern auf Ungenauigkeiten des Anlegens und Schätzens. Zusammengefaßt können wir sagen, der Schneider mißt mit seinem Band mit Fehlern bis zu einem Zentimeter, der Tischler mit seinem Gliedermaßstab mit Fehlern bis zu 2 bis 3 Millimeter, der Feinmechaniker mit gutem Anlegemaßstab auf Bruchteile eines Millimeters. Um auf Zehntel, Hundertstel oder gar Tausendstel Millimeter zu messen sind eigene, übrigens nicht nur in der Wissenschaft, sondern heute auch in der Fabrikationstechnik gebräuchliche Meßwerkzeuge notwendig.

Wir legen unseren Stab nun beispielsweise an verschiedene Stellen unseres Gliedermaßstabes an und bekommen so durch Subtraktion der Lesung am Anfangspunkt von der Lesung am Endpunkt die Länge. So finden wir nacheinander 77,15, 77,28, 77,12, 77,30, 87,22, 77,26.

Der Fehler, den nun Anfänger im Messen machen ist der, daß sie bei Wiederholung der Messung abweichende Resultate für unzuverlässiger halten wie die erste Messung und glauben jene ausscheiden zu müssen. Das ist falsch. Man muß seinen sich widersprechenden Resultaten vollkommen neutral gegenüberstehen und sie bei gleicher Sorgfalt als gleich zuverlässig ansehen, auch wenn sie voneinander abweichen.

Nur grobe Abweichungen, wie z. B. 87,22 geben uns das Signal dafür, daß wir einen groben Fehler gemacht haben, nämlich ein Rechenversehen beim Subtrahieren oder ein um 10 cm falsches Notieren einer Ablesung. Im übrigen betrachten wir also die Resultate gleichwertig und finden als wahrscheinlichsten Wert das arithmetische Mittel aller Einzelresultate, d. h. wir rechnen die Summe von

77,28

77,09

77,30

77,15

77,26

wobei wir uns die Sache dadurch vereinfachen, daß wir die sich gleichbleibenden Stellen, hier 77, gar nicht addieren, wir finden Summe der Bruchzentimeter 1,08 cm, die Anzahl der Einzelmessungen ist 5, also der Mittelwert der Bruchzentimeter der fünfte Teil von 1,08, nämlich 0,216 cm. Der wahrscheinliche Wert ist aufgerundet 77,22 cm. Es ist auch falsch einen einzelnen Wert deshalb, weil er stärker vom Mittel abweicht wie die anderen, in unserem Beispiel 77,09 auszuschneiden. Der Wahrscheinlichkeit eines begangenen größeren Fehlers bei einem solchen Einzelwert wird durch die

Mittelbildung an sich Rechnung getragen. Denn, wie man sieht, hat er als solcher wenig Einfluß auf das Mittel.

Die Abweichungen der Einzelresultate vom gerechneten Mittel sind die zufälligen Fehler und ihre Größe ist uns ein Anhaltspunkt für die Genauigkeit, mit der wir zu messen imstande waren. Wir versehen sie mit +-Zeichen, wenn der Einzelwert zu klein ist, der Fehler also dazu zu addieren ist, um das richtige Resultat zu erhalten, mit —-Zeichen, wenn der Einzelwert zu groß ist. Wir erhalten in unserem Falle die Fehler in Millimeter ausgedrückt, —0,6, +1,3, —0,8, +0,7; —0,4, die Summe aller Minusfehler muß der Summe aller Plusfehler gleich sein, das gibt die Rechenprobe. Wenn wir, wir hier, das Mittel von 77,216 auf 77,22 gekürzt haben, bleibt natürlich ein kleiner, nur in Zehntelmillimeter ausgedrückter Unterschied bestehen.

Die Summe der Plusfehler wird 2,0 mm, die Summe der Minusfehler 1,8 mm. Rechnen wir ungekürzt, so bleiben beiderseits Fehlersummen von genau 1,92 mm, wie man sich durch Nachrechnen leicht überzeugen kann.

Es würde nun zu weit führen, hier die genaue Berechnung des wahrscheinlichen Fehlers der Einzelmessung, des wahrscheinlichen Fehlers des Resultats (des Mittels) anzufügen. Wir begnügen uns damit, den wahrscheinlichen Fehler zu 0,7 mm zu taxieren (zwei Fehler sind kleiner, zwei sind größer als 0,7). Dann ist der wahrscheinliche Fehler des Mittels = 0,7, dividiert durch die Quadratwurzel aus der Anzahl der Messungen also hier durch $\sqrt{5} = 2,2$, also 0,31.

Quadratwurzel einer Zahl ist die Zahl, welche mit sich selbst multipliziert die erste Zahl ergibt, also $\sqrt{9} = 3$, $\sqrt{16} = 4$ usw.

Man ersieht hieraus, daß sich durch Vermehrung der Anzahl der Einzelmessungen die Genauigkeit des Endresultats steigern läßt, aber doch nur langsam. Um fünffache Genauigkeit desselben zu erzielen sind 25 Einzelmessungen zu machen. Trotzdem wird man immer gut tun, mehrere Einzelmessungen derselben Größe zu machen, schon um über die erzielbare Genauigkeit im Bilde zu sein und grobe Versehen auszuschließen. Denn letztere verraten sich sofort durch besonders große Abweichungen.

Wir haben bisher vorausgesetzt, daß die zufälligen Fehler, die Meßungenauigkeiten das Resultat ebenso wahrscheinlich nach der Richtung „zu groß“ als wie nach der Richtung „zu klein“ verfälschen, daß also die Mittelbildung uns der Wahrheit näher bringt. Das ist auch bei den Meßungenauigkeiten wirklich der Fall.

Dagegen gibt es aber eine Klasse von Fehlern, die in den messenden Naturwissenschaften besonders gefürchtet sind, das sind die

systematischen Fehler, d. h. solche, die nur nach einer Richtung hin das Resultat verfälschen.

So wird z. B. die Ungleicharmigkeit einer Wage alle gewogenen Gegenstände zu leicht erscheinen lassen. Solchen Fehlern kommt man nur durch möglichste Variation der Versuchsbedingungen auf die Spur, im Falle der Wage z. B. dadurch, daß man die Gewichte auf die Warenschale legt und die Ware auf die Gewichtsschale.

Man wird also immer bestrebt sein, eine Größe, die man möglichst genau ermitteln will, nach verschiedenen Methoden zu messen, um die der einen Methode anhaftenden Fehlerquellen durch eine andere zu kontrollieren und auszumerzen.

I. Die photographische Kamera.

Die Aufgabe der photographischen Kamera ist es, das vom Objektiv entworfene Bild scharf und frei von anderem Licht so auf der Platte entstehen zu lassen, wie es mit Hilfe der Mattscheibe oder anderer Behelfe (Einstellskala, Sucher) den Wünschen des Photographen entsprechend eingestellt worden ist.

In dieser Definition sind die wesentlichsten Punkte enthalten, auf die sich die richtige Funktion der Kamera zu erstrecken hat und die man im allgemeinen nur dann nachprüfen wird, wenn sich Mängel oder Mißerfolge zeigen.

1. Lichtdichte.

Findet man auf der Platte Schwärzungen, welche fleckig oder strahlig auftreten, so daß sie als falsches Licht gedeutet werden müssen, so ist eine Untersuchung der Kamera auf Lichtdichte vonnöten.

Eine wichtige Handhabe zur Klassifizierung der partiellen Verschleierungen der Platte bilden die Kassettenfalze, d. h. die Stellen, mittels deren die Platte in der Kassette festgehalten wird, die sich also sie bedeckend auf die Schicht legen.

Jeder Schleier, der diese in der Kassette bedeckten Streifen mit ergriffen hat, ist nicht in der Kamera entstanden, sondern außerhalb. Und jeder Schleier, der die Kassettenfalze blank gelassen hat, ist in der Kamera oder zum mindesten, während die Platte in der Kassette lag, entstanden.

Haben wir Verdacht auf Lichtdichte der Kamera, so bilden wir aus einem nicht zu kleinen Einstelltuch durch Zusammenstecken oder Zusammenheften der Schmalseiten eine beiderseits offene Röhre und schließen die eine Öffnung derselben mittels Gummiband oder Bindfaden lichtdicht an die Kamera an, deren Mattscheibe wir entfernt haben (bei Rollfilmkameras nach Öffnen derselben wie zum Spulenwechsel). Diesen Sack, dessen Boden nun gleichsam die

Kamera bildet, stülpen wir nun über den Kopf. Wir gehen damit in die Sonne und wenden und drehen die Kamera nach allen Seiten. Jede Ritze oder nadelstichfeine Öffnung verrät sich durch eindringende Lichtstrahlen. Zu beachten sind bei älteren Balgen besonders die Ecken, die durchgescheuert sein können, bei Holzkameras Risse im Holz. Einer der wundesten Punkte ist der Kassettenfalz und die Metallkassette überhaupt. Ältere Metallkassetten können an den Ecken durchgescheuert sein, am häufigsten versagt aber der aus den zwei gegenüberliegenden Plüschstreifen gebildete Lichtabschluß der Spalte, aus der der Schieber herausgezogen worden ist. Zur Prüfung dieser Stelle entferne man das Objektiv oder wenn das nicht möglich, öffne man die Blende soweit wie möglich. Dann setze man wie zur Aufnahme die (zweckmäßig mit einer unentwickelten verdorbenen Platte, einem Mattglas oder mit einem gleichgroßen weißen Karton geladene) verdächtige Kassette ein, entferne den Schieber und schließe die Tüchrröhre um die Kamera so, daß nur der Objektivteil lichtabgeschlossen, der Kassettenteil jedoch frei bleibt. Den Apparat in der Sonne haltend blicke man durch das Objektiv in die Kamera hinein und wird, wenn der Falz nicht schließt, besonders dann, wenn die Sonnenstrahlen in seiner Richtung einfallen, überraschenden Lichtreichtum in der Kamera entdecken. Schadhafte Kassetten belichten unter Umständen die Platte von hinten und man sieht den Lichtstreifen durch die Schicht durchscheinen. Hat man dagegen statt einer Platte einen Karton in der Kassette, kann diese Rückbelichtung nicht gesehen werden. Sehr oft findet man in der Mitte des Negativs einen dunkleren Halbmond. Dieser rührt von dem Reflex der kreisförmigen Vertiefung her, die außen die Kassettennummer trägt, innen als Erhöhung auftritt und vom Rande her streifend beleuchtet ist.

2. Kassettendifferenz.

Unter diesem Schlagwort wollen wir alle Fehler zusammenfassen infolgederen die Kamera ein unscharfes Bild zustandekommen läßt, obwohl es scharf eingestellt worden ist.

Wir müssen sie streng unterscheiden von Focusdifferenz, welche dieselbe Wirkung hat, deren Ursachen jedoch in Eigenschaften des Objektivs liegen und nicht in solchen der Kamera.

Handelt es sich um Kameras mit Mattscheiben-Einstellung, so ist dann Kassettendifferenz vorhanden, wenn die lichtempfindliche Schicht der Platte nicht genau an derselben Stelle steht an welcher beim Einstellen die mattierte Seite der Mattscheibe stand. Konstruktive Fehler in dieser Richtung sind in der heutigen Kamerafabrikation äußerst selten. Dagegen kommt es vor, daß sich die

dauernde Unschärfe der Bilder durch fehlerhaftes Einsetzen der Mattscheibe erklärt. Wenn die Mattscheibe nicht richtig im Falz sitzt, oder wenn gar einem ungeübten Amateur passiert, daß er sie verkehrt, d. h. mit der matten Seite nach außen eingesetzt hat, so differiert der Focus natürlich um eine Glasdicke. Dieser Fehler ist durch richtiges sachgemäßes Einsetzen leicht zu beheben.

Wenn also auch anerkannt werden muß, daß die Kamerafabrikation den durchschnittlichen Anforderungen durchaus genügt, so hat doch die Einführung der äußerst lichtstarken Optik in jüngster Zeit diese Anforderungen weit hinausgesteckt. Und gerade bei lichtstarken Objektiven könnte man bei sorgfältigster Einstellung mit Lupe und absoluter Freiheit von Kassettendifferenz oft mehr Schärfe erzielen als die, die man durchschnittlich erhält und mit der man sich zu begnügen pflegt.

Ein scharfer Kontrollversuch, ob Spuren von Kassettendifferenz vorhanden sind, ist die Aufnahme eines Tiefenobjekts.

Unter Tiefenobjekt versteht man eine (meist fächerförmig angeordnete) Anzahl gleicher Lamellen mit scharfer Schwarzweißmusterung, die zugleich aufgenommen denselben Gegenstand in einer Reihe verschiedener Entfernungen zeigt.

Man kann sich ein solches Tiefenobjekt leicht auf folgende Weise improvisieren.

Man wählt französische Spielkarten und hieraus am besten Treff 2 bis 10. Diese Karten versieht man mit Füßchen, entweder aus eingeschnittenen Korkstückchen oder aus Karton, so daß man sie senkrecht aufstellen kann.

Man legt nun auf einen Tisch einen Maßstab und stellt nun 6 bis 8 solche Karten so auf, daß sie je 10 oder je 15 cm hintereinander stehen, jedoch so gestaffelt, daß sie sich nicht gegenseitig verdecken, sondern im Bilde der etwa 2 m davon entfernten in der Verlängerung des Maßstabes aufgestellten Kamera alle erscheinen.

Man stellt nun so sorgfältig wie möglich, am besten mit Einstelllupe, auf die in mittlerer Entfernung stehende Karte, z. B. Treff 5, ein und macht mit größter Öffnung die Aufnahme. Nur wenn bei Untersuchung dieses Negativs unter der Lupe ebenfalls Treff 5 am schärfsten erscheint, ist der Apparat frei von Kassettendifferenz. Ist aber eine andere Karte schärfer als Treff 5, so ist Kassettendifferenz vorhanden. Wenn man sich die Entfernung, auf die eingestellt wurde, sowie die Entfernungen der Nebenkarten notiert hat, so läßt sich aus der Linsenformel (siehe S. 39) auch berechnen, wie groß diese Differenz ist (siehe Seite 9).

Ein noch einfacheres Tiefenobjekt, das aber nur bei Kameras mit genügend langem Auszug anwendbar ist, bildet eine Zeitung, die man schief auf eine geeignete Unterlage legt und aus der Nähe aufnimmt. Infolge der schiefen Lage hat jede Zeile eine andere Entfernung vom Objektiv und lassen sich deshalb nur 2 bis 3 Zeilen gleichzeitig scharf einstellen. Sowohl die vorangehenden als auch die nachfolgenden Zeilen werden in wachsendem Maße unscharf. Man notiert sich die scharf eingestellten Zeilen und prüft am trockenen Negativ, ob Nachbarzeilen schärfer gekommen sind als die eingestellten.

Gerade bei sehr lichtstarken Objektiven gibt diese Versuchsaufnahme in allen Fällen, in denen die Schärfe unbefriedigend ist, ein klares Bild.

Ganz kleine Kassettendifferenzen durch Änderungen am Apparat ausgleichen zu wollen, ist in der Praxis nicht üblich. Man kann sie durch das Einstellverfahren selbst berücksichtigen.

Ist eine nähere Karte als die eingestellte schärfer geworden als diese, so hat man beim Einstellen die „Schärfe nach hinten zu legen“, d. h. man gewöhnt sich z. B. beim Porträt an, die Ohren scharf einzustellen, wenn man die Augen scharf haben will. Das Umgekehrte ist der Fall, wenn eine fernere Karte die Schärfe bekommen hat, man legt dann beim Einstellen die „Schärfe nach vorn“.

3. Fehler der Einstellskala.

Eine Reihe der Amateurkameras, insbesondere die Rollfilmkameras, sind zum Gebrauch ohne Mattscheibe eingerichtet. Die Einstellung erfolgt nach Einstellskala, die Wahl des Bildausschnittes im Sucher. Voraussetzung für das richtige Funktionieren ist exakte Montage der Skala und des Zeigers, sowie richtige Anbringung des Suchers.

Auch die Prüfung der Einstellskala erfolgt am besten mit Hilfe einer Tiefenaufnahme, wie eben beschrieben, wobei man die Entfernung des Objektivs (Blendenebene) von der mittleren Karte mittels Maßstabes möglichst genau einer der auf der Einstellskala eingravierten Zahlen gleich macht. Und zwar wählt man zweckmäßig eine kurze Entfernung ($1\frac{1}{2}$ bis 3 m), weil sich dabei Tiefenunterschiede deutlicher ausprägen.

Man könnte meinen, daß nun diese Prüfung für jeden Einstellstrich wiederholt werden müßte, eine recht zeitraubende Arbeit!

Aber das ist nicht der Fall. Die Einstellskalen sind nämlich für die zugehörigen Brennweiten genau hergestellt und in sich richtig. Fehler kommen höchstens durch eine etwas verschobene Anbringung der ganzen Skala herein, oder durch eine Verbiegung des Indexbleches (Zeigers) durch Beschädigung.

Meist läßt sich ein solcher Fehler auch einfacher durch entsprechende Verbiegung des Zeigers als durch Verschiebung der Skala beseitigen. Da ja die Entfernungen auf Schätzung beruhen, hat eine allzu peinliche Genauigkeit der ganzen Anordnung keinen Sinn.

Wo die Berichtigung der Skala nicht möglich ist oder nicht vorgenommen werden will, läßt sich durch Rechnung leicht feststellen, für welche wahren Entfernungen die Ziffern gelten, wenn man durch den Versuch für eine Entfernung die Berichtigung ermittelt hat.

Es wäre nämlich ein schwerwiegender Irrtum, anzunehmen, die ermittelte Korrektur gelte für jede Entfernung. Z. B. habe man festgestellt, daß bei Einstellung auf 2 m tatsächlich nicht die Zweimeterkarte scharf wurde, sondern die in 2 m 20 cm Entfernung aufgestellte Karte. Dann wäre falsch anzunehmen, daß nun bei Einstellung auf 4 m 4 m 20 cm scharf würde, bei Einstellung auf 10 m 10 m 20 cm. Sondern wie wir gleich sehen werden, wachsen die Differenzen sehr stark mit der Entfernung. Man hat durch Rechnung zuerst den bildseitigen Fehler der Einstellskala zu ermitteln und dann auf Grund derselben die für die verschiedenen Entfernungen gültigen objektseitigen Korrekturen zu berechnen. Wir rechnen nach Fig. 26 die Abstände nicht vom Objektiv aus, sondern von dessen vorderen und hinteren Brennpunkt.

Hat sich nun herausgestellt, daß bei Einstellung auf 2 m 220 cm scharf wurde, so bezeichnen wir die eingestellte Entfernung mit x (hier 2 m — minus Brennweite, also z. B. bei 15 cm Brennweite $x = 185$), mit x_1 die tatsächlich scharf gewordene Entfernung (also in unserem Falle $a_1 = 220 - 15 = 205$, dann ergibt sich die notwendige Verschiebung der Einstellskala d nach der Formel, deren Ableitung hier nicht wiedergegeben sei:

$$d = \frac{f^2}{xx_1} (x_1 - x) \text{ also hier}$$

$$= \frac{15^2}{185 \cdot 205} \times 20 = \frac{225 \cdot 20}{37925} = \frac{4500}{37925} = 0,119 \text{ cm} = 1,19 \text{ mm.}$$

1,19 mm ist also der bildseitige Fehler der Einstellskala. Für jede andere Entfernung der Skala y läßt sich der objektseitige Fehler Δ aus f und d berechnen nach einer Formel, deren Ableitung hier ebenfalls zu weit führen würde und die lautet

$$\Delta = y_1 - y = \frac{y^2 d}{f^2 - dy} \text{ also z. B. für } 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$= \frac{160000 \cdot 0,119}{225 - 0,118 \cdot 400} = \frac{19040}{225 - 47,2} = \frac{19040}{177,8} = 107$$

also statt 4 m wird $400 + 107 = 507$ cm scharf, oder für 10 m = 1000 cm

$$\Delta = \frac{1\,000\,000 \cdot 0,119}{225 - 1000 \cdot 0,119} = \frac{119\,000}{106} = 11280 \text{ cm} = 11,3 \text{ m}$$

also scharf wird bei Einstellung auf 10 m die Entfernung von 21,3 m!

Es ist bei Anwendung natürlich streng darauf zu achten, daß alle Längen in derselben Einheit ausgedrückt werden, z. B. in Zentimetern, wie das in den Zahlenbeispielen geschehen ist.

4. Fehler der Sucher.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bezüglich der Sucher.

Man unterscheidet hauptsächlich vier Arten, nämlich Rahmensucher (ohne Optik), Brillantsucher, Newton- oder Durchsichtsucher und Sellärsucher.

Von diesen gibt nur eine Art ein einigermaßen zweifelsfrei in seinem Rahmen stehendes Bild, nämlich der Brillantsucher. Bei den drei anderen Arten ist die Bildbegrenzung von dem Standort des betrachtenden Auges abhängig, sie bedürfen also eines Diopeters oder einer Absehmärke für das Auge. Wird diese nicht beachtet, so erscheint eine falsche Bildbegrenzung in dem Rahmen.

Auch hier dürfen zu hohe Anforderungen an die Exaktheit der Übereinstimmung zwischen Sucherbegrenzung und Bildbegrenzung nicht gestellt werden. In der Regel ist man nicht imstande ohne Mattscheibe nur mit Hilfe des Suchers einwandfrei zu erreichen, daß ein Objekt am Rande eben noch aufs Bild kommt ohne abgeschnitten zu werden. Aus diesem Grunde wird der Sucher so angeordnet, daß er ein etwas kleineres Gesichtsfeld hat als das Bildfeld der Kamera, so daß man immer sicher sein kann, daß alles was im Sucher sichtbar war, auch auf der Platte erscheint — nicht aber umgekehrt.

Wer auch bei Handaufnahmen eine gewisse Bildbegrenzung, die er sich auf der Mattscheibe ausgesucht hat, genau erzielen will, verwendet am besten einen Newtonaufsatzsucher mit eingeritztem Kreuz. Er stellt dann im Zimmer seine Kamera auf Stativ oder Tisch unverrückbar so auf, daß eine Kerze, die in größerer Entfernung brennt, genau im Strichkreuz des Suchers bei richtigem Absehen erscheint.

Dann wird der Punkt, auf dem die Kerze auf der Mattscheibe erscheint, zunächst durch einen Tintenpunkt auf deren Glasseite markiert, die Mattscheibe herausgenommen und auf der matten

Seite ein den Rahmenkanten paralleles Bleistiftstrichkreuz durch den markierten Punkt gezogen. Das Verfahren bei der Aufnahme ist dann das folgende: Man sieht sich das Bild auf der Mattscheibe an und merkt sich, wenn man die beste Begrenzung gefunden hat, den Punkt, der sich bei dieser richtigen Haltung auf dem Bleistift-Kreuzpunkt abbildet. Nun setzt man die Kassette ein und macht die Aufnahme, indem man mit dem Sucher scharf den gemerkten Zielpunkt anvisiert. Dieses genaue Verfahren ist besonders bei Stereoaufnahmen wertvoll, weil man hier nicht die freie Verfügung über das Bildformat durch Beschneiden desselben hat, wie bei der gewöhnlichen Aufnahme.

Aber für alle Fälle ist es empfehlenswert, daß sich der Momentphotograph über das Verhältnis des Sucherbildes zum Mattscheibenbild durch eine Prüfung orientiert. Viele sind sich hierbei nicht über die Bedeutung der einspringenden Ecken beim Brillantsucher klar (Fig. 1).

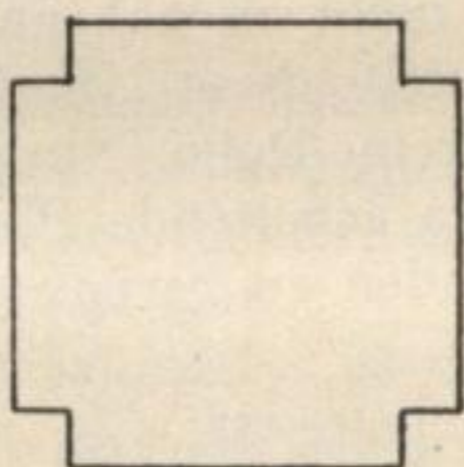


Fig. 1.

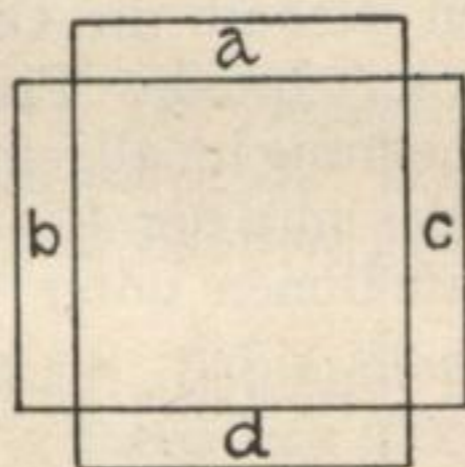


Fig. 2.

Diese kreuzförmige Form des Sucherbildes ergibt sich aus der Übereinanderlagerung des Hochformats und des Querformats je nach Haltung der Kamera. Man hat sich also in ersterem Falle die Flächen *b* und *c* (Fig. 2), im zweiten Falle die Flächen *a* und *d* wegzudenken. Dies vorausgesetzt, geht man an die Prüfung des Sucherbildes, indem man im Freien bei fester Aufstellung der Kamera markante Punkte des Gesichtsfeldes an die Sucherränder bringt und durch Vergleich feststellt, ob sie in dieser Lage auf der Mattscheibe abgebildet sind und wie weit entfernt vom Bildrand. Bei Newton- und Rahmensuchern muß diese Prüfung auf die seitliche und auf die Höhenbegrenzung ausgedehnt werden, bei umklappbaren Brillantsuchern nach Fig. 1 und 2 genügt es, wegen der Symmetrie Höhen- und Seitenbegrenzung des Sucherbildes für eine Lage der Kamera (z. B. quer) nachzuprüfen. Bei Rollfilmkameras wird die Prüfung bei offenem Deckel und mit Bedeckung des Bildausschnittes durch eine Mattscheibe oder ein Pauspapier vorgenommen.

Die an sich sehr hellen und angenehmen Sellarsucher erfordern im Gebrauch einige Vorsicht. Ist das Auge nicht in Deckung mit Diopter und Markierung auf dem Sucherspiegel, so sieht es eine falsche Bildbegrenzung.

Schließlich sei darauf aufmerksam gemacht, daß der richtig justierte Sucher mit seiner Achse parallel der Kameraachse, oder was dasselbe ist, der Objektivachse steht. Die richtige Bildbegrenzung findet also nur für relativ große Gegenstandsentsfernungen statt. Je näher aber der Gegenstand an die Kamera heranrückt, desto mehr spielt der Umstand eine Rolle, daß der Sucher nicht am Orte des Objektivs steht. Mit anderen Worten, die von dem nahen Gegenstand, den wir uns auf der Achse des Objektivs, also in der Bildmitte der Mattscheibe abgebildet denken wollen, gezogene Linie nach dem Objektiv ist nicht mehr parallel der von diesem Gegenstand zum Sucher gezogenen Linie. Infolgedessen kann dieser Gegenstand natürlich nicht gleichzeitig in der Mitte des Sucherbildes erscheinen und können deshalb die Begrenzungen auch nicht stimmen. Bei der Prüfung dürfen deshalb die Objekte nicht zu nah an der Kamera gewählt werden. In der Praxis spielt diese „Sucherparallaxe“ genannte Erscheinung im allgemeinen keine Rolle. Nur der „Kameramann“, d. h. der mit der Kinokamera arbeitende Photograph hat sie bei Großaufnahmen unter Umständen zu berücksichtigen.

II. Das photographische Objektiv.

Der Künstler, der uns das photographische Bild zeichnet, ist das Objektiv. Kamera, Platten und alles Zubehör spielen nur die Rolle der Leinwand, der Farben und der Staffelei für diesen Künstler.

Für die Güte des Bildes ist also in erster Linie die Güte des Objektivs maßgebend und nur sekundär die Güte des „Handwerkzeuges“.

Angesichts dieser Tatsache ist es verwunderlich, wie wenig Kenntnisse über die allgemeinen und über die erstrebenswerten Eigenschaften des Objektivs selbst in den Kreisen gewiegener Photographen verbreitet sind.

Urbild des Objektivs ist die einfache „Sammellinse“ (schwache Lupe), wie sie als „Monokel“ noch gelegentlich für künstlerische Zwecke verwendet wird. Die steigenden Anforderungen jedoch, die bald nach Erfindung der Photographie an Bildgüte und Lichtstärke gestellt wurden, haben zur Konstruktion zusammengesetzter mehrlinsiger Systeme geführt, die in Metall zusammengehalten und zugleich mit einer Vorrichtung zur Veränderung der Öffnung (Blende) versehen das heutige Objektiv bilden. Sämtliche Oberflächen der Einzellinsen bestehen aus Teilen von Kugeloberflächen. Die Mittelpunkte aller dieser Kugeloberflächen liegen bei fehlerfreier Fabrikation sämtlich auf einer Geraden, die zugleich durch die Mittelpunkte sämtlicher Linsen und den Mittelpunkt des Blendenkreises geht, und die wir die Achse des Objektivs nennen.

Die Lage der Achse muß bei allen Messungen bekannt sein, denn auf ihr werden die maßgebenden Größen Brennweite, Schnittweite, Lichtstärke usw. wie wir sehen werden, gemessen. Die Festlegung der Achse ist also fast immer Voraussetzung für korrekte Messungen am Objektiv.

Wir finden sie durch die spiegelnde Natur der Linsenoberflächen. Wie wir ja täglich beobachten können, bilden diese Oberflächen kleine Hohl- und Erhabenspiegel und geben Bildchen von

leuchtenden Gegenständen, z. B. dem Fenster wider. Wir bringen nun eine kleine Lichtquelle, z. B. eine blanke Glühlampe, in größerer Entfernung vom Objektiv so an, daß sie ungefähr in der Mitte



Fig. 3.

der Mattscheibe abgebildet wird. Betrachten wir nun das Objektiv von außen, so sehen wir eine Reihe kleiner leuchtender Pünktchen, eben die Spiegelbilder der Glühlampe in einer Zickzackreihe hintereinander, teilweise vor dem Objektiv in der Luft schwebend, teilweise im und hinter dem Objektiv. Es ist nun nicht schwer, durch Drehen und Neigen der Kamera zu erreichen, daß diese Bildchen in eine schnurgerade Reihe zu liegen kommen. Wenn das der Fall ist, liegt die Lichtquelle und ihr Bild sowie sämtliche Spiegelbildchen auf der Objektivachse. Es ist zweckmäßig, sich auf der Mattscheibe den Punkt, auf welchem nunmehr die Glühlampe abgebildet wird, ein für allemal zu markieren, so daß man später einfach durch Einrücken der Lichtquelle auf diesen Punkt sie, wie man sagt, „zentrieren“ kann. Zu dem Zweck macht man zunächst mit Tinte ein kleines Tüpfelchen auf der Glasseite und kann dann nach Entfernung der Mattscheibe auf der rauhen Seite mit Bleistift einen kleinen Kreis oder ein Kreuzchen anbringen und den Tintenpunkt wieder abwischen. Fig. 2 a zeigt die 5 Bildchen unzentriert, also nicht in einer Geraden, Fig. 2 b dieselben nach genauer Zentrierung. Die Figuren sind der Deutlichkeit halber von einem Punkt ziem-

der Mattscheibe abgebildet wird. Betrachten wir nun das Objektiv von außen, so sehen wir eine Reihe kleiner leuchtender Pünktchen, eben die Spiegelbilder der Glühlampe in einer Zickzackreihe hintereinander, teilweise vor dem Objektiv in der Luft schwebend, teilweise im und hinter dem Objektiv. Es ist nun nicht schwer, durch Drehen und Neigen der Kamera zu erreichen, daß diese Bildchen in eine schnurgerade Reihe zu liegen kommen. Wenn das



Fig. 4.

lich weit außerhalb der Achse aufgenommen. Beim Zentrieren bringt man das Auge möglichst nah an die Achse, so daß die Punkte im Raume hintereinander, also nahe in Deckung erscheinen.

Bei modernen Objektiven wird man diese Stellung immer finden können, da die optische Zentrierung von der Fabrik aus bereits mit großer Genauigkeit hergestellt wird und durch den Bau gewährleistet bleibt. Dagegen kann es bei alten Objektiven, z. B. Porträtköpfen vom Petzval-Typus, bei welchen die Einzellinsen nicht eingedrückt, sondern lose eingeschraubt und durch Metallringe voneinander getrennt sind, bei Auseinandernehmen und unsachgemäßen Wiederaus zusammenschrauben passieren, daß die Zentrierung verloren geht. In diesem Falle fallen ein oder zwei Bildchen (eben die der schiefsitzenden Linse) immer aus der Geraden heraus, wenn die anderen in einer Reihe sind, es gibt also keine Stellung nach Fig. 4. Ein solch dezentriertes Instrument ist natürlich in seinen Leistungen sehr verschlechtert und muß von fachmännischer Hand zentriert werden.

1. Die Brennweite.

Wir gehen von dem bekannten Experiment aus, dem die Brennweite ihren Namen verdankt. Wir halten eine Sammellinse zwischen Sonne und Papier und finden, daß nur in einer bestimmten Entfernung von dem Papier kein größerer heller Fleck, sondern ein ganz kleiner blendend heller Fleck, nämlich das scharfe Bild der Sonne auf dem Papier entsteht (Fig. 5). Durch die Konzentration der Strahlen fängt nun das Papier Feuer, woraus sich die Bezeichnung „Brennpunkt“ (auch Focus genannt) erklärt. Die Entfernung des Papiers von der Linsenmitte nennt man die Brennweite dieser Linse.

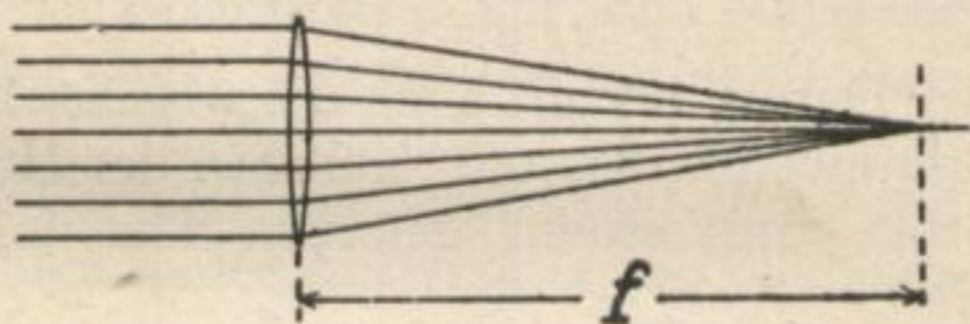


Fig. 5.

Bei photographischen Objektiven können wir zwar durch vorgenanntes Experiment den Focus finden, d. h. die scharfe Einstellung auf „Unendlich“, haben aber damit nur den Endpunkt der gesuchten Brennweite. Der Anfangspunkt liegt irgendwo zwischen den Linsen; um ihn zu finden, müssen wir die Haupteigenschaften der Brennweite zur Bestimmung heranziehen. Das was wir ohne weiteres finden, ist lediglich die sog. „Schnittweite“ s (Fig. 6), d. h. der Abstand des Brennpunktes des Objektivs von dem ihm zugewandten Linsenscheitel, eine Größe, die für Beurteilung des benötigten Auszuges,

überhaupt beim Bau von Kameras eine Rolle spielt. Trotzdem ist die Größe f , die Brennweite für jedes Objektiv scharf meßbar und man spricht deshalb bei Objektiven von „Äquivalentbrennweite“, weil sie aus anderen Eigenschaften erschlossen wird und man sie sich unter Bezug auf Fig. 5 als „äquivalent“ in ihren Eigenschaften der einer unendlich dünnen Linse denkt.

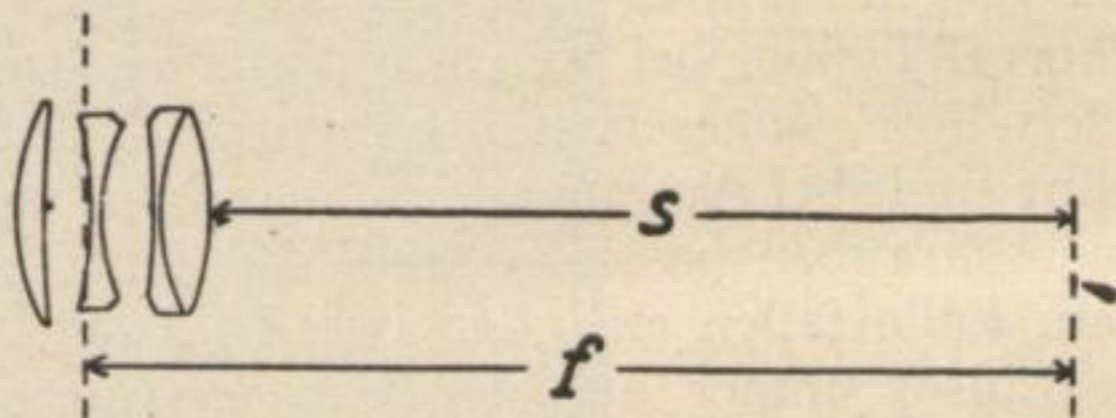


Fig. 6.

Die Haupteigenschaft der Brennweite ist die, eine ganz bestimmte Bildgröße von unendlich fernen Gegenständen zu geben. Solche fernen Gegenstände können wir nicht mit dem Meterstab messen, aber sie haben eine „scheinbare Größe“, worunter wir den Winkel verstehen, unter dem sie uns erscheinen. Die Größe nun, in der unendlich ferne Dinge abgebildet wurden, die unter dem Winkel a erscheinen (Fig. 7), also die Strecke A , hängt nur von der Brennweite ab, so daß man diese nach der mathematischen Formel streng definiert, als $f = \frac{A}{\text{tg } a}$.

Darauf beruht auch die wissenschaftliche Methode zur genauen Brennweitenmessung, nämlich der Messung von Winkel a („angulare Größe) mit einem genauen Theodoliten und die Längenmessung

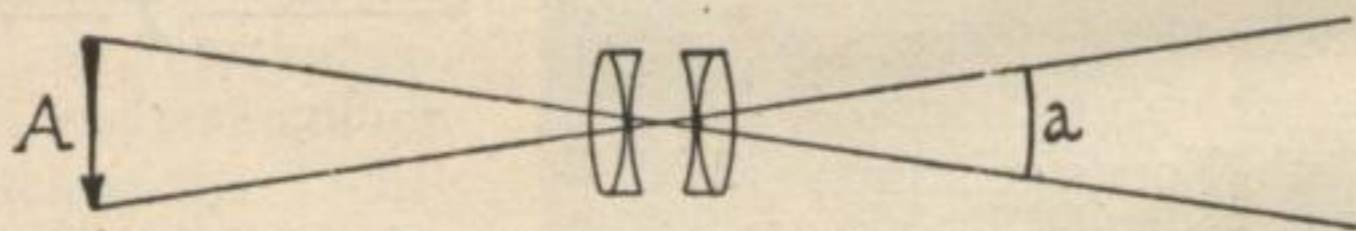


Fig. 7.

des Bildes A mit einem Mikrometer. Man kann auch umgekehrt verfahren, nämlich: man stellt genau im Focus eine feingeteilte Skala auf, geht also von einem genau bekannten A aus und mißt mit einem Goniometer den Winkel, unter dem diese Größe A durchs Objektiv gesehen erscheint. Wegen der dazu benötigten Meßinstrumente kommt aber diese Methode nur für wissenschaftliche Institute in Betracht.

Für die Zwecke der photographischen Praxis genügen Methoden, die ohne besondere Instrumente, als etwa eine auf Glas oder durch-

sichtigem Celluloid geteilte Millimeterskala und einem guten Meterstab einen hinreichend genauen Wert der Brennweite ergeben (etwa 1% des Wertes).

Es muß nämlich vorweg betont werden, daß die aufgravierten Brennweiten abgerundete Werte darstellen, von denen auch bei hochwertigen Objektiven merkliche Abweichungen die Regel sind. Denn die Einhaltung einer bestimmten Brennweite, also z. B. 15 cm auf einen Millimeter, hat für die Praxis keinen Wert, die dafür aufzuwendenden Mehrkosten würde niemand bezahlen. Darum hat auch die ganze Ermittlung der Brennweite nur dann einen Wert, wenn wir Größenmessungen an den mit dem Objektiv aufgenommenen Bildern machen wollen, oder die Brennweite zur Bestimmung anderer Größen, insbesondere der Lichtstärke, genau wissen wollen, wie wir später sehen werden.

Eine bekannte Anweisung zur Ermittlung der Äquivalentbrennweite lautet so: Man stelle die (Reise-) Kamera auf Unendlich scharf ein, also auf Mond, Sterne oder einen mindestens mehrere hundert Brennweiten entfernten Gegenstand, und markiere die Stellung des Visierscheibenrahmens am Laufboden, oder bei sog. Laufbodenhandkamas die Stellung der Objektivstandarte oder der mit ihr verbundenen Laufschiene. Dann stelle man auf einen Millimetermaßstab so ein, daß er genau in gleicher Größe abgebildet erscheint und markiere die neue Stellung am Laufboden. Der Abstand dieser beiden Stellungen voneinander ist gleich der Brennweite. Die Methode setzt natürlich eine Kamera voraus, die einen Auszug bis zur doppelten Brennweite zuläßt. Sie liefert aber leicht fehlerhafte Ergebnisse, weil sie in hohem Grade von der Geschicklichkeit der Scharfeinstellung und Bildgrößenmessung abhängt. Fehler in der Auffassung, wo die beste Schärfe liegt, gehen voll in das Resultat über und summieren sich im ungünstigsten Falle.

Ein Mittel, diese Fehler zu verringern, insbesondere den der ungenauen Größenmessung, liegt darin, ohne Mattscheibe zu arbeiten und das blanke Luftbild zu messen. Scharf einstellen können wir nur mit Mattscheibe. Ersetzen wir diese durch ein blankes Glas, so sehen wir das Bild immer scharf, einfach aus dem Grunde, weil wir unser Auge zwangläufig und unwillkürlich auf den Ort des scharfen Bildes einstellen, das durch das blanke Glas ungehindert zur Entstehung kommt, entweder vor oder hinter dem Glase, in der Luft. Wir haben aber ein sehr empfindliches Mittel, um das Luftbild genau in die Oberfläche des Blankglases zu bringen und zugleich dort scharf auszumessen, das ist die Anbringung einer feinen Skala auf dem Glase und die Beobachtung der Parallaxe.

Unter Parallaxe verstehen wir hier die alltägliche Erscheinung, daß hintereinander befindliche Gegenstände unseres Gesichtsfeldes sich gegeneinander zu bewegen scheinen, wenn wir den Kopf hin und her bewegen. Beobachten wir z. B. durch ein Fenster das gegenüberliegende Haus, so scheint das Haus beim Bewegen des Kopfes nahezu still zu stehen, während die Sprossen des Fensters sich entgegengesetzt der Kopfbewegung zu bewegen scheinen. Bei nahen Gegenständen brauchen diese nur ganz nahe hintereinander zu stehen, um die Erscheinung der Parallaxe zu zeigen, besonders unter der Lupe. Wir haben also die Möglichkeit, eine feine Skala genau an den Ort des Luftbildes zu bringen, wenn wir (bei feststehender Einstellupe) das in die Lupe blickende Auge rasch hin- und herbewegen und die Skala so lange verstellen, bis sie gegen das Bild sich nicht mehr hin- und herbewegt, sondern absolut still steht. Diese Einstellung ist bei einiger Übung schärfer als die auf einer Mattscheibe.

Es ist sehr leicht, zum Zwecke solcher Messungen die Mitte der Mattscheibe vorübergehend in eine blanke Glasscheibe zu verwandeln. Wir benutzen einfach eine auf Glas geteilte Skala¹⁾, geben auf die geteilte Seite des Glases einen Tropfen Salat- oder Maschinenöl und drücken sie so auf die matte Seite unserer Visierscheibe, daß das Öl sich auf die ganze Fläche verteilt. Sie hält da fest und die matte Oberfläche ist verschwunden. Nach der Messung säubert man beide Gläser mit einem in Brennspritus oder Benzin getauchten Lappchen. Durch das Wegfallen des Mattglaskornes erscheinen nun die verkleinerten Bilder viel klarer, schärfer und heller und können gut gemessen werden. Man sucht bei unserer Meßmethode erstens den Ort auf, wo das Fernbild sich nicht gegen die Skala bewegt (Einstellung ∞) und zweitens den Ort, wo die abgebildete Skala in ihren Strichen zusammenfällt mit der auf der Mattscheibe angehefteten Meßskala und sich ebenfalls nicht bewegt (Einstellung auf gleiche Größe).

Eine Methode, die zwar im Aufbau umständlicher, aber im Resultat sicherer ist, ist folgende: Man stelle lediglich die Stellung 2 her, d. h., man bilde einen genau meßbaren Gegenstand (Maßstab) in gleicher Größe ab. Mißt man nun den Abstand von Gegenstand und Bild, so ist dieser gleich der vierfachen Brennweite. Die Methode hat den Vorzug, selbst bei nicht ganz gelungener Abbildung in gleicher Größe das richtige Ergebnis zu liefern, da in der Nähe dieser Einstellung Gegenstand und Bild in gleichem Sinne und im gleichen Betrage wandern, ihr gegenseitiger Abstand sich also fast nicht ändert. Die exakte Längenmessung von Strecken, an die

1) Z. B. bei Carl Zeiss, Jena, erhältlich. Für unsere Zwecke am besten 50 mm in Millimeter geteilt, davon 10 mm noch in $\frac{1}{10}$ mm.

man den Maßstab nicht anlegen kann, wird bei dieser und der folgenden Methode am besten durch Senkel bewirkt. Auf Genauigkeit der Längenmessung und auf Güte der Einstellung kommt es in erster Linie an. Einstellung erfolgt am besten mit der Lupe und wird mehrfach wiederholt, und das Mittel aus den verschiedenen gefundenen Längen genommen.

Fig. 8 gibt ein Beispiel für die Versuchsanordnung. In der Mitte ist die Kamera *A* aufgestellt, in der sich das zu untersuchende Objektiv befindet. Ihr gegenüber steht der Glasmaßstab *G*, der von hinten mittels Spiegelchen *S* kräftig beleuchtet ist. Auf der anderen

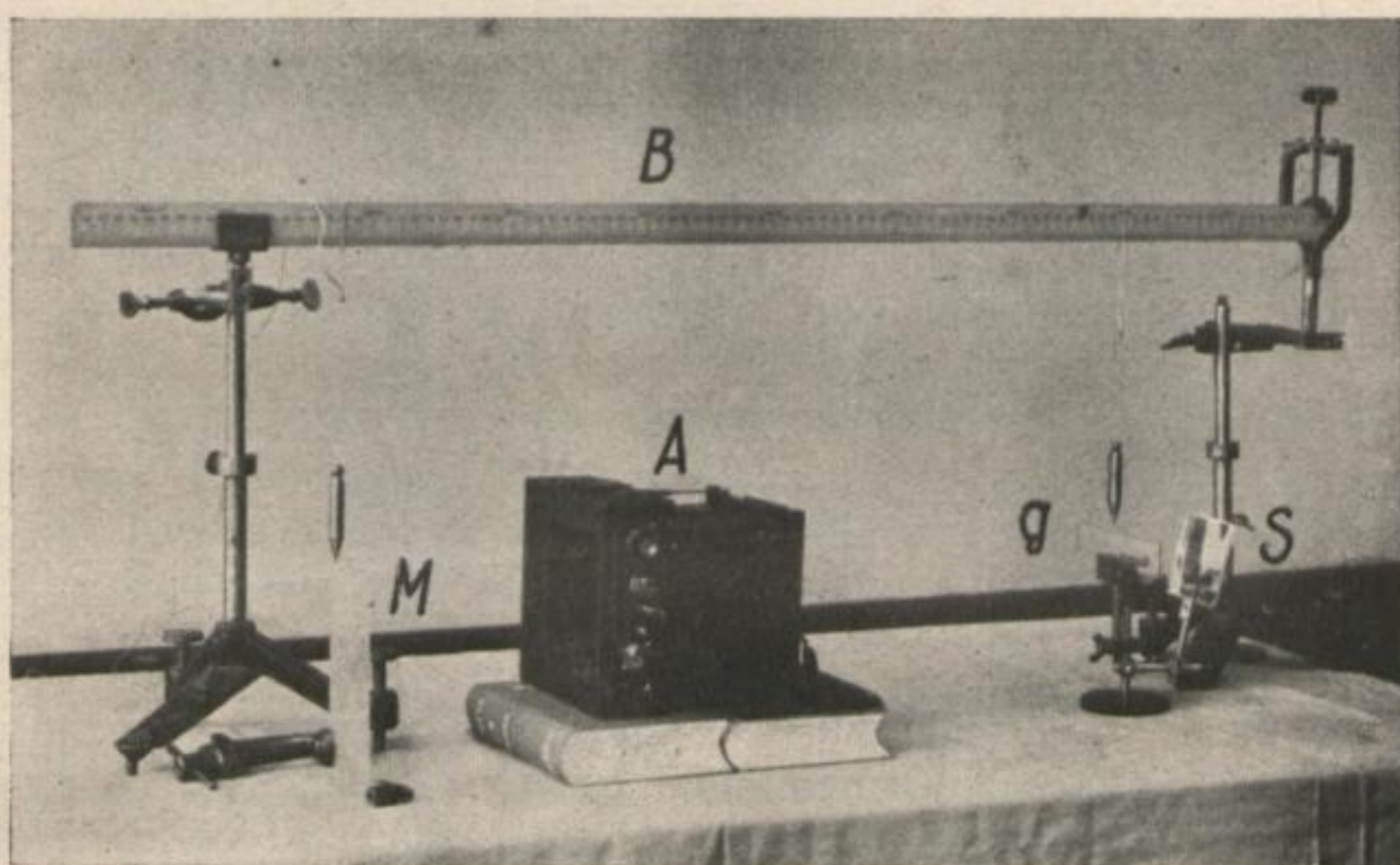


Fig. 8.

Seite ist eine Mattscheibe *M* aufgestellt, auf der mittels Einstellupe und einer zweiten aufgelegten Skala oder mittels eines Stechzirkels die Größe des abgebildeten Maßstabes gemessen wird. Wenn man das Ganze so aufstellt, daß die Mattscheibe im Dunkel des Zimmers liegt, dagegen das Himmelslicht direkt durch Skala *G* auf Objektiv *A* gespiegelt wird, ist das Bild so hell, daß man kein Einstelltuch braucht. Noch besser und genauer ist der Ersatz der Mattscheibe durch eine blanke Glasskala wie oben beschrieben. Ein Meterstab *B* mit zwei Senkeln läßt nach gelungener Einstellung auf gleiche Größe den Abstand von Bild und Objekt auf Bruchteile eines Millimeters genau messen. Da dieser Abstand durch vier zu dividieren ist, um die Brennweite zu bekommen, wird der bei Messung dieses Abstandes begangene Fehler auch geviertelt.

Der prinzipielle Fehler der Methode, den Umstand nicht zu berücksichtigen, daß die beiden Hauptebenen des Objektivs einen gewissen Abstand haben, bleibt nach den Erfahrungen des Verfassers innerhalb der unvermeidlichen Versuchsfehler.

Bei kleineren Brennweiten führt auch die Methode stark verkleinerter Bilder zu recht genauen Resultaten. Sie beruht einfach darauf, die Bildgröße zu messen, die von einem Objekt in bekannter größerer Entfernung entworfen wird (Fig. 9). Nach dem

Abbildungsgesetz gilt streng $f = A \cdot \frac{l}{L+l}$.

Wir stellen in der relativ großen Entfernung (etwa 10 m) A einen Maßstab auf oder markieren uns am Fenster auf Pauspapier zwei Striche, deren Entfernung wir genau gemessen haben. Diese Objektgröße sei L . Dann messen wir die Bildgröße l und die Objektentfernung A und können daraus leicht die Brennweite berechnen. Ein Zahlenbeispiel möge den Gang der Rechnung verdeutlichen. Alle Längen müssen in derselben Einheit ausgedrückt sein.

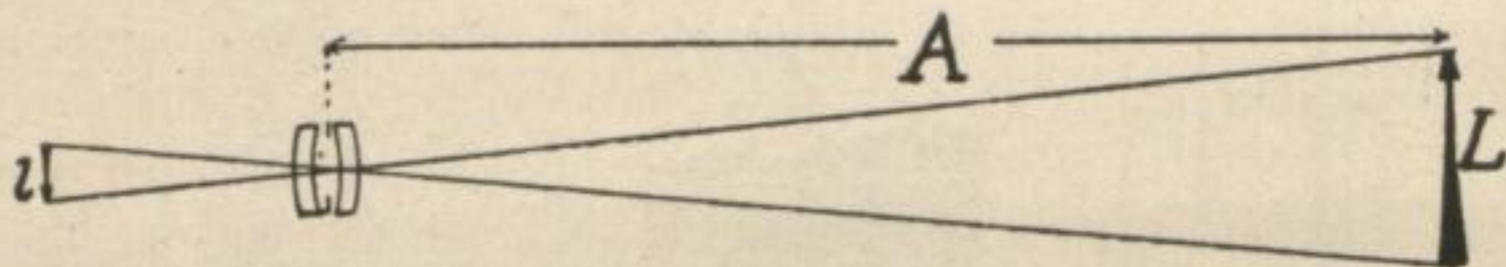


Fig. 9.

Wir wählen zweckmäßig das Zentimeter. Unsere Striche auf Pauspapier sind 40 cm voneinander entfernt. Den Apparat haben wir in einer Entfernung von 1217 cm aufgestellt und auf der Mattscheibe eine Entfernung der Striche des Bildes von 0,34 cm gemessen.

Also ist die Brennweite $= 1217 \times \frac{0,34}{40,34}$ d. i. = 10,25 cm.

Der Witz der Methode liegt darin, daß gegenüber der großen Entfernung A unsere Unkenntnis, von welchem Punkt des Objektivs aus die Strecke der strengen Formel 1) zu rechnen ist, keine Rolle spielt. Wir zählen A von der Blendenebene des Objektivs aus, und es beeinflußt das Resultat bei 10 m Entfernung nur um ein Promille, wenn wir bei dieser Annahme einen Fehler von 1 cm machen, wie sich leicht einsehen läßt. Die Hauptfehlerquelle der Messung liegt in der Aufgabe der genauen Ermittlung der Bildgröße. Aus diesem Grunde ist die oben beschriebene Verwendung einer Skala statt der Mattscheibe bei dieser Methode kaum zu umgehen. Denn hier stört das Korn der Mattscheibe besonders.

Es kommt natürlich darauf an, die Größe so genau wie möglich zu bestimmen. Geübt ist es nicht schwer, einen Strich, der zwischen

zwei Striche der Millimeterskala fällt, seinem Orte nach auf Zehntelmillimeter schätzungsweise anzugeben, oder in gleicher Weise unter der Lupe den Ort eines zwischen zwei Zehntelmillimeterstrichen fallenden Strichbildchens auf Hundertstelmillimeter zu schätzen. Wer sich der Geschicklichkeit der Zehntelschätzung nicht sicher ist, tut besser, auf einen Glasstreifen oder direkt auf den hellbeleuchteten Maßstab, der das Objekt L bilden soll, zwei Reiter aus schwarzem Papier spitz zugeschnitten

(s. Fig. 10) zu setzen und durch einen Gehilfen so anschieben zu lassen, daß die Bilder gerade auf zwei Striche

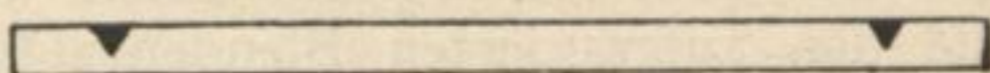


Fig. 10.

seiner Meßskala fallen. Die Zehntelschätzung ist damit vermieden und ersetzt durch die Messung des Abstandes zwischen den zwei Reitern. Bequem ist für solche Zwecke die mit Gummiring versehene Einstellupe, die sich an der Mattscheibe durch Luftdruck festhaftend aufsetzen läßt.

Beide Messungen führen zu Fehlern, wenn die Mitte der zu messenden Strecke nicht auf der Achse des Objektivs abgebildet ist. Prüfung der richtigen Zentrierung (s. S. 13) bzw. Sorge dafür, daß der Zentrierpunkt auf der Mattscheibe in die Mitte der zu messenden Strecke fällt, ist daher notwendig.

2. Die Lichtstärke.

Ein wichtiges Merkmal für die Bewertung eines Objektivs bildet seine Lichtstärke, das heißt, die Helligkeit des Bildes, die es im Vergleich zu anderen Objektiven auf der Mattscheibe oder Platte entwirft. Diese Helligkeit hängt in der ersten Linie von dem Verhältnis seiner wirksamen Öffnung zu seiner Brennweite ab, aber was oft außer acht gelassen wird, auch von anderen Umständen, nämlich von der Durchlässigkeit der verwendeten Gläser und von den mehr oder minder großen Lichtverlusten durch Reflexion. Jede Linsenoberfläche, welche an Luft grenzt, also nicht mit einer gleichgeformten anderen verkittet ist, wirkt, wie wir gesehen haben, spiegelnd; mit anderen Worten, wirft einen Teil des auffallenden Lichtes zurück. Diese Anteile gehen, soweit sie nicht durch wiederholte Spiegelung aufs Bild geworfen werden, für die Bilderzeugung verloren. Mehrfach reflektierte Strahlen wirken nur als „Vorbelichtung“ oder richtiger „Zusatzbelichtung“. Darum sind in dieser Beziehung Einzellinsen (zwei Luftflächen) am günstigsten, sehr günstig noch verkittete symmetrische Anastigmaten und Aplanate (vier Luftflächen), schlechter unsymmetrische Anastigmaten vom Tessartypus (sechs Luftflächen)

und am ungünstigsten die unverkitteten Anastigmaten (acht Luftflächen). Und zwar sind die Lichtverluste durch Absorption und Reflexion durchaus nicht zu vernachlässigen. Sie können in ungünstigen Fällen von der theoretischen Lichtmenge bis zu 40% wegnehmen.

Trotzdem wird die Lichtstärke fast durchgehends allein durch das Öffnungsverhältnis ausgedrückt, und ist die Kontrolle des größten bzw. der verschiedenen wirklichen Öffnungsverhältnisse, die den aufgravierten Blendenzahlen entsprechen, eine Aufgabe, der sich jeder ernste Praktiker unterziehen sollte. Wir wollen uns zunächst die Bedeutung des Öffnungsverhältnisses klar machen, und zwar nur auf Grund allgemein bekannter und nicht wissenschaftlicher Begriffe.

Die photographische Kamera gleicht einem einfenstrigen Zimmer. Wovon hängt die Helligkeit der dem Fenster gegenüberliegenden

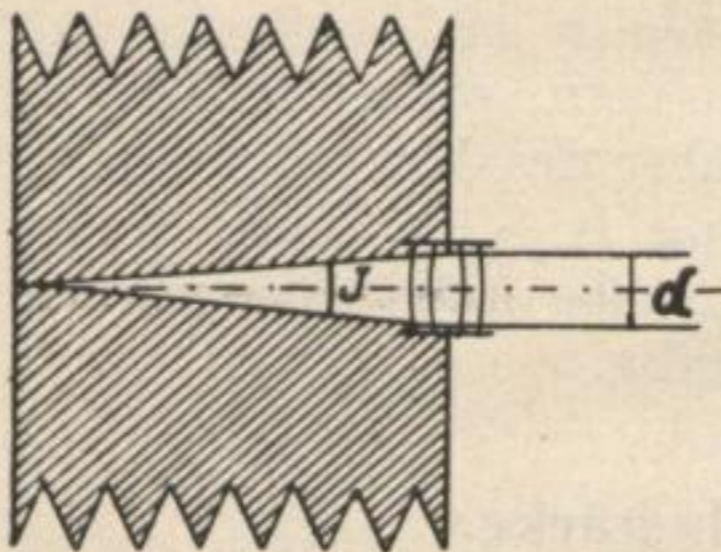


Fig. 11.

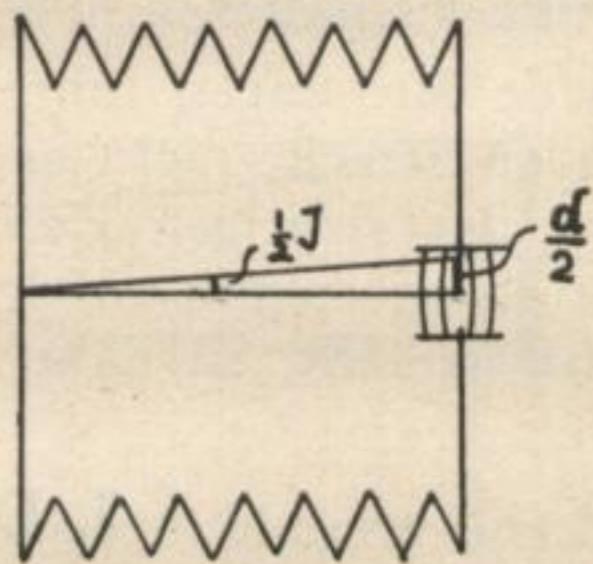


Fig. 12.

Zimmerwand ab? Offenbar von der Größe des Fensters und von seiner Entfernung von dieser Wand. Die Lichtmenge, die mein an dieser Wand befindliches, gegen das Fenster blickendes Auge einfängt, bleibt die gleiche, wenn das Fenster hier gleich groß erscheint, d. h., wenn es bei doppelter Entfernung doppelt so hoch und doppelt so breit ist, hat sich für mein Auge nichts geändert. Tatsächlich rückt man näher ans Fenster, wenn man helles Licht haben will, also an Punkte, wo das Fenster scheinbar größer ist, oder muß die Fensteröffnung größer machen, wenn man auch in der Zimmertiefe helles Licht haben will. Nun ist die Lichtmenge, die durchs Fenster auf die gegenüberliegende Wand fällt die gleiche, ob das Fenster mit Spiegelscheiben oder mit Linsen verglast ist (wenn man von Reflexions- oder Absorptionsverlusten absieht).

Die Linsen sorgen nur für eine ganz besondere Verteilung dieser Lichtmenge, indem sie dadurch ein „Bild“ erzeugen, aber die Gesamtmenge wird dadurch nicht geändert.

Die Helligkeit auf der Platte ist also auch allein davon abhängig, wie groß von einem Punkt der Platte gesehen scheinbar das Objektiv erscheint, also von dem Öffnungswinkel J (Fig. 11), den die Randstrahlen des Beleuchtungskegels miteinander bilden. Dieser Winkel kann auch ausgedrückt werden durch seine trigonometrische Tangente, nämlich durch das Verhältnis des halben Durchmessers des wirkenden Beleuchtungskreises $\frac{d}{2}$ zu dessen Entfernung f , nämlich zur Brennweite (Fig. 12).

Es ist der Einfachheit halber allgemein üblich geworden, das Verhältnis des ganzen Durchmessers zugrunde zu legen, mit anderen Worten, das Öffnungsverhältnis als die Zahl auszudrücken, die angibt, wie oft der Durchmesser der wirksamen Öffnung in der Brennweite enthalten ist. Ich betone „der wirksamen Öffnung“, d. h. derjenigen, die die Größe des Winkels J bestimmt. Diese wirksame Öffnung ist weder gleich dem Durchmesser der Linsen, noch gleich

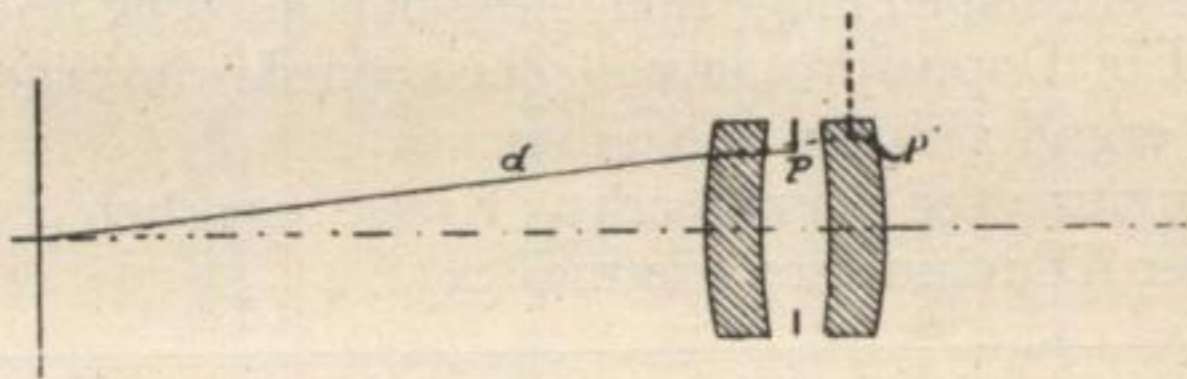


Fig. 13.

dem Durchmesser der Blende, sondern gleich der scheinbaren Größe, in der die Blende von der Mattscheibe aus gesehen erscheint. Da wir sie immer durch die hinteren Linsen sehen, wird sie in der Regel gegenüber ihrer wirklichen Größe etwas vergrößert. Oder mit anderen Worten: die Randstrahlen \bar{d} (Fig. 13), die den Lichtkegel begrenzen, werden durch die Hinterlinse gebrochen, so daß sie von der Platte aus gesehen von einem anderen Punkt P' zu kommen scheinen, als dem Punkt P des wirklichen Blendrandes. Die Messung der Lichtstärke darf also sich weder an die körperliche Blende, noch an die Linsendurchmesser anschließen, sondern hat die „wirksame Öffnung“ zu ermitteln.

Dies geschieht am einfachsten durch Umkehrung des Strahlenganges.

Betrachten wir nochmals Fig. 11 und denken uns im Bildpunkte ein stark leuchtendes Pünktchen, so werden die von ihm ausgehenden Lichtstrahlen, wenn es sich genau im Brennpunkt des Objektivs befindet, nach Durchsetzung des Objektivs parallel austreten, also einen Lichtzylinder vom Durchmesser \bar{d} mit Licht erfüllen. Dieser Durchmesser ist zugleich der Durchmesser des

Kreises der wirksamen Öffnung, denn für die Brechungen und Abblendungen im Objektiv macht es keinen Unterschied, ob sich das Licht von rechts nach links, oder von links nach rechts bewegt.

Die Methode zur Ermittlung des Durchmessers der wirksamen Öffnung ist also die folgende:

Wir stellen die Mattscheibe scharf auf „Unendlich“ ein und ersetzen sie entweder durch eine mit feiner Öffnung (von etwa 1 bis 2 mm Durchmesser) versehenen Platte aus dünnem Holz, Blech oder Pappe, oder bekleben die matte Seite provisorisch mit einem schwarzen Papier, welches ein feines Loch trägt. Dieses Loch beleuchten wir durch eine möglichst nah herangebrachte Glühlampe. Setzen wir dann vorn auf die Sonnenblende ein Stück Mattglas auf, so bemerken wir auf diesem einen scharfbegrenzten hellen Kreis, dessen Durchmesser mittels Maßstab gemessen wird. Kennen wir die Brennweite, so ergibt sich durch Division dieser Zahl in dieselbe das Öffnungsverhältnis.

Ein Zahlenbeispiel möge den Gang der Messung und Berechnung erläutern. Ein Doppelprotar von Zeiss wurde durchgemessen. Die Brennweite ergab sich zu 169,9 mm.

Als Durchmesser der hellen Kreise ergaben sich folgende Zahlen (jeder Durchmesser viermal):

Bei Blende	offen	9	12	19	26
Einzelmessung	28,0	20,1	13,8	9,1	6,7
	28,1	20,3	13,8	9,1	6,8
	28,1	20,2	13,7	9,2	6,7
	28,0	20,1	13,8	9,1	6,7
Mittel aus den vier Messungen	28,05	20,18	13,78	9,12	6,72
Diese Mittel in 169,9 dividiert ergibt als Öffnungsverhältnis	6,07	8,35	12,32	18,65	25,3

Die volle Öffnung ist also $F/6$, die Blendenöffnungen können wir praktisch als identisch mit den aufgravierten Zahlen betrachten.

Etwas bequemer, aber weniger genau gestaltet sich die Messung, wenn man wie folgt verfährt: Man schneidet sich aus Gaslichtpapier runde Scheiben, so groß, daß sie gerade in das Innere des Objektivdeckels des zu untersuchenden Objektivs passen. Man legt nun für jede Blendenstellung je ein solches Scheibchen innen in den Deckel und setzt es durch Aufsetzen des Deckels bei jeder Blende dem Licht aus. Man findet dann nach dem Entwickeln der Scheibchen runde schwarze Flecke, deren Durchmesser nach dem Trocknen bequem ausgemessen werden können.

Bei ungenügender Helligkeit der Lichtkreise ist die optische Messung mühsam und sind die Expositionszeiten bei photographischer Festhaltung groß. Diese hat ihre Ursache in zu schwacher Beleuchtung des kleinen Loches in der Brennebene. Es liegt nahe, dieses möglichst hell zu beleuchten, indem man mittels eines Objektivs oder eines Kondensors die Lichtquelle auf das Loch abbildet. Die Anordnung ist in Fig. 14 dargestellt. Die Lochblende im Brennpunkt des zu prüfenden Objektivs O wird durch die Lichtquelle M nicht direkt, sondern sehr hell dadurch beleuchtet, daß mittels des Kondensors oder Hilfsobjektivs K ein sehr helles Bild der Bildquelle auf der Ebene L und speziell auf dem Loch entworfen wird. Wesentlich heller wird natürlich auch die Beleuchtung, wenn das Loch nicht mit der Mattscheibe gebildet, sondern blank ist, wie man das (s. S. 18) durch Aufheften eines kleinen Stückchens Glas verwirklichen kann. In diesem Falle ist aber die Beleuchtung nicht so einfach. Hat man keine flächenhafte Lichtquelle, so wirkt das Loch wie das Lochobjektiv einer Lochkamera,

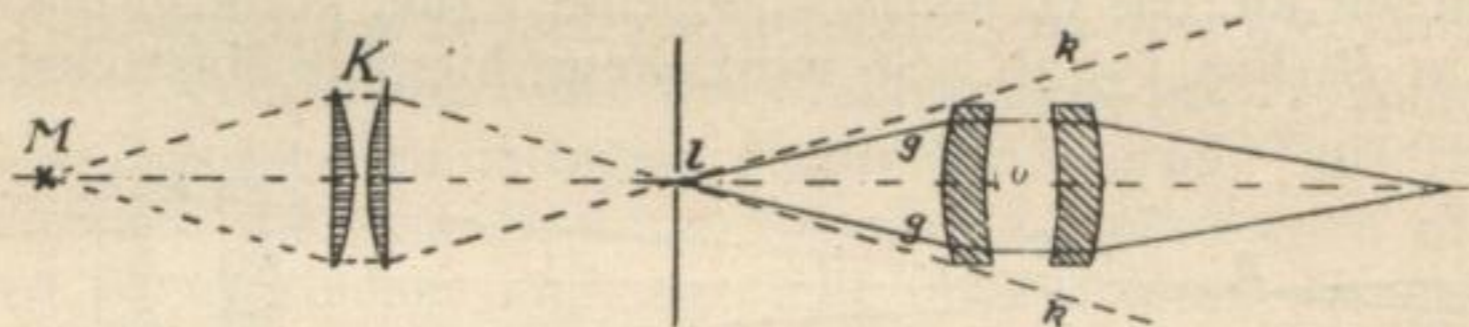


Fig. 14.

d. h. es bildet die Form der Lichtquelle in der Linse ab und wir bekommen keinen runden schwarzen Fleck auf dem Papier, sondern eine unscharfe Wiedergabe der Form unseres Glühfadens. Benutzt man aber eine Beleuchtungslinse, die die Lichtquelle auf das Loch abbildet, so bekommt man zwar einen ganz mit Licht erfüllten Kreis, muß sich aber davor hüten, als Beleuchtungslinse K ein System zu wählen, das ein zu kleines Öffnungsverhältnis hat; mit anderen Worten, der vom Loch ausgehende Lichtkegel kk muß größere Öffnung aufweisen, als der vom Objektiv gebildete Lichtkegel gg . Ist das Umgekehrte der Fall, so verrät sich das dem Kundigen sofort dadurch, daß der auf der Mattscheibe, die vorn am Objektiv anliegt, erscheinende Lichtkreis nicht voll beleuchtet, d. h. überall scharf begrenzt ist, sondern teilweise unbeleuchtet oder unscharf begrenzt erscheint. Da die Lichtquelle durch das System K in gleicher oder annähernd gleicher Größe abgebildet wird, ist zu bedenken, daß der Kegel kk nur ungefähr dem halben Öffnungsverhältnis entspricht, das für Abbildung eines sehr fernen Objekts in Betracht kommt. Das System K muß also mindestens die doppelt so große Lichtstärke besitzen, als das zu untersuchende Objektiv. Wir

werden also selten hierfür ein photographisches Objektiv wählen können, sondern müssen richtige Kondensoren (aus Vergrößerungsapparaten) oder Lupen zu Hilfe nehmen. Auf die wirkliche Größe der Linse kommt es nicht an, also zwei gewöhnliche Vergrößerungsgläser von der Größe der Brillengläser, wie sie z. B. im Zeisschen „Brillenglaskondensor“ für Mikrophotographie vorhanden sind, genügen für den Zweck. Photographiert man nicht, so ist zum Ausmessen des Durchmessers der Lichtscheibe die mehrfach erwähnte Glasskala sehr von Nutzen. Man setzt das Mattglas verkehrt, das heißt, mit der matten Seite nach vorn auf das Objektiv und kann dadurch die Striche der Skala mit der matten Seite in unmittelbare Berührung bringen und sehr gut ablesen.

Methode der Zerstreungskreise.

Ohne die wirksame Öffnung und ohne die Brennweite zu messen, ist es möglich, das Verhältnis beider Größen, welches wir zu ermitteln vorhaben, eben das Öffnungsverhältnis direkt zu bestimmen. Nehmen wir an, das Objektiv bilde eine ferne, punktförmige Lichtquelle in B (Fig. 15) ab. So wird, wenn hier die Mattscheibe sitzt,

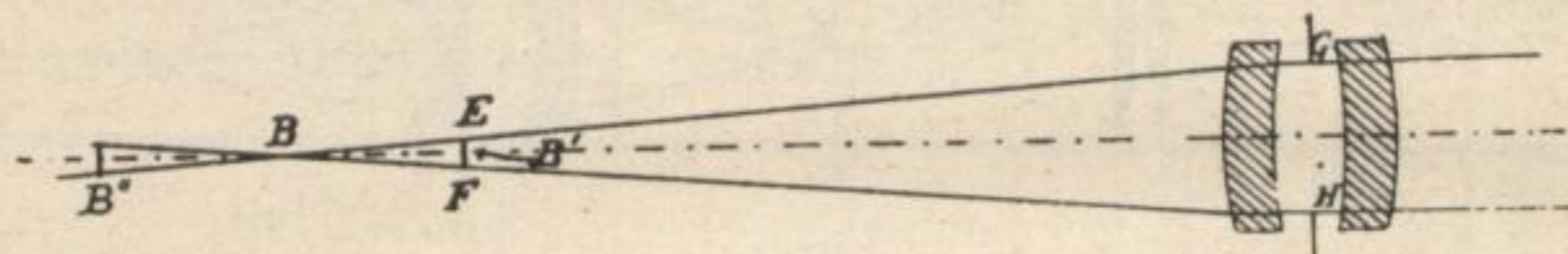


Fig. 15.

d. h. die Lichtquelle scharf eingestellt ist, ein kleines helles Pünktchen zu sehen sein. Rücken wir aber die Mattscheibe aus dieser Stellung heraus, gleichgültig, ob nach vorn oder nach hinten, so vergrößert sich der Punkt zu einer runden Scheibe, die wir „Zerstreungskreis“ nennen. Sie ist das Bild des Querschnittes des durch das Objektiv entworfenen Lichtkegels. Nun haben wir gesehen, daß der Öffnungswinkel dieses Lichtkegels, ausgedrückt durch das Verhältnis (S. 22) Höhe f , dividiert durch Durchmesser der Basis d eben die gesuchte Größe ist. Wegen der Ähnlichkeit der Dreiecke BEF und BGH (Fig. 15) ist aber dieses Verhältnis immer gleich dem Verhältnis der Mattscheibenverschiebung (BB' oder BB'') zum Durchmesser des dadurch erzeugten Zerstreungskreises EF . Das ist, wenn es nicht auf besondere Genauigkeit ankommt, die einfachste Methode, das Öffnungsverhältnis zu bestimmen. Der Verfasser hat im Jahre 1912 eine Variante dieser Methode veröffentlicht¹⁾, die sogar alles Rechnen vermeidet. Sie beruht darauf, die Mattscheibe so weit zu verschieben, bis der Zerstreungskreis genau den Durch-

1) Photogr. Rundschau u. Mitteilungen 1912, Heft 8, S. 121.

messer 1 cm aufweist. Die Strecke in Zentimetern ausgedrückt, um die wir zu diesem Zweck verschieben mußten, gibt direkt die Öffnungszahl, wie sich leicht einsehen läßt. Ist z. B. der Durchmesser der wirksamen Öffnung 3,33 cm, die Brennweite 15 cm, so verhalten sich diese wie 1:4,5, also ist auch das Verhältnis der Mattscheibenverschiebung zur Größe des Zerstreungskreises 1 zu 4,5, mit anderen Worten, wir müssen die Mattscheibe genau 4,5 cm verschieben, um 1 cm Zerstreungskreisdurchmesser zu erzielen.

Zur praktischen Durchführung der Methode ist folgendes zu beachten: Die Messung des Durchmessers des Zerstreungskreises erfolgt wieder am besten unter der Einstelllupe mit Hilfe einer in Millimeter oder Zehntelmillimeter geteilten Glasskala. Und zwar benutzt man, um die Verschiebung möglichst genau zu bekommen, die beiden Stellungen B' und B'' der Fig. 15, d. h. man verschiebt sie sowohl nach hinten als auch nach vorn, wenn das die Kamera zuläßt. Die Hälfte dieser Gesamtverschiebung ist dann die Öffnungszahl. Die Lichtquelle soll soweit entfernt sein, daß die Einstellung der auf „Unendlich“ praktisch gleichkommt, also bei kleinen Brennweiten bis 13,5 cm mindestens 100 Brennweiten, bei größeren mindestens 200 Brennweiten betragen. Kann man so große Entfernungen nicht einhalten, wie sie z. B. durch Anvisieren einer fernen Straßenlaterne zu verwirklichen sind, so stellt man sich im Zimmer eine blanke Glühlampe auf und entfernt sich mit der Kamera soweit wie möglich von ihr. Handelt es sich aber um größere Brennweiten, oder ist es aus einem anderen Grund nicht möglich, sich von der Lichtquelle genügend weit zu entfernen, so läßt sich der dadurch begangene Fehler leicht wie folgt rechnerisch beseitigen:

Bekanntlich gibt das Abbildungsgesetz folgende einfache Beziehung zwischen den Abständen von Objekt (hier Lichtquelle) und Bild (hier Mattscheibe), wenn man diese Abstände beiderseits nicht vom Objektiv aus, sondern vom vorderen und hinteren Brennpunkt aus rechnet. Ist das Objektiv 20 (oder 10 oder 4) Brennweiten vom vorderen Brennpunkt entfernt, so ist sein Bild $\frac{1}{20}$ (oder $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{4}$) Brennweite vom hinteren Brennpunkt, also von der Einstellung „Unendlich“ entfernt.

Ist also bei einem Objektiv von 24 cm Brennweite das Licht 5 Meter, also ca. 20 Brennweiten entfernt, so ist das scharf eingestellte Bild nicht im Brennpunkt, sondern $\frac{24}{20}$ cm = 1,2 cm zu weit entfernt. Der Lichtkegel ist infolgedessen enger, die Proportion ist dadurch unrichtig, daß wir eine um $\frac{1}{20}$ zu lange Strecke verschieben müssen, um den Zerstreungskreis 1 cm zu erzielen. Man hat also $\frac{1}{20}$ der gefundenen Strecke, oder was dasselbe ist, 5% abzuziehen, um das richtige Öffnungsverhältnis zu erhalten. Es sei in dem eben-

genannten Beispiel Verschiebung 70 mm gefunden. Korrektur ist also davon $\frac{1}{20} = 3,5$ mm, also richtige Öffnungszahl $7,0$ minus $0,35 = 6,65$. Die Lichtstärke des Objektivs ist $F:6,65$. Mathematisch ergibt sich diese Korrektionsregel wie folgt:



Fig. 16.

Es sei: Die Brennweite $= f$, der Abstand der Lichtquelle $= mf$, dann ist die Einstelldifferenz $x = \frac{f}{m}$, man mißt also beim Versuch statt der Strecke b die Strecke a (Fig. 16), oder statt des gesuchten Verhältnisses $\frac{f}{2r}$ das Verhältnis $\frac{f+x}{2r}$. Hierbei ist $2r$ der Durchmesser der wirksamen Öffnung. Nun ist (laut Messungsregel) $\frac{a}{I} = \frac{x+f}{2r}$, setzt man hier ein $x = \frac{f}{m}$ und formt um, so ergibt sich

$$a = \frac{f + \frac{f}{m}}{2r}, \quad 2ar = f \left(1 + \frac{1}{m}\right) \quad \frac{f}{2r} = \frac{a}{1 + \frac{1}{m}}$$

Ist nun $\frac{1}{m}$ relativ klein, so kann man bekanntlich setzen $\frac{a}{1 + \frac{1}{m}} = a \left(1 - \frac{1}{m}\right)$, was der oben angegebenen Korrektionsregel entspricht.

Läßt die Kamera eine Verschiebung bis auf 1 cm Zerstreuungskreisdurchmesser nicht zu, so kann man natürlich auch nur bis 5 mm Durchmesser gehen, muß aber die hierfür gemessene Verschiebung verdoppeln, um die Öffnungszahl zu bekommen.

3. Der nutzbare Bildwinkel.

Der nutzbare Bildwinkel bestimmt das größte Bildformat, für das unser Objektiv noch verwendet werden kann. Die brauchbare Bildgröße ist durch zwei Umstände beschränkt, nämlich durch die Abnahme der Bildhelligkeit und durch die Abnahme der Bildgüte, wenn man sich von der Bildmitte (Achse des Objektivs) entfernt. Je nach dem speziellen Verwendungszweck sind diese Bildwinkel

von vornherein sehr verschieden bemessen und es ist ein Irrtum, anzunehmen, daß, je größer der Bildwinkel, desto besser das Objektiv ist.

Schon aus ästhetischen Gründen ist für viele Zwecke ein nicht zu großer Bildwinkel, oder was dasselbe ist, eine relativ große Brennweite für ein bestimmtes Bildformat zweckmäßig. So wird der Porträtphotograph nie kleine Brennweiten, die kurze Aufnahmeentfernungen und unschöne Perspektive zur Folge haben, verwenden. Aber auch für Universalobjektive soll der Bildwinkel von 60° nicht überschritten, also eine Brennweite kürzer als die Plattendiagonale (d. i. 15 cm für 9×12) nicht gewählt werden. Nur für spezielle Zwecke, bei denen großer Bildwinkel, also vom gegebenen Standpunkt ein recht großes Gesichtsfeld wünschenswert ist, also überall da, wo es unmöglich ist, sich von seinem Objekt genügend weit zu entfernen, um es ganz auf die Platte zu bringen (Interieuraufnahmen, Architekturen in engen Straßen) ist man gezwungen, zum „Weitwinkel“ zu greifen und die durch ihn bedingte unschöne übertriebene Perspektive in Kauf zu nehmen. Umgekehrt sieht man sich oft gezwungen, einen sehr kleinen Bildwinkel zu wählen (Teleobjektive, Hinterlinsen symmetrischer Anastigmaten), um sein Objekt, z. B. ferne Berge, an das man nicht nah genug herankommen kann, möglichst groß auf die Platte zu bringen.

Je nach dem Zweck also, für den das Objektiv vorwiegend verwendet werden soll, sind die Anforderungen an den Bildwinkel zu bemessen.

4. Abnahme der Bildhelligkeit.

Setzen wir ein Objektiv in eine Kamera weit größeren Formates ein, als das, für das es bestimmt ist (z. B. 10,5 Brennweite in 18×24 Kamera), so bemerken wir, daß es ein kreisförmiges Bild entwirft, dessen Rand mehr oder minder rasch in vollständiger Dunkelheit verschwindet, also unscharf begrenzt ist. Dieser Durchmesser des „Bildkreises“ läßt sich auf der Mattscheibe messen und wird auch manchmal in den Preislisten der Fabrikanten angegeben.

Während am Rand des Bildkreises die Bildhelligkeit rapid und auffallend abnimmt, ist nicht ohne weiteres zu erkennen, daß schon weit früher eine Abnahme der Bildhelligkeit stattfindet, ja streng genommen, diese Abnahme schon von der Achse (Bildmitte) an beginnt. Sie hat mehrere Ursachen, die auseinandergehalten werden müssen. Die erste Ursache, welche die Helligkeitsabnahme von der Mitte aus zur Folge hat, ist die, daß jedes kreisförmige Loch in einer dünnen Wand, durch das wir blicken, sich zu einer immer schmäler werdenden Ellipse zusammenzieht, je mehr wir uns von dem Punkt

der geraden senkrechten Draufsicht nach der Seite zu mit unserem Auge entfernen, je schiefere diese Wand also zu unserer Blickrichtung steht. Der eine Durchmesser unserer Blendenöffnung erscheint verschmälert, dementsprechend der Lichtkegel an der Seite eingeeengt, infolgedessen die Lichtmenge verringert. Diese Ursache wirkt innerhalb der üblichen Bildwinkel besonders in der Nähe der Bildmitte außerordentlich wenig, so daß sie praktisch nicht in Erscheinung tritt und vernachlässigt werden kann. Eine zweite auch wenig wirkende Ursache ist die, daß die seitlichen Punkte um so weiter von der Blende entfernt sind, je seitlicher sie liegen. Erst die dritte Ursache kann eine störende Helligkeitsabnahme bewirken, das ist der Umstand, daß bei schiefen Einfallswinkeln nicht nur die Blende, sondern auch die Linsenränder strahlenbegrenzend wirken. Diese

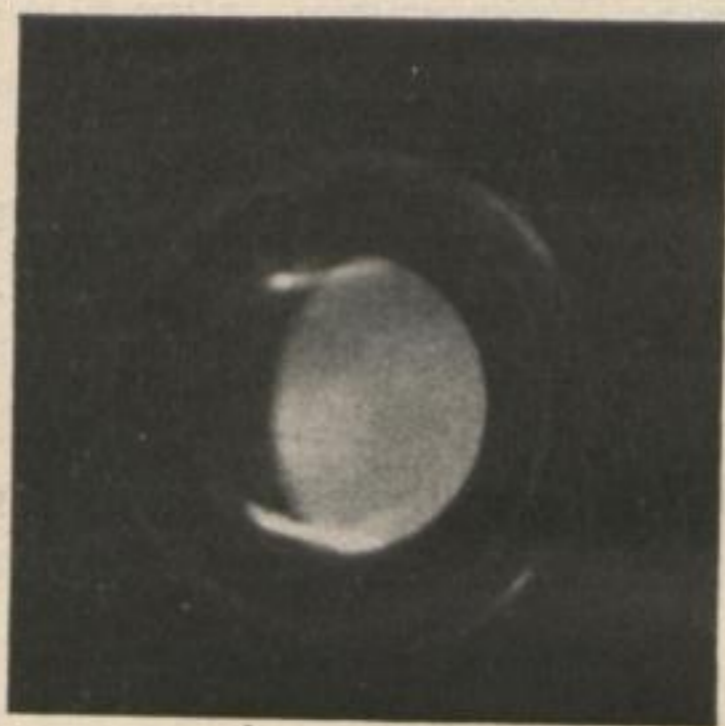


Fig. 17.

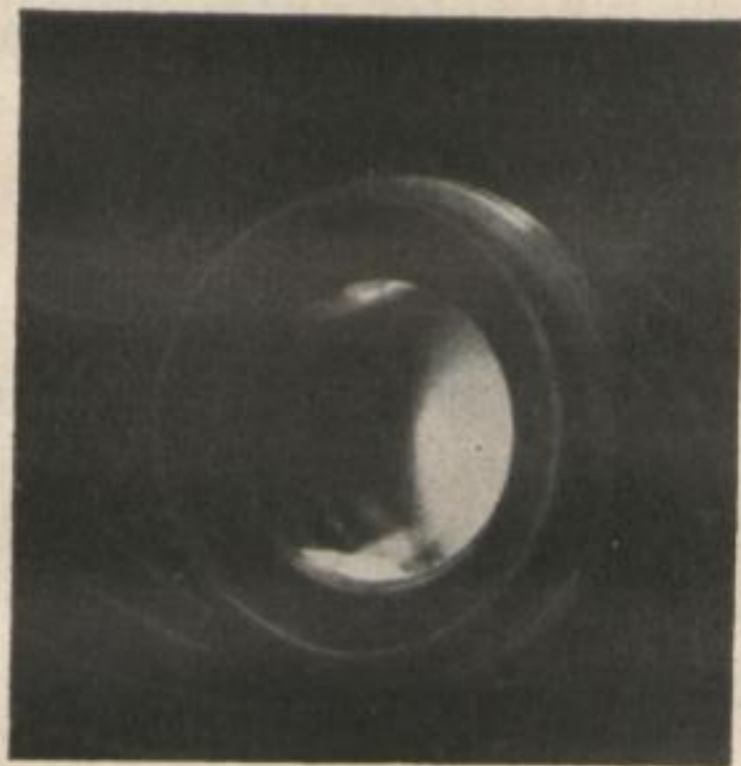


Fig. 18.

stellen also weitere größere Blenden dar, welche bei schiefen Einfallswinkeln sich in den Strahlengang hereinschieben. Am anschaulichsten zeigen sich die Verhältnisse, wenn wir in einer Kamera die Mattscheibe entfernen und unser Auge an die Stelle der Mattscheibe bringen. Aus der Größe und Form der hellen Öffnung, die es im Objektiv sieht, entnimmt es ja unmittelbar die Größe und Form des beleuchtenden Strahlenkegels. Wenn wir zunächst unser Auge an die Stelle der Bildmitte bringen, sehen wir den je nach der Blendenstellung größeren oder kleineren Kreis. Der Beleuchtungskegel ist hier also ein reiner Kreiskegel. Entfernen wir nun allmählich unser Auge immer in der Mattscheibenentfernung bleibend von der Mitte und bewegen es gegen den Rand, so wird der Blendenkreis eine Ellipse infolge der schiefen Draufsicht, aber diese Formveränderung läßt sich kaum wahrnehmen, so geringfügig ist sie; ebenso wenig fällt seine Verkleinerung durch das Wachsen der Entfernung auf.

Wir befinden uns noch in der Zone der ersten beiden Ursachen. Plötzlich aber, wenn wir weitergehen, tritt ein bogenförmiger Schatten in den hellen Kreis, der die Größe der hellen Fläche deutlich einengt. Ein Linsenrand ist nunmehr strahlenbegrenzend geworden, wir sind nun mit unserem Auge in die Zone der merkbaren Lichtabnahme gekommen. Der Anblick in dieser Zone ist durch Fig. 17 und 18 wiedergegeben, wobei 17 den Anfang, 18 eine starke Einengung der Strahlenkegel zeigt. Diese Eigenschaft des Objektivs nennt man „Vignettieren“. Durch das Vignettieren wird also in den Bildecken eine manchmal störende Lichtabnahme bewirkt, die hier oft den Himmel dunkler erscheinen läßt. Folgendes ist aber wichtig zu wissen: Der Beginn der Zone, in der Vignettieren auftritt, wird um so weiter an den Bildrand hinausgeschoben, je enger die Blende gestellt ist. Wir sehen das deutlich am Vergleich der Fig. 19 mit Fig. 17. Beide zeigen dasselbe Objektiv vom selben seitlichen Bildpunkt aus gesehen. 17 zeigt volle Öffnung, 19 aber kleine Blende. Hier ist also der Linsenrand noch nicht strahlenbegrenzend, sondern nur die Blende, während in 17 schon der Linsenrand mitwirkt. Die zwei Vergleichsaufnahmen mit großer und mittlerer Blende, mit einem Vogtländer Aplanaten aufgenommen, Fig. 20 und 21, zeigen auch deutlich das Hinausschieben der Vignettierungszone durch Verkleinern der Blende.



Fig. 19.

Im allgemeinen wird eine besondere Prüfung der Vignettierungsgrenzen sich erübrigen, da die modernen Objektive so konstruiert sind, daß sie innerhalb des Bildwinkels, für den sie gebaut sind, frei von störender Vignettierung sind. Nur bei Weitwinkeln wird man (übrigens auch meist wegen der verlangten Tiefenschärfe) zu kleinen Blenden greifen müssen, weil sich sonst Vignettierungserscheinungen nicht vermeiden lassen. Auch bei sehr starker Verschiebung des Objektivs können zwei Bildecken in die Vignettierungszone geraten. Beobachtet man merkliches Nachlassen der Deckung an den Ecken der Negative, so hat man in vorstehend beschriebener Beobachtung der Blendenöffnung das Mittel, das Auftreten der Vignettierungsursache zu verfolgen. Beim Kauf von Objektiven ist nützlich zu wissen, daß je kürzer das Instrument konstruiert ist, desto günstiger seine Vignettierungseigenschaften ausfallen.



Fig. 20.



Fig. 21.

Deshalb auch die Abneigung der Fachleute gegen langgebaute Objektive, die einen langen Rohrstutzen herausragen lassen, und die Verdeckung dieser unbeliebten Form seitens der Fabrikanten dadurch, daß sie den Anschraubflansch nicht an das Ende des Rohrstutzens setzen, sondern nach vorn verlegen, so daß das in den Anschraubring eingeschraubte Objektiv teilweise in die Kamera hineinragt und so außen den Eindruck kurz gebaut zu sein vortäuscht. Solche Formen sind deshalb unbequem, weil sich bei einer Reisekamera das Objektivbrett nicht bei eingeschraubtem Objektiv herausziehen und mit einem anderen wechseln läßt, da sich der in die Kamera hineinragende Objektivteil vorlegt. Ein solcher Objektivbau, der natürlich auch den möglichen Auszug verkleinert ist deshalb zu verwerfen.

5. Abnahme der Bildgüte.

Jedes, auch das einfachste und billigste Objektiv hat die Eigenschaft, auf und in unmittelbarer Nähe der Achse bei kleiner Blende ein fehlerfreies Bild zu liefern. Die ganze Aufgabe der rechnenden und konstruierenden Optik besteht darin, durch Kombination geeigneter Glassorten und Linsenformen Systeme zu gewinnen, welche bei großer Blende nicht nur auf der Achse, sondern auch über ein größeres Bildfeld hin fehlerfreie Abbildungen gewährleisten.

Es fällt außerhalb des Rahmens vorliegenden Buches, die Abbildungsfehler zu erläutern, welche der Lösung dieser Aufgabe entgegenstehen und die auf ein geringes Maß herabzudrücken das Streben der Objektivkonstruktoren ist. Hierfür muß auf die einschlägigen Werke der Enzyklopädie¹⁾ verwiesen werden.

Dem Praktiker liegt auch die Frage gar nicht am Herzen, wodurch sein Objektiv mangelhaft an den Bildrändern ist, es ist ihm gleichgültig, ob diese Verschlechterung durch Astigmatismus, Koma oder Bildfeldwölbung entstanden ist. Er will durch die Prüfung also nicht die Natur der Abbildungsfehler ergründen, sondern nur feststellen, innerhalb welcher Grenzen er sich auf sein Instrument verlassen kann, insbesondere bei Neuanschaffungen einen einwandfreien Vergleich der Leistungen verschiedener in Betracht kommender Typen anstellen können und ermitteln, unter welchen Bedingungen und Vorsichtsmaßregeln das von ihm gewählte Objektiv zu gebrauchen ist.

Trotzdem müssen wir uns in großen Zügen über die Natur der bildverschlechternden Ursachen im klaren sein, insbesondere darüber, daß drei Fehlergruppen zu unterscheiden sind.

1) Eder, Die photogr. Objektive; Gleichen, Grundgesetze der nat. photogr. Abbild.; Schmidt, Vorträge über photogr. Optik.

I. Chromatische Fehler.

Die 1. Fehlergruppe wird verursacht durch die verschiedene Brechbarkeit der Lichtstrahlen je nach ihrer Farbe oder der Stelle, die sie im Spektrum einnehmen. Man nennt sie chromatische Fehler.

Deren Behebung ist durch die Erfindung achromatischer Linsen gelungen (Dollond 1757). Das sind Kombinationen verschiedener Glassorten, mit Hilfe derer die chromatischen Fehler bis auf kleine Reste kompensiert werden können. Mit neueren Glassorten ist es seit etwa 30 Jahren möglich, auch die Reste chromatischer Fehler (die man auch „sekundäres Spektrum“ zu nennen pflegt) auf verschwindende Größe herabzudrücken. Solche besonders farbenreine Systeme nennt man Apochromate. Sie sind wichtig für die Reproduktionstechnik, insbesondere für Mehrfarbenverfahren, bei denen es auf strengste Gleichheit der hinter verschiedenfarbigen Filtern gewonnenen Negative ankommt.

Die Beseitigung der Farbenfehler (Achromatisierung) wird in der Regel für photographische Objektive in der Weise vorgenommen, daß der Brennpunkt der fürs Auge hellsten Strahlen (gelb-grün) zusammenfallend gemacht wird mit dem der photographisch wirksamsten Strahlen (blau-violett). Naturgemäß weichen bei dieser Korrektur die roten Strahlen nach der einen, die blau-grünen Strahlen nach der anderen Seite hin ab, was aber bei Schwarztaufnahmen keine Rolle spielt.

Früher gab es und auch jetzt noch findet man gelegentlich photographische Objektive, bei denen auf das Zusammenfallen des optisch hellsten und des chemisch wirksamsten Bildes verzichtet wird — z. B. „Bistigmat“. Sie erfordern nach der Einstellung mit dem Auge die Verschiebung um einen bestimmten Betrag, damit nun das chemisch wirksame Bild scharf wird. Vielfach wird auch bei Kameras mit fester Einstellung (billige Kastenkameras) auf die Achromatisierung verzichtet und von der Fabrik das Objektiv von vornherein so justiert, daß es ein scharfes photographisches Bild auf der Platte gibt (ohne daß ein Bild an derselben Stelle auf der Mattscheibe optisch beobachtet scharf zu sein braucht).

Hat man trotz scharfer Einstellung unscharfe Bilder, so kann die Ursache, wie schon oben erwähnt, zweierlei sein. Kassetten-differenz oder Focusdifferenz, wobei wir unter letzterer Bezeichnung die Eigenschaft verstehen, daß das von den chemisch wirksamen Strahlen erzeugte Bild wo anders liegt als das optisch helle Bild der gelb-grünen Strahlen. Die Wirkung ist dieselbe und die exakte Feststellung des Fehlers wird auf die gleiche Weise vorgenommen. Wir verweisen auf dies Buch S. 6. Die Entscheidung der Frage, ob die

Ursache in Focus- oder in Kassettendifferenz zu suchen ist, kann nur durch genaue räumliche Messung des Ortes der eingelegten Platte im Vergleich zum Ort der Mattscheibe getroffen werden. Diese Messung hier zu erläutern, würde zu weit führen. Sie kann nur von einem kundigen Mechaniker mittels Tiefentasters, der Zehntel-millimeter ablesen läßt, vorgenommen werden.

II. Strahlenvereinigungsfehler.

Zu dieser Gruppe gehören alle die Fehler, die der Aufgabe entgegenstehen, alle von einem Punkt ausgehenden Strahlen wieder in einem Punkt zu vereinigen, also ein scharfes Bild zu geben. Strenggenommen ist es unmöglich, Objektive zu konstruieren, die außerhalb der Achse liegende Bildpunkte mit großer Blende scharf abbilden, d. h. die Strahlen zu einem Punkte vereinigen, sondern statt dessen entsteht ein kleiner Fleck, eine sog. Zerstreungsfigur. Wir brauchen aber auch keine punktförmige Strahlenvereinigung, sondern nur so kleine Zerstreungsfiguren, daß sie als solche nicht mehr erkennbar sind. Schließlich ist doch jedes photographische Bild dazu da, betrachtet zu werden und es bringt die Unvollkommenheit unseres Auges mit sich, daß Unschärfe, die einen bestimmten Grad nicht überschreitet, als solche nicht mehr erkannt wird.

Übereinkommensgemäß gilt gewöhnlich ein Bild als scharf, wenn die Durchmesser der Zerstreungsfiguren ein Zehntel Millimeter nicht überschreiten, doch ist diese Festsetzung willkürlich und bedarf je nach den besonderen Umständen der Abänderung. Man kann sie nur für mittelgroße mit freiem Auge in normalem Abstand (25 bis 30 cm) zu betrachtende Bilder gelten lassen.

Bilder im Kleinformat unter 9×12 aufgenommen, die vielfach vergrößert werden, müssen schärfer sein, wir können $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ mm als Norm annehmen. Für Kinonegative, die ja einer sehr starken Vergrößerung unterworfen werden, wird $\frac{1}{30}$ mm als zulässige Unschärfe betrachtet. Eine Grenze der erreichbaren Schärfe ist durch die körnige Natur der hochempfindlichen Negativemulsion gesetzt. Sie macht es unmöglich, Konturen oder Punkte, die ihr absolut scharf dargeboten werden, in Form von Schwärzung ebenso scharf festzuhalten. Diese Grenze liegt bei $\frac{1}{50}$ mm. Es hätte für die Objektivkonstrukteure keinen Sinn, Schärfengrenzen anzustreben, die im Negativ nicht festgehalten werden können. Nur mittels unempfindlicher Spezialemulsionen, die „kornfrei“ arbeiten, läßt sich die Schärfe sehr hoch treiben, wie sie z. B. für mikroskopische Skalen und winzige unterm Mikroskop zu betrachtende Miniaturbildchen (sog. „Stanhopes“) erforderlich ist.

Umgekehrt wird aus ästhetischen Gründen, insbesondere in der Porträtphotographie allzugroße Schärfe, die eine Fülle nebensächlicher Details, Hautunreinigkeiten, Härchen wiedergibt, tunlichst vermieden und eine mehr die große Form betonende gewisse Unschärfe angestrebt, die wie wir sehen werden, weitere Vorteile mit sich bringt. Hier sind Durchmesser der Zerstreuungskreise bis zu $\frac{1}{2}$ mm nichts seltenes.

In der Natur der Bilderzeugung nun liegt es, daß jede Unschärfe, welche Ursache sie nun auch haben möge, verringert wird durch Verringerung des Blendendurchmessers, also Verkleinern der Blende. Wenn auch je nach der Unschärfenursache die Wirkung etwas verschieden ist, vorhanden ist sie immer. Man kann also festhalten, je kleiner die Blende, desto kleiner der Zerstreuungskreis, desto schärfer also das Bild.

Daraus folgt die Regel: Schärfenprüfungen sind unter den ungünstigsten Umständen, also mit größter Blende vorzunehmen.

III. Verzeichnung.

Dieser Fehler hat mit Schärfe oder Strahlenvereinigungsfehlern nichts zu tun. Ein Bild kann tadellos scharf, aber trotzdem verzeichnet sein. Verzeichnungsfrei arbeitet das Objektiv, das sämtliche Bildpunkte an der richtigen Stelle der Platte zur Vereinigung bringt, d. h. an der Stelle, die durch die Gesetze der „Perspektive“ vorgeschrieben ist. Der Vorgang der photographischen Bilderzeugung ist derselbe wie der durch den zeichnenden Künstler, nämlich auf einer Ebene den optischen Eindruck festzuhalten, den die Anschauung der räumlichen Natur uns vermittelt. Beides ist, wie der Mathematiker sagt, die „Zentral-Projektion“ der räumlichen Gebilde in eine Ebene, nämlich die Bildebene.

Eines der Grundgesetze dieser Projektion ist nun das, daß gerade Linien des Raumes auch wieder als Gerade sich projizieren, d. h. abgebildet werden, und das, was wir Verzeichnung nennen, äußert sich immer durch Verwandlung gerader Linien in der Natur in krumme Linien des Bildes.

Und zwar entsteht diese Verzeichnung dann, wenn die Vergrößerung (oder Verkleinerung) nicht über das ganze Bildfeld konstant ist, sondern von der Bildmitte (Achse) nach außen hin entweder zunimmt oder abnimmt. Ein verzeichnungsfrei arbeitendes Objektiv bildet eine ebene achsensenkrechte Zeichnung auf der Mattscheibe ähnlich, d. h. in der Form gleich, nur in der Größe verschieden, ab, ein verzeichnendes deformiert die ebene Vorlage. Und mittels der Aufnahme einer ebenen achsensenkrecht aufgestellten Zeichnung prüfen wir auch die Verzeichnungsfreiheit. Wir versehen ein Reiß-

brett mit einem Quadratnetz, d. h. mit senkrecht sich kreuzenden Linien gleichen Abstandes (etwa 10 cm) und photographieren dieses Netz nach strenger Prüfung der achsensenkrechten Lage von Objekt und Bild. Nur das verzeichnungsfreie Objektiv liefert wieder ein Quadratnetz. Anderenfalls unterscheiden wir zweierlei Verzerrung, je nach Zunahme oder Abnahme des Vergrößerungsmaßstabes.

Nimmt dieser zu, so erscheinen die geraden Linien nach außen hohl wie Fig. 22 (kissenförmige Verzeichnung), nimmt er ab, so entstehen nach innen hohle Linien statt der Geraden wie Fig. 23 (tonnenförmige Verzeichnung).

Jedoch muß betont werden, daß (ausgenommen der Objektive mit Vorder- oder Hinterblende) sich die Verzeichnungsfehler bei allen gebräuchlichen Objektivtypen in so kleinen Grenzen halten, daß es recht genauer Meßanordnung bedarf, um sie überhaupt aufzufinden.

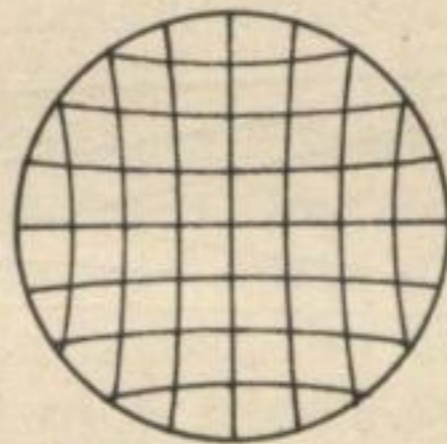


Fig. 22.

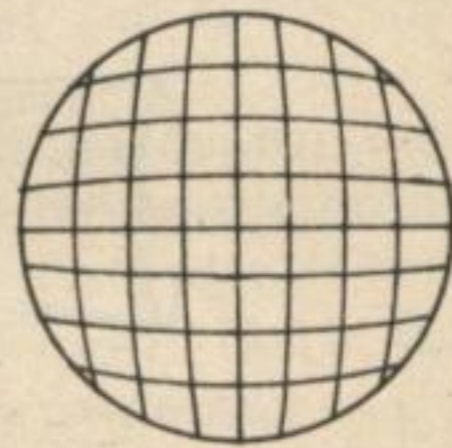


Fig. 23.

Man kann sie alle als praktisch verzeichnungsfrei betrachten. Nur für Meßbildaufnahmen, also solche die einer exakten Durchmesserbestimmung zur Bestimmung der räumlichen Dimensionen des Originals dienen, müssen so hohe Anforderungen in die Verzeichnungsfreiheit gestellt werden, daß ihnen nur Spezialinstrumente, die hierfür konstruiert sind, genügen. Jedenfalls ist es aber ein Irrtum, anzunehmen, daß vollkommen symmetrische Objektive (Aplanate, Doppelanastigmaten) per se streng verzeichnungsfrei sind. Sie sind es streng nur für Abbildung in natürlicher Größe, wo tatsächlich alles, auch der Strahlengang symmetrisch ist. Für die gewöhnliche Verwendung aber, Abbildung der Außenwelt in der Nähe der Brennebene können sie unter Umständen stärker verzeichnend sein, als viele unsymmetrische Konstruktionen.

IV. Tiefenschärfe.

Die Frage der Tiefenschärfe soll in diesem Zusammenhang behandelt werden, weil sie vielleicht vermißt wird, wenn ihrer keine Erwähnung geschieht. Sie gehört nicht unter die Fehlergruppen, sondern nimmt eine eigentümliche, vielfach mißverstandene Stellung ein.

Das Abbildungsgesetz, das für alle Objektive, mögen sie gebaut sein wie immer gilt, ordnet jeder Entfernung des Objektes eine bestimmte Entfernung des Bildes zu nach der Formel $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$.

Streng genommen kann also immer nur eine achsensenkrechte Ebene scharf auf der Mattscheibe abgebildet sein, die Punkte jeder anderen werden vor oder hinter der Mattscheibe vereinigt, die Strahlen dieser durchstoßen sie also selbst in mehr oder minder großen Zerstreungskreisen. Das gilt für jedes Objektiv und es kann durch keine Bauart erreicht werden, daß man nicht auf die bestimmte Entfernung „einstellen“ muß. Wenn also streng punktförmige Vereinigung Bedingung wäre, so wäre die Photographie des Raumes

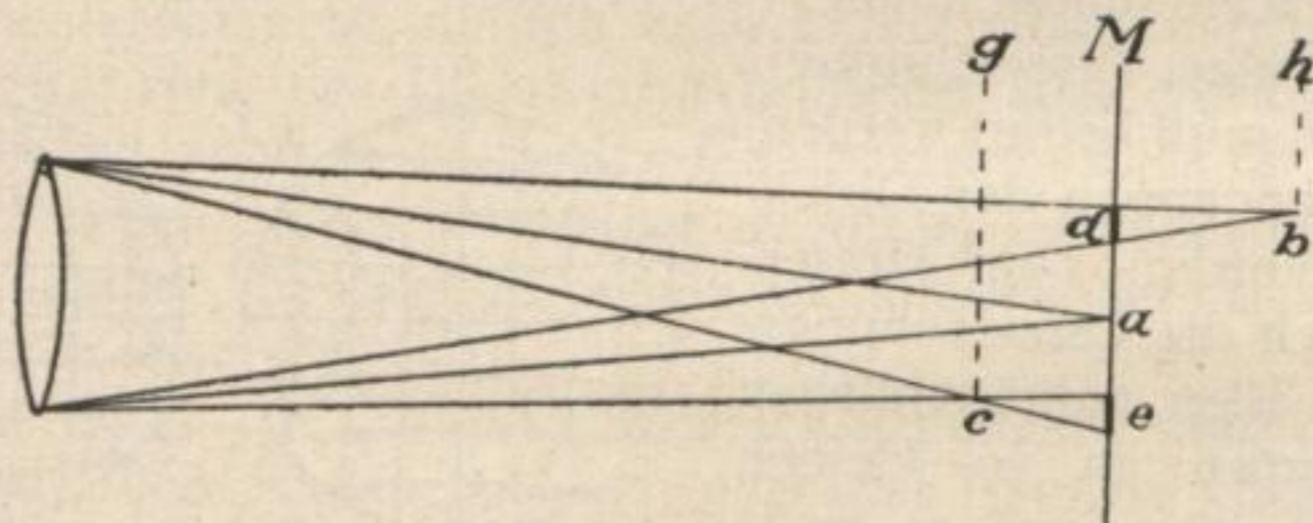


Fig. 24.

unmöglich, weil die gleichzeitige Vereinigung von Strahlen, die aus verschiedenen Entfernungen kommen, in einer Ebene den Naturgesetzen widerspricht. Die Möglichkeit und die Alltägigkeit einer befriedigenden Abbildung des Raumes auf der Platte besteht aber dennoch, weil Zerstreungskreise, wie wir gesehen haben, erst Unschärfe bewirken, wenn sie eine gewisse Grenze überschritten haben.

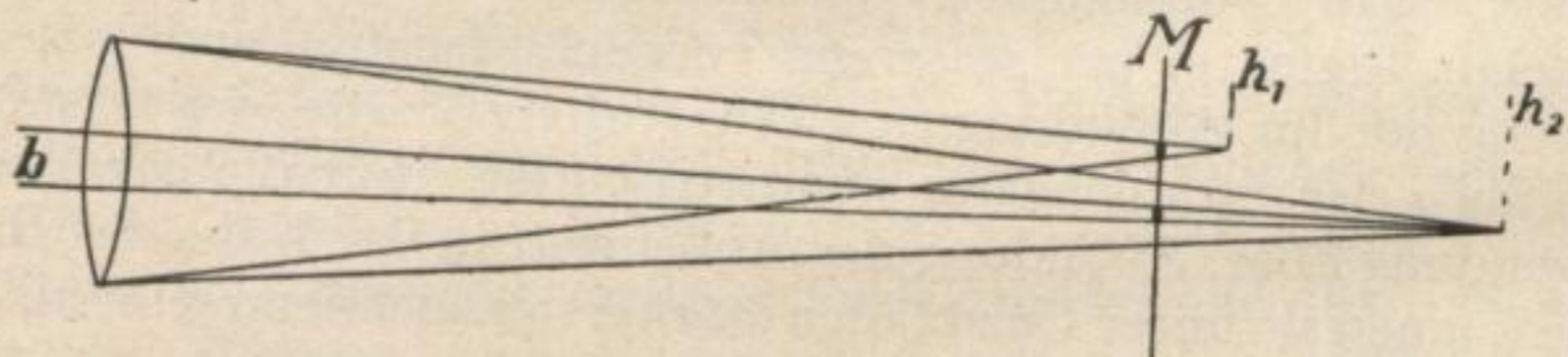


Fig. 25.

Betrachten wir Fig. 24, so sehen wir bei a die Strahlen vereinigt, die aus einer gewissen Entfernung kommen. Die aus einer näheren Entfernung kommenden vereinigen sich erst in b , durchstoßen also die Mattscheibe (oder Platte) M in einem Zerstreungskreis vom dick ausgezogenen Durchmesser d , während die aus größerer Ferne kommenden Strahlen sich bereits in c vereinigt haben und die Mattscheibe in einem Zerstreungskreis vom Durchmesser e (stark ausgezogen) durchstoßen. Bleiben die Durchmesser d und e unter der oben angedeuteten Grenze, also im allgemeinen

unter $\frac{1}{10}$ mm, so ist der den Einstellweiten von g bis h entsprechende Bereich von Gegenstandsweiten vor der Kamera zugleich scharf, wir sagen, das Objektiv hat eine Tiefe von beispielsweise $5\frac{1}{2}$ bis 7 m. Das Studium der Fig. 25 zeigt uns nun das bekannte Mittel an, durch welches wir den Tiefenbereich vergrößern können. Nämlich das Zuziehen der Blende. Sei wieder die stark ausgezogene Linie in der Mattscheibenebene M der zulässige Zerstreuungskreisdurchmesser, so sehen wir, daß bei voller Öffnung die kleine Einstell-differenz von M bis h_1 genügt, um an diese Grenze zu kommen. Dagegen erzeugt bei Abblendung des Strahlenkegels auf den kleinen Durchmesser b die viel größere Einstelldifferenz M bis h_2 erst den Grenzdurchmesser. Also

1. Regel. Die Tiefenschärfe nimmt mit wachsendem Öffnungs-verhältnis ab, oder die lichtschwächsten Objektive haben die größte Tiefenschärfe. Da wir jedes Objektiv durch Zuziehen der Blende in ein lichtschwaches verwandeln können, so haben wir hierin das Mittel, die Tiefenschärfe jeweils nach Bedarf zu erweitern.

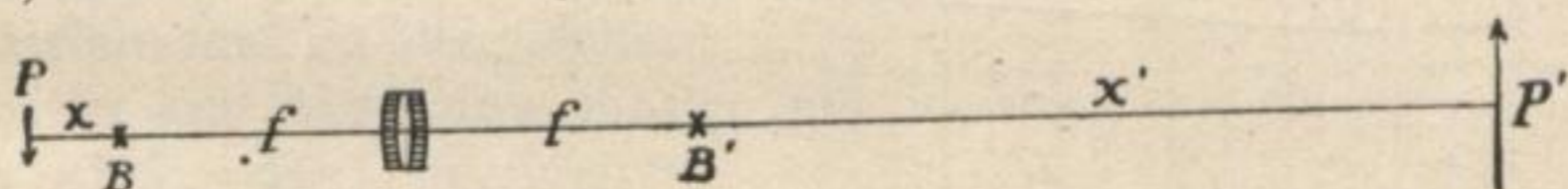


Fig. 26.

Ein zweites Mittel gibt uns das Abbildungsgrundgesetz an die Hand, das die Abhängigkeit der Bildweite von der Gegenstandsweite bei gegebener Brennweite f regelt. Wir vergegenwärtigen es uns nicht in der früher angegebenen Form, sondern in einer zweiten, bei der die Entfernungen nicht vom Objektiv aus, sondern von dessen vorderen und hinteren Brennpunkt B und B' gerechnet werden (Fig. 23).

Die Formel lautet $f/x = \frac{f}{x'}$ oder $x = \frac{f^2}{x'}$. Oder mit Worten ausgedrückt, ist die Einstellung auf Unendlich f cm vom Objektiv entfernt, so befindet sich das scharfe Bild eines Gegenstandes der 100 (oder 20 oder 3) Brennweiten vor dem vorderen Brennpunkt liegt, $\frac{1}{100}$ (oder $\frac{1}{20}$ oder $\frac{1}{3}$) Brennweite hinter dem hinteren Brennpunkt. x gibt, wie man sieht, direkt die Strecke der Einstelldifferenz von Unendlich gerechnet in Bruchteilen der Brennweite. Wir können nun leicht durch folgende Überlegung finden, daß diese x für eine bestimmte wirkliche Objektentfernung um so kleiner werden, je kleiner die Brennweite ist.

Vergleichen wir z. B. zwei Objektive mit 10 und mit 25 cm Brennweite und fassen wir einen Gegenstand ins Auge, der 10 m

vom Apparat entfernt ist. Diese 10 m entsprechen 100 Brennweiten des ersten, 40 Brennweiten des zweiten Objektivs. Die Einstell-differenz ist also für kurzbrennweitige Objektive $\frac{1}{100}$ Brennweite = 1 mm, für zweite $\frac{1}{40}$ Brennweite = $\frac{1}{40}$ von 25 cm = 6,25 mm. Andererseits entspricht aber eine Strecke von 6,25 mm beim kurz-brennweitigen Objektiv einer Gegenstandsweite von 100 cm (16 Brenn-weiten). Denn die Strecke von 6,25 mm ist rund $\frac{1}{16}$ von 100 mm.

Die Strecke Mh_2 in Fig. 25, die wir jetzt einmal als 6,25 mm lang annehmen wollen, entspricht beim langbrennweitigen Objektiv einer Raumtiefe von Unendlich bis 10 m, beim kurzbrennweitigen von Unendlich bis 1,6 m. Daraus erhellt die große Überlegenheit der Kleinbildkamera in bezug auf Tiefenschärfe den großen Kameras gegenüber. Denn jene arbeiten dem Bildformat entsprechend mit ganz kurzen Brennweiten.

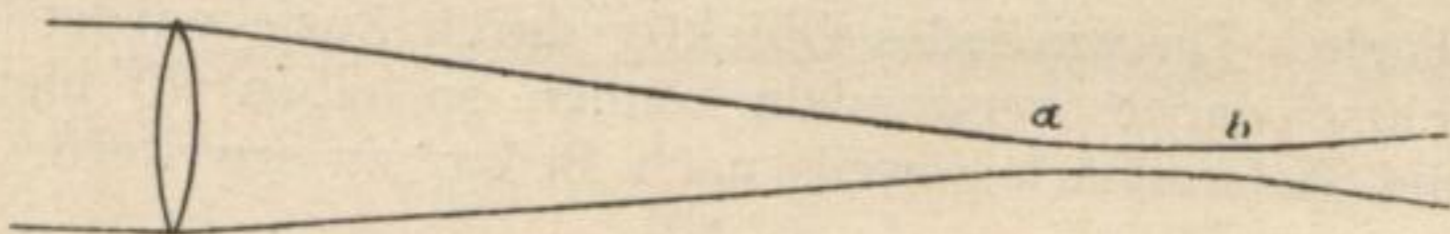


Fig. 27.

Aus vorstehenden Überlegungen geht hervor, daß die Tiefen-schärfe eines Objektivs, also die von ihm überbrückbare Raumtiefe, nur von seiner Brennweite und seiner Lichtstärke abhängt, aber nicht von seiner Konstruktion. Wenn man im Gegensatz hierzu in der Praxis bestimmten Objektiven eine besonders gute Tiefenschärfe nachrühmen hört, so kann dies nur auf einer sekundären Eigenschaft beruhen, wenn keine Selbsttäuschungen vorliegen. Wir haben nämlich oben den idealen Strahlengang, d. h. eine streng punkt-förmige Vereinigung der Strahlen im Einstellungspunkt voraus-gesetzt (Fig. 24). In Wirklichkeit aber ist diese ganz streng nie vorhanden, sondern der Strahlenkegel nimmt die Form der Fig. 27 an, in der auf einer gewissen Strecke a bis b die Zerstreuungskreise ungefähr gleich groß bleiben. Es ist klar, daß je größer dieser Durchmesser ist, desto länger auch die Strecke ab wird, mit anderen Worten, die Tiefenunschärfe tritt um so weniger hervor, je mehr sie in der allgemeinen Unschärfe untertaucht. Deshalb wird den sog. „Weichzeichnern“ mit Recht eine ganz besondere Tiefenschärfe nachgesagt.

6. Prüfung des Objektivs.

Nachdem wir die Grundbegriffe über Leistungen und Fehler-gruppen der Objektive klargelegt haben, bleiben die Prüfungs-

methoden zu erörtern. Vorweggenommen ist bereits die Bestimmung der Brennweite, des Öffnungsverhältnisses, der Vignettierung und einer allenfallsigen Focusdifferenz und Verzeichnung. Bleiben noch das wesentlichste für die Leistung, die Strahlenvereinigungsfehler, also die Abweichungen vom idealen Strahlengange, welche einer scharfen Abbildung eines größeren Bildfeldes entgegenstehen.

Es gibt eine Reihe wissenschaftlicher Methoden zur genauen Bestimmung der einzelnen Fehlerursachen, aber deren Beschreibung würde in den Rahmen dieses für den Praktiker geschriebenen Buches nicht passen.

7. Gebrauchsprüfung durch Probetafel.

Der Praktiker braucht lediglich eine Gebrauchsprüfung des Objektivs, die ihm gestattet, die Grenzen des scharfen Bildfeldes und

den Grad der Schärfenabnahme von Bildmitte zu den Rändern zu ermitteln und zu vergleichen. Hierfür ist die Aufnahme einer Probetafel das geeignetste Mittel. Die Probetafeln der optischen Firmen sind große ebene Holztafeln 1,50 bis 2 m im Geviert, die wie jedem Leser aus Katalogen bekannt, in sorgfältiger Weise mit Schraffuren und Druckschriften versehen sind. Die Anfertigung einer solchen würde für den vorübergehenden Zweck einer gelegentlichen Prüfung nicht lohnen. Dagegen kann man sich leicht behelfsmäßig etwas Ähnliches beschaffen, wenn man eine gutgedruckte Preisliste, die auf jeder Seite dieselben Schriftarten aufweist

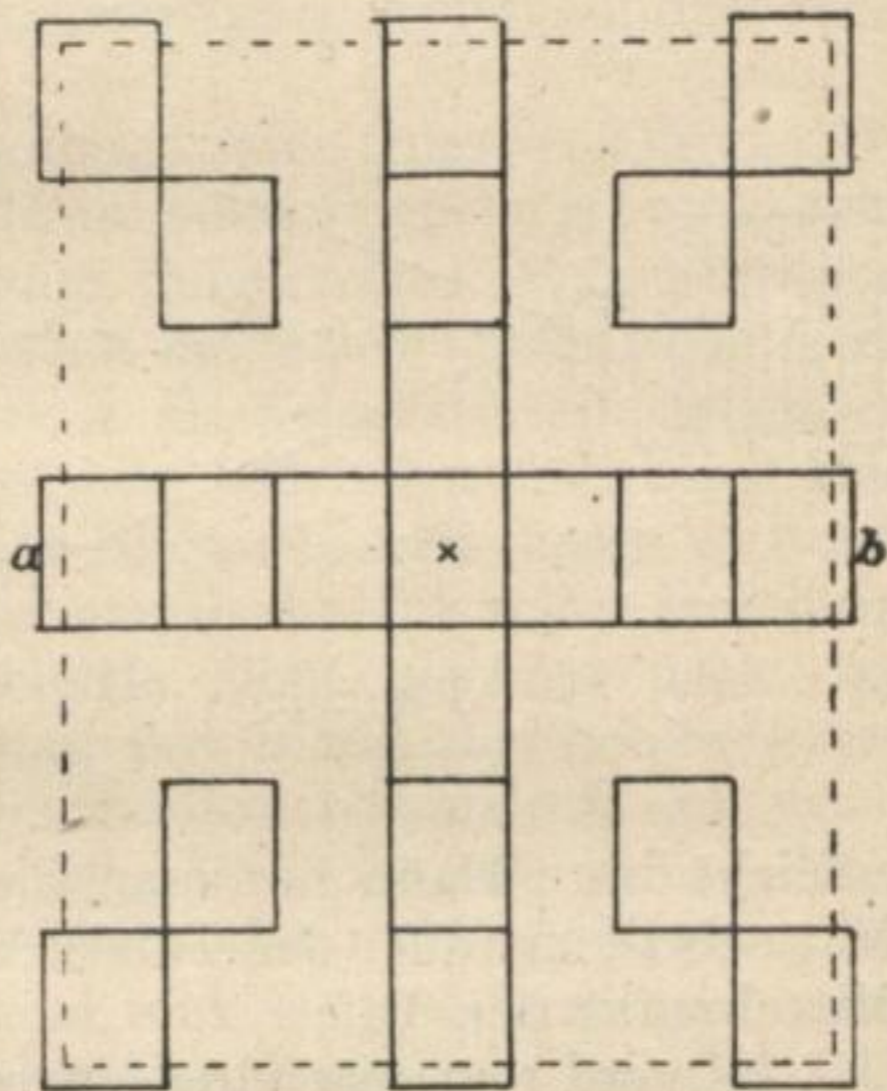


Fig. 28.

in einzelne Blätter zerteilt, oder was noch besser ist, sich einen Prospekt oder eine andere Drucksache mit größeren Titeln und feiner Textschrift in 20 bis 25 Exemplaren verschafft. Am günstigsten sind Schriftprobenblätter der Druckereien, die Textstücke in Schriften aller Größen bis zu sehr feinen enthalten. Haben die Blätter keine sehr feine Schrift, so verteilt man durch Aufkleben Proben einer sehr kleinen Druckschrift (Taschenkalenderblätter od. dgl.) auf das ganze Gebiet. Diese Blätter werden nun auf eine große ebene Wand so

verteilt befestigt, daß sie nach oben und unten sowie nach links und rechts aneinanderstoßen, somit ein Kreuz bilden. Die weiteren Blätter bringt man in die Ecken des Formats oder besetzt den ganzen Rand damit, wie Fig. 28 andeutet. Die Wand muß nun genau senkrecht stehen, ebenso die Kamera genau wagrecht, also ihre Mattscheibe genau senkrecht. Den Achsenpunkt des Objektivs hat man sich auf der Mattscheibe vermerkt, man bringt nun das Objektiv genau in die Höhe des durch ein Kreuz gekennzeichneten Mittelpunktes der Tafel und rückt wagrecht soweit zurück, daß sich die Tafel fast vollständig auf der Mattscheibe abbildet, so etwa, daß das gestrichelte Viereck von der Platte gedeckt wird. In einer Richtung kann die Kamera noch falsch stehen, nämlich schief gegen den Mittelpunkt der Tafel gerichtet, wie das Fig. 29 von oben gesehen übertrieben andeutet. Die Justierung in dieser Beziehung geschieht am einfachsten, indem man durch einen Gehilfen am

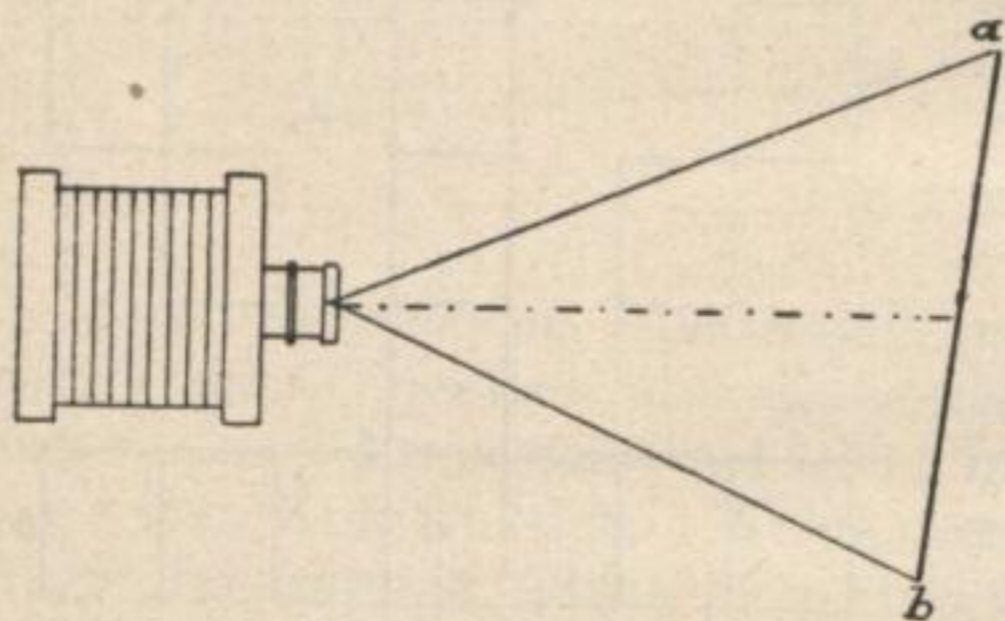


Fig. 29.

obersten Punkt der Sonnenblende das eine Ende eines Meßbandes oder Bindfadens festhalten läßt (Fig. 29) und selbst das Band mit dem anderen Ende an zwei gleichweit von der Mitte entfernte Punkte *a* und *b* (Fig. 28) anlegt, um zu prüfen, ob das Objektiv gleichweit von beiden Punkten entfernt ist. Die Kamera muß so lange gerückt werden bis das genau

erreicht ist. Dann hat man die richtige Lage für die Aufnahme: Mattscheibe parallel der Tafel, Achse des Objektivs geht durch den Mittelpunkt der Tafel.

Es wird nun sorgfältig eingestellt und die Aufnahme mit voller Öffnung auf einer tunlichst hartarbeitenden Platte gemacht.

Mit der Einstelllupe kann dann das trockene Negativ genau geprüft werden. Insbesondere ist das Unleserlichwerden der feinsten Schriftgrade ein gutes Merkmal für die Schärfenabnahme.

Wenn die Kamera richtig aufgestellt war, muß die Schärfenabnahme nach links und rechts, sowie nach oben und unten in der gleichen Entfernung von der Mitte den gleichen Grad aufweisen. Verwaschenheit seitlicher Gebiete in einer Richtung (also z. B. der senkrechten Buchstabenelemente bei schärferer Erhaltung der wagrechten) läßt auf Astigmatismus schließen. Allgemeines Nachlassen der Schärfe auf Zonenfehler oder Bildfeldwölbung. Bildfeld-

wölbung verrät sich beim Einstellen mit der Lupe dadurch, daß man bei Änderung der Einstellung (meist Verkürzung der Schnittweite) die unscharfen Randgebiete schärfer bekommt. Hat man Gruppen von Personen mit Objektiven, die etwas gewölbtes Bildfeld besitzen, aufzunehmen, so kann man durch bogenförmige Aufstellung der Personen diesen Fehler kompensieren.

Will man feststellen, bei welcher Öffnung die Schärfe über ganze Plattenformat einwandfrei ist, muß man außer der Aufnahme bei voller Öffnung noch Aufnahmen mit verschiedenen Blenden machen. Um Verwechslungen der sich sehr gleichenden Platten zu vermeiden, steckt man Unterscheidungszahlen auf Zettel geschrieben oder einem Abreißkalender entnommen, z. B. jeweils die Blendenöffnung angehend, an die Tafel, so daß sie sich mitphotographieren. Es ist nicht zweckmäßig kleine Probetafeln, die große Auszüge bedingen, zu benützen, sondern das Objektiv soll mit einem Kameraauszug geprüft werden, der dem sonstigen Verwendungszweck nahekommt.

Kann man vor Ankauf einer Kamera oder eines Objektivs dasselbe nicht für solche Proben in die Hand bekommen, so gibt folgende flüchtige Prüfung im Laden wertvolle Fingerzeige: Wir treten vor den Laden und richten die Kamera auf möglichst scharf definiertes fernes Objekt, das sich gut abhebt, z. B. Telegraphendachständer oder Windfahne gegen den Himmel, wir beurteilen (möglichst mit Lupe) seine Schärfe zunächst in der Bildmitte und lassen es dann durch geeignetes Verdrehen der Kamera in die Bildecken wandern. Bei guten Objektiven läßt die Schärfe nicht merkbar nach, bei minderguten ist die Verschlechterung des Bildes deutlich wahrzunehmen. Eine Verzerrung des Gegenstandes tritt allemal auf, wenn er von der Mitte an den Rand wandert. Diese ist aber perspektivisch notwendig und läßt also keinen Schluß auf Verzeichnung zu.

Der ins Auge gefaßte Gegenstand muß weit entfernt sein, mindestens 300 Brennweiten, weil nahe Gegenstände, wenn das Objektiv das ebene Bildfeld, das wir verlangen, besitzt, nicht bei derselben Einstellung in der Mitte und am Rande scharf sein können. Denn durch Verdrehen der Kamera bewirken wir dasselbe, wie das Seitwärtsrücken des Gegenstandes auf einer um das Objektiv geschlagenen Kugeloberfläche, rücken es also aus dem ebenen Gegenstandsfeld heraus. Dieser Fehler verliert nur dann seine Wirkung, wenn der Gegenstand beidemal praktisch „unendlich“ weit weg ist.

III. Gelbfilter.

Die Prüfung von Gelbscheiben erstreckt sich auf zwei Anforderungen:

1. Filterwirkung,
2. Optische Reinheit.

Es gibt zwei Arten von Gelbfiltern, erstens Gelbscheiben aus in der Masse gefärbtem Glase, zweitens solche, in denen eine farbstoffhaltige Schicht (meistens aus Gelatine bestehend) zwischen zwei farblosen Gläsern eingebettet ist.

Die letztere Sorte war lange Zeit die beherrschende und ist es noch, soweit besonders abgestimmte Filter, z. B. für Dreifarbenphotographie in Frage kommen.

Der Reichtum an Abstufungen, die Abstimmbarkeit für den besonderen Zweck läßt sich naturgemäß nur mit gefärbten Gelatineschichten erzielen. Auch bei gewöhnlichen Gelbscheiben war es früher nicht möglich Glasflüsse herzustellen, die gute Blauabsorption mit großer Durchlässigkeit für die langwelligen Strahlen verbanden. Neuerdings jedoch gibt es Gelbgläser, deren Absorptionskurve der gefärbter Gelatineschichten außerordentlich nahekommt, und solche aus einfachen Glasscheiben gefertigte Filter finden mit Recht vielen Anklang. Sie haben vor den Gelatinefiltern die Unverwüstlichkeit und Unveränderlichkeit voraus, während letztere weder zu große Wärme noch andauernde Lichteinwirkung ohne auszubleichen vertragen, auch bei nicht sehr guter Kittung Blasen und Schlieren bekommen oder springen können.

Was von einem guten Gelbfilter in bezug auf seine Färbung erwünscht wird, ist folgendes: Es soll möglichst starke Blaudämpfung mit möglichst geringer Verlängerung der Belichtungszeit verbinden, es soll also mit anderen Worten nur blau merklich absorbieren, schon blaugrün und vollends die langwelligeren Strahlen grün, gelb, orange möglichst ungedämpft durchlassen. Eine wirkliche Prüfung der Absorptionskurve erfordert natürlich ein Spektrophotometer. Aber auch schon ein sog. Taschenspektroskop mit Vergleichsprisma, so daß

zwei Spektren unmittelbar übereinander erscheinen, gibt sehr wertvolle und meist vollständig erschöpfende Aufschlüsse zum Vergleich verschiedener Gelbscheiben und sollte, wo vorhanden, verwendet werden. Wo es nicht zur Hand ist genügt statt dessen für Vergleiche verschiedener Filter auch die Aufnahme einer Farbtafel mit gleicher Platte und die Feststellung des „Filterfaktors“.

Unter Filterfaktor versteht man die Zahl, um welche die Exposition zu vervielfachen ist, wenn gleiche Deckung erzielt werden soll wie ohne Filter. Es liegt auf der Hand, daß der Filterfaktor nicht allein von der Gelbscheibe, sondern auch von der Plattensorte abhängt, deren Sensibilisierung in sehr verschiedenem Maße in das Gebiet der grünen Zone hereinreicht. Je höher die Grünempfindlichkeit der Platte, desto niedriger die Expositionsverlängerung, desto kleiner der Filterfaktor. Deshalb muß zu Filtervergleichen dieselbe Plattensorte und dieselbe Emulsionsnummer verwendet werden.

Farbtafeln kann man sich selbst durch Aufkleben einer Reihe kräftig und leuchtend gefärbter Papierstücke auf Karton herstellen. Eine ausgezeichnete Farbtafel stammt von den Höchster Farbwerken. Es ist nicht praktisch die Farbfelder (wie z. B. bei Hübl) schachbrettartig anzuordnen, sondern am besten in Streifen in einer Reihe mit Begrenzung durch reines Schwarz ringsherum. Auf diese Weise läßt sich durch Aneinanderlegen zweier Vergleichsnegative am genauesten feststellen, wie sich die Deckungen der einzelnen Felder zueinander verhalten. Man macht mit gleicher Expositionszeit, gleicher Entwicklung und Weiterbehandlung Vergleichsaufnahmen der Farbtafel und sieht dann leicht, ob die Dämpfung im Blau gleich oder verschieden ist und ob sie sich auf grüne oder gelbe Farben ausbreitet.

1. Der Filterfaktor.

Die Bestimmung des Filterfaktors ist nicht nur zur Güteprüfung einer Gelbscheibe wertvoll, sie ist vor allem zum Zwecke des praktischen Gebrauchs notwendig. Die vom Fabrikanten angegebenen Zahlen stellen Mittelwerte dar, die je nach der Platten- oder Filmsorte mit der man das Filter verwendet, namhafte Abweichungen erleiden können. Es ist deshalb empfehlenswert den Filterfaktor mit der Plattensorte, die man verwendet, zu bestimmen.

Bei Platten oder Packfilm, bei denen man einen Kassettenschieber zur Verfügung hat, ermittelt man ihn am einfachsten folgendermaßen: Man nimmt als Vergleichsaufnahme ohne Filter eine Landschaft im Freien mit Himmel und mit Schattendetails

(Baumgruppen) auf. Dann macht man unmittelbar darauf die Aufnahme derselben Landschaft mit dem Gelbfilter, jedoch so, daß bei nur $\frac{1}{4}$ aufgezo- genem Schieber doppelt so lange wie bei der ersten Aufnahme exponiert wird, dann bei halbaufgezogenem wieder diese verdoppelte Zeit, bei $\frac{3}{4}$ aufgezo- genem nochmals und bei ganz offenem Schieber abermals. War also die erste Aufnahme z. B. mit $\frac{1}{10}$ Sek. belichtet und belichtete man die vier Stufen der zweiten Aufnahme je $\frac{1}{5}$ Sek., so ist offenbar der erste Streifen $\frac{8}{10}$, der zweite $\frac{6}{10}$, der dritte $\frac{4}{10}$ und der letzte $\frac{2}{10}$ Sekunde belichtet worden. Denn jeder bereits offene Teil wurde durch die folgenden Belichtungen weiter belichtet.

Arbeitet man mit einstellbarem Momentverschluß, so empfiehlt es sich nicht, die Einstellung zu verändern, z. B. von $\frac{1}{10}$ '' auf $\frac{1}{5}$ '' umzustellen, weil die Momentverschlüsse nicht so genau justiert sind, daß gewährleistet werden kann, daß die neue Einstellung das Doppelte der ersten ist. Sicherer ist, die Einstellung zu belassen und (bei gut und sicher auf Stativ stehender Kamera) je zweimal mit der alten Einstellung zu knipsen. Steht ein sicher und verlässig arbeitender Momentverschluß nicht zur Verfügung, so kann man bei kleiner Blende kurze Zeitaufnahmen machen, die mit Drahtauslöser in der einen Hand, Uhr am Ohr in der anderen Hand, sehr exakt ausgeführt werden können. Bekanntlich ist der Doppelschlag (tik-tak) jeder Taschenuhr genau gleich $\frac{2}{5}$ Sekunden. Öffnet man im Moment eines „Tik“ und schließt im Moment des übernächsten Schlages, der wieder ein „Tik“ ist, so hat man $\frac{2}{5}$ Sekunden exponiert. Die Vergleichsexpositionen macht man dann beim übernächsten „Tik“, also beim fünften Schlag nach dem Öffnungsschlag, also mit $\frac{4}{5}$ Sekunden. Praktisch ist es, an der Innenseite des Kassetten- schiebers mit Rotstift mit Strichen zu markieren wie weit es jeweils herauszuziehen ist, da man sonst recht ungleiche Felder bekommt. Diese Innenseite des herausgeschobenen Schiebers hat man ja vor Augen, wenn man hinter der Kamera steht.

Die möglichst gleichzeitig im selben Entwickler hervorgerufenen und gleichartig fertiggestellten Platten werden nach dem Trocknen verglichen. Man findet unter den vier Feldern der zweiten Platte immer eins, welches dieselbe oder nahezu dieselbe Deckung aufweist wie die der ersten Platte. Ist es z. B. das zweitdunkelste Feld, so ist der Filterfaktor 6. Liegt die Deckung gerade zwischen der zweier Felder, z. B. zwischen zwei- und vierfach, so hat man als Filterfaktor drei anzunehmen. Bequemer ist es, die Entscheidung an Hand von Abzügen zu treffen. Jedoch sind diese nur dann zu Vergleichen brauchbar, wenn sie unter genau gleichen Umständen hergestellt sind.

Die beschriebene Methode versagt bei Rollfilmkameras ohne Kassettenschieber. Hier müßten wir fünf Aufnahmen, also fast eine Rolle opfern, wollten wir den Filterfaktor bestimmen. Man kommt aber mittels folgenden Kunstgriffes mit einer, höchstens zwei Nummern des Films aus. Der Kunstgriff beruht darauf, daß ein sehr kleines leuchtendes Objekt in sehr dunkler Umgebung so oft nebeneinander auf eine Platte aufgenommen werden kann, als es darauf Platz hat, ohne daß die wiederholten Aufnahmen sich gegenseitig stören. Davon wird sowohl in der wissenschaftlichen Photographie (Spektren, Entladungerscheinungen usw.) sowie in der Trickphotographie (dieselbe Person wiederholt vor einem dunklen Hintergrunde) ausgiebig Gebrauch gemacht. Wir können diese Methode wie folgt für unseren Zweck anwenden: Wir nehmen tief innen im Zimmer stehend oder noch besser vom dunklen Korridor durch eine offene Tür die Landschaft auf, die wir am sonnigen Tage durchs offene Fenster sehen. Exponieren wir sie so kurz als ob wir im Freien wären, so kommt natürlich von den Zimmerwänden gar nichts. Wir können also dieses Fensterbild so oft als wir wollen nebeneinander aufnehmen, entweder indem wir die Kamera nach jeder Aufnahme um einen kleinen Betrag auf dem Stativ drehen, oder indem wir jedesmal den Film um ein kleines Stück weiter aufwickeln. Eine Aufnahme wird wieder ohne Filter gemacht, man macht sie sich durch ein Unterscheidungszeichen, etwa durch einen ins Fenster gelehnten Stock, kenntlich) und die nächsten mit Filter mit zwei-, vier-, sechs- und achtfacher Expositionszeit. Durch Vergleich der Deckung läßt sich leicht der Filterfaktor ermitteln.

2. Die optische Reinheit.

Die zweite wichtige Anforderung, die wir an ein gutes Gelbfilter zu stellen haben, ist die, daß keine Verschlechterung der optischen Leistung des Objektivs infolge ungenauer Schleifarbeit eintritt. Die Anforderung ist sehr verschieden, je nach dem Ort wo das Filter verwendet wird, und nach der Qualität, insbesondere der Lichtstärke des Objektivs. Sitzt das Filter in unmittelbarer Nähe der Platte, so kann es optisch recht unvollkommen sein ohne die Schärfe zu beeinträchtigen, ja in unmittelbarer Berührung mit der Platte kann z. B. unbedenklich eine Folie allein in die Kassette eingelegt werden:

Sitzt jedoch, wie meistens üblich, das Filter am Objektiv, entweder außen (im Dingraum) oder in der Kamera (im Bildraum), so muß es über einen Bereich von der Größe des Objektivs frei von

Schlieren und Oberflächenfehlern sein, soll nicht ein Teil der Strahlen durch das Filter abgelenkt werden und das Bild verschlechtern. Eine mangelhafte Oberflächenbeschaffenheit wird sich um so stärker auswirken je größer die Öffnung des Objektivs ist und auch mangelhafte Gelbscheiben werden bei engster Blende brauchbare Bilder geben. Die Gläser für eine Objektivgelbscheibe müssen also planparallel geschliffen sein.

Gewöhnliches Spiegelglas ist zwar mehr oder minder gut plangeschliffen, so daß die dadurch mit freiem Auge gesehenen Bilder im Gegensatz zu dem durch welliges Fensterglas gesehenen unverzerrt erscheinen. Aber nur wegen der engen Blende (die Pupille), mit der wir sie betrachten. Sie kann aber trotzdem für eine weite Öffnung unvollkommen sein. Wir konstatieren das am schärfsten und bequemsten, indem wir die zu prüfende Gelbscheibe vor das Objektiv eines Fernrohrs bringen, das wir gut auf unser Auge eingestellt haben. Z. B. tun hier die Prismenfeldstecher, weniger die gewöhnlichen Operngucker gute Dienste. Ist ja ein Prismenfernrohr optisch nichts anderes als ein mit einer guten Einstellupe (Okular) versehenes Objektiv, dessen Bild nicht auf einer Mattscheibe, sondern als Luftbild vergrößert angesehen wird. Eine Gelbscheibe genügt auch strengsten Anforderungen, wenn das durch sie gesehene Fernrohrbild nicht schlechter ist als das freigesehene Fernrohrbild. Auch ohne Fernrohr kann man Gelbscheiben prüfen, jedoch erfordert diese Prüfung etwas Übung und Erfahrung. Die Methode der Optiker, das Glas vor dem Auge rasch in seiner Ebene hin und her zu bewegen und zu beobachten, ob das Bild absolut stillsteht und nicht zittert, ist nicht besonders scharf. Schärfer ist die Prüfung der gespiegelten Bilder. Hält man die Gelbscheibe horizontal vor sich hin, etwa wie eine Postkarte, die man lesen will, so sieht man von leuchtenden oder sonst sich stark von der Umgebung abhebenden Dingen zwei Spiegelbilder, eins von der oberen, eins von der unteren Oberfläche der Scheibe herrührend, deren eines wegen der doppelten Durchdringung der Scheibe gelb gefärbt ist. Ein sehr günstiges Objekt ist der Faden einer blanken Glühlampe, aber auch sich vom Himmel abhebende Dinge (Telephondrähte, Blitzableiter, selbst Dachkanten) tun den gleichen Dienst.

Ist die Scheibe planparallel, so decken sich die gespiegelten Konturen. Man wird aber fast durchgängig finden, daß sie das nicht tun, sondern zwei Konturen entstehen. Die Ursache ist der sog. „Keilfehler“, d. h. der Umstand, daß die Scheibe das Stück eines flachen Keils darstellt. Den Vorgang zeigt Fig. 30. Das in *A* befindliche Auge sieht die beiden getrennten Spiegelbilder P' und P'' des

Punktes P infolge Keilfehlers der Gelbscheibe S . Der Keilfehler selbst ist vollständig ungefährlich und sogar die besten Zeissgelbscheiben zeigen ihn. Läßt man nun aber durch leichtes Neigen der Scheibe die Doppelkontur über die Oberfläche hinwandern, z. B. gegen den Rand der Scheibe hin, so darf sich bei guten Filtern nichts an dem Abstand ändern. Ein Auseinanderrücken oder Zusammenrücken der wandernden Doppelkontur würde sofort verraten, daß die Neigung der beiden Oberflächen nicht über die ganze Scheibe die gleiche ist, mit anderen Worten, daß eine oder beide Oberflächen überhaupt keine Ebenen sind. Wie scharf dieses Kennzeichen ist, bemerken wir z. B., wenn wir den Versuch mit einem „Ducarfilter“ von Zeiss machen. Bei diesem ist absichtlich die eine Fläche nicht plan, sondern schwach konkav geschliffen, um den Fokus um eine Plattendicke (1,5 mm) zurückzuverlegen, diese Fläche hat aber nur einen Krümmungsradius von $7\frac{1}{2}$ m. Diese anscheinend ganz verschwindende Krümmung macht sich in einem stark auffallenden Aneinander- bzw. Zusammenrücken der Spiegelbilder erkennbar. Gute, brauchbare Filter zeigen also folgendes Bild: der sich spiegelnde Gegenstand bildet zwei nahe beieinander liegende Konturen, eine weiße und eine gelbe, die sich beim Drehen der Scheibe in ihrer eigenen Ebene umeinander herumbewegen und beim langsamen

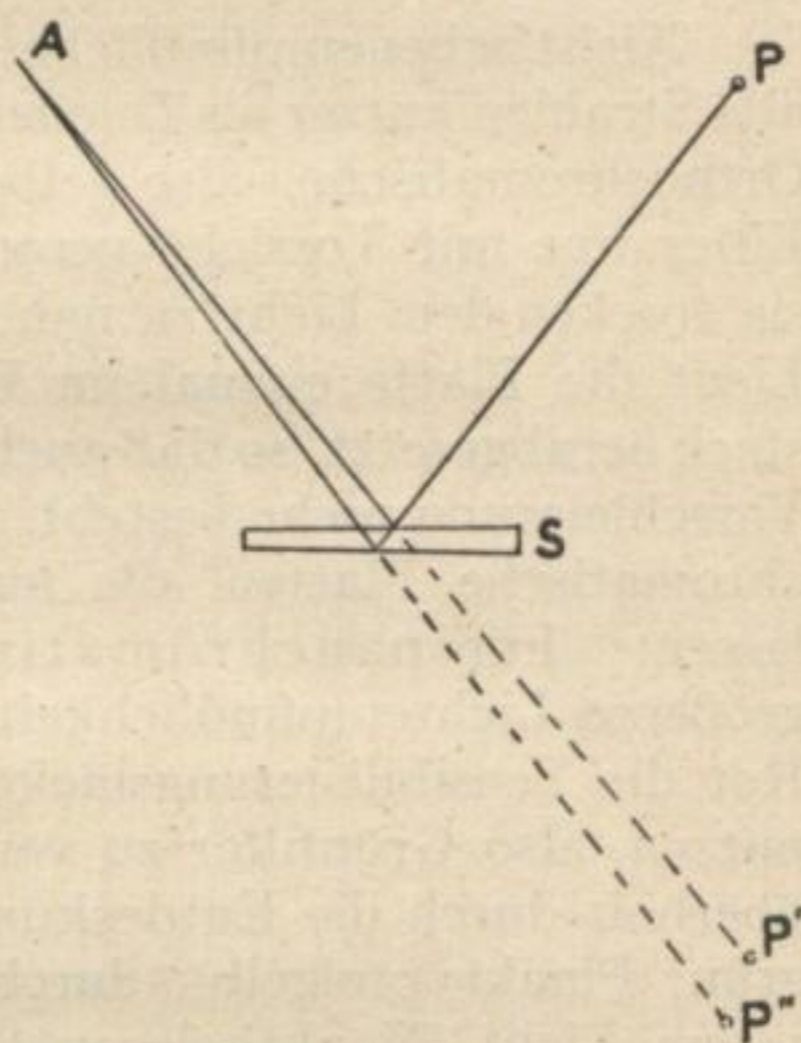


Fig. 30.

Kippen und Wandernlassen der Kontur ihren Abstand und ihre Gestalt nicht ändern. Nur am äußersten Rande runder Scheiben kommt oft eine Unregelmäßigkeit zustande, weil hier Schleif- und Poliermittel stärker angreifen, was eine kleine Abrundung der Kante zur Folge hat. Da dieser äußerste Rand aber nicht von abbildenden Strahlen durchsetzt wird, hat das nichts zu sagen.

Ebenso haben kleine Luftbläschen in der Glasmasse oder schwarze Pünktchen in der Filterschicht irgendwelche Bedeutung, außer einem unmeßbar kleinen praktisch verschwindenden Lichtverlust.

3. Dunkelkammerfilter.

Bei den Schutzfiltern für Dunkelkammerbeleuchtung entfällt natürlich jede Bedeutung optischer Reinheit und erstreckt sich dieselbe nur auf ihre Schutzwirkung.

Am einfachsten ist natürlich die spektroskopische Prüfung, am besten mit einem mit Wellenlängenskala versehenen Taschenspektroskop.

Das Hauptaugenmerk richte man dabei darauf, daß im Blau oder Violett keine Spur durchgelassen wird. Im übrigen kommt es natürlich auf das zu verarbeitende Material an, welche Strahlengattungen noch durchgelassen werden dürfen. Für Bromsilberpapier, Kunstlichtpapier und Chlorbromsilber- (sog. Diapositiv-)platten genügt ein helles (bis 550 absorbierendes) Orangefilter oder sogar ein strenges Gelbfilter, das zwischen F und F den Lichtabfall hat (etwa bei $510 \mu\mu$).

Nichtfarbenempfindliche Platten bedürfen eines Rotfilters, das alle Strahlen kürzer als D (oder besser kürzer als $600 \mu\mu$) abschneidet. Orthochromatische, also gelbgrünempfindliche, können mit diesem Filter nur mit Vorsicht verarbeitet werden, indem man vermeidet, sie trocken dem Licht zu nahe zu bringen oder zu lange auszusetzen. Liegt die Platte einmal im Entwickler, so ist die Empfindlichkeit stark herabgesetzt, so daß auch für diese Plattensorte keine Gefahr der Verschleierung mehr besteht. Jedoch gibt es Spezialfilter für orthochromatische Platten, die nur Strahlen länger als $690 \mu\mu$ durchlassen. Für panchromatische Platten pflegte man wegen der größeren Lichtempfindlichkeit des Auges für Grün als für äußerstes Rot die Sensibilisierungslücke im Grün zu 480 und 500μ zu benutzen, also Grünfilter zu verwenden. Ihr Gebrauch ist so gut wie überholt durch die Entdeckung der Desensibilisatoren (Pinakryptolgrün, Pinakryptolgelb), durch deren Vorbad man bequem bei hellrotem Licht (Naphtholorangefilter) arbeiten kann.

Hat man kein Spektroskop zur Verfügung und den Verdacht, daß das Dunkelkammerlicht nicht sicher ist (Schleier, der sich auf die bei der Belichtung gedeckten Falze, die die Platte in der Kassette festhalten, erstreckt), so gibt uns folgende einfache Probe, bei der wir nicht einmal eine Platte zu opfern brauchen, Gewißheit. Ehe wir eine Platte zum Entwickeln aus der Kassette nehmen, öffnen wir deren Schieber nur so weit, daß ein 3 bis 4 mm breiter Streifen unserer Platte sichtbar wird. Die so geöffnete Kassette setzen wir 1 bis 2 Minuten in der Stellung und der Entfernung von der Lichtquelle dem Dunkelkammerlicht aus, in der wir sie sonst zu handhaben pflegen. Wir entwickeln dann und prüfen nach Trocknen der Platte, ob der dem Licht ausgesetzt gewesene schmale Randstreifen irgendwie sichtbar geworden ist. Finden wir nichts, so ist das Dunkelkammerlicht einwandfrei, finden wir einen leichten Schleier am betreffenden Rande, so hat offenbar das Dunkelkammer-



licht verschleiern eingewirkt und muß das Schutzfilter durch ein anderes ersetzt oder geprüft werden, ob durch Spalten weißes Licht auf die Platte fällt. Bei Rollfilm wickelt man die Rolle so weit auf, daß etwa $1\frac{1}{2}$ cm Film freiliegen und setzt diese dem Dunkelkammerlicht aus. Da der erste Bildrand 25 bis 30 mm vom Filmanfang entfernt zu sein pflegt, kann ein so breiter Streifen exponiert werden.

IV. Momentverschlüsse.

Uns interessiert in erster Linie die wirksame Öffnungszeit, d. h. die Dauer, in welcher der Verschuß soweit offen ist, daß er einen entwickelbaren Eindruck hinterläßt, also die Zeit, die die Unschärfe eines sich bewegenden Objekts bedingt, in zweiter Linie der Wirkungsgrad, d. h. das Verhältnis zwischen der für die Öffnungs- und Schließbewegung in Anspruch genommenen Zeit zur Zeit, in der der Verschuß ganz offen ist.

Denn es ist klar, daß ein sich in unendlich kurzer Zeit öffnender und ebenso momentan schließender Verschuß bei gleicher Öffnungszeit die größtmögliche Lichtmenge auf die Platte bringt, während ein Verschuß, dessen Sektoren sich verhältnismäßig langsam öffnen und schließen, einen merklichen Prozentsatz des Lichtes dadurch abhält, daß er längere Zeit nur teilweise offen ist. Man hat früher geglaubt, daß der Schlitzverschuß vor der Platte dem Ideal des Wirkungsgrades von 100% so nahe komme, wie das mit einem im oder am Objektiv wirkenden Verschuß nie möglich sei. Das wäre dann der Fall, wenn es sich verwirklichen ließe, das Rouleau in Berührung mit der Platte sich bewegen zu lassen. Tatsächlich haben aber die Schlitze einen ganz beträchtlichen Abstand von der Platte (1 bis 2 cm), so daß auch hier nicht für einen bestimmten Punkt der Platte die ganze Objektivöffnung augenblicklich frei wird und verschwindet, sondern dem Vorbeigehen des offenen Schlitzes eine Halbschattenperiode voraufgeht und folgt.

Zur Messung der Verschußgeschwindigkeit bieten sich prinzipiell zwei Wege. Erstens kann man einen leuchtenden bewegten Punkt photographieren und aus der Länge der Wegstrecke, mit der er auf der Platte abgebildet erscheint, die Öffnungszeit berechnen.

Zweitens kann man einen kurzperiodischen Vorgang, z. B. die Schwingung einer Stimmgabel photographieren und durch Auszählen der abgebildeten Schwingungen die Öffnungsdauer ermitteln.

1. Prüfung durch bewegten Punkt.

Die erste Methode ist praktisch einfacher durchzuführen. Es gibt im Handel sog. Verschußprüfer¹⁾, die auf durch ein Uhrwerk angetriebenen leuchtenden Punkten beruhen. Man kann mit einfacheren Mitteln sich selbst ähnliche Apparate zusammenbasteln. Fig. 31 gibt die Ansicht eines solchen Prüfers. In eine Hartgummiwelle *A* sind beiderseits coaxial zwei Messingstifte eingeschraubt, die als Drehzapfen für einen Flügel *FF* von 50 bis 60 cm Länge dienen. Dieser trägt an seinen Enden, aber in etwas verschiedener Entfernung von der Drehachse, zwei Taschenglühlämpchen *GG*. Ein drittes Glühlämpchen *d* ist genau in der Verlängerung der Drehachse angebracht. Dieses

erleichtert die Ziehung der später zu besprechenden Hilfslinien oder die Zentrierung des Transporteurs. Eine Kurbel *K* dient dazu, den Flügel nach dem Schlage einer Uhr in gleichmäßige Drehung zu versetzen. Günstig für gleichmäßige Drehung ist Anbringung metal-
 lener Schwungmassen *MM* am Holzflügel. Die Zu- und Ableitung des Stromes geschieht durch die beiden voneinander isoliert gehaltenen Drehzapfen über deren Lager. Man stellt den ganz schwarzen Apparat vor einem

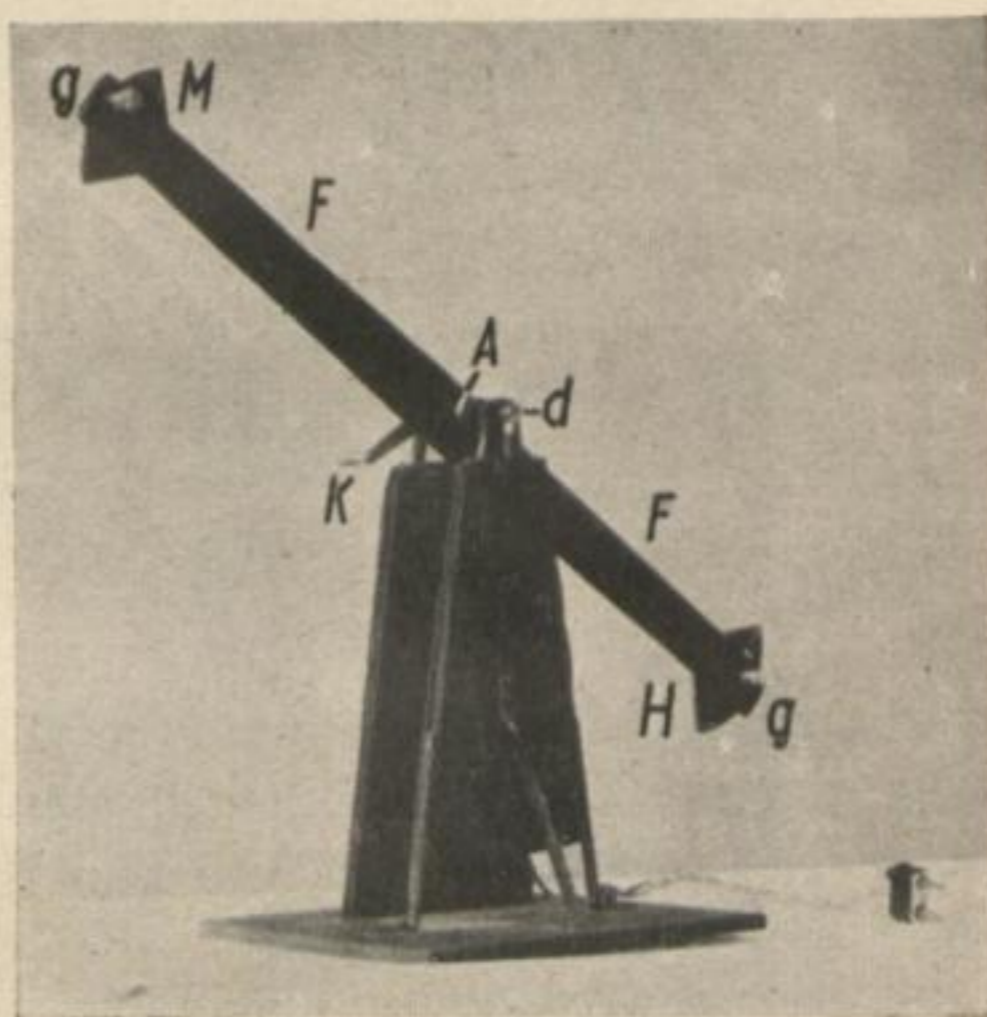


Fig. 31.

dunklen Hintergrund auf. Auch der drehende Gehilfe soll dunkel gekleidet sein. Mit wenig Übung gelingt es, die Kurbel genau nach den Schlägen einer Uhr (Pendel- oder Taschenuhr) zu drehen. Hat der Gehilfe die richtige Drehung, so ruft er „los“ und man photographiert das Ganze; man hat dafür gesorgt, daß erstens die Drehachse in ihrer Verlängerung genau durchs Objektiv geht (Justierung des Prüfers), und daß die Kamera die ruhende Achsen-
 glühlampe in der Mitte der Platte abbildet (Justierung der Kamera).

Man kann nun leicht alle 6 bis 8 Einstellungen des Momentverschlusses auf eine Platte bringen, wenn man nach jeder Aufnahme

1) Siehe z. B. David, Photographisches Praktikum S. 143 ff.

das Objektivbrett etwas verschiebt. Da meist Hoch- und Querverschiebung möglich ist, kann man z. B. mit gleicher Querverschiebung nach rechts 3 bis 4 Aufnahmen bei verschiedener Objektivhöhe und ebensoviele mit Querverschiebung nach links machen. Man bekommt dann ein Negativ wie Fig. 32.

Eine Reihe von Kreisbogen, die um 8 Mittelpunkte, je 4 in einer Reihe, gruppiert sind. Die den kürzesten Belichtungszeiten entsprechenden Bogen sind sehr kurz und dadurch zu erkennen, daß die ruhende Glühlampe nahe in der Mitte ihrer Verbindungslinie

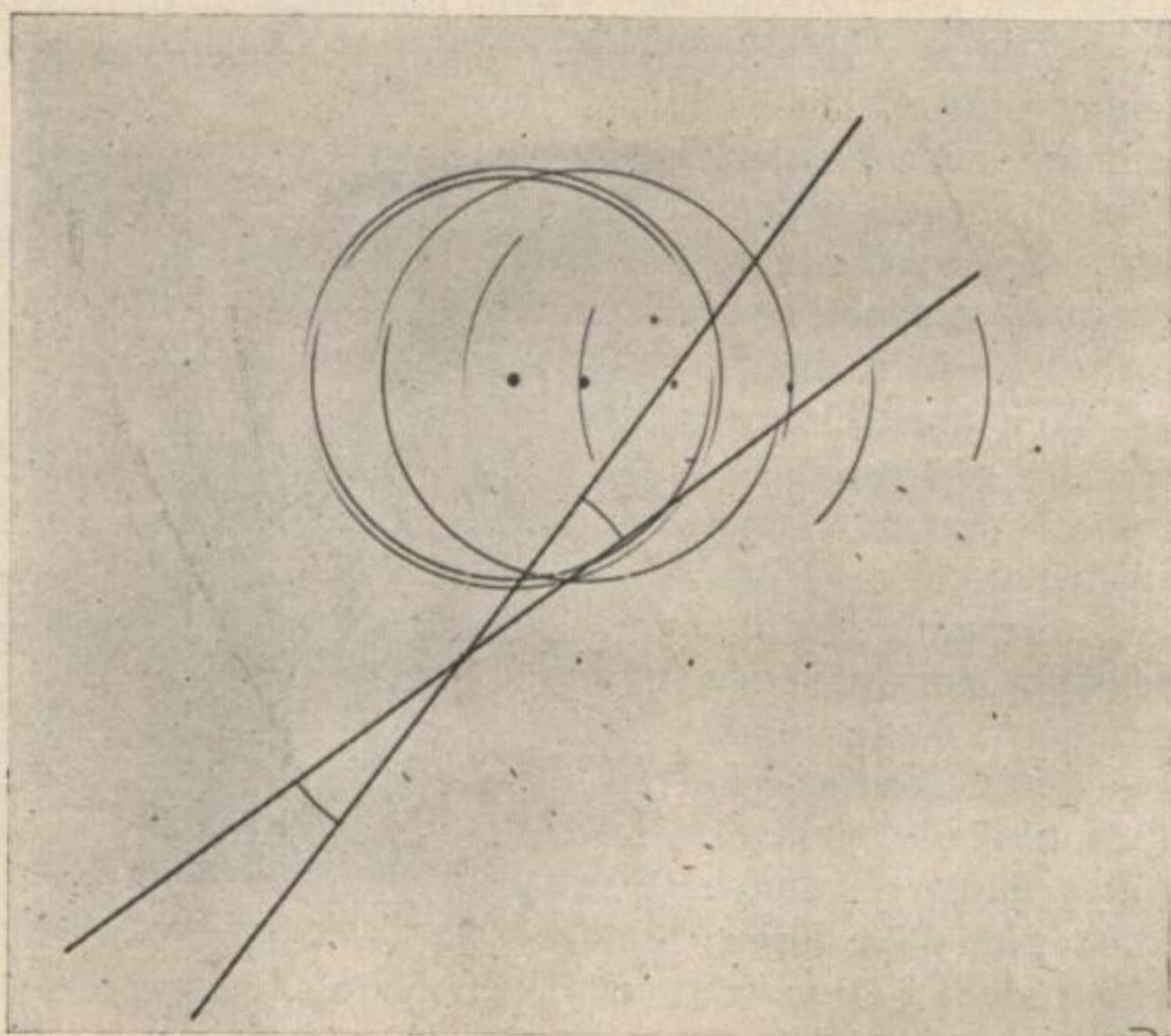


Fig 32.

liegt. Aus den größten Bogen ist zu ersehen, warum man die beiden Endlichtpunkte nicht in gleichem Abstand von der Mitte anbringen soll. Es muß bei Bogen über 180° vermieden werden, daß die beiden zusammenfallen und so ihre Anfangs- und Endpunkte sich verwischen.

Die Ausmessung geschieht durch Orientierungslinien, die man sich im Bild der Mittelglühlampe schneidend (am besten auf dem Negativ mit einem Messerchen oder einer alten Rasierklinge) zieht.

In Fig. 32 ist die fünfte Geschwindigkeit mit solchen Linien versehen. Mit einem Transporteur mißt man den Winkel dieser beiden Linien in Graden und dividiert durch 360, man hat dann den Bruchteil eines Umlaufs, während dessen der Verschluß geöffnet

war. War die Umlaufszeit, wie in dem Beispiel, genau eine Sekunde, so ist die Zahl direkt der Sekundenbruchteil. Hat man jedoch mit einem Wandregulator, die meistens 78 oder 80 Schläge in der Minute machen, oder mit der Taschenuhr gearbeitet, so muß man die gefundene Zahl noch mit der in Sekunden ausgedrückten Umlaufszeit (also z. B. bei 80 Schlägen 0,75 Sekunden, bei Taschenuhr $\frac{2}{5} = 0,4$ oder $\frac{4}{5} = 0,8$ Sekunden) multiplizieren, um die wahre Öffnungszeit zu finden.

Die Durchmessung der abgebildeten Platte ergab die in folgender Tabelle niedergelegten Resultate.

Versuch Nr.	Sollwert Sekunden	Äußerer Bogen o	Innerer Bogen o	Mittel o	Wahre Öffn. - Zeit Sekunden	Dieselben in Sek. - Bruch- teilen aus- gedrückt	
1	1	345	335	340	0,945	—	zu klein
2	$\frac{1}{2}$	189	187	188	0,522	$\frac{1}{1,9}$	zu groß
3	$\frac{1}{5}$	76	76	76	0,211	$\frac{1}{4,7}$	zu groß
4	$\frac{1}{10}$	42	42	42	0,117	$\frac{1}{8,6}$	zu groß
5	$\frac{1}{25}$	18	19	18,5	0,051	$\frac{1}{19,5}$	zu groß
6	$\frac{1}{50}$	5	4	4,5	0,0125	$\frac{1}{80}$	zu klein
7	$\frac{1}{100}$	3,5	3,5	3,5	0,0097	$\frac{1}{103}$	zu klein
8	$\frac{1}{150}$	3	3	3	0,0083	$\frac{1}{120}$	zu groß

Hat man öfter solche Messungen zu machen, so verlohnt es sich, sich Glastransporteure verschiedener kleiner Durchmesser anzufertigen, indem man einen der käuflichen Vollkreistransporteure auf transparentem Zelluloid, zwischen zwei Glasplatten eingeklemmt, auf hartarbeitender Platte photographiert und dieses Negativ in verschiedener Verkleinerung auf Diapositivplatten kopiert. Damit entfällt die etwas mühsame Arbeit, die Striche der Fig. 32 zu ziehen. Man legt vielmehr ein im Durchmesser passendes Transporteurdiapositiv Schicht auf Schicht aufs Negativ, Mittelpunkt auf das Bild der ruhenden Mittellampe, und liest direkt die Gradzahlen ab. Fig. 33 gibt eine Vergrößerung eines Teils des Negativs Fig. 32 mit aufliegendem Transporteurdiapositiv wieder. Man erkennt die zu messenden Bogen zwischen den inneren Ziffern 0 und 42 des aufgelegten Transporteurs.

Betrachtet man das Originalnegativ der Figur 32 unter starker Lupe oder schwachem Mikroskop¹⁾, so bemerkt man, daß die Bogen keine glatten Enden haben, sondern beiderseits wie zugespitzt erscheinen. Das kommt davon her, daß natürlich die Ver-

1) Den Anblick gibt Fig. 35 ungefähr wieder.

schlußsektoren eine gewisse kleine Zeit brauchen, um sich zu öffnen und zu schließen. Genau wie nun zu ersehen ist, daß durch Lichthofbildung die ruhende Glühlampe als um so größerer Punkt im Negativ erscheint je länger ihr Licht wirkte (man vergleiche die acht Mittelpunkte der Fig. 32), so drückt sich die allmähliche Öff-

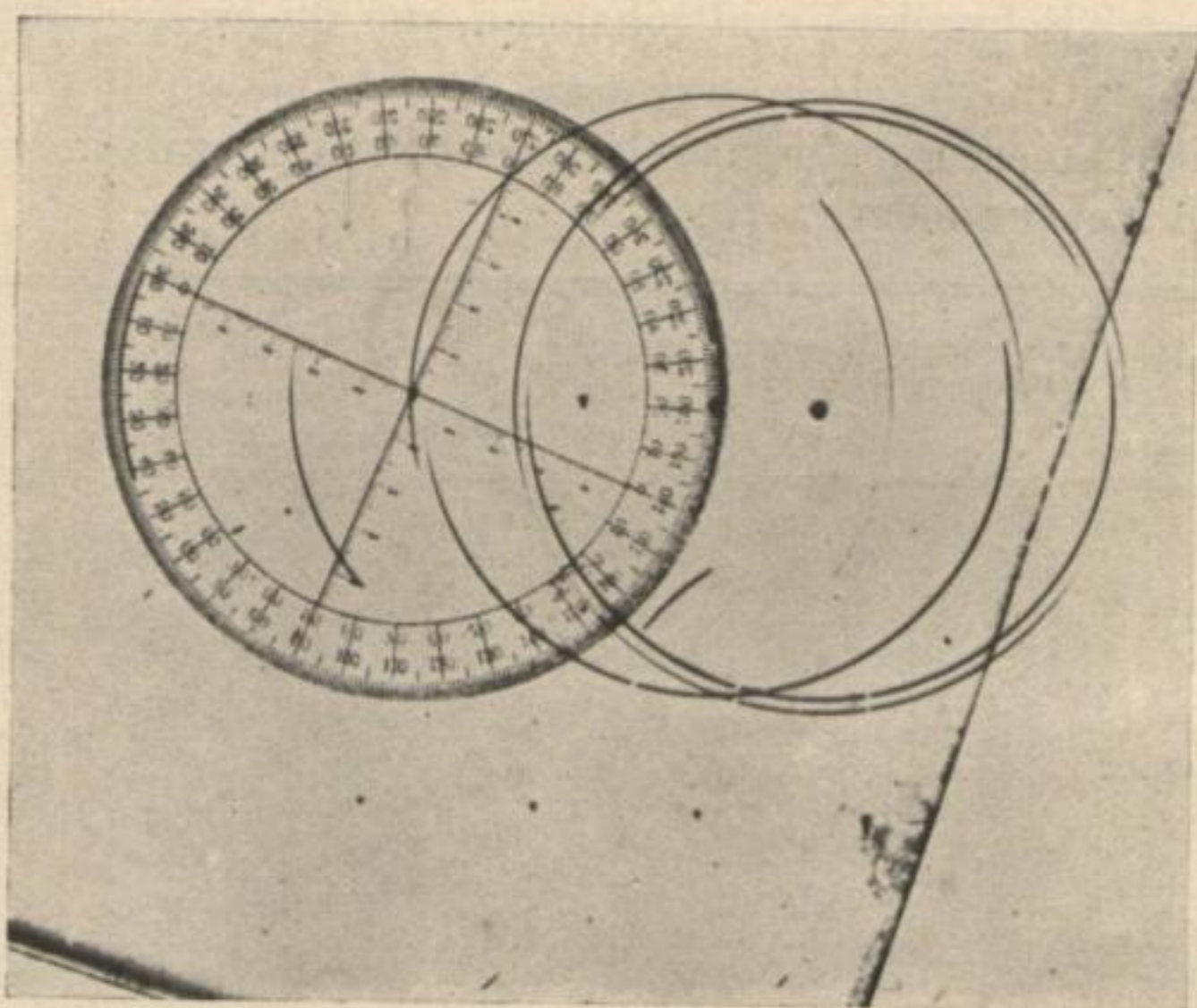


Fig. 33.

nung und Schließung durch Schmälerwerden der Lichtspur aus. Wir haben also in diesen „Schwänzchen“, wie wir sie nennen wollen, ein gutes Mittel, wenigstens einen orientierenden Wert für den

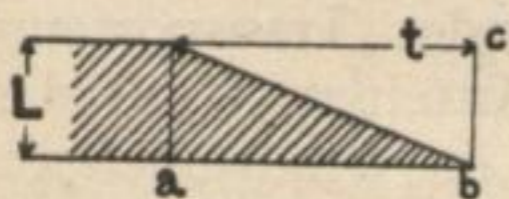


Fig. 34.

Wirkungsgrad des Verschlusses zu bekommen. Wir brauchen nur den Winkelwert dieser Schwänzchen in Graden zu bestimmen um die Zeitdauer der Sektorenbewegung annähernd zu ermitteln und das Verhältnis dieser Zeitdauer zur Gesamtöffnungszeit festzustellen, um den Wirkungsgrad zu bekommen.

Tragen wir in dem schematischen Diagramm, Fig. 34, horizontal die Zeit und vertikal die Lichtmenge auf und sei a der Moment, wo sich die Sektoren zu schließen beginnen und b der Moment des völligen Schlusses, so können wir vereinfachend annehmen, daß diese Lichtabnahme vom Vollwert bis zu 0 linear vor sich geht. Bezeichne nun T die Gesamtöffnungsdauer, t die Dauer eines Schwänzchens (also = der Strecke $a b$), so ist der Lichtverlust während dieser

Dauer annähernd der Fläche des Dreiecks abc zu setzen, also $= \frac{Lt}{2}$. Der Gesamtlichtverlust Anfang und Ende also das Doppelte, also $= Lt$. Daraus ergibt sich die Rechnungsregel: der Wirkungsgrad eines Verschlusses, bei dem der Winkelwert eines Schwänzchens n Prozent des Gesamtwinkelwertes ist, ist für beide Schwänzchen

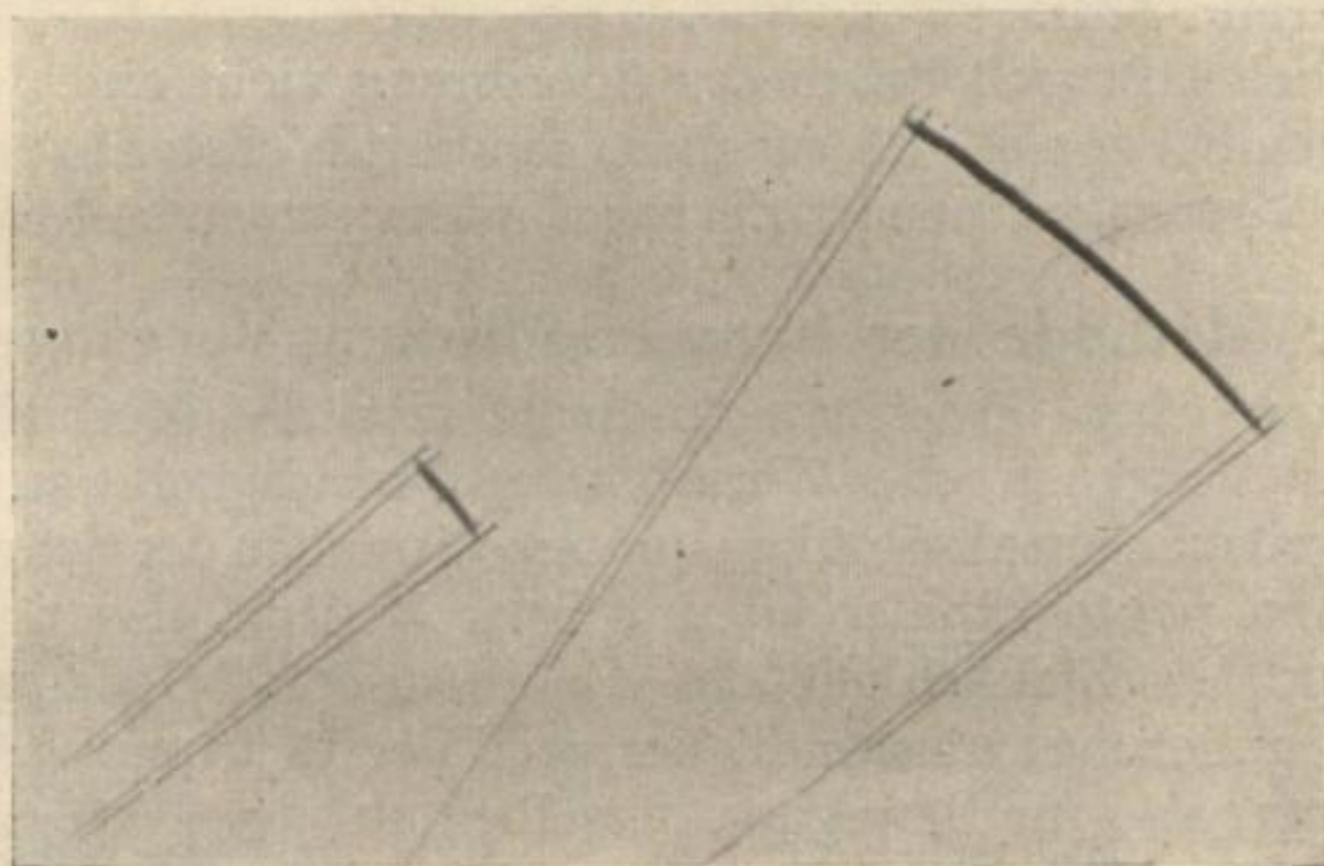


Fig. 35.

gleich $1 - n$. Es wurde z. B. gemessen kleiner Bogen der Fig. 35, die eine Vergrößerung zweier Bogen aus Fig. 32 darstellt, Gesamtwinkelwert $5,0^\circ$, Winkelwert eines Schwänzchens $0,7^\circ$. $\frac{0,7}{5,0}$ gibt 14%. Also Wirkungsgrad 86%, bei $\frac{1}{80}$ Sekunde eine erstaunliche Leistung. Die Sektoren brauchen zu ihrer Öffnungs- und ihrer Schließbewegung nur je $0,00175$ Sekunden, das ist ca. $\frac{1}{570}$ Sekunde.

2. Behelfsmethode mit Fahrrad.

Für gelegentliche Messungen läßt sich der Apparat, Fig. 31, auch durch einen Notbehelf ersetzen, wie er erstmals vom Verfasser in den 90 er Jahren des vorigen Jahrhunderts in den „Phot. Mitt.“ veröffentlicht wurde.

Ein auf Sattel und Lenkstange gestelltes Fahrrad, dessen Tretkurbel ein Gehilfe mit der Hand in Umdrehung versetzt, gibt uns den kreisförmig bewegten Punkt. Wir befestigen an dem Rad genau diametral gegenüber zwei hochglänzende Konvexspiegel, z. B. zwei Militärknöpfe, und machen die Aufnahme in voller Sonne, nachdem

wir uns zuerst mittels der Mattscheibe vergewissert haben, daß gute Glanzlichter abgebildet werden. Wir visieren von der Radnabe auf die Kamera und bringen sie so in die Verlängerung der Drehachse. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Pedalachse wird vom Gehilfen nach Uhrschlag eingehalten, die Umdrehungszeit des Rades ergibt sich aus jener durch Multiplikation mit dem Übersetzungsverhältnis, das sich durch Auszählen der Zähne beider Zahnräder leicht ermitteln läßt.

Natürlich läßt sich bei dieser Anordnung nicht eine Reihe von Aufnahmen auf eine Platte machen, sondern höchstens zwei, besser nur eine, da sonst ein unentzifferbarer Wirrwarr entsteht.

3. Methode der kurzperiodischen Vorgänge.

Genauer, aber etwas umständlicher ist die Methode, durch periodische Vorgänge die Verschlußgeschwindigkeit zu messen. Genauer, weil man ein absolut konstantes Zeitmaß in der Schwingungsdauer der zu photographierenden Körper besitzt, also unabhängig ist von der Geschicklichkeit des Gehilfen oder Genauigkeit der Uhrwerksregulierung; umständlicher, weil der Lichtpunkt sich nicht selbst bewegt, also für Bewegung derselben auf der Platte außerdem gesorgt werden muß.

Wenn auch gelegentlich andere meist akustische Vorgänge zu solchen Messungen herangezogen worden sind (z. B. singende Flammen), so hat sich doch als praktischster die Photographie von Stimmgabelschwingungen erwiesen.

Ob komplette Versuchsanordnungen hierfür im Handel zu haben sind, ist dem Verfasser nicht bekannt. Jedoch ist es bei einiger Vertrautheit mit der Sache nicht allzuschwer, sich eine brauchbare Versuchsanordnung hierfür zusammenzustellen. Als schwingendes Element dient die Zinke einer Stimmgabel, auf die ein ganz kleines Spiegelchen (ca. 7×7 mm) außen aufgekittet ist. Da sich die Zinke beim Schwingen um eine in der Nähe des Gabelstiels gelegene Achse dreht, macht dieses Spiegelchen diese minimalen Drehungen mit. Stellt man nun die Kamera auf ein ca. 2 m entferntes Lichtpünktchen (hell beleuchtetes Loch von 1 mm Durchmesser in einem Blech) scharf ein, das aber nicht direkt anvisiert, sondern von dem in der Nähe des Apparates aufgestellten Stimmgabelspiegelchen ins Objektiv gespiegelt wird, so zieht sich, wie man leicht sehen kann, beim Anschlagen der Stimmgabel dieses Pünktchen in ein kurzes Strichelchen auseinander. Nun muß — und darin liegt die Schwierigkeit — dieses Strichelchen auf der Platte ziemlich rasch wandern, damit sich das senkrechte Strichelchen als eine auszählbare wagerechte Wellenlinie abbildet.

Zwei Lösungen stehen zu Gebote. Man kann erstens den Apparat während der Belichtung um eine senkrechte Achse schwenken; zweitens bei ruhender Kamera durch Zwischenschalten eines rotierenden Spiegelsystems das horizontale Fortschreiten des Lichtpunktes bewirken.

Die zweite Methode erfordert aber einen umständlicheren Nebenapparat und nützt das Plattenformat nicht so aus wie die erste. Wir wollen deshalb nur auf die Beschreibung der ersten Methode näher eingehen. Die senkrechte Drehachse muß durch das Objektiv gehen, mit anderen Worten, der Apparat um das Objektiv wagerecht geschwenkt werden, weil andernfalls der vom Lichtpunkt kommende Strahl nicht bei jeder Stellung der Kamera durchs Objektiv fallen könnte. Wir benutzen also eines der im Handel befindlichen Zwischenstücke für Panoramaaufnahmen, mit Hilfe dessen man die Kamera so auf dem Stativ befestigen kann, daß das Objektiv sich genau

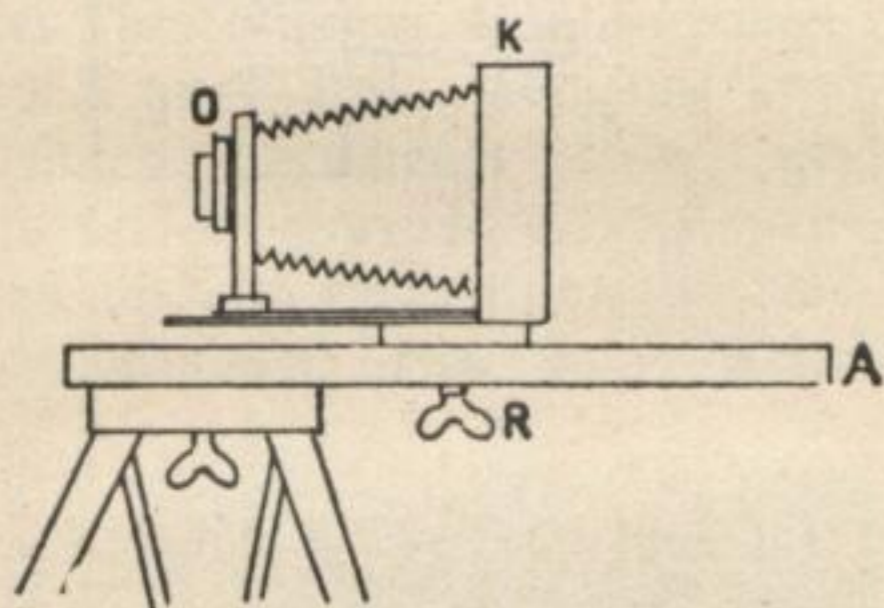


Fig. 36.

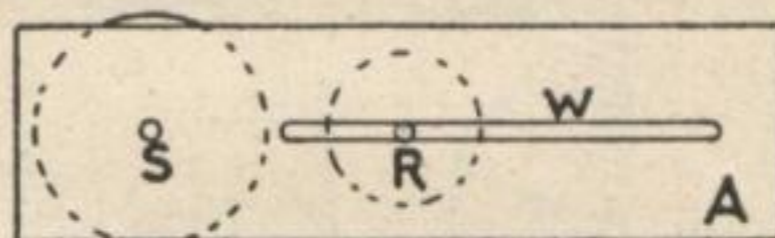


Fig. 37.

über der Stativmutter befindet. Oder wir stellen uns selbst ein solches Zwischenstück nach Fig. 36 u. 37, bestehend aus einem Hartholzbrettchen *A* her. Dasselbe trägt bei *S* eine Stativmutter, um hier auf einem kräftigen Stativ befestigt werden zu können, bei *W* einen Schlitz, durch das eine Stativschraube hindurchtritt, mit Hilfe deren wir die Kamera *K* so befestigen, daß das Objektiv *O* bei jeder Drehung an derselben Stelle bleibt.

Die Gesamtanordnung des Versuchs gibt Fig. 38. Die am besten in einem Projektionsapparat, dessen Kondensator man durch ein photographisches Objektiv ersetzt hat, untergebrachte Lichtquelle *L* wird auf einem feinen Loch in der Metallplatte *B* abgebildet. Diese punktförmige und sehr helle „sekundäre Lichtquelle“ sendet ihre Strahlen in das auf der Stimmgabel *S* aufge kittete Spiegelchen und von da weiter ins Objektiv, wo man mittels Mattscheibeneinstellung ein scharfes Bild des Pünktchens einstellt. Die sekundäre Lichtquelle sendet nur einen spitzen Lichtkegel aus, in den die Stimmgabelzinke

hineinragen muß. Indem wir die Gegend bei *S* mit einem größeren weißen Papier absuchen, finden wir den Beleuchtungskegel als hellen Kreis. Ist die Stimmgabel befestigt (man macht sie sowohl horizontal als vertikal dreh- und festklemmbar), finden wir ebenfalls durch ein weißes Papier die Stelle, wo das Spiegelbildchen hinfällt und bringen dorthin das Kameraobjektiv oder drehen und kippen die Stimmgabel so lange, bis es möglichst mitten im Objektiv erscheint. Die scharfe Einstellung auf der Mattscheibe geschieht am besten mit der Einstellupe. Die Stimmgabel schlägt man unmittelbar vor der Aufnahme mit einem Holzklöppel (z. B. Griff eines Schraubenziehers), und zwar durch einen Schlag auf die nicht mit dem Spiegel versehene äußere Zinke an, dann dreht man, während man den Verschuß auslöst, die Kamera. Auf der Mattscheibe kann man sich die Anfangsstellung so einrichten, daß der Lichtpunkt noch an

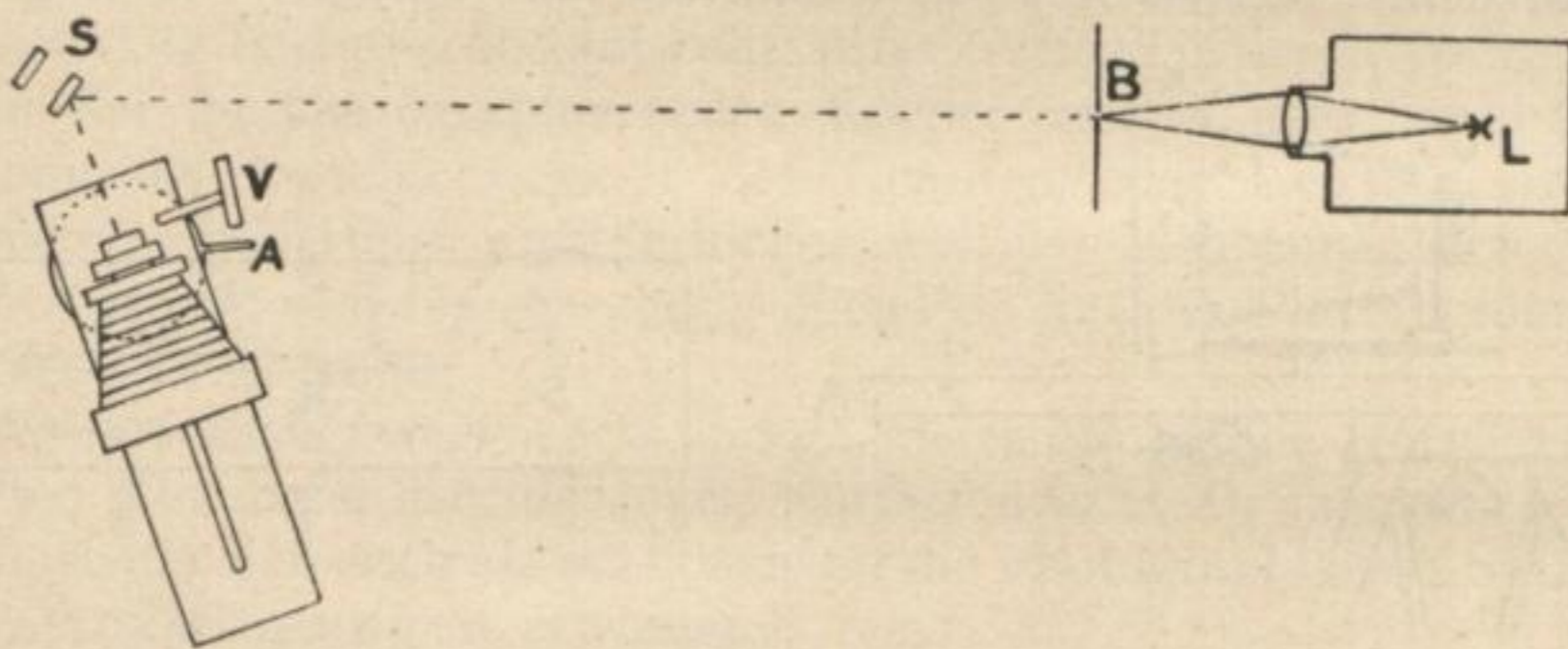


Fig. 38.

einem Plattenrande erscheint, man also für das Wellenbild die ganze Plattenbreite zur Verfügung hat. Trotzdem wird man die Erfahrung machen, daß besonders bei den langen Zeiten entweder die Wellen bei langsamer Drehung so dicht aufeinander folgen, daß sie schwer zählbar sind, oder bei rascherer Drehung über den Plattenrand hinausgehen, also überhaupt nicht vollständig abgebildet erscheinen. Auch ist es nicht leicht, Drehung und Verschußauslösung so zweckmäßig gleichzeitig zu bewirken, daß keine Fehlbelichtungen erfolgen. Der Verfasser hat sich deshalb eine Vorrichtung gebaut, welche automatisch den Verschuß an einem genau einstellbaren Punkt auslöst, so daß man nur die Kamera zu drehen braucht und sicher ist, daß der Verschuß im richtigen Augenblick sich öffnet. Obwohl diese Ausführungsform mit einfachsten Mitteln behelfsmäßig gemacht wurde, soll sie doch hier beschrieben werden, da das Prinzip sich bewährt hat und die Vorrichtung von einem Mechaniker leicht

in zweckmäßigerer Gestalt ausgeführt werden kann. Der Grundgedanke ist der, daß durch die Drehung der Kamera ein Hebel an dem um die Stativschraube drehbaren und an jeder gewünschten Stelle festklümmbaren Anschlag *A* (Fig. 38) weggedrückt wird und so den Verschuß auslöst. Die Vorrichtung *V*, fest mit der Kamera oder dem Zwischenbrett verbunden, ist in den Abb. 39 und 40 dargestellt. Eine mit Benutzung der Feder einer Trockenklammer hergestellte Klammer faßt zwischen den beiden Schenkeln *A* und *B* den Drahtauslöser des Verschlusses. Ein am Schenkel *A* um *C* drehbarer, mit zwei Zähnen versehener Hebel gestattet die Vorrichtung zu spannen und im gespannten Zustand zu erhalten, Fig. 39. Dieser

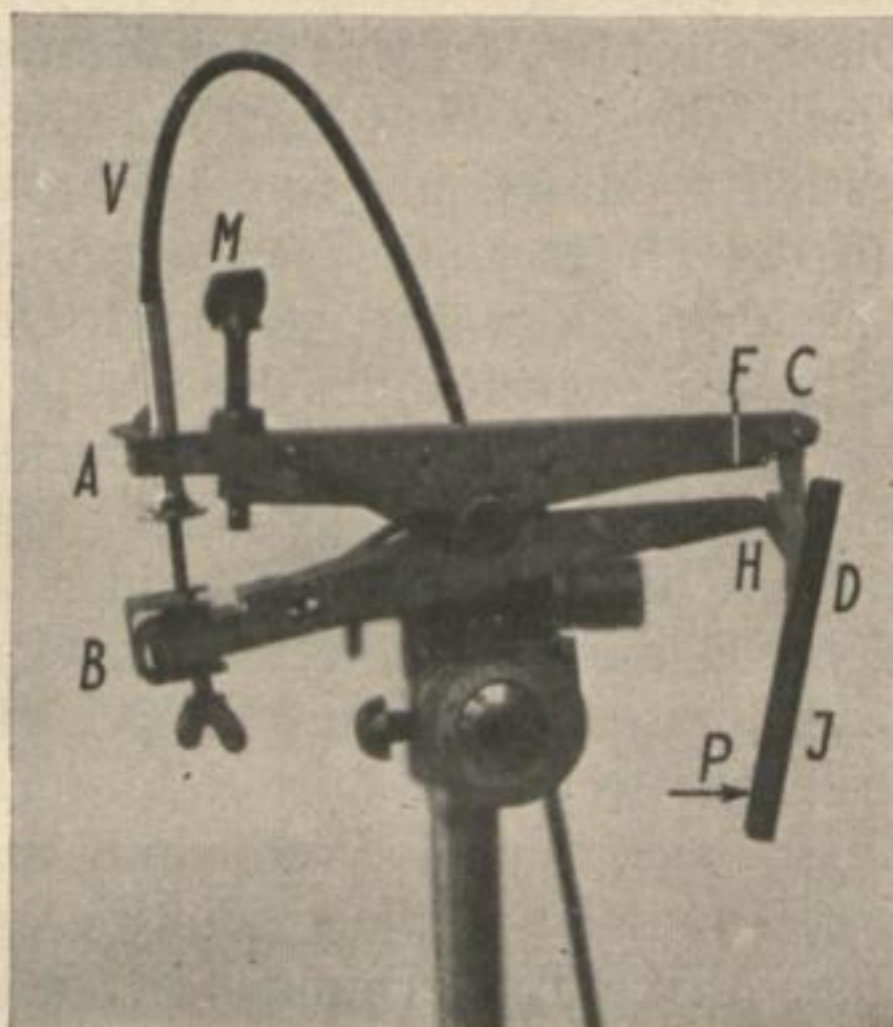


Fig. 39.

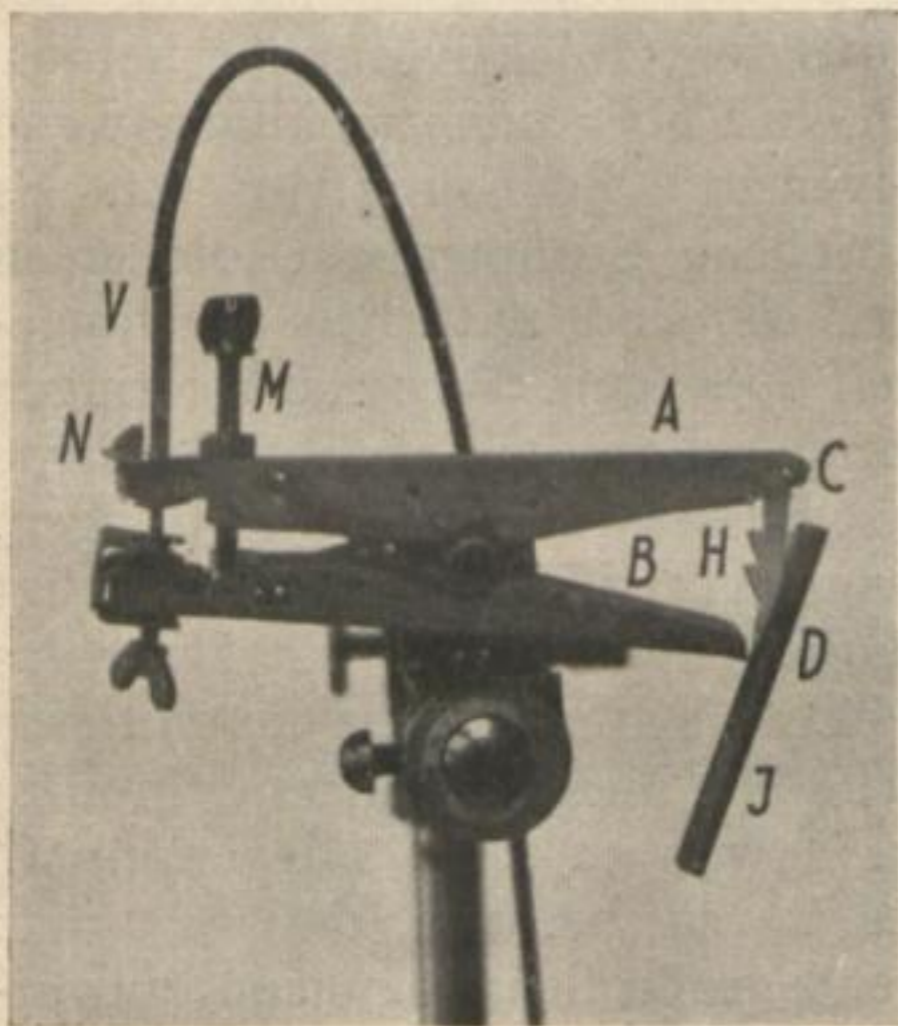


Fig. 40.

Verschußauslöser *V* betätigt (siehe Fig. 40, die die Stellung nach erfolgter Verschußauslösung wiedergibt.). Je nach dem Weg, den der Auslöser zurücklegen muß, verwendet man den ersten

Hebel wird durch eine Schraubensfeder *F* (in der Abbildung kaum erkennbar, da im Holz versenkt) gegen das Ende des Schenkels *B* gedrückt. An diesem Hebel *H* ist ein zu U-förmigem Querschnitt gebogener und dadurch versteifter zweiarmiger Hebel *J* aus Blech um *D* drehbar befestigt. Dieser Hebel stößt nun, wenn man die Kamera schwenkt, mit der durch den Pfeil *P* gekennzeichneten Stelle an den oben erwähnten Anschlag, der Gegenarm umgreift den gezahnten Hebel *H* und nimmt ihn mit nach rechts. Der Schenkel *B* verliert seine Stütze an der Nase dieses Hebels und schnappt zu, wodurch er den

oder zweiten Zahn des Hebels *H* zum Spannen und hat außerdem in der Schraube *M* ein Mittel, den Weg regulierbar zu begrenzen, damit der Drahtauslöser und Verschuß nicht überbeansprucht wird. Die Schraube *M* dient gleichzeitig als Achse eines Vorreibers *N* aus Blech, der das Drahtauslöserstück in dem Schlitz des Schenkels *A* festhält. Man kann nun leicht, ehe man eine Kassette einschiebt, auf der Mattscheibe prüfen, wo der Lichtpunkt auftaucht und den Anschlag *A* der Fig. 38 durch Drehen so einstellen, daß dies in der Nähe des einen Randes der Platte der Fall ist. Das Zwischengelenk *D* und der Hebel *J* haben den Zweck, zu erreichen, daß man die Kamera ohne jede Beschädigungsgefahr für die neue Aufnahme zurückdrehen, d. h. wieder hinter den Anschlag bringen kann, an dem ja ein starrer Hebel *H* auch in umgekehrter Richtung anstoßen würde. Bei der gezeichneten Anordnung jedoch gleitet der Hebel *J* einfach über den Anschlag weg und fällt dahinter wieder herunter. Die Weite des Ausschlags, den die Wellenlinie auf der Platte bildet, hängt von der Entfernung *SB* ab, je größer diese ist, desto breiter wird die Zickzacklinie. Eine Entfernung von ca. $1\frac{1}{2}$ m ist vollkommen genügend. Dagegen spielt die Entfernung des Spiegels *S* vom Objektiv keine Rolle. Wir können sie beliebig wählen, werden aber vermeiden, sie zu groß zu nehmen aus praktischen Gründen: Je weiter sie ist, desto leichter kommt durch eine geringe Lagenveränderung der Stimmgabel das Spiegelbildchen aus der Objektivöffnung heraus. Solche geringe Lagenveränderungen sind aber unvermeidlich, wenn man die Stimmgabel durch Anschlagen in Schwingung versetzt. Es gibt auch elektromagnetisch angetriebene Stimmgabeln, die einen kontinuierlichen Ton hören lassen, sie sind natürlich der angeschlagenen Stimmgabel praktisch weit überlegen. Wegen des geringen Platzes, den eine Wellenlinie beansprucht, kann man leicht sämtliche Einstellungen des zu prüfenden Verschlusses auf eine Platte bringen. Ein Stimmgabelton von eingestrichenem *a* (427 Schwingungen) genügt im allgemeinen. Für lange Zeiten (über $\frac{1}{2}$ Sekunde) ist zwar das Auszählen etwas mühsam und man hat es bequemer mit einem tiefen Ton, etwa *c* (256 Schwingungen); für exakte Messung kurzer Öffnungszeiten ist der Ton von *a* schon etwas zu tief. Hier wäre *a''* (853 Schwingungen) besser, aber es ist zu betonen, daß es um so schwieriger ist, die Gabel in genügend große Schwingungen zu versetzen und in solchen zu erhalten, je kleiner sie ist.

Ist also der Aufbau nach Fig. 38 gemacht und das scharfe Bild auf der Mattscheibe eingestellt, ferner der Anschlag *A* so geklemmt, daß die Auslösung an einem Plattenrande erfolgt, so prüfen wir zunächst, ob das Bild des Punktes beim Drehen bis zum andern Plattenrande auf der Mattscheibe zu sehen ist. Ist das nicht der Fall,

so fehlt es an der Zentrierung des Objektivs gegen die Drehachse. Mit Hilfe eines vor das Objektiv gehaltenen weißen Papiere, das das Spiegelfleckchen zeigt, sehen wir, in welche Richtung wir das Objektiv zu bewegen haben. Dann prüfen wir, wie tief nach unten und wie hoch nach oben wir das Objektivbrett (oder die Standarte) verstellen können, ohne das Lichtpüktchen von der Mattscheibe abzuschneiden. Man stellt nun das Objektivbrett zu unterst, spannt die Auslösevorrichtung, dann den Verschuß, öffnet die Kassette und schlägt im letzten Moment, wenn alles bereit ist, die Stimmgabel an. Während sie tönt, wird die Kamera herumgeschwenkt, wodurch automatisch die erste Aufnahme erfolgt. Dann wird das Objektivbrett ein paar Millimeter gehoben, Verschuß auf zweite Geschwindigkeit gestellt, Auslöser und Verschuß gespannt, Kamera zurückgeschwenkt, Stimmgabel neu angeschlagen und die zweite Aufnahme durch Schwenken gemacht und so fort, bis alle Verschußstellungen erledigt

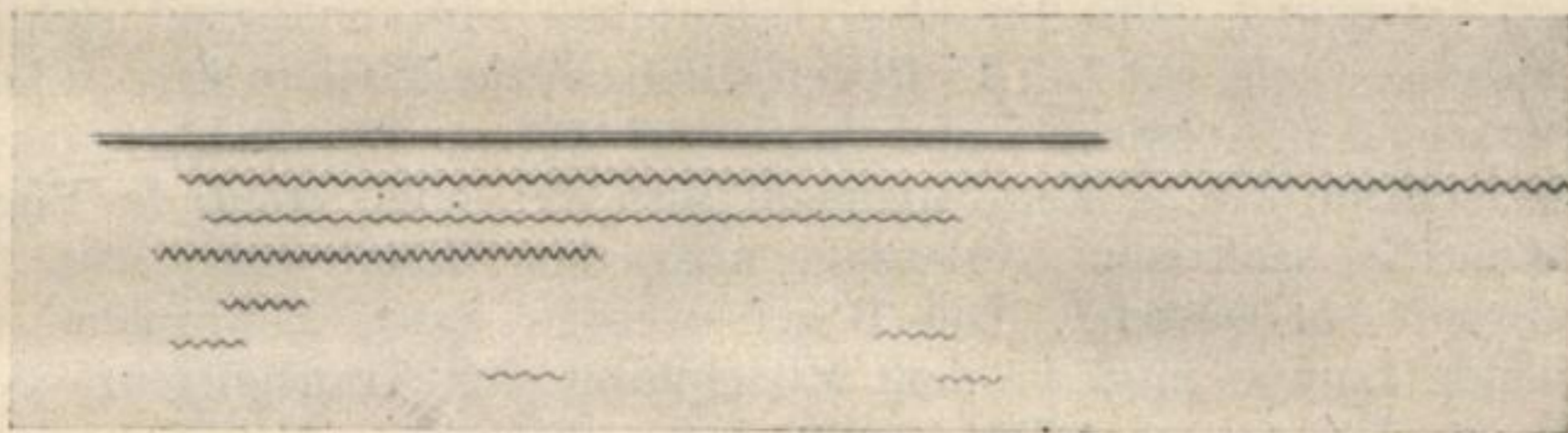


Fig. 41.

sind. Natürlich darf man nur bei kurzen Öffnungszeiten schnell schwenken, bei längeren muß man darauf achten, daß der Verschuß abgelaufen ist, ehe man ganz herumgeschwenkt hat, weil sonst ein Teil der Wellenlinie nicht auf die Platte käme. Mit der Lupe werden dann die Negative ausgezählt, wobei eine Pikiernadel (Nähnadel in Holzgriff), mit der man jede zehnte Schwingung durch ein kleines Strichlein markiert, die Arbeit erleichtert und vor Irrtümern schützt. Fig. 40 gibt das Bild eines solchen Negativs. Die enge Wellenlinie der obersten Zeile ist nur im Originalnegativ als solche zu erkennen.

Haben wir es mit Zentral- oder Objektivverschlüssen zu tun, so geben beide vorbeschriebenen Methoden ohne weiteres einwandfreie Resultate. Anders liegen die Verhältnisse beim Schlitzverschuß vor der Platte. Er ist dadurch charakterisiert, daß nicht das ganze Bild gleichzeitig belichtet wird, sondern streifenweise durch einen (meist von oben nach unten) über die Platte hinlaufenden Schlitz.

Ein sich gleichzeitig über die Platte hinbewegendes Bild eines bewegten Gegenstandes erleidet dadurch, daß seine Teile sich an verschiedenen Orten der Platte befinden, während sie durch Belichtung festgehalten werden, eigentümliche Verzerrungen, die bei raschen Geschwindigkeiten ganz groteske Formen annehmen können. Allbekannt ist z. B. das Vorneigen der oberen Partien gegen die unteren bei raschfahrenden mit Schlitzverschluß aufgenommenen Fahrzeugen. Da der Vordergrund früher belichtet wird als Bildmitte und Himmel, ist jede Zone des Fahrzeuges um so weiter vorn abgebildet je später sie belichtet wurde, d. h. je höher sie gelegen ist. Eine sich gegen den Schlitz bewegendes Objekt (fallender Gegenstand) wird kürzer belichtet als ein mit ihm sich bewegender (in die Höhe fliegender Ball).

Trotzdem bekommen wir mit der Stimmgabelmethode die richtige Durchschnittsgeschwindigkeit, die horizontal bewegten Gegenständen (die ja in der Praxis die häufigsten sind) entspricht. Bei der 1. Methode (Kreisbewegung eines Punktes) bekommen wir annähernd richtige Resultate, wenn wir beide Bogen, die sich merkbar in ihrer Länge unterscheiden, ausmessen und das Mittel bilden. Wir finden stärkere Unterschiede wie bei Zentralverschlüssen, besonders wenn die Bogen größtenteils senkrecht verlaufen, aber das Mittel entspricht der Wahrheit am besten. Die Bogen werden etwas deformiert, die ruhende Lampe muß in dem Mittelpunkt des Transporteurs oder von den Orientierungslinien geschnitten werden.

Es erübrigt sich, die verschiedenen Schlitzbreiten durchzumessen, denn die Belichtungszeiten für eine andere Schlitzbreite lassen sich aus den Ergebnissen einer rechnerisch ermitteln. Sie verhalten sich wie die Schlitzbreiten zueinander. Z. B. hat man für 40 mm Schlitz gefunden $\frac{1}{175}$ Sekunde, so ist für 20 mm Schlitz $\frac{1}{350}$ Sekunde und für 10 mm Schlitz $\frac{1}{700}$ Sekunde anzunehmen. Wir wählen also nur eine, höchstens zwei Schlitzbreiten, prüfen aber verschiedene Federspannungen durch.

4. Ersatz der Stimmgabel durch Glühlampe.

Wer mit Wechselstrom betriebenes elektrisches Licht im Hause hat, kann, soweit es sich nicht um sehr kurze Öffnungszeiten handelt, die Stimmgabel sparen.

Die gasgefüllten Lampen, Nitra, Osram, zeigen nämlich Lichtschwankungen in der Periode des Wechselstroms und zwar je zwei für eine Periode. Eine mit bewegter Kamera gemachte Aufnahme einer solchen Lampe bildet sich also nicht als Strich, sondern als „Perlenkette“ ab, die ebenso auszählbar ist, wie Stimmgabelschwin-

gungen. Man verschafft sich durch Anfrage beim Elektrizitätswerk die Frequenzzahl des Wechselstroms (meist 50 Perioden pro Sekunde) und weiß dann, daß 100 Lichtblitze abgebildet sind, wenn der Verschluß genau eine Sekunde geöffnet war. Geschwindigkeiten allerdings unter $\frac{1}{50}$ Sekunde lassen sich nur grob schätzen und solche unter $\frac{1}{100}$ Sekunde sind mit der Lampe nicht mehr meßbar.

V. Die Trockenplatte.

1. Vorbemerkungen.

Obwohl die Trockenplatte nicht mehr zur photographischen Ausrüstung, sondern zum Verbrauchsmaterial gehört, soll doch über die Prüfungsmethoden derselben das Wichtigste hier erwähnt werden. Gerade deshalb, weil bei einem Verbrauchsartikel immer wieder die Anschaffungsnotwendigkeit uns vor die Frage stellt: „Welche Sorte ist für meinen Zweck am besten?“

Je nach dem Gebiet, das wir photographisch bearbeiten, je nach der Art der positiven Bilder, die unser Endziel bilden, sind ja die Anforderungen an die Leistungen der Trockenplatte grundverschieden und die Sorte, die dem einen Höchstleistungen ermöglicht, kann für den anderen vollständig unbrauchbar sein. Der Photo-reporter, der darauf ausgeht von aktuellen, besonders sportlichen Ereignissen berichterstattende Momentbilder festzuhalten, von Persönlichkeiten, die momentan das Interesse des Publikums besitzen, Bildnisse zu erhaschen, wird vor allem höchste Empfindlichkeit verlangen müssen. Denn er kann sich das günstige Licht nicht aussuchen, sondern muß imstande sein, mitten im Ablauf der Bewegung auch bei schlechtem Licht packende Momente im Bilde festzuhalten. Er wird also die für ihn in Frage kommenden Sorten auf ihre Empfindlichkeit vergleichen. Die anderen Eigenschaften treten zurück. Ganz anders der Porträtphotograph. Er legt zwar auch auf hohe Empfindlichkeit viel Gewicht, denn je länger er zu exponieren gezwungen ist, desto mehr schwindet die Aussicht ein lebendiges, nicht erstarrtes und verkünsteltes Porträt zu bekommen, aber für ihn spielt die Gradation der Platte eine ebenso wichtige Rolle. Unter Gradation verstehen wir die Stufenleiter der Deckungen, die die Emulsion in den Schatten, Mitteltönen und Lichtern zeigt, also die Art und Weise, wie die Schwärzung nicht nur bei den geringsten Lichtmengen, sondern bei stufenweise zunehmenden Lichtmengen zunimmt.

Die Abhängigkeit der Schwärzung einer Platte von der Lichtmenge die sie getroffen, läßt sich am übersichtlichsten wie alle derartigen Abhängigkeiten, durch ein Diagramm darstellen, das man „Schwärzungskurve“ nennt. Da sich an ihr alle wesentlichen Eigen-

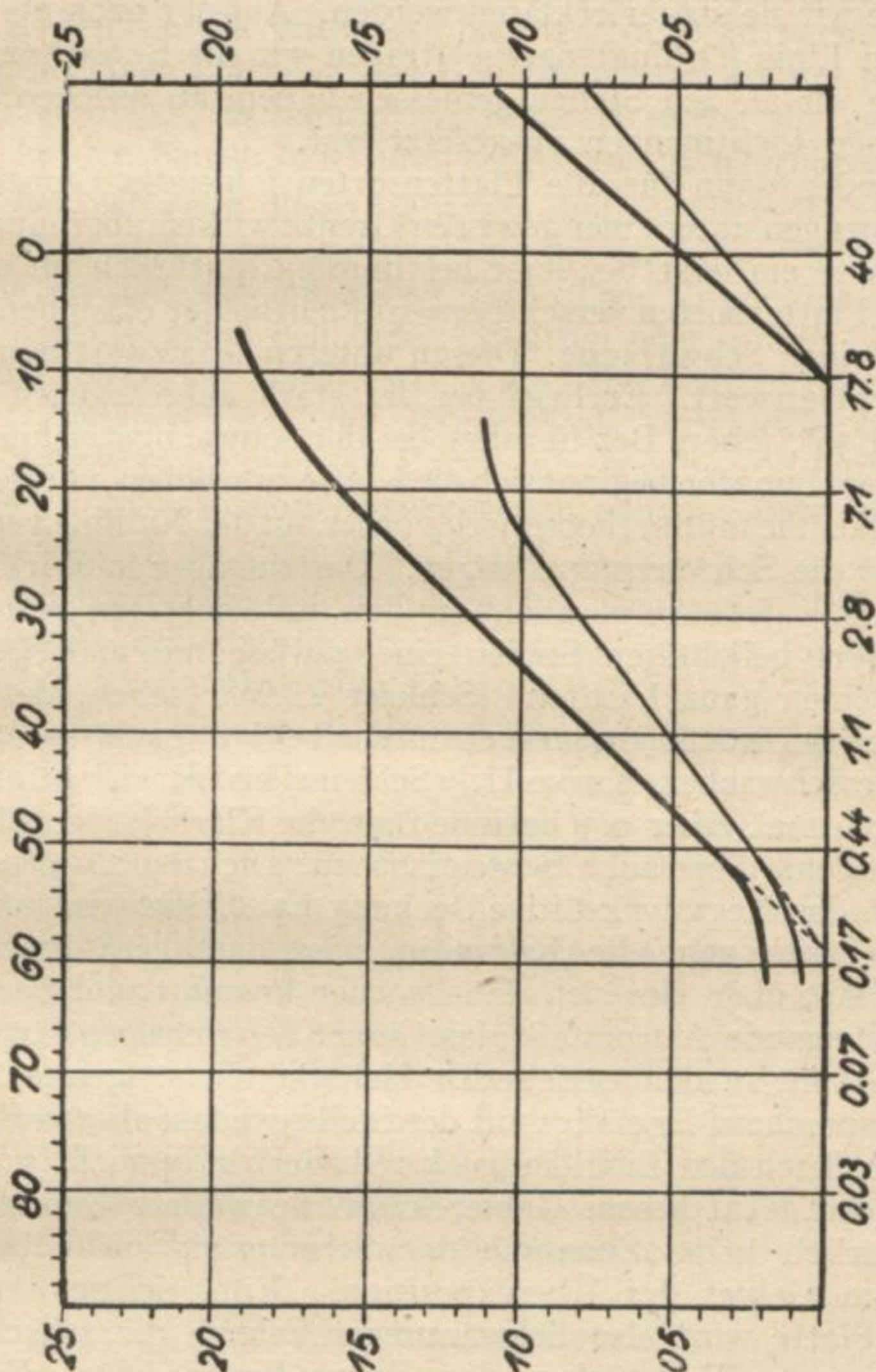


Fig. 42.

schaften der lichtempfindlichen Schichten im allgemeinen, sowie die Sondereigenschaften, die wir je nach dem Verwendungszweck fordern, am anschaulichsten erklären lassen, so sei sie hier an Hand zweier Kurven erläutert (Fig. 42). Auf der horizontalen Linie (Abszissenachse) tragen wir die nach rechts steigenden Lichtmengen auf, die wir der Platte zugeführt haben. Sie sind zweck-

mäßig ausgedrückt in „Sekundenmeterkerzen“, d. h. das Produkt aus Belichtungszeit und Beleuchtungsstärke, deren Einheit eben die Beleuchtungsstärke darstellt, die eine Normkerze (Lichteinheit) in 1 m Entfernung auf der Platte erzeugt. Oder auch in Sensitometergraden, wie wir sie später erklären werden. Auf der nach oben dazu senkrechten Linie (Ordinatenachse) tragen wir die Schwärzungen auf, welche wir an den Stellen gemessen haben, an welchen sie den verschiedenen Lichtmengen ausgesetzt war.

Wir finden dann für alle Plattensorten folgendes Gemeinsame. Lichtmengen unter einer gewissen Grenze wirken überhaupt nicht auf die Platte ein, erst bei einer bestimmten (natürlich für die verschiedenen Plattensorten verschiedenen) Lichtmenge erkennen wir die erste Spur einer Schwärzung. Diesen unteren Grenzwert nennt man den Schwellenwert. Er liegt bei der stark ausgezogenen Kurve, Fig. 42, bei 56° , (obere Bezifferung) bei der schwachgezeichneten bei 54° . An diesen Punkten beginnt sich die Kurve zu erheben, vorher verlief sie horizontal. Sie müßte theoretisch vorher auf der Nulllinie verlaufen, d. h. vorher die Schwärzung 0 zeigen. Das tut aber in Wirklichkeit keine Platte. Jede zeigt auch an den unbelichteten oder unter Schwellenwert belichteten Stellen eine gewisse minimale Deckung, sozusagen einen ganz leichten „Schleier“. Wir sehen, daß dieser Schleier bei der stark ausgezogenen Kurve I doppelt so stark ist wie bei der schwachen Kurve II. Schleier bis zur Dichtigkeit 0,2 sind ganz normal, über 0,3 beginnen sie die Klarheit der Platte zu beeinträchtigen. Aber auch Schleier bis zur Dichte 0,4 stören nicht, wenn sonst das Negativ kräftige Deckung hat. Über ein kurzes gekrümmtes Stück geht die Kurve in einen fast geradlinigen aufsteigenden Ast über, der sich dann wieder krümmt und flach wird. Dieser aufsteigende Ast umfaßt das Gebiet der richtigen Exposition, d. h. das Gebiet, in dem steigenden Helligkeiten steigende Schwärzungen entsprechen. Er endet mit der Stelle, wo fast alles vorhandene Bromsilber durch den Lichteindruck reduzierbar gemacht und „entwickelt“ wird. In diesem Gebiet kann die weitere Zunahme von Licht natürlich keine Zunahme der Schwärzung mehr bewirken, wir sind im Gebiet der Überexposition. Eine richtig exponierte tonreiche Platte wird also Schwärzungen zeigen, die zwischen den beiden krummen Endstücken der Kurve liegen. Den Neigungswinkel des aufsteigenden Astes gegen die Horizontale (ausgedrückt durch seine trigonometrische Tangente) nennt man den „Entwicklungsfaktor“ und bezeichnet ihn mit γ .

Die „Brillanz“ einer Platte hängt von der Größe von γ , also von der Steilheit des annähernd geradlinigen ansteigenden Astes der Kurve ab. Steigt die Kurve im Winkel von 45° an, so werden die Hellig-

keitsverhältnisse des Objekts im Negativ richtig wiedergegeben. Bei steilerem Kurvenanstieg werden die Kontraste im Negativ erhöht (Fliegerplatten, Reproduktionsplatten für Schwarzweiß). Umgekehrt werden sie herabgesetzt, wenn der Anstiegswinkel des mittleren Kurventeils unter 45° bleibt. Nicht zu verwechseln mit der Brillanz einer Platte ist das Helligkeitsintervall, das sie zu überbrücken vermag. Es ist um so größer je weiter die gekrümmten Endstücke der Kurve links und rechts auseinanderliegen.

Ist beispielsweise dieses Gebiet in horizontaler Richtung kurz, so neigt eine solche Emulsion dazu, dunkle Halbtöne zu dunkel, helle Halbtöne zu hell wiederzugeben, „die Töne auseinanderzureißen“, es fehlt dann leicht in den tiefen Schatten oder in den Lichtern die Zeichnung, besonders wenn es sich um sehr kontrastreiche Objekte handelt. Andererseits ist die „kurze Skala“ erwünscht für Wiedergabe in Schwarzweiß oder bei Papieren, welche von flauen dünnen Negativen kontrastreiche Abzüge geben sollen. Hier ist also das Auseinanderreißen der Töne eine Tugend.

Da die hartarbeitende Emulsion bei geringeren Lichtzunahmen die maximale Schwärzung erreicht, geht immer Steilheit und Länge der Skala Hand in Hand.

Wichtig ist für viele Zwecke die Empfindlichkeit. Die meistens durch den Schwellenwert charakterisiert ist, d. h. durch die Lichtmenge, welche die ersten Spuren von Schwärzung hervorzurufen imstande ist. Zur Bestimmung der Schwärzungskurve sowie dieses Schwellenwertes dienen die Sensitometer (Empfindlichkeitsmesser), auf die nun mit ein paar Worten eingegangen sei.

Alle beruhen darauf, daß die Platte einer der größten Lichtmenge entsprechenden Lichtquelle und Belichtungszeit ausgesetzt wird und daß durch Zwischenschaltung irgendeines Schwächungsmittels automatisch alle geringeren Lichtmengen bis zur schwächsten herunter felderweise auf die Platte geschickt werden. Die Nummer des Feldes, welches den ersten entwickelbaren Eindruck aufweist, wird meist als Empfindlichkeitszahl bezeichnet (s. Scheiner 17⁰).

2. Die Sensitometer.

Alle Sensitometer kranken an dem Übelstand, daß es großer experimenteller Erfahrung bedarf, bestimmte Lichtmengen einzuhalten, also immer wieder zuverlässig hervorzurufen. Die Einheit äßt sich nicht so leicht verwirklichen, wie z. B. die der Längeneinheit (das Meter), oder der Masseneinheit (das Kilogramm). Als Normallichtquelle ist meist die Hefnerkerze zugrundegelegt, eine nach ganz bestimmten Konstruktionsprinzipien gebaute Dochtlampe, die mit

Amylazetat gebrannt und so reguliert wird, daß die kerzenähnliche Flamme eine bestimmte Höhe einhält. Ihre Handhabung ist nicht einfach. Für laufende Lichtmessungen haben sich als Lichtquellen bequemer Handhabung und großer Beständigkeit Glühlampen bewährt, die nicht mit voller Spannung betrieben auch sehr lange haltbar sind und konstant bleiben. Durch Strom- oder Spannungsmesser kann man sehr einfach an einem Zeiger ablesen, ob sie richtig brennt und sie leicht durch einen Regulierwiderstand auf genau richtiger Lichtstärke halten. Für absolute Angaben müssen sie natürlich mit der Hefnerlampe verglichen, d. h. geeicht sein. Beihelfsmäßig für die Praxis genügend genau wird eine bestimmte Lichtmenge auch durch abgewogene Mengen Magnesium erhalten, die in nichtleuchtender Spirituslampe entzündet und in freier Luft verbrannt werden¹⁾. Da es sich aber bei Messungen in der Praxis selten um absolute Werte handelt, sondern man zuverlässige Vergleiche ziehen will, ist jede konstante Lichtquelle gut brauchbar. Heutzutage, wo durch die Radioindustrie alle elektrischen Geräte und Geräteteile zum Selbstbau in guter Qualität am Markt sind, ist als beste Vergleichslichtquelle eine mit einer Taschenbatterie oder einem 4 Volt-Akkumulator, wie sie als Radio-Heizakkumulatoren verwendet werden, betriebene mit kleinem Voltmeter und Schieberheostaten (Röhrenheizwiderstand) ausgerüstete 4 Volt-Glühlampe (Taschenglühlämpchen) anzusprechen. Sie läßt sich leicht beschaffen und mit ihrem Zubehör in einem handlichen Kästchen zusammenbauen. Mit Hilfe des Knopfes des Heizwiderstandes reguliert man auf einen bestimmten immer gleichen Skalenstrich ein und hat damit eine recht zuverlässige immer gleich helle Vergleichslichtquelle.

Eine weitere Schwierigkeit liegt in der verschiedenen spektralen Zusammensetzung verschiedener Lichtquellen. Es gibt keine künstliche Lichtquelle, die genau dem Tageslicht entspricht, alle sind „gelber“, d. h. ärmer an blauen und violetten (kurzwelligen) und reicher an roten und gelben (langwelligen) Strahlen. Je nachdem sich nun die Empfindlichkeitsverhältnisse der zu prüfenden Platten verhalten, wird der Rückschluß von der mit künstlicher Lichtquelle angestellten Sensitometerprobe auf die bei Tageslicht maßgebende Empfindlichkeit mehr oder weniger verfälscht. Eine weitere Veränderung der spektralen Zusammensetzung des Lichts tritt durch die meisten Schwächungsvorrichtungen ein, denn es ist nicht möglich einen ideal „grauen Stoff“ darzustellen, d. h. einen, der alle

1) Siehe Eder, Rezepte, Tabellen und Arbeits-Vorschriften. Knapp, Halle.

Strahlengattungen genau in demselben Verhältnis verschluckt, d. h. abschwächt; die Regel ist „selektive Absorption“, die sich durch leichten Farbestich auszeichnet. Darum vermeidet man bei Normalsensitometern tunlichst die Zwischenschaltung absorbierender Schichten zwischen Lichtquelle und zu prüfender Platte.

Aus diesem Grunde behauptet für diese Zwecke das Scheinersensitometer unbedingt den Vorrang. Das Schwächungsmittel ist hier eine mit bestimmten Aussparungen versehene rotierende Metallscheibe, die das Licht nicht schwächt, sondern automatisch alle gewünschten Expositionszeiten (allerdings intermittierend) aneinandergereiht herstellt. Je nach dem Verhältnis des Öffnungsbogens zum Gesamtumfang resultiert die ganze Stufenleiter der Expositionen. Für die Praxis ist dieses Instrument viel zu umständlich in der Handhabung und zu kostspielig in der Anschaffung. Die früheren Photometersysteme (Warnerke, Watkins, Hurter & Dreffield) sind nicht zuverlässig. Insbesondere gelang es nicht, die Schwächungsvorrichtung in Form absorbierender Gelatine oder Lackschichten so gleich beschaffen herzustellen, daß jedes einzelne Instrument die gleichen Angaben machte.

Nunmehr ist aber mit dem Eder-Hechtschen Graukeilsensitometer ein außerordentlich einfach zu handhabendes und für die Praxis vollkommen genügend zuverlässiges Sensitometer erschienen. Die Schwächungsvorrichtung ist ein Gelatinekeil von fast neutralem Grau auf Glas, der pro Millimeter eine ganz bestimmte Zunahme der Lichtschwächung aufweist. Die Schicht des Keils ist durch eine mit einer zweckmäßig geteilten Skala bedruckten Filmfolie geschützt.

Diese Sensitometerplatte wird in einem kopierahmenähnlichen Instrument gebraucht, in dem die zu prüfende Trockenplatte in engem Kontakt mit ihr der Lichtquelle ausgesetzt wird. Das Normalsensitometer trägt in der Mitte einen breiten Streifen aneinandergereihter zwei Millimeter breiter Felder, beidseitig nach Millimetern beziffert und auf jeder Seite je vier rechts und links identische Streifen, die mit Gelatinefiltern belegt sind und zwar in Blau, Gelb, Rot, Grün. Diese Filter geben zugleich mit der Empfindlichkeitsprobe den sehr erwünschten Aufschluß über die Sensibilisierungsverhältnisse der Platte. Die nach der Mittellinie der Längsrichtung von 9×12 bestehende Symmetrie des Photometers setzt uns in den Stand, die ganze Probe mit dem Format $4\frac{1}{2} \times 12$ (in der Längsrichtung halbierte 9×12 Platte) durchzuführen und einen genauen Vergleich zweier Halbplatten 9×12 , also zweier Platten $4\frac{1}{2} \times 12$ durch gleichzeitige Exposition und Entwicklung anzustellen. Denn trotz der unvermeidlichen Schwankungen mancher Lichtquellen (z. B. brennenden

Magnesiumstückchen) ist für genaue Vergleiche die gleichzeitige Exposition einwandfrei¹⁾. Noch exakter, aber auch teurer sind die Goldbergkeile (Zeiss-Ikon). Das Aussehen von Sensitometerproben auf Glas oder Film läßt sich durch ein Druckklischee nicht wiedergeben, um aber dem Leser ein Bild einer solchen Probe zu vermitteln, sind in Fig. 43 die durch eine Exposition gewonnenen Halbbilder auf zwei verschiedene Papiere reproduziert.

Wir sehen 1. daß der Schwellenwert des Papiers I (Gaslicht normal) bei 68, das von Papier II (Gaslicht hart) bei 48 liegt. Laut Tabelle S. 24 l. c. verhalten sich also die Lichtempfindlichkeiten wie 213:33. Das gälte für Platten. Hier beim Papier wäre es ganz verkehrt, daraus zu schließen, daß man nun das eine Papier sechsmal länger belichten müsse. Doch davon später. Ferner sehen wir an den Filterskalen, daß nur unter Skala B (Blau) Schwärzung eingetreten ist, überraschenderweise beim einen Papier eine Spur unter Skala G (Gelb). Denn bekanntlich ist bei Papieren die Empfindlichkeit nur für kurzwellige Strahlen vorhanden. Bei

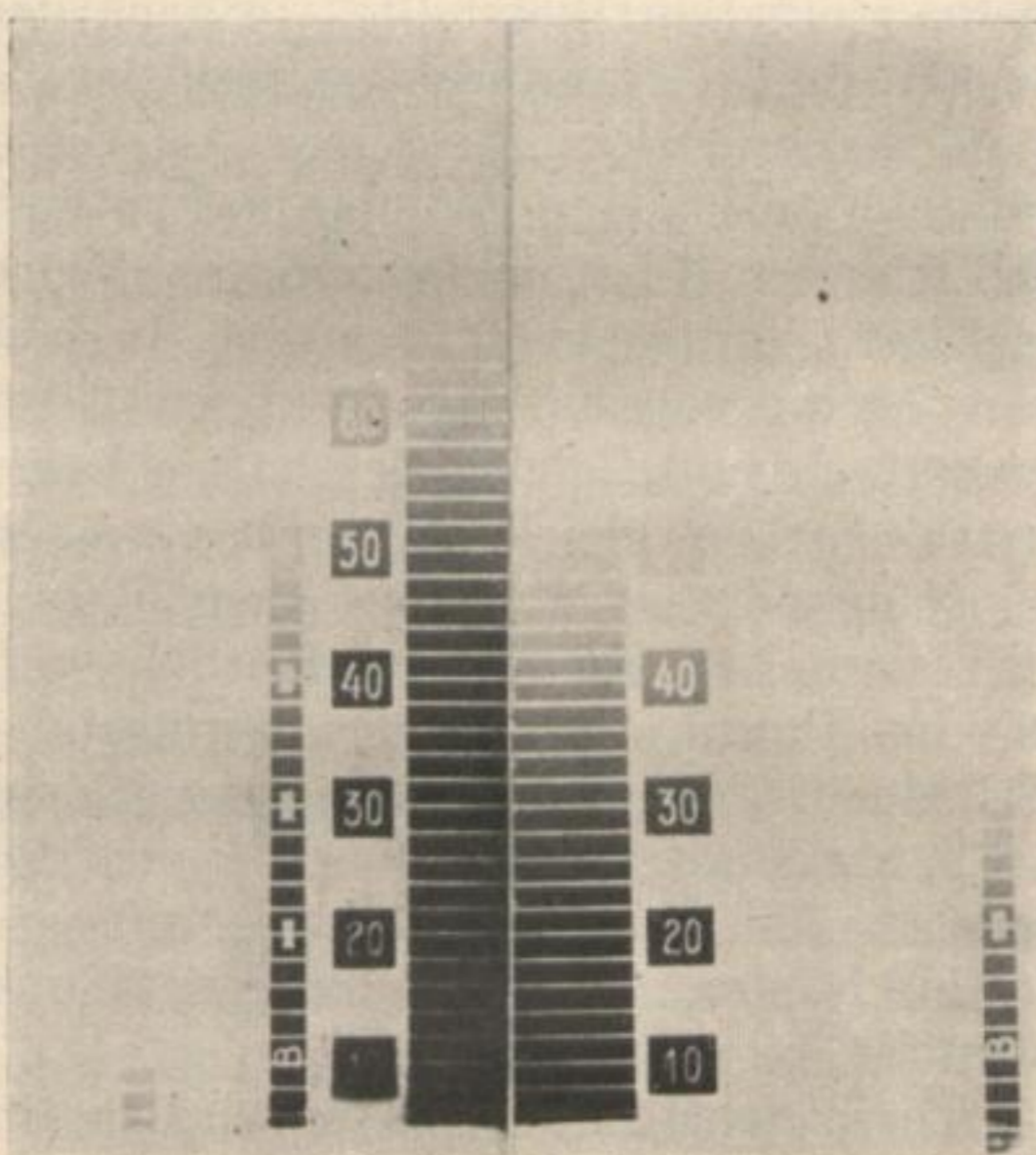


Fig. 43.

ortho-chromatischen Platten würden wir mehr oder minder weitreichende Schwärzung unter G und Gr (Grün) finden und wären in der Lage, aus den letzten Feldern zutreffende Schlüsse über das Maß der Gelbgrünsensibilisierung zu ziehen. Auch gibt uns gleichzeitig der Vergleich mit den unter B erreichten Schwärzungen ein Bild, in welchem Grade die bei mancher Platte angestrebte Blaudämpfung, die sie zur Verwendung ohne Gelbscheibe besonders geeignet macht, erreicht ist. Handelt es sich um Platten und haben wir nach Eders Anweisung mit Magnesium belichtet, so

1) Zu eingehenderem Studium der Kunst der Sensitometrie ist auf Eders Rezepte und Tabellen zu verweisen.

gibt uns die folgende Tabelle (aus Eders Rezepten, ergänzt nach Emmermann) auch ohne weiteres die Zurückführung auf Scheinergrade.

Eder-Hecht Grad	Korrespondierender Scheinergrad	Eder-Hecht Grad	Korrespondierender Scheinergrad	Eder-Hecht Grad	Korrespondierender Scheinergrad
42	1	66	10	90	19
46	2	68	11	92—94	20
48	3	71	12	96	21
50	4	74	13	98	22
53	5	77	14	100—102	23
56	6	80	15	104	24
58	7	82—84	16	106	25
61	8	84—86	17	108	26
64	9	88	18	110—112	27

Man beachte aber nicht lediglich den Schwellenwert (letztes erkennbares Feld), sondern auch die Zunahme der Schwärzung in dessen Nähe. Maßgebend ist nicht das letzte im Negativ erkennbare, sondern das letzte kopierfähige Feld, also Probe durch Papierabzug! Wir werden die Platte als die empfindlichste in der Praxis zu bezeichnen haben, die mehr Details in den Schatten bringt, d. h. die, bei der in der Nähe des Schwellenwerts die Schwärzung rascher zunimmt als bei den anderen. Die erstere gibt zwar die Schatten wieder, aber detaillos. Ebenso wird uns eine Platte, die zwar guten Schwellenwert, aber in der Gegend der starken Schwärzungen keine Zunahme zu kräftiger Deckung, sondern eine sich über 10 bis 20 mm erstreckende fast gleichmäßige mittlere Schwärzung zeigt, wegen des Fehlens der Spitzlichter weniger brauchbar finden als eine mit bis in die höchsten Deckungen sich fortsetzende Skala. Kurz, nach der Überzeugung des Verfassers wird der, welcher sich daran gewöhnt hat, sein Material mit Eder-Hecht zu prüfen und zu vergleichen, und die Proben zu „lesen“, d. h. zu beurteilen versteht, ein viel sichereres Urteil über die Eigenschaften gewinnen, als mit der alten Methode der Probeaufnahmen, die wegen der Veränderlichkeit der äußeren Umstände nie ein so klares und eindeutiges Bild geben können.

Es ist klar, daß unser Sensitometer sich ebensogut zu Studien über Entwicklerrezepte verwenden läßt, wie für Plattenprüfung. Wir belichten, um zwei Entwickler auf ihre Wirkung zu vergleichen, eine unzerschnittene Platte unter Eder-Hecht und trennen sie mit dem Diamanten in zwei Streifen $4\frac{1}{2} \times 12$, die wir in den zwei zu vergleichenden Entwicklern hervorrufen. Wir finden dann genau durch Wiederanpassen der getrockneten Negative, ob einer der Entwickler

einen höheren Schwellenwert herausgeholt hat, ob beide gleich klar gearbeitet haben, wie die Zunahme der Deckung in Mitteltönen und Lichtern sich zueinander verhält. Also auch hier gewinnen wir viel einwandfreier und sicherer ein Urteil über die spezifischen Eigenschaften der Entwickler, als durch Vergleichsaufnahmen.

Auch die Prüfung von Kopierpapieren und Kopierverfahren kann, wie wir aus der Fig. 43 sehen, mit dem Eder-Hecht-Sensitometer vorgenommen werden. Wir fassen es für diesen Zweck als ein „Normalnegativ“ mit einer sehr reichen Stufenleiter von in Reih und Glied aufgestellten Halbtönen auf und ersehen an dem Umfang der Halbtöne, welche die Papierkopie liefert, genau die charakteristische Art des Materials. Jedes Negativ, was wir kopieren, hat einen Teil der Halbtöne des Eder-Hecht, aber nicht alle, sondern die Skala beim Eder-Hecht können wir im Vergleich mit der eines Negativs nach beiden Seiten verlängert denken.

Die Schwärzung brillanter, also kontrastreicher Landschaftsnegative, liegt zwischen 0 und 2,5, von normalen Porträtnegativen nur zwischen 0 und 1,5, während der Tonreichtum dünner Negative zwischen 0 und 0,5 oder flauer verschleierter zwischen 0,5 und 1 oder zwischen 1 und 1,5 angenommen werden kann.

Nun gilt die Formel $S = \log O$, wo S die Schwärzung und O die „Opazität“ bedeutet. Die Opazität ist wieder definiert durch die Formel $O = \frac{s}{s'}$, wo s das auffallende Licht, s' das durchgelassene Licht ist. Läßt eine Stelle der Platte nur $\frac{1}{100}$ des auffallenden Lichtes durch, so hat sie dort die Opazität 100, denn $\frac{s}{s'}$ ist hier = 100. Dieser Eigenschaft entspricht also die Schwärzung 2.

Die Schwärzungszunahme von 0 bis 1 oder 1 bis 2 (entsprechend einer Lichtabnahme von 1 auf $\frac{1}{10}$) entspricht aber im Eder-Hecht einem Zifferunterschied von rund 33 (Millimeter). Die Bezifferung entspricht Millimetern. Haben wir ein Papier wie das linke in Fig. 38, welches ca. 50 mm als Skala wiedergibt (von 15 bis 65), so ist dies auch geeignet, ein normales nicht allzu kontrastreiches Negativ, dessen Schwärzung 0 bis 1,5 umfaßt, mit allen Einzelheiten wiederzugeben. Ist das Negativ aber härter, so hat es einen größeren Tonumfang, etwa 0 bis 2, wir werden dasselbe finden, was wir beim Studium des linken Halbbildes voraussagen können. Nämlich das Papier wird nicht imstande sein, die Feinheiten in den Lichtern zu bringen, die lichtesten Halbtöne werden in weiß verschwinden, oder es werden die Schattendetails unterschlagen in Form klecksiger Schatten. Wir müssen also für ein solches Negativ ein weicher arbeitendes

Papier benützen, welches im Eder-Hecht eine längere Skala zeigt (mindestens 60 bis 70 mm). Andererseits lehrt uns der Anblick der rechten Hälfte, daß hier nur 24 mm, nämlich von Ziffer 22 bis 46 als Halbtöne gekommen sind. Das ist eine sehr kurze Skala und bedeutet, daß dieses Papier Negative, deren Tonumfang nur von 0 bis 0,8 reicht, die also als dünn oder flau anzusprechen sind, mit vollem Tonumfang von reinem Weiß bis zu reinem Schwarz wiedergegeben werden. Dieses Papier arbeitet also wie wir sagen „hart“.

Wir haben also an der Papierkopie des Eder-Hecht-Sensitometers ein bequemes Mittel, festzustellen, wie weich bzw. wie hart das Papier arbeitet. Dabei brauchen wir auf exakte Einhaltung einer bestimmten Expositionsdauer oder bestimmten Lichtintensität gar nicht zu achten. Der Umfang der Sensitometerskala ist ja so groß, daß eine längere Expositionsdauer höchstens das ganze Bild um einige Ziffern verschiebt, also z. B. beim selben Papier die ersten hellen Töne bei 76 statt 60 erscheinen, und die letzten unterscheidbaren schwarzen Töne von 8 auf 24 hinaufrücken.

Der Tonumfang 52 mm ($76 - 24 = 52$ oder $60 - 8 = 52$) bleibt derselbe. Wir finden also durch Kopieren, 1. auf welchen Tonumfang das Papier anspricht, 2. wie es sich in bezug auf Deckung in den höchsten Lichtern mit den tiefsten Schwärzen verhält, denn diese haben wir allemal auf der Kopie, was bei einem Negativ mit begrenztem Tonumfang nicht immer der Fall ist.

3. Farbensensibilisierung der Trockenplatten.

Bekanntlich beschränkt sich die Empfindlichkeit der Bromsilberemulsion auf die kurzwelligen Strahlen vom Ultraviolett bis zu Blaugrün mit einem Maximum bei $\lambda = 440$. Langwellige (gelbgrüne, gelbrote bis rote) Strahlen, die gerade für das Auge hell erscheinen, wirken nicht auf die gewöhnliche Trockenplatte ein. Die Folge davon ist eine schon bald nach Verbreitung der Photographie erkannte Fälschung der Helligkeitswerte durch die Photographie, die sich in störender Verdunklung warmer roter und gelber Töne und Aufhellung der blauen und violetten Töne geltend macht. Erst durch die Entdeckung H. W. Vogels im Jahre 1873, daß man durch Anfärben der Emulsion mit gewissen Farbstoffen (sog. „Sensibilisatoren“) ihr auch Empfindlichkeit für andere Farben verleihen könne, behob diesen Mangel und machte tonwertrichtige Wiedergabe der Farben und weiterhin eigentliche Farbenphotographie erst möglich. Seither hat insbesondere die orthochromatische Trockenplatte für fast alle Gebiete der Aufnahme ihre Überlegenheit bewiesen und findet die panchromatisch sensibilisierte Platte steigende Verwendung auch in der Schwarzweiß-Photographie.

4. Herstellung von Sensibilisierungskurven.

Wir haben schon bei Besprechung des Eder-Hecht-Sensitometers gesehen, daß uns die unter farbigen Filtern gelegenen Belichtungsstreifen eine gute Orientierung darüber geben, für welche Farben Empfindlichkeit herrscht. Bei gewöhnlichen Trockenplatten werden wir nur unter Blaufilter kräftige Schwärzung finden, unter Grün- und Gelbfilter nur sehr geringe Einwirkung, unter Rotfilter gar keine. Die gewöhnlichen Orthoplatten des Handels zeigen hingegen unter Gelb- und unter Grünfilter kräftige Schwärzung, während sich der Streifen hinter Rotfilter nur bei panchromatischem Material abbildet.

Eine genaue Angabe darüber, wo sich nun das Empfindlichkeitsmaximum befindet und wo Lücken der Sensibilisierung auftreten, läßt sich natürlich auf Grund dieser Proben nicht machen. Hierfür ist die Ermittlung der „Sensibilisierungskurve“ notwendig, die darüber erschöpfende Auskunft gibt. Sie erfordert indessen einen Spektrographen und einen exakten Schwärzungsmesser (Mikrophotometer), also kostspielige Apparaturen. Aber wie Hertzprung¹⁾ 1905 und unabhängig von ihm 1912 der Verfasser²⁾ angegeben hat, kann man eine genäherte Sensibilisierungskurve auch mit Reisekamera und billigem Taschenspektroskop mit einer Methode bekommen, die im folgenden beschrieben sei: Sie beruht auf einer Vereinfachung der Bélinschen Spektro-Sensitometermethode, die ein Spektrum mit nach oben stufenweise abnehmender Lichtmenge photographiert, indem eine rotierende Sensitometerscheibe vor dem langen Spalt eines Spektrographen angeordnet wird.

Je empfindlicher nun die Platte für einen bestimmten Spektralbereich (z. B. für Gelbgrün) ist, desto geringere Lichtmenge wird zum Eintritt einer sichtbaren Schwärzung genügen, desto weiter nach oben wird sich an dieser Stelle die Schwärzung erstrecken. Somit gibt die Höhe, bis zu der an jeder Stelle des photographierten Spektrum die Schwärzung eingetreten ist, ein Maß für die an dieser Stelle herrschende Empfindlichkeit und der Verlauf des Randes der Schwärzung ein Bild der Sensibilisierungskurve selbst.

Der dazu nötige Spektrograph läßt sich nun wie folgt improvisieren: Man befestigt ein einfaches Handspektroskop, wie sie für Filterprüfung verwendet werden³⁾, am besten eines mit unverrückbar justierter Wellenlängenskala⁴⁾ vor der Mitte des Objektivs einer

1) Ejnar Hertzprung, Zeitschr. f. wissensch. Photographie 1905.

2) Dr. Robert Defregger, Neue Untersuchungsmethode orthochromatischer Platten, Phot. Rundschau 1912, S. 69.

3) Carl Zeiss 50 M., Steinheil Söhne 72 M., Winkel 25 M.

4) Schmidt & Haensch, Berlin.

Reisekamera mittels eines dazu angefertigten Verbindungsstückes, oder indem man es direkt an der Kamera anbringt und das Objektiv im Innern desselben anschraubt. Der Spalt wird in wagrechter Lage angeordnet. Die so vorbereitete Kamera wird nun auf eine Milchglasglühlampe eingestellt und entwirft auf der Mattscheibe ein senkrechtes, je nach der Brennweite des verwendeten Objektivs größeres oder kleineres Spektrum. Meist ist es für unsere Zwecke zu breit und wir sorgen durch Verkürzen des Spaltes mittels aufgeklebtem schwarzem Papier, daß es nur 2 bis 3 mm breit erscheint.

Die Abänderung der Bélinschen Methode besteht nun darin, diese schmalen Spektren genau anschließend aneinander aufzunehmen und zwar eins nach dem andern, wobei die Expositionszeit jeweilsum die Hälfte verkürzt wird.

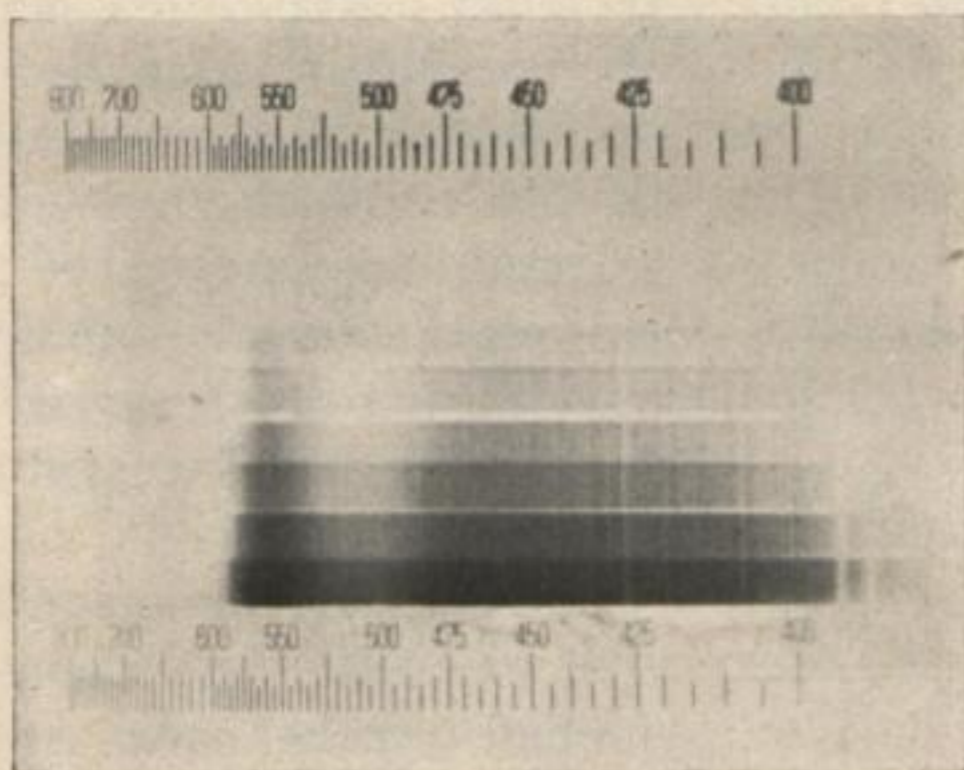


Fig. 45.

Die Einstellung des Spektrums auf beste Schärfe (mittels des Mattscheibentriebs) geschieht bei ziemlich engem Spalt und mit durch Spiegel hereinreflektiertem Tageslicht. Hier treten bei scharfer Einstellung die Fraunhoferschen Linien scharf hervor. Hat man

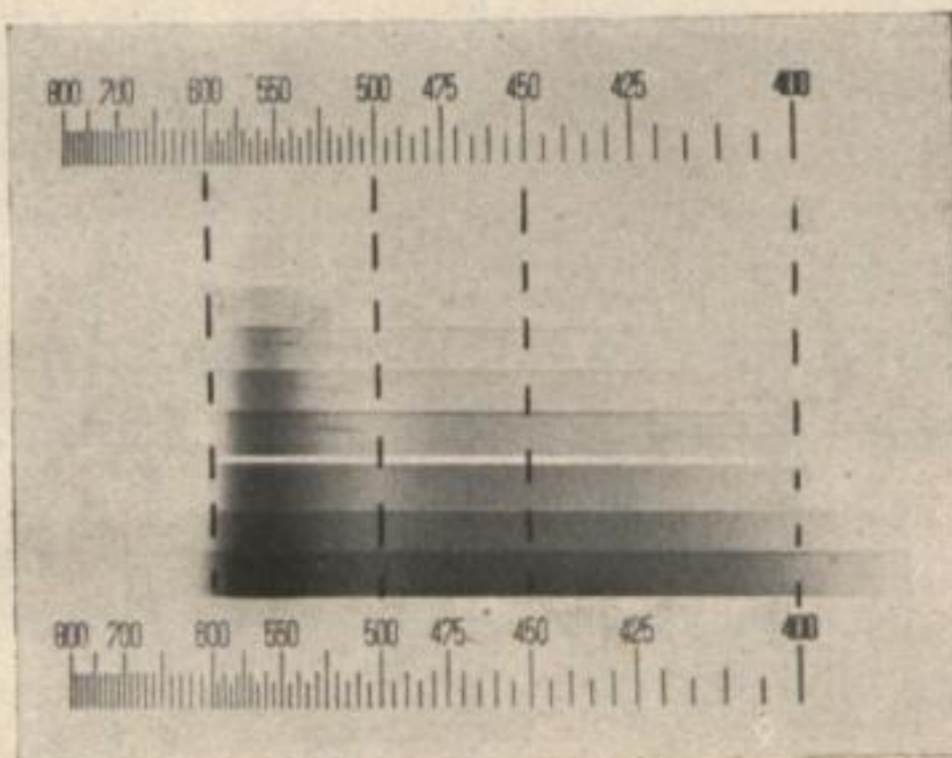


Fig. 44.

Man klebt ans Objektivbrett eine Papierskala, deren Skalenstriche um die gemessene Spektrumbreite voneinander abstehen, so daß man es genau um eine solche Strecke verschieben kann. Man macht nun nacheinander Aufnahmen mit 2, 4, 8, 16, 32, 64 und 128 Sekunden Exposition, wobei das Objektivbrett jeweils um einen Skalenteil weitergerückt wird und bekommt bei richtiger Bemessung der Helligkeit des Spektrums ein Bild wie es Fig. 44 zeigt.

das Schmidt- und Haenschsche Spektroskop, so genügt es, bei der verwendeten Glühlampe die Wellenlängenskala scharf einzustellen, denn beide, Spektrum und Skala sind unverrückbar gleichzeitig fokussiert. Bei anderen Konstruktionen muß die Skala mittels ihres Auszuges scharf fokussiert werden, wenn das Spektrum scharf auf der Mattscheibe erscheint. Für die Aufnahmen eignet sich natürlich Tageslicht wegen seiner Veränderlichkeit nicht, da wir ja meist Vergleiche anstellen wollen. Am besten arbeitet man mit reinen Glühspektren (also mit Glühlampen als Lichtquellen), Kohlenbogenlampen sind wegen des störenden Auftretens leuchtender Liniengruppen ungeeignet. Man muß sich aber darüber klar sein, daß der Verlauf einer mit Glühlicht aufgenommenen Sensibilisierungskurve sich stark von der uns in erster Linie interessierenden Kurve für Tageslicht unterscheidet.

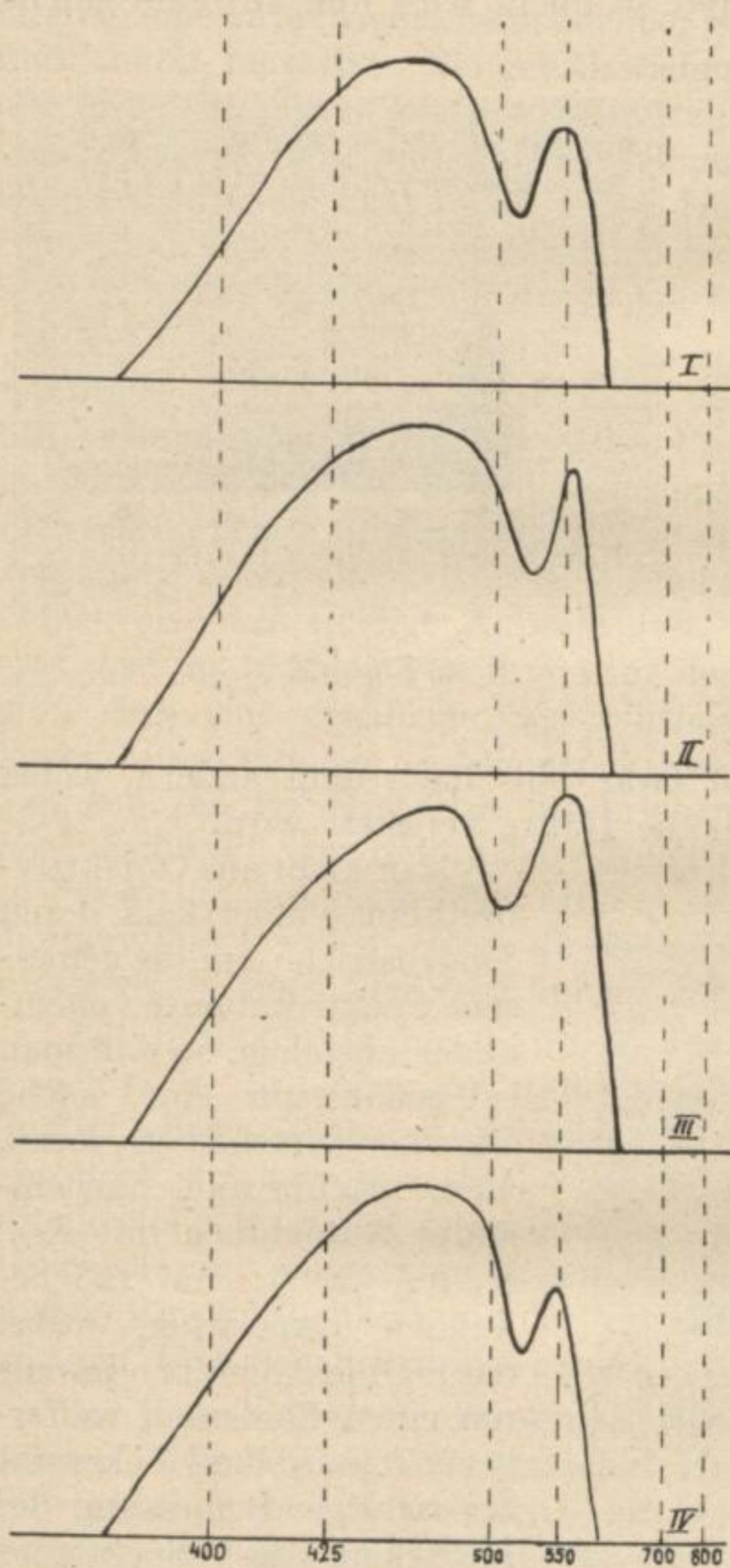


Fig. 46.

trums. Fig. 44 und Fig. 45, beide mit derselben Platte aufgenommen, aber erstere mit Tageslicht, letztere mit Nitralampe, zeigen deutlich den Unterschied.

Bei anderen Konstruktionen muß die Skala mittels ihres Auszuges scharf fokussiert werden, wenn das Spektrum scharf auf der Mattscheibe erscheint. Für die Aufnahmen eignet sich natürlich Tageslicht wegen seiner Veränderlichkeit nicht, da wir ja meist Vergleiche anstellen wollen. Am besten arbeitet man mit reinen Glühspektren (also mit Glühlampen als Lichtquellen), Kohlenbogenlampen sind wegen des störenden Auftretens leuchtender Liniengruppen ungeeignet. Man muß sich aber darüber klar sein, daß der Verlauf einer mit Glühlicht aufgenommenen Sensibilisierungskurve sich stark von der uns in erster Linie interessierenden Kurve für Tageslicht unterscheidet.

Durch die Blauarmut aller künstlichen Lichtquellen ergeben die mit diesen aufgenommenen Kurven zu hohe Werte auf der langwelligen, und zu niedere auf der kurzwelligen Seite des Spektrums.

Verwendet man ein Spektroskop mit Wellenlängenskala, so ist es nicht zweckmäßig, sie jedesmal mit aufzunehmen und dadurch das Bild zu verwirren. Man macht vielmehr bei der Anfangsstellung des Objektivbrettes eine Aufnahme der Skala allein bei abgedecktem Spektroskoprohr, rückt das Objektivbrett weiter, blendet nun das Wellenlängenrohr ab und macht die Spektralaufnahmen. Zum Schluß nochmals nach Weiterrücken eine Aufnahme der Wellenlängenskala allein. Zur genaueren Orientierung kann man, wie das in Fig. 44 gezeigt ist, einige Skalenstriche miteinander verbinden.

Schaltet man Farbfilter (Gelbfilter oder Farbenfilter für Dreifarbenphotographie) in den Strahlengang ein, so läßt sich die Filterwirkung auch am genauesten mit vorbeschriebener Methode feststellen, die unmittelbar die „resultierende“ Sensibilisierungskurve für gefiltertes Licht gibt.

Zur genauen Aufzeichnung der Schwärzungskurve ist es am bequemsten, die Negative auf ein weißes Papier vergrößert zu projizieren und mit Bleistift den Rand der Schwärzung nachzuzeichnen, wobei auch orientierende Skalenstriche der Wellenlängenskala zu markieren sind. Bei Vergleichen muß natürlich dafür gesorgt werden, daß jedes Spektrum genau in gleichem Maßstab gezeichnet wird. Man zeichnet jede Randkurve auf besonderes Papier und paust die so festgestellten Kurven erst nachträglich übereinander, um sie zu vergleichen. Denn eine schon vorhandene Kurve, auf die ein anderes Spektrum darauf projiziert wird, lenkt den Zeichner ab, hindert ihn an der unbefangenen und freien Beobachtung des Schwärzungsrandes. Fig. 46 gibt die solcherweise gewonnenen Sensibilisierungskurven der verbreitetsten Rollfilmmarken und Fig. 47 die Übereinanderlagerung dieser Kurven durch Zusammenfassen. Hier werden die großen Unterschiede der Sensibilisierung augenfällig.

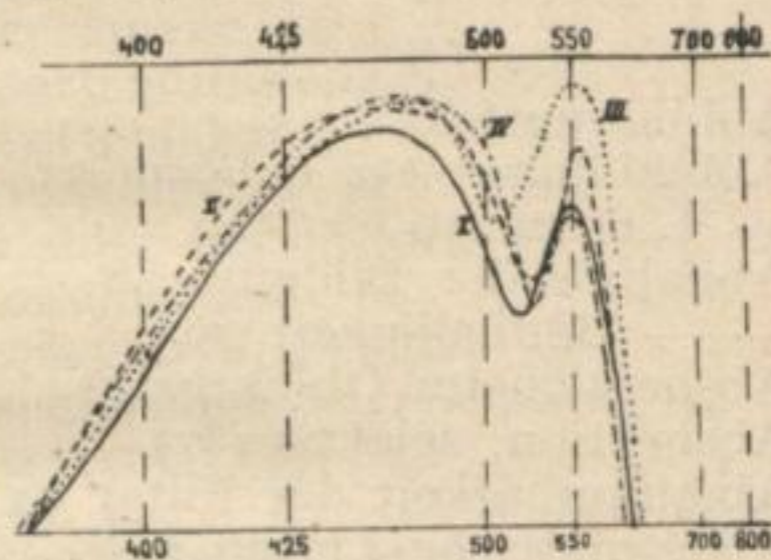


Fig. 47.

Sachregister.

- Abbildungsfehler 33
Abbildungsgesetz 1. Form 37
— 2. Form 39
Abnahme der Bildgüte 28
— — Bildhelligkeit 29
Absorption im Objektiv 21
Absorption, selektive 71
Abstimbarkeit der Filter 44
Achromatische Linsen 34
Achse des Objektivs 13
Aequivalentbrennweite 16
Angulare Größe 16
Anastigmat, symmetrische 21
— unsymmetrische 21
—, unverkittete 22
Aplanate 21
Achromate 34
Architekturaufnahmen 29
Astigmatismus 33
Auseinanderreißen der Töne 69
Automatische Verschlußauslösung
60
- Beleuchtung mit Kondensator 25
Beleuchtungskegel 23, 30
Beleuchtungskreis 23
Bélins Spektrosensitometer-
methode 76
Bildbegrenzung 10
Bildfeldwölbung 33
—, Kompensation der 43
Bildformat 28
Bildgröße, Ermittlung der 20
Bildgüte, Abnahme der 28, 33
Bildhelligkeit, Abnahme der 28
Bildkreis 29
Bildraum 47
Bildweite 39
- Bildwinkel, nutzbarer 28
Bistigmat 34
Blaudämpfung in Platten 44, 72
Blendenöffnungen, Meßmethode
der 24
Brennpunkt 15
Brennweite, Definition 15
—, Bestimmung der — durch Ab-
bildung in gleicher Größe 18
—, Bestimmung durch stark ver-
kleinerte Bilder 20
—, Bestimmung durch Verschie-
bung 17
Brillanz der Platte 68
Brillantsucher 10
Brillenglaskondensator 26
- Chromatische Fehler 34
- Desensibilisatoren 50
Dezentrierte Objektive 15
Dingraum 47
Dollond 34
Doppelkontur bei Filtern 49
Dreifarbenphotographie, Filter für
44
Ducarfilter von Zeiss 49
Dunkelkammerfilter 49
— Prüfung ohne Spektroskop 50
- Eder-Hecht-Grade, Zurückführung
auf Scheinergrade 73
Eder-Hecht-Graukeilsensitometer
71
Einheiten 1
Einstelldifferenz 39
Einstellupe mit Gummiring 21

Einstellskala, Fehler der 8
 — Berichtigung durch Rechnung 9
 Einstelltuch 5
 Empfindlichkeitsgrenzen nach Wellenlängen 50
 Empfindlichkeitszahl 69
 Entwicklerrezepte, Prüfung von 73
 Entwicklungsfaktor 68
 Expositionsverlängerung hinter Gelbfilter 45

Farbensensibilisierung von Platten 75
 Farbentafel 45
 Farbfilter 79
 Federspannungen beim Schlitzverschluß 64
 Fehler 1
 Fehler des Mittels 3
 —, systematische 4
 —, wahrscheinlicher 3
 —, zufällige 3
 Fehlergruppen des Objektivs 34
 Fernbild 18
 Filterfaktor 45
 —, Bestimmung des 45
 — — mit Rollfilmkameras 47
 Filterwirkung 44
 Fliegerplatten 69
 Fokus 15
 Frequenzzahl des Wechselstroms 65
 Gefiltertes Licht, Sensibilisierungskurve für 79

Gelbfilter 44
 Gelbgrünsensibilisierung 72
 Genauigkeit von Messungen 3
 Gespiegelte Bilder, Prüfung mit 48
 Glastransporteur 55
 Glühlampen als Lichteinheit 70
 —, Ersatz der Stimmgabel durch 64
 Goldbergkeil 72
 Grad 1
 Grauer Stoff 70
 Graukeilsensitometer nach Eder-Hecht 71
 Grenzdurchmesser der Zerstreuungskreise 39
 Größe, angulare 16
 —, scheinbare 16
 Großaufnahmen, Kino- 12
 Grundeinheiten 1

Defregger, Meß- und Prüfungsmethoden.

Hauptebenen des Objektivs 20
 Hartarbeitende Emulsionen 69
 Hefnerkerze 69
 Helligkeit des Mattscheibenbildes 23
 Helligkeitsintervall 69
 Hilfsobjektiv als Kondensator 25
 Hinterlinsen symmetrischer Anastigmaten 29

Interieuraufnahmen 29

Kamera 5
 Kameramann 12
 Kassettendifferenz 6
 Kassettenfalze 5
 Kastenkameras 34
 Keilfehler bei Filtern 48
 Kinonaufnahmen 12
 Kinonegative, Schärfe 35
 Kissenförmige Verzeichnung 37
 Kleinformat 35
 Koma 33
 Kopierfähiges Feld 73
 Kopierpapiere, Prüfung der 74
 Kornfreie Emulsion 35
 Kreuzform des Brillantsuchers 11
 Krümmungsradius des Ducarfilters 49
 Kurzperiodische Vorgänge zur Verschlußprüfung 58

Längenmessung mit Senkel 18
 Landschaftsnegativ, Tonbereich 74
 Lichtdichte der Kamera 5
 Lichteinheit 69
 Lichtmengen 67
 Lichtstärke 21
 Lichtverluste im Objektiv 21
 Linsenformel, 1. Form 37
 — 2. Form 39
 Linsenränder, strahlenbegrenzende 30
 Luftbild 17
 Lupe, festhaftend 21

Magnesium als Lichteinheit 70
 Mattscheibe, fehlerhaftes Einsetzen 7
 Mattscheibenverschiebung, Meßmethode mittels — 17
 Mehrfarbenverfahren 34
 Meßbildaufnahmen 37
 Messung 1

- Metallkassetten 6
 Mikrophotometer 76
 Millimeterskala 17
 Mittelbildung 2
 Momentverschlüsse 52
 —, Prüfung durch bewegten Punkt 53
 Momentverschlüsse, Prüfung mittels kurzperiodischer Vorgänge 58
 Momentverschlüsse, Prüfung mit Fahrrad 57
 Monokel 53

 Natürliche Größe, Abbildung in 37
 Naphtolorangefilter 50
 Newtonsucher 10
 Normalnegativ, Graukeilsensitometer als — 74

Objektiv 13
 —, flüchtige Prüfung 43
 —, Fehlergruppen 34
 Objektivachse, Festlegung der 13
 —, Prüfung mit Probetafel 41
 Öffnung, wirksame 23
 Öffnungsverhältnis, Definition 22
 —, Ermittlung 23
 Öffnungszeit von Momentverschlüssen 52
 Opazität 74
 Operngucker 48
 Optische Reinheit 44, 47

Panchromatische Platte 75, 76
 Parallaxe 17
 Perlenkette 64
 Perspektive, Gesetze der 36
 Petzvalobjektive 15
 Pikiernadel 63
 Pinakryptolgrün 50
 Pinakryptolgelb 50
 Planparalleler Schliff 48
 Porträtköpfe 15
 Porträtnegativ, Tonbereich 74
 Porträtphotographie 36
 Prismenfeldstecher 48
 Probetafel, Gebrauchsprüfung mit — 41

Rahmensucher 10
 Reflexion im Objektiv 21
 Regulierwiderstand 70
 Reproduktionsplatten 69

Sammellinse 13
 Schärfe, Verlegung der 9
 Schärfenabnahme 42
 Scheinbare Größe 16
 Scheiner-Sensitometer 71
 Schieberheostat 70
 Schleier 68
 Schleifarbit, ungenaue 47
 Schlitzverschluß 52, 63
 Schnittweite 15
 Schutzwirkung von Dunkelkammerfiltern 49
 Schwänzchen zur Messung des Wirkungsgrades 56
 Schwärzung, Definition 71
 Schwärzungskurve 67
 Schwärzungsmesser 76
 Schwärzungsrind als Sensibilisierungskurve 76
 Schwellenwert 68
 Sekundenmeterkerze 68
 Sellarsucher 10, 11
 Selektive Absorption 71
 Senkel, Längenmessung mit 18
 Sensibilisierungskurven, Aufnahme von 76
 —, resultierende 79
 Sensitometer 69
 Sensitometergrade 68
 Spektrale Zusammensetzung der Lichtquellen 70
 Spektrosensitometrische Methode nach Bélin 76
 Spektrophotometer 44
 Spektroskopische Prüfung von Dunkelkammerfiltern 50
 Spektrum, sekundäres 34
 Spezialemulsion 35
 Spiegelglas 48
 Spiegelsystem, rotierendes 59
 Spitzlichter 73
 Stanhopes 35
 Stereoaufnahmen 11
 Strahlengang, Umkehrung des 23
 Strahlenvereinigungsfehler 35
 Sucher 10
 Sucherbegrenzung 10
 Sucherparallaxe 12

Taschenspektroskop 44, 76
 Teleobjektive 29
 Tessartypus 21
 Tiefenbereich 39
 Tiefenobjekt 7, 8

- Tiefenschärfe 37
Tiefentaster 35
Tiefenunschärfe 40
Tonnenförmige-Verzeichnung 37
Transporteur 54
Trickphotographie 47
Trockenplatte 66
- Überexposition, Gebiet der 68
Umkehrung des Strahlenganges 23
- Verkleinerte Bilder, Formel für 20
Verschiebung des Objektivs 32
Verschlußauslöser, automatischer 60
Verschlußprüfer 53
Verzeichnung 36
Verzerrung 43
Vignettieren 31
Vignettierungsgrenzen 32
Vogel, H. W. 75
- Warnecke-Sensitometer 71
Watkins-Sensitometer 71
- Weichzeichner 40
Weitwinkelobjektive 32
Wellenlängenskala 76
Wellenlinie 58
Wirksame Öffnung 23
— — , Meßmethode 24
Wirkungsgrad von Momentverschlüssen 52
Wirkungsgrad, Berechnungsformel 57
- Zehntelschätzung 21
Zentralprojektion 36
Zentrieren des Objektivs 14
Zentrierung 21
Zeiger, Verbiegung des 8
Zerstreuungsfiguren, Durchmesser der 35
Zerstreuungskreise, Methode mittels der 26
Zonenfehler 42
Zwischenstück zur Verschlußprüfung 59

PHOTOGRAPHISCHE RUNDSCHAU UND MITTEILUNGEN

Mit den Beilagen:

Kinematographische
Rundschau
und
Mitteilungen
für Anfänger.

Wertvolle
Bücher
für den
Amateur.

Schriftleiter: Chemiker Paul Hanneke, Berlin, Prof. Dr. R. Luther, Berlin, Heinrich Kühn, Innsbruck u. Kunstmaler F. Matthies-Masuren

66. Jahrg. Erscheint monatl. zweimal,
Bezugspreis vierteljährlich Mk. 4,20

Die „Rundschau“ ist die führende und älteste Zeitschrift für Amateurphotographen. Ihre Hefte enthalten jährlich über 200 Tafeln in Kupfertiefdruck und Doppeltondruck. Die besten Bilder deutscher und ausländischer Amateure werden darin wiedergegeben. Ebenso wertvoll ist der textliche Teil der Rundschau, indem alle wichtigen photographischen Verfahren behandelt, neue Apparate und Materialien besprochen und künstlerische Fragen erörtert werden.

Für jeden, der sich in der Photographie vervollkommen will, ist die Rundschau unentbehrlich.

Probeheft kostenlos.

Photographisches Praktikum.

Lehrbuch der Photographie. Von L. David, Generalmajor a. D. 6. Auflage. Mit 376 Abbildungen, 16 Kunst-drucktafeln und 1 Dreifarbendruck. Mk. 16.—, geb. 19.—

Kurble.

Ein Lehrbuch des Filmsports. Von C. Emmermann, G. Seeber und Dr. K. Wolter. Herausgegeben von A. Kraszna-Krausz. Mit 97 Abbildungen.
Mk. 6.60, geb. 7.80.

Hochgebirgs- und Winterphotographie.

Praktische Ratschläge für Ausrüstung und Arbeitsweise. Von Dr. Kuhfahl. 6. und 7. Auflage. Mit 32 Bildtafeln.
Mk. 3.90, geb. 5.70.

Künstlerische Landschaftsphotographie.

Zwölf Kapitel zur Aesthetik photographischer Freilichtaufnahmen. Von Geh.-Reg.-Rat. Prof. Dr. A. Miethe. Neu bearbeitet von Prof. Dr. O. Mente. 6.—7. Auflage. Mit 115 Textabbildungen und Reproduktionen nach Schöpfungen hervorragender Lichtbildner. In geschmackvoller und sorgfältigster Ausstattung.
Mk. 9.—, geb. 10.80.

VERLAG WILHELM KNAPP, HALLE (SAALE)
MÜHLWEG 19

Ausführliches Handbuch der Photographie.

Herausgegeben von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder.

Lieferbare bzw. im Druck befindliche Bände.

- Die Photographie bei künstlichem Licht, Spektrumphotographie, Aktinometrie und die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes.** 3. Auflage. Mit 409 Abb. und 10 Tafeln. 26,—, gebunden 30,—.
- Die photographischen Objektive.** 4. Auflage. Mit 272 Abbildungen. In Vorbereitung.
- Die Grundlagen der photographischen Negativverfahren.** Von Dr. Lüppo-Cramer. 3. Auflage. Mit 126 Abb. 38,—, gebunden 41,—.
- Die Photographie mit dem Kollodiumverfahren.** 3. Auflage. Mit 126 Abbildungen. 17,20, gebunden 19,20.
- Die Daguerreotypie und die Anfänge der Negativphotographie auf Papier und Glas.** Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder u. Kustos E. Kuchinka. 3. Auflage. Mit 43 Abbildungen. 4,70, gebunden 6,20.
- Die theoretischen und praktischen Grundlagen der Autotypie.** Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder u. Dr. A. Hay. 3. Aufl. 6,30, geb. 7,80.
- Die photographischen Kopierverfahren mit Silbersalzen (Positivprozeß).** Von Dr.-Ing. F. Wentzel. 3. Auflage. Mit 58 Abbildungen und 4 Tafeln. 21,—, gebunden 23,50.
- Das Pigmentverfahren, Oel-, Bromöl- und Gummidruck und verwandte photographische Kopierverfahren.** 4. Auflage. Mit 58 Abbildungen. 27,—, gebunden 29,50.
- Heliogravüre und Rotationsdruck.** 3. Auflage. Mit 136 Abbildungen. 17,—, gebunden 19,50.
- Die Lichtpausverfahren, die Platinotypie und verschiedene Kopierverfahren ohne Silbersalze.** 3. Auflage. Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder und Dr. A. Trumm. 15,50, gebunden 17,50.

Lehrbücher.

- Wie erlangt man brillante Negative und schöne Abdrucke?** Von Dr. G. Hauberrißer. 21.—25. Auflage. Mit 29 Abbildungen und 18 Kunstbeilagen. 1,80.
- Das ABC des Lichtbildners.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Mieth. Mit 38 Abbildungen und 4 Tafeln. 3. Auflage. Etwa —,80.
- Ratgeber im Photographieren.** Leichtfaßliches Lehrbuch für Liebhaberphotographen. Von L. David, General a. D. 226.—240. Auflage. 720. Tausend. Mit 102 Textabbildungen, 31 Tafeln und einer Belichtungstabelle. Taschengröße. 2,40.
- 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. Vergriffen.
- Photographisches Praktikum.** Lehrbuch der Photographie. Von L. David. General a. D. 6. Auflage. Mit 376 Abbildungen, 16 Kunstdrucktafeln und 1 Dreifarbendruck. 16,—, gebunden 19,—.
- Lehrbuch der praktischen Photographie.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Mieth und Professor O. Mente. 4. Auflage. Mit 139 Abbildungen. 8,—, gebunden 10,20.
- Technik der Lichtbildnerei.** Von H. Kühn. 2. Auflage. Im Druck.
- Zur photographischen Technik.** Von H. Kühn. 6,80.

Optik.

- Vorträge über photographische Optik.** Von Dozent H. Schmidt.
3.—4. Aufl. Mit 81 Abbild. und 2 Tafeln. 2,50, gebunden 3,20.
Die photographischen Objektive. Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder.
4. Auflage. Mit 272 Abbildungen. In Vorbereitung.
Der Gebrauch der Blende in der Photographie. Von Oberst H. Freiherr
von Cles. 2. Auflage von Dr. R. Richter. Mit 37 Abbildungen.
1,80.

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. 12.—13. Auflage. 6,50, gebunden 7,50.
Vorträge über Chemie und Chemikalienkunde für Photographierende.
Von H. Schmidt. 3.—4. Auflage. Mit einem Anhang über
lateinische Bezeichnungen. 2,50, gebunden 3,20.
Photographische Chemie und Chemikalienkunde mit Berücksichtigung
der Bedürfnisse der graphischen Druckgewerbe. Von Reg.-Rat
Professor E. Valenta. 2. Auflage.
I. Teil: **Anorganische Chemie.** 8,—, gebunden 10,20.
II. Teil: **Organische Chemie.** 9,50, gebunden 11,70.
Photochemie. Von Dr. J. Plotnikow. Mit 15 Abbildungen. 6,—.
Reifung von Bromsilbergelatine mit Ammoniak und Ammonkarbonat,
Von Dr.-Ing. O. Papesch. 2,30.
Herstellung photographischer Lösungen und Behandlung photographi-
scher Chemikalien. Von J. I. Crabtree und G. E. Matthews.
Übersetzt u. bearb. von C. Emmermann. Mit 7 Abb. 4,50, geb. 5,80.
Ein neues Graukeil-Photometer. Für Sensitometrie, photographische
Kopierverfahren und wissenschaftliche Lichtmessungen. Von
Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder. Mit 2 Abbildungen und 2 Tafeln. 1,30.

Negativverfahren.

- Vorträge über die photographischen Verfahren.** Von H. Schmidt.
3. Auflage. Mit 8 Abbildungen. 2,20, gebunden 2,80.
Die Entwicklung der photographischen Bromsilber-Gelatineplatte bei
zweifelhaft richtiger Exposition. Von Dr. A. Freiherrn von Hübl.
5. Auflage. Mit 1 Tafel. 1,40, gebunden 2,—.
Die Ständentwicklung und ihre Abarten für den Amateur- und Fach-
photographen. Von Dozent H. Schmidt. 3.—4. Auflage. Mit 29 Ab-
bildungen. 1,50, gebunden 2,10.
Wie erlangt man brillante Negative und schöne Drucke. Von Dr.
G. Hauberrißer. Mit 29 Abbildungen und 18 Kunstbeilagen. 1,80.
Die Mißerfolge in der Photographie. I. Teil: Negativverfahren.
Von H. Müller. 6.—7. Auflage. Mit 4 Abbildungen und 8 Tafeln.
2,40, gebunden 3,—.
Wirtschaftliches Arbeiten im Negativ- und Positivprozeß. Wieder-
herstellen von Entwicklern, Fixier- und Tonbädern unter Aus-
fällung der Edelmetalle. Von H. Zaepernick. 2,20.
Die orthochromatische Photographie. Von Dr. A. Freiherrn von Hübl.
Mit 16 Abbildungen und 10 Tafeln. 3,50, gebunden 4,20.
Der Aufbau des photographischen Bildes. Von Prof. Dr. E. Goldberg.
Mit 55 Abbildungen. 2. Auflage. 5,50, gebunden 7,—.
Die Fehler im nassen Kollodiumverfahren, deren Ursache und Abhilfe.
Von Fachlehrer R. Rothmaier. 0,50.

**Positivverfahren
nebst Diapositivverfahren und Vergrößern.**

- Vorträge über die photographischen Verfahren.** Von H. Schmidt.
2. Auflage. Mit 4 Tafeln. 2,20, gebunden 2,80.
- Die Mißerfolge in der Photographie.** II. Teil: Positivverfahren. Von
H. Müller. 5.—6. Auflage. 2,40, gebunden 3,—.
- Wirtschaftliches Arbeiten im Negativ- und Positivprozeß.** Wieder-
herstellen von Entwicklern, Fixier- und Tonbädern unter Aus-
fällung der Edelmetalle. Von Schriftleiter H. Zaepernick. 2,20.
- Das Arbeiten mit Gaslicht- und Bromsilberpapieren** einschließlich des
Postkartendrucks, sowie einer kurzen Anleitung zur Herstellung
vergrößerter Bilder. Von Chemiker P. Hanneke. 3. Auflage.
Mit 35 Abbildungen und Tafeln. Im Druck.
- Anskopierpapiere ohne Metalltonung.** Von Prof. Dr. E. Stenger.
3,40, gebunden 4,90.
- Die Tonungsverfahren von Entwicklungspapieren.** Von Oberreg.-Rat
Dr. E. Sedlaczek. 2. Auflage. 2,80, gebunden 3,50.
- Das Kopieren bei elektrischem Licht.** Von Dr. A. Freiherrn von Hübl.
2. Auflage. Mit 22 Abbildungen und 1 Tafel. 1,50.
- Neuzeitliche photographische Kopierverfahren.** Ozobromprozeß, Brom-
silberpigmentpapier, Pigmentgravüre, Oeldruck, Bromöldruck,
Katatype, Druckschriften-Kopierverfahren. Von Dr. E. Stenger.
3. Auflage. 2,60, gebunden 3,30.
- Das Pigmentverfahren, der Gummi-, Oel- und Bromöldruck und ver-
wandte photographische Kopierverfahren mit Chromsalzen.** Von
Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder. 4. Aufl. Mit 46 Abb. 27,—, geb. 29,50.
- Der Pigmentdruck.** Von H. Zaepernick. 2,—.
- Das Bromöldruckverfahren und der Bromöldruck.** Von Dr. E.
Mayer. 10.—11. Auflage. 3,80, gebunden 4,90.
- Die Selbstbereitung von Bromöldruckfarben.** Von E. Guttman.
3. Auflage. —,90.
- Der Umdruck im Bromöldruckverfahren (Handpressendruck).** Von
E. Guttman. 3. Auflage. 1,40.
- Anleitung und Herstellung von Bromöldrucken nach der Abreibe-
methode.** Von H. Minuth. Mit 12 Abbildungen. 0,60.
- Der Gummidruck** und seine Anwendung in der künstlerischen Photo-
graphie. Von A. Meyer. Mit 4 Abbildungen und 4 Tafeln. 1,40.
- Die Diapositivverfahren.** Praktische Anleitung zur Herstellung von
Fenster-, Stereoskop- und Projektionsbildern usw. Von G. Mer-
cator. 4. Auflage. 2,—, gebunden 3,—.
- Handbuch des Vergrößerns** auf Papieren und Platten. Von Prof. Dr.
F. Stolze. Neu bearbeitet von P. Thieme. 4. Auflage.
I. Teil. 5,—, gebunden 5,70.
II. Teil. Im Druck.
- Die Praxis des Vergrößerns.** Von H. Zaepernick. Mit 36 Abbil-
dungen. 3,20, gebunden 4,30.

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. 8. Auflage. 2,20.
- Anleitung zum Kolorieren** photographischer Bilder jeder Art mittels
Aquarell-, Lasur-, Oel-, Pastell- und anderen Farben. Von G. Mer-
cator. 3. Auflage. 1,60, gebunden 2,20.

Apparate nebst Zubehör und Aufnahmetechnik.

- 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. 6.—7. Auflage. Mit 67 Abbildungen. 2,20, gebunden 3,30.
- Die Spiegelreflexkamera.** Von A. Mayer, neu bearbeitet von P. Hanneke. 3. Auflage. Mit 52 Abbildungen. 2,20, gebunden 3,30.
- Die Stereoskopie.** Das Wesentliche über die Grundlagen, die Herstellung und die Anwendung des Raumbildes. Von Dr. J. Rheden. 3. Auflage. Mit 31 Abbildungen. 2,—, gebunden 3,40.
- Die Panoramenapparate.** Von Prof. Dr. F. Stolze. Mit 33 Abb. 2,—.
- Die Lichtfilter** mit besonderer Berücksichtigung der Lichtfilter für photographische Zwecke. Von Dr. A. Freiherrn von Hübl. 3. Auflage. Mit 18 Abbildungen u. 6 Tafeln. 4,90, gebunden 6,10.
- Die richtige Belichtung.** Von Dr. J. Rheden. 2. Aufl. 2,60, geb. 3,60.
- Die Hilfsmittel zur Bestimmung der Belichtungsdauer.** Von Dr. J. Rheden. Mit 28 Abbildungen. 4,50, gebunden 5,80.
- Die Belichtungsmesser der photographischen Praxis.** Von Dr. R. H. Blochmann. 2. Auflage. Mit 6 Abbildungen. 1,80.
- Einführung in die Elektrizitätslehre** für Photographen und Filmschüler. Von E. Koch. Mit 51 Abbildungen. 3,80, gebunden 5,40.

Photographieren bei künstlichem Licht.

- Das Photographieren mit Blitzlicht.** Von H. Schmidt. 3. Auflage. Mit 60 Abbildungen und 8 Tafeln. 4,—, gebunden 5,20.
- 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. 26,—, gebunden 30,—.

Farbenphotographie.

- Die Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochrom- und anderen Rasterfarbenplatten.** Von Dr. A. Freiherrn von Hübl. 5. Auflage. Mit 8 Abbildungen. 2,—, gebunden 2,60.
- 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. E. Valenta. 3. Auflage. Mit 32 Abbildungen und 6 Tafeln. Etwa 8,50, gebunden etwa 9,80.
- Die Dreifarbenphotographie** mit besonderer Berücksichtigung des Dreifarbendruckes und ähnlicher Verfahren. Von Dr. A. Freiherrn von Hübl. 4. Aufl. Mit 35 Abb. und 4 Tafeln. 4,50, gebunden 5,20.

Kalender und Jahrbücher.

- Photographischer Notizkalender.** Neu bearbeitet von Chemiker P. Hanneke und Photograph Aug. Arnold. Erscheint bereits seit 1896 regelmäßig zur Jahreswende. Inhalt: Kalendarium, Rezepte, Tabellen, Ratschläge, praktische Winke, rechtliche und gewerbliche Fragen. Taschengröße. 3,50.
- Jahrbuch für Photographie und Reproduktionsverfahren.** Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder. Berichte über die alljährlichen Fortschritte der Wissenschaft und Praxis auf jenen Gebieten. Erscheint seit 1887. Jahrgang 1921—1927. 30. Band. 3 Teile. Mit 424 Abbildungen. Jeder Teil 19,—, gebunden 21,—.
- Jahrgang 1915—1920. Mit 155 Abb. 13,—, gebunden 14,20.
- Frühere Jahrgänge je Band 7,20.

Künstlerische Photographie.

- Künstlerische Landschaftsphotographie.** Zwölf Kapitel zur Aesthetik photographischer Freilichtaufnahmen. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Mieth. Neu bearbeitet von Prof. O. Mente. 6.—7. Auflage. Mit 115 Textabbildungen und Reproduktionen nach Schöpfungen hervorragender Lichtbildner. In geschmackvoller und sorgfältigster Ausstattung. 9,—, gebunden 10,80.
- Bildmäßige Photographie.** Von Kunstmal. F. Matthies-Masuren. 4. Auflage. Mit 24 ganzseitigen Tafelbildern in feinsten Buchdruckausführung auf Chamoiskunstdruckpapier nach Landschafts- und Porträtarbeiten der bekanntesten Lichtbildner des In- und Auslandes. 4,80, gebunden 6,—.

Angewandte Photographie.

- Bild und Film im Dienste der Technik.** Von Ingenieur A. Lassally.
I. Teil: **Betriebsphotographie.** Mit 39 Abbild. 3,50, gebunden 4,20.
II. Teil: **Betriebskinematographie.** Mit 50 Abbild. 6,—, gebunden 6,70.
- Lehrbuch der Röntgenographie.** Von H. Traut und Oberarzt Dr. H. Engelken. Mit 103 Abbildungen. 4,—, gebunden 4,70.
- Die Photoplastik.** Herstellung photographischer Skulpturen und ähnliche Verfahren. Von E. Kuchinka. Mit 23 Abbildungen. 3,80.
- Hochgebirgs- und Winterphotographie.** Praktische Ratschläge für Ausrüstung und Arbeitsweise. Von Dr. Kuhfahl. 6. u. 7. Auflage. Mit 32 Bildtafeln. 3,90, gebunden 5,70.
- Heimatphotographie.** Die Photographie im Dienste von Heimatschutz und Heimatforschung. Von Dr. Kuhfahl. Mit 12 Abbildungen. 1,80.
- Pflanzenphotographie.** Von B. Halcy. Mit 9 Abbildungen. 1,80.
- Tierphotographie.** Von E. Lutz. Mit 8 Abbildungen. 1,80.
- Architekturphotographie.** Von B. Halcy. Mit 8 Tafeln. 1,80.
- Kunstgewerbliche Photographie.** Von B. Halcy. Mit 14 Abbild. 1,80.
- Die Aktphotographie.** Von L. Herrlich und Dr. W. Warstat. Mit 9 Abbildungen. 1,80.
- Sportphotographie.** Von M. Schirner. Mit 22 Abbildungen. 1,80.
- Die Heimphotographie.** Von A. Ranft. 3.—4. Aufl. 2,50, gebunden 3,20.
- Der Porträt- und Gruppenphotograph beim Setzen und Beleuchten.** Von E. Kempke. 3. Auflage. 1,—.
- Die Wiederherstellung alter photographischer Bilder und Reproduktion derselben im ursprünglichen und in neuzeitlichen Verfahren.** Von Dr. E. Stenger. 2,—.
- Die Grundlagen der Reproduktionstechnik.** In gemeinverständlicher Darstellung. Von Prof. Dr. E. Goldberg. 2. Auflage. Mit 49 Abbildungen und 2 farbigen Tafeln. 3,50, gebunden 4,60.
- Die Photographie aus der Luft.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Mieth. 2. Auflage. 2,—, gebunden 2,70.
- Die Photographie im Dienste der Presse.** Von P. Knoll. Mit 26 Abbildungen. 2,50, geb. 3,90.
- Die Photogrammetrie bei kriminalistischen Tatbestandsaufnahmen.** Von Dr. F. Eichberg. Mit 21 Abbildungen. 1,60.
- Die Palimpsestphotographie (Photographie radiierter Schriften) in ihren wissenschaftlichen Grundlagen und praktischen Anwendungen.** Von P. R. Kögel, O.S.B. Mit 42 Abbildungen. 3,—.

Kinematographie.

- Handbuch der praktischen Kinematographie.** Herausgegeben von F. P. Liesegang und G. Seeber.
Band I: **Die Geschichte des Films.**
Band II: **Die Herstellung des Films.**
1. Teil: Rohfilmfabrikation. 2. Teil: Filmaufnahme. 3. Teil: Entwickeln und Kopieren.
Band III: **Die Vorführung des Films.**
1. Teil: Die kinematographische Projektion. Von Dir. Dr. H. Joachim. 7. Auflage. Mit 334 Abbildungen. 10,80, gebunden 12,80.
Band IV: **Sondergebiete des Films.**
1. Teil: Wissenschaftliche Kinematographie.
Hilfsbuch für den Kameramann. Mit 65 Abbildungen. 1,50.
Der gezeichnete Film. Von E. Lutz. Uebersetzt und erheblich ergänzt von Dr. K. Wolter. Mit 165 Abbildungen. 12,—, gebunden 13,80.
Betriebskinematographie. Von Ing. A. Lassally. Mit 50 Abbildungen. 6,—, gebunden 6,70.
Kurble. Ein Lehrbuch des Filmsports. Von C. Emmermann, G. Seeber und Dr. K. Wolter. Herausgegeben von A. Kraszna-Krausz. Mit 97 Abbildungen. 6,60, gebunden 7,80.
Die Bücher des Lichtspielvorführers. 1. Mein Vorführungsraum. Von R. Dahlgreen. Mit 21 Abbildungen. 1,—.
Der sichtbare Mensch. Eine Filmdramaturgie. Von Bela Balazs. 3,50, gebunden 4,80.

Reproduktionstechnik und Graphik.

- Lexikon der graphischen Techniken.** Von Prof. K. Albert. 13,60, geb. 15,80.
Der Halbtonprozeß. Autorisierte Uebersetzung aus dem Englischen. Von Prof. Dr. G. Aarland. Mit 78 Abbild. und 5 Tafeln. 3,—.
Verschiedene Reproduktionsverfahren mittels lithographischen und typographischen Druckes. Von Professor A. Albert. Mit 22 Abbildungen und 15 Tafeln. 5,—.
Der Lichtdruck an der Hand- und Schnellpresse samt allen Nebenarbeiten. Von Professor A. Albert. 2. Auflage. Mit 71 Abbildungen und 8 Tafeln. 5,50.
Das Aluminium in seiner Verwendung für den Flachdruck. (Die Algraphie.) Von Professor A. Albert. 1,60.
Die Reflektographie für Reproduktion ohne photographische Kamera und der anastatische Druck. Von Reg.-Rat A. Albert. 0,50.
Lehrbuch der Reproduktionstechnik. Von C. Blecher.
Band I: Einleitung und Theoretischer Teil. Mit 190 Abbildungen und 9 zum Teil farbigen Beilagen. 9,20, gebunden 10,30.
Die Verwendung des Zinks für den lithographischen Druck nach dem Verfahren von Dr. Strecker. Von C. Blecher. 1,40.
Lehrbuch der Chemigraphie. 2. Auflage von „Die Autotypie und der Dreifarbindruck“. Von Professor K. H. Broum. Mit 78 Abbildungen und 8 Tafeln. 7,80, gebunden 9,40.
Die Grundlagen der Reproduktionstechnik. Von Prof. Dr. E. Goldberg. 2. Auflage. Mit 48 Abb. und 2 farbigen Tafeln. 3,50, gebunden 4,60.
Rezepte und Tabellen für Photographie und Reproduktionstechnik. Herausgegeben von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder. 12.—13. Auflage. 6,50, gebunden 7,50.
Heliogravüre und Rotationsdruck, ferner Photogalvanographie, Photoglyptie, Asphaltverfahren und photographische Aetzkunst. Von Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder. 3. Aufl. Mit 136 Abb. 17,—, geb. 19,50.

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale).

- Handbuch der Lithographie.** Nach dem gegenwärtigen Stande dieser Technik. Von Reg.-Rat G. Fritz. Mit 243 Abbildungen und 23 Tafeln, davon 11 in Farbendruck. 35,—, gebunden 39,50.
- Die Chromolithographie** mit besonderer Berücksichtigung der modernen, auf photographischer Grundlage beruhenden Verfahren und der Technik des Aluminiumdruckes. Von Oberfaktor F. Hesse. 2. Auflage. Mit 131 Abbildungen und 20 Tafeln. 14,—, geb. 17,80.
- Die Schriftlithographie.** Eine theoretisch-praktische Anleitung zur Erlernung der Schrift. Mit Vorlageblättern sämtlicher in der lithographischen Technik zur Anwendung kommenden Schriftcharaktere unter besonderer Berücksichtigung der modernen Kunstrichtung. Von F. Hesse, Oberfaktor der lithographischen Abteilung der Hof- und Staatsdruckerei in Wien. Mit 150 Abbildungen und 30 Tafeln. 15,—.
- Die Dreifarbenphotographie** mit besonderer Berücksichtigung des Dreifarbedruckes und ähnlicher Verfahren. Von Dr. A. Freiherr von Hübl. 4. Auflage. Mit 40 Abbildungen und 4 Tafeln. 4,50, gebunden 5,20.
- Die Farbe als wissenschaftliches und künstlerisches Problem.** Die Grundlagen der Farbenlehre für Künstler und Kunstgewerber. Von Prof. Dr. L. Richtera. Mit 57 Abbildungen. 3,40, gebunden 4,20.
- Der Offsetdruck.** Von K. Gnoth, Offsetinstrukteur. Mit zahlreichen ein- und mehrfarbigen Illustrationen. Gebunden 4,50.
- Hand- und Maschinenschriftsatz.** Von Dr. R. A. Winkler. 6,40.
- Die Herstellung von Büchern, Illustrationen, Akzidenzen usw.** Von A. W. Unger, Professor an der Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. 3. Auflage. Mit 231 Abbildungen, 10 Beilagen und 87 Tafeln. 16,—, in Halbleinen geb. 18,70, in Ganzleinen geb. 19,20.
- Die Rohstoffe der graphischen Druckgewerbe.** Von Professor Dr. E. Valenta.
- Band I: **Das Papier**, seine Herstellung, Eigenschaften, Verwendung in den graphischen Drucktechniken, Prüfung usw. 2. Auflage. Mit 120 Abbildungen. 8,60, gebunden 9,60.
- Band II: **Fette, Harze, Firnisse, Ruß, schwarze Druckfarben** und verschiedene andere in den graphischen Druckgewerben verwendete Materialien (lithographische Tinten, Tusche, Kreiden, Walzenmassen, Feuchtwasser, Drucktinkturen, Lacke, Umdruck-, Deck- und Stempelfarben usw.). 2. Auflage. Mit 90 Abbildungen. 15,20, gebunden 17,—.
- Band III: **Die bunten Druckfarben.** Mit 48 Abbildungen. 9,70, gebunden 11,80.
- Die Photoglyptie oder der Woodbury-Druck.** Nach dem Französischen übersetzt. Von L. Vidal. Mit 24 Abbildungen. 4,50.
- Die manuellen graphischen Techniken.** Zeichnung, Lithographie, Holzschnitt, Kupferstich und Radierung, sowie die verwandten graphischen Verfahren des Hoch-, Flach- und Tiefdruckes. Von W. Ziegler.
- Band I: **Die Schwarz-Weiß-Kunst.** 4. Auflage. Mit 125 Abbildungen. 9,80, gebunden 10,80.
- Band II: **Die manuelle Farbengraphik.** 2. Auflage. Mit 10 Abbildungen und Tafeln. 5,50, gebunden 6,50.

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale).

Das Atelier des Photographen

Zeitschrift für Bildnisphotographie

Schriftleiter: Prof. O. Mente, F. Matthies-Masuren und Dir. H. Spörl.

Jährlich erscheinen in vornehmster Ausstattung 12 Hefte, enthaltend rund 100 Kunstdrucktafeln mit Bildern führender Berufsphotographen (vorwiegend Porträts und Gruppenaufnahmen).

36. Jahrgang. **Bezugspreis vierteljährlich 3,60.** Probehefte kostenfrei.

Photographische Chronik

Verbandszeitschrift des Central-Verbandes Deutscher Photographen-Vereine und -Innungen.

Schriftleiter: C. Emmermann, Halle (Saale).

Erscheint wöchentlich. Der Text behandelt alle für Fachphotographen wichtigen fachtechnischen, beruflichen, gewerblichen, rechtlichen, steuerlichen und sonstigen wirtschaftlichen Fragen, wie Richtpreise, Tarife, Gehilfen- und Lehrlingswesen. Enthält ferner Vereinsnachrichten und umfassenden Fragekasten.

36. Jahrgang. **Bezugspreis vierteljährlich 2,40.** Probehefte kostenfrei.

Filmtechnik

Filmindustrie, Filmtechnik, Filmkunst

Schriftleitung: A. Kraszna-Krausz, Berlin.

Aller 14 Tage ein Heft in gediegener Aufmachung. Der Text behandelt alle Fragen des Filmwesens, so daß jedem, der irgendwie mit dem Film zu tun hat, Interessantes geboten wird. Technische, künstlerische, wirtschaftliche und rechtliche Berichterstattung.

5. Jahrgang. **Bezugspreis vierteljährlich 5,25.** Probehefte kostenfrei.

Film für Alle

Monatsschrift für Amateurkinematographie

Schriftleitung: A. Kraszna-Krausz, Berlin.

Die einzige Zeitschrift in deutscher Sprache, die sich ausschließlich dem Liebhaberkino widmet.

Erscheint monatlich einmal.

Einzelheft 0,75. **Preis vierteljährlich 2,25.** Probehefte kostenlos.

Photographische Rundschau

Halbmonatsschrift für Freunde der Photographie

Schriftleiter: Chemiker P. Hanneke; Prof. Dr. R. Luther; Heinrich Kühn; F. Matthies-Masuren.

Monatlich 2 Hefte in vornehmster Ausstattung mit vielen Kunstdrucktafeln und Abbildungen vorbildlicher Arbeiten der bedeutendsten Lichtbildner. Die „Rundschau“ ist unentbehrlich für jeden vorwärtstrebenden Amateur.

66. Jahrgang. **Bezugspreis vierteljährlich 4,20.** Probehefte kostenfrei.

Gebühr für Verpackung und Versendung im Inland: 10 Pf. Bei Kreuzbandzustellung wird das entstehende Porto berechnet.

Buchdruckerei des Waisenhauses, Halle (S.)

SLUB DRESDEN



3 0613752

