NEUNTES KAPITEL.

EMPFINDLICHKEITSMESSUNG PHOTOGRAPHISCHER PLATTEN. — SENSITOMETRIE.

Die Apparate zur Prüfung der relativen Empfindlichkeit photographischer Präparate sind den Aktinometern nachgebildet; obschon man jedes Skalenphotometer oder Büchsenphotometer usw. zur Bestimmung der relativen Lichtempfindlichkeit zweier oder mehrerer photographischer Platten benutzen kann, wenn man bei konstanter Lichtquelle und Belichtungszeit arbeitet, so wurden dennoch eigene „Empfindlichkeitsmesser“ oder „Sensitometer“ konstruiert, welche sich zu diesem Zwecke besonders eignen.

Wortley beschrieb 1876 einen Apparat zur Erprobung der Empfindlichkeit von Platten[1]). Er benutzte verschieden dichte Schichten von Papier (16 an der Zahl), hinter welchen er die Platten bei Gaslicht exponierte.

Warnerke griff später (1880) dieselbe Idee auf und nannte den Apparat zur Erprobung der Empfindlichkeit „Sensitometer“, welche Bezeichnung später allgemein gebräuchlich wurde.

Benutzt man Lichtquellen, deren Helligkeitswert man in Meter-Kerzen-Sekunden genau angeben kann, und entwickelt man mit konstant zusammengesetzten Entwicklern[2]), so gelangt man zu allgemein verwendbaren und vergleichbaren Systemen der Sensitometrie photographischer Platten.

1) Phot. News. 1876, S. 304; gelesen vor der „Photogr. Society of Great Britain“. Auch Phot. News. 1881, S. 92.

2) Die Fähigkeit einer photographischen Platte, schwache Lichteindrücke wiederzugeben, hängt unter anderem auch von der Entwicklersubstanz ab. Allerdings hat Precht irrtümlich angegeben, „daß nicht einmal darüber eine Einigung erzielt ist, ob man die Angaben der Schwellenwerte durch die Wahl und chemische Beschaffenheit der Entwicklersubstanz hinausschieben kann“. Eder tritt dieser Angabe entgegen (Phot. Korresp. 1900, S. 239 und 626).

Heute sind wohl alle darüber einig, daß der Schwellenwert einer Platte nebst anderen Faktoren auch von der Entwicklersubstanz abhängig ist; deshalb benutzt man den Eisenoxalatentwickler oder Pyrogallol-Soda als Normalentwickler (siehe Eders „System der Sensitometrie photographischer Platten“) oder kann in einzelnen Fällen den Schwellenwert für andere Entwicklertypen angegeben, wenn sie für gewisse Plattensorten besonders günstig sind (Phot. Korresp. 1900, S. 239). Auch Liesegang äußert sich im selben Sinne wie Eder und findet, daß unreife Bromsilbergelatine in den üblichen Entwicklern doppelte Belichtungszeit braucht, als wenn man konzentriertere Entwickler verwendet. Bei hydroschwefligsaurem Natron, Vandinoxydulsalzen usw. wird der Schwellenwert der Empfindlichkeit außerordentlich stark herabgedrückt. Auch die Farbe des reduzierten Silberbildes schwankt von Gelbrot bis Schwarz. Es ist nicht ganz unwahrscheinlich, daß man noch energischere Entwickler finden wird, welche die Belichtungszeit bei unseren Platten abkürzen (Liesegang, Phot. Wochenbl. 1900, S. 44).

1) Vgl. Eder, Über Sensitometrie und deren Bedeutung für den Handel mit Trockenplatten (Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 78).

Über die absolute Strahlungsempfindlichkeit von Bromsilbergelatine gegen Licht verschiedener Wellenlänge s. Leimbach (Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 143).

Über sensitometrische Regeln und ihre Anwendung in der Astronomie siehe Schwarzschild (Eders Jahrb. f. Phot. 1900, S. 161).

Es ist im Interesse des konsumierenden Publikums, sowie des Händlers gelegen, wenigstens annähernd ziffernmäßig zu erfahren, welche Empfindlichkeit die von verschiedenen Firmen angebotenen „rapiden“, „extrarapiden“, „ultrarapiden“ Trockenplatten besitzen[1]). Tatsächlich können die Fabrikanten es auch nicht umgehen, den Berufsphotographen oder Amateuren Mitteilung zu machen, daß ihre „Rapidplatten“ eine höhere Empfindlichkeit besitzen, als die gewöhnlichen Platten, und die „Extrarapidplatten“ wiederum durchschnittlich um das soundso Vielfache kürzer belichtet zu werden brauchen, als die anderen Sorten. Die Angaben auf eine wissenschaftlich-technisch fundierte Basis zu stellen, ist Sache der verschiedenen Systeme der Sensitometrie.

Über die verschiedenen Systeme der Sensitometrie, welche als Normalien beim Handel mit Trockenplatten zu gelten haben, ist derzeit noch keine Einigung erzielt. In der Tat geben die verschiedenen Sensitometer variable Angaben, so daß wir kein absolutes Sensitometer kennen. Künstliche Lichtquellen gestatten keinen sicheren Rückschluß auf die photographische Wirkung des Tageslichtes; intermittierende Beleuchtung erweist sich bei genauem Studium etwas weniger wirksam als ununterbrochene (s. S. 176); die Temperatur, die Farbe des Lichtes, die Intensität der Normallichtquelle, die Dicke der sensiblen Schicht, die Art der Hervorrufung usw. beeinflussen die Genauigkeit der sensitometrischen Befunde. Immerhin sind die Gesetze der Sensitometrie für mehrere Systeme genügend genau untersucht, so daß sie als geeignete Methoden zur praktischen Prüfung der Empfindlichkeit und Gradation (Wiedergabe der Übergänge vom Licht zum Schatten) erfolgreich verwendet werden können.

I. Bezeichnung der für die Photometrie von Negativen charakteristischen Größen.

Die Bezeichnung der charakteristischen Größen für die photographische Schwärzung eines Negativs wurde allgemein nach dem Vorschlage R. Luthers[1]) mit einigen Ergänzungen von verschiedener Seite[2]) akzeptiert, nachdem Hurter und Driffield den Begriff der Dichtigkeit photographischer Negative mathematisch festgelegt hatten.

Es sei J die Lichtmenge, welche in die planparallele photographische geschwärzte Schicht eindringt, J' die aus dieser Schicht austretende Lichtmenge, so bezeichnet das Verhältnis

$$T = \frac{J'}{J} = \frac{\text{durchgelassenes Licht}}{\text{auffallendes Licht}}$$

die Transparenz (T) oder Durchlässigkeit. Die Transparenz ist stets ein echter Bruch; für absolut undurchsichtige Schichten ist $T = 0$, für absolut durchsichtige ist $T = 1$.

Der reziproke Wert der Transparenz wird mit Opazität (O) (Luther) oder Undurchlässigkeit bezeichnet.

Es ist also die Opazität $O = \frac{J}{J'}$.

Die Schwärzung (S) einer photographischen Platte (nach Schwarzschild, sowie in Eders System der Sensitometrie) oder die Extinktion (nach Luther) oder die Dichtigkeit (nach Hurter und Driffield) ist der dekadische Logarithmus der Opazität. Für $J = 1$ wird dann die Schwärzung

$$S = \log O.$$

Setzen wir die in die Schicht eintretende Lichtmenge (J) gleich der Einheit, so wird:

$$O = \frac{1}{J'}$$

und die Schwärzung, die der Logarithmus der Undurchlässigkeit ist, wird:

$$S = -\log J'.$$

Wählen wir als Lichteinheit nicht das in die Platte eintretende Licht, sondern die Lichtmenge, die an einer nicht belichteten, aber entwickelten Stelle aus dem Negativ austritt, so erhalten wir einen anderen Wert für die Dichte. Die erstere nennen wir absolute Schwärzung, Dichtigkeit oder Dichte (oder Dichte mit Einrechnung des Schleiers). Die zweite nennen wir relative Dichte (oder Dichte ohne Einrechnung des Schleiers).

1) Zeitschr. f. physik. Chem. 1900, Bd. 33, S. 252.

2) Schwarzschild, Collier u. a.

II. Definition der Schwärzung photographischer Platten.[1])

Der Silberniederschlag einer entwickelten photographischen Platte erscheint um so dichter, um so schwärzer im durchfallenden Lichte, je mehr metallisches Silber auf die Flächeneinheit der Schicht niedergeschlagen ist. Es handelt sich hierbei um fein verteiltes „molekulares“ Silber[2]), d. i. Silberpartikelchen, deren Moleküle durch irgend welche andere Teilchen voneinander getrennt sind.

Ist a für eine gewisse Opazität das Intensitätsverhältnis vom auffallenden zum durchfallenden Lichte $\left(\frac{J}{J'}\right)$, so setzt man (analog den bei dem Durchgange des Lichtes durch verschieden dicke, durchlässige Medien beobachteten Erscheinungen):

$$a = e^D,$$

worin e die Basis der natürlichen Logarithmen ist, und betrachtet die der Dicke der durchlässigen Medien analoge Größe D als Dichte oder Dichtigkeit der photographischen Platten.

In diesem Sinne ist die Dichtigkeit einer Platte oder, wie man auch sagt, ihre Schwärzung somit der Logarithmus ihrer Undurchlässigkeit gegen Licht. Die Einführung dieser Größe hat sich in der Sensitometrie bewährt, entsprechend den sensitometrischen Untersuchungen von Hurter und Driffield[3]), sowie von Schwarzschild[4]) und dem Verfasser.

Aus praktischen Gründen entschied sich der Verfasser für gewöhnliche Briggsche Logarithmen, da mit natürlichen Logarithmen schlecht zu rechnen ist. Es empfiehlt sich für die Zwecke der praktischen Sensitometrie $a = 10^S$ zu setzen und S als praktisches Maß der Schwärzung zu benutzen, wie dies in Eders System der Sensitometrie geschah. S ist dann der gewöhnliche Logarithmus von a, und es besteht die Gleichung

$$S = D \log e = 0{,}4343\, D.$$

Die Zahl, welche das Maß der Schwärzung repräsentiert, ist bei ein und derselben Plattensorte und Entwicklungsart dem Gewichte des metallischen Silbers auf der Flächeneinheit proportional und entspricht dem auf das Auge hervorgerufenen Licht-, resp. Dunkelheitseindrucke.

1) Nach Eder, System der Sensitometrie (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien 1899).

2) Vgl. Wernicke, Wiedem. Annal. Phys. 1894, Bd. 52, S. 523; Wiener, ebenda 1899, Bd. 69, S. 499.

3) Eders Jahrb. f. Phot. 1899.

4) Phot. Korresp. 1899.

Man kann die Silbermenge quantitativ bestimmen, welche, auf eine gewisse Plattenfläche verteilt, die Schwärzung = 1 hervorruft. Nach Hurter und Driffield bewirkt eine Menge von 0,0131 g metallischem Silber auf eine Plattenfläche von 100 qcm die Schwärzung (Opazität) = 1, falls das Bromsilberbild mittels Eisenoxalat entwickelt war.

Eder stellte Schwärzungsmessungen nicht nur mit Bromsilbergelatine, sondern auch mit nassen Kollodiumplatten an. Er fand, daß die Zahlen für Bromsilbergelatine (Porträtplatten) mit Hurter und Driffields Angaben befriedigend übereinstimmen. Ferner zeigt es sich, daß wirklich das Maß der Schwärzung dem Gewichte des auf die Flächeneinheit ausgeschiedenen metallischen Silbers annähernd proportional ist. Wurde die Platte mittels Rodinal, Glycin, Hydrochinon entwickelt und im sauren Fixierbade fixiert, so fand Eder pro 100 qcm Fläche die Silbermenge von 0,0110 g für die Opazität = 1. Diese Zahl nähert sich also sehr dem Befunde für Eisenoxalat-Entwickler.

Bei nassen Kollodionplatten werden dieselben Opazitäten mit geringeren Quantitäten Silber erzielt, als bei Bromsilber-Gelatineplatten; z. B. geben 0,007 g metallisches Silber pro 100 qcm den Schwärzungsgrad 1, während in Form von Bromsilbergelatine 0,011 g notwendig sind. Kohärentes Silber in Form von versilberten Glasspiegeln ist relativ noch undurchlässiger gegen Licht; denn nach Eders Analysen wird die Opazität 1,5 bereits durch 0,0039 g Silber, die Opazität 2,0 durch 0,0052 g Silber bewirkt. Der molekulare Zustand der metallischen Silberschicht ist also von Einfluß auf die Opazitätsverhältnisse.

Besteht das photographische Silberbild nicht aus reinem metallischen Silber, sondern fallen die Oxydationsprodukte des Entwicklers (z. B. bei Pyrogallol) als braungelbes Farbstoffbild an die Silberbildstellen an, so ist zur Erzielung derselben optischen Opazität weniger Silber erforderlich, als beim Eisenoxalat; z. B. entsprechen 0,0104 g mittels Pyrogallol reduzierten Silbers pro 100 qcm der Opazität = 1.

III. Bestimmung des Schleiers photographischer Platten.

Unter „Schleier“ beim Entwickeln photographischer Platten versteht man die Silberreduktion, welche die nicht belichtete Schicht photographischer Platten beim Behandeln mit Entwicklersubstanzen erleidet. „Schleierlose“ Platten bleiben während der normalen Dauer der Entwicklung (z. B. 5—10 Minuten) an den unbelichteten Stellen vollkommen intakt. Ein geringer Schleier, welchen die hochempfindlichen Bromsilbergelatineplatten des Handels fast immer aufweisen, gilt in der Praxis mit Recht als vollkommen unschädlich. Starke Schleier aber sind unzulässig und schädigen die Qualität der Negative.

Eine vollständig schleierlose Platte zeigt die Schwärzung = 0.

Nach Eders Messungen ist ein Schleier, welcher die Schwärzung 0,1 aufweist (durchschnittlich ganz unschädlich in der Praxis) als sehr gering zu bezeichnen. Auch Schleier von der Schwärzung = 0,2 ist noch nicht störend und die Platten können immer noch als genügend klar arbeitend bezeichnet werden, während Platten mit einer größeren Schwärzung als 0,3 schon als mittelmäßig schleierig zu bezeichnen wären und Schwärzungen von 0,6 und 0,7 schon sehr starke Schleier repräsentieren, welche die Kopierdauer, sowie Gradation der Negative stark beeinflussen.

Die Schleierbildung hängt von der Art der photographischen Schicht, von der Art, Zeitdauer und Temperatur des Entwicklers ab. — Es lassen sich charakteristische Schleierkurven mit Berücksichtigung von Temperatur und Entwicklungsdauer konstruieren, was wichtig für die Prüfung von Entwicklersubstanzen und Platten ist[1]).

IV. Konstruktion der charakteristischen Kurve oder Schwärzungskurve.

Um die Beziehungen zwischen Belichtungszeiten, respektive Lichtmengen und der hierdurch bedingten Reduktion photographischer Platten im Entwickler übersichtlich auszudrücken, wird am besten der Weg der graphischen Darstellung eingeschlagen, und zwar in der zuerst von Hurter und Driffield angegebenen Art und Weise. Man erteilt einer photographischen Platte mit der Normallampe eine Reihe verschieden starker Belichtungen, wobei die sukzessive einwirkenden Lichtintensitäten eine geometrische Reihe bilden, und trägt in ein Koordinatennetz die Logarithmen dieser Intensitäten (respektive der Lichtmengen) als Abszissen, die entsprechenden Schwärzungszahlen (Logarithmen der Undurchlässigkeit der Silberschichten gegen Licht) als Ordinaten ein und verbindet die gefundenen Punkte durch eine Kurve. Die so erhaltene Kurve nennt man „charakteristische Kurve“ oder „Schwärzungskurve“ einer photographischen Platte. Das steilere oder mäßigere Ansteigen dieser Kurve repräsentiert die „Gradation“ der Platte.

Eders Sensitometriesystem gestattet ebenso bequem als präzise die Konstruktion der Schwärzungskurve, wenn man das Koordinatennetz von Fig. 125[2]) benutzt. Als Abszissen sind die Grade des Scheiner-

1) Vgl. Eder, Phot. Korresp. 1899; ferner Andresen ebenda.

2) In Fig. 125 wurde wegen des Platzersparnisses mit Sensitometernummer 12 (links) begonnen; bei meinem Original-Koordinatennetz ist mit 20° Scheiner bei 1 m Abstand (im Nullpunkte des Koordinatennetzes) begonnen worden.

schen Sensitometers eingetragen beim Benzinkerzenabstand 1 m und 1 Minute Exposition im Scheinerschen Sensitometer, ferner bei $^1/_{2,94}$ m Lichtabstand und 1 Minute lange, sowie 14 Minuten 24 Sekunden dauernde Belichtung. In der Regel findet man mit einer Belichtung von 1 Minute bei $^1/_{2,94}$ m Lichtabstand vollkommen das Auslangen. Man mißt die

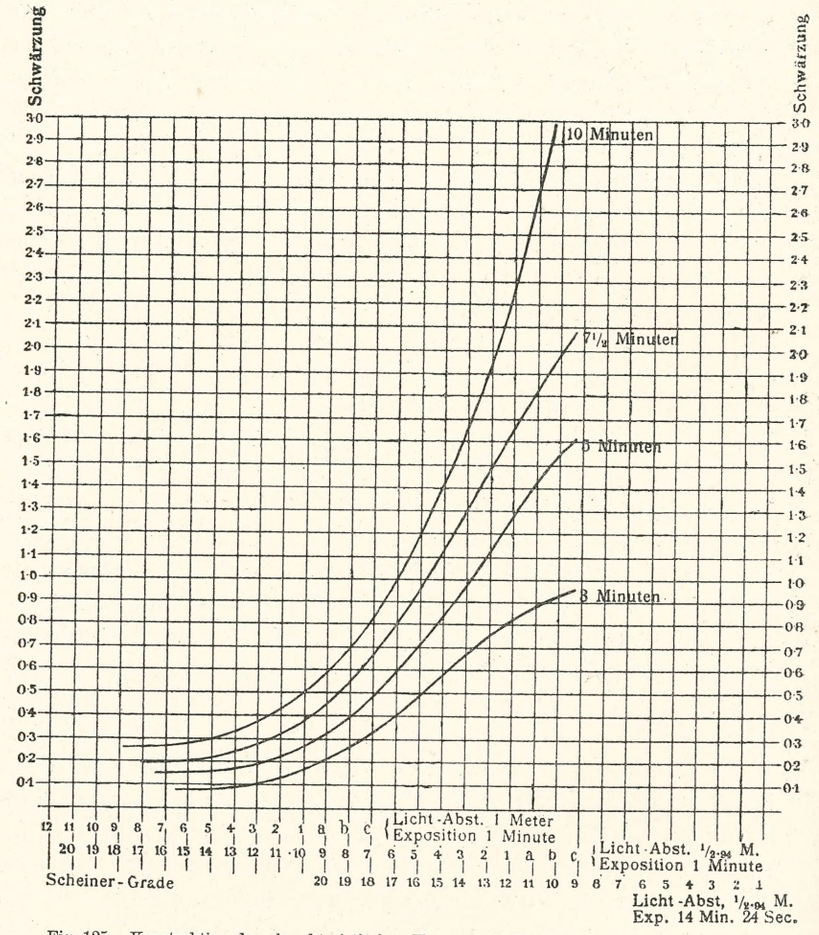


Fig. 125. Konstruktion der charakteristischen Kurve nach Eders System der Sensitometrie.

Schwärzung der Felder Nr. c, b, a, 1 bis 20, und trägt an den bezeichneten Stellen die ermittelten Schwärzungszahlen als Ordinaten auf.

Auf diese Weise ist z. B. in Fig. 125 dargestellt, wie eine Bromsilbergelatine-Trockenplatte des Handels (Langer-Platte) nach 3—10 Minuten langer Entwicklung im Eisenoxalat-Entwickler progressiv geschwärzt wird. Ganz ähnlich verhielten sich bei meinen Proben Schleußner-Platten.

Zeigen die Platten beim Entwickeln einen merklichen Schleier, so muß berücksichtigt werden, daß die Schwärzung jedes Sensitometerfeldes in einem gewissen Verhältnisse durch die Schwärzung des Hintergrundes (Schleier) beeinflußt wird. Sei die Schwärzung des Schleiers $= s'$ und jene eines Sensitometerfeldes s'', so muß man die Ordinate s'' um s' vermindern und erhält dann die Schwärzungskurve exklusive Schleier.

Die exklusive Schleier konstruierten Schwärzungskurven laufen naturgemäß nicht parallel den inklusive Schleier ermittelten Schwärzungskurven, wenn man Parallelkurven solche nennt, die in der ihnen senkrechten Richtung überall gleichen Abstand haben.

Eine einfache Methode zur Konstruktion von Schwärzungskurven photographischer Platten gab Fritz Weigert an (Deutsche Physik Gesellsch., Bd. XII). Er kopiert die photographische Platte unter einem quadratischen Seidenpapierskalenphotometer. Das entwickelte Negativ wird mit dem in gekreuzter Lage darübergelegten Originalphotometer auf eine lichtempfindliche Platte oder Bromsilberpapier kopiert, wodurch sich eine gebogene Schattengrenze abbildet, welche die gesuchte Schwärzungskurve darstellt (Eders Jahrb. f. Phot. 1911).

Die Schwärzungskurve photographischer Platten besteht aus drei deutlich unterscheidbaren Teilen:

1. Das untere, anfangs stark gekrümmte und dann allmählich der Horizontalen sich nähernde Stück repräsentiert die Periode der kurzen Belichtungen oder die Periode der Unterexposition. In dieser Periode erfolgt bei Bromsilbergelatineplatten mit Hervorrufung (als Normalentwickler dient Eisenoxalat) die Schwärzung annähernd proportional der einwirkenden Lichtmenge[1]).

2. Das nahezu geradlinige Mittelstück der Schwärzungskurven entspricht im allgemeinen der Periode der richtigen Exposition oder korrekten Aufnahmezeit. In dieser Periode ist die Schwärzungszunahme der Bromsilberplatten im Entwickler annähernd proportional der Zunahme des Logarithmus der einwirkenden Lichtmenge.

3. Das obere gekrümmte Ende der Kurve stellt die Periode der Überexposition vor, bei welcher weitere Lichtwirkung keine merkliche Zunahme der photographischen Schwärzung beziehungsweise einen Rückgang derselben herbeiführt[2]).

---

1) Zuerst angegeben von Hurter und Driffield (Eders Jahrbuch f. Phot. 1893, S. 20).

2) Daran schließt sich die Periode der Solarisation (siehe Eders Handbuch, Bd. II, 2. Aufl., S. 72), auf welche an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll.

Bei den Bromsilbergelatineplatten mittlerer Empfindlichkeit tritt die Periode der Unterexposition zwischen 0,1 und beiläufig 1—3 Sekunden-Meter-Kerzen und darüber ein.

Dann kommt ein annähernd gerades Stück der Kurve (Periode der normalen Exposition), welche z. B. bis 20 Sekunden-Meter-Kerzen sich erstreckt; dann biegt sich die Kurve (nähert sich der Periode der Überexposition). Diese Zahlen sollen nur als Beispiel gelten, haben aber keine absolute Gültigkeit, weil sie mit der Entwicklungsart schwanken.

Bei sogenannten weich (zart) arbeitenden Trockenplatten ist dabei der Proportionalitätsfaktor klein, bei hart, kräftig und kontrastreich arbeitenden Platten ist er größer, die Kurve steigt steiler auf.

V. Spielraum der Belichtung im Zusammenhang mit der charakteristischen Kurve.

Die Lichtintensitäten des Visierscheibenbildes einer sonnenbeschienenen Landschaft vom tiefsten Schatten bis zum Himmelslicht erstrecken sich nach Hurter und Driffield (Eders Jahrbuch f. Phot. 1894, S. 157) von der relativen Helligkeit im tiefsten Schatten = 1 bis 30 im hellsten Lichte. Ein größeres Intervall fand Abney, der den Himmel einer Landschaft 90 mal heller fand als die tiefsten Schatten (Journ. of the Camera Club 1894, S. 93).

Mindestens in diesen Grenzen sollen also photographische Platten eine Wiedergabe von Licht und Schatten gestatten und womöglich noch einen größeren Spielraum der Belichtung.

Die richtige Wiedergabe von Licht und Schatten in einem Negativ hängt von der Belichtungszeit ab, welche in der Periode der normalen Exposition, also in dem annähernd geraden Stück der charakteristischen Kurve liegt; dieses gerade Stück ist nicht bei allen Plattensorten und nicht bei jeder Entwicklerart gleich lang; somit variiert hierdurch der Spielraum der Belichtung.

Hurter und Driffield definieren den Spielraum der Belichtungszeit in nachfolgender Weise:

Nehmen wir einmal an, das gerade Stück der Kurve umfaßt die Expositionen von 1 bis E; liegen außerdem die Lichtintensitäten, welche photographiert werden sollen, zwischen den Grenzen 1 und J, so reicht der Spielraum der Exposition von 1 bis $\frac{E}{J}$ und es wird innerhalb dieser Grenzen jede Exposition Negative liefern, welche, wenn sie in demselben Entwickler gleich lange entwickelt werden, Negative ergeben, durch welche man identische Kopien erhält. Gesetzt den Fall, es erstrecke sich das gerade Stück ihrer charakteristischen Kurve etwa

von der Exposition 1 *SMK* bis zu der Exposition 80 *SMK*, d. h. von 1 bis 80. Nimmt man an, daß ein Gegenstand mit dieser Platte photographiert wird, der aber von diffusem Lichte beleuchtet wird und dessen Lichtintensitäten von mattem Schwarz bis zum Weiß oder noch stärker, etwa von 1:20 wechseln, so wird die Platte bei Expositionen von 1 bis 4 Negative liefern, welche hinsichtlich ihrer Kopierfähigkeit nahezu identisch sind, obgleich sie sämtlich gemeinsam entwickelt wurden. Kommt es auf eine kleine Abweichung von der Naturtreue nicht an, so daß man den zwischen den Expositionen 0,312 und 160 *SMK* liegenden Teil der charakteristischen Kurve noch als hinreichend genau ansieht, die Expositionsgrenzen also 1 und 512 sind, so hat man für denselben Gegenstand einen Spielraum der Exposition von $\frac{512}{20} = 25$, und es wird sich in den Negativen nur ein sehr geringer Unterschied zeigen, besonders dann, wenn für die kürzeren Expositionen die Entwicklungszeit verlängert wird. Für eine Sonnenlicht-Landschaft würde der Spielraum der Exposition $\frac{512}{30} = 17$ sein.

VI. Messung der Schwärzung photographischer Platten.

Zusammenhang zwischen Lichtundurchlässigkeit einer photographischen Schicht und der Schwärzung derselben. Wird Licht von der Intensität 1 mit der gleichen Intensität (also ungeschwächt) die photographische Schicht passieren, so ist ihre Undurchlässigkeit = 1, die Schwärzung = 0. Wird Licht von der Helligkeit 1 durch die Schicht auf $^1/_{10}$ geschwächt, so ist ihre Undurchlässigkeit = 10, und der Logarithmus von 10, welcher = 1 ist, gibt die „Schwärzung“ an usw. Die Schwärzung guter, gewöhnlicher, kontrastreicher Negative liegt zwischen der Grenze 0 und 2,5, die äußerste Schwärzung eines Landschaftsnegatives (am Himmel) beträgt gewöhnlich 2; die stärkste Schwärzung in den Lichtern bei zarten Porträtaufnahmen ist durchschnittlich 1,5. Nachfolgende Tabelle gibt die Zusammenstellung der Lichtundurchlässigkeit einer photographischen Schicht mit der dazu gehörigen Schwärzung.

Die Messung der Schwärzung (s. S. 200) einer photographischen Platte, welche stufenweise ansteigend belichtet und unter bestimmten Entwicklungsverfahren hervorgerufen wurde, ist für sensitometrische und photometrische Messungen, ferner zur Ermittlung der sog. Schwärzungskurven photographischer Platten oder ihrer Gradation, ihrer Neigung zur Schleierbildung, der Wirkung verschiedener Entwickler, Verstärker und Abschwächer sehr wichtig.

Lichtundurchlässigkeit	Opazität oder Schwärzung (Logarithmus der Undurchlässigkeit)	Lichtundurchlässigkeit	Opazität oder Schwärzung (Logarithmus der Undurchlässigkeit)
1000	3,0	15,9	1,2
500	2,7	14,1	1,15
316	2,5	12,6	1,1
250	2,4	11,2	1,05
200	2,3	10,0	1,0
160	2,2	9,0	0,95
141	2,15	8,0	0,9
126	2,1	7,1	0,85
112	2,05	6,3	0,8
100	2,0	5,6	0,75
89	1,95	5,0	0,7
79,5	1,9	4,5	0,65
70,8	1,85	4,0	0,6
63,0	1,8	3,5	0,55
56,3	1,75	3,2	0,5
50,0	1,7	2,8	0,45
44,7	1,65	2,5	0,4
40,0	1,6	2,2	0,35
35,5	1,55	2,0	0,3
31,6	1,5	1,8	0,25
28,2	1,45	1,6	0,2
25,1	1,4	1,4	0,15
22,4	1,35	1,26	0,1
20,0	1,3	1,0	0,0
17,8	1,25		

Die Opazität einer photographischen Platte kann durch Messung der Lichtabsorption in irgend einem Photometer oder auf der optischen Bank vorgenommen werden. Man bestimmt die Relation des auffallenden zum durchgelassenen Licht $\left(\frac{J}{J'}\right)$; der Logarithmus dieses Bruches ist dann die Schwärzungszahl des Silberniederschlages (s. S. 190 und 191).

Bei rein grauen Silberniederschlägen ist die optisch ermittelte Schwärzung (Dichtigkeit) annähernd proportional der Deckkraft (Dichtigkeit) beim photographischen Kopierprozeß; bei bräunlichen Schichten wird die photographische Dichtigkeit relativ größer.

Man wird deshalb in der Regel trachten, grauschwarze Silberniederschläge auf der photographischen Platte zu erzielen, was am leichtesten mit dem Eisenoxalatentwickler[1]) gelingt.

1) Eders Normal-Eisenoxalatentwickler wird folgendermaßen hergestellt: Lösung A: 1 Teil neutrales Kaliumoxalat in 4 Teilen Wasser. Lösung B: 1 Teil Eisenvitriol, 0,01 Teil Zitronensäure, 3 Teile Wasser. — Unmittelbar vor dem Gebrauche mischt man 4 Vol. der Lösung A mit 1 Vol. der Lösung B. Zusatz von etwas Bromkaliumlösung zum Entwickeln schleiriger Platten bewirkt größere Klarheit.

Die Undurchsichtigkeits-Messungen photographischer Platten im Weberschen oder ähnlichen Photometern sind in hohem Grade zeitraubend.

Spezielle Apparate zur Messung der Opazität photographischer Platten geben weit rascher sehr zuverlässige Resultate. Hierher gehört insbesondere das Martensche Polarisationsphotometer, das Hartmannsche Mikrophotometer und der „Densograph“ von Goldberg.

Die Silberniederschläge photographischer Negative, welche ein Konglomerat kleiner Metallpartikelchen sind, absorbieren nicht nur das auffallende Licht, sondern sie machen auch einen großen Teil davon diffus [Abney[1]), Chapman Jones[2]), A. Callier[3])]. Die Lichtzerstreuung steht in Beziehung zur Größe des Kornes des Silberniederschlages. Auch der etwa vorhandene Schleier photographischer Negative wirkt wie ein zerstreuendes Medium[4]). Es ist von Wichtigkeit, die Schwärzungsmessungen photographischer Schichten in diffusem Licht vorzunehmen.

E. S. King untersuchte die Absorption photographischer Keile („Ann. of Harv. Coll. Observ.“ 41, S. 237 bis 247, 1902). King beschreibt hier eingehend, wie er für Photometer zur Bestimmung von Sterngrößen photographische Keile herstellt, die von einem Ende bis zum anderen eine zunehmende Dichtigkeit des Silberniederschlages besitzen und dementsprechend an den verschiedenen Stellen das Licht verschieden gut durchlassen. Eingehend bespricht er die Bestimmung der Konstanten der Keile usw. Nach seinen Untersuchungen scheint die Lichtabsorption eines photographischen Niederschlages außerordentlich mit dem Abstand der Lichtquelle zu variieren, während das nicht der Fall ist bei der Absorption durch ein Rauchglas. Dieses Verhalten des photographischen Niederschlages möchte King durch die Lichtzerstreuung an den Silberpartikelchen erklären (Beibl. z. d. „Annal. d. Physik“ 1903, Nr. 3, S. 240). Eders Jahrb. f. Phot. 1904, S. 401.

1) Journ. of Soc. Chem. Industry, Juli 1890.

2) Phot. Journal 1898.

3) Zeitschr. f. wiss. Phot. 1909, S. 257.

4) Beim Kontaktdruck photographischer Negative im Kopierrahmen geht das zerstreute Licht nicht verloren. Beim Vergrößerungsverfahren in der Laterne werden die Bildkontraste vergrößert, weil an den dichteren Stellen das Licht teilweise zerstreut wird und nicht in seinen Gängen ins Objektiv gelangt, während an den glasigen, durchsichtigen Stellen des Negativs der Lichtverlust durch Zerstreuung nahezu Null ist (Callier).

1. Martens' Schwärzungsmesser mittels eines Polarisationsphotometers.

Im Jahre 1900 konstruierte Martens ein Polarisationsphotometer[1]), dessen wichtigsten Teile ein Zwillings- und Wollaston-Prisma sind. Im Jahre 1901 gab Martens[2]) diesem Apparate eine Form, welche ihn besonders geeignet zur Untersuchung der Lichtschwächung einer photographischen Platte macht und die unmittelbare Bestimmung der Schwärzung derselben gestattet. Der Apparat wird von Schmidt & Haensch in Berlin ausgeführt. Fig. 126 zeigt die Außenansicht von Martens' Schwärzungsmesser.

Das Milchglas M wird durch eine in die Nähe gestellte Lampe beleuchtet. Die zu untersuchende absorbierende Platte, z. B. eine geschwärzte Trockenplatte, wird bei P auf die große horizontale Tischplatte des Apparates gelegt. Über der zu untersuchenden Platte befindet sich das Polarisationsphotometer N. Von M gehen zwei Lichtbündel aus; das eine gelangt direkt in die eine Öffnung c des Polarisationsphotometers (s. Fig. 126), das andere nach Durchgang durch die photographische Platte in die andere Öffnung i des letzteren.

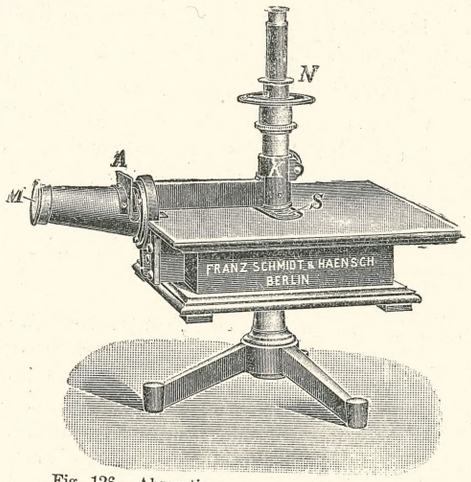


Fig. 126. Absorptionsmesser nach Martens.

Bei S ist ein Schieber angebracht, welcher gestattet, ein Milchglas in den Strahlengang zu schieben. Die gemessene Absorption ist dann vielmal geringer als ohne dies Milchglas, weil ein engbegrenztes Lichtbündel durch eine geschwärzte Trockenplatte zum großen Teil diffus zerstreut wird, eine Ursache der Lichtschwächung, welche bei Anwendung des Milchglases wegfällt.

Fig. 127 zeigt die innere Einrichtung des Apparates. Eine Lampe[3]) beleuchtet das Milchglas m. Das von m ausgehende Strahlenbündel 2 tritt nach Reflexion an der versilberten Hypotenusenfläche von p, konvergent gemacht durch die Linse l, durch die Öffnung c in das eigentliche Photometer ein. Das von m ausgehende Strahlenbündel 1 wird im Prisma q reflektiert, durchläuft die zu untersuchende Platte P und tritt schließlich in die Öffnung i des Photometers ein. Dem Beobachter erscheinen die Felder 1 bezw. 2 des Zwillingsprismas durch die Öffnungen i bezw. c hindurch beleuchtet; durch Drehen des Analysatornikols N stellt der Beobachter gleiche Helligkeit der Vergleichsfelder her und liest dann an dem Teilkreise K mittels des Index J den Winkel α' ab, um welchen das Analysatornikol N aus der Stellung, in welcher das Feld 1 ausgelöscht war, herausgedreht worden ist.

1) Vgl. Winkelmann, Handb. d. Physik, 2. Aufl., VI, 2. Optik. 1906 S. 769. — Physik. Zeitschr. 1900, S. 299.

2) Phot. Korresp. 1901, S. 528.

3) Es empfiehlt sich, während einer Messungsreihe die Lampe in konstantem Abstande von der Milchglasplatte zu halten.

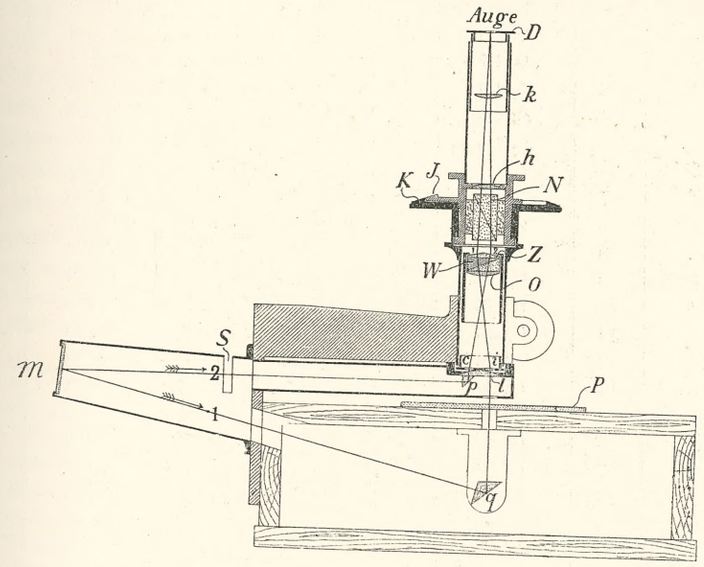


Fig. 127. Martens' Schwärzungsmesser.

Die Lichtmenge J, welche durch die Öffnung i in das Photometer eingetreten ist, berechnet sich nach der Formel:

$$J = c \operatorname{cotg}^2 \alpha' \quad \ldots \ldots \ldots \quad 1.$$

Legt man eine photographische Platte auf den Tisch, so wird das Lichtbündel 1 geschwächt, die in i eintretende Lichtmenge sei jetzt J'. Dann ist

$$J' = c \operatorname{cotg}^2 \alpha' \text{ und}$$

$$\frac{J}{J'} = \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha'}{\operatorname{tg}^2 \alpha} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 2.$$

Wird J' bei stark geschwärzten Platten sehr klein, dann wird α' nahezu 90°; dann ist die Ablesung viel ungenauer als die Einstellung. Um diesen Übelstand zu vermeiden, schaltet man in das Strahlenbündel 2

eine in den Schlitz S gestellte, passend geschwärzte Trockenplatte ein (Phot. Korr. 1901, S. 529).

Die nachfolgende von Eder berechnete Tabelle[1]) enthält die Werte $tg^2\alpha$ und die dazu gehörigen Schwärzungen der photographischen Schicht:

Schwärzung (Logarithmus der Undurchlässigkeit)	α	$tg^2\alpha =$	*P. P.*	Schwärzung (Logarithmus der Undurchlässigkeit)	α	$tg^2\alpha =$	*P. P.*
—	0°	0,000		0,74	23°	0,180	17
—	1	0,000	0	0,70	24	0,198	18
3,0	2	0,001	1	0,66	25	0,217	19
2,52	3	0,003	2	0,62	26	0,238	21
2,3	4	0,005	2	0,58	27	0,260	22
2,1	5	0,008	3	0,54	28	0,283	23
1,96	6	0,011	3	0,51	29	0,307	24
1,82	7	0,015	4	0,48	30	0,333	26
1,7	8	0,020	5	0,43	31	0,361	28
1,6	9	0,025	5	0,40	32	0,391	30
1,51	10	0,031	6	0,36	33	0,422	31
1,42	11	0,038	7	0,32	34	0,455	33
1,31	12	0,045	7	0,30	35	0,490	35
1,27	13	0,053	8	0,26	36	0,528	38
1,21	14	0,062	9	0,23	37	0,568	40
1,14	15	0,072	10	0,20	38	0,610	43
1,08	16	0,082	10	0,17	39	0,656	45
1,03	17	0,094	12	0,15	40	0,704	48
0,97	18	0,106	12	0,12	41	0,756	52
0,92	19	0,119	13	0,08	42	0,811	55
0,88	20	0,132	13	0,04	43	0,870	59
0,83	21	0,147	15	0,00	44	0,933	63
0,78	22	0,163	16	0,00	45	1,000	67

Beispiel: Das Polarisationsphotometer sei zu Beginn des Versuches auf 0 eingestellt. Nach dem Einschieben einer geschwärzten photographischen Platte muß der Nikol bei N um 20° ($\alpha = 20°$) gedreht werden. Dies entspricht einer Schwärzung der photographischen Platte = 0,88 (Logarithmus der Undurchlässigkeit).

Maximowitsch änderte die Konstruktion des Martensschen Apparates[2]) dadurch, daß die lichtzerstreuende Milchglasplatte, welche sonst das Licht indirekt von einer zweiten entfernten Milchglasplatte bekam, direkt von einer fünf Kerzen starken Glühlampe beleuchtet wurde. Um

1) Phot. Korresp. 1902, S. 500.
2) Phot. Korresp. 1909, S. 587.

jedoch das Vergleichsfeld des Photometers zu erhellen, wird eine zweite Lampe verwendet. Gegen die Benutzung zweier elektrischer Lampen ist nichts einzuwenden, wenn sie in dieselbe Leitung eingeschaltet sind; andererseits wird aber die Messung dadurch wesentlich erleichtert. Man bekommt nämlich solch ein helles Gesichtsfeld, daß die Absorption der dunkelsten Schichten mit Leichtigkeit gemessen werden kann. Außer zur Messung von photographischen Platten läßt sich der von Maximowitsch abgeänderte Apparat auch zur Messung der Lichtdurchlässigkeit verschiedener Papiersorten photographischer Papierbilder vortrefflich benutzen.

Fig. 128 zeigt den Schnitt des Maximowitschschen Absorptionsmessers, G_1 und G_2 sind die beiden Lampen, M_1 und M_2 die Milchglasplatten; L_3 eine Linse, welche die zu untersuchende Platte deutlich zu sehen gestattet.

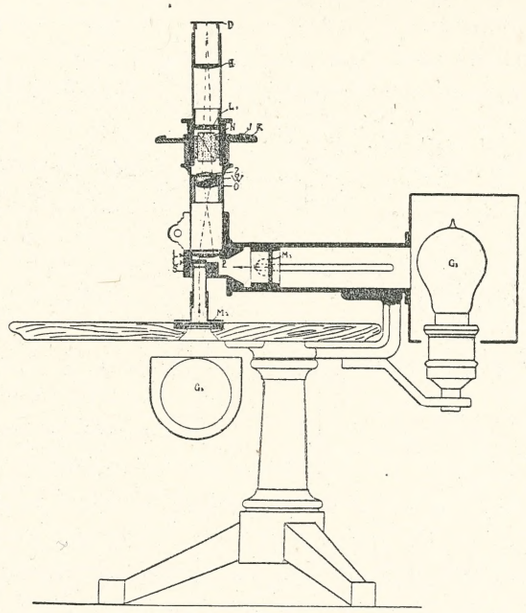


Fig. 128. Absorptionsmesser von Maximowitsch.

Martens beleuchtet seinen Schwärzungsmesser mit diffusem Lichte. Paralleles direktes Licht würde andere Resultate geben, wie Callier (Eders Jahrb. für Phot. 1910, S. 451) angibt: Mißt man mittels des Martensschen Polarisationsphotometers in parallelem Licht (Projektionslampe mit Nernstlampe), so erhält man andere Werte für die Dichte der Platten als mit diffusem Lichte.

Der Grund dafür ist, daß der Silberniederschlag als zerstreuendes Medium wirkt. Betrachtet man die Schicht als gebildet aus einer unendlichen Reihe von äußerst dünnen Elementarschichten, so ist es klar, daß die Elementarschichten, die dem einfallenden Lichte zugekehrt liegen, das Lichtbündel ein wenig zerstreuen, und daß die folgenden Schichten von teilweise zerstreutem Lichte beleuchtet werden. (Mit anderen Worten: Das Beersche Gesetz, das eine feste Beziehung zwischen der Schichtdicke und dem Extinktionskoeffizienten aufstellt, gilt nicht für zerstreuende Medien.) Des weiteren wirkt der Schleier, der auf dem zur Ausführung der Empfindlichkeitsmessung dienenden Sensitometerstreifen vorhanden sein kann, wie ein zerstreuendes Medium. Jeder Einfluß des Entwicklers auf die Korngröße des reduzierten Silbers muß in derselben Weise wirken. Wir kommen also zu dem Schlusse, daß alle Untersuchungen über die Gesetze, welche die Wirkung des Lichtes auf die photographische Platte beherrschen, auf Messungen der Dichte in diffusem Lichte beruhen müssen.

So erklärt es sich auch, daß Vergrößerungen von Negativen im Projektionsapparat eine andere Gradation besitzen, als die Kontaktdrucke; der Kontaktdruck ist stets weicher, es sei denn, daß man beim Vergrößern ein Opalglas einschaltet und ohne Kondensor beleuchtet.

F. Monpillard konstruierte einen „Opacimètre Comparateur“, d. i. ein Dichtigkeitsmesser im Prinzipe der Polarisationsphotometer, welcher dem Martens-Polarisationsphotometer ähnlich ist. Diesen Apparat bringt Nachet in Paris in den Handel („Bull. de la Soc. franç.“ 1903, S. 298).

2. Hartmanns Mikrophotometer.

Das von J. Hartmann konstuierte Mikrophotometer[1]) ist außerordentlich gut geeignet, um die Schwärzung großer oder auch sehr kleiner Stellen zu ermöglichen, setzt aber eine genau gemessene Skala von allmählich steigender Undurchsichtigkeit voraus.

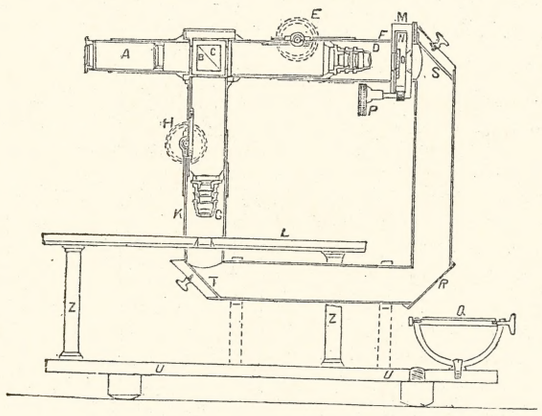


Fig. 129. Hartmanns Mikrophotometer.

In Fig. 129 ist ein vertikaler Durchschnitt desselben gegeben. Parallel zu einer horizontalen Grundplatte U wird von vier Säulen Z ein in der Mitte durchlochter runder Tisch von 25 cm Durchmesser, auf welchen die photographische Platte gelegt wird, getragen. Senkrecht über der Tischöffnung befindet sich das Objektiv eines gebrochenen Mikroskopes ABC, welches ein scharfes Bild des Plattenkornes in der Mitte der Basis des rechtwinkligen Reflexionsprismas B entwirft und mit dem Okular A beobachtet werden kann.

Das Prisma besitzt die von Lummer und Brodhun[2]) angegebene Einrichtung.

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 106.
2) Vgl. „Zeitschrift für Instrumentenkunde“, 9, 1889, S. 23.

In D befindet sich ein zweites, genau gleiches Mikroskopobjektiv G, welches mittels des Triebes E auf die Schicht einer in O befindlichen Platte so eingestellt werden kann, daß das Bild ebenfalls in der Mitte des Doppelprismas liegt. In das Okular A sehend, wird man demnach in der Mitte des Gesichtsfeldes ein kleines Stück der auf den Tisch L gelegten Platte erblicken, während rings das übrige Gesichtsfeld vom Bilde der Platte O erfüllt wird.

Die Platte O ist der eigentlich messende Teil, man kann sie als einen auf photographischem Wege hergestellten Photometerkeil bezeichnen, welcher in der Längsrichtung der Platte eine gleichmäßig zunehmende Schwärzung zeigt.

Diese Keile stellte man mittels des älteren Scheinerschen Sensitometers (Fig. 106) her, dessen rotierende Scheibe eine ununterbrochene Kurve enthielt. Der Keil wird in einem Schieber N befestigt, der innerhalb des Rahmens M durch den Zahntrieb G senkrecht zur Mikroskopachse verschoben werden kann. Die Stellung des Schiebers im Rahmen wird an einer Millimeterteilung abgelesen.

Als Lichtquelle diente eine Lampe, die ihr Licht direkt senkrecht auf die Platte R wirft. Schwankungen in der Helligkeit der Lichtquelle sind auf die Messungen ohne jeden Einfluß. Die Spiegel S und T können zur Reinigung bequem aus den Rohren herausgezogen werden. Um alles Seitenlicht fernzuhalten, sind über die Objektivenden der Mikroskope noch Hülsen F und K geschoben.

Auf den Tisch L legt man zuerst die zu prüfende Platte und verschiebt den Keil so lange, bis diese Stelle in der Mitte des Prismas genau dieselbe Schwärzung zeigt, wie ihre Umgebung.

Durch Vergleich des Skalenwertes des jeweiligen Photometerkeiles im Hartmannschen Mikrophotometer wird mit dem tunlichst genau auf ihre Lichtundurchlässigkeit im Weberschen Photometer gemessenen Normalstreifen (entwickelten Bromsilbergelatineplatten) die Skala des Mikrophotometers geeicht.

Die nunmehr mittels des Mikrophotometers ablesbare Undurchlässigkeit photographischer, entwickelter und fixierter Platten geben mit geringer Mühe Zahlen der Opazität von sehr hoher Genauigkeit, welche wohl die bisher gemachten Messungen dieser Art an Sicherheit übertreffen.

Dieser Apparat gestattet die Messung sehr kleiner Flächen und ist deshalb für Zwecke der astronomischen Photometrie an Sternphotographien usw. eben so gut brauchbar, wie für gewöhnliche sensitometrische Zwecke der angewandten Photographie.

3. Der Densograph.

Unter dem Namen Densograph konstruierte E. Goldberg einen Registrierapparat zur Messung der Schwärzung photographischer Platten zunächst für technische Zwecke.[1]) Dem Goldbergschen Apparat (Fig. 130, 131, 132) liegt das folgende Prinzip zugrunde:

Auf einem Schlitten, der die ganze Breite der Plattform einnimmt, befindet sich einerseits ein Vergleichskeil und andererseits die Schreibfläche, auf der ein Papierblatt m mit aufgedrucktem Koordinatennetz mit Hilfe der Flachfeder n aufgespannt wird. Rechtwinklig zur Bewegungsrichtung des Schlittens d ist ein zweiter Schlitten k beweglich, der den auszumessenden Streifen der photographischen Platte u trägt. Dieser Streifen wird in einer bestimmten Lage durch die Federn v gehalten. Der Schlitten k kann einfach mit der Hand verschoben werden, wobei Verschiebungen von bestimmter Größe (5 oder 10 mm) durch am Schlitten angebrachte Einkerbungen, auf die eine Sprungfeder wirkt, erleichtert werden. Der große Schlitten m wird dagegen durch den Zahntrieb l, der mit einer Zahnstange in Verbindung steht, fein eingestellt. Am Kreuzungspunkt des Schlittens k mit dem Vergleichskeil ist ein Lummer-Brodhunscher Photometerwürfel b angebracht, der mit einer Blende s versehen ist, und dessen Felder durch die Lupe a beobachtet werden können. Der Strahlengang ist in der Fig. 131 veranschaulicht. Wird eine Stelle der Platte durch die Lupe a anvisiert, so kann man durch Verstellen des Keiles leicht beide Felder auf gleiche Helligkeit bringen. Da mit dem Verstellen des Keiles auch die Schreibfläche sich mitbewegt, so entsteht durch Niederdrücken des Schreibstiftes r ein Punkt an der Stelle des Koordinatennetzes, die einer bestimmten Dichte (Schwärzung) des Keiles entspricht. Wird nun der Schlitten k mit der Platte u ein Stück weiter verstellt, so

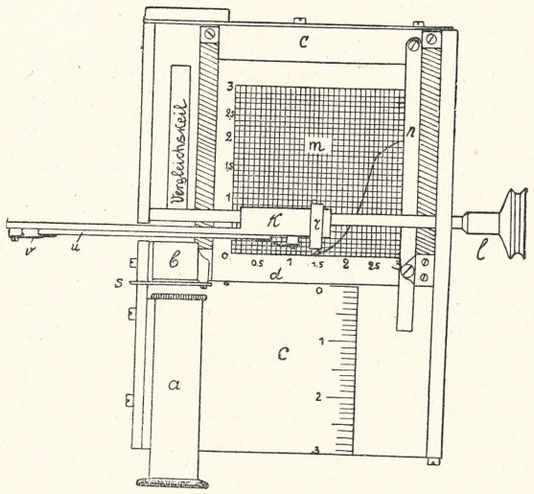


Fig. 130.

---

1) Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 226.

bewegt sich dabei auch der Schreibstift r an eine andere Stelle. Hat die jetzt durch die Lupe sichtbare Stelle der Platte eine andere Schwärzung als die vorher gemessene, so muß der Keil (und mit ihm die Schreibfläche) entsprechend nachgestellt werden. Nach der Einstellung erfolgt durch Niederdrücken des Schreibstiftes r wiederum die automatische Festlegung des betreffenden Punktes auf der Schreibfläche. Nachdem die erforderliche Anzahl von Punkten auf dieselbe Weise festgelegt sind, wird das Papier aus dem Apparat herausgenommen und durch die Punkte mit der Hand eine Kurve gezogen. Diese Kurve ist die gesuchte Schwärzungskurve der Platte.

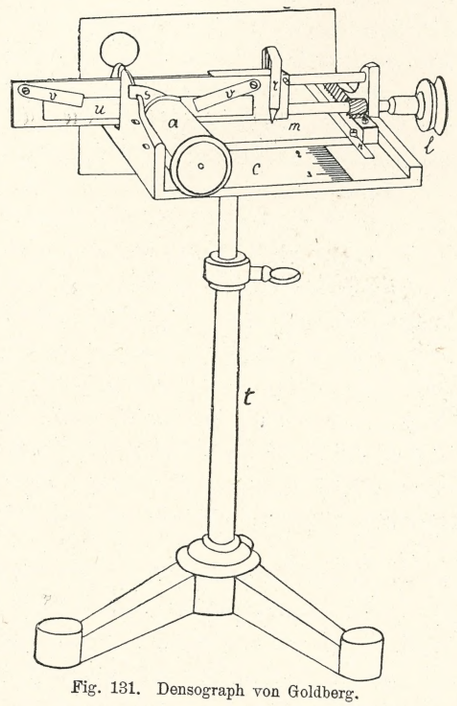


Fig. 131. Densograph von Goldberg.

Will man die Schwärzung irgend einer Plattenstelle ermitteln, ohne dieselbe zu registrieren, so liest man die gesuchte Dichte ohne weiteres nach erfolgter Einstellung des Keiles an der auf dem Tisch des Apparates befindlichen Teilung ab. Da diese Teilung direkt die Dichte angibt, so ist jede weitere Umrechnung der Zahlen, wie sie in anderen Apparaten notwendig ist, vermieden.

Jedes Modell des Apparates kann für eine bestimmte Länge der auszumessenden Platten gebraucht werden. Kleinere Platten können ohne weiteres in demselben Apparat ausgemessen werden, längere Platten müssen dagegen zerschnitten werden.

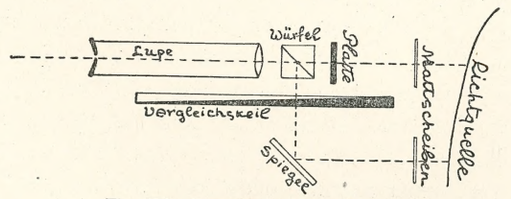


Fig. 132. Densograph von Goldberg.

Der Belichtungskeil hat eine Breite von 2 cm bei einer Länge von 6 cm. Die von seinen beiden Enden durchgelassenen Lichtstärken verhalten sich (ebenso wie im Vergleichskeil des Schwärzungsmessers) wie 1 : 1000. Infolge dieser langen Skala erhält man auch bei sehr flau

arbeitenden Platten ein vollkommen ausreichendes Stück der Kurve auf einer Platte.

Die Genauigkeit des Apparates wird auf eine ganz einfache Weise bestimmt. Ein genau justierter Keil, dessen Gradation mit Sicherheit auf verschiedenen Wegen festgestellt ist, wird in den zu prüfenden Apparat anstatt der photographischen Platte eingelegt und durchgemessen. Die entstehende Kurve muß eine Gerade mit einer Neigung von 45 Grad gegen die Koordinaten sein. Dasselbe Ergebnis soll auch die Auswertung des zur Belichtung der photographischen Platten dienenden Keiles liefern. Ist es der Fall, so kann der Apparat als fehlerfrei in den gestellten Grenzen bezeichnet werden.

Durch den Einbau einer Registriervorrichtung werden alle diejenigen Fehler ausgeschlossen, die auf einer falschen (absichtlichen oder unabsichtlichen) Ablesung einer Teilung beruhen, ferner alle Fehler, die so oft bei der Umrechnung der abgelesenen Zahlen, beim Niederschreiben derselben und beim Aufzeichnen der Kurven vorkommen. Man erhält sofort bei der Messung der Platten ein Diagramm, das in das Fabrik- oder Laboratoriumsjournal eingeklebt oder auch für eine Publikation photographisch reproduziert werden kann. Der so ermüdende fortwährende Wechsel zwischen Einstellung und Ablesung fällt weg.

VII. Eders System der Sensitometrie photographischer Platten.

Das von Eder im Jahre 1899 eingeführte System der Sensitometrie geht vom Scheinerschen Sensitometer mit den von Eder angegebenen Veränderungen und von ihm festgestellten photometrischen Konstanten aus. Es wurde im November 1899 der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien vorgelegt und in ihren Sitzungsberichten (Bd. 108, Abt. IIa) publiziert. Es beruht auf folgenden Grundlagen:

Die Lichtmenge, welche notwendig ist, um einen eben bemerklichen photographischen Effekt (z. B. erste Spur der Schwärzung einer Bromsilbergelatineplatte im Entwickler) hervorzurufen, nennt man den Schwellenwert einer photographischen Platte. Die Höhe des Schwellenwertes des zur photographischen Bilderzeugung nötigen Lichtreizes für Bromsilbergelatineplatten läßt sich am besten in Sekundenmeterkerzen ausdrücken. Diese Größe liegt knapp über der oberen Grenze der zulässigen „Vorbelichtung“ einer photographischen Platte, welche man vornehmen kann, ohne eine Bildspur („Belichtungsschleier“) zu erzielen[1]).

1) Da das Belichten einer Platte bis zum Vorbelichtungsmaximum mitunter ihre Empfindlichkeit günstig (wenn auch nur beschränkt und nicht in hohem Grade) beeinflußt (Eder, Handbuch der Photographie, 2. Aufl., I. Bd., Abt. 1, S. 313), so ist die Kenntnis dieses Schwellenwertes auch in dieser Richtung erwünscht. — Über den Einfluß der Vorbelichtung auf die „photographische Photometrie der Gestirne“ s. Schwarzschild (Publikationen d. Kuffnerschen Sternwarte in Wien, 1900, C. S. 35).

Wenn auch dieser Schwellenwert keine ganz konstante Größe ist (siehe unten bei „Abweichungen von der Reziprozitätsregel“ und „Effekt von intermittierender Beleuchtung“), so charakterisiert er doch in gewissen Grenzen die Lichtempfindlichkeit photographischer Platten. Während langer Zeit war die Messung der Lichtempfindlichkeit photographischer Präparate (die sogenannte Sensitometrie) nur auf der Bestimmung dieses Schwellenwertes des zur photographischen Bilderzeugung eben zureichenden Lichtreizes basiert, und dieser Vorgang entspricht auch zunächst den Bedürfnissen der praktischen Photographie. In neuerer Zeit wurden die Methoden der Sensitometrie wesentlich weiter ausgedehnt und bedürfen besserer Beobachtungsmittel, auf welche hier näher eingegangen werden soll.

Im allgemeinen nimmt man an, daß innerhalb weiter Grenzen den gleichen Produkten aus Lichtintensität (J) und Belichtungszeit (t) dieselben photographischen Wirkungen entsprechen (Bunsen-Roscoë-Gesetz[1]), auch photographische Reziprozitätsregel genannt).

Nach dieser Regel, welche bekanntlich beschränkte Wirksamkeit hat, muß bei photographischen Prozessen um so kürzer belichtet werden, je größer die Lichtintensität ist, und in der Tat wird dieser Vorgang in der Praxis gewöhnlich eingehalten.

Das Produkt $J.t$ gibt die auf die Flächeneinheit einfallende Lichtmenge, welche bei photographischen Prozessen in Betracht kommt.

Die Lichtempfindlichkeit von photographischen Platten wird entsprechend diesen einfachen Voraussetzungen umgekehrt proportional der bis zur Erreichung des ersten (schwächsten) Lichteindruckes erforderlichen Lichtmenge.

Bei der Bestimmung der Lichtempfindlichkeit (Sensitometrie) von Bromsilbergelatineplatten mit Hervorrufung kommt ihre Schwärzung im Entwickler in Betracht. Die Schwärzung photographischer Bromsilberplatten hängt ab:

1. von der Intensität und Wellenlänge des einwirkenden Lichtes;
2. von der Belichtungsdauer;
3. von der Lichtempfindlichkeit der Platte und der Dicke der sensiblen Schicht[2]);

1) Pogg. Annalen, 1862, Bd. 117, S. 529.

2) Vgl. „Über den Einfluß der Dicke der photographischen Emulsionsschicht“: Bayley (Eders Jahrb. f. Phot. 1895, S. 408) und Abney (Eders Jahrb. f. Phot. 1899).

4. von der Art (chemischen Zusammensetzung, Zeitdauer, Temperatur usw.) der Entwicklung.

Die sensitometrischen Methoden sind für die Beurteilung der Lichtempfindlichkeit der photographischen Platten wichtig, und zwar sowohl aus wissenschaftlichen Gründen, als auch bezüglich ihres Handelswertes. Jedoch kommt bei Beurteilung der Eignung photographischer Platten nicht nur die Lichtempfindlichkeit allein, sondern auch ihre Fähigkeit, die Abstufung von Licht und Schatten (sogenannte Gradation) annähernd richtig wiederzugeben, in Betracht, ferner die sogenannte Schleierbildung usw.

Dieselben Methoden, welche zur Sensitometrie photographischer Platten dienen, können auch zur photometrischen Bestimmung der Helligkeit zweier Lichtquellen benutzt werden. Man nimmt an, daß Lichtquellen in jenem Falle als photographisch gleich hell zu bezeichnen sind, wenn sie auf denselben photographischen Platten in gleicher Zeit und unter sonst gleichen Umständen gleiche Schwärzungen erzeugen.

Für die Durchführung sensitometrischer Untersuchungen ist in erster Linie die Wahl einer konstanten Normallichtquelle notwendig. Auch wurde auf Grund eines Vorschlages des Verfassers am III. Internationalen Kongresse für angewandte Chemie 1898[1]) für die Verwendung der Normallichtquelle das Prinzip akzeptiert: „Die Strahlen der Normallichtquelle sollen direkt auf die photographische Schicht wirken, ohne daß absorbierende oder reflektierende Schichten eingeschaltet werden“[2]).

Als Normallichtquelle ist für die Zwecke der praktischen Sensitometer photographischer Schichten die Hefnersche Amylacetatlampe sowohl vom Pariser „Congrès de Photographie“, 1889[3]), als auch vom genannten Kongreß für angewandte Chemie in Wien 1898 angenommen worden[4]). Man blendet die Flamme der Hefnerlampe für Zwecke der Sensitometrie von Bromsilbergelatineplatten mitunter durch vorgeschaltete Schlitzblenden ab, einerseits um die Helligkeit der Flamme zu verringern, andererseits um größere Konstanz zu erzielen, und berechnet

1) Phot. Korresp. 1898, S. 470. — Eder, Jahrb. f. Phot. und Reproduktionstechnik 1899, S. 37.

2) Es sind also bei der Konstruktion von Normal-Sensitometern sogenannte Skalenphotometer mit staffelförmig geschichteten transparenten Papierschichten usw. nicht zulässig.

3) Eders Ausführliches Handbuch der Photographie, 1892, 2. Aufl., Bd. I, Abt. 1, S. 355.

4) Phot. Korresp. 1898. — Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 37.

die Helligkeit der geblendeten Flamme auf die Hefnersche Originallampe. Oder man benutzt eine Benzinkerze[1]) mit einem seitlich ausgeschnittenen Glaszylinder, welche Flamme ruhiger brennt und sich spektroskopisch sehr ähnlich der Amylacetatflamme verhält und deshalb leicht auf diese letztere Normalflamme reduziert werden kann[2]). Beide Arten von Normalflammen sind leider viel ärmer an Blauviolett als das diffuse Tageslicht, was Störungen verursachen kann, wenn man aus der bei Benzinlicht gefundenen Empfindlichkeit photographischer Platten unmittelbar auf ihr Verhalten gegen Tageslicht Schlüsse ziehen will.

Trotzdem ist die Benzin- sowie Amylacetatflamme zur Prüfung der Empfindlichkeit von Bromsilbergelatine- sowie Jodbromsilbergelatineplatten sehr geeignet. Sie liefern völlig konstante, unter sich sehr gut vergleichbare und für die Expositionszeit der praktischen Photographie völlig befriedigende Resultate.

Zwischen den Nummern des Scheinerschen Sensitometers beim Abstande der Benzinkerze = 1 m und einer Belichtungszeit von 1 Minute besteht der in der Tabelle auf Seite 173 angegebene Zusammenhang von relativer Lichtmenge, Lichtintensität in Sekundenmeterkerzen und relativer Empfindlichkeit der geprüften photographischen Platten.

Gewöhnliche Trockenplatten des Handels sollen die mittlere Empfindlichkeit von 10° Scheiner besitzen, Rapidplatten 13—14° Scheiner; Extrarapidplatten von 16—17° Scheiner und darüber finden sich heute bei guter Gradation und befriedigender Klarheit[3]) nicht selten im Handel.

Setzt man die Empfindlichkeit einer gewöhnlicher Trockenplatte von 10° Scheiner = 1, so besitzt eine Platte von 13° Scheiner die doppelte, eine Platte von 16° Scheiner ungefähr die vierfache Empfindlichkeit. Diapositivplatten, Bromsilberpapiere[4]) für Vergrößerungen haben oft nur die Empfindlichkeit von 1—2° Scheiner, sind also etwa achtmal unempfindlicher als die gewöhnliche Trockenplatte von 10° Scheiner.

Während Eder eine Platte von 10° Scheiner als „normalempfindliche Platte“ bezeichnet, schlägt Luther vor (Phot. Industrie 1909, S. 180; Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 81) als „absolute Normalplatte“ eine solche mit dem Schwellenwert von 1 Sekundenmeterkerze zu wählen. Die Empfindlichkeit der diversen Platten wäre in

1) D. i. eine mit Petroleumbenzin gespeiste und mit einem runden, verstellbaren Baumwolldocht versehene Lampe mit regulierbarer Flammenhöhe. Man beachte, daß etwas flüssiges Benzin in dem mit einem Schwamme gefüllten Lampenkörper vorhanden sein muß, wenn die Flamme mit konstanter Helligkeit brennen soll.

2) Die Benzinkerze wird von Weber, sowie Scheiner und anderen als Vergleichsflamme für photometrische Zwecke benutzt.

3) Über Bestimmung des sogen. „Schleiers“ bei Trockenplatten s. S. 192.

4) Vgl. Kieser, Sensitometrie der Entwicklungspapiere (mittels Eders System), Jahrb. f. Phot. 1908, S. 21.

Reziproken des Schwellenwertes anzugeben. Da bei Eders System der Sensitometrie diese Reduktion der Scheinergrade auf Sekundenmeterkerzen leicht möglich ist, so kann dieser Vorschlag ohne Schwierigkeit durchgeführt werden.

Über die Ermittlung der charakteristischen Schwärzungskurven s. Seite 193.

1. Sensitometrische Prüfung farbenempfindlicher Platten.

Der Begriff „farbenempfindliche“ oder „orthochromatische Platte“ ist ebenso schwankend, wie die Bezeichnung „grün-“ und „rotempfindliche“ Platte. In allen diesen Fällen handelt es sich um eine Steigerung der Empfindlichkeit für einen Bezirk im weniger brechbaren Spektrum, so daß neben dem Maximum der Eigenempfindlichkeit der Bromsilbergelatine im Blauviolett ein zweites Sensibilisierungsmaximum im „Grün“, „Gelb“ oder „Rot“ entsteht. Relative Empfindlichkeitsangaben von solchen Platten, welche bei Kerzenlicht gewonnen sind, geben kein korrektes Maß für die relative Empfindlichkeit bei Tageslicht, denn die verschiedenen Farben beider Lichtsorten und die variable Empfindlichkeit orthochromatischer Platten für verschiedene Farben beeinflußten die scheinbare Gesamtempfindlichkeit.

Aber auch die bei Tageslicht ermittelte relative Empfindlichkeit verschiedener Sorten von farbenempfindlichen Platten ist für die angewandte Photographie endgültig entscheidend. Hat z. B. eine farbenempfindliche Platte eine sehr hohe Blauempfindlichkeit und geringe Gelbgrünempfindlichkeit, eine andere Sorte aber geringe Blauempfindlichkeit und ziemlich hohe Gelbgrünempfindlichkeit, so kann die erstere Platte im weißen Tageslichte hochempfindlich, die letztere mittelmäßig empfindlich erscheinen; trotzdem ist die letztere für orthochromatische Aufnahmen weitaus wertvoller und bei Reproduktion farbiger Objekte auch relativ empfindlicher für die Farben von großem Helligkeitswert (Gelb usw.).

Man muß also Rücksicht darauf nehmen, daß farbenempfindliche Platten zwei Maxima der Empfindlichkeit gegen das Sonnenspektrum besitzen: Eines entsprechend der Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers selbst, das andere hervorgerufen durch den Farbensensibilisator. Es sollte jedes separat sensitometrisch gemessen werden, und dies kann auf spektrographischem Wege geschehen, z. B. mit irgend einer konstanten Lichtquelle (Gasbrenner), Einphotographieren der Na-Linie oder auch mittels Lichtfilter (s. S. 214).

Farbenempfindliche Platten müssen vor allem im Spektrographen (s. Seite 24) auf ihre Farbenempfindlichkeit geprüft werden.

Am korrektesten ist das Arbeiten mit einem Rowlandschen kleinen Konkavgitter, weil dies keine absorbierenden Medien besitzt; bei Anwendung von Sonnenlicht ist dieser Apparat ziemlich einwandsfrei, obschon auch bei Konkavgittern die relative Helligkeitsverteilung zwischen dem langwelligen und dem kurzwelligen Lichte Schwankungen unterworfen ist. Solche Spezialversuche wurden von Eder[1]) bei der Prüfung von Sensibilisatoren gemacht. Da dieser Apparat sehr schwer zugänglich ist, so kann auch ein Abklatschgitter (s. S. 60) oder ein Spektrograph mit Glasprismen verwendet werden.

Bei der Sensitometerprobe mit Benzinlicht (Abstand 1 m) zeigen orthochromatische (d. s. gelbgrünempfindliche) Platten eine hohe Empfindlichkeit für das gelbliche Kerzenlicht, viel höher als ihrer relativen Empfindlichkeit bei Tageslicht entspricht[2]). Trotzdem gibt die Probe im Scheinerschen Sensitometer gewisse Anhaltspunkte: Eine orthochromatische Platte von 10 bis 11° Scheiner bei Benzinlicht oder Amyllicht[3]) weist in der Regel eine praktisch schlechte Tageslichtempfindlichkeit auf (kann nicht gut für Momentaufnahmen im Freien benutzt werden); orthochromatische Platten von mittlerer Gesamtempfindlichkeit zeigen 14° Scheiner; rapide orthochromatische Platten des Handels sollen mindestens 17 bis 19° Scheiner bei Benzinlicht haben.

Messung der Gesamtempfindlichkeit orthochromatischer Platten bei Tageslicht.

Man zieht zur Vergleichung eine gewöhnliche schleierlose Bromsilbergelatine-Trockenplatte heran, deren Empfindlichkeit im Scheiner-Sensitometer genau bekannt ist, z. B. eine gewöhnliche Schleußner-Trockenplatte, welche durchschnittlich 12° Scheiner zeigt. Mit dieser vergleicht man bei Tageslicht die Empfindlichkeit der orthochromatischen Platte und gibt dann an: „Die orthochromatische Platte braucht bei Tageslicht dieselbe Expositionszeit wie eine gewöhnliche Bromsilbergelatineplatte von x° Scheiner.“

Untersuchung der orthochromatischen Platte einerseits auf Blauviolett-Empfindlichkeit, andererseits auf Farbensensibilisierung unter Anwendung von Lichtfiltern.

Für die Charakteristik der Platte ist es nun vor allem von Wert, zu wissen:

a) welchen Anteil an der gesamten Lichtempfindlichkeit die Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers gegen Blauviolett hat,

b) wieviel insgesamt der Effekt der Sensibilisierung für Rot-Gelb-Grün ist.

---

1) Siehe Eder, System der Sensitometrie (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch.).
2) Vgl. Eders Ausf. Handb. d. Phot., Bd. III, 5. Aufl., S. 633.
3) Beide sind in ihrer Farbentönung keineswegs identisch (vgl. S. 12).

Zu diesem Zwecke schneidet man das Spektrum durch blaue helle Lichtfilter ungefähr bei $\lambda =$ ca. 490 (also nächst der Frauenhoferschen Linie *F*) in zwei Teile. Das Blaufilter besteht aus einer Lösung von 25 g kristallisiertem Kupfervitriol, Ammoniak und Wasser, zum Gesamtvolumen von 1000 ccm gelöst; es läßt wesentlich nur Strahlen durch, welche der Eigenempfindlichkeit der Bromsilbergelatine bei normalen Belichtungen entsprechen. Das Gelbfilter besteht aus einer Lösung von 40 g Kalium-Monochromat, zum Volumen von 1000 ccm gelöst; es scheidet die blauvioletten Strahlen ab und läßt nur solche Strahlen durch, welche die Farbensensibilisierung umschließen.

Diese blauen und gelben Flüssigkeits-Lichtfilter werden in 1 cm dicker Schicht in einer planparallelen Glaswanne vor die Benzinlampe eines Scheiner-Sensitometers bei $^1/_3$ m Abstand[1]) gestellt und die Platte wird 1 Minute lang im Scheiner-Sensitometer belichtet, und zwar

a) bei einer Probe hinter der blauen ammoniakalischen Kupferlösung, dann

b) eine zweite Probe hinter der gelben Lösung von Kalium-Monochromat und

c) eine dritte Probe hinter der mit reinem Wasser gefüllten Wanne.

Alle drei Streifen werden gleichzeitig (z. B. mit Pyrogallol-Soda ohne Bromkaliumzusatz 7 Minuten lang) entwickelt und fixiert.

Man vergleicht die drei Streifen dann durch Übereinanderlegen mit besonderer Berücksichtigung der Mitteltöne und ermittelt hiermit die relative Empfindlichkeit. Z. B. gibt eine Erythrosinplatte

	Nummer gleicher Dichte an den gleichzeitig entwickelten Sensitometerstreifen	Relative Empfindlichkeit
a) hinter Blaufilter	2 Grad Scheiner	14
b) „ Gelbfilter	9 „ „	78
c) „ Wasserfilter . . .	10 „ „	100

Die Empfindlichkeitsrelation $\frac{\text{Blau}}{\text{Gelb}}$ (für Benzinlicht) charakterisiert die orthochromatische Platte. In unserem Beispiele ergibt sich die Empfindlichkeitsrelation $\frac{\text{Blau}}{\text{Gelb}} = \frac{14}{78} = 1 : 5{,}5$.

Die Relation der Blau-Gelbempfindlichkeit gegen Benzinlicht ist nicht ohne weiteres für die Bestimmung der Belichtungszeiten, respektive

1) Genauer $= \frac{1}{2{,}94}$ m. Über die hierzu gehörigen Lichtmengen siehe Seite 173. — Bei diesen Versuchen steht die Benzinlampe nahe, es wird also stärkere Lichtwirkung erfolgen. Die abgelesenen Sensitometergrade kann man jedoch leicht auf normale Scheinergrade reduzieren, wenn man 9° Scheiner abzieht, d. h. 20° Scheiner beim Abstande der Kerze $= ^1/_3$ m sind gleich 11° Scheiner beim normalen Abstande von 1 m.

relativen Farbenempfindlichkeit bei Tageslicht zu gebrauchen. Wohl aber bestehen Beziehungen, welche einen Rückschluß gestatten.

Die Untersuchung mittels Blau- und Gelbfilter bei Tageslicht geschieht in analoger Weise wie die vorige, jedoch mit Anwendung des Röhrenphotometers (S. 186); die Resultate sind für die Arbeiten in Ateliers von besonderer Bedeutung.

Zusammenstellung der Prüfungsresultate einiger Plattensorten des Handels.

Die hier angegebenen Methoden gestatten eine gute Orientierung, wenn man die Versuchsresultate kennt, welche gute und minderwertige Handelssorten farbenempfindlicher Platten geben. (S. die nachstehende Tabelle, ferner die Tabelle Fr. Novaks, Phot. Korresp. 1910, S. 327.)

Bezeichnung	Schwellenwert		Relative Empfindlichkeit $\frac{\text{Blau}}{\text{Gelb}}$		
	Benzinlicht 1 m Distanz	bei Tageslicht (gleich einer gewöhnlichen Br Ag-Platte in Graden Scheiner)	Benzinlicht $^1/_3$ m Distanz direkt einfallend	von weißem Papier reflektiert: diffuses Tageslicht	von weißem Papier reflektiert: Magnesiumlicht
Orthochromatische Platte des Handels (Erythrosinplatte „ohne Gelbscheibe verwendbar“)					
Sorte a	19°	11—12°	$\frac{1}{4{,}7} - \frac{1}{5{,}5}$	$\frac{2{,}7}{1}$	$\frac{1{,}3—1{,}6}{1}$
Sorte b	13°	11—12°	$\frac{1}{1{,}3}$	$\frac{6—7}{1}$	$\frac{4{,}3—5}{1}$
Sorte c	15°	9—10°	$\frac{1}{3}$	$\frac{2{,}8}{1}$	$\frac{1{,}35}{1}$
Sorte d (sehr starke, mit gelben Farbstoffen gedämpfte Erythrosinplatte)	14°	7—8°	$\frac{1}{8}$	$\frac{1{,}2—1{,}3}{1}$	—
Schlechte Sorte orangeempfindlicher Platten	10°	7°	$\frac{2{,}1—2{,}4}{1}$	$\frac{60}{1}$	$\frac{20}{1}$
Mittelmäßige Sorte einer „panchromatischen Platte in der Emulsion gefärbt“	17°	10—11°	$\frac{1}{2{,}1}$	$\frac{7{,}1}{1}$	—
Gute Sorte einer panchromatischen Platte (Orthochrom-Badeplatte oder Äthylrotplatte oder Pinachromplatte)	18—19°	11°	$\frac{1}{4} - \frac{1}{5}$	1—2	—

Die besten gelbgrünempfindlichen Platten des Handels zeigen eine Relation der Empfindlichkeit hinter $\frac{\text{Blaufilter}}{\text{Gelbfilter}} = ^1/_4$ bis $^1/_5$ (in neuerer Zeit Platten mit der Relation $^1/_6$), mindere Sorten, welche in der Praxis noch als gut gelten, zeigen die Relation $\frac{1}{0{,}8}$ bis 1. Bei elektrischem Bogenlichte und Tageslichte ändern sich die Verhältniszahlen im Vergleiche zum Benzinlichte.

Die Gesamtempfindlichkeit von orthochromatischen Platten, verglichen mit jener von gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten, gegen

„weißes“ Licht (Tageslicht, oder dem damit einigermaßen ähnlichen, aber nicht identischen Bogenlichte) läßt sich nicht ohne weiteres aus der sensitometrischen Bestimmung ihrer Gesamtempfindlichkeit bei Kerzenlicht ermitteln. Es erscheint somit nicht genügend, die sensitometrische Empfindlichkeit von orthochromatischen Platten für Amyl- oder Benzinlicht anzugeben, wenn man die Anzeigen für Expositionsberechnung bei weißem Lichte (Tageslicht, elektrisches Licht) verwerten will.

Wie die relative Empfindlichkeit gewöhnlicher Bromsilbergelatine und orthochromatischer Platten gegen Amyllicht einerseits und andererseits gegen weißes Licht schwankt, zeigt folgende Tabelle:

Relative Empfindlichkeit verschiedener photographischer Platten bei Amyl- und elektrischem Lichte.

	Amyllicht, direkt wirkend	Weißes Papier, erhellt von elektrischem Bogenlichte
Bromsilberplatte	1	1
Erythrosinplatte	2,3	1,27
Handelssorte gelbgrünempfindlicher Platten	1,6	0,67
Handelssorte gelbgrünempfindlicher Platten, andere Sorte	1,2	0,42

Wie man sieht, sind bei Amyllicht orthochromatische Platten in der Regel empfindlicher als gewöhnliche Bromsilbergelatineplatten, während bei elektrischem Lichte das Umgekehrte eintritt.

Prüfung für Dreifarbendruck.

Für photographischen Dreifarbendruck ist die Kenntnis der relativen Empfindlichkeit der verschiedenen Plattensorten hinter den betreffenden Lichtfiltern (Rotorange, Grün, Blauviolett) von Wert, um die korrekte Belichtungszeit bei der Herstellung der drei Teilbilder bemessen zu können.

Am einfachsten ist die Belichtung der Plattenproben hinter den drei Lichtfiltern, mittels des Röhrenphotometers S. 186, welches man gegen weißes Papier, das von Tageslicht oder elektrischem Licht beleuchtet ist, im Abstande von ca. 1 m gerichtet hat. (Vgl. S. 13.)

Proben mit Dreifarbendruck-Lichtfiltern.

	Relative Lichtempfindlichkeit bei Tageslicht (von weißem Papier reflektiert)		
	Violettfilter	Grünfilter	Rotorangefilter
Panchromatische Platte (Typus Isocyanin)	1	0,6	0,24
Minderempfindliche panchromatische Platte	1	0,11	0,01

Selbstverständlich schwanken die relativen Lichtempfindlichkeiten mit der Art der Beleuchtung und sind für Tageslicht anders als für elektrisches Bogenlicht.

André Callier befaßte sich, angeregt durch Eders Arbeiten, mit der Adaptierung des Scheiner-Sensitometers mit farbigen Lichtschirmen zum Studium der relativen Farbenempfindlichkeit orthochromatischer Platten („Bull. Assoc. Belge Phot.“).

2. Durchführung der Plattenprüfung nach Eders System für Zwecke der praktischen Photographie.

Man kann Schwellenwert, Gradation und Entwicklungsfähigkeit einer Platte usw. leicht und sicher bestimmen. Der Schwellenwert allein genügt nicht, um den Wert einer photographischen Platte festzustellen.

Man muß von einer guten photographischen Platte auch gute Gradation und genügende Schleierlosigkeit verlangen.

Die relative Vergleichung zweier Handelssorten von Trockenplatten bezüglich der Empfindlichkeit und Gradation, sowie ihr Verhalten gegen photographische Entwickler läßt sich viel sicherer mittels der sensitometrischen Methode durchführen, als durch empirische Vergleichung mittels Porträt- und Landschaftsaufnahmen.

Die Notwendigkeit einer ziffernmäßigen Bezeichnung der „sensitometrischen Plattenempfindlichkeit“ ist trotz der von anderer Seite in sehr sachgemäßer Weise geschilderten Schwierigkeiten unleugbar vorhanden. Das System der Sensitometrie mit Scheinerschen Sensitometern ist so weit durchgearbeitet, daß man es in Handel und Industrie einführen kann, und man wird der Allgemeinheit durch die Einführung dieses oder eines anderen Systems den größten Dienst erweisen. Sollte ein unlauterer Wettbewerb sich geltend machen, daß hohe Scheinergrade bei schlechter Gradation und Entwicklerfähigkeit der Platte sowohl Publikum als Händler irreführen, so kann man solchen Schwindel bei dem derzeitigen Stand der Sensitometrie leicht fassen und aus der Welt schaffen. Man wird ihm aber nur dann zu Leibe gehen können, wenn Händler und Publikum sich daran gewöhnt haben, die Plattenempfindlichkeit in sachgemäßer Weise bezeichnet zu finden.

Die Sensitometrie orthochromatischer Platten ist bedeutend schwieriger, obwohl auch hier derzeit schon die Möglichkeit vorliegt, ihre photographischen Eigenschaften ziffernmäßig festzulegen. Ja es ist

sogar nur auf sensitometrisch-spektralanalytischem Wege möglich, den praktischen Wert (Handelswert) einer farbenempfindlichen Platte festzustellen. Daß bei all diesen Fragen auch Haltbarkeit, Korndimension, Entwicklungsfähigkeit, mehr oder weniger rasche Fixierbarkeit, Festigkeit usw. der Bromsilberschicht für den Handelswert und Verwendbarkeit einer Plattensorte in Betracht kommen, ist selbstverständlich.

Beim Scheinerschen Sensitometer (nur das große Modell ist empfehlenswert) wird als Lichtquelle eine Benzinlampe, deren Flamme durch eine 1 mm breite horizontale Blende abgeblendet ist, in 1 m Abstand von der empfindlichen Platte und mit einer Belichtungszeit von 1 Minute benutzt.

Die Entwicklung geschieht mit einem „langsam“ sowie mit einem „rapid“ arbeitenden Entwickler, z. B. mit Pyrogallol-Soda (ohne Bromkaliumzusatz) während 5, respektive 10 Minuten, dann mit Metol-Soda ebenso lange. Auf diese Weise findet man den Schwellenwert unter den für Platten günstigsten Umständen für einen langsamen und einen rapiden Entwickler. Um die äußerste Grenze des Schwellenwertes zu finden, entwickelt man bis zur beginnenden Schleierbildung.

Fixierung: Saures Fixierbad.

Als der Schwellenwert (die „Empfindlichkeit“) der Platte gilt die letzte, eben noch sichtbare Bildspur. (Andrücken der fixierten, getrockneten Sensitometerstreifen auf weißes Papier.)

Vergleicht man die Sensitometerskalen zweier Plattensorten durch Übereinanderlegen der Streifen, so ist bei gleichem Schwellenwert jene Plattensorte praktisch die empfindlichere, welche die schwachen Nummern besser gedeckt und besser voneinander getrennt zeigt; diejenige ist die weichere, welche die intensivsten Sensitometernummern noch besser getrennt (einigermaßen transparent) aufweist.

Mittels Eders System der Sensitometrie nahm F. Novak an der Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien eine große Reihe von Plattenprüfungen vor (Phot. Korresp. 1910). Ferner stützten sich Wall[1]), Callier[2]), Mees und Sheppard[3]) auf dieses System.

1) Brit. Journ. Phot. 1904, S. 926.
2) Phot. Mitt., Bd. 41, S. 315.
3) Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 443.

VIII. Hurter und Driffields System der Photometrie.

Hurter und Driffield haben zuerst (1893) ein System der Sensitometrie begründet, in welchem der von ihnen eingeführte und wohldefinierte Begriff der Schwärzung und die charakteristische Schwärzungskurve, die „Inertia“ und der „Entwicklungsfaktor“ als Grundlage der Empfindlichkeitsmessung aufgestellt wurde. Sie arbeiteten ihr System zu einer in England beim Handel mit photographischen Platten teilweise akzeptierten Methode aus, welche praktischen Zwecken vollkommen genügt. Auch das Edersche System der Sensitometrie geht von den Grundprinzipien der Hurter und Driffieldschen Methode aus, übertrifft jedoch letzteres an Genauigkeit und berücksichtigt auch die Sensitometrie farbenempfindlicher Platten; für präzisere Arbeiten erscheint Hurter und Driffields Sensitometer zu wenig genau. Alle Hurter-Driffieldschen Konstanten lassen sich auch mittels Scheiners Sensitometer mit größerer Genauigkeit ermitteln.

Die Sensitometrie nach Hurter und Driffields System[1]) („Hurter & Driffields Method of Speed Determination“) geht von der Anwendung eines Photometers mit rotierender Scheibe (s. S. 166) und Belichtung mittels einer englischen Normalkerze im Abstand von 1 m aus.

Man belichtet am besten 160 Sekunden lang, was eine Reihe der Lichtstärke von 80 Sekunden-Meter-Kerzen (SMK) bis 0,312 SMK ergibt.

Das ist begründet durch den Umstand, daß die wirkliche Maximalexposition nur während der halben Umdrehung der Scheibe vor sich geht, indem das Licht die Platte nur trifft, während 180 Grad der Öffnung von den 360 Grad über die letztere hingehen. Hurter und Driffield arbeiten am liebsten bei einer Entfernung von 1 m zwischen Kerze und Platte, jedoch kann man diese Entfernung auch verringern, wenn man die Exposition abzukürzen wünscht. In einer Entfernung von 0,707 m kommt das Licht der Kerze 2 und in einer Entfernung von $^1/_2$ m 4 SMK gleich.

Es werden mit einer bestimmten, der Platte angepaßten Entwicklungszeit, z. B. 5 oder 7 Minuten, die Platten entwickelt, fixiert, getrocknet und dann die Schwärzung der neun Felder gemessen.

Ferner wird die Dichte des Schleiers gemessen und von der Gesamtschwärzung der einzelnen Sensitometerfelder abgezogen.

Als Normalentwickler benutzten Hurter und Driffield anfangs den Eisenoxalat-Entwickler, später einen „normalen“ Pyrogallol-Soda-Entwickler (8 g Pyrogallol, 40 g kristall. Natriumsulfit und 40 g kristall. Soda) bei 65° Fahrenheit; die Angaben der „Inertia“ des Entwicklungsfaktors usw. ändern sich mit der Entwicklerart.

---

1) Übersichtlich zusammengestellt in V. C. Driffield „The Hurter and Driffield System“ (Phot. Miniature von Tennant. Nov. 1903, Bd. V, Nr. 56).

Auf Grund der Messungen an der fixierten Platte werden die Schwärzungskurven in die beigegebenen liniierten Tabellen eingezeichnet (Fig. 133), wobei auf der oberen horizontalen Linie die Sekunden-Meter-Kerzen eingetragen sind, auf der unteren horizontalen der Logarithmus dieser Lichtstärken, welche zugleich die „Inertia“ im Sinne Hurter und Driffields angeben, während die vertikale Linie die Schwärzungszahlen des Silberniederschlages der geprüften photographischen

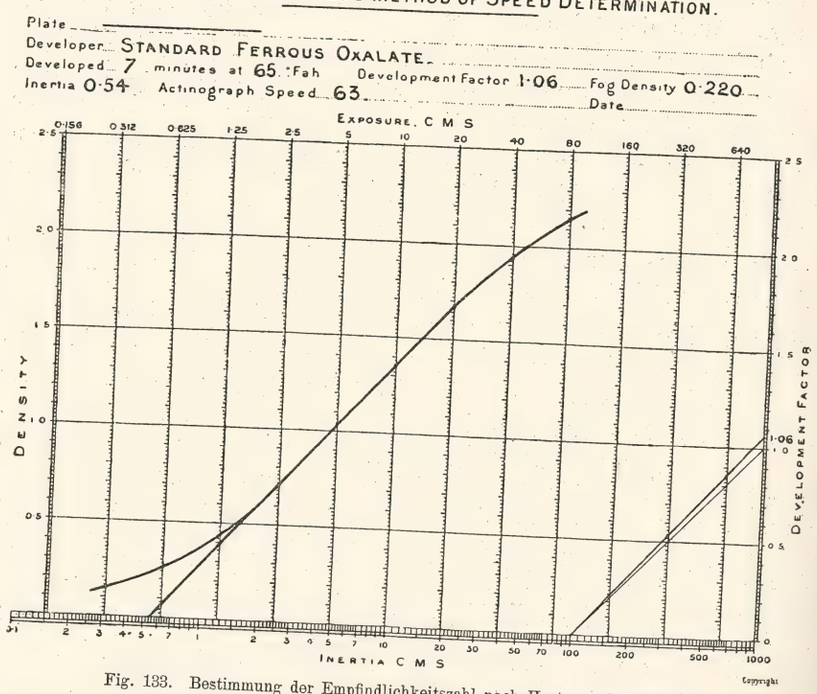


Fig. 133. Bestimmung der Empfindlichkeitszahl nach Hurter und Driffield.

Platte enthält. Die gebogene Linie in Fig. 133 sei die gefundene Kurve; verlängert man das gerade mittlere Stück der Kurve, bis sie die Grundlinie der Zeichnung schneidet, so gibt der Schnittpunkt die Zahl der „Inertia“ an.

Diese Kurve gestattet auch die Ermittlung des Hurter und Driffieldschen „Entwicklungsfaktors“, welcher durch die Neigung des geraden Stücks der charakteristischen Kurve zur Basis des Diagramms gegeben ist. Der normale Entwicklungsfaktor ist = 1, d. h. die Gerade erhebt sich im Winkel von 45°. Man setzt das Lineal bei der Zahl 100 an, zieht eine Linie parallel dem geraden Stück der charakteristischen Kurve und kommt z. B. bei 1,06 zum Schnitt mit der vertikalen Linie (s. Fig. 133); dann ist der Entwicklungsfaktor für 7 Min. Entwicklungsdauer z. B. bei 65° Fahrenheit = 1,06, d. h. die Platte arbeitet etwas härter als eine ideale normale Platte. Ein dünnes weiches Negativ zeigt z. B. den Entwicklungsfaktor 0,8, ein hartes, sehr dichtes z. B. den Faktor 1,5.

Die in Fig. 133 dargestellte Platte hätte für den normalen Eisenoxalat-Entwickler die Entwicklungsdauer von 7 Min. bei 65° Fahrenheit, den Entwicklungsfaktor 1,06, die Inertia = 0,54 und den Aktinograph Speed = 63.

Den „Speed“ der Platte (die Empfindlichkeitszahl), welche verkehrt proportional der Inertia ist, erhält man durch Division der ein für allemal von Hurter und Driffield angenommenen konstanten Zahl 34 durch die Inertia; in unserem Beispiele wird also 34 durch 0,54 dividiert, was die Zahl 63 (den „Speed“ der Platte) ergibt. Die Konstante 34 gilt nun für die englische Normalkerze im Abstande von 1 m; eine andere Lichtquelle mit anderer Helligkeit würde eine andere Zahl involvieren.

Hurter und Driffield leiten die Empfindlichkeit der Platte aus der Schwärzungskurve ab. Sie führen das gerade Stück der Kurve nach unten fort, bis es die untere Skala, welche die wirkenden Sekunden-Meter-Kerzen angegeben enthält, schneidet. Die Zahl, welche man in diesem Schnittpunkt abliest, wird „Inertia“[1]) (Trägheit, Beharrungsvermögen) genannt.

Die Inertia kann auch mit Hilfe des Scheiner-Photometers und Eders Koordinatennetzes unter Benutzung der Tabelle I leicht bestimmt werden. Der Verfasser fand sie z. B. bei gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten des Handels 0,7, bei unempfindlichen 1,5 bis 2 Sekunden-Meter-Kerzen, jedoch ergaben sich bei des Verfassers Versuchen der Bestimmung der Inertia große Schwankungen und Unsicherheiten.

Auf die Bestimmung der Inertia legen jedoch Hurter und Driffield den größten Wert; sie geben an, daß der Schnittpunkt der Verlängerung des geraden Teiles der Schwärzungskurve mit der Abszisse (Logarithmus der Lichtmenge) konstant sei und praktisch unabhängig von der Länge der Entwicklungsdauer; nach Hurter und Driffield soll der geradlinige Teil der Kurve, welche Neigung er auch immer gemäß der variabeln Entwicklungszeit haben mag, in seiner Verlängerung die Abszisse im selben Punkte schneiden.

Die Experimente, welche Hurter und Driffield (a. a. O.) beschrieben, scheinen diese Ansicht zu bestätigen. Nach des Verfassers Versuchen ist die Lage der Inertia

---

1) Hurter und Driffield konstruierten einen Aktinograph (Apparat zur Bestimmung der Expositionszeit) mit gewissen Konstanten und Berücksichtigung von Objektivblenden, Plattenempfindlichkeit, Helligkeit des Tageslichtes usw. Diese empirische „aktinographische Zahl“ zu ihrem Aktinographen finden Hurter und Driffield, indem sie mit der Inertia-Zahl in 35 dividieren. Also ergeben z. B. Rapidplatten von der Inertia 0,7 den Wert 35 : 0,7 = 50 als aktinographische Zahl (vgl. Rae, Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 58).

aber keineswegs konstant[1]), wenn man die Entwicklungsdauer innerhalb der in der praktischen Photographie üblichen Grenze von 3—10 Minuten variiert.

Da die Inertia nicht nur bei geänderter Entwicklungszeit, sondern auch bei anderen Temperaturen eine variable Größe ist, so kann nach dem Verfasser der Eruierung derselben nicht jene Bedeutung für die Sensitometrie zuerkannt werden, welche ihr Hurter und Driffield zuschreiben.

Die Entwicklungskonstante. Die Schwärzungskurve wird von Hurter und Driffield auch benutzt, um zu bestimmen, wie lange man eine Bromsilberplatte entwickeln muß, um eine bestimmte Neigung des geraden Teiles der Schwärzungskurve zu erzielen.

Der Neigungswinkel (α) des geraden Stückes der Schwärzungskurve zur Abszisse bestimmt die Gradation der Platte. Bei korrekter Wiedergabe des Helligkeitswertes bei einer Halbtonphotographie ist $\alpha = 45^0$ oder tang $\alpha = 1$, die Schwärzung wächst für jeden Scheinergrad um log 1,27 = 0,105 (vgl. S. 173).

Die Tangente des Neigungswinkels nennen Hurter und Driffield „Entwicklungskonstante“ oder „Entwicklungsfaktor“. Ist dieselbe größer als 1, so sind die Kontraste gesteigert, d. h. die Platte arbeitet härter. Auf diese Weise kann man die Gradation schätzen und es genügt die graphische Konstruktion zur Ermittlung des Entwicklungsfaktors.

Kennt man diese Konstante (den Entwicklungsfaktor) für eine Entwicklungszeit, so kann man mittels einer Näherungsformel Hurter und Driffields[2]) annähernd die Zeit bestimmen, welche zur Erreichung einer anderen Konstante nötig ist[3]).

3. Chapman Jones' Plattenprüfer.

Chapman Jones' Sensitometer oder Plattenprüfer. Chapman Jones in London konstruierte einen „Plate Tester“ (Plattenprüfer), welcher eine Art Warnerke-Sensitometer darstellt und auch die Prüfung farbenempfindlicher Platten gestattet (Phot. Korresp. 1901, S. 430). Es handelt sich hierbei um eine kurze, für die Zwecke der

1) Die Abweichung von Eders Befund von jenem Hurter und Driffields dürfte darin liegen, daß Hurter und Driffields Methode zur Bestimmung der Schwärzungskurve weniger genau als die von Eder eingeschlagene Methode ist, somit die existierenden Abweichungen von Hurter und Driffield nicht bemerkt wurden.

2) Eders Jahrb. f. Phot. 1893, S. 21, und 1899, S. 194. Vgl. auch Eders Ausf. Handbuch d. Phot., Bd. II (2. Aufl.), S. 5.

3) Hurter und Driffield führen an, daß das photographische Bromsilberbild im allgemeinen bei lang andauernder Entwicklung einer oberen Dichtigkeitsgrenze (Maximalschwärzung) zustrebt. Das Gesetz über den Zusammenhang der verschiedenen Schwärzungen und der Länge der Entwicklungszeit (t) wurde von Hurter und Driffield durch die Formel

$$D_f = D\,(1 - a^t)$$

ausgedrückt, worin D_f die Schwärzung nach einer f Minuten langen Entwicklung, D die mögliche Maximalschwärzung und a eine Konstante bezeichnet, welche für die von den Genannten benutzten englischen Bromsilbergelatineplatten den Zahlenwert 0,9015 hatte (Eders Jahrb. f. Phot. 1899, S. 194).

photographischen Praxis bestimmte Methode der Prüfung von photographischen Platten auf Gesamtempfindlichkeit und Farbenempfindlichkeit. Die Firma Sanger Shepherd & Co. in London, W. C. Gray's Inn Passage Nr. 5, bringt dieses einfache Instrument in den Handel (zum Preise von etwa 40 Kronen). Der Hauptteil des Jonesschen Plattenprüfers besteht aus einer Testplatte (s. Fig. 134). Dieselbe umfaßt: 1. eine Skala von 25 mehr oder weniger durchsichtigen Feldern (nach Art des Warnerke-Sensitometers); 2. eine Reihe von vier farbigen Feldern (1 bis 4 rechts) und einen Streifen von grauem Ton (5), alle von annähernd gleichem Helligkeitsgrade; 3. eine Reihe von vier anderen farbigen Feldern (6 bis 9), von denen jedes ein bestimmtes Gebiet des

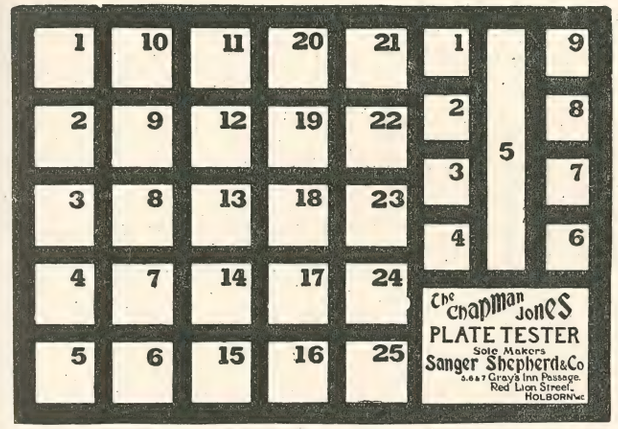


Fig. 134. Chapman Jones' Plattenprüfer.

Spektrums darstellt; 4. ein Feld, in welchem ein Halbtonnegativ über ein Strichnegativ gelegt ist und den Namen des Erfinders trägt (rechts unten). Zum Zwecke der Prüfung wird diese Testplatte mit der zu prüfenden Platte zusammengelegt und letztere beim Lichte einer englischen Normalkerze im Abstande von 12 engl. Zoll durch 30 Sekunden oder bei Tageslicht eine bestimmte Zeit lang belichtet. Verwendet man Tageslicht zur Exposition, was zur Ermittlung der Farbenempfindlichkeit vorzuziehen ist, so exponiert man auf ein Blatt weißes Papier. Die Abstufung der Skalenteile ist derartig, daß ein Unterschied von zwei Nummern die doppelte Empfindlichkeit anzeigt, wie die Tabelle auf S. 224 zeigt (also ist die Genauigkeit geringer als beim Scheiner-Sensitometer oder dem alten Warnerke-Sensitometer). Eder reduzierte die Angaben des Jonesschen Plattenprüfers auf Scheinergrade (Phot. Korresp. 1901, S. 430). 24° Jones sind z. B. = 14° Scheiner, 21,1° Jones = 10° Scheiner, 14,9° Jones = 1° Scheiner.

Skalenfeld	Wirkende Lichtmenge	Skalenfeld	Wirkende Lichtmenge
24	1	12	64
22	2	10	128
20	4	8	256
18	8	6	512
16	16	4	1024
14	32	2	2048

Durch Schwärzungsmessung im Sinne Hurter und Driffields und Eders System der Sensitometrie kann man auch mit Chapman Jones' Plattenprüfer die charakteristische Kurve der Platte bestimmen, wenn man das in Fig. 135 abgedruckte Diagramm benutzt.

Außer der bräunlichen Hauptskala sind noch andere farbige Skalenfelder an der Jonesschen Testplatte angebracht.

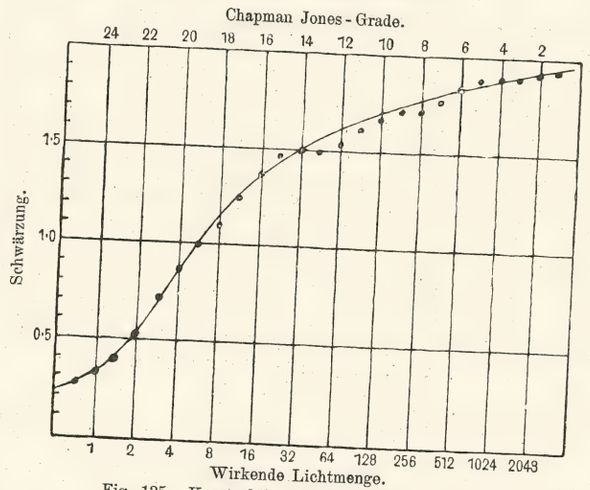


Fig. 135. Konstruktion der Schwärzungskurve.

Die Felder 1, 2, 3 und 4 (Fig. 134) enthalten rote, gelbe, grüne und blaue Felder, 5 ist ein neutrales Grau im Sinne von Abneys Sensitometerprinzip (Eders Jahrb. f. Phot. 1901).

Die Farbenempfindlichkeit erkennt man an denjenigen Stellen der Platte, die unter den farbigen Feldern belichtet wurden. Eine vollkommen orthochromatische Platte liefert unter dem grauen Streifen Nr. 5 und den links daneben befindlichen Feldern 1 bis 4, welche, wie bemerkt, alle nahezu gleichen Helligkeitswert besitzen, Schwärzungen der gleichen Dichtigkeit. Solche farbenrichtige Resultate sind jedoch ohne Anwendung einer Gelbscheibe unmöglich und in dieser Beziehung gestattet das vorliegende Instrument die Prüfung von Gelbscheiben (Jones).

Die Felder 6, 7, 8 und 9 entsprechen Farben von bestimmten Regionen des Spektrums und zwar vom äußeren Rot (*C* bis *A*), dann Rot (von *D* bis *C*), Grün (von *b* bis *D*) und Blau (von Ultraviolett bis *b*). Diejenigen Farbenfelder, welche bestimmten Teilen des Spektrums entsprechen, lassen erkennen, gegen welche Farbe die Platten am empfindlichsten sind, so daß man daraus einen Schluß ziehen kann auf die Farbe, die das Lichtfilter besitzen muß, um vollkommene Korrekturen zu liefern. Gewöhnliche Bromsilbergelatine-Trockenplatten sind praktisch empfindlich von Ultraviolett bis *b* oder *E*. Schätzt man, um die Farbenempfindlichkeit der orthochromatischen Platten mit der Gesamtempfindlichkeit vergleichen zu können, die Schwärzung z. B. hinter dem roten Felde ebenso stark wie Nr. 12 (bei Berechnung der Halbton-Hauptskala), dagegen bei einer anderen Platte unter sonst gleichen Umständen gleich Nr. 14, so soll die Rotempfindlichkeit bei beiden ums Doppelte variieren.

Eder reduziert die Angaben des Jones-Plattenprüfers auf die weitaus genaueren des Scheiner-Sensitometers.

Vergleich der relativen Werte der Anzeigen des Scheiner-Sensitometers für Bromsilbergelatine mit dem Chapman Jones-Plattenprüfer (nach Eder).

Grade Scheiner, bezogen auf 1 Hefnerlicht im Abstande von 3,637 m oder der Benzinlampe bei 1 m Abstand und 1 Minute Belichtung	Grade Jones, bezogen auf 1 englische Walratkerze, Abstand 30,5 cm; ?) Sekunden Belichtung	Grade Scheiner, bezogen auf 1 Hefnerlicht im Abstande von 3,637 m oder der Benzinlampe bei 1 m Abstand und 1 Minute Belichtung	Grade Jones, bezogen auf 1 englische Walratkerze, Abstand 30,5 cm: 30 Sekunden Belichtung
a	13,2	7	18,5
b	13,8	8	19,5
c	14,4	9	20,6
1	14,9	10	21,1
2	15,3	11	21,7
3	15,8	12	22,5
4	16,2	13	23,0
5	16,8	14	24,0
6	17,5	15	25,0

Der Jonessche Plattenprüfer ist als Sensitometer entschieden weniger exakt als der Scheiner-Sensitometer. Die Skala steigt steil an (ebenso steil, wie bei Hurter und Driffields Photometer), geringe Empfindlichkeitsdifferenzen sind demzufolge nicht bemerklich; überdies ist die transparente Skala nicht immer ganz regelmäßig, sondern mit ziemlich starken Skalenfehlern behaftet. Immerhin wird sich das Jones-Sensitometer, namentlich zur praktisch approximativen Empfindlichkeitsschätzung, besonders von orthochromatischen Platten, für den Praktiker nützlich erweisen.

4. Warnerke-Sensitometer.

Das Warnerke-Sensitometer war das erste in die photographische Praxis eingeführte Instrument zur Bestimmung der Plattenempfindlichkeit. Es wurde 1880 eingeführt[1]) und dies war ein wichtiger Schritt zu einer allgemein verständlichen und leicht auszuführenden Form der Messung der Empfindlichkeit der Platten.

Warnerkes Sensitometer bestand anfänglich aus einer Glasplatte, welche schachbrettartig in 16 numerierte Felder geteilt war.

Später (1881) stellte Warnerke die transparente Skala dadurch her, daß feines (0,03 mm dickes) Papier stufenweise von 1 bis 25 Lagen auf einer quadratischen Glasplatte mit Eiweiß aufgeklebt wurde. Nach dem Trocknen machte Warnerke einen Abguß von Spences Metalle davon und nun wurden von dieser Form in einer besonderen Presse (nach Art des Woodburydruckes) mit Gelatinefarbe von rein schwarzem Ton die Abdrücke auf Glasplatten gefertigt. Dann wurden die auf Papier durch Buchdruck hergestellten Zahlen darauf abgeklatscht und, um sie undurchsichtiger zu machen, bronziert.

Die mittlere Undurchsichtigkeit der einzelnen Nummern geht aus der folgenden Tabelle hervor; es sei bemerkt, daß dieselben Ziffern die jeweilige relative Lichtempfindlichkeit der Plattensorten angeben.

Sensitometer-Nummern	Mittlere Undurchsichtigkeit der einzelnen Felder (Nummern)	Sensitometer-Nummern	Mittlere Undurchsichtigkeit der einzelnen Felder (Nummern)
1	1	14	36
2	$1^1/_3$	15	48
3	$1^3/_4$	16	63
4	$2^1/_3$	17	84
5	3	18	110
6	4	19	145
7	5	20	192
8	7	21	253
9	9	22	334
10	12	23	440
11	16	24	580
12	21	25	765
13	27		

Die Fig. 136 stellt Warnerkes Sensitometer dar. Eine kopierrahmenähnliche Vorrichtung *A* trägt an Stelle der sonst üblichen Glasscheibe die Skala *C*. Durch den Schieber *D* kann der Rahmen vorne geschlossen werden. Die zu untersuchende empfindliche Platte wird nach Entfernung eines Deckels rückwärts auf die Sensitometerplatte aufgelegt und nach Schließen des Deckels durch die Feder *e* an selbe gepreßt. Die Glasplatte, welche die als Lichtquelle dienende phosphoreszierende Farbe trägt, paßt in den Falz *a* des Rahmens *A* und wird durch die Reiber *bb* festgehalten.

1) Originalform: Phot. Mitt. Bd. 17, S. 242. Phot. News. 1880, S. 217. Verbesserte Form: Phot. News. 1881, S. 92. Phot. Wochenbl. 1881, S. 79.

Beim Gebrauch des Instrumentes wird die empfindliche Platte eingelegt und nach dem Schließen des Deckels und des Schiebers *D* die phosphoreszierende Platte der Einwirkung des Lichtes, eines brennenden Magnesiumbandes von $2^1/_2$ cm Länge, welches so nahe als möglich gehalten wird, ausgesetzt. Die leuchtende Platte wird nun in das Sensitometer gebracht und nach Verlauf von genau 1 Minute die Exposition durch Herausschieben des Schiebers *D* bewerkstelligt. Die Exposition dauert 30 Sekunden. Die zu untersuchenden, auf ganz gleiche Weise im Sensitometer belichteten Platten werden dann gleichzeitig und so lange entwickelt, als eben noch ein Lichteindruck zum Vorschein kommt. Die höchste nach dem Fixieren noch mit Bestimmtheit ablesbare Zahl gibt dann für jede Platte den entsprechenden Empfindlichkeitsgrad.

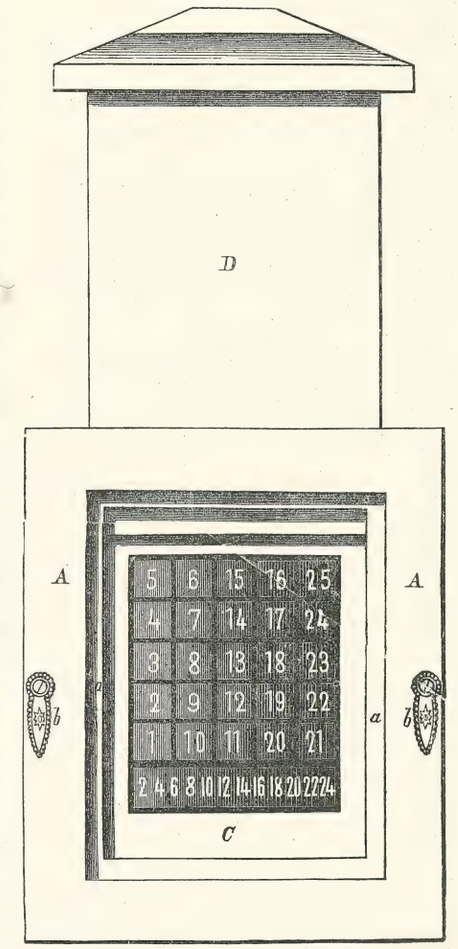


Fig. 136. Warnerkes Sensitometer.

Bei der Prüfung einer Erythrosinplatte im Warnerke-Sensitometer kommt die Gelbempfindlichkeit gar nicht zum Ausdrucke, weil die phosphoreszierende Leuchtplatte nur blaues Licht ausstrahlt; die Folge davon ist, daß man einen zu niedrigen Empfindlichkeitsgrad findet.

Das Warnerke-Sensitometer mit der Phosphoreszenz-Tafel ist deshalb zur Prüfung orthochromatischer Platten unbrauchbar, weil man zu niedrige Zahlen findet; ersetzt man die Leuchttafel durch die Amylazetatlampe, so findet man aber zu hohe Ziffern, weil diese Lampe relativ viel mehr gelbe Strahlen aussendet, als das Tageslicht[1]).

1) Alle Platten, welche das Maximum der Empfindlichkeit im Blau haben (wie z. B. Bromsilber), geben in Warnerkes Sensitometer höhere Empfindlichkeitszahlen als solche, welche das Maximum im Violett oder Ultraviolett haben (z. B. Chlorsilber, Jodsilber). Bei Jodsilber macht z. B. das Phosphoreszenzlicht nur $^1/_{180}$ der gesamten, bei Chlorsilber $^1/_{31}$, bei Bromsilber $^1/_{10}$, bei nassen Jodsilberplatten $^1/_{42}$ der Gesamtwirkung des Sonnenlichtes aus. Z. B. wurde bei Phosphoreszenzlicht eine Bromsilbergelatineplatte 200 mal empfindlicher, als eine nasse Jodsilberkollodiumplatte gefunden, bei Gaslicht aber nur 50 mal.

Die nicht völlige Zuverlässigkeit des Phosphoreszenzlichtes[1]) bewog den Pariser photographischen Kongreß 1889 die Skala des Warnerke-Sensitometers beizubehalten, aber als Lichtquelle die Amylazetatlampe zu empfehlen.

Das Warnerke-Sensitometer wird seit dem Tode des Erfinders schon geraume Zeit nicht mehr erzeugt; es wurde auch wegen seiner geringen Genauigkeit aufgegeben. Wenn gewohnheitsmäßig einige Plattenfabriken die Empfindlichkeitszahl in Warnerkegraden angeben, so ist diese Zahl in der Regel aus anderen Sensitometerbestimmungen indirekt abgeleitet[2]).

Leider sind die Skalen des Warnerke-Sensitometers durch Fabrikationsungenauigkeit ungleichartig. In folgender Tabelle sind Warnerke-Skalen von mittlerer und größerer Transparenz einbezogen. — Um annähernde Reduktionstabellen der Empfindlichkeitsangabe nach aktinographischen Zahlen auf Scheiner- und Warnerkegrade in der erwähnten Grenze zu ermöglichen, dient folgende Tabelle, welche von Eder stammt.

Scheiner-grade	Warnerkegrade		Scheiner-grade	Warnerkegrade	
	Skalen mittlerer Transparenz	Skalen größerer Transparenz		Skalen mittlerer Transparenz	Skalen größerer Transparenz
e	8	11	9	19	22
b	9	12	10	20	23
a	10	13	11	21	24
1	11	14	12	22	25—26
2	12	15	13	23	26—27
3	13	16	14	24	27—28
4	14	17	15	25	28—29
5	15	18	16	26	29—30
6	16	19	17	27	30—31
7	17	20	18	28	31—32
8	18	21			

5. Sensitometer mit Rauchglaskeil.

Für minder genaue technische Zwecke schlug Goldberg die Belichtung photographischer Platten hinter einem grauen Rauchglaskeil vor (Jahrb. f. Phot. 1910, S. 232). Für genauere Messungen ist das Scheiner-Sensitometer vorzuziehen.

1) Phosphoreszierende Substanzen, darunter auch das zu Warnerkes Sensitometer benutzte phosphoreszierende Schwefelcalcium, lassen sich äußerst schwer in gleichmäßiger Weise herstellen. Man benutzt in der Regel Balmainsche Leuchtfarbe.

2) Vgl. Eders Tabelle „System der Sensitometrie“ (Sitzungsber. d k. Akad. d. Wiss., Wien 1899, Bd. 108, Abt. IIa, S. 1450).

ZEHNTES KAPITEL.

EXPOSITIONSMESSER.

I. Belichtungsmesser (Expositionsmesser).

Zur Ermittlung der richtigen Exposition in der Kamera kommt die Kenntnis der Helligkeit des jeweiligen Tageslichtes, die Albedo des Objektes (s. S. 74), die Plattenempfindlichkeit, die Lichtstärke des Objektives (Verhältnis der Linsenöffnung zum Fokus), die Vergrößerung oder Verkleinerung des Bildes in Betracht.

Häufig begnügt man sich mit sog. Expositionstabellen, in welchen die Helligkeit des Tageslichtes nach dem jeweiligen Sonnenstande (s. unten) und der Bewölkung eingeschätzt wird und Plattenempfindlichkeit, Blendengröße im photographischen Objektiv usw. in Tabellenform berücksichtigt ist.

A. Belichtungsmesser und -Tabellen ohne Normalfarbenphotometer.

Einer der ersten Belichtungsmesser dieser Art war Hurter und Driffields Aktinograph.

Der Aktinograph von Hurter und Driffield (1892) ist ein Instrument, welches in seinen Bestandteilen alle für eine Exposition wichtigen Daten graphisch darstellt, und zwar den jeweiligen Sonnenstand, die Linsenöffnung, das herrschende Tageslicht und weiter die genau bestimmten Teilstriche enthält, welche die Expositionszeit von $^1/_{20}$ Sekunde bis 1 Minute und die Aktinographgrade angeben.

Beigegeben ist ferner eine Faktorentabelle, in welcher mit dem Faktor I die richtige Expositionszeit für eine gewöhnliche Landschaft in zerstreutem Lichte bezeichnet ist, nach welchem Faktor die Expositionszeiten aller anderen vorkommenden Aufnahmen sich richten.

Unbedingt nötig ist bei dem Gebrauche dieses Instrumentes, das Verhältnis der jeweiligen Blende zur Brennweite des benutzten Objektives zu wissen — ob nämlich die Blende 6mal, 8mal, 16mal usw. kleiner ist als die Brennweite, welches Verhältnis durch die entsprechenden Bruchzahlen $^1/_6$, $^1/_8$, $^1/_{16}$ usw. ausgedrückt ist. Als ein Aktinograph-

grad selbst wird der $^1/_{100}$ wissenschaftlich genau gemessene Teil jenes hellsten, zerstreuten Tageslichtes angenommen, welches bei einer Sonnenhöhe von 90° herrscht.

Das Instrument repräsentiert sich als ein kleines Kästchen aus Mahagoniholz, welches innen 4 Skalen, und zwar eine drehbare, zwei verschiebbare und eine fixe birgt. Die drehbare Skala, eine Walze, zeigt an ihrem Umfange den Sonnenstand und die Aufnahmestunde des Monates und Tages mittels Kurven an, die nächste verschiebbare Skala zeigt an der der Walze zunächst liegenden Seite die Verhältniszahlen zwischen Öffnung und Brennweite und durch die Marken 1, 2, 3 das

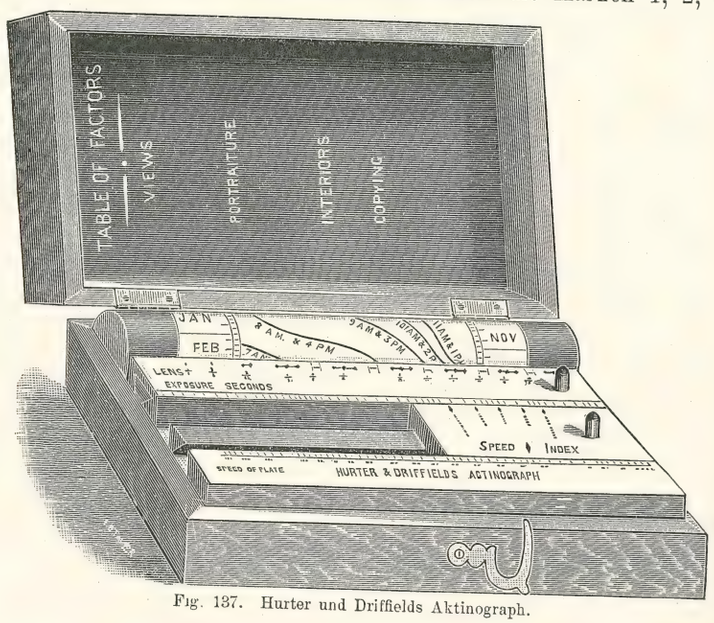


Fig. 137. Hurter und Driffields Aktinograph.

Linsensystem, ob einfache Linse, Doublet oder Triplet, an der anderen Seite aber die Teilstriche der Expositionszeiten. An diese Skala schließt sich eine kurze verschiebbare an, die einerseits das herrschende Tageslicht (dunkel, hell usw.) anzeigt, andererseits ist der Gradzeiger (Speed-Index), welcher längs der vierten Skala, die die Aktinographgrade enthält verschoben werden kann.

Belichtungstafeln, welche durch einfache Rechnung die Expositionszeit ermitteln lassen, sind:

die Belichtungstafel von C. P. Goerz in Berlin, von Dr. Staeble in München;
die Belichtungstabelle (auf Zelluloid) von Paul Brandt in Berlin;
die „Exposure Diagrams“ von N. G. Thompson in London;
die „Belichtungstabelle für Autochromplatten“ des Wiener Amateur-Photographen-Klubs in Wien (1909).

Zu den Belichtungstabellen in Form von Rechenschiebern, welche die Belichtungszeit höchst einfach zu berechnen ermöglichen, zählen nachfolgende Tabellen:

Dr. J. Rhedens photographische Belichtungstabelle, 1. Ausgabe, Wien 1903 (R. Lechner), 5. Aufl. 1911 (Langer & Co., Wien);
die photographische Belichtungstabelle „Helios“ von P. Eichmann (Berlin, Gustav Schmidt, 1908);
Moll-Placzeks photographisches Chronoskop (Expositionszeitmesser), erhältlich bei A. Moll in Wien, erschienen 1894;
Wynnes Infallible Exposure Meter;
der automatische Expositionszeitmesser von Dr. J. H. Smith (Preis 1 Mk., erschienen 1901);
das Ilford Exposure Meter (Scotts Patent) von den Britannia Works Co. in Ilford, erschienen 1893;
das Médaillon-Temps de Pose von J. Decoudun in Paris;
das „Chronopose universel“ von Georges Brunel in Paris, erschienen 1901;
der „Exposure Meter“ von W. H. Phillips & Son in London, erschienen 1909;
die „Foco-Belichtungstabelle“ von Louis Lang (Emil Wünsches Nachf.) in Dresden-A. 9, erschienen 1909.

Über die Berechnung der Expositionszeit aus der Beschaffenheit des Objektives und des Gegenstandes s. XVI. Kapitel in diesem Handbuche (Photographische Objektive), I. Band, 4. Teil, 3. Aufl.

B. Belichtungsmesser mit Normalfarbenphotometern.

Genauer und praktischer sind jene modernen Belichtungsmesser, bei welchen die jeweilige Helligkeit des Tageslichtes nicht nach dem Sonnenstande und der Bewölkung ziemlich ungenau geschätzt wird, sondern bei welchen kleine Normalfarbenphotometer den wirklichen Aktinismus des jeweiligen Tageslichtes ziffernmäßig angeben.

In dieser Absicht führten bereits Boisen 1861[1]), Vidal 1862 und 1865[2]), Malval 1863, Ritschie 1876[3]) u. a. das Prinzip der Normalfarbenphotometer für die Messung der Expositionszeiten ein, bestimmten die Anzahl der Sekunden, welche Chlorsilber- oder Chlorbromsilberpapier zur Erzielung des Normaltons brauchte. Heeren heftete

---

1) Phot. News. Bd. 3, S. 402. Kreutzers Zeitschr. f. Phot. 1861, Bd. 3, S. 90. Das Papier erzeugte Boisen durch Salzen des Papieres mit 7,5 Bromkalium, 7,5 Chlornatrium und 480 Wasser; nach dem Trocknen wurde sensibilisiert in 20 Silbernitrat, 1,5 Zitronensäure, 480 Wasser.

2) Phot. Arch. 1865, S. 283.

3) Bull. d. l. Soc. franç. 1876, Nr. 7; Bull. Assoc. Belge, Bd. 3, S. 87. 126.

ein Stückchen Chlorsilberpapier an die Kamera, um die Schnelligkeit der Färbung zu beobachten.

Alle diese Versuche waren wenig geeignet, auf raschem Wege eine annähernd richtige Expositionszeit zu ermitteln.

1. Watkins' Expositionsmesser.

Der erste, welcher alle oben erwähnten Faktoren bei der Konstruktion von Expositionsmessern in Betracht zog, war der Engländer Watkins im Jahre 1890.

Watkins bestimmte die Helligkeit des Tageslichtes im Freien (neben der Kamera). Er vermittelt mittels einer einfachen Tabelle, welche am Instrumente selbst nach Art ringförmiger Rechenschieber angebracht ist, aus der Beschaffenheit und Blendengröße des Objektives, der Art des Gegenstandes und der Plattensorte die Belichtungszeit.

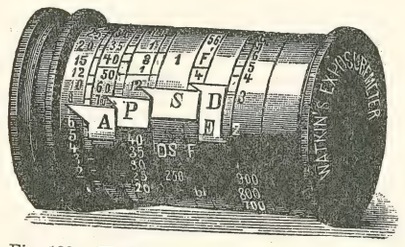


Fig. 138. Watkins' Standard-Expositionsmesser.

Die älteste Form von Watkins'[1]) „Standard-Expositionsmesser" zeigt Fig. 138. Sie bildet die Grundlage aller späteren Watkinsschen Varianten von Belichtungszeitmessern.

Watkins' Standard der Empfindlichkeit einer Platte ist willkürlich gewählt; sein Standard ist eine Platte, welche mit zwei Sekunden und einem Objektiv $f/8$ im Mai oder Juni mittags bei einem Bildabstande von ungefähr 7 m ein gutes Negativ gibt, im übrigen sind Watkins-Sensitometergrade ungefähr $1^1/_2$ mal so groß als die von Hurter und Driffield (genauere Angaben s. S. 240).

Kurze Anweisung für den Gebrauch von Watkins' Standard-Expositionsmesser (Fig. 140). Man setzt das Instrument dem zu prüfenden Lichte aus, indem man gleichzeitig das Pendel schwingen läßt, zieht einen frischen Abschnitt des lichtempfindlichen Papieres hervor und zählt nun die Sekunden (je 1 Doppelschwingung des Pendels ist gleich 1 Sekunde), bis die Farbe des belichteten Papieres in der Tiefe des Tones der daneben stehenden Normalfarbe gleicht. Die Sekundenzahl ist die Zahl A oder der „Lichtwert" (Light value). Die Empfindlichkeitszahl (Plate speed) der zu verwendenden Plattensorte entnimmt man der betreffenden Tabelle. Stellt man den Zeiger P auf die Empfindlichkeitszahl, Zeiger D auf die Zahl, welche den Wert der zu benutzenden Blendenöffnung ausdrückt (z. B. $f/12$), endlich Zeiger A auf den Lichtwert, so wird Zeiger E die richtige Belichtungsdauer angeben. Steht vor der gefundenen Zahl ein Strich, so bedeutet sie den Bruchteil einer Sekunde,

1) Watkins' Expositionsmesser wird von „The Watkins Meter Co." in Hereford in England erzeugt.

z. B. $|4 = {}^1/_4$ Sekunde. Die erhaltene Belichtungsdauer gilt für alle gewöhnlichen Landschaften, Porträts, Innenaufnahmen und Gegenstände in mittleren Farben. Für besondere Aufnahmegegenstände stellt man die Zeiger, wie oben angegeben, liest aber die Belichtungsdauer auf dem letzten beweglichen Kreise gegenüber dem betreffenden Aufnahmegegenstandswerte (Subject value) ab.

Aufnahmegegenstandswerte: Himmel und Meer 10, Schnee und Eis 25, helle Gegenstände, Ferne in der Landschaft und Binnensee-Szenerie 50, sehr dunkle Gegenstände 200.

Man achte darauf, daß man die rechte Seite der Normalfarbmaske (d. i. die ohne den weißen Punkt) zur Bestimmung des Lichtwertes benutze; die linke Seite findet nur für Innenaufnahmen Verwendung. Im übrigen lese man weitere Einzelheiten in der ausführlichen englischen Anweisung nach. Man behalte das Instrument außer Gebrauch stets in der Tasche, um das lichtempfindliche Papier vor dem Verderben zu schützen.

Da Watkins' Standard Meter der Ausgangspunkt aller späteren ähnlichen Konstruktionen war, so soll hier das Prinzip etwas näher beschrieben werden.

Vier Bedingungen oder Faktoren müssen in Betracht gezogen werden und jeder dieser Faktoren muß eine Zahl oder einen Wert erhalten; diese sind:

A die aktinische Kraft des Lichtes, welches das Objekt beleuchtet;
P die Lichtempfindlichkeit der Platte;
S die Farbe und das Aussehen des Gegenstandes;
D das Diaphragma oder die Blende des Objektives, welche benutzt wird.

(Ein fünfter Faktor F, der verlängerte Fokus der Kamera, kommt nur beim Kopieren oder bei Vergrößerungen usw. in Betracht, braucht daher bei gewöhnlichen Aufnahmen nicht berücksichtigt zu werden.)

Das Instrument besteht aus einem einfachen Aktinometer, um das Licht zu messen, einem Kettenpendel, um Sekunden und halbe Sekunden zu zählen (um sowohl den Aktinometer als auch die Kamera-Exposition zu messen) und aus vier beweglichen Kreisen, welche Zeiger mit A, P, S und D führen, die, wenn sie auf jene Nummern gestellt werden, welche die entsprechenden Werte jedes Faktors repräsentieren, einen fünften Zeiger E veranlassen, die korrekte Belichtungsdauer anzuzeigen.

Wert der Faktoren.

Faktor A. Das Licht, welches auf den mindest beleuchteten Teil des Gegenstandes fällt, in welchem noch Details vorhanden sein müssen, ist derjenige, welcher bestimmt werden muß. Für Ansichten unter Bäumen oder in schattigen Gassen exponiert man das Aktinometer auf den Schatten der Bäume. Bei sonnigen Gebäuden, welche halb im Schatten liegen, exponiert man das Aktinometer auf den Schatten derselben oder vielleicht auf den Schatten des eigenen Körpers.

Für sonnenbeleuchtete Landschaften oder Gebäude, welche keine breiten Schatten besitzen, exponiert man das Aktinometer auf die beleuchteten Stellen.

Faktor P. Im folgenden sind annähernd die Nummern angegeben, welche die Empfindlichkeit der verschiedenen Platten bedeuten.

Außerordentliche	Empfindlichkeit	250
Gewöhnliche	„	130
Mittlere	„	65
Geringe	„	32

Faktor S. Diese Nummer ändert sich nach der Farbe des Gegenstandes oder seinen Fähigkeiten, das Licht zu reflektieren, ohne nur im mindesten die Lichtstärke

zu berücksichtigen, welche auf ihn fällt; ein Stück dunkles, geschnitzes Eichenholz würde $S\,3$ sein, ob es sich nun im vollen Sonnenschein befindet oder im Schatten eines Innenraumes. $S\,1$ ist die Normalnummer, welche in vier von fünf Fällen gewählt wird, die anderen mögen nur in speziellen Fällen als Variationen gebraucht werden.

Himmel oder das Meer	$S\,1/10$
Weiße Gegenstände, in welchen alle Einzelheiten sichtbar sein sollen oder welche schwarz und weiß kopieren (siehe die spezielle Tabelle für Entfernungen) . . .	$S\,1/4$
Größte Entfernung bei Landschaften	$S\,1/4$
Lichte Gegenstände und panoramische offene Landschaften	$S\,1/2$
Gewöhnliche Landschaften mit Vordergrund, Gebäuden, Porträts und allerhand von gewöhnlicher Farbe . .	$S\,1$
Dunkle, rötliche oder gelbliche Gegenstände	$S\,2$
Sehr dunkle Gegenstände, welche Details enthalten sollen	$S\,3$.

Bei Negativen, welche mit der Kamera kopiert oder zu Vergrößerungen benutzt werden sollen, können die Werte nur mittels Versuchen festgestellt werden, da dieselben oft sehr dünn und oft dicht benötigt werden. Die Differenz, welche zwischen den Negativen besteht, ist sehr groß, nämlich:

sehr dünne Negative	$S\,1/16$
dünne „	$S\,1/8$
mitteldünne „	$S\,1/4$
dichte „	$S\,1/2$
sehr dichte „	$S\,1$.

Faktor *D*. In dem Instrumente finden sich zwei Skalen; die rechts ist der Fokalwert der gewöhnlichen Blenden, die linke Skala bezeichnet die korrespondierende *US*-Nummer der Photographischen Gesellschaft von England[1]).

Innenräume.

Um die Zeit nicht mit der Messung von sehr schwachem Lichte zu vergeuden, kann man in der Linse ein Diaphragma von solcher Größe verwenden, daß die Kamerabelichtung gleich wird der Aktinometerbelichtung. Um nun dieses Diaphragma zu finden, setzt man die Zeiger in folgender Ordnung: *A* auf 2, *P* auf die richtige Plattennummer, *S* auf ihren Wert, *E* auf 2 und dann wird *D* die Nummer der Blende angeben, welche zu benutzen ist. Das Aktinometer kann dann an die schlechtest beleuchtete Stelle gelegt, die Linse geöffnet und die Belichtung so lange fortgesetzt werden, als das Papier Zeit braucht, um die Normalfarbe im Aktinometer anzunehmen.

Kopieren und Vergrößern.

Es muß noch ein Faktor berücksichtigt werden, welcher die Expositionszeit verlängert, wenn die Kamera weit auszuziehen ist, um damit zu kopieren oder zu vergrößern.

Zur Bequemlichkeit ist dieser Faktor mit den *S*-Werten in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

---

1) Siehe in diesem Handbuche, Bd. I, 4. Teil, 3. Auflage im Kapitel über „Objektive“.

Tabelle der *S*-Nummern zum Gebrauche beim Kopieren.

Normalgegenstands-Nummern; Gegenstand mehr als 24 Fokusweiten von der Linse entfernt	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2
Gegenstand 18 mal Fokus von der Linse	—	—	—	—	1 1/8	2 1/4
„ 10 „ „ „ „ „	—	—	—	—	1 1/4	2 1/2
„ 5 1/2 „ „ „ „ „	—	—	3/8	3/4	1 1/2	3
„ 4 1/2 „ „ „ „ „	—	—	—	7/8	1 3/4	3 1/2
„ 3 1/2 „ „ „ „ „	1/8	1/4	1/2	1	2	4
„ 3 „ „ „ „ „	—	—	—	1 1/8	2 1/4	4 1/3
„ 2 3/4 „ „ „ „ „	—	—	5/8	1 1/4	2 1/2	5
„ 2 1/4 „ „ „ „ „	—	3/8	3/4	1 1/2	3	6
„ 2 1/8 „ „ „ „ „	—	—	7/8	1 3/4	3 1/2	7
„ 2 „ „ „ „ „	1/4	1/2	1	2	4	8
Kopieren in gleicher Größe						

Tabelle der *S*-Nummern zum Gebrauche bei Vergrößerungen.

Normalgegenstands-Nummern, wenn das Objekt mehr als 24 Fokusweiten von der Linse entfernt ist		1/16	1/8	1/4	1/2	1
Vergröß.-Durchm.	Fokus von der Linse					
1 1/2 Wand	2 1/2 mal	3/8	3/4	1 1/2	3	6
2 „	3 „	—	1 1/8	2 1/4	4 1/2	9
2 1/2 „	3 1/2 „	3/4	1 1/2	3	6	12
3 „	4 „	1	2	4	8	16
4 „	5 „	1 1/2	3	6 1/4	12 1/2	28
5 „	6 „	2 1/4	4 1/2	9	18	36
6 „	7 „	3	6	12	24	49
8 „	9 „	5	10	20	40	81
10 „	11 „	7 1/2	15	30	60	121
15 „	16 „	16	32	64	128	256
20 „	21 „	25	50	100	200	400
25 „	26 „	42	84	169	338	676

Wo die Gegenstandsnummern größer sind als in der Tabelle des Instrumentes, können sie durch 10 dividiert werden, und das berechnete Endresultet wieder mit 10 multipliziert werden.

Im Jahre 1895 gab Watkins seinem Expositionsmesser die Form einer Taschenuhr (Fig. 139 und 140). Die Vorderseite war mit blauem Glas bedeckt, hinter welchem das sensible Papier und die Normalfarbe sich befand (Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 438; 1898, S. 371).

Kurze Anweisung für den Gebrauch von Watkins' Belichtungsmesser in Uhrform.

Prüfung des Lichtes. Man halte das Instrument so, daß es von demselben Lichte, welches den Aufnahmegegenstand erleuchtet, getroffen wird. Mit Finger und Daumen der rechten Hand fasse man den gerieften Rand des Instrumentes, drehe

mit der Linken den Deckel (am Griffe) gerade so weit herum, daß ein frisches Stück des lichtempfindlichen Papieres freigelegt wird und lasse nun den Kettenpendel schwingen. Je eine Doppelschwingung (hin und her) des Pendels dauert 1 Sekunde, und man zählt nun die Sekunden, welche verfließen, bis das frische Stück des lichtempfindlichen Papieres in der Tiefe der Färbung mit der daneben angebrachten Normalfarbe übereinstimmt.

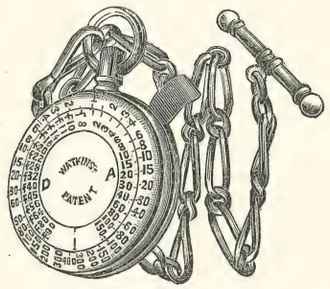


Fig. 139. Watkins' Expositionsmesser in Uhrform.

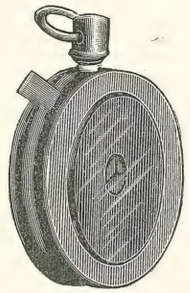


Fig. 140.

Berechnung der Belichtungsdauer. Indem man die Zahl 1 oben hält, bringt man die Blendenöffnungszahl (auf dem inneren Kreise) an die Plattenempfindlichkeitszahl (auf dem äußeren Kreise) und findet dann gegenüber der Aktinometerzahl (d. i. die bei der Lichtprüfung erhaltene Sekundenzahl) die Belichtungsdauer auf dem äußeren Kreise. Steht die erhaltene Belichtungszahl rechts von der Zahl 1, so bedeutet sie ganze Sekunden; steht sie dagegen links von 1, dann bedeutet sie den Bruchteil einer Sekunde, z. B. $2 = {}^1/_2$, $10 = {}^1/_{10}$ u. s. f.

Watkins änderte 1900 die Form seines Expositionsmessers, den er „Dial-Exposure-Meter“ oder „The Dial-Meter“ (Zifferblattmesser) nennt. Er hat gleichfalls die Gestalt einer Taschenuhr, ist dem vorigen ähnlich, jedoch sind am Zifferblatt nur die für den Gebrauch und die Ablesung der Expositionszeit notwendigen Ziffern an drei Fensterchen ersichtlich. Fig. 141 zeigt dieses Instrument (genaue Beschreibung s. Eders Jahrb. f. Phot. 1902, S. 497).



Fig. 141. Watkins' Dialmeter.

Die neueste, sehr kompendiöse Form von Watkins' Belichtungsmesser ist der vereinfachte „Bee“-Expositionsmesser (Fig. 142); er kann wie eine Uhr getragen werden und hat eine Britannia-Metallkapsel und Sprungdeckel. Auf Wunsch mit U. S. (Universal-System) Zifferblatt, speziell zur Benutzung mit Kodaks, Premos und Lumièreschen Autochromplatten angepaßt. Die Einrichtung der ringförmigen Rechenschieber ist im Prinzip ganz dieselbe, wie bei



Fig. 142. Watkins' Bee-Expositionsmesser.

den anderen Watkinsschen Apparaten. Beim Beemeter für Autochromaufnahmen zeigt die Belichtungstabelle eine Abweichung von jenen für gewöhnliche Trockenplatten, weil man Autochromplatten bei schwachem Licht unverhältnismäßig länger belichten muß, um durchgezeichnete Bilder zu erhalten, was eine Eigentümlichkeit des Verfahrens ist. Als gewöhnliche Empfindlichkeitsziffer von Autochromplatten ist Watkins Zahl = 0,2 bis 0,3 angenommen; bei 64maliger Lichtverringerung wird für Autochromplatten die Belichtungszeit auf das 128fache verlängert.

Hurters Entwicklungsfaktor, Watkins' Faktor; Entwicklungsspielraum. Hurter und Driffields „Development-Faktor“ ist durch die charakteristische Kurve der Gradation der Negative bestimmt; sie ist in den Gradationsdiagrammen die Tangente des Winkels zwischen der Linie der korrekten Belichtung (er ist für normale Gradation = 1) und der Basis, welche die „Inertia“ der Platte (siehe S. 221). Der Watkins-Faktor ist die Zahl, mit welcher die Zahl des ersten Erscheinens der Bildspur beim Entwickeln einer photographischen Platte multipliziert werden muß, um ein ganz ausentwickeltes Negativ zu erhalten. Der „Development-Speed“ von Watkins gibt die Zahl in Minuten an, welche man zur Entwicklung bei einer Entwicklertemperatur von 60° F mit Watkins' Zeitentwickler benötigt, um ein normales Negativ vom Hurterschen Faktor 1 zu bekommen (Ferguson, Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 449).

2. Wynnes Infallible Exposure Meter

wurde aus Wrexham (England) seit Frühjahr 1893 in den Handel gebracht und zwar anfänglich in der in Fig. 143 abgebildeten Form. Hierbei waren Zahlentabellen, welche Objektivblenden, Plattenempfindlichkeit und jeweilige Helligkeit betreffen, in Form eines Schiebelineals angebracht; ein kleines Normalfarbenphotometer mit Bromsilberpapier gestattete die aktinometrische Messung der jeweiligen Tageshelligkeit (Eders Jahrb. für Phot. 1894, S. 362).

Wynne drückt die Empfindlichkeit einer Platte durch Größe einer Blende aus, durch welche die Platte das Aktinometer-Zeitmaß für eine korrekte Exposition auf einen normalen Bildgegenstand erreicht. Hierbei erfordert die als $f/8$ bezeichnete Empfindlichkeit beim besten Sommerlichte nur 1 Sekunde Aktinometer-Zeitmaß, die Belichtungszeit von 1 Sekunde, oder: die Blende $f/8$ braucht die Belichtungszeit 1 Sekunde für die Wynnesche Empfindlichkeitsanzeige 1.

F Nos of Stops	Exposure in Secs	Speeds of Plates
F·256	4	1024
F·222	3	768
F·181	2	512
F·156	1½	384
F·128	1	256
F·111	¾	192
F· 90	½	128
F· 78	⅜	96
F· 64	¼	64
F· 56	⅜	48
F· 45	⅛	32
F· 39	1/12	24
F· 32	1/16	16
F· 28	1/24	12
F· 23	1/32	8
F· 20	1/48	6
F· 16	1/64	4
F· 14	1/96	3
F· 11	1/128	2
F· 10	1/192	1·5
F· 8	1/256	1
F· 7	1/384	¾
F· 5·6	1/512	⅜
F· 5	1/768	⅛
F· 4	1/1024	¼
	1/1536	

Fig. 143. Wynnes Expositionsmesser.

Ein Photometer mit ganz willkürlicher Skala im Pigmentverfahren (Diapositiv) war „Wynnes Infallible Print Meter“ (Fig. 144), welcher um das Jahr 1897 in den Handel gebracht worden war, und zwar speziell für Kopierverfahren (Eders Jahrb. f. Phot. 1898, S. 372).

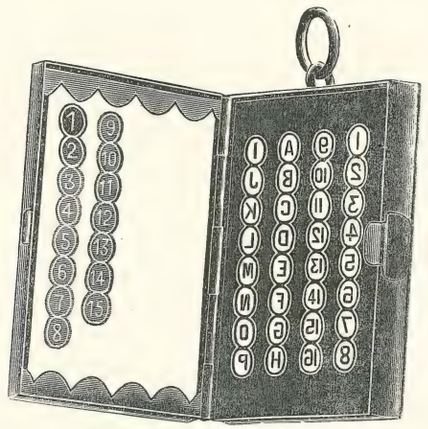


Fig. 144. Wynnes Printmeter.

3. Decoudins Photokompaß.

Decoudin in Paris kombinierte einen Belichtungsmesser mit einem Kompaß (1908) und nannte das Instrument „Aktino-Photometer-Kompaß“ oder kurzweg „Photo-Kompaß“ (Fig. 145).

Der Photo-Kompaß mißt den aktinischen Wert des von einem zu photographierenden Gegenstande ausgestrahlten Lichtes, und folglich die Belichtungsdauer für Platten und Films jeder Art, Farbenphotographie und Bromsilberpapier bei Kontakt oder Vergrößerung.

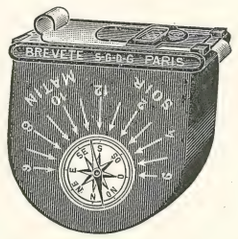


Fig. 145.

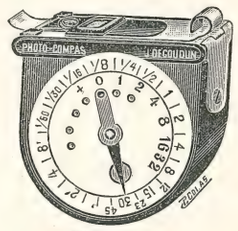


Fig. 146.

Decoudins Photokompaß.

Der Apparat ist mit einer Bussole (Kompaß) versehen, welche die für die Beleuchtung eines Gegenstandes günstigen Tagesstunden anzeigt.

Im Innern des Photo-Kompaß befindet sich, unter einer federnden Klappe, eine Rolle gewöhnliches Chlorzitrat-Silber- oder Aktinospapier, welches sich sehr gut hält. Der Streifen hat eine hinreichende Länge für über 100 Operationen und kann in einigen Sekunden ausgewechselt werden.

Die Handhabung ist einfach: Man nimmt den Apparat zwischen Daumen und Mittelfinger der linken Hand und schiebt mit dem Zeigefinger den Riegel. Man stellt hierauf das Glas so, daß es der Mitte des zu photographierenden Gegenstandes gegenübersteht und läßt den Riegel los. Das Papier wird belichtet, während man die Sekunden zählt bis zum Augenblick, wo unter dem gelben Glas ein Punkt sichtbar wird.

Hat z. B. die Kopierung des Punktes 30 Sekunden erfordert (siehe Fig. 146), so stellt man den Zeiger des kleinen drehbaren Zifferblattes der Nummer 30 auf dem festen großen Zifferblatt gegenüber. Die Belichtungsdauer ist alsdann auf demselben Zifferblatt angegeben gegenüber den Blenden, die man anwenden will. S. z. B. in der Figur: $^1/_4$ Sekunde an der Ziffer 1, Normalblende $F/_{10}$, $^1/_{15}$ an der Marke †, $^1/_8$ an 0, die Anastigmaten vorstellend; $^1/_2$, 1, 2, 4 und 8 Sekunden mit den Blenden 2, 4, 8, 16, 32. — Diese Belichtungszeiten verstehen sich für alle den „Lumière“-Platten, blaue Etikette, ähnliche Platten, die man auf gewöhnliche Art entwickelt.

Bei Anwendung von Platten und Films von verschiedener Empfindlichkeit reguliert man selbst den Photo-Kompaß, indem man einfach den federnden Zeiger verstellt, dessen Sperrstift erlaubt, ihn auf verschiedene Stellungen festzustellen.

Auf der Rückseite des Photo-Kompaß ist eine Bussole eingefügt. Die sie umgebenden Pfeile zeigen die Richtung der Sonne zu bestimmten Stunden an, was für Landschaften und Gegenlicht sehr nützlich ist.

Derselbe Photometer, jedoch ohne Kompaß, wird von Decoudin in der in Fig. 147 abgebildeten Form angefertigt. Das Zifferblatt wird hierbei durch zwei gravierte Tabellen ersetzt[1]).



Fig. 147. Decoudins Photometer.

Expositionsmesser in Form von Rechenschiebertabellen mit Normalfarbenphotometer.

Zu diesen zählen: der Imperial Exposure-Meter (engl. Patent Nr. 3873 vom Jahre 1901) der Imperial Dry Plate Co. Ltd. in Cricklewood bei London, mit Hurter und Driffields Empfindlichkeitswerten; der „Universal“-Expositionsmesser von Dr. J. H. Smith in Zürich usw.

II. Umrechnung der Angaben der Empfindlichkeit von Trockenplatten verschiedener Systeme.

Umrechnungstabellen rühren von Watkins, Sterry, Eder, Luther und Weiß, Ferguson, Wall u. a. her.

Die Umrechnungszahlen nach den im Jahre 1910 geltenden Angaben der verschiedenen englischen Expositionsmesser geben wir in nachstehender Tabelle[2]).

---

1) Zu beziehen von B. Wachtel in Wien VII, Kirchberggasse.

2) Nach E. J. Wall (Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 41). Diese Zahlen stimmen besser mit den in England anerkannten Zahlen, als die Luther-Weißsche Tabelle (Eders Jahrb. f. Phot. 1909, S. 82).

Klassifikation der Platten	Hurter und Driffield[1])	Watkins (P)	Wynne (F-Nummer)	Scheinergrade
	5	7	17	*c*
	6	9	19	*b*
	7	10	20	*a*
	9	13	23	1
	12	18	26	2
Wenig empfindlich	15	22	30	3
	19	28	33	4
	24	35	37	5
	31	45	43	6
	39	51	48	7
	50	74	55	8
Gewöhnliche Empfindlichkeit	64	94	62	9
	82	120	70	10
	104	153	79	11
Rapid	133	195	89	12
	170	250	100	13
	216	318	114	14
	276	406	128	15
	351	516	145	16
Extra rapid	448	659	163	17
	570	838	184	18
	727	1070	207	19

Bei allen diesen Angaben sind kleine Bruchteile weggelassen worden.

Die Formeln für die gegenseitige Umwandlung dieser drei Empfindlichkeitsangaben sind die folgenden:

$$\text{Watkins} = \text{H. u. D.} \times 50 \div 34.$$
$$\text{Wynne} = \sqrt{\text{Watkins}} \times 6{,}4.$$
$$\text{Wynne} = \sqrt{\text{H. u. D.}} \times 7{,}7.$$

Thorne Baker gibt nachstehende Tabelle der Umrechnung der Sensitometergrade nach Watkins, Wynne, sowie Hurter und Driffield (Phot. News 1905, S. 535).

Watkins	Wynne	Hurter und Driffield	
		Eisenoxalat	Pyrogallol
16	28	13	23—24
22	32	17—18	31
32	40	26	47
45	45	36	65
65	56	52	94
90	64	72	130
130	80	104	188
180	90	144	260
250	111	200	360
350	128	380	504

1) Entwickelt mit Pyrogallol-Soda-Entwickler.

Wie man sieht, schwanken die Hurter-Driffieldschen Zahlen stark mit der Entwicklungsart. Gegenwärtig gelten die mit Pyrogallol-Entwickler ermittelten Zahlen.

Die Reduktion von Hurter-Driffields Sensitometerzahlen auf Scheiner-, Watkins- und Wynne-Zahlen ist höchst ungenau, weil die Systeme nicht streng untereinander vergleichbar sind.

G. A. Payser machte aufmerksam, daß die Hurter-Driffieldschen Sensitometerzahlen von verschiedenen Photochemikern variabel auf Watkins' Empfindlichkeitszahlen reduziert werden; so setzt z. B. Fernau 100° Hurter = 125° Watkins, andere (Eder, Hett, Sterry) aber 112 bis 200° Watkins; es müssen Fehlerquellen vorliegen (Phot. News 1905, S. 349). [Hierzu sei bemerkt, daß Hurters System niemals genaue Empfindlichkeitszahlen von photographischen Platten liefert, worauf Eder wiederholt hinwies (Eders Ausf. Handb. d. Phot., Bd. 3, 5. Aufl., S. 242).]

Watkins führt in einem Vortrage vor der Londoner Photographischen Gesellschaft aus, daß die Bestimmung der „Inertia" nach Hurter und Driffield auf Grund der charakteristischen Schwärzungskurven mit steigender Entwicklungsdauer (Pyrogallol-Soda ohne Bromzusatz) variabel wird (Brit. Journ. Phot. 1903, S. 93). (Dies ist eine Bestätigung der zuerst von Eder experimentell bewiesenen Angabe, daß die Hurtersche „Inertia" kein verläßliches Maß der Plattenempfindlichkeit ist; siehe Eder, System der Sensitometrie 1899, S. 42; Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 457.)

In „Photography" (23. Juni 1908) wird auf die ungenügende Methode der Sensitometerangaben, bezw. der Umwandlung von Hurter-Driffield-Zahlen in jene des Watkinsschen Expositionsmessers hingewiesen. Speziell wird erwähnt, daß z. B. 100° Hurter und Driffield bei einem Plattenfabrikanten nicht notwendig dasselbe sind, wie bei einem anderen. Man könne eben die verschiedenen englischen Sensitometersysteme nur ganz ungefähr, keineswegs aber genau aufeinander reduzieren.

ELFTES KAPITEL.

CHEMISCHE WIRKUNGEN DES FARBIGEN LICHTES.

Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnis der chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes gestattet nur die Aufstellung von einzelnen Regeln, jedoch ist es nicht möglich, allgemein gültige Gesetze über spezielle Wirkungen der einzelnen Lichtgattungen verschiedener Wellenlänge aufzustellen. Der Verlauf der photochemischen Reaktionen ist aber allzu variabel. Immerhin lassen sich die allermeisten Beobachtungen unter folgende vom Verfasser[1]) im Jahre 1879 aufgestellte Sätze, welche jedoch nur als ungefähr orientierende Regeln gelten sollen, zusammenfassen:

1. Das Licht jeder Farbe vom äußersten Violett bis zum äußersten Rot, sowie die unsichtbaren ultraroten und ultravioletten Strahlen können eine chemische Wirkung ausüben.

2. Jene Strahlen, welche chemisch auf einen Körper wirken, müssen auch von demselben verschluckt werden; die chemische Lichtwirkung hängt mit der optischen Absorption eng zusammen. (Daneben kommt die katalytische Lichtwirkung in Betracht, s. I. Bd., 2. Teil, 3. Aufl.)

3. Jede Lichtsorte kann oxydierend und reduzierend (oder polymerisierend usw.) wirken, je nach der Natur des lichtempfindlichen Körpers. [Das äußere Ultraviolett beeinflußt besonders stark chemische Reaktionen[2]).]

4. Wenn sich auch die oxydierende Wirkung der roten und die reduzierende der violetten Lichtstrahlen nicht scharf sondern läßt, so kann man doch im allgemeinen sagen, daß das rote Licht auf metallische Verbindungen meistens oxydierend, das violette Licht aber meistens reduzierend wirkt.[3]) Der Fall, daß das rote Licht aber auch reduzierend auf metallische Verbindungen wirken kann, tritt namentlich bei

1) Eder, Über die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes, Wien-Leipzig 1879, S. 66.

2) Winther faßt die Lichtempfindlichkeit als eine Arbeit auf, welche für die Abtrennung eines Elektrons aufgewendet wird; die lichtelektrische Erregbarkeit nimmt aber mit der Kürze der Wellenlänge des Lichtes zu (Zeitschr. f. wiss. Phot. 1911, S. 229).

3) Sehr häufig liegen kombinierte Oxydations-Reduktionsprozesse vor.

der latenten Lichtwirkung auf Silbersalze ein, s. S. 249. — Auf die Verbindungen der Metalloide untereinander scheint immer das kurzwellige Licht am kräftigsten einzuwirken, wie z. B. auf Chlorknallgas, Salpetersäure, schweflige Säure, Jodwasserstoff usw. (Schwefelwasserstoffwasser wird aber durch rotes Licht rascher zerstört.) Die Lichtwirkung ist je nach der Natur der Substanz teils oxydierend, teils reduzierend. — Auf organische Verbindungen (namentlich farblose) wirkt in den meisten Fällen das violette und ultraviolette Licht am kräftigsten oxydierend ein; Farbstoffe werden von jenen Lichtstrahlen am stärksten oxydiert, welche sie absorbieren. In allen Fällen ordnet sich aber die chemische Wirkung des farbigen Lichtes dem Gesetze unter, daß jene Strahlen am kräftigsten wirken, welche von der lichtempfindlichen Substanz stark absorbiert werden.

5. Nicht nur die Absorption der Lichtstrahlen durch den belichteten Körper selbst, sondern auch die Absorption des Lichtes durch beigemengte Stoffe spielt bei der chemischen Wirkung des Lichtes eine wichtige Rolle. Die Lichtempfindlichkeit des ersteren wird für jene Lichtstrahlen, welche die letzteren absorbieren, häufig gesteigert. (Optische Sensibilisatoren.)

6. Eine dem lichtempfindlichen Körper beigemengte Substanz, welche den durch das Licht ausgeschiedenen Bestandteil (Sauerstoff, Jod, Brom usw.) chemisch bindet, befördert in der Regel die Zersetzung (chemische Sensibilisatoren).

7. Das Verhalten gegen farbiges Licht variiert bedeutend mit der Reinheit der betreffenden Verbindung und deren molekularem Zustand, eventuell mit der Art der Entwicklung des latenten Bildes.

8. Die direkte Schwärzung der Silberverbindungen durch die Lichtstrahlen läuft nicht parallel mit der latenten Lichtwirkung.

9. Die Wirksamkeit des Sonnenspektrums schwankt bedeutend mit dem Zustande der Atmosphäre, so daß auch bei gleichem Sonnenstande und anscheinend reinem Himmel der chemische Effekt nur selten gleich ist; absolute Zahlen über die chemische Wirkung der Spektralfarben lassen sich deshalb nur schwierig geben.

I. Darstellung der Wirkung des Sonnenspektrums auf photographische Platten.

Die photochemische Wirkung des Lichtes verschiedener Wellenlänge drückt man in der Art aus, daß man die Größe der chemischen Zersetzung in den verschiedenen Spektralbezirken in einer gewissen Zeit bestimmt. Bei photographischen Prozessen mißt man die Größe der Schwärzung an den belichteten Stellen, welche das Maß für die

Stärke der stattgehabten photographischen Wirkung angibt und auch für die Beurteilung der Farbenempfindlichkeit einer photographischen Platte maßgebend ist. Die Messung des Schwärzungsgrades geschieht mit den üblichen sensitometrischen Methoden. Vgl. Seite 193.

Sehr übersichtlich ist die graphische Darstellung der Schwärzungskurven photographischer Platten mit Berücksichtigung des Spektrallichtes verschiedener Wellenlänge und verschiedener Belichtungszeit

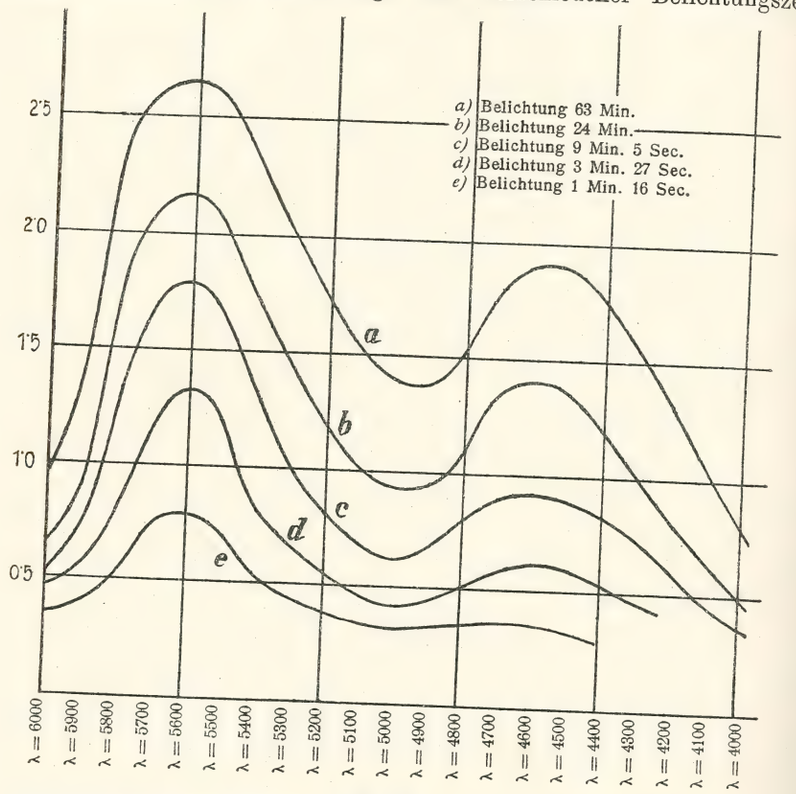


Fig. 148.
Empfindlichkeitskurve von Erythrosin-Bromsilbergelatine gegen das Spektrum des Gaslichtes.

(Periode der kürzeren Belichtung, normalen Belichtung und Überexposition).

Man geht hierbei folgendermaßen vor. In der Abszisse eines Koordinatensystems werden die Wellenlängen des Spektrums eingetragen, in die Ordinate die Schwärzungszahlen (= Logarithmen der Undurchlässigkeit der geschwärzten photographischen Schichten gegen Licht).

So ist in Fig. 148 das Verhalten einer orthochromatischen Bromsilbergelatineplatte (Erythrosin-Badeplatte) gegen das Spektrum einer

Leuchtgasflamme graphisch dargestellt. Die Zahlen λ 6000—4000 geben die Wellenlänge des wirkenden Lichts an; die Zahlen 0,5 bis 2,5 die an den betreffenden Bezirken des Spektrums erfolgten photographischen Schwärzungen nach dem Entwickeln und Fixieren der Platte. Die Kurven *a*, *b* und *c* in Fig. 148 stellen die zu den betreffenden Farben des Spektrums gehörenden Schwärzungskurven bei einer von 1 Minute auf 3 und 9 Minuten steigenden Belichtungszeit dar.

Benutzt wurde ein Gitterspektrograph. Man sieht, wie mit zunehmender Lichtwirkung die Schwärzung steigt, wie ein Maximum im Gelbgrün, das zweite im Blau auftritt, und wie bei diesen Versuchsbedingungen die Gelbgrünempfindlichkeit die Blauempfindlichkeit überwiegt.

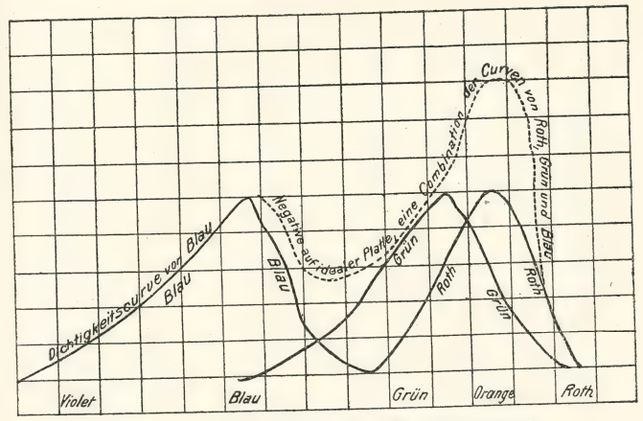


Fig. 149. Panchromatische Platte für Dreifarbendruck.

Wie nach dieser Darstellungsart eine ideale Platte für Dreifarbenphotographie sich verhalten müßte, geht nach W. de W. Abney aus vorstehender Skizze hervor. Man beachte, daß in Fig. 149 die rote Seite der Kurve sich rechts und die violette links befindet, während bei unserer Skizze Fig. 149 die Anordnung entgegengesetzt war. Diese verschiedene Anordnung ändert aber an der Sache gar nichts.

Da die Spektralfarben keine Pigmentfarben, sondern Farbenerscheinungen sind, so muß man die denselben am nächsten kommenden wirklichen Farben auswählen, um die Filter herzustellen. Nach Abneys Ansicht sind die Töne des Spektrums, welche sich dazu am besten eignen, die rote und die blaue Linie des Lithiumspektrums und die grüne Linie des Magnesiumspektrums. Wählt man nun die diesen Farben entsprechenden Farben aus, so ist es nach Abneys Ansicht durchaus nicht unmöglich, mit solchen Filtern sogen. „ideale“ Platten (Negative) für den Dreifarbendruck herzustellen.

Zur Bestimmung der eigentlich reinen Spektralfarben (ohne Beimischung von Weiß usw.) gibt Abney bestimmte Berechnungsmethoden an, nach welchen der prozentuale Gehalt an wirklichen Farben und deren Helligkeit ermittelt werden kann. Daraus ergeben sich die Kurven, welche in Fig. 149 gegeben sind. Die Kurven für Grün und Rot sind nahezu von gleicher Höhe, während die blaue sehr flach ist. Trotz dieser geringen Helligkeit macht das Blau doch einen starken Eindruck auf die photographischen Platten, so daß dadurch der Unterschied wieder ausgeglichen wird. Was die zu den Filtern zu benutzenden Farben betrifft, so sollen sie, wie bereits erwähnt, möglichst den genannten drei Spektralfarben entsprechen. Die Farbe für das rote Filter soll ein Orange oder ein wenig roter sein, als die Farbe der Natriumlinie *D* im Spektrum, diejenige für das grüne Filter ein Emeraldgrün, und das blaue Filter wird aus einer Farbe gebildet, welches der blauen Lithiumlinie des Spektrums entspricht. Die Aufnahmefilter für die grünen und blauen Negative können auch dieselbe Farbe haben, wie die Filter in dem sogen. Ivesschen dreifachen Projektionsprozeß, aber das hierzu benutzte Rot kann zu Aufnahmen „idealer" Platten nicht gebraucht werden. Die für den Dreifarbendruck angewendeten Trockenplatten sind von gänzlich anderem Charakter, als die in der monochromatischen Photographie benutzten; aber es ist viel leichter, dieselben mit den an sie gestellten Anforderungen in Einklang zu bringen, als die gewöhnlichen. Auf die hier angegebene Weise kann man vollkommene Resultate erhalten, vorausgesetzt, daß die angewendeten Filter in den richtigen Verhältnissen das Licht durchlassen (Photography 1905, S. 522; Eders Jahrb. f. Phot. 1906, S. 417).

Die in Fig. 148 gezeigte Art der Darstellung ist das Ergebnis genauer, quantitativ messender Versuche betreffend die Wellenlänge des Lichtes und die photographische Schwärzung.

Für gewöhnlich begnügt man sich mit einer mehr zusammengedrängten Skizze, welche nur schematisch den Verlauf der Schwärzungskurve, bezogen auf die Fraunhoferschen Linien des Sonnenspektrums, darstellt. Solche Kurven sind (unter Zugrundelegung eines prismatischen Spektrums des Sonnenlichts, wie es in Glasapparaten erhalten wird) im Nachfolgenden (Fig. 150ff.) angegeben. Selbstverständlich sind Gitterspektren ganz analog darzustellen, nur wird die rote Seite des Spektrums weiter auseinandergezogen, die blaue enger zusammengedrängt erscheinen.

II. Wirkung der farbigen Strahlen auf Silbersalze.

Die meisten Silbersalze färben sich im Lichte dunkler oder schwärzen sich.

Silbersalze können ihre Lichtempfindlichkeit auf dreierlei Weise zeigen. Sie können sichtlich geschwärzt werden (direkte Lichtwirkung) oder ein latentes Bild erzeugen, das entweder physikalisch (Daguerreotypie, nasses Kollodiumverfahren) oder chemisch entwickelt wird (Bromsilber-, Chlorsilber-, Jodsilberemulsion mit alkalischer Pyrogallolentwicklung oder dergleichen).

Die empfindlichen Schichten werden auf Papier, wenn die zu prüfenden Silbersalze unlöslich sind, durch doppelte Zersetzung in der Textur des Papiers dargestellt; sind sie dagegen löslich, so taucht man das Papier in ihre wässerige oder alkalische Lösung. Im allgemeinen ist im erstern Falle die Schwärzung eine viel intensivere, wenn das lösliche Silbersalz, z. B. das Silbernitrat, im Überschusse vorhanden ist.

Ebenso wie die Silberhaloide leicht Silbernitrat adsorbieren und dadurch in der Regel gesteigerte Lichtempfindlichkeit erhalten, so adsorbieren sie auch Jod und Brom, verlieren dann an Lichtempfindlichkeit ganz und teilweise.

Die nachweisliche Wirkung des Spektrums auf Silbersalze erstreckt sich vom Blauen abwärts bis weit über das sichtbare Spektrum hinaus, das Maximum der Intensität liegt meistens im Blauviolett und Ultraviolett. Bei lebhaft gefärbten Silberverbindungen liegt die Maximalwirkung des Lichtes entsprechend der Absorption auch im grünen, gelben bis roten Bezirk, z. B. bei Eosinsilber im Grün. Auch verändern beigefügte Farbstoffe die Farbenempfindlichkeit der Silberhaloide. Die Grenze der Wirkung des Spektrums ist auch von der Natur des Prismas, wie von der Durchsichtigkeit der Atmosphäre abhängig; bei Prismen von Quarz oder isländischem Spat reicht sie viel weiter ins Ultraviolett, als bei Prismen aus Glas (s. o.).

1. Papier mit Silbernitrat getränkt

ist weniger empfindlich als Chlorsilberpapier. Es hat die größte Empfindlichkeit für Blauviolett und schwärzt sich im Ultraviolett, Violett, Blau bis Grün, wie die Kurve 1 in Fig. 150 anzeigt.

2. Silberhaloidsalze.

Jod-, Brom- und Chlorsilber verhalten sich unter verschiedenen Versuchsbedingungen gegen das Spektrum verschieden.

Es ist ferner zu bemerken, daß Halogensilber in Form des nassen Kollodiumverfahrens mit physikalischer Entwicklung ein anderes spek-

trales Verhalten zeigt, als in Form von Kollodiumemulsion mit chemischer Entwicklung und dieses wieder anders als eine Gelatineemulsion (s. u.). Auch bei einer und derselben Art von Bindemittel, welches zur Emulsionierung des Haloidsilbers diente, können verschiedene molekulare Formen oder Korngrößen der Partikelchen des Bromsilbers usw. das Verhalten gegen das Spektrum stark beeinflussen.

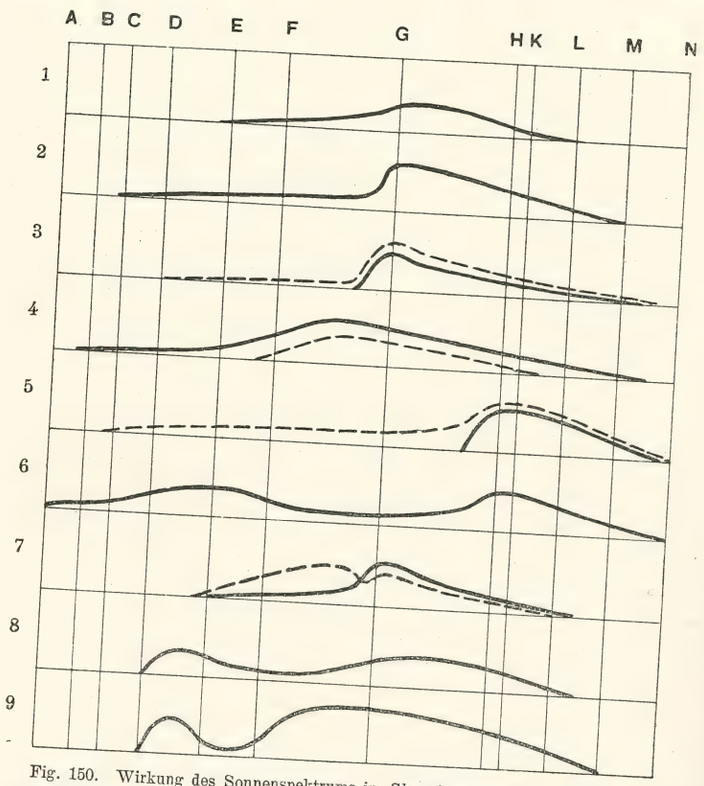


Fig. 150. Wirkung des Sonnenspektrums im Glasprismenspektrographen.
1. Papier mit Silbernitrat (kopiert). — 2. Jodsilber mit Silbernitratüberschuß auf Papier (kopiert). — 3. Jodsilber mit Silbernitratbad, nasses Kollodiumverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung. — 4. Bromsilber mit überschüssigem Silbernitrat auf Papier (kopiert); die punktierte Linie entspricht der Schwärzung beim kürzeren Kopieren, und ganz ähnlich ist die Wirkung Bromsilber mit Silbernitratbad beim nassen Kollodiumverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung. — 5. Chlorsilber und Silbernitrat auf Papier (kopiert). — 6. Chlorsilber, welches im Lichte violett angelaufen war (Bildung von Photochlorid) und dann erst dem Spektrum ausgesetzt wurde; ähnlich ist die Wirkung, wenn Chlorsilbergelatine oder Kollodium vorbelichtet und dann mit Ferrocitrat entwickelt wurde. — 7. Jodbromkollodium im nassen Kollodiumverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung. — 8. Eosinsilberhaltiges Bromsilber mit Silbernitrat im nassen Kollodiumverfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung. — 9. Eosinhaltiges Bromsilber in der Gelatineemulsion mit alkalischem Pyro-Entwickler.

Die Frage: „Wie wirken die verschiedenen Strahlen des Spektrums auf Silberhaloidsalze?“ läßt sich nicht einfach beantworten. Die Empfindlichkeit gegen die reduzierende Lichtwirkung kann sich vom Infrarot bis zum Ultraviolett erstrecken;

die Art und Weise der Wirkung aber wird durch die optischen (Farbstoffzusätze) Sensibilisatoren wesentlich beeinflußt. Andererseits sehen wir aber, daß das Licht auf dieselben Silberverbindungen auch oxydierend wirken kann; die Oxydation wird aber am meisten durch rotes, die Reduktion durch violettes Licht gefördert.

In vielen Fällen wirkt das rote und violette Licht auf Chlor-, Brom- und Jodsilber gleichartig: es bewirkt eine Reduktion vom Ultraviolett bis ins Ultrarot, wie oben erwähnt wurde; diese Angabe gilt sowohl von mit Quecksilber entwickelten Daguerreotypplatten, als von Trockenplatten, mögen sie mit diesem oder jenem Präservativ bedeckt sein, und physikalisch oder chemisch entwickelt werden. Der Verlauf des Reduktionsprozesses bleibt sich immer gleich, wenn auch die Empfindlichkeit der Schicht mit den Nebenumständen variiert. Dies beweisen viele oben erwähnte Versuche. Es kann also der Satz aufgestellt werden, daß alle Strahlen des Spektrums gleichartig reduzierend auf die Silbersalze wirken können.

Andererseits sind viele Beobachtungen gemacht worden, daß das rote Licht eine dem violetten Lichte gerade entgegengesetzte Wirkung äußern kann. Durch rotes, orangefarbiges und gelbes Glas gegangene Strahlen zerstören nämlich die Wirkung des weißen Lichtes auf eine Daguerreotypplatte, so daß die Fähigkeit Quecksilber aufzunehmen vermindert oder ganz verschwunden ist (Claudet, Compt. rend. Bd. 25, S. 554). Die Wirkung des violetten Lichtes auf Daguerreotypplatten wird namentlich durch rotes Licht zerstört (Herschel, Lerebours in Paris, Draper in New York, Fizeau, Foucault). Ganz ebenso aber verhalten sich die Silbersalze beim Kollodiumverfahren, sowohl bei saurer als bei alkalischer Entwicklung.

Wird eine (infolge eines Hauches von Silber) schwach verschleierte Bromsilberplatte dem Spektrum exponiert, so zerstört der rote Teil das metallische Silber, während am violetten anfangs die Reduktion rasch vorschreitet. Das photographische Spektrum erscheint infolge dessen bei schleierigen Platten nach der Entwicklung am roten Ende positiv, d. h. dort, wo das rote Licht wirkte, ist kein metallisches Silber vorhanden, die dunklen Spektrallinien aber bestehen aus Silber (erscheinen also positiv). Übrigens tritt diese Umkehrung der Lichtwirkung bei stark verlängerter Belichtung nicht nur im Rot, sondern auch im Violett ein. Man exponiert eine Bromsilber-Emulsionsplatte kurze Zeit dem Tageslichte und exponiert sie dann dem Spektrum. Bei der Entwicklung (alkalisch) färben sich keineswegs die vom Spektrum belichteten Teile am dunkelsten, sondern vielmehr jene Stellen, auf welche die dunklen Linien gefallen sind, wo also das Licht nicht wirkte. Diese umkehrende Wirkung erstreckt sich vom Ultrarot bis ins Violett; sie tritt also bei jeder Art des Lichtes ein.

Abney[1]) hat den Nachweis zu liefern versucht, daß die roten und ultraroten Strahlen Beschleuniger der Oxydation sind und bei Bromsilber gerade den violetten Strahlen entgegenwirken. Die variable Wirkung des Spektrums auf Bromsilber erklärt er durch die Anwesenheit von zweierlei Arten von Molekülen des Bromsilbers und Jodsilbers, wovon die eine das rote, die andere das blaue Licht absorbiert.

In seinem gewöhnlichen Zustand hat das Jodsilber und Bromsilber eine gelbe Färbung, und dementsprechend zeigt es das Maximum der Absorption beim blauen Ende des Spektrums und ist für dieses am lichtempfindlichsten. Abney fand nun, daß es möglich sei, die Molekularform des Bromsilbers so zu ändern, daß es für Rot und Ultrarot empfindlich ist, weil es diese Strahlen absorbiert.

1) Bulletin Associat. Belge Photogr. 1878, Bd. 5, S. 115.

Er erhielt Bromsilber in einer Form, welche rotes Licht absorbiert und natürlich dann blaues reflektiert, während beim gewöhnlichen Bromsilber das Umgekehrte stattfindet. Die Identität bezüglich der Zusammensetzung dieser zwei Arten der Formen von Bromsilber erhellt daraus, daß die erste Form durch Reiben in die zweite umgewandelt werden kann; sie sind nur durch den verschiedenen molekularen Zustand unterschieden (s. S. 254).

Solches rotabsorbierendes Bromsilber gibt eine Schicht, welche für rotes Licht empfindlich ist, d. h. wenigstens mit großer Wahrscheinlichkeit.

Abney zeigte Spektralphotographien, bei denen das Rot und Violett sehr schön erschienen, das Gelb aber nahezu ganz abwesend ist.

Ferner hat Abney auf Bromsilber-Kollodiumplatten ein Spektrum photographiert, bei dem er das Blau durch rotes Glas unterdrückt hatte. So gelang es das Infrarot zu photographieren.

Er gibt auch an, daß rotes Licht die Oxydation beschleunigt, wodurch eine Erklärung für die Solarisationserscheinung und vielleicht auch für die Photographie in Farben von Becquerel und Niepce de St. Victor möglich ist. Daß Rot und Ultrarot die Oxydation beschleunigen, zeigte Abney durch folgendes Experiment: Er präparierte eine Platte mit „Emulsion für rotes Licht“; sie wurde 2—3 Sekunden im zerstreuten Licht exponiert und dann in eine Kuvette getaucht, welche mit einer oxydierenden Substanz (Kaliumhypermanganat, Kaliumbichromat, Salpetersäure, Wasserstoffhyperoxyd) gefüllt war. Die Lösungen sind sehr schwach, z. B. 5—6 Tropfen Salpetersäure in 125 ccm Wasser[1]). So eingetaucht wurde die Platte durch 7 Minuten im Spektrum exponiert und bei der Entwicklung zeigte es sich, daß nicht nur die roten Strahlen die Reduktion verhindert, sondern sogar den Schleier beseitigt hatten, indem sie die Fraunhoferschen Linien undurchsichtig auf durchsichtigem Grund zurückgelassen hatten[2]).

Jod- oder Jod-Bromsilber verhält sich ähnlich.

Über das Verhalten des Jodsilbers stellte Abney eine neue Reihe von Untersuchungen an. Er bediente sich dabei eines Rahmens, mit dessen Hilfe man die Platten in verschiedenen Gasen oder Flüssigkeiten exponieren kann. Eine Jodsilberschicht wurde gewaschen, in eine Lösung von salpetrigsaurem Natron oder schwefligsaurem Natron getaucht und darunter exponiert. Das Resultat war, daß man ein Spektralbild bis zur Linie A erhielt, während unter gewöhnlichen Umständen die Schicht nicht weiter als bis B empfindlich ist.

Dies beweist, wie Abney meinte, daß einige größere Molekülgruppen in dem gewöhnlichen Jodsilber existieren, welche das rote Licht unter Reduktion absorbieren; er suchte diese Gruppen zu vermehren.

Gewisse Bromsilberemulsionen, welche Rot absorbieren und deshalb dafür lichtempfindlich sind, sind bei gewöhnlichen Expositionsversuchen unempfindlich. Wenn man sie in Lösungen taucht, welche Sauerstoff und Halogene absorbieren, werden sie ebenso empfindlich, wie die anderen Proben. Wenn die Kuvette mit Wasserstoff oder Stickstoff gefüllt ist, erhält man dieselben Resultate. Wenn man unter dieser Bedingung exponiert, wird es unmöglich, ein umgekehrtes Spektralbild zu erhalten.

1) Bei noch verdünnterer Lösung glaubt Abney: Die Oxydation und die Reduktion paralysieren sich gegenseitig.

2) Am violetten Ende tritt die normale Erscheinung auf: Helle Spektrallinien auf dunklem Grund.

Schon früher hatte Abney gefunden[1]) und angegeben, daß wenn gewöhnliche Bromsilberemulsion mit einer Wasserstoff- oder Stickstoffatmosphäre der Wirkung des Spektrums 10 Minuten lang ausgesetzt wird, nicht die Spur von Solarisation (sogen. Bildumkehrung) der Schicht sich zeigt, wie solche in dieser Zeit bei Gegenwart von Sauerstoff im blauen Teil unfehlbar eintritt. Die Präservative bei Kollodium-Trockenplatten (z. B. Gallussäure) hindern durch Sauerstoffabsorption die Solarisation; erst nach sehr langer Zeit tritt hier Solarisation ein. Wenn gewöhnliche Bromsilberschichten unter Lösungen von Pyrogallussäure, Gallussäure, Eisenvitriol und Kaliumferrooxalat exponiert und alkalisch entwickelt werden, so erhält man ein Bild von Rot und Infrarot. Unter Lösungen von salpetrigsaurem Kali exponierte Bromsilber- oder Jodsilberschichten (unter gewöhnlichen Umständen für Rot unempfindlich) gaben mit einem Entwickler von neutralem oxalsaurem Eisenoxydul ein Bild bis weit ins Ultrarot. Gewisse Silberverbindungen werden also durch Fernhalten des Sauerstoffes für gewisse Strahlen empfindlich.

Die oxydierende Wirkung der roten und gelben Strahlen im Sinne Abneys, sowie der älteren Forscher Poitevin und Becquerel[2]) bestritten Zenker und H. W. Vogel[3]); sie wurde aber von Lüppo-Cramer wieder zu Ehren gebracht[4]).

a) Direkte Schwärzung von Bromsilber.

Bromsilber wird sowohl bei Gegenwart von Bromkalium als überschüssigem Silbernitrat, als auch in gewaschenem Zustande vom Lichte rasch direkt geschwärzt. Jedoch wirkt Silbernitrat beschleunigend und wenn Bromsilber auch nur mit wenig überschüssigem Silbernitrat zusammen ist, schwärzt es sich durchgreifender.

Im Sonnenspektrum beginnt die Schwärzung sofort im Blau und erstreckt sich über das ganze sichtbare Spektrum und sogar über die roten Strahlen hinaus. Das Maximum der Wirkung liegt in der Nähe der Fraunhoferschen Linie G (Sir John Herschel). Bromsilberpapier (durch Baden von Papier in Bromkaliumlösung und Silbern im Silberbade) mit überschüssigem Silbernitrat exponiert, schwärzt sich am raschesten zwischen G und F, wie Kurve 4 in Fig. 150 angibt (Eder).

Auch gewaschenes Bromsilberpapier, welches statt Silbernitrat mit Kaliumnitritlösung sensibilisiert ist und als Photometerpapier Verwendung findet, zeigt ein ähnliches Verhalten gegen das Sonnenspektrum.

Bromsilbergelatine (mit überschüssigem Bromkalium präpariert und gewaschen) wird im Hellblau am raschesten schwarz, mit dem Maximum bei etwa λ 450 $\mu\mu$; übrigens ist die Wirkung sehr ähnlich der in Kurve Fig. 150 Nr. 4 angegebenen.

1) Photogr. Mitt. Bd. 15, S. 96.
2) Phot. Korresp. 1907, S. 376 und 439.
3) Phot. Mitt. Bd. 15, S. 47.
4) Phot. Korresp. 1909, S. 583.

Färbt man Bromsilberpapier mit gewissen Farbstoffen, so erfährt es eine Empfindlichkeitssteigerung für die weniger brechbaren Strahlen beim Auskopierprozeß. Nicht alle Farbstoffe, welche für den Entwicklungsprozeß gute Farbensensibilisatoren sind, wirken beim direkten Kopierprozeß gleich gut. Wirksam sind z. B. Chlorophyll für Rot, Rhodamin B für Orange und Gelb, Erythrosin für Gelbgrün und Grün, Auromin für Hellblau (Andresen)[1].

Rhodamin-Bromsilberpapier (s. dieses Handbuch Bd. III), welches mit überschüssigem Silbernitrat und nachherigem Auswaschen hergestellt wird und für gewisse photometrische Zwecke Bedeutung besitzt, untersuchte Eder[2]) im Spektrographen. Er fand das Maximum der Wirkung

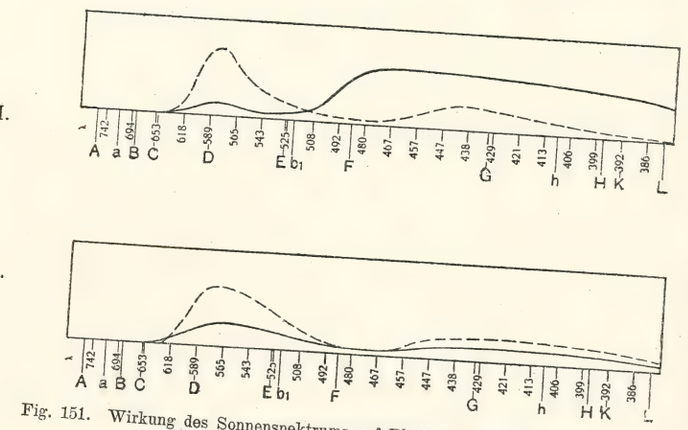


Fig. 151. Wirkung des Sonnenspektrums auf Rhodamin-Bromsilberpapier.

des Sonnenspektrums nächst der Linie D (bei λ 589 bis 587); bei längerer Belichtung verbreitet sich das Band von λ 608 bis 571 und darüber hinaus; im Blaugrün ist ein Minimum und im Hellblau bei λ 440 bis 450 liegt ein zweites Maximum, an das sich ein breites Band Ultraviolett anschließt. Die gestrichelte Kurve I Fig. 151 veranschaulicht diese Wirkung des Spektrums auf Andresens Bromsilberpapier. — Färbt man Bromsilbergelatineplatten, welche ohne Silbernitratüberschuß (nach Art photographischer Trockenplatten) hergestellt sind, mit demselben Rhodamin-Farbstoff, trocknet und setzt sie der direkten schwärzenden Wirkung des Sonnenspektrums aus, so bemerkt man dasselbe Sensibilisierungsband im Orange und Gelb, aber in geringerer Stärke (s. Fig. 151);

1) Phot. Korresp. 1898, S. 504.
2) Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien; Mathem.-naturw. Kl., Juli 1902.

die geringen Spuren Silbernitrat in Andresens Papier erhöhen eben die sensibilisierende Wirkung beträchtlich. Ähnlich verhält sich Rhodamin-Bromsilberkollodium mit Silbernitratüberschuß, wobei die gestrichelte Kurve II Fig. 151 das chemisch entwickelte Bild des Sonnenspektrums, die ausgezogene Kurve die direkte Schwärzung angibt. Latentes Lichtbild und direkte Schwärzung zeigen somit ähnliche Wellen im Spektrum (Eder, Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Kl., Bd. 110, Abt. IIa, Okt. 1901, S. 1118 und Bd. 111, Juli 1902).

b) Bromsilber mit Entwicklung.

Wird das Bromsilber kurz belichtet und das latente Lichtbild entweder physikalisch oder chemisch entwickelt, so wird der Verlauf der Wirkung des farbigen Spektrums, insbesondere seine Maximalwirkung durch diese Art der Hervorrufung bei ein und derselben Art der sensiblen Schicht, wenig beeinflußt; dagegen bringt verschiedene Präparation der photographischen Schicht, insbesondere aber Kollodium- oder Gelatineemulsion, ein wesentlich verschiedenes spektrales Verhalten mit sich.

c) Daguerreotypplatten.

Daguerreotypplatten mit Brom dargestellt sind weiter ins Grüne empfindlich, als Jodsilberplatten, weshalb Herschel schon 1840 und 1842 diese Anwendung empfahl und sagte: „Es muß eine neue Photographie geschaffen werden, in welcher Brom die Grundlage bildet“[1]).

d) Bromsilberkollodiumbadeplatten mit physikalischer Entwicklung.

Bromsilber im nassen Kollodiumverfahren mit saurer Eisenvitriol- oder Pyrogallol-Entwicklung. Crookes beobachtete eine Wirkung von E und F bis zum Violett nach H. Schultz-Sellack fand nasse Bromsilberkollodiumplatten bis zu F im Blau empfindlich; Becquerel dagegen bis zur Linie E. — Bei sehr langer Belichtung im Spektrum hinter rotem Glas rückt die Wirkung schwach bis ins Rot vor. H. W. Vogel fand[2]), daß selbst bei der relativ kurzen Exposition von 7 Minuten auf trockenem Bromsilber die Empfindlichkeit bis D, ja bei längerer Exposition bis a im Rot reicht; daß ferner Bromsilber unter Silbernitratlösung exponiert empfindlicher für Blau, dagegen weniger empfindlich für Rot und Gelb wird.

Färbt man Bromsalzkollodium mit Eosin (oder besser Äthyleosin) und silbert es dann im Silberbade, so resultiert eine sensible Schicht

1) Philos. Transact., Dinglers Journ., Bd. 133, S. 430.
2) Poggend. Annal. Phys., Bd. 153, S. 220.

von Bromsilber, Eosinsilber und überschüssigem Silbernitrat, welche beim Belichten im Sonnenspektrum und Entwickeln mit Eisenvitriol fast ein geschlossenes Band vom Ultraviolett bis über D ins Orangegelb zeigt und gut für orthochromatische Gemäldeaufnahmen (aber nur in sehr hellem Lichte!) geeignet ist.

e) Bromsilber-Kollodiumemulsion.

Wird Bromsilber in Kollodium, also in alkoholisch-ätherischer Lösung emulsioniert und gewaschen, so zeigt es in dieser Form eine wesentlich andere Farbenempfindlichkeit im sichtbaren Spektrum als Gelatineemulsion. Bromsilberkollodium ist nach H. W. Vogel[1]) am empfindlichsten für Indigoblau in der Region um die Fraunhofersche Linie G (bei λ 430 $\mu\mu$), während Bromsilbergelatine das Maximum der Empfindlichkeit im Hellblau bei ungefähr λ 450 $\mu\mu$ besitzt.

Die Versuche Eders bestätigten diese Angaben; nach seinen Spektrumphotographien läßt sich die Wirkung des Sonnenspektrums auf Bromsilbergelatine mit chemischer Entwicklung durch die Kurve 1 in Fig. 152 darstellen (Maximum der Wirkung in Hellblau zwischen den Fraunhoferschen Linien G und F), während Bromsilberkollodium sowohl mit chemischer als physikalischer Entwicklung die größte Empfindlichkeit zwischen H und G im Indigoblau besitzt (Kurve 2 in Fig. 152).

Bromsilberkollodium wird meistens in gewaschenem Zustande (frei von Silbernitratüberschuß) in der photographischen Praxis verwendet, speziell nach entsprechender Farbensensibilisierung für Rot, Gelb und Grün (auch für Dreifarbenphotographie usw.). Es kann als Regel gelten, daß Bromsilberkollodium besser der Farbensensibilisierung zugänglich ist, als Bromsilbergelatine; manche Farbstoffe kommen im Kollodium erst dann zur vollen Wirkung, wenn Silbernitrat zugesetzt ist, während Gegenwart von überschüssigem Bromammonium oder dergl. der Farbensensibilisierung abträglich ist.

Abney entdeckte eine besondere Form der Bromsilberkollodiumemulsion, bei welcher im Gegensatze zur gewöhnlichen Kollodiumemulsion die Partikelchen sehr groß sind und Schichten, welche in der Durchsicht blau erscheinen, erhalten werden; dieselbe ist besonders empfindlich für Rot, ja für Ultrarot (s. S. 250). Man erhält diese Art durch Kochen von Bromsilberkollodium, wobei die Farbe des Bromsilbers in eine grünliche übergeht. Die Wirkung des Sonnenspektrums ist in Kurve 3, Fig. 152 wiedergegeben.

Um die infraroten Strahlen zu photographieren, stellt Abney[2]) seine Kollodium-

1) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 1024.

2) Phil. Transact. 1880, II, 653. Beibl. Ann. Phys. Chem. 1881, 807; daselbst findet sich Näheres über den angewandten Spektralapparat, sowie Phot. News. 1878, Seite 302.

emulsion in folgender Weise her: Er löst 16 g Kollodiumwolle in 120 ccm Äther (spez. Gew. 0,725), 60 ccm Alkohol (spez. Gew. 0,820) und setzt zu 90 ccm dieses Kollodiums 28 g reines Zinkbromid gelöst in 15—30 ccm Alkohol und 3,75 g Salpetersäure. 43½ g Silbernitrat werden hierauf in möglichst wenig heißem Wasser gelöst und 30 ccm kochenden Alkohols zugesetzt. Diese Lösung wird allmählich zu dem bromierten Kollodium unter Umrühren zugesetzt. Die Kollodiumemulsion wird nun in einen

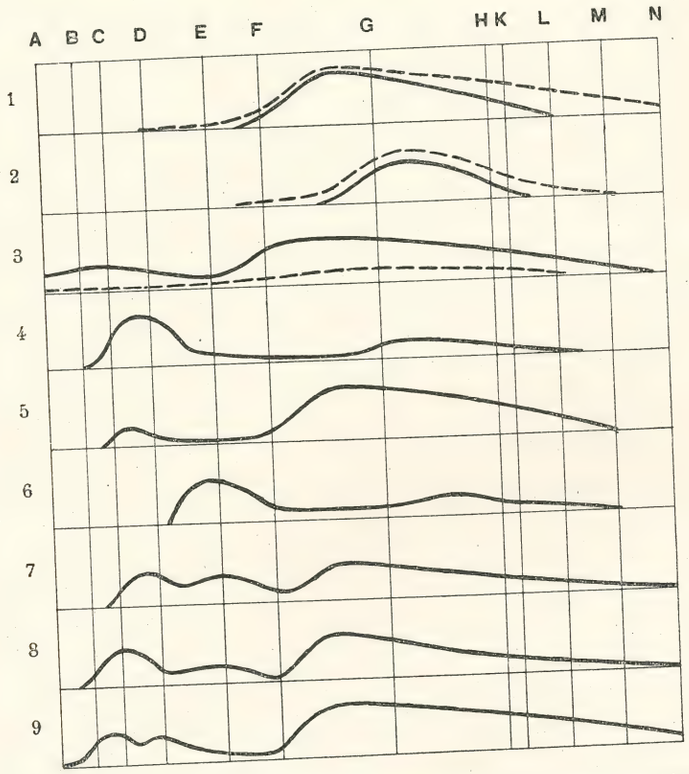


Fig. 152. Wirkung des Sonnenspektrums auf Bromsilberplatten im Glasspektrographen.
1. Bromsilbergelatineemulsion (entwickelt). — 2. Bromsilberkollodiumemulsion (chemisch oder physikalisch entwickelt). — 3. Rotempfindliches Bromsilberkollodium nach Abney. — 4. Bromsilberkollodium mit Äthylviolett (entwickelt). — 5. Bromsilbergelatine mit Äthylviolett (entwickelt). — 6. Bromsilberkollodium mit Fluorescein (entwickelt). — 7. Bromsilbergelatine mit Pinachrom (ähnlich ist Äthylrot oder Orthochrom). — 8. Bromsilbergelatine mit Pinacyanol. — 9. Bromsilbergelatine mit Dicyanin (sämtliche entwickelt).

Glaskolben gebracht, die Lösungsmittel in einem Wasserbade abdestilliert, wobei man aufhört, sobald alle festen Teile sich am Boden abgesetzt haben. Die übrigbleibende Flüssigkeit wird nun abgezogen und die Flasche mit Wasser gefüllt. Nach ¼ Stunde wird der Inhalt der Flasche auf ein Leinwandfilter gebracht, ausgepreßt und ausgewaschen. Der feste Rückstand wird hierauf in Alkohol von 0,820 spez. Gew. gebracht, um das Wasser zu entfernen, der Alkohol dann ausgerungen und endlich der Rückstand in eine Flasche gebracht und mit 60 ccm Äther (spez. Gew. 0,720) und

60 ccm Alkohol (spez. Gew. 0,805) übergossen. Mit dieser Lösung wird die Glasplatte bedeckt, dann gewaschen, in eine verdünnte Lösung von Salzsäure gebracht, gewaschen und hierauf getrocknet.

Zum Entwickeln dient der Eisenoxalat-Entwickler.

Vermindert man die Menge der Salpetersäure auf $^1/_4$, so erhält man bei sehr kaltem Wetter Platten, die für Wärmestrahlen von siedendem Wasser oder Quecksilber empfindlich sind.

Abney fand die Exposition, die bei der Linie *A* notwendig ist, etwa 25mal so groß, als die für *G* erforderliche in ganz hellem Sonnenlicht um Mittag, und für das Infrarot würde sie 35mal so groß sein.

Ritz ist es gelungen, das Verfahren von Abney zu verbessern. Die besten Resultate erhält man beim Fällen einer konzentrierten $AgNO_3$-Lösung mit Zink- oder Ammoniumbromid in der Wärme, auch ist der Zusatz von Pyroxylin (1,5 g auf 10 g $AgNO_3$) empfehlenswert. Weitere Einzelheiten des Verfahrens müssen im Original nachgelesen werden. Wiederholtes Erwärmen macht die Emulsion immer empfindlicher für rotes Licht. Wird Bromsilber, sei es aus Alkohol, sei es aus wässerigen Lösungen gefällt, gewaschen, dann einige Minuten in reinem Wasser oder nach Zusatz von ein wenig Silbernitrat erhitzt, so ist es nach Emulsifikation in Gelatine stark empfindlich für Infrarot, empfindlicher als die Abneysche infrarotempfindliche Kollodiumemulsion (siehe Compt. rend. 1906, Bd. 143, S. 167; Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 394). Das Arbeiten mit Gelatineemulsion ist aber im allgemeinen empfehlenswerter.

f) Bromsilbergelatine mit Entwicklung.

Von besonderer Bedeutung für die Photographie ist die gewöhnliche Bromsilbergelatine-Trockenplatte. Ihre Empfindlichkeit reicht ins äußere Ultraviolett so weit, als man mit Bergkristallapparaten vordringen kann und verläuft ununterbrochen bis ins Hellblau, um dann im Blaugrün rasch zu sinken; nur bei sehr verlängerter Belichtung rückt das Band der photographischen Wirkung in relativ schwacher Wirkung bis über Gelb (über die Fraunhofersche Linie *D* gegen Orange), s. Fig. 152.

Auch die Bromsilbergelatine (mit Eisenoxalat- oder alkalischem Pyrogallol-Entwickler usw.) zeigt ein etwas verschiedenes Verhalten, je nachdem es die lichtempfindlichere oder weniger empfindliche Modifikation des Bromsilbers enthält (Eder[1]). Bekanntlich erhält frisch gemischte Bromsilbergelatine wenig empfindliches Bromsilber, welches in dünner Schicht in der Durchsicht rot erscheint und „feinzerteiltes pulveriges Bromsilber“ enthält. Mit dieser Emulsion überzogene Platten zeigen nach kurzer Belichtung eine Wirkung von Ultraviolett bis Blaugrün (nahe der Fraunhoferschen Linie *F*) mit dem Maximum der Wirkung $F^2/_3\,G^2$). Bei längerer Belichtung schreitet die Wirkung beiderseits

1) S. dieses Handbuch, III. Band, Photographie mit Bromsilbergelatine (4. Aufl.). — Zuerst publiziert in den Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien, II. Abt., 1884.

2) D. h. zwei Drittel der Distanz von *F* nach *G*.

sowohl gegen Ultraviolett bis gegen Grün vor. Die Kurve 1, Fig. 153 zeigt ein Bild von den Intensitätsverhältnissen der Wirkung bezogen auf die Fraunhofersche Linie (die punktierte Linie gibt die Schwärzung der Bromsilberschicht nach kurzer, die voll ausgezogene nach langer Belichtung). Digeriert man die Emulsion mit Ammoniak, so wird die Emulsion nicht nur im allgemeinen lichtempfindlicher, sondern es rückt die Empfindlichkeit etwas gegen Gelb im Spektrum vor; das Maximum

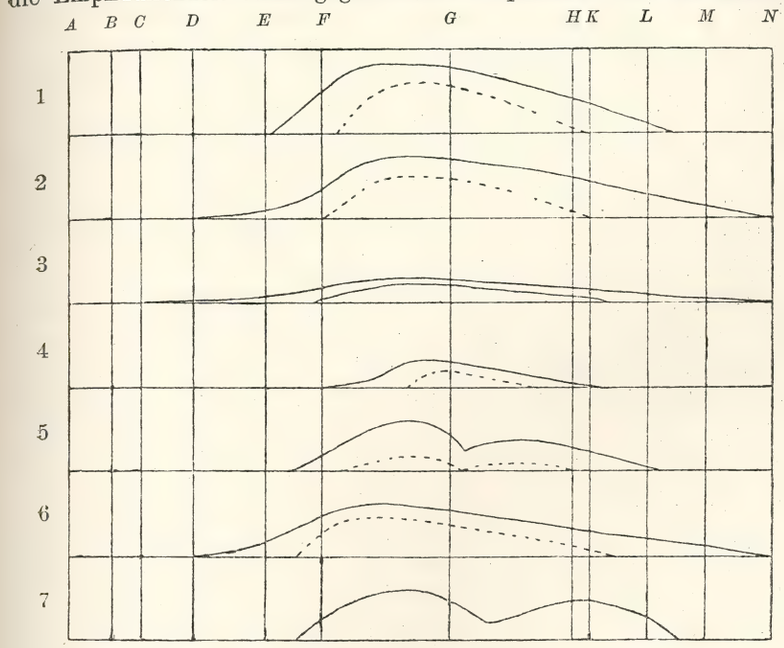


Fig. 153. Wirkung des Sonnenspektrums auf Silberhaloid im Glasspektrographen.
1 bis 3 Spektrumbild auf verschiedenen Modifikationen des Bromsilbers. — 4 auf Jodsilbergelatine. — 5 auf gemischter Jodsilbergelatine und Bromsilbergelatine. — 6 auf zusammendigeriertem Jodbromsilber. — 7 auf gemischtem Jodsilber und Chlorsilbergelatine.

der Empfindlichkeit geht etwas (unbedeutend) weiter gegen *F* (Kurve 2 in Fig. 153), gleichzeitig entsteht die „feinzerteilte körnige Modifikation“ des Bromsilbers, das Korn des Bromsilbers vergrößert sich und die Emulsion läßt in dünner Schicht blaues Licht durch. Nach sehr langer Digestion wird die Empfindlichkeit des Bromsilbers wesentlich gesteigert; die so erhaltenen extrarapiden Platten zeigen im Spektrographen kein so deutliches Maximum und die Kurve der Spektralwirkung verflacht sich und erstreckt sich bei stark verlängerter Belichtungszeit weiter gegen das weniger brechbare Ende des Spektrums bis *D* und darüber hinaus (Eder a. a. O.); S. 268. — Vgl. ferner Tafel III, V, VI, VII u. VIII.

Bei photographischen Aufnahmen normaler Belichtungszeit hat man bei Bromsilbergelatine mit chemischer Entwicklung nur mit einer Blau-, Violett- und Ultraviolettempfindlichkeit zu rechnen.

g) Empfindlichkeitsmaxima für Bromsilbergelatine.

Die Bedeutung des Empfindlichkeitsmaximums des Bromsilbers gegen das Spektrum für die Photographie veranlaßte Eder[1]), die nicht ganz übereinstimmend angegebene Lage dieses Maximums zu untersuchen. Hierzu bediente er sich des Gitterspektrographen, sowie des Steinheilschen Glasspektrographen mit einem Compoundprisma (s. S. 37).

Für die angewandte Photographie ist jener Teil des Spektrums besonders wichtig, welcher bei der praktischen Photographie mit Glaslinsen sowohl bei Tages-, als elektrischem Lichte (reflektiertes Licht) zur Geltung kommt.

Der Gitterspektrograph gibt auf Bromsilbergelatineplatten im Ultraviolett eine kräftigere Schwärzung als der Glasspektrograph, aber gegen Grün und Blau zeigt sich die Wirkung des ersteren sehr ähnlich der von gut durchsichtigem Glase. Vergleicht man die im sichtbaren Spektrum liegenden Maximalwirkungen des Sonnenspektrums auf Bromsilbergelatine einerseits beim Gitter-, andererseits beim einfachen Glasprismenspektrographen, so ergibt sich, daß die auffällig nachweisbaren Verschiebungen hierbei nicht größer sind, als sie überhaupt nach H. W. Vogel auch bei verschiedenen Sorten von Bromsilberplatten (unabhängig von der Art der Spektrographen) vorkommen können.

Man kann bei Berücksichtigung dieser Tatsachen gute Glasspektrographen für derartige Arbeiten sehr wohl verwenden, und man ist keineswegs ausschließlich auf den Gitterspektrographen angewiesen, um exakte Studien über den Verlauf der Sensibilisierung bei photographischen Platten machen zu können.

h) Variable Lage des Empfindlichkeitsmaximums verschiedener Sorten von Bromsilbergelatineplatten gegen das Sonnenspektrum, im Gitter- und Glasprismenspektrographen.

Nachstehende Tabelle gibt die Zusammenstellung der Lage des Maximums der Empfindlichkeit von Bromsilbergelatine gegen das Sonnenspektrum sowohl im Gitter-, als im Glasspektrographen.

Während bei kurz exponierten Platten und harter Entwicklung das Maximum sich bei diesen Platten in der Sonne (Glasspektrograph) bei $\lambda = 451$ bis 458 ergibt, so liegen die Mittel der Maximalwirkungen etwas länger belichteter (immer noch unterexponierter) Bromsilbergelatineplatten (Sonne) nicht genau an derselben Stelle.

1) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Okt. 1901, Bd. 110.

	Maximum der Wirkung im Spektrum	Beiläufiges Band der Hauptwirkung bei kürzerer Belichtung	Erstreckung des Bandes bei längerer Belichtung
Gitterspektrograph (Schleußnerplatte)	von λ 447—445 Mittel 446	von λ 458—420	(E- über HK gegen L) von λ 500 oder 476 bis Ende des Sonnenspektrums, starke Wirkung bis weit ins Ultraviolett
Glasspektrograph (Schleußnerplatte)	von λ 453—449 Mittel 451	von λ 460—425 oder bis 400	von λ 492—400
Glasspektrograph (Deutsche „Apolloplatte“)	Mittel $\lambda = 455$	von λ 468—430, fast ebenso bis $\lambda = 390$	
Glasspektrograph (Englische „Imperialplatte“)	von λ 462—455	von λ 468—440	von λ 486—425, ziemlich stark bis $\lambda = 400$

Das Maximumband solcher etwas länger belichteter Platten verläuft im Glasspektrographen (Sonne) bei verschiedenen anderen, als in der Tabelle angegebenen Bromsilbertrockenplatten des Handels durchschnittlich von

λ 468 bis λ 435, Mitte . . . $\lambda = 443$,
oder von λ 460 bis λ 425, Mitte . . . $\lambda = 452$,

was von rascherer Ausbreitung der Wirkung gegen Ultraviolett herrührt. Solche scheinbare Maxima wurden ferner von λ 445 bis 540 gefunden. Folgende Zusammenstellung macht dies klarer:

Wahre und scheinbare Maxima der Wirkung des Sonnenspektrums auf ein und dieselbe Bromsilbergelatinesorte.

Art des Spektrographen	Wahres Maximum bei kurzer Belichtung	Scheinbares Maximum (Mitte des Bandes) bei längerer Belichtung
Gitterspektrograph	λ 446	λ 436
Glasspektrograph	λ 451 (bis 458)	λ 443 (bis 454)

i) Empfindlichkeitsmaxima bei künstlichen Lichtquellen.

Künstliche Lichtquellen ändern die Lage des Empfindlichkeitsmaximums auf photographischen Platten entsprechend der spektralen Zusammensetzung des ausgesendeten Lichtes, und zwar fand Eder bei einer Versuchsreihe mittels des Glasspektrographen folgende Schwankungen:

	Maximum der Empfindlichkeit
Bromsilbergelatine, Sonnenlicht	bei $\lambda = 451$
„ Auer-Gasglühlicht	454
„ Gas-Argandbrenner	456
„ Petroleum-Flachbrenner	457

Die photographischen Maxima auf Bromsilber treten stets als breite Bänder auf und sie lassen sich demzufolge nicht genau festlegen, jedoch entsprechen die obigen Ziffern gut der tatsächlichen Verschiebung des Maximums des photochemischen Effektes dieser Lichtquellen auf Bromsilbergelatine[1]).

Vielfach werden in der orthochromatischen Photographie Erythrosin-Gelatineplatten verwendet, welche den gebräuchlichen Typus der gelbgrünempfindlichen Platten abgeben[2]).

Das Sensibilisierungsmaximum auf Erythrosin-Bromsilberplatten liegt im Glasspektrographen für Sonnenlicht bei:

	Sensibilisierungsmaximum
Erythrosin-Bromsilbergelatine, kurze Belichtung .	von λ 565 bis 560
Mitte des Sensibilisierungsbandes ca.	bei λ 562

Das breite Sensibilisierungsband erstreckt sich beiderseits von $\lambda = 570$ bis 548, gegen Orange sinkt es mittelstark bis ca. $\lambda = 580$, verläuft schwach bis über die Fraunhofersche Linie D und verliert sich bei $\lambda = 600$, obschon es sich bei sehr langer Belichtung ins Orangerot schwach erstreckt; in letzterem Falle sind die Stellen des Sensibilisierungsmaximums schon unmäßig überexponiert. Gegen Grün sinkt die Wirkung mit abnehmender Wellenlänge weniger rasch, so daß bei längerer Exposition das Sensibilisierungsband sich unsymmetrisch, d. i. mehr gegen Blaugrün als gegen Gelb erweitert; mittelstarke Wirkung läßt sich bis ca. $\lambda = 540$ oder 545 verfolgen. Das Minimum der Wirkung liegt bei λ 502 bis 495.

Im Gitterspektrum liegt bei Erythrosin-Bromsilberplatten das Sensibilisierungsmaximum (Sonnenlicht) bei ca. $\lambda = 558$, also etwas weiter gegen das stärker brechbare Ende, jedoch sind bei diesen breiten Sensibilisierungbändern im Gitterspektrum die Bestimmungen dieser Maxima keineswegs genau.

Bei Eosinfarbstoffen und manchen anderen wirkt Zusatz von etwa 1 % Ammoniak zur Farbstofflösung günstig auf die Farbenempfindlich-

1) Das photographierte Spektrum dieser Lichtquellen erfährt an der stärker brechbaren Seite gegen Ultraviolett eine stark merkliche Verkürzung je nach der Lichtart.

2) Die Wirkung des Sonnenspektrums auf Erythrosinplatten zeigt Tafel III, Nr. 1, Tafel V, Nr. 2 und Tafel VII, Nr. 2; die Dämpfung des Blau durch Vorschalten gelber Gläser zeigt Tafel III, Nr. 3.

keit der Bromsilbergelatineplatten; auch ein Vorbad von 1 proz. wässerigem Ammoniak und nachheriges Baden im Farbstoffbade leistet oft gute Dienste.

Hochempfindliche Bromsilbergelatineplatten zeigen eine, wenn auch nur geringe Empfindlichkeit für Gelb, Orange, Rot, ja sogar Infrarot. Will man im Spektrographen dies sicher nachweisen, so muß man die blaue Seite des Spektrums durch Vorschalten orangegelber Gläser abdämpfen oder ausschalten, um störende fremde Lichtreflexe auszuschalten.

Hinter einem Schirme einer orangeroten Chrysoidinlösung kann man das Sonnenspektrum auf gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten bis über die Fraunhofersche Linie C deutlich photographieren, wenn man nur lange genug exponiert (Eder, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch., Wien, Dez. 1884).

Deshalb ist es möglich, eine sonnenbeschienene Landschaft oder Architektur hinter einem orangegelben Lichtfilter zu photographieren, wenn man nur lange genug exponiert, um mit der sehr schwachen Empfindlichkeit der Bromsilberplatte für gelbes Licht ein genügend kräftiges Lichtbild zu erhalten. In Anbetracht der sehr geringen Empfindlichkeit der Bromsilbergelatine gegen langwelliges Licht ist ein solcher Vorgang jedoch unnütz[1]). Will man im grünen bis roten Bezirke photographieren, so soll die Bromsilbergelatineplatte durch sogen. Farbensensibilisatoren farbenempfindlich gemacht werden.

k) Farbensensibilisatoren für Bromsilber.

Prof. H. W. Vogel entdeckte im Jahre 1873 die Tatsache, daß beigemengte Farbstoffe das Bromsilberkollodium für grüne, gelbe und rote Lichtstrahlen empfindlich machen (sensibilisieren), wenn sie dieselben absorbieren; z. B. absorbiert Corallin gelbes und grünes Licht und macht das Bromsilberkollodium (mit Hervorrufung) empfindlich für diese Farben (siehe Kurve IV in Fig. 157). Diese Farbstoffe, welche das Bromsilber oder Chlorsilber für gewisse Farben des Spektrums empfindlich machen, nannte H. W. Vogel „optische Sensibilisatoren“; man kann auch derartige Substanzen nach dem Vorschlage des Verfassers, welcher sich seit 1884 mit dem Studium derselben insbesondere für Gelatineplatten befaßte, mit dem Namen „Farbensensibilisatoren“ bezeichnen[2]).

Das Sensibilisierungsmaximum eines Farbstoffes hängt innig mit dem Absorptionsmaximum des Farbstoffes zusammen. Beide Maxima liegen jedoch in der Regel nur annähernd, aber nicht genau an der-

1) Vgl. Eder, Phot. Korresp. 1895, S. 545.

2) Diesen Ausdruck hat Eder bereits im Jahre 1886 gebraucht (Phot. Korresp. 1886, S. 227) und wurde auch von Baron Hübl (Phot. Korresp. 1890) empfohlen. — Bothamley schlug den Namen „Selective Sensibilisatoren“ vor (Eders Jahrbuch f. Photogr. für 1889, S. 400).

selben Stelle des Spektrums; meistens ist das Sensibilisierungsmaximum etwas (z. B. um 30 $\mu\mu$) gegen Rot hin verschoben. Jedoch ist diese Regel nicht streng und nicht allgemein gültig. Farbstoffe mit mehreren Absorptionsbändern geben in der Regel ebensoviele Sensibilisierungsstreifen.

Häufig wirken schon ganz geringe Farbstoffspuren stark sensibilisierend. Bei Erythrosin bewirkt z. B. schon $^1/_{30\,000}$ Farbstoffzusatz zur Bromsilbergelatineemulsion noch nachweislich eine deutliche Sensibilisierung für Gelbgrün.

Die Konzentration der Farbstofflösungen ist von sehr großem Einflusse, indem zu starke Lösungen die Farbenempfindlichkeit **nicht** erhöhen, sondern sogar die Gesamtempfindlichkeit bedeutend herabdrücken; dies ist eine Folge der Schirmwirkung (Lichtabsorption) der allzu starken Farbstoffschicht, welche das Bromsilber einhüllt oder wie ein Schirm vor demselben lagert. Durch solche Schirmwirkung kann auch die Wirkung des Spektrums auf die photographische Schicht beeinflußt und das Sensibilisierungsmaximum und -minimum verschoben werden.

Mitunter fügt man absichtlich den sensibilisierenden Farbstoffen auch solche zu, welche das übermäßig stark wirkende Blau dämpfen (gelbe Farbstoffe[1]); sie wirken im selben Sinne, wie das Vorschalten von gelben Dämpfungsfiltern vor den Aufnahmeapparat. Diese Farbstoffgemische müssen sorgfältig ausgewählt werden, damit sie sich nicht gegenseitig stören.

Das Bromsilber ist in jeder Form seiner Darstellung einer Sensibilisierung durch Farbstoffe fähig, wenn auch nicht in gleich hohem Grade, ebensowohl, wenn man es mit Silbernitratüberschuß herstellt, als wenn man es mit überschüssigem Bromkalium oder dergl. fällt und dann wäscht. Schädlich wirkt aber stets die Gegenwart größerer Mengen von löslichem Bromid, welches die Farbensensibilisierung schwächt oder aufhebt; dagegen wirkt ein Überschuß (oft nur Spuren) von überschüssigem Silbernitrat bei vielen (nicht allen) Farbstoffen günstig[2]). Die Wirkung der Farbensensibilisierung kommt bei bindemittelfreiem Bromsilber, bei Bromsilberkollodium und Bromsilbergelatine zum Vor-

1) Solche Farbstoffe bringt die Farbenfabrik in Höchst am Main in den Handel.

2) Bereits H. W. Vogel hatte auch die günstige Wirkung von Silbernitrat auf die Farbensensibilisierung beobachtet.

Hübl beschreibt 1894 die Verschiedenheit des Verhaltens von Bromsilber gegen Anfärbung einerseits bei Gegenwart von löslichen Bromiden, andererseits bei Silbernitratüberschuß (Eders Jahrb. f. Phot. 1894, S. 189); s. ferner Lüppo-Cramer, Wissenschaftl. Arbeiten auf dem Gebiete der Photogr., Halle 1902, S. 65.

schein, und zwar sowohl bei der direkten Schwärzung im Sonnenspektrum (lange Belichtung!), als auch beim photographischen Hervorrufungsprozeß, wobei der Verlauf des Sensibilisierungsbandes in seinem Typus wenig von der Art der Entwicklung (physikalische oder chemische Entwicklung) beeinflußt wird, wenn auch kleine Varianten der Farbenempfindlichkeit bei verschiedener Behandlung stets bemerklich sind.

Nach Lüppo-Cramer[1]) sensibilisieren feinkörnige Bromsilberemulsionen durch Farbstoffzusatz leichter als grobkörnige.

Besonders wichtig aber ist für die angewandte Photographie die Tatsache, daß Bromsilberkollodiumschichten in der Regel weit leichter und viel kräftiger sich für Rot, Gelb und Grün sensibilisieren lassen als Gelatineplatten. So erteilt z. B. Eosin dem Bromsilberkollodium (mit chemischer oder physikalischer Entwicklung) bei Anwesenheit von Spuren von Silbernitrat eine so gewaltige Gelb- und Grünempfindlichkeit, daß diese Farben photographisch weit kräftiger als Blau wirken. Dagegen erhöht derselbe Sensibilisator bei der Bromsilbergelatineplatte die Gelbgrünempfindlichkeit bei weitem nicht so stark über die Blauempfindlichkeit. Dies gilt nicht nur für die Eosinfarben, sondern auch z. B. für Fluorescein (Grünsensibilisator), für Äthylviolett (Rotsensibilisator) usw. und viele andere Farben, welche bei Gelatineplatten nur mäßig wirken, aber bei Kollodiumemulsionen gewaltige Farbensensibilisatoren sind. Mit diesen Tatsachen muß der Reproduktionsphotograph rechnen.

Die differente Wirkung des Äthylvioletts auf Bromsilbergelatine und -kollodium zeigen die Kurven in Fig. 152.

Wir wollen hier noch einige weniger bekannte, praktisch in der Photographie nicht benutzte Farbensensibilisatoren erwähnen, um die weite Gültigkeit der oben angegebenen Regel zu zeigen.

Fig. 154 zeigt die verschiedene Wirkung eines Farbensensibilisators auf Bromsilbergelatine und -kollodiumemulsion mit chemischer Entwicklung nach Spektrumphotographien Valentas[2]). Spektrum 1 stellt die Wirkung des Gaslichtspektrums auf eine mit Thiazolgelb gefärbte Bromsilbergelatineplatte vor; Spektrum 2 dasselbe auf Kollodiumemulsion, welche ein weit kräftigeres Sensibilisierungsband besitzt, so daß die Blauempfindlichkeit stark zurücktritt. Ähnliches ergibt sich bei Verwendung von Nitropheningelb (Spektrum 3: Gelatineplatte; Spektrum 4: Kollodiumplatte). (Valenta, Phot. Korresp. 1901, S. 231 und 490.)

1) Lüppo-Cramer, Wissenschaftl. Arbeiten auf dem Gebiete der Photogr., Halle 1902, S. 69.

2) Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse (Wien 1904), S. 143.

Fig. 155, Nr. 1 zeigt die Wirkung des Titanscharlachs auf Bromsilbergelatine; Nr. 2 dasselbe mit Zusatz von Spuren von Silbernitrat. Man erkennt eine fast panchromatische Sensibilisierung.

Bei Verwendung von Bromsilberkollodium wird die Farbenempfindlichkeit gegen Rot bis Grün viel gewaltiger gesteigert so daß das

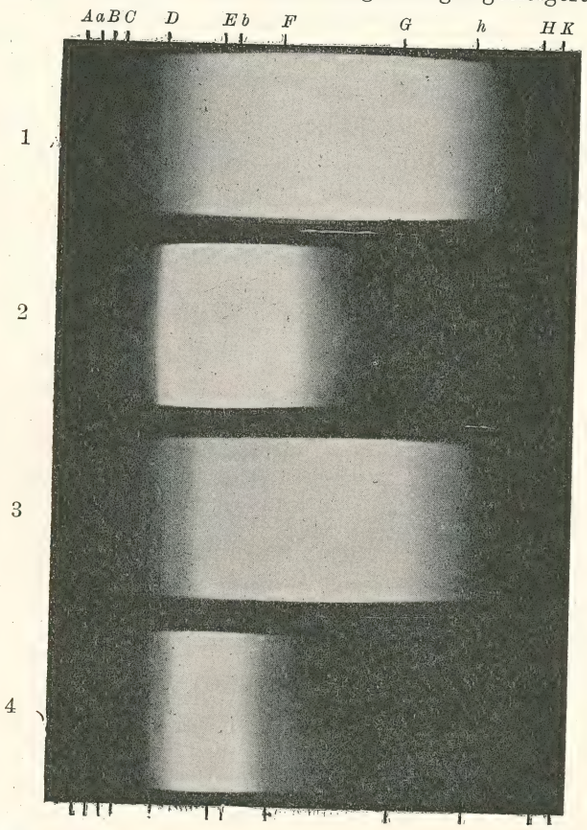


Fig. 154. Spektrumphotographie mit einem Glasspektrographen à vision directe.
Nr. 1 Bromsilbergelatine sensibilisiert mit Thiazolgelb. — Nr. 2 Kollodiumemulsion (AgBr) mit Thiazolgelb. — Nr. 3 Bromsilbergelatine sensibilisiert mit Nitropheningelb. — Nr. 4 Kollodiumemulsion mit Nitropheningelb.

Sensibilisierungsband (bei kurzer Belichtung) allein beim Entwicklungsprozeß hervortritt, dagegen die Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers gegen Blau weit zurücktritt[1]).

Nicht alle Farbstoffe sensibilisieren gleich gut, ja manche wirken überhaupt nicht sensibilisierend. Jedenfalls muß ein Farbensensibilisator das Bromsilberkorn direkt anfärben und mit ihm — sei es chemisch,

1) E. Valenta, Phot. Korresp. 1901, S. 231 und 490.

sei es durch Adsorption — innig verbinden. Deshalb kann man Bromsilbergelatineplatten, die mit Farbstofflösungen sensibilisiert sind, mit Wasser abspülen, ohne die Sensibilisierung aufzuheben.

Wir wollen hier nur einige der wichtigsten Sensibilisatoren für Bromsilbergelatineplatten anführen (vgl. Bd. III).

Gewisse gelbe Farbstoffe sensibilisieren für Blaugrün und verlängern gewissermaßen die Spektrumphotographie über die Grenze der

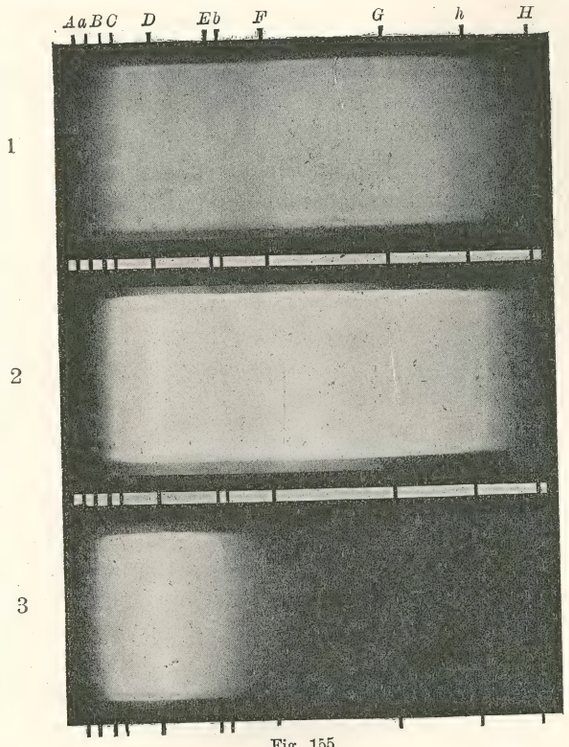


Fig. 155.
1 Bromsilbergelatine sensibilisiert mit Titanscharlach. — 2 Dasselbe mit Titanscharlach und Zusatz von Silbernitrat. — 3 Bromsilberkollodium, sensibilisiert mit Titanscharlach.

normalen Empfindlichkeit ins Blaugrün, weiter ins Gelbgrün oder Gelb. Hierher gehört z. B. Thiazolgelb, Nitropheningelb, dann Chrysanilin, Canariengelb, Akridingelb, Baumwollgelb. Die Wirkung dieser Farbstoffe ist nach E. Valenta[1]) in Fig. 154 abgebildet. — Übrigens sind einige dieser gelben Farbstoffe auch Sensibilisatoren im äußeren Violett und Ultraviolett (Valenta[2]).

1) Phot. Korresp. 1901, S. 321 und 490; 1902, S. 209 und 262.
2) Phot. Korresp. 1903, S. 483.

Von roten Farbstoffen seien die Eosinfarbstoffe mit dem besonders kräftig auf Bromsilbergelatine wirkenden Erythrosin (Tetrajodfluoresceinnatrium) erwähnt, welche zur Herstellung sogenannter orthochromatischer Platten dienen. Erythrosin sensibilisiert Bromsilbergelatine besser als Eosin (Tetrabromfluoresceinnatrium). Fig. 150 Nr. 8 und 9 zeigt die schematische Darstellung der Wirkung des Eosins auf Bromsilbergelatine und -kollodium. Tafel III zeigt die Abbildung einer Spektrumphotographie auf Erythrosin-Bromsilbergelatine. Man sieht das starke Sensibilisierungsband im Gelb (von der Linie *D* bis ins Grün bei *E*), einem Minimum im Blaugrün und dann aufsteigend das Band der Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers. Bringt man gelbe Glasscheiben (Dämpfungsfilter) vor den Spalt des Spektralapparates, so wird die Wirkung des Spektralblaus und Violetts zurückgedrängt (s. Tafel III, Nr. 2) und die Wirkung im Gelb und Grün tritt relativ stärker hervor. — Für Bromsilberkollodium wirkt aber das Äthyleosin, Phloxin usw. als guter Gelbgrünsensibilisator besser als Erythrosin, Monobromfluorescein als Grünsensibilisator. Je weiter die Absorption dieser Farbstoffe gegen Orange vorrückt, desto weiter reicht die Sensibilisierung gegen Orangerot, z. B. Rose bengal gegenüber Erythrosin.

Da bei den orthochromatischen Gelatineplatten in der Regel die Empfindlichkeit für Gelb und Grün im Vergleich zu der Blauempfindlichkeit der Platte zu gering ist und die weitere Steigerung der Gelbempfindlichkeit vorläufig nicht gelingt, so muß man das zu helle Blau des zu photographierenden Objektes dadurch dämpfen, daß man vor dem Objektiv eine Gelbscheibe anbringt („Dämpfungsfilter"). Bei Eosin-Kollodiumplatten ist dies nicht nötig, besonders wenn man zur Dämpfung der blauen Strahlen die intensiv gelbe Pikrinsäure oder dergl. dem Kollodium zusetzt (s. S. 262). Will man einzelne Zonen des farbigen Spektrums ganz unterdrücken, z. B. für Zwecke der Dreifarbenphotographie oder der Auslöschung einzelner Farbeneffekte in einer polychromen Vorlage, so schneidet man diese Zonen durch stärker absorbierende farbige Gläser („Lichtfilter") gänzlich ab („Kontrastfilter").

Pinaverdol sensibilisiert für Grün bis Gelb.

Chinolinrot wirkt einigermaßen ähnlich wie Erythrosin als Gelbgrünsensibilisator und läßt sich in Mischungen mit Cyaninfarbstoffen verwenden, um panchromatische Platten zu erhalten.

Formylviolett sensibilisiert für Orangerot (siehe Fig. 18, S. 30).

Die Wirkung von Titanscharlach zeigt Fig. 155.

Besonders wichtig für die Spektrumphotographie sind die sog. Isocyaninfarbstoffe geworden, weil sie ein fast geschlossenes Band der Empfindlichkeit auf Bromsilbergelatine von Ultraviolett bis Orangerot

geben. Hierher gehört Äthylrot, Orthochrom, Pinachrom usw. Fig. 156 zeigt die Wirkung dieser Farbstoffe an einer mit Orthochrom sensibilisierten Platte bei normaler Belichtung; bei kürzerer Belichtung macht sich ein geringes Minimum im Blaugrün geltend. Pinachrom verhält sich ähnlich, geht aber etwas weiter ins Orangerot (s. Fig. 152). Eine gute Vorschrift zur Verwendung von Pinachrom usw. lautet:

600 ccm Wasser (dest.),
400 „ Alkohol,
15—20 „ Pinachrom (1:1000).

Tafel V, Nr. 3 zeigt die Photographie des Sonnenspektrums auf Orthochromplatten bei ziemlich kurzer Belichtung. In Tafel VI, Nr. 1 ist die Photographie des Sonnenspektrums auf einer Pinacyanol-Orthochromplatte bei reichlicher Belichtung abgebildet. Tafel VII, Nr. 1 zeigt eine ebensolche kürzer belichtete Platte. Man erkennt, daß die sensibilisierende Wirkung nicht völlig gleichmäßig ist, sondern mäßige Maxima und Minima bemerklich sind, die allerdings kaum stören.

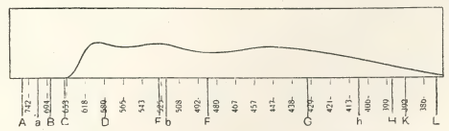


Fig. 156. Bromsilbergelatine mit Orthochrom.

Pinacyanol sensibilisiert weiter gegen Rot als Pinachrom und ist höchst wichtig für die Spektrographie (Spektralanalyse) im roten bis gelbgrünen Bezirk; es sensibilisiert bis λ 6800 kräftig, bis 7000 mäßig und bis über 8000 sehr schwach. (Vgl. Tafel IX.) Auch Gemische von Pinacyanol mit etwas Orthochrom sind zu empfehlen[1]), um das dem Pinacyanol eigentümliche, etwas störende Empfindlichkeitsminimum im Blaugrün zu überbrücken. Reines Pinacyanol hat jedoch eine etwas höhere Rotempfindlichkeit und Orthochrom allein eine bessere Blaugrünempfind-

1) Eder und Valenta haben in ihrem „Atlas typischer Spektren" (Wien 1911) zahlreiche Spektrumphotographien, welche auf solchen Pynacyanol-Orthochromplatten hergestellt wurden. Die Arbeitsvorschrift zum Sensibilisieren von (zumeist von der Schleußnerschen Trockenplattenfabrik in Frankfurt a. M. bezogenen) Bromsilbergelatinetrockenplatten lautet: 0,75 g Orthochrom und 0,25 g Pinacyanol werden in 600 ccm Alkohol und 400 ccm Wasser gelöst. Von dieser Lösung werden zum Gebrauche 20 ccm mit 400 ccm Alkohol verdünnt und 600 ccm Wasser zugesetzt. Die lichtempfindlichen Platten werden in letzterer Lösung durch 5 Minuten im Finstern gebadet und im ventilierten Trockenschrank bei ca. 20 bis 22° C rasch getrocknet. Werden die Platten nicht rasch getrocknet, so resultiert meistens eine mehr oder weniger starke „Verschleierung der Platten". — Orthochrom allein sensibilisiert besser für Grün und Blaugrün.

lichkeit als das Gemisch, dessen Gesamtwirkung sich allerdings auf eine viel größere Spektralzone erstreckt als jede der Komponenten allein.

Dicyanin ist ein guter spezifischer Rotsensibilisator; er wirkt bis ins Infrarot. Eder und Valenta haben in ihrem „Atlas typischer Spektren“ (Wien 1911) Bogenspektren der Elemente auf solchen Platten bis λ 9000 photographiert und heliographisch abgebildet; im Grün zeigen Dicyaninplatten ein starkes Minimum. Allerdings gestatten die mit diesem Farbstoff sensibilisierten Platten keine so kurze Belichtung als Pinacyanol.

Die Kurven Fig. 152 zeigen die Sensibilisierungskurven dieser Farbstoffe bei kurzer Belichtung. Bei reichlicher Belichtung dehnt sich die Wirkungszone weiter aus.

Auch mit Cyanin (besonders mit dem leichter löslichen Äthylcyanin) kann man von Gelb bis tief ins Rot, sogar Infrarot, sensibilisieren.

Alizarinblau *G* sensibilisiert Bromsilbergelatine bis ins dunkle Rot, ja bis Infrarot (Scable, Waterhouse, Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 403).

Gut für Rot bis Infrarot sensibilisieren gewisse Nigrosine (Eder), Wollschwarz 4 *B*, (Tafel VII, Nr. 6 zeigt eine Spektrumphotographie auf einer Wollschwarzplatte oder dergleichen. Schaltet man vor dem Spektralapparat eine rote Glasscheibe [Kupferrubin] ein, so gelingt sogar bei mäßig rotempfindlichen Platten die Photographie des roten Spektralbezirkes, wie Tafel III, Nr. 4 zeigt. Vgl. auch Fig. 18, S. 30), Platinschwarz, besonders Columbiagrün (Valenta[1]).

Durch Vorbelichten hochempfindlicher Bromsilbergelatineplatten (eventuell Baden derselben in Ammoniak) reicht die Empfindlichkeit bis über *A* ins Infrarot gegen die Fraunhofersche Linie *Z* ($\lambda = 820\,\mu\mu$) (Lehmann[2]). Beim Entwickeln entstehen dann Solarisationsbilder. Viel bessere Rot- und Infrarotempfindlichkeit gibt aber die Sensibilisierung mit Farbstoffen.

G. Meyer photographierte das infrarote Spektrum mit besonders durch Baden in der Farblösung präparierte Cyanin-Bromsilbergelatineplatten (Physik. Zeitschr. 1900, Bd. 2, S. 6). Hans Lehmann benutzte für Rot bis Infrarot ein Gemisch von Alizarinblaubisulfit und Nigrosin (Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 618).

Alizarinblau *G* sensibilisiert weiter ins Rot als Pinacyanol, ersteres bis λ 8750, letzteres nur bis λ 7500.

---

1) Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse, 1904, III. 166 (mit Heliogravüren).

2) Archiv f. wissensch. Phot. 1900, Bd. 2, S. 216.

Die Alizarinblau-Sensibilisierung wird hergestellt:

100 ccm Alkohol,
2 ccm Ammoniak,
0,1 g Alizarinblau *G*.

Dann 100 ccm Wasser filtrieren und sofort nach Ansetzen zum Bade der Platten verwenden. Die Platten werden zuerst in ein Bad von 1% wässeriger Ammoniaklösung gegeben (2 Minuten lang), dann 2 Minuten in obigem Farbbad gebadet und ebensolange in fließendem Wasser gewaschen. Sie sind wenig haltbar und werden am besten naß verwendet. Blythswood und Scoble stellten Photographien von Bogenspektren bis λ 8500 damit her (Astrophysical Journ., Bd. 24, 1906, S. 125).

G. Millochau, Über die Photographie des infraroten Spektrums. Auch dieser Forscher geht von der bisher bekannten Tatsache aus, daß die infraroten Strahlen die photographische Wirkung auf einer vorher belichteten Platte aufheben. Zur Absorption der übrigen Strahlen dient eine alkoholische Lösung von Chrysoidin, Malachitgrün und Anilinviolett. Es empfiehlt sich, die lichtempfindliche Schicht möglichst dünn zu machen, dann erhält man mit verschiedenen Platten übereinstimmende Abbildungen des infraroten Spektrums. Millochau wäscht rapide Bromsilbergelatine-Trockenplatten für 10 Minuten in destilliertem Wasser, dem einige Tropfen Essigsäure zugesetzt wurden, taucht dann ebenso lange in eine gesättigte alkoholische Lösung von Malachitgrün, spült mit Wasser rasch ab und trocknet. Dann bekommt die Platte eine Vorbelichtung von 30 Sekunden bei einer schwach vierkerzigen elektrischen Glühlampe im Abstande von 75 cm. Solche Platten geben das infrarote Sonnenspektrum von λ 750 bis 950 und die infrarote *Z*-Bande ist gut wirksam (Compt. rend., Bd. 142, S. 1407; Brit. Journ. Phot. 1907, S. 364; Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 394).

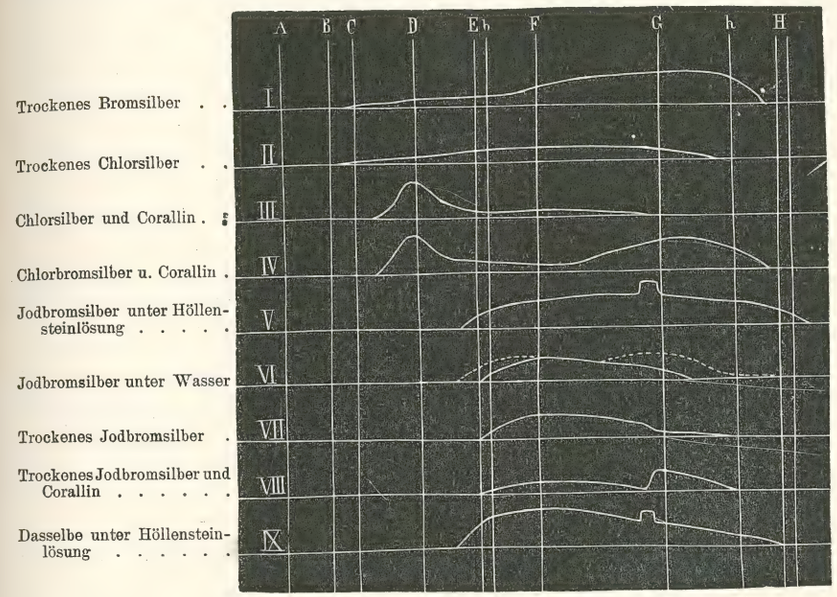


Fig. 157. Vogels Wirkungskurven der Spektralfarben.

Der Vollständigkeit und des historischen Interesses halber, geben wir das Kurvenbild Fig. 157, das einen anschaulichen Vergleich zwischen den Wirkungen des Lichtes darstellt, wie solche von Prof. H. W. Vogel bei verschiedenen Plattenpräparationen vor ungefähr 40 Jahren mittels des kleinen Spektrographen (s. S. 27) beobachtet wurden; wie bereits oben erwähnt wurde (s. Seite 43), ist das Violett und Ultraviolett hierbei sehr geschwächt, wie auch aus dem Vergleiche dieser Kurven mit den oben von Eder angegebenen hervorgeht.

l) Farbensensibilisierung des Bromsilbers durch farblose Substanzen.

Viele farblose Körper befördern die Farbenempfindlichkeit von Bromsilberkollodium; so vermehrt Tannin die Empfindlichkeit der Jodbromsilber-Trockenplatten für Violett, keineswegs aber für Blau und Grün, Morphin aber nicht nur die Intensität der Wirkung im Blau und Violett, sondern auch im Grün (Vogel[1]). Harzzusatz steigert nach Abney die Empfindlichkeit von Bromsilber-Kollodiumemulsion für rotes Licht bedeutend, was H. C. Vogel und Lohse bestätigten[2]), wogegen nach H. W. Vogel die durch Harzzusatz bedingte Vermehrung der Rotempfindlichkeit nur gering ist[3]). Nach Carey Lea[4]) machte nicht nur unverändertes Corallin Bromsilber grünempfindlich, sondern auch der durch Essigsäure entfärbte (d. i. gelb gewordene) Farbstoff; außerdem erhöhen die Grünempfindlichkeit von Bromsilberkollodium noch arsenigsaures Kali, arsenigsaures Silberoxyd, Salizin, Codein, essigsaures Morphin, Capsicumtinktur, valeriansaures Ammoniak, Coffein (?), wogegen viele Alkaloide die Grünempfindlichkeit verminderten[5]).

Badet man eine gewöhnliche Bromsilbergelatineplatte in ganz schwacher Silbernitratlösung und trocknet sie, so steigt ihre Empfindlichkeit (beim Hervorrufungsprozeß) nicht nur gegen weißes Licht, sowie die Gesamtempfindlichkeit im Spektrum, sondern auch die relative Empfindlichkeit gegen die weniger brechbaren Strahlen. (Eder, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien 1884.)

Jedoch ist die Steigerung der Empfindlichkeit des Bromsilbers gegen die weniger brechbaren Strahlen durch diese farblosen Körper eine verhältnismäßig sehr geringe und niemals treten deutliche Maxima der Wirkung im Grün, Gelb usw. auf.

m) Versuch einer Erklärung der sensibilisierenden Wirkung der Farbstoffe.[6])

Die innere Molekularbewegung wird beherrscht: 1. durch diejenigen Kräfte, welche von Molekül zu Molekül wirken, d. h. physikalische Molekularkräfte; 2. diejenigen, welche von Atom zu Atom wirken, d. h. chemische Kräfte, welche die chemische Konstitution, beziehungsweise die chemische Zersetzung der Moleküle bewirken.

Wenn eine eintreffende Lichtwelle mit der inneren Eigenschwingung des Moleküls im Einklange schwingt, so wirkt die Lichtwelle auf das Molekül ein und vermehrt die Amplitude des schwingenden Moleküls.

---

1) Phot. Korresp. Bd. 11, S. 202.
2) Ibid.
3) Phot. Mitt. Bd. 14, S. 18.
4) Jahresber. Chem. 1875, S. 147; 1876, S. 158. Fortschr. Phys. 1874, S. 597.
5) Phot. Korresp. 1874, S. 100.
6) Nach einem Vortrage von Eder gelegentlich der Daguerre-Feier der Wiener Photographischen Gesellschaft am 15. Oktober 1889.

Der vom Lichte getroffene Körper nimmt nur diejenigen Schwingungen aus den Ätherwellen seiner Umgebung auf, mit welchen seine Moleküle selbst schwingen oder zu schwingen imstande sind; es liegt also eine Art Resonanzerscheinung vor.

Nennen wir die spektroskopisch festgestellte Wellenlänge desjenigen Lichtstrahles, welche von einer Substanz am stärksten absorbiert wird, $= \lambda$, die Geschwindigkeit des Lichtes $(v) = 299000$ km, und n die zu suchende Anzahl der Schwingungen der absorbierenden Moleküle, so ergibt sich die Gleichung $n = \frac{v}{\lambda}$.

Bromsilber, in Form von Gelatineemulsion, zeigt das Maximum der Absorption für Licht von einer Wellenlänge = 450 Millionstel-Millimeter; daraus berechnet sich nach obiger Formel, daß das Molekül des Bromsilbers zur Ausführung einer Hauptschwingung 664 Billiontel-Sekunde bedarf. Tatsächlich wirkt Licht von annähernd derselben Schwingungszahl am kräftigsten auf Bromsilber ein, mit anderen Worten, vermehrt es die Amplitude der inneren Molekularschwingungen des Bromsilbers in so kräftiger Weise, daß ein Zerfall des Moleküls eintritt oder beginnt, welchen die photographischen Entwickler fortsetzen, so daß eine kräftige Reduktion entsteht.

Daneben sind auch zahlreiche Nebenschwingungen vorhanden, welche im Innern der Bromsilbermoleküle bewirken, daß das Bromsilber auch andere Lichtwellen von längerer oder kürzerer Schwingungszahl aufnimmt. Da jedoch diese Nebenschwingungen weniger kräftig sind und deshalb mit den Lichtwellen weniger in Wechselwirkung treten können, so muß intensiveres Licht vorhanden sein, damit sich die Schwingung und Amplitude der inneren Molekularschwingungen bis zum Zerreißen des Moleküls steigert, mit anderen Worten, das Bromsilber besitzt eine geringe Lichtempfindlichkeit für solche Strahlen, z. B. für Rot und Gelb.

Betrachten wir den Effekt eines Farbensensibilisators, z. B. Erythrosin, welcher eine innige Verbindung — sei es auf chemischem Wege oder durch Molekular-Attraktion — mit dem Bromsilber eingeht und nun seinerzeit Licht von 563 Milliontel-Millimeter Wellenlänge absorbiert und zur Ausführung einer Schwingung 531 Billiontel-Sekunde braucht.

Trifft nun ein einfallender gelbgrüner Lichtstrahl von der Wellenlänge 563 das mit Erythrosin gefärbte Bromsilber, so findet er Erythrosinmoleküle vor, welche am stärksten mit der Lichtwelle im Einklange schwingen und dieselben verbrauchen. Die Lichtwelle kann die Amplitude der Schwingungen des Exythrosinmoleküls bei fortgesetzter Einwirkung bis zum Zerfalle desselben steigern und kann z. B. das Erythrosin an und für sich bleichen. Andererseits kann aber auch das gleichzeitig vorhandene Bromsilbermolekül durch die gesteigerten Schwingungen des Farbstoffes mitgerissen werden und dadurch die bis dahin nebensächlichen Schwingungen des Bromsilbers zu einer Hauptschwingung steigern und den Zerfall des Bromsilbermoleküls bewirken.

Das Jodsilber ist sehr schlecht durch Farbstoff zu sensibilisieren, obwohl es sich gut anfärben läßt, wahrscheinlich weil es die Hauptschwingung entsprechend den blauen Strahlen des Spektrums besitzt und die Molekularbewegung nur in sehr geringem Maße oder gar nicht im Einklange mit den langwelligen Lichtstrahlen erfolgt, weshalb auch die Wirkung der beigemengten absorbierenden Farbstoffe zu schwach zu sein scheint, um die träge Bewegung der Jodsilbermoleküle bis zur Zerreißung des Atomenkomplexes zu steigern. Beim Bromsilber oder Chlorsilber, welches eine allgemeine Empfindlichkeit für verschiedene Lichtstrahlen besitzt, liegt das Verhältnis günstiger.

Vgl. über Farbensensibilisatoren auch I. Bd., 2. Teil, 3. Aufl., S. 44 und 269. Daselbst wurde bereits hingewiesen, daß sich beim Behandeln von Bromsilber und

Chlorsilber mit Eosin sich möglicherweise Eosinsilber bildet, welches für sich allein eine hohe Gelbgrünempfindlichkeit besitzt. Kieser hat direkt die Bildung des Eosinsilbers aus Eosin und Chlorsilber nachgewiesen, und Winther nimmt an, daß diese Silberverbindung zuerst im farbigen Lichte verändert werde und zuerst ein latentes Eosinsilberbild entstehe, welches mittels Eosin-Merkurionitrat entwicklungsfähig sei (Zeitschr. f. wissensch. Phot. 1911, S. 226). Nun ist tatsächlich Eosinsilber für sich allein lichtempfindlich, wie R. Amory zuerst angab (Journ. Phot. Soc. of Great Brit., Juni 1878), und zeigt hohe Grünempfindlichkeit. Jedoch wies Eder nach, daß die Bildsubstanz des latenten Lichtbildes in der Sensibilisierungszone (z. B. bei Eosin im Gelbgrün) höchstwahrscheinlich dieselbe Zusammensetzung hat wie das normale latente Lichtbild auf gewöhnlichem Bromsilber im kurzwelligen Spektrum, was im I. Bd., 2. Abt., 3. Aufl., S. 269 und 296 näher ausgeführt ist.

Die Art des Anfärbens des Bromsilberkorns durch Farbstoffe ist nicht gleichgültig. Manche Farbstoffe färben das AgBr, AgCl und AgJ in wässeriger Lösung besser an als in alkoholischer (Hübl 1894, Kieser 1904). Chlorkalium und Bromkalium beeinträchtigen das Anfärbevermögen der Eosinfarbstoffe (Hübl 1894, Lüppo-Cramer 1901 und 1902, Kieser 1904), nicht aber gewisser basischer Farbstoffe (Kieser 1904). Manche Farbstoffe färben nach Kieser unter Bildung von Farbstoffsilber, z. B. Eosin, andere aber nur durch Oberflächenanziehung. (Näheres, sowie die Literatur hierüber s. Eders Jahrb. f. Phot. 1005, S. 334.)

Manche Farbensensibilisatoren sind an und für sich ziemlich lichtempfindlich, z. B. Eosin, Cyan (s. Fig. 160), jedoch hängt die sensibilisierende Wirkung nicht mit der Lichtempfindlichkeit zusammen.

Über Starks Sensibilisierungstheorie und Konens Kritik s. Eders Jahrb. für Phot. 1909, S. 259. — Andere Anschauungen über Farbensensibilisatoren s. Trautz, Eders Jahrb. f. Phot. 1908, S. 384. — Über die Farbensensibilisierung von wässeriger Quecksilberchloridlösung durch Farbstoffe s. Winther, Zeitschr. f. wissensch. Phot. 1911, S. 205.

n) Bromsilbergelatine mit Zusatz von kolloidalem Silber.

Vermischt man Bromsilber bei der Fällung mit etwas kolloidalem Silber, so färbt dieses das Bromsilberkorn an, es wird adsorbiert und innig gebunden. Dabei ändern sich die photochemischen Eigenschaften. Lüppo-Cramer, welcher diese Präparate eingehendst untersuchte, hälte sie für identisch mit der durch Belichtung etwas dunkel gefärbten Bromsilberschicht und nennt beide Photobromidemulsion.

Auf die neueren Arbeiten von Schaum, Trivelli, Lüppo-Cramer und anderen über die Theorie der Silbersubhaloide (Photobromid, -jodid und -chlorid), welche mehr theoretischer Natur sind und derzeit noch nicht ganz geklärt erscheinen, soll hier nicht näher eingegangen werden. Wir verweisen auf die Referate in Eders Jahrb. f. Phot. 1909, 1910 u. ff.

Solche Photo-Bromsilberemulsionen brauchen nicht mehr als 0,002 % kolloidales Silber zu enthalten. Die günstigste Wirkung liegt

bei 0,1 %, und die Schichten sind dann rosa gefärbt. Lüppo-Cramer gibt genaue Vorschriften zur Herstellung[1]).

Bromsilbergelatine mit Zusatz von kolloidalem Silber wird ohne jede Lichtwirkung im Entwickler geschwächt. Beim Belichten wird die Entwicklungsfähigkeit derartiger Schichten vermindert, so daß beim Hervorrufen ein umgekehrtes scheinbar solarisiertes Bild (Herstellung eines Positivs in der Kamera) entsteht (Lüppo-Cramer[2]). Solche hellrote „Photobromidplatten“ bleichen im Tageslicht in wenigen Minuten aus; bei noch längerer Belichtung färben sie sich aber stark dunkel (zweite Umkehrung der Solarisation). Wird aber die reine Photobromidemulsion mit Silbernitrat getränkt, so bleicht sie überhaupt nicht aus, sondern färbt sich sofort beim Belichten dunkler (Lüppo-Cramer[3]).

Die Photobromidemulsionen (mit kolloidalem Silber) geben beim Belichten und Entwickeln ziemlich unvermittelt Solarisationsbilder, während normale Bromsilbergelatineplatten bei fortschreitender Belichtung sehr allmählich das Stadium des normalen Negativs bis zum Solarisationsbild durchlaufen.

Die solarisierende Wirkung des Lichtes auf Photobromidgelatineschichten (Bromsilber mit kolloidalem Silber) wird durch Kaliumnitrit aufgehoben (Lüppo-Cramer[4]).

Jodsilber, welches im gewöhnlichen Licht (oder durch blauviolettes Licht) vorbelichtet ist, erfährt eine Erregung seiner Empfindlichkeit (s. S. 279). Bei Bromsilber wird die Farbenempfindlichkeit durch Vorbelichten nicht merklich geweckt, wohl aber durch Röntgen- und Becquerelstrahlen[5]).

o) Einfluß von Röntgenstrahlen auf die Farbenempfindlichkeit einer Bromsilbergelatineplatte.

Setzt man eine Bromsilbergelatineplatte den Röntgenstrahlen aus, so wird sie „panchromatisch“, d. h. sie wird empfindlich für das ganze Spektrum bis Infrarot. Allerdings wirkt das Sonnenspektrum auf solche Platten solarisierend, d. h. es erscheint beim Entwickeln das Spektrumband hell auf dunklem Grund (Villard[6]). Lüppo-Cramer bestätigt

1) Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 527.
2) Phot. Korresp. 1909, S. 398.
3) Phot. Korresp. 1909, S. 399.
4) Phot. Korresp. 1909, S. 529.
5) Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 345.
6) Villard, Les Rayons X et la Photographie, Paris 1899. — Ferner Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 339.

diese Angabe und beobachtet noch das Auftreten einer zweiten Umkehrung der Solarisation, welche besonders im Rot und Blau auftritt[1]).

Die optische Sensibilisierung der Bromsilbergelatine durch Röntgenstrahlen erläutert folgender Versuch[2]). Eine Trockenplatte wird 1 Minute lang den Röntgenstrahlen, dann 1 bis 40 Minuten lang in einem kleinen Spektrographen den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt. Das

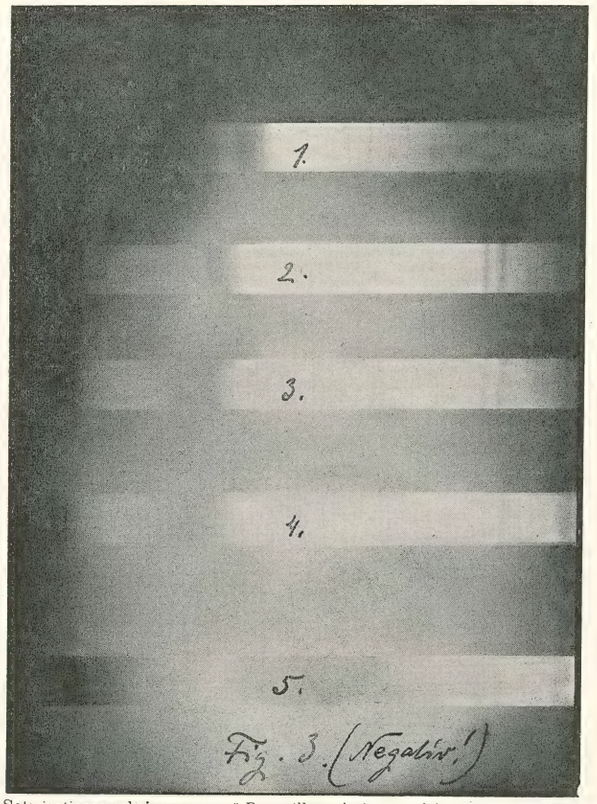


Fig. 158. Solarisationserscheinungen auf Bromsilbergelatine, welche zuvor den Röntgenstrahlen ausgesetzt war.

Band von *F* bis Ultraviolett ist dann schon unmittelbar zufolge Graufärbung der Schicht sichtbar. Beim Entwickeln zeigt die Platte Solarisationserscheinungen, welche weit ins Rot reichen (siehe Fig. 158, 1—4). Bei noch stärkerer Belichtung (Nr. 5) sieht man im Blau wie im Rot eine Wiederverdunkelung (zweite Umkehrung der Solarisation).

1) Villard, Les Rayons X et la Photographie, Paris 1899. — Ferner Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 339.

2) Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 343.

p) Zerstäubende Wirkung des ultravioletten Lichtes auf Bromsilber.

Ultraviolettes Licht übt auf viele Substanzen (ähnlich den Röntgenstrahlen) eine zerstäubende Wirkung aus (Lenard und Wolf[1]); auch auf das Bromsilber der photographischen Platte wirkt es zerstäubend (Lüppo-Cramer[2]). Das zerstäubte Br Ag-Korn ist von feinerem Korn, zeigt eine geringere Empfindlichkeit gegen Tageslicht (Zehnder) und verminderte Widerstandsfähigkeit des dazu gehörigen Photosalzes gegen Oxydationsmittel (Lüppo-Cramer a. a. O.).

Die Zerstäubung der Silberhaloide hatte Schultz-Sellack zuerst festgestellt. Lüppo-Cramer führt die Moserschen Hauchbilder auf mechanische Auflockerung der Oberfläche zurück[3]). — Einen weiteren Beitrag zur Zerstäubung und chemischen Zersetzung der Silberhaloide im Kardioid-Ultramikroskop lieferte Siedentopf[4]).

III. Jodsilber.

Das Jodsilber verhält sich gegen das Sonnenspektrum je nach den Versuchsbedingungen verschieden, ähnlich wie wir dies beim Bromsilber gesehen haben. Die Ursache, daß das Jodsilber sich ganz verschieden verhält, je nachdem es mit überschüssigem Jodkalium oder Silbernitrat gefällt war, selbst wenn man es noch so gut wäscht, liegt in der großen Adsorption dieser Substanzen durch Jodsilber (Lüppo-Cramer, Lottermoser und Rothe, Phot. Korresp. 1908, S. 275). Jodkaliumüberschuß hemmt die Lichtempfindlichkeit des Jodsilbers viel mehr als Bromkaliumüberschuß bei Bromsilber oder Chloridüberschuß beim Chlorsilber. — (Vgl. Bd. I, 2. Abteilung.)

a) Jodsilber bei direkter Schwärzung, ohne Hervorrufen.

Auf Jodsilberplatten (Daguerreotypie[5]). Das Maximum der Wirkung liegt im Violett und erstreckt sich nach der einen Seite bis ins Blau, nach der andern weit ins Ultraviolett. Im äußersten Rot zeigt sich fast keine Wirkung, im Orange, Gelb und Grün gar keine.

Direkte Schwärzung auf Papier, durch doppelte Zersetzung zwischen Jodkalium und Silbernitrat bereitet. Das Maximum der Intensität wechselt je nach der Konzentration des überschüssigen Silbernitrats (R. Hunt), findet sich aber entweder im äußersten Violett (R. Hunt) oder sogar darüber hinaus (Herschel). Die Wirkung

1) Lenard, „Über Kathodenstrahlen", Leipzig 1906.
2) Phot. Korresp. 1909, S. 19.
3) Phot. Korresp. 1910, S. 273.
4) Kolloid. Zeitschrift 1910, Bd. 6, S. 3; Phot. Korresp. 1910, S. 273.
5) Hunt, Researches on Light 1854, S. 81.

erstreckt sich mitunter bis unter die grünen Strahlen[1]). In den andern farbigen Strahlen zeigt sich keine Wirkung, ausgenommen im äußersten Rot, wo sie indessen kaum sichtbar ist (Herschel).

Kurve 2 in Fig. 150 zeigt die Wirkung des Sonnenspektrums auf solches Papier nach langer Belichtung im Glasspektrographen (Eder).

Wenn das überschüssige Silbernitrat durch wiederholte Waschungen entfernt wurde, verliert das Jodsilber die Eigenschaft, sich im Lichte zu schwärzen, obwohl im Blau und Violett noch eine leichte Farbenänderung stattfindet.

b) Jodsilber auf Daguerreotypplatten mit Quecksilberdampf-Hervorrufung.

Mit Quecksilber auf Daguerreotypplatten[2]). Im äußersten Rot sehr geringe Wirkung, die sich durch rosige Färbung bekundet; im Orange eine kaum sichtbare Linie; im Gelb keine Wirkung, im Grünen eine kaum wahrnehmbare, dagegen im Blau, Indigo, Violett und dem äußersten Spektrum höchst energische Einwirkung (Draper 1842; Hunt, Herschel 1843); das Maximum der Wirkung liegt zwischen G und H im Violett (Becquerel[3]).

Es muß hier noch erwähnt werden, daß Draper schon 1842 das infrarote Spektrum mit solchen Platten photographierte und im Philos. Magaz. publizierte (die drei Banden α, β, γ). Weiter hatte 1843 er es nicht treiben können, da die Glasmasse des Prismas zu stark absorbierend auf die weniger brechbaren Strahlen wirkte.

c) Jodsilberkollodium mit physikalischer Entwicklung.

Mit physikalischer Entwicklung im nassen Kollodiumverfahren im Verfahren mit Silbernitratbad. Im Rot keine oder fast gar keine Wirkung; ebensowenig im Orange, Gelb und Grün auch bei längerer Belichtung, während das Blau und die darüber hinaus liegenden Strahlen sehr energisch wirken. Wenn die Belichtung länger fortgesetzt wird, als für die blauen und violetten Strahlen ausreicht, solarisieren sich diese, obwohl Gelb und Orange noch keine Wirkung zeigen, wohl aber rückt eine schwache Wirkung gegen Grün vor.

Crookes[4]) fand das Maximum der Wirkung im Indigo und im Anfange des Violett.

J. Müller[5]) beobachtete 1856 auf Jodsilberkollodium eine Wirkung von Q im Ultraviolett bis etwas über G; ähnliches fand Eisenlohr 1856 bei seinen Experimenten mit dem Beugungsspektrum[1]). Nach Becquerel[2]) beginnt auf nassen Jodsilber-Kollodiumplatten mit Eisenvitriol- oder Pyrogallus-Entwicklung die Wirkung des Spektrums bei G, beiläufig bei $^1/_3$ von der Distanz bis H und dehnt sich bis P im Ultraviolett und bis über G nahe zu E im Grün aus; ähnliches fand Schultz-Sellack[3]). Vogel[4]) fand auf trockenem Jodsilberkollodium den Beginn der Wirkung bei H'', das Maximum bei G bis auf etwa $^2/_3$ der Entfernung FG und bis ins Gelb oder Rot eine schwache Wirkung; Jodsilber unter einer Silbernitrat-Schicht (nasses Kollodiumverfahren) zeigte eine weiter gehende Empfindlichkeit für Ultraviolett und das kräftige Maximum nahe bei G (etwas gegen F); Jodsilber unter Wasser steht in der Mitte zwischen beiden; in allen drei Fällen wurde sauer mit Eisenvitriol und Silbernitrat entwickelt. Nach Monckhoven[5]) liegt das Maximum der Wirkung genau zwischen der dritten Wasserstofflinie (Hy) und G; bei verlängerter Einwirkung des Spektrums reicht der Effekt von U bis D. Bei sehr langer Exposition solarisiert das Jodsilber im Violett und das Maximum der Wirkung rückt bis E im Grün vor.

1) Philosophical Magazine 1840; Hunt, Researches on Light 1855, S. 115.
2) Hunt, Researches on Light 1855, S. 117.
3) Becquerel, La lumière 1868, Bd. 2.
4) Poggend. Ann. Bd. 97, S. 616 (1856). Journ. London. Phot. Soc. 1853, I, S. 98.
5) Poggend. Ann. Bd. 97, S. 135.

Für die angewandte Photographie kommt das Verhalten des Jodsilberkollodiums im „nassen Verfahren“ mit Silberbad und saurer Eisenvitriol-Entwicklung sehr in Betracht; im Dreifarbendruck benutzt man solche Platten ohne Lichtfilter zur Erzeugung jener Teilnegative, welche den blauvioletten Strahlen entsprechen und die Druckplatte für Chromgelb liefern. Die dominierende Wirkung des Sonnenspektrums auf Jodsilberkollodium beginnt kräftig bei ca. $\lambda = 437$ einzusetzen, sowohl beim Gitter-, als Glasspektrographen und geht mit fast gleicher Kraft ins Ultraviolett hinein. Die Mitte der Maximalwirkung liegt bei $\lambda = 425$ bis 420 (Glasspektrograph oder Gitterspektrograph mit farblosen Spiegelglas-Lichtfiltern). Dieses Spektralgebiet (von λ 437 bis zum Beginn des Ultravioletts) kommt also bei dem oben genannten photographischen Prozesse mit Glaslinsen und -filtern besonders zur Geltung (Eder[6]).

Kurve 3 in Fig. 150 zeigt die Wirkung des Sonnenspektrums auf Jodsilberkollodium (nasses Verfahren mit überschüssigem Silbernitratbad) und Eisenvitriolhervorrufung.

Die nasse Jodsilber-Kollodiumplatte („nasses Kollodiumverfahren“ mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung) gibt bei normaler Belichtung das Violett und Blau bis $\lambda = 437$ und rückt selbst an der Grenze der Überexposition innerhalb der durch die photographische Praxis gegebenen Grenzen nicht viel weiter gegen Hellblau oder Blaugrün vor. Da die photographische Praxis mit Dreifarbendruck ergibt, daß man mit solchen Platten gut brauchbare Gelbdrucknegative herstellen kann, so haben wir in der Spektralzone $\lambda = 437$ bis Ende des Violetts eine Normalzone gefunden, welche die Grenze des zulässigen Abschneidens des Farbbandes gegen das stärker brechbare Ende ergibt. Weiteres Vorrücken der Grenze gegen das äußere Violett bringt einen un-

1) Poggend. Ann. Bd. 99, S. 159.
2) La lumière 1868, Bd. 2, S. 86.
3) Berichte deutsch. chem. Ges. Bd. 4, S. 210.
4) Pogg. Ann. Bd. 153, S. 223.
5) Traité général de Photogr. 1880, S. 21.
6) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1901, Abt. IIa, Bd. 110, S. 1115.

günstigen Erfolg im Dreifarbendruck mit sich. (Eder, Spektralanalytische Studien über photographischen Dreifarbendruck. Denkschrift d. k. Akad. d. Wiss., Wien 1902.)

Wird von einer Jodsilberkollodiumplatte das überschüssige Silbernitrat abgewaschen, dann in sehr verdünnter Jodkaliumlösung gebadet und wieder gewaschen, so sinkt die Lichtempfindlichkeit ganz enorm. Tannin usw. erhöhen die Empfindlichkeit solcher Platten; sie zeigen beim Entwickeln eine ähnliche, wenn auch nicht ganz identische Spektralempfindlichkeit wie das Jodsilber mit Silbernitratüberschuß. (Vgl. Lehmanns Untersuchungen weiter unten.)

d) Jodsilbergelatineemulsion mit Entwicklung.

Jodsilber (ohne Silbernitratüberschuß) in Gelatine emulsifiziert gibt eine Emulsion, auf welcher das latente Lichtbild nur mit sehr kräftigem Entwickler hervorgerufen werden kann[1]). Man erhält im

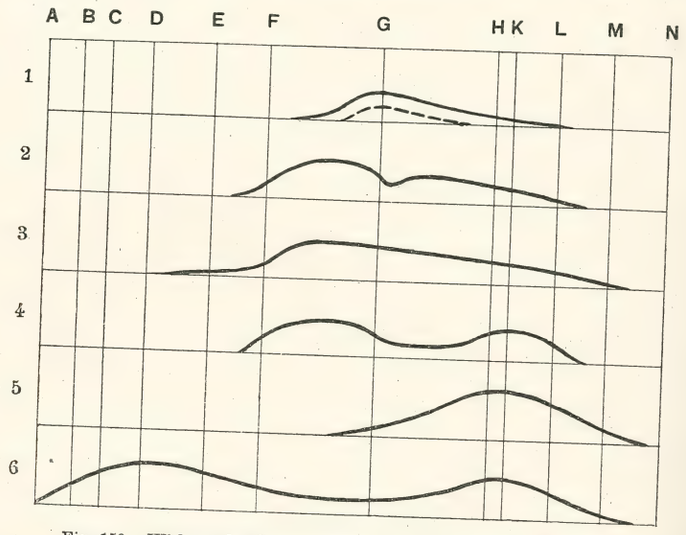


Fig. 159. Wirkung des Sonnenspektrums auf photographische Platten.

1. Jodsilbergelatine mit chemischer oder physikalischer Entwicklung. — 2. Jodbromsilbergelatine, einzeln hergestellt, dann gemischt. — 3. Dasselbe gemischt digeriert. — 4. Chlorsilbergelatine (ohne Silbernitratüberschuß), sowohl bei direkter Schwärzung, als chemisch oder physikalisch entwickelt (kurze Belichtungen). — 6. Chlorsilbergelatine (ohne Silbernitratüberschuß; gewaschen) mit kolloidem Silber gefärbt. Sowohl direkte Schwärzung (Färbung) als auch chemisch oder physikalisch entwickelt.

---

1) Die Jodsilbergelatineemulsion im allgemeinen wurde insbesondere von Lüppo-Cramer studiert (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 40; 1909, S. 385; 1910, S. 18). — Starke Entwickler für Jodsilber sind z. B. 2 Teile Amidol, 20 Teile wasserfreies Natriumsulfit, 100 Teile Wasser und gleiches Volumen 10proz. Pottaschelösung. Besser ist eine Lösung von Natriumhydrosulfit mit Zusatz von Natriumsulfit; man stellt sie her durch Auflösen von 100 g Kaliummetabisulfit in 500 ccm Wasser und Schütteln mit 50 g Zinkstaub während einer halben Stunde. Das Filtrat wird mit gleichen Teilen Wasser verdünnt. Zur Fixierung dienen 10 Teile Cyankalium, 20 Teile wasserfreies Natriumsulfit und 200 Teile Wasser.

Sonnenspektrum einen ähnlichen Verlauf der Wirkung wie bei Jodsilberkollodium, jedoch rückt sie etwas mehr gegen Grün vor. Die Wirkung hebt im Blaugrün vor der Linie G kräftig an, zeigt ein Maximum etwa bei $F^2/_3\,G$ und erstreckt sich ins Ultraviolett. Hierbei ist die Spektrumphotographie ziemlich unabhängig von der Art der Entwicklung, d. h. sie ist so ziemlich dieselbe, gleichgültig ob man chemisch (siehe Fußnote 1 auf S. 278) oder physikalisch (z. B. mit Metol, Zitronensäure und Silbernitrat) entwickelt (Eder). Die Wirkung des Spektrums auf Jodsilbergelatine im Glasprismenspektrograph zeigt Kurve 1 Fig. 159. Die spektrographische Eigenart des Jodsilbers bleibt auch in gewissen Gemischen mit Chlor- und Bromsilber gewahrt (s. u.).

Während Jodsilbergelatine gegen gewöhnliches Tageslicht wenig empfindlich ist, fand V. Schumann, daß hierauf brechbarstes Ultraviolett λ 1852 A. E. kräftig einwirkt (Eders Jahrb. f. Phot. 1897, S. 357).

Jodsilber, welches im gewöhnlichen Lichte oder durch blauviolettes Licht vorbelichtet wurde, erfährt hierdurch eine Erregung seiner Empfindlichkeit für gelbe und rote Strahlen.

Erich Lehmann untersuchte die Spektralempfindlichkeit des Jodsilbers ohne Bindemittel in Form von Daguerreotypplatten, ferner der nassen Kollodiumplatten (mit und ohne Silbernitratüberschuß mit physikalischer Entwicklung) von Jodsilbergelatine und Gummiemulsion mit chemischer Entwicklung. Es ergaben sich folgende tabellarisch zusammengestellte Resultate.

Bindemittel	Empfindlichkeitsmaximum $\mu\mu$	Absorptionsmaximum $\mu\mu$	Verschiebung $\mu\mu$
1. Reines Jodsilber (Daguerreotypplatten)	423,28	423,21	0,07
2. Jodsilberkollodium mit Silbernitratüberschuß (nasse Platte)	429,39	429,43	0,04
3. Jodsilberkollodium mit Jodkaliumüberschuß (nasse Platte)	422	426,64 420,40	etwa 3 (v. d. Mitte)
4. Jodsilber-Gelatineemulsion	434,81	422,20 417,04	15,9 (v. d. Mitte)
5. Jodsilber-Gummiemulsion mit Gelatine	432,78	428,22 421.28	8 (im Mittel

Bei bindemittelfreiem Jodsilber (Daguerreotypplatte) und nassem Jodsilberkollodium fällt das Maximum der Absorption und der Empfindlichkeit zusammen. Dieses Resultat steht im Einklang mit der üblichen Anschauung (Vogel, Eder, v. Hübl) und widerspricht der entgegenstehenden Ansicht von Schultz-Sellack, Wiedemann und Acworth. Bei Jodsilbergelatine und Gummi scheinen typisch andere Verhältnisse vorzuliegen; es verschiebt sich das Empfindlichkeitsmaximum gegen das Absorptionsmaximum um etwa 16 $\mu\mu$, was Lehmann durch Annahme einer lichtempfindlichen organischen Silberverbindung zu erklären versucht. Jodsilberkollodium

mit Silbernitratüberschuß besitzt ein Empfindlichkeitsmaximum, das etwa um 7 $\mu\mu$ weiter nach Rot zu liegt als bei Jodkaliumüberschuß (Gegensatz zu H. W. Vogels Angaben); die Verschiebung des Maximums durch Einfluß von Silbernitrat bei Jodsilberkollodium verläuft somit nach Lehmann in derselben Richtung, wie Eder sie an Bromsilbergelatine beobachtet hatte (Zeitschr. f. phys. Chemie 1908, Bd. 64, S. 89).

e) Zerstäubungsbilder auf Jodsilber.

Auf reinem, bindemittelfreiem Jodsilber lassen sich durch Räuchern von versilberten Gläsern mit Jod und Belichten herstellen. Durch Überreiben mit einem Wattebausch geht an den belichteten Stellen sämtliches Jodsilber als feiner Staub los (Schultz-Sellack, Lüppo-Cramer[1]). Nach Beobachtungen von Donné (1839) läßt sich das belichtete Jodsilber einer Daguerreotypplatte pulverig abreiben.

Mitunter wirken die roten und gelben Strahlen antagonistisch den blauvioletten (s. Herschel-Effekt).

f) Über Solarisationserscheinungen auf Jodsilber.

Wird feinkörniges Jodsilber in Form von Gelatineemulsion (ohne überschüssiges Silbernitrat) im Sonnenspektrum lange belichtet, so erscheint zuerst das Maximum der Wirkung im Blau (s. o.), wo bei starker Überbelichtung auch zuerst Solarisation eintritt, während die Wirkung von Grün nach Rot vorschreitet.

Ähnlich verhält sich Jodsilberkollodium im nassen Kollodiumverfahren.

Über die Wirkung des Lichtes auf vorbelichtetes Jodsilber, welches hierdurch sog. Photojodid gebildet hat s. u..

Nach Lüppo-Cramer erhält man eine Emulsion, welche sich ebenso wie das durch Belichten erzeugte Photojodid verhält, durch Zusatz von kolloidalem Silber zu Jodsilber, wobei kleine Mengen von Silber absorbiert werden und sog. „Silberphotojodid“ entsteht.

g) Silberphotojodid.

Beim Belichten und Entwickeln von Photojodid entsteht ein normales Lichtbild, welches aber weiter ins Gelb und Rot empfindlich ist, als normales Jodsilber.

Stellt man „Photojodid-Emulsion“ durch gemeinsames Ausflocken von Jodsilber und kolloidalem Silber her und verteilt es in Gelatine, so ist die nasse Schicht rot, bleicht aber in wenig Minuten am Tageslichte aus. Das Bindemittel spielt hierbei keine Rolle; auch sind Oxydationsmittel oder Haloidsalze hierfür nicht notwendig. Das

1) Phot. Korresp. 1910, S. 237 und 374.

Ausbleichen wird aber verhindert durch Silbernitrat, Ferrocyankalium und andere Halogenabsorptionsmittel (Lüppo-Cramer[1]).

h) Bei vorhergehender Belichtung und nachfolgendem Auftragen einer alkalischen Jodidverbindung.

Herschel, Talbot, R. Hunt, Fyfe, Lassaigne und Poitevin haben gefunden, daß ein mehr oder weniger belichtetes Jodsilberpapier, welches dann mit Jodkalium überzogen wurde, sich im Lichte umgekehrt verhält, d. h. weiß wird und also positive Bilder gibt, und zwar sowohl bei einer langdauernden Belichtung, als bei einer sehr kurzen mit nachfolgendem Hervorrufen.

Im Sonnenspektrum zeigt sich ebenfalls eine höchst eigentümliche, aber sehr verwickelte Wirkung, indem das Licht auf das Jodkalium wirkt, Jod frei macht und das Silberphotojodid dadurch bleicht.

Wenn man vom mittleren Gelb ausgeht, so zeigen sich zwei entgegengesetzte Wirkungen. Zuerst wird das Papier weiß vom äußersten Violett an, aber nicht gleichmäßig auf diesem ganzen Raume; zweitens wird es schwarz vom Rot bis zum Gelb, aber ebenfalls nicht gleichmäßig. Übrigens ist diese Wirkung, je nach der Bereitung des Papiers, eine verschiedene. [Herschel)[2], Hunt)[3], Becquerel)[4]].

IV. Jodbromsilber.

Gemenge von Jod-, Brom- und Chlorsilber vereinigen im allgemeinen die photographischen Wirkungen der einzelnen Verbindungen, so daß derartige Gemenge häufig eine größere Empfindlichkeit gegen die Spektralfarben aufweisen. Deshalb werden solche Gemenge mit Vorliebe in der Photographie verwendet.

Crookes beobachtete schon vor mehr als 50 Jahren zwei deutlich getrennte Wirkungen aus Jodbromkollodium (im nassen Kollodiumverfahren mit Eisenvitriolentwicklung), die jeder Substanz, dem Jod- oder Bromsilber, für sich zukommen, und nicht als eine einzige Wirkung aufzufassen sind, wie wenn die Mischung beider Körper eine chemische Verbindung wäre. Abney bestätigte dies.

Im nassen Kollodiumverfahren ist, wie Müller und Schultz-Sellack feststellten, Jodbromsilber weiter gegen Grün empfindlich, als Jodsilber allein, nämlich bis zu E; die Farbenempfindlichkeit ist bei

1) Phot. Korresp. 1909, S. 425.

2) Philos. Transactions 1840—1842. (On the Action of the Rays of the Solarspectrum.) London, Ed. and Dublin. Philos. J. 1843.

3) Researches on Light 1854, S. 95.

4) Becquerel, La lumière 1868.

dem Gemenge von Jodsilber und Bromsilber größer, als bei jedem der einzelnen Salze. Nach H. W. Vogel ist Jodbromsilber auf Kollodium unter Silbernitrat (nach dem gewöhnlichen nassen Kollodiumverfahren) bis zur Linie *D* empfindlich, mit dem Maximum der Empfindlichkeit jenseits der Linie *G*; unter denselben Umständen ist das an Jodsilber reichere Gemenge von Jod- und Bromsilber unter Silbernitratlösung mehr für Ultraviolett und Violett empfindlich; das an Bromsilber reichere mehr für Hellblau und Grün. Trockenes Jodbromsilber ist weniger ins Ultraviolett und weniger ins Gelb hinein empfindlich, als das unter Silberlösung und wird im ganzen vom Lichte weniger affiziert.

Aus Kurve 7 in Fig. 150 ergibt sich (nach Eder) die Wirkung des Sonnenspektrums auf Jodbromsilber im nassen Kollodiumverfahren, wobei auf je 1 Teil Jodsalz $^1/_2$ bis 1 Teil Bromsalz im Kollodium enthalten war und als Hervorrufer saure Eisenvitriollösung dient. Man erkennt in dem Gemische noch die Einzelwirkung des Jodsalzes (Kurve 2) und des Bromsalzes (Kurve 4, Fig. 150).

Mischt man Jod- und Bromsilber in Gelatineemulsion, so ergibt sich ein verschiedenes Verhalten im Sonnenspektrum (mit alkalischem Pyrogallol- oder Eisenoxalat-Entwickler usw.), je nachdem das Jodbromsilber frisch gemischt ist oder zusammen digeriert wurde, was zuerst V. Schumann entdeckte und Eder bestätigte[1]). Wird eine fertige Bromsilbergelatineemulsion mit 10 bis 50 % Jodsilberemulsion gemischt, dem Sonnenspektrum exponiert und dann entwickelt, so erscheinen zwei Maxima: Eines zwischen *G* und *H* und ein anderes zwischen *G* und *F* (s. Kurve 5, Fig. 153). Erwärmt man eine solche Emulsion, so vereinigen sich die beiden getrennten Maxima in ein einziges (Kurve 6, Fig. 153) und die Empfindlichkeit gegen Grün ist größer als bei reinem Bromsilber, und das Maximum der Wirkung etwas gegen *F* vorgeschoben (Eder).

Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn Silbernitrat zu einem Gemenge von Jodkalium und Bromkalium mit Gelatine gegeben wird, so daß die Fällung und nachfolgende Digestion von Jod- und Bromsilber gleichzeitig erfolgte. Mischt man Chlorsilbergelatine mit Jodsilbergelatine, so ergeben sich im Sonnenspektrum zwei getrennte Maxima (beim Hervorrufen mit Oxalat-Citrat-Entwickler): eins bei *H* (dem Chlorsilber angehörig), das andere bei *G* $^1/_3$ *F* (dem Jodsilber angehörig), wie Kurve 7 (Fig. 153) zeigt; beim Digerieren in der Wärme gleichen sich die Maxima allmählich aus. Ähnlich verhält sich Brom-Chlorsilbergelatine (Eder).

1) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, II. Abt. 1884.

V. Wirkung auf Chlorsilber.

a) Direkte Schwärzung des Chlorsilbers im Lichte.

Die Wirkung des Spektrums auf weißes Chlorsilber richtet sich nach der Natur des zur Bereitung verwendeten Chlorsalzes und nach der Konzentration des überschüssigen Silbernitrats (R. Hunt).

Bei reinem Chlorsilber liegt das Maximum der Wirkung im äußeren Violett gegen Ultraviolett und erstreckt sich weit über das Violett ins Ultraviolett hinaus, aber im Rot, Orange, Gelb und Grün zeigt sich fast gar keine Wirkung.

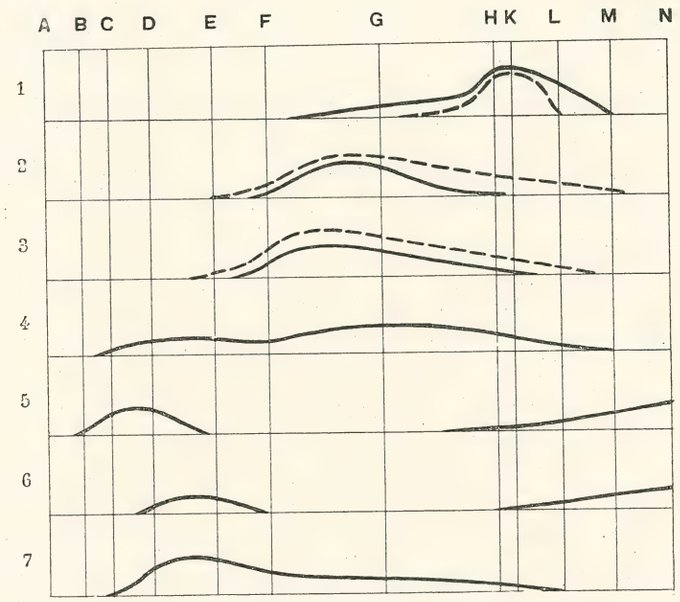


Fig. 160. Wirkung des Sonnenspektrums im Glasspektrographen.

1. Chlorcitrat = Auskopierpapier (Zelloidinpapier). Ausgezogene Kurve: bei kürzerer Belichtung, bei längerer rückt die Wirkung gegen *E* vor; die punktierte Kurve: Spektralwirkung auf reines Chlorsilber. — 2. Ferrioxalat bei verschiedener Belichtungszeit. — 3. Kaliumbichromat auf Papier verschieden lang belichtet (Chromatgelatine verhält sich ähnlich). — 4. Syrischer Asphalt in dünner Schicht. — 5. Ausbleichung des Cyanin auf Papier. — 6. Ausbleichen von Eosin auf Papier. — 7. Oxalsaures Manganoxyd auf Papier.

Bei Anwendung von Spektrographen, die nicht gut durchlässig für den Beginn des Ultraviolett sind oder gar den Beginn des Violett schwächen (z. B. 5fach verkittete Prismen à vision directe), geben den Beginn der Schwärzung des Chlorsilbers und das scheinbare Maximum der Wirkung des Sonnenspektrums im Violett. Dies ist jedoch ein irreführender Befund, weil die wirkliche Maximalempfindlichkeit an der Grenze des Violett-Ultraviolett liegt.

Benutzt man einen Glasspektrographen mit sehr durchlässigen Glassorten oder besser Quarz- oder Gitterspektrographen, so liegt das Maximum der Lichtwirkung des Sonnenspektrums gegen H und bei Anwendung von Quarzkörpern sogar im Ultraviolett jenseits K; die Wirkung erstreckt sich kräftig weit ins Ultraviolett. Die punktierte Kurve 5 in Fig. 150 zeigt die Wirkung des Sonnenspektrums auf Chlorsilberpapier mit überschüssigem Silbernitrat (Schwärzung ohne Anwendung eines Entwicklers); bei sehr langer Belichtung erstreckt sich die Wirkung (allerdings schwach) bis ins Gelb und Orange. Enthält das Chlorsilberpapier nebst überschüssigem Silbernitrat noch Silbercitrat (wie bei der Chlorcitratemulsion in dem Aristopapier[1]), so erstreckt sich die starke Wirkung weiter gegen E ins Grüne (Eder). Beim gewöhnlichen Kopierprozeß auf Chlorsilberpapier ist das Ultraviolett, Violett und Blau besonders wirksam; bei Albuminpapier und Aristopapier[2]) kommt eine bemerkenswerte Wirkung in Blau und Blaugrün dazu und das Maximum der Wirkung des Spektrums liegt mehr gegen die weniger brechbare Seite des Spektrums (gegen die Fraunhofer-Linie F, eventuell E), wie Fig. 160, Nr. 1 zeigt.

Gewöhnliches Chlorsilberpapier nach Art des Bunsen-Roscoëschen Normalpapiers[3]) mit überschüssigem Silbernitrat zeigt das Maximum der Empfindlichkeit an der Grenze des sichtbaren Violett und Ultraviolett; sie endet bei kurzer Belichtung einerseits vor der Linie G des Sonnenspektrums, erstreckt sich aber andrerseits weit ins Ultraviolett (Fig. 150).

b) Am Lichte violett angelaufenes Chlorsilber (Silberphotochlorid).

Ist aber das Chlorsilber vorher kurze Zeit dem Lichte ausgesetzt gewesen, oder war das Spektrum nicht völlig rein, d. h. mit diffusem weißen Licht vermischt, so fangen nach Verlauf einer ziemlich langen Zeit sogar die weniger brechbaren Strahlen bis zum äußersten Rot zu wirken an, wie die Versuche von Seebeck, Herschel, Poitevin,

1) S. dieses „Handbuch“, III. Band.

2) Das ist: Chlorsilber und Silbercitrat in Gelatine.

3) Tränken von Papier mit Kochsalzlösung, Trocknen, Schwimmenlassen auf Silbernitratlösung und Trocknen mit überschüssigem Silbernitrat.

Chlorcitratpapier, gewöhnliches Zelloidinpapier (Chlorsilber gemischt mit überschüssigem Silbernitrat, Silbercitrat und Zitronensäure mit Kollodium emulgiert) besitzt im Sonnenspektrum zwei Maxima der Empfindlichkeit: eins am Ende des Violett (zugehörig zum Chlorsilber) und ein zweites, welches wohl durch das beigemengte organische Silbersalz bewirkt wird, bei λ 455, welches sich verbreitert über Blau und Grün gegen Gelb erstreckt (Eder). Beide Arten von Papieren haben deshalb eine verschiedene Farbenempfindlichkeit. Die stärkere Empfindlichkeit der Chlorcitratpapiere für die weniger brechbaren Strahlen erklärt ihre Überlegenheit bei trübem Wetter beim photographischen Kopierprozeß, weil Nebel und Wolken das Ultraviolett stärker schwächen, als die weniger brechbaren Lichtstrahlen.

Becquerel, Zenker u. a. zeigen. Auf solchem vorher belichteten Papier finden sich zwei Maxima der Lichtwirkung, eines zwischen G und H, das andere nächst E, wie Fig. 150, Kurve 6 darstellt.

Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, daß das Chlorsilber im Lichte violett wird (Bildung von Silbersubchlorid oder Photochlorid) und dadurch die Fähigkeit erhalten hat, gelbes und gelbrotes Licht stärker zu absorbieren und fähig wird, Photographien in natürlichen Farben zu geben (sog. Farbenanpassung s. unten).

Die Wirkung der farbigen Strahlen des Spektrums auf solches violettes Silberphotochlorid ist höchst merkwürdig. Man bereitet sich diese Chlorverbindung, indem man metallisches Silber mit Kupferchlorid behandelt oder einfach ein gewöhnliches Chlorsilberpapier im Lichte sich dunkler färben oder kolloidales Silber von Chlorsilber adsorbieren läßt. Ein so bereitetes Chlorsilber empfängt und behält den Eindruck der Farben, von denen es getroffen wird, wodurch das Spektrum so ziemlich in seinen natürlichen Farben reproduziert wird.

Diese Beobachtung machte zuerst Seebeck 1810 (s. Eders Geschichte d. Phot., 1. Abt., Bd. I dieses Handbuches) und Herschel 1839 bei Chlorsilberpapier. Poitevin bildete dieses Verfahren besonders aus.

Becquerel und Niepce erzielten bessere Erfolge, indem sie polierte Silberplatten verwendeten, die auf einige Augenblicke in eine Lösung von Kupferchlorid oder Chlorkalk getaucht waren, wodurch sie eine violette Färbung erhalten. Merkwürdig ist dabei, daß auf solche Platten das Spektrum im Orange und Rot am kräftigsten, also ganz anders einwirkt wie auf weißes Chlorsilber. (Heliochromie.)

Die nach den Angaben von Poitevin u. a. durch Belichten von Chlorsilber hergestellten dunklen Photochloridpapiere geben im Spektrum die helleren Farben durch oxydative Ausbleichung (Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1907, S. 376 und 439).

Über die Beziehungen des Photochlorids zur Heliochromie siehe Carey Lea „Kolloides Silber und die Photohaloide“ (Dresden 1908); ferner Günther, sowie Lüppo-Cramer (Phot. Korresp. 1907, S. 376).

Das Guntzsche Silberchlorür (auf chemischem Wege hergestellt) verhält sich ähnlich im Spektrum wie vorbelichtetes Chlorsilber (Wiener, Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 67).

Lüppo-Cramer[1]) hält die durch Belichtung erzeugten Photohaloide für gleichartig mit den durch Zusatz von kolloidalem Silber zu Chlor-, Brom- und Jodsilber (Adsorption von kolloidalem Silber) erzeugten Präparaten.

1) Phot. Korresp. 1910, S. 128.

Geeignete Vorschriften zur Herstellung von Photochloridemulsion gab Lüppo-Cramer in seinem Buche „Kolloidchemie-Photographie“, Dresden 1908, S. 99, an.

Silberphotochlorid und -bromid (am Licht angelaufenes AgCl und AgBr, oder durch Zusatz von kolloidalem Silber zu normalem Chlor- und Bromsilber hergestellt) nehmen im farbigen Spektrum mehr oder weniger klar oder unklar identische Farben an (Herschel, Zenker u. a.). Bei Silberphotojodid entstehen annähernd komplementäre Farben [Hrudnik[1]), Lüppo-Cramer[2])].

Die von Lüppo-Cramer hergestellten Photochloridplatten enthalten nur Bruchteile eines Prozents von adsorbiertem Silber und sind schwach rosenrot. Eder[3]) untersuchte diese Schichten, welche kein freies Silbernitrat enthalten, im Sonnenspektrum auf seine direkte Schwärzung im farbigen Lichte. Auf solches Photochlorid wirkt das ganze sichtbare Spektrum mit einem deutlichen Maximum bei *HK* (Eigenempfindlichkeit von Chlorsilber) und einem zweiten breiten Maximum im Grün (Mitte etwa 550 $\mu\mu$); die schwächere Wirkung erstreckt sich ins Dunkelrot (gegen die Linie *A*).

Es wirkt also das rosenrot färbende kolloidale Silber wie ein panchromatischer Farbensensibilisator beim Auskopierprozeß (ebenso wie beim Entwicklungsprozeß s. u.). Man sieht also eine Ähnlichkeit des spektralen Verhaltens vom „Photochlorid“ aus Chlorsilber und kolloidalem Silber und dem durch bloße Vorbelichtung aus reinem Chlorsilber hergestellten Photochloridschichten.

c) Chlorsilber und Farbstoffe.

Wird Chlorsilber mit gewissen Farbstoffen gefärbt, so wird seine Farbenempfindlichkeit beim direkten Kopierprozeß ähnlich wie beim Bromsilber (s. Seite 252) gesteigert. Wirksame Farbstoffe sind Eosin, Erythrosin, Rhodamin u. a. Spuren von Silbernitrat wirken bei derartigen gefärbten Papieren als Beschleuniger. Auch bei dem mit Rhodamin gefärbten Chlorsilberpapier erkennt man die Sensibilisierungswirkung im Gelb (s. Fig. 151); das Minimum liegt ähnlich wie beim Rhodamin-Bromsilberpapier, jedoch tritt die Chlorsilberempfindlichkeit im Violett nicht rein hervor, sondern gedämpft und etwas verschoben (dämpfende Wirkung des Farbstoffs, Schirmwirkung).

Die Wirkung von Grün- und Blauviolettsensibilisatoren kann man mit Chlorsilberplatten leichter nachweisen als mit Bromsilber.

1) Phot. Korresp. 1903, S. 545.
2) Phot. Korresp. 1909, S. 425.
3) Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 415.

Wird Chlorsilber, sei es mit oder ohne Silbernitratüberschuß, auf Papier aufgetragen (Badeverfahren, Emulsion oder dgl.), dann gewaschen und in gewissen verdünnten sensibilisierenden Farbstofflösungen gebadet (z. B. Eosin, Erythrosin, Rhodamin, Isocyanin), so färbt es sich direkt an; der Farbstoff haftet am Chlorsilberkorn und kann durch Wasser kaum weggewaschen werden. Solches Chlorsilber erfährt beim direkten Schwärzungsprozeß im Sonnenspektrum nicht nur eine Schwärzung im Bezirke der Eigenempfindlichkeit des Chlorsilbers (Violett und Ultraviolett), sondern auch im Grün bis Orange oder Rot, je nach der Lage des Absorptionsbandes des Farbstoffs, z. B. beim Eosin zwischen *D* und *E*; ein breites Minimum (breiter als bei Bromsilber) trennt das Sensibilisierungsmaximum von dem Empfindlichkeitsmaximum des Chlorsilbers selbst (vgl. S. 270; ferner das analoge Verhalten von Bromsilber, S. 252). — Der verschiedene Effekt ein und desselben Farbensensibilisators auf Brom- und Chlorsilbergelatine mit Entwicklung ist im Abschnitt e, Fig. 161 schematisch durch Kurven gezeigt.

d) Die Farbenanpassung des Silberphotochlorides,

seine Fähigkeit zur Farbenwiedergabe, untersuchte in neuerer Zeit insbesondere O. Wiener (Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 55).

Zenker erkannte zuerst im Jahre 1868, daß beim Becquerelschen Verfahren der Heliochromie mit chlorierten metallischen Silberplatten die Farbenbildung durch stehende Lichtquellen zustande kommt, indem hauptsächlich ein Interferenzfarbenbild entsteht. (Näheres s. O. Wiener a. a. O.) Beim Seebeckschen oder Poitevinschen Verfahren, bei welchem dieselbe sensible Substanz (Silberphotochlorid) auf Papier aufgetragen ist wie im vorigen Falle, liegt trotzdem hier die Bildung von Körperfarben (kein Interferenzfarbenbild) vor, wie zuerst Wiener (a. a. O.) nachwies. Er nimmt an, daß im Silberphotochlorid ein Komplex verschiedenfarbiger Partikelchen vorhanden ist, von welchem in farbiger Beleuchtung nur jene von derselben Färbung bestehen bleiben, d. i. die roten Silberphotochloridpartikelchen werfen rotes Licht zurück und bleiben bestehen, während die andersfarbigen das rote Licht absorbieren und von ihm zerstört werden.

Über die Farbenanpassung des Silberphotochlorids machte Lüppo-Cramer folgende Mitteilungen (Phot. Korresp. 1911, S. 33 und 270): Mittels ultramikroskopischer Untersuchungen hat Siedentopf nachgewiesen (Eders Jahrb. f. Phot. 1911, S. 421), daß sich beim Belichten von Chlor- und unreifer Bromsilberemulsion Partikelchen von kolloidem Silber zeigen, welche lebhaft rot, gelb, grün und bei längerer Belichtung blauviolett gefärbt sind. Dies hängt mit der Teilchengröße zusammen, da die Farbe des kolloiden Silbers sich mit zunehmender Größe der Teilchen von Gelb nach Blau kontinuierlich ändert. Lüppo-Cramer hält die Blaufärbung des Chlorsilbers für den normalen Reduktionsvorgang, während Gelb und Rot durch den oxidierenden Einfluß dieser Lichtart entsteht.

Die erste Angabe, daß sich Chlorsilber im Spektrum verschiedenartig färbt, machte wohl Senebier 1782[1]). Weitere Beobachtungen hierüber stammen von

1) Eder, Geschichte der Photographie, Halle 1905, S. 75 und 441.

Ritter aus dem Jahre 1801[1]). Ritter entdeckte, daß Chlorsilberpapier, das zuvor am Tageslichte ein wenig gedunkelt worden war, im violetten Ende des Spektrums dunkler, im roten aber heller werde, nach Eder l. c. die erste Angabe, die auf einen Gegensatz der chemischen Wirkung des roten und des violetten Lichtes hindeutet. Ritter fand, daß die Schwärzung hinter dem Grün aufhört und daß die Lichtwirkung im Orange und Rot in wahre Oxydation des bereits reduzierten oder, was dasselbe ist, in die Retardation oder Aufhebung der Reduktion übergeht.

Bekannter sind die Beobachtungen von Seebeck[2]), der durch Belichtung von feuchtem auf Papier gestrichenen Chlorsilber im Spektrum eine Reihe von ziemlich ausgesprochenen und einigermaßen mit der Spektralzone übereinstimmenden Farben erhielt.

Sir John Herschel stellte 1840 ähnliche Versuche an und beobachtete, daß im Lichte geschwärztes Chlorsilberpapier unter dem Spektrum im Rot, Grün und Blau analoge Farben annahm[3]). Im übrigen hat sich Becquerel bekanntlich hauptsächlich mit der Photochromie auf chlorierten Silberplatten befaßt, wobei nach den Untersuchungen von O. Wiener[4]) Interferenzfarben die Hauptrolle spielen. Das gleiche gilt von den Heliochromien von Niepce de St. Victor, doch sei darauf hingewiesen, daß selbst auf diesen Platten, die als die schönsten der damaligen Zeit anerkannt wurden, die Farbenwiedergabe doch nur eine recht mäßige ist, wie die von Eder seinem Quellenwerke beigegebene Faksimilereproduktion einer auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1862 ausgestellten Photochromie von Niepce de St. Victor zeigt. Jene Platte zeigt als einigermaßen ausgesprochene Farbe nur eine Art Ziegelrot, im übrigen nur verschiedene Nuancen Grau.[5])

Vielfach sind Photochromieversuche mif Chlorsilberemulsionen (Auskopierpapier) angestellt worden, so von R. Ed. Liesegang[6]), F. Veress[7]) u. a. Auch hier wird durchgehends das Gelb vermißt, Grün mehrfach als nur „teilweise vorhanden“ angegeben. Dagegen sind alle Autoren darin einig, daß Rot und Blau ziemlich gut wiedergegeben werden.

Lüppo-Cramer versuchte, ob die Farbenanpassung der Photohaloide auch bei Abwesenheit eines besonderen Oxydationsmittels durch Vergrößerung und Verkleinerung der Silberteilchen in der zu Eingang beschriebenen Art zu erklären ist. Es ergeben sich zunächst verschiedene Anzeichen dafür, daß zur Erzielung einer blauen Farbe auf den Silberhaloiden ein gewisses Minimum der ursprünglichen Korngröße Voraussetzung ist. Feinkörnige Auskopierpapiere, die im weißen Lichte rot anlaufen, können auch im blauen Lichte nur rot und niemals blau werden, weil die Silberteilchen natürlich nicht über die Größe des Haloides hinauswachsen können, aus dem sie entstanden. Dasselbe gilt für das durch Röntgenstrahlen, Radiumstrahlen und ultraviolettes Licht zerstäubte Bromsilber bestimmter Emulsionen, das infolge seiner geringen Korngröße rot anläuft, nicht nnr im weißon Lichte, sondern auch im

1) Eder a. a. O. S. 95.

2) Eder a. a. O. S. 118.

3) Eder a. a. O. S. 441 und 443, ferner s. W. Zenker, Lehrbuch der Photochromie, Neuauflage, Braunschweig 1900, S. 45.

4) Eders Jahrb. f. Phot. 1896, S. 75.

5) Eders Geschichte der Photographie, S. 443 und Tafel XII.

6) Eders Jahrb. f. Phot. 1891, S. 540.

7) Eders Jahrb. f. Phot. 1892, S. 332.

blauen. Besonders lehrreich ist in dieser Richtung ein Versuch über die Einwirkung des ultravioletten Lichtes von nur der einen Wellenlänge 0,275 μ auf Bromsilberplatten mittlerer Korngröße. Die Strahlen von dieser kleinen Wellenlänge hatten das Bromsilber direkt rot gefärbt, indem neben der Kornzerstäubung die photochemische Reduktion durch dieselben kurzwelligen Strahlen einherging[1]). Von einer Farbenanpassung kann also in diesen Fällen gar keine Rede sein.

Ist also für die Entstehung der blauen Farbe auf den Silberhaloiden eine gewisse minimalste Korngröße Vorbedingung, so kann andererseits auf größeren Körnern, die im blauen oder weißen Lichte blaues Silber liefern, prinzipiell auch die rote Farbe erhalten werden, wenn Bedingungen geschaffen werden, die das Wachstum des photochemisch reduzierten Silbers über die für rot maßgebende Teilchengröße hinaus verhindern. Einen verhältnismäßig einfachen und deshalb recht instruktiven hierhin gehörigen Fall hat Lüppo-Cramer bereits früher[2]) mitgeteilt. Wenn man ein kurz vorbelichtetes Bild auf z. B. Kurzschen Zelloidinpapier durch eine Nachbelichtung unter einem geeigneten Rot- oder Gelbfilter vermöge der „action continuatrice“ im Sinne Becquerels entwickelt, so wird die Anlauffarbe ausgesprochen rötlich, während dasselbe Papier im weißen, blauen oder auch grünen Lichte nach blau nuanciert erscheint[3]). Eine „Anpassung“ an die rote oder gelbe Belichtungsfarbe ist also nicht an eine schon vorher vorhandene ausgeprägte Färbung gebunden, die, wie beim Poitevinschen Verfahren, erst „ausgebleicht“ werden müßte.

Die Wiederaufhellung des im diffusen Lichte gedunkelten Chorsilbers im Rot des Spektrums wurde schon von Ritter 1801 als „eine wahre Oxydation des bereits reduzierten oder, was dasselbe ist, als Retardation oder Aufhebung der Reduktion“ gedeutet. Diese antagonistische Wirkung der roten Strahlen galt allen Forschern der älteren Schule als eine ausgemachte Tatsache, und besonders in der Photochromie nach Poitevin schien die oxydative Wirkung der weniger brechbaren Strahlen auch eigentlich über allem Zweifel erhaben. Die historische Entwicklung, wie infolge der unberechtigten Verallgemeinerung der Zenkerschen Theorie die durchaus begründete Auffassung von Poitevin, Becquerel u. a. neuerdings fast ganz der Vergessenheit anheimfallen konnte, hat Lüppo-Cramer in einer früheren Studie über das Wesen der Poitevinschen Photochromie[4]) ausführlich geschildert. Auch bei dem photographischen Hervorrufungsprozeß war jene antagonistische Wirkung der roten Strahlen in der ersten Zeit der Daguerreotypie von Claudet, Herschel u. a. beobachtet und später auch von Abney wiederholt betont worden, was Lüppo-Cramer näher ausführt (Phot. Korresp. 1911, S. 274).

In seinen Untersuchungen über die Solarisationserscheinungen im Rot[5]) hat Lüppo-Cramer ausgeführt, daß man in der Abneyschen Oxydationstheorie der Solarisation den Sauerstoff entbehren kann und daß alle Reaktionen des solarisierten Bildes sich deuten lassen, wenn man annimmt, daß die pogressiven und die regressiven Reaktionen, d. h. einerseits die Halogenabspaltung, andererseits die Wiederhalogenisierung, in einen Gleichgewichtszustand gelangen, der aber in hohem Maße von der Wellen-

1) Lüppo-Cramer, Die Röntgenographie, Halle 1909, S. 54; Phot. Korresp. 1909, S 19.

2) Phot. Korresp. 1910, S. 22.

3) Sogar bei Jodsilber machte ich eine ähnliche Beobachtung. (Phot. Korresp. 1909, S. 271.)

4) Phot. Korresp. 1907, S. 376 und 439.

5) Phot. Korresp. 1910, S. 576.

länge des Lichtes abhängt[1]). Sowohl im blauvioletten wie im roten Lichte finden die beiden antagonistischen Vorgänge der Reduktion und Wiederhalogenisierung statt und in beiden Fällen ist eine Folge der Umkehrung des Reduktionsprozesses die Solarisation. Während aber im blauen Lichte die reduzierende Wirkung bei weitem die Tendenz zur Umkehrung überwiegt, wird unter dem Einfluß der weniger brechbaren Strahlen viel eher ein Gleichgewichtszustand erreicht, d. h. schon bei relativ geringer Halogenabspaltung tritt die als Solarisation sich kennzeichnende Umkehrung auf: eine Wiederhalogenisierung an der Kornoberfläche, die die zur Entwicklung erforderlichen Silberkeime wieder unwirksam macht. Es wurde a. a. O. gezeigt, daß man aus dem Verhalten der solarisierenden Schichten den Schluß ziehen kann, daß infolge der überwiegend reduzierenden Wirkung des blauen Lichtes die Dicke der Schicht des einzelnen Bromsilberkornes, die bis zum Eintritt der ersten Umkehrung der Solarisation photochemisch zersetzt ist, erheblich größer sein muß, wenn die gewöhnliche Solarisation im weißen oder blauen[2]) Lichte erfolgt, als wenn die Umkehrung im Rot, der sogenannte Herschel-Effekt, vorliegt. Hier tritt nun eine Analogie zutage, die den erwähnten von Abney und Luggin vermuteten Zusammenhang zwischen den Solarisationserscheinungen und der Farbenwiedergabe bei der Photochromie wieder durch die Teilchengröße des Silbers deutbar erscheinen läßt. Weil bei der Belichtung im Blau die progressive Reaktion weiter geht als im Rot, können sich hier die größeren blauen Silberteilchen ausbilden, während es bei der Bestrahlung mit rotem Lichte (nach einer vorhergegangenen schwachen „action excitatrice“) schon zu einem Stillstand des Prozesses kommt, wenn die Silbersubmikronen erst bis zur Größe der roten Teilchen angewachsen sind. Wurde andererseits das Chlorsilber bis zu einer erheblichen Verdunkelung diffus vorbelichtet, so vermag auch die regressive Reaktion in den weniger brechbaren Strahlen des Spektrums die blauen Teilchen an ihrer Oberfläche wieder zu halogenisieren: es tritt eine Verkleinerung der Silberteilchen zu roten ein.

Von ganz besonderer Bedeutung in dieser Beziehung sind aber die direkten Beobachtungen von Siedentopf[3]) im Kardioid-Ultramikroskop, daß die polychromen Silberteilchen, die bei der photochemischen Zersetzung des Bromsilbers entstehen, bei längerer Belichtung wieder ausbleichen. Auch die Untersuchungen von M. P. Villard[4]) über die „action protectrice“ zeigen, daß rotes Licht die Versehleierung von Chlorsilberpapier durch das diffuse Licht vollständig verhindert.

e) Chlorsilber mit Hervorrufung.

Chlorsilber auf Kollodium (nasses Verfahren mit saurer Eisenvitriol-Entwicklung) zeigt eine Empfindlichkeit für das äußerste Violett bis

1) Vgl. hierzu die Ausführungen von Wilder D. Bancroft, Journal of Physical Chemistry 1909, Bd. 13, S. 465 und die dort zitierten interessanten Versuche von Goldstein, Journal of Physical Chemistry 1910, Bd. 13.

2) Daß im blauen Lichte lediglich die reduzierende Wirkung der blauvioletten Strahlen zur Geltung komme, erkannte schon Ritter. Ritter fand, daß Spektralviolett und Spektralrot, mittels eines Brennglases gemischt, das Chlorsilber reduziere, „was zeigt, daß die reduzierenden Strahlen im weißen Lichte in weit größerer Menge zugegen sein müssen als die oxydierenden“ (Eder, Geschichte der Photographie, S. 96).

3) Phot. Korresp. 1910, S. 274 und die dazugehörige Farbentafel.

4) Journal de Physique 1907, S. 453.

zur Linie *G*. Trockenes Chlorsilber auf Kollodium zeigt nach der Entwicklung eine Schwärzung von Violett bis ins Rot, bei sehr langer Belichtung sogar bis zur Linie *A*. Ähnliches gilt für alkalische Entwicklung von Chlorsilberkollodium (Schultz-Sellack, H. W. Vogel, Becquerel).

Chlorsilbergelatineemulsion, mit Ferrocitrat oder Eisenoxalat unter Bromkaliumzusatz hervorgerufen, hat das Maximum der Wirkung weiter gegen Ultraviolett zu als Jod- und Bromsilber. Fig. 161 zeigt eine steil auf- und absteigende Kurve der Spektralwirkung auf Chlorsilbergelatine im großen Steinheilschen Glasspektrographen. Das Maximum der Wirkung liegt an der Grenze des sichtbaren Violett und des Ultraviolett bei *KH* (ganz ähnlich der schwärzenden Wirkung des Spektrums ohne Hervorrufung, s. o.). Über den Einfluß der Glassorte des Prismas s. Seite 43. Bei Quarzkörpern oder Gittern liegt das Maximum der Wirkung etwas weiter gegen Ultraviolett über *K* hinaus und die Wirkung verläuft fast gleichstark ins brechbarste Ultraviolett (Fig. 161 die andere Kurve).

Die Farbenempfindlichkeit der verschiedenartigen Chlorsilberemulsionen ist nicht gleich; so ist eine Emulsion aus Chlornatrium und Chlorammonium relativ empfindlicher für das rote Ende des Spektrums, als eine aus Calcium-, Strontium- oder Kadmiumchlorid erzeugte. Die Empfindlichkeit der Chlorsilbergelatine gegen Rot und Gelb ist eine wesentlich geringere, als jene des Bromsilbers.

Stellt man Gelatineemulsionen mittels Chlorsilber und überschüssigem löslichen Chlorid her, so erhält man Chlorsilbertrockenplatten, welche sich ähnlich wie Bromsilberplatten entwickeln lassen, feinkörniger (aber viel unempfindlicher) als letztere sind,[1]) und an Farbenempfindlichkeit stark von Brom- und Jodsilber abweichen.

Eder stellte Versuche mit verschiedenen Spektrographen an und stellte folgendes spektrale Verhalten photographischer Chlorsilbergelatineschicht mit Entwickler fest.

Im Gitterspektrum hat Chlorsilbergelatine das Maximum der Empfindlichkeit (Sonnenlicht) hinter der Fraunhoferschen Linie *K* zu Beginn des Ultraviolett; vor den Linien *H* ($\lambda = 396$) und *K* ($\lambda = 393$) beginnt die starke Wirkung, steigt rasch an, erreicht bei ca. $\lambda = 380$ das Maximum und bleibt auf gleicher Höhe, soweit das Sonnenspektrum kräftig die Atmosphäre passieren kann, d. i. bis ca. $\lambda = 320$. Die Mitte des Empfindlichkeitsbandes der Chlorsilbergelatine bei normaler Belichtung liegt unter diesen Verhältnissen ca. bei $\lambda = 355$.

1) Vgl. Eder-Pizzighelli, Die Photographie mit Chlorsilbergelatine, Wien 1881. Ferner Eder, Ausf. Handbuch der Photographie, Bd. III, 4. Aufl., S. 395. — Derartige Chlorsilbergelatineplatten stellt in sehr guter Qualität A. Herzka in Dresden her. Als Entwickler benutzte Eder: Lösung I. 60 g Kaliumoxalat, $2^1/_4$ g Chlorammonium, 1 g Bromkalium, 500 ccm destilliertes Wasser. Lösung II. 16 g Eisenvitriol, 8 g Zitronensäure, 8 g Alaun, 500 ccm destilliertes Wasser. Vor dem Gebrauche werden die Lösungen I und II zu gleichen Teilen gemischt. Siehe auch Eder, „Rezepte und Tabellen für Photographie“, V. Aufl., 1900, S. 40.

Durch farblose Glasprismen wird das Maximum der photographischen Wirkung des Sonnenspektrums vom Ultraviolett gegen die Grenze von Violett und Ultraviolett (gegen die Linien *HK*) gedrängt. Dieser Effekt entspricht der absorbierenden Wirkung von Glasmassen, wie sie gewöhnlich in Aplanaten und anderen Objektiven mit gut durchlässigen Gläsern vorkommen; würde ein Objektiv schweres Flintglas enthalten, so würde die Maximalwirkung sogar bis zur Fraunhoferschen Linie *h* ($\lambda = 410$) gedrängt werden und die Wirkung gegen *HK* schwächer werden.

Fig. 161 zeigt den verschiedenen Verlauf der Empfindlichkeitskurve von Chlorsilbergelatine gegen Sonnenlicht, je nachdem man sich des Gitter- oder eines gut durchlässigen Glas-Spektrographen bedient.[1])

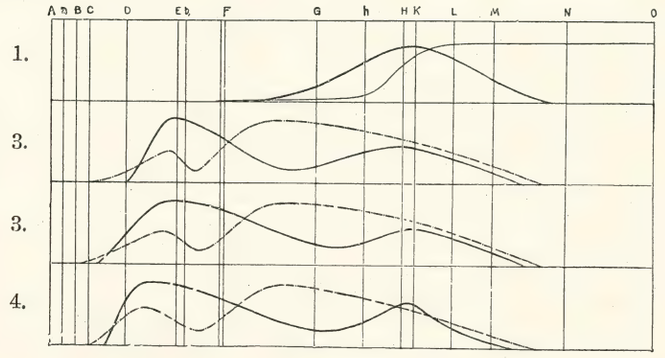


Fig. 161.

1. Wirkung des Sonnenspektrums auf Chlorsilbergelatine mit Entwicklung (stark gezeichnete Kurve: Glasspektrograph; dünn liniierte Kurve: Konkavgitter). — 2. Voll ausgezogene Kurve: Eosin-Badeplatte auf Bromsilbergelatine; punktierte Kurve: Eosin auf Chlorsilbergelatine. — 3. Voll ausgezogene Kurve: Glyzinrot auf Bromsilbergelatine; punktierte Kurve: Glyzinrot auf Chlorsilbergelatine. — 4. Voll ausgezogene Kurve: Rose bengal auf Bromsilbergelatine; punktierte Kurve: Rose bengal auf Chlorsilbergelatine.

Variable Sensibilisierungswirkung von Farbstoffen auf Brom- und Chlorsilber.

Für die vorliegenden sensitometrischen Versuche ist eine genaue Kenntnis der Lage der Sensibilisierungsmaxima der für Gelbgrün sensibilisierenden Farbstoffe von Belang. Deshalb untersuchte Eder neuerdings die Wirkung gleicher Farbstoffe auf verschiedene photographische Schichten, insbesondere auf Bromsilbergelatine-, Chlorsilbergelatineplatten[2]) und Bromsilberkollodion-Emulsion,[3]) und zwar benutzte er Eosin (Tetrabromfluoresceïn), Erythrosin (Tetrajodfluoresceïn) und Rose bengal.

1) Über den Effekt von Spektrographen mit Schwerflint s. Eder, „Über das Verhalten der Haloidverbindungen des Silbers gegen das Sonnenspektrum", Sitzungsber. d. akad. Wissensch. Wien, 4. Dez. 1884.

2) Von Eder zuerst untersucht 1884 (a. a. O., wo sich auch eine gezeichnete Kurve der Spektralwirkung auf Chlorsilber+Eosin vorfindet, welche im wesentlichen mit seinen neuerlichen Beobachtungen übereinstimmt, jedoch den Verlauf der Sensibilisierung weniger genau wiedergibt, als die dieser Abhandlung in Fig. 161 beigegebene Kurve.

3) Gewaschene Albertsche Bromsilberkollodion-Emulsion, welche, mit dem betreffenden Farbstoffe gefärbt, im Silberbade 1:500 gebadet und dann mit alkalischem Glyzinentwickler hervorgerufen wurde.

Die durch den betreffenden Farbstoff bewirkten Sensibilisierungsmaxima liegen bei kurzen Belichtungen sowohl bei Brom- und Chlorsilbergelatine, als auch bei der Kollodiumemulsion in der Regel an annähernd derselben Stelle, mitunter sind sie gegeneinander etwas verschoben (um ± 1 bis 6 Angströmsche Einheiten).

Bei ganz kurzen Belichtungen liegt das Sensibilisierungsmaximum von Tetrabromfluoresceïn (Eosin) bei Bromsilber- und Chlorsilbergelatine fast an derselben Spektralstelle, jedoch erscheint bei mehreren meiner Spektrumphotographien das Eosinmaximum beim Bromsilber ein wenig weiter gegen Gelb liegend, als beim Chlorsilber.[1]) Zusatz von Ammoniak zum Farbbade beeinflußt die Farbenempfindlichkeit günstig, ist aber nicht ohne Rückwirkung auf den Verlauf des Sensibilisierungsbandes.

Bei Chlorsilber- und Bromsilbergelatine sind die Minima der Empfindlichkeit viel mehr voneinander verschieden als ihre Maxima, wie folgende Zusammenstellung von Eders Messungen zeigt:

	Glasspektrograph (Sonnenlicht)	
	Sensibilisierungsmaximum bei	Minimum bei
Chlorsilbergelatine mit Eosin und Ammoniak[2])	$\lambda = 540$	$\lambda = 457$
Bromsilbergelatine mit Eosin und Ammoniak	$\lambda = 541$	$\lambda = 513$
Bromsilbergelatine mit Eosin ohne Ammoniak	$\lambda = 546-542$	$\lambda = 525$

Während die Sensibilisierungsmaxima so ziemlich (nicht genau) an derselben Stelle im Gelbgrün sich befinden, schwanken die Minima viel mehr, weil bei längerer Belichtung und starker Entwicklung sich das Sensibilisierungsband unsymmetrisch beiderseits verbreitert und anderseits das photographische Band im Blauviolett, welches der photographischen Eigenempfindlichkeit des reinen Bromsilbers (oder Chlorsilbers) entspricht, nach steigender Belichtung sich seinerseits je nach der Belichtungsdauer bald mehr, bald weniger weit gegen Blaugrün ausbreitet; hierbei rückt bald das letztere Band, bald das erstere Band rascher vor, je nachdem die relative Gelbgrün- oder die Blauempfindlichkeit überwiegt.

Die erwähnte unsymmetrische beiderseitige Ausbreitung des eigentlichen Sensibilisierungsbandes ist auch die Ursache, warum bei längerer Belichtung und Entwicklung die Mitte dieses Bandes nicht mit dem eigentlichen Sensibilisierungsmaximum zusammenfällt, sondern allmählich gegen Blaugrün zu sich verschiebt. Hierin liegt der Grund der Unsicherheit der Bestimmung der Sensibilisierungsmaxima.

Die Empfindlichkeit einer Eosin-Bromsilbergelatineplatte reicht bei ca. 100facher Überexposition (d. i. 100mal längere Belichtung, als zur Entstehung eines guten Sensibilisierungsbandes nötig ist) weit über die Fraunhofersche Linie *D* gegen *C*. — Das auf Eosin-Chlorsilbergelatine photographierte Spektrum rückt mit

1) Vgl. Acworth, Annal. Physik.

2) 100 ccm Wasser, 2 ccm Eosinlösung (1:500), 0,5 ccm Ammoniak, Badezeit 1 bis 2 Minuten.

entsprechender photographischer Schwärzung langsamer gegen Rot und schneller gegen Blaugrün vor; es erscheint bei kurz belichteten Platten zuerst nur Gelbgrün (Sonnenspektrum), dann nach ca. viermal längerer Belichtung erst ein photographischer Effekt im Bezirk zu Beginn von Ultraviolett (*HK*); bei Eosin-Bromsilbergelatine ist es umgekehrt.

Eosin-Bromsilberkollodium mit chemischer Entwicklung[1]) gibt ein Sensibilisierungsmaximum bei $\lambda = 542$ bis 550, bei anderen Platten bei 548 bis 549, und zwar erscheint (Glasspektrograph, Sonnenlicht) im Gelbgrün die Wirkung früher als die Blauwirkung. Dagegen gab mir Bromsilberkollodion, gefärbt mit Eosin, gesilbert im starken Silberbade und entwickelt mit saurer Eisenvitriollösung, wie man dies zu orthochromatischen Gemäldereproduktionen verwendet,[2]) kein so deutliches Sensibilisierungsmaximum, sondern bei einigermaßen reichlicher Belichtung erstreckt sich das Band der photographischen Wirkung von der Fraunhoferschen Linie *D* kontinuierlich bis an die Grenze Ultraviolett bei *HK*, wobei ohne Anwendung irgend eines Dämpfungsfilters die Wirkung allmählich gegen Blauviolett sinkt und kaum ein Minimum der Spektralwirkung irgendwo bemerkbar ist. Wird Chlorsilberkollodion ganz ebenso behandelt, so erhält man ein kräftiges Sensibilisierungsmaximum gleichfalls bei $\lambda = 542$ bis 550, bei anderer Platte bei 548 bis 549; die Wirkung erstreckt sich ins Violett, wobei sie jedoch im Blau durch eine Art Minimum unterbrochen wird. Es ist sehr bemerkenswert, daß im großen und ganzen die dominierende Wirkung der Farbensensibilisierung von Eosin trotz der sehr verschieden präparierten photographischen Schicht nicht stärkere Abweichungen gegen das Spektrum aufweist.

Bei Versuchen mit Rose bengal auf Bromsilber- und Chlorsilbergelatine (Farbband mit etwas Ammoniak) fand Eder die Sensibilisierungsmaxima übereinstimmend an derselben Stelle bei $\lambda = 568$ bis 566, dagegen sind die Minima stark verschieden (für Chlorsilber bei kurzen Belichtungen $\lambda = 469$ bis 468, bei Bromsilber bei $\lambda = 509$), ohne daß diese Minima eine besonders gute Charakteristik abgeben würden. Chlorsilberplatten mit Rose bengal ohne Ammoniak[3]) zeigen die Sensibilisierungskurve steiler, prägnanter (mit dem Maximum bei ca. 475 bis 471, also etwas verschieden vom Maximum ohne Ammoniak), Minimum bei 486 bis 481. Der Grund der Verschiebung des Minimums dürfte seinen Grund im Sinken der relativen Gelbgrün-Empfindlichkeit und Vorwalten der Violettempfindlichkeit (siehe oben) haben.

Ähnlich verhält sich Glyzinrot. Die merkwürdigen Unterschiede in den Sensibilisierungsbändern von Farbstoffen auf Bromsilber- und Chlorsilbergelatine zeigt Fig. 161 (Kurven, welche die Wirkung des Sonnenspektrums, Glasspektrograph, auf diese Schichten darstellen).

---

1) Bromsilberkollodion, welches mit Eosin gefärbt, dann im Silberbade sensibilisiert, gewaschen und alkalisch entwickelt wird.

2) Eders Handbuch, II. Teil, d. i. Kollodion mit Bromkadmium und Eosin, gesilbert im starken Silberbade und mit 20 prozentiger Eisenvitriollösung hervorgerufen.

3) Auch bei Chlorsilbergelatine-Emulsionen wirken schon ganz kleine Mengen von Ammoniak (z. B. 0,1 bis 0,5 % im Farbbade) sehr günstig auf Heraustreten des Sensibilisierungsbandes, z. B. Chlorsilbergelatine + Rose bengal gibt ohne Ammoniak in Eders Compoundspektrographen das Sensibilisierungsmaximum im Gelb erst bei 5 bis 7 mal längerer Belichtung als das Violett bei *HK*; mit Ammoniak kehrt sich das Verhältnis um.

Fluoresceïn erzeugt auf Chlorsilbergelatine ein Sensibilisierungsmaximum ungefähr bei λ 465, bei Bromsilbergelatine aber bei λ 466, d. h. das Maximum ist bei Chlorsilber weiter gegen das weniger brechbare Ende gerückt (nur bei kurzer Belichtung und harter Entwicklung nachweisbar, bei normaler Belichtung und Entwicklung verschwinden diese Unterschiede). Sehr gut sensibilisiert Fluoresceïn das Bromsilberkollodium, wenn man mit einem schwachen Silberbade (1 : 500) sensibilisiert, exponiert, gut wäscht und dann alkalisch (mit Glyzin usw.) entwickelt. Die Grünempfindlichkeit ist sehr gut. Monobromfluoresceïn wirkt unter analogen Verhältnissen im Bromsilberkollodium besonders gut;[1]) es sensibilisiert sehr kräftig für Grün und das Maximum des Sensibilisierungsbandes liegt zwischen jenem vom Fluoresceïn und Tetrabromfluoresceïn, bei vortrefflicher Gesamtempfindlichkeit der Schichte. Ein Zusatz von Monobromfluoresceïn zu Äthylviolettkollodion[2]) verbessert dieses, gibt bei Steigung der Empfindlichkeit gute panchromatische Schichten. Da Eder mit Monobromfluoresceïn-Bromsilberkollodion, sowie mit dessen Kombination mit Äthylviolett vorzügliche Resultate hinter Grünfilter, respektive Rotfilter erhielt, so führte Eder dies Verfahren für direkte Dreifarben-Autotypieaufnahmen ein; die Erfolge waren besser als mit anderen bisher bekannten Methoden.

Da die Eigenempfindlichkeit des Chlorsilbers im Ultraviolett stets weitab vom Sensibilisierungsmaximum liegt, so eignet sich die Chlorsilbergelatineplatte besser zum Studium der typischen Sensibilisatoren, namentlich der als Blausensibilisatoren wirkenden gelben Farbstoffe; ihre Wirkung fließt häufig mit der Bromsilberempfindlichkeit zu sehr zusammen, um in ihrer Eigenart sich präzise erkennen zu lassen.

Vergleicht man die Lage der Maxima und Minima in diesen Kurven und wirft die Frage auf, ob derartige orthochromatische Chlorsilbergelatineplatten durch sensitometrische Bestimmung ihrer Empfindlichkeit hinter blauen und gelben Lichtfiltern sich ebenso entsprechend charakterisieren lassen, wie Bromsilberplatten, so ergibt sich folgendes:

Wollte man die Größe der Wirksamkeit der Farbensensibilisatoren bei Chlorsilbergelatineplatten durch Vorschalten von farbigen Lichtfiltern vor ein Sensitometer messen, so müßte man das Spektrum durch violette Filter an der Stelle der approximativen Grenze der Eigenempfindlichkeit des Chlorsilbers abfiltrieren und den anderen passenden, weniger brechbaren Teil für sich wirken lassen, um die Methode dem analogen Verfahren für Bromsilber anzupassen. Durch dieses Beispiel sind die Grenzen der allgemeinen Anwendbarkeit derartiger Methoden überhaupt gekennzeichnet. Keinesfalls aber wird die Sensitometrie mit farbigen Lichtfiltern die spektrophotometrische Methode, wie Eder sie in seiner Abhandlung über „System der Sensitometrie“ beschrieb, ersetzen können, welche sowohl die photographische Einzelwirkung, als auch die Summenwirkung der Spektralbezirke zu messen gestattet.

f) Chlorsilber mit adsorbiertem kolloidalen Silber und Hervorrufung.

Silberphotohaloide, welche Chlorsilber mit adsorbiertem kolloidalen Silber enthalten, sind zufolge der rötlichen Farbe panchromatisch

---

1) Auf Bromsilbergelatine bringt Monobromfluoresceïn keinen so guten Effekt als Sensibilisator hervor.

2) Äthylviolett als Sensibilisator für Rot und Gelb eingeführt von E. Valenta, siehe Phot. Korresp. 1901, S. 37.

empfindlich über das ganze sichtbare Spektrum. Es wirkt hierbei das kolloidale Silber wie ein Farbensensibilisator[1]). [Vgl. Abschnitt b, S. 285.] Es lassen sich normale Negative entwickeln.

Photochlorid und Photojodid gibt bei weiterem Belichten beim Hervorrufen normale Bilder, d. h. ein normales Negativ, nicht aber Silberphotobromid, welches umgekehrte (scheinbar solarisierte) Bilder liefert, also nach einem Positiv nicht ein Negativ. [Carey Lea[2]), Lüppo-Cramer[3])]. Dies gilt nicht nur für Silberhalogen-Emulsionen, welche im Lichte in Photohaloid übergeführt wurden, sondern auch von Silberhalogenemulsionen in Gelatine, welche mit kolloidalem Silber versetzt (rosarot angefärbt) und zuerst von Lüppo-Cramer[4]) studiert wurden. Die Differenz des Verhaltens der Photochloride und -jodide einerseits und des Photobromids andererseits gilt sowohl für chemische als physikalische Entwicklung.

Eder (Jahrb. f. Phot. 1910, S. 415) untersuchte das Verhalten Lüppo-Cramerscher Photochloridplatten (mit adsorbiertem Silber) gegen das Sonnenspektrum. Man kann die Bilder physikalisch mit Metol-Silbernitrat[5]) zu einem kräftigen Spektrumbild (und normalen Negativ auf glasklarem Grunde) mit grauschwarzer Farbe entwickeln und fixieren.

Ebenso gelingt die kräftige Entwicklung des latenten Lichtbildes mit chemischen Entwicklern, z. B. Ferrooxalat[6]). Sowohl bei physikalischer als chemischer Entwicklung des kolloidales Silber enthaltenden Chlorsilbers zeigt sich eine über das ganze sichtbare und ultraviolette Spektrum verlaufende Schwärzung mit einem mäßigen breiten Maximum bei HK und einem etwas stärkeren im Grün (Maximum etwa 550 $\mu\mu$); der Verlauf der Schwärzungskurven im Spektrum ist bei der direkten Schwärzung sowie bei den physikalisch und chemisch entwickelten Platten vollkommen analog[7]).

1) Eder, Phot. Korresp. 1909, S. 277; Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1909, S. 372. — Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 406 und 407.

2) Carey Lea, Kolloides Silber und die Photohaloide. Neuausgabe von Lüppo-Cramer, Dresden 1908.

3) Phot. Korresp. 1909, S. 275ff.

4) Phot. Korresp. 1909, S. 275ff.

5) Als Entwicklervorschrift wurde benutzt: Lösung A: 50 g Zitronensäure, 500 ccm Wasser, 10 g Metol; Lösung B: zehnprozentige Silbernitratlösung in Wasser. Zu 100 ccm der Lösung A kommen 2 bis 3 ccm der Lösung B; man entwickelt 5 bis 10 Minuten.

6) Eder benutzte folgenden Entwickler: Lösung A: 500 ccm destilliertes Wasser, 60 g oxalsaures Kali, 2,5 g Chlorammonium, 1 g Bromkalium; Lösung B: 500 ccm Wasser, 16 g Eisenvitriol, 8 g Zitronensäure, 6 g Alaun. Vor Gebrauch mischt man gleiche Teile von A und B.

7) Diese generell geltende Regel stellte Eder bereits früher auf (Eder, Die Photographie mit Bromsilbergelatine, 5. Aufl., 1903, S. 764).

Fig. 159 zeigt den graphischen Verlauf dieser Schwärzungskurve. Das Phänomen verläuft ganz analog der mit organischen Farbstoffen sensibilisierten Chlorsilbergelatineplatten[1]). Sie lassen die Eigenempfindlichkeit des reinen Chlorsilbers (mit dem charakteristischen Maximum bei HK) erkennen, dann folgt eine ganz außerordentlich günstige, kontinuierlich verlaufende Farbensensibilisierung durch das adsorbierte rosenrot färbende, kolloidale Silber, mit einem breiten Sensibilisierungsmaximum im Grün und panchromatischer Wirkung über das ganze sichtbare Spektrum.

Dieses Verhalten des Silberphotochlorids gegen Entwickler ist von großer Bedeutung für die Theorie des photographischen latenten Lichtbildes geworden, wie Eder (1909) diskutierte (Phot. Korresp. 1909; Eders Jahrb. f. Phot. 1910, S. 417).

Es ergibt sich nämlich die bereits von Lüppo-Cramer konstatierte Tatsache, daß die Silberkeimtheorie des entwicklungsfähigen latenten Lichtbildes (welche in dem entwicklungsfähigen „Photochlorid“ eine Adsorptionsverbindung von Silber und Chlorsilber sieht und von Lüppo-Cramer früher vertreten wurde) nunmehr wenigstens für Chlorsilber nicht haltbar ist. Denn wenn das latente Lichtbild auf Chlorsilber seine Entwicklungsfähigkeit dem im Lichte abgespaltenen und adsorbierten Silber verdanken würde, dann müßte eine derartig synthetisch dargestellte Adsorptionsverbindung von $AgCl + Ag$ sofort im Entwickler sich schwärzen. Dies ist aber nicht der Fall, wie Lüppo-Cramer selbst beobachtete, sondern es stellt sich hierbei die Entwicklungsfähigkeit erst durch Lichtwirkung ein, und zwar entstehen sowohl bei chemischer als physikalischer Entwicklung klare photographische Negative.

Das im Lichte entstehende Reduktionsprodukt des Chlorsilbers, welches in hohem Grade entwicklungsfähig ist, kann also seine Entwicklungsfähigkeit nicht adsorbiertem Silber verdanken, denn dieses wirkt im gegebenen Falle nur als Farbensensibilisator.

Dagegen lassen sich diese Phänomene mit der von Eder wiederholt erörterten Silbersubhaloidtheorie ohne Schwierigkeit erklären. Danach geht das belichtete Chlorsilber zunächst teilweise in Silbersubchlorid über (Bildung einer festen Lösung beider), und dieses ist entwicklungsfähig. Das etwa beigemengte sekundär entstehende Silber ist für die Entwicklungsfähigkeit nicht entscheidend. Das kolloidale Silber vermag sich wahrscheinlich nicht mit Chlorsilber chemisch zu vereinigen, denn

1) Vgl. Eder, Ausführl. Handb. d. Phot., Bd. 3, 5. Aufl., 1903. Ferner Eder und Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse, 1904.

es entsteht hierbei kein entwicklungsfähiges „Photochlorid des Silbers“, sondern es bildet sich ein anderes Produkt, das sich wie ein Adsorptionsgemisch von reinem Chlorsilber mit kolloidalem Silber verhält, welch letzteres wie ein Farbensensibilisator wirkt.

Die sensibilisierende Wirkung des kolloidalen Silbers auf Chlorsilber erfolgt ganz analog jener der organischen Farbensensibilisatoren, und zwar ist das von der Chlorsilbergelatine inkorporierte kolloide Silber ein idealer, panchromatischer Sensibilisator; leider ist die Lichtempfindlichkeit derartiger Chlorsilbergelatineplatten zu gering, um derzeit praktisch zu farbentonrichtigen Negativaufnahmen verwendet werden zu können.

VI. Anteil des ultravioletten Lichtes bei photographischen Tageslichtaufnahmen. — Effekt von Glas- und Bergkristall-Linsen.

Hierüber stellte Eder 1903 eingehende Versuche an (Photogr. Korresp. 1903, S. 433).

Die große Rolle, welche Ultraviolett bei photographischen Prozessen spielt, ist bekannt und wurde im Jahre 1895 von Ives[1]) wieder hervorgehoben, nachdem bereits E. Albert 1888 auf die Wichtigkeit des Fernhaltens von ultraviolettem Licht bei orthochromatischen Aufnahmen[2]) hingewiesen hatte.

Mittels Sensitometrie untersuchte Eder die Rolle, welche ultraviolettes Licht bei photographischen Prozessen spielt, indem er eines der bekannten Ultraviolett absorbierenden Mittel, z. B. Chininsulfat, Äsculin usw., einschaltet oder das Woodsche für Ultraviolett durchlässige Filter (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 443) benutzt, welches jedoch für Ultraviolett nicht genügend transparent ist.[3])

Gut entspricht eine 4proz. wässerige Lösung von Chininbisulfat (Schichtendicke 1 cm) in Glaswannen (farblose Glasscheiben à 1 mm Dicke). Diese Filter schneiden Ultraviolett ungefähr bei der Fraunhoferschen Linie H ($\lambda = 396$) nebst einem kleinen Stück des äußeren Violett ab; bei kürzeren Belichtungen rückt die Absorption etwas weiter ins Violett, bei sehr langer Belichtung bis $\lambda = 394$ etwas gegen K, welch letzteres aber noch gedämpft wird. (Auch Äsculin kann verwendet werden.)

1) F. E. Ives schätzt die Mitwirkung des ultravioletten Lichtes sogar bei gewöhnlichen Aufnahmen im Atelier auf die Hälfte der Gesamtwirkung des Tageslichtes (The Amateur Photographer 1903, S. 349). Ältere Publikation von Ives über diesen Gegenstand s. Phot. Korresp. 1895, S. 495; vgl. ferner Phot. Korresp. 1895, S. 545.

2) Dr. Eugen Albert, „Über eine isochromatische Kollodiumemulsion“ (Phot. Korresp. 1888, S. 251).

3) S. auch Phot. Korresp. 1903, S. 367.

Die Differenz der photographischen Wirkung einer Lichtquelle hinter Chininsulfat — sowie hinter Wasserfilter — gibt den Anteil des durch Glas dringenden Ultraviolett am Zustandekommen des Lichtbildes. Will man das Ultraviolett ganz ungestört durch die Lichtfilter dringen lassen, so müssen Wannen aus Bergkristallplatten verwendet werden.

Auf diese Weise ermittelte der Verfasser den Anteil des Ultraviolett bei der photographischen Bilderzeugung am Tageslichte unter Anwendung von Bromsilbertrockenplatten (Glaswannen mit zwei Gläsern à 1 mm); die Versuchsergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Bei Aufnahmen mit Bromsilbergelatineplatten am Tageslichte überwiegt also die Wirkung des sichtbaren Spektrums über die immerhin beträchtliche Wirkung des Ultraviolett[1]); dagegen wird beim Photographieren mit Chlorsilbergelatineplatten fast der ganze Effekt vom Lichte im äußersten Violett nächst HK und besonders von Ultraviolett bewirkt. Auch bei Magnesiumlicht kommt der Hauptanteil der Wirkung dem Ultraviolett zu.

	Effekt von sichtbarem Lichte	Effekt von Ultraviolett
I. Bromsilbergelatine mit Entwicklung.		
a) Der photographische Effekt von Tageslicht (reflektiert von weißem Papier) auf Bromsilbergelatine setzt sich zusammen aus	62 %	38 %
b) Photographischer Effekt von Magnesiumlicht (weißes Papier)	30 %	70 %
c) Gaslicht (Argandbrenner, von weißem Papier reflektiert)	80 %	20 %
II. Chlorsilbergelatine mit chemischer Entwicklung.		
Der photographische Effekt von Tageslicht (reflektiert von weißem Papier) auf Chlorsilber setzt sich zusammen aus	1—2 %	98—99 %

Diese Befunde Eders bestätigte und erweiterte später Freiherr von Hübl durch Landschafts-Aufnahmen mit gewöhnlichen Objektiven, einem Objektiv aus Uviolglas (vgl. S. 42) und einer Lochkamera. Das Uviolobjektiv unterscheidet sich auch sonst fast gar nicht von einem gleich gebauten Glasobjektiv. Wurde eine Stereoskopplatte gegen eine Landschaft mit beiden Objektiven exponiert, so war das mit dem Uviolobjektiv entstandene Bild kaum merkbar kräftiger, und bei der Aufnahme einer

1) Falls bei anderen Versuchsanordnungen das Licht durch dicke, eventuell grünliche Glasmassen dringt, so wird das Ultraviolett mehr geschwächt; ebenso treten Schwankungen bei Reflexion von verschieden gefärbten Flächen ein.

Farbentafel war überhaupt kein Unterschied zu konstatieren. Weitere Versuche haben gezeigt, daß bei Aufnahmen mit der Lochkamera die ultravioletten Strahlen tatsächlich etwa 30 Prozent zur Bilderzeugung beitragen, benutzte man aber Glasobjektive, so kamen sie kaum zur Geltung, und daher ist auch dem wiederholt vorgeschlagenen Vorschalten eines Filters von Chininsulfat, um „Störungen“ bei der photographischen Aufnahme durch diese Strahlen zu vermeiden, keine praktische Bedeutung beizumessen (Eders Jahrb. f. Phot. 1907, S. 349).

Zum genauen Verständnis dieser Verhältnisse ist die Kenntnis der Absorption optischer Gläser gegen Ultraviolett notwendig.

Farblose Gläser verhalten sich nach den Untersuchungen von Eder und Valenta (Denkschr. d. k. Akad. d. Wissensch., Wien 1894) dem ultravioletten Lichte gegenüber, je nach ihrer Zusammensetzung, sehr verschieden. Ungünstig, d. h. relativ sehr wenig durchlässig für die ultravioletten Strahlen erwies sich das gewöhnliche Silikat-Flintglas. Das neue Baryt-Flintglas absorbiert in dünnen Schichten das Ultraviolett in den Regionen $\lambda = 300\,\mu\mu$, d. i. zunächst den Fraunhoferschen Linien P bis T in geringem Grade; dickere Schwerflintglasschichten absorbieren das ultraviolette Licht schon von K ab in erheblichem Maße, bei Baryt-Flintglas in dickerer Schicht dagegen tritt eine erhebliche Absorption erst bei M oder N ein. (Vgl. Fig. 33.)

Die Absorption des Baryt-Flintglases ist in dünnen Schichten nahezu dieselbe wie bei englischem Hard-Crown; in dickeren Schichten jedoch nimmt die Undurchlässigkeit des Flintglases gegen das Ultraviolett rascher zu, als dies bei dem genannten und anderen Crowngläsern der Fall ist.

Eine sehr befriedigende Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht zeigt das Crownglas von hoher Dispersion, sowie das Zink- und Bor-Crownglas; alle diese Gläser aber übertrifft das Leichtphosphat-Crownglas, welches von allen Gläsern die größte Durchlässigkeit für die ultravioletten Lichtstrahlen (von $\lambda = 300$ an) zeigt. Jedoch ist auch diese Glasart trotz ihres relativ günstigen Verhaltens dennoch nicht im entferntesten an Durchlässigkeit für das Ultraviolett mit dem Quarz zu vergleichen. (Vgl. Tafel II.)

Dickere Schichten von gewöhnlichem Schwerflintglas (mehrere Zentimeter stark) üben für Strahlen vom Beginne des Ultraviolett, ja sogar schon für die brechbarsten violetten Strahlen nächst der Fraunhoferschen Linie H ($\lambda = 496{,}8$) eine, wenn auch schwache, so doch schon merkliche absorbierende Wirkung aus, während eine eben so starke Absorption bei Baryt-Leichtflintglas erst bei den Linien M oder N auftritt, und bei Crowngläsern etwa bei O. Die Kurve, welche die Absorption der Gläser bei zunehmender Glasstärke gegen ultraviolettes Licht zum Ausdrucke bringen soll, steigt jedenfalls bei allen Flintgläsern rascher als bei den Crowngläsern, und zwar bei ersteren in um so höherem Grade, als der Bleigehalt wächst.

Den typischen Verlauf der Absorption des ultravioletten Lichtes in Crownglas einerseits und Flintglas andererseits zeigt die Fig. 162.

Da die zu photographischen Objektiven verwendeten Linsen in der Regel mit Canadabalsam verkittet werden, und bereits Hartley auf die absorbierende Wirkung dieses Körpers aufmerksam machte, so muß auch dessen Lichtabsorption berücksichtigt werden. Der Verfasser fand, daß die stärkste Absorption des Ultraviolett bei ungefähr $\lambda = 298{,}0$, d. i. hinter der Fraunhoferschen Linie U beginnt; es ist somit die Absorption für die stark brechenden Strahlen eine geringere als bei den besten 1 cm dicken Gläsern, etwas größer als bei den 1 mm dicken Crownglasplatten, dagegen etwas kleiner als bei den 1 mm dicken Flintgläsern. Daraus geht hervor, daß Canadabalsam für Glaslinsen bezüglich der Absorption im Ultraviolett ein durchaus unschädliches Verkittungsmittel ist, weil sein diesbezügliches Absorptionsvermögen ein derartiges ist, daß es erst bei jenen stark brechbaren ultravioletten Strahlen zur Geltung kommen würde, welche vom Glase ohnedies absorbiert werden. Dagegen werden Quarzkörper durch Canadabalsam in ihrer Durchlässigkeit für Ultraviolett stark geschädigt und betreffs ihrer Leistungsfähigkeit auf jene von Glaskörpern herabgedrückt, selbst wenn die Dicke der Verkittung nur $^1/_{10}$ mm betragen würde. Dickes Glyzerin, welches bereits V. Schuhmann als Bindemittel für Quarzprismen zu Zwecken der Spektrumphotographie empfohlen hat, ist dagegen für die ultravioletten Strahlen so durchlässig, daß das Spektrum bis zur Zinklinie $\lambda = 2024$ ungeschwächt durchdringt.

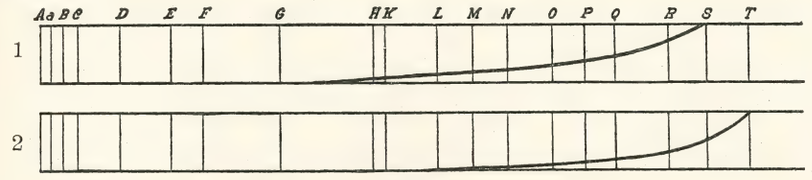


Fig. 162.
1. Absorption im Flintglas. — 2. Absorption im Crownglas.

Es fragt sich nun, ob bei photographischen Arbeiten im Tageslichte Quarzlinsen gegenüber Glaslinsen sich als erheblich vorteilhaft erweisen würden, angenommen, daß die photographischen Objektive dieselbe relative Helligkeit (Verhältnis der wirksamen Öffnung zur Brennweite) hätten. Zu diesem Zwecke verglich der Verfasser eine einfache plankonvexe Quarzlinse bei gleicher Abblendung mit einer einfachen Crownglaslinse (Fokus für die Fraunhofersche Linie $D = 75$ cm), indem beide zu photographischen Aufnahmen im diffusen Tageslichte verwendet wurden. Dabei ergab sich, daß die praktische photographische Wirksamkeit auf Bromsilbergelatineplatten nahezu gleich ist. Die Quarzlinse ist etwas lichtstärker, welcher Unterschied jedoch kaum bemerkbar war.[1]) Bedenkt man, daß die Glaslinse so viel von dem photographisch stark wirkenden Ultraviolett absorbiert, welches durch die Quarzlinsen unbehindert durchgeht, so ist das Resultat vielleicht befremdend; jedoch findet diese Erscheinung alsbald ihre Erklärung in dem Umstande, daß das Tageslicht relativ wenig stark brechende, ultraviolette Strahlen enthält und das diffuse reflektierte Tageslicht, mit dem wir es in der Regel in der photographischen Praxis zu tun haben, arm an Strahlen von kleinerer Wellenlänge als $\lambda = 390$ ist. Die Lichtstrahlen, welche den Fraunhoferschen Linien L bis N entsprechen, spielen unter diesen Verhältnissen

1) Schwerflintglas-Linsen verhalten sich merklich ungünstiger, ebenso gewöhnliche achromatisierte Glaslinsen, welche aus Crown- und Flintglas kombiniert sind.

eine nebensächliche Rolle, und zwar um so mehr, als das Maximum der Empfindlichkeit der Bromsilbergelatineplatten im Hellblau des Spektrums zwischen ($\lambda = 438$ bis $\lambda = 430$) liegt;[1]) da nun sogar die direkten Strahlen des Sonnenspektrums auf Bromsilbergelatine in der Nähe der Linie M nur mehr $^1/_{10}$ der Wirkung im Blau äußern, und da ferner im diffusen reflektierten Tageslichte diese ultravioletten Strahlen noch schwächer auftreten, so erklärt es sich, daß die ultravioletten Strahlen von kleinerer Wellenlänge, als jene der Fraunhoferschen Linie M bei der Herstellung von photographischen Bildern in der Camera mittels Bromsilberplatten wenig in Betracht kommen.

Es liefern also Crowngläser für praktische photographische Arbeiten im diffusen Tageslichte sowohl für sich allein, als auch unter Anwendung von Canadabalsam hinreichend für Ultraviolett durchlässige Linsen, so daß an einen Ersatz für diese Linsen durch solche von Quarz nicht gedacht zu werden braucht.

Anders verhält es sich mit Schwerflintglaslinsen; diese üben in dichteren Schichten eine merkliche Absorption im Violett und eine sehr starke im Beginne des Ultraviolett aus. Bedenkt man, daß die Lichtstrahlen nächst N ungefähr die halbe photographische Wirkung auf Bromsilber äußern, als jene im Maximum der Wirkung (Hellblau nächst der Linie G), so ist es sofort ersichtlich, daß photographische Objektive, welche Schwerflintglas als Komponenten enthalten, bei gleicher relativer Öffnung $\left(\frac{\text{Durchmesser}}{\text{Brennweite}}\right)$ nur die halbe photographische Wirksamkeit des Bildes liefern werden, gegenüber einfachen derartigen Linsen, welche nur aus Crownglas bestehen; dem Crownglas nahe, aber demselben nicht gleichkommend sind Kombinationen, welche neben Crownglas noch Barytleichtflintglaslinsen enthalten. Dieses Verhalten der Gläser ist von Wichtigkeit bezüglich des Verhältnisses der optischen Helligkeit zur photographischen Wirkung des Lichtbildes bei Anwendung verschiedener Objektivtypen.

Über Absorption von Licht in farblosen Gläsern im optisch sichtbaren Teil s. Krüß, Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse, 1891; ferner H. Krüß in Eders Jahrbuch f. Phot. 1890, S. 45; Liebenthal, Praktische Photometrie, 1907, S. 398. (Vgl. auch S. 16, 42 und 47 dieses Werkes.)

Absorption des Glimmers und Zelluloids im Ultraviolett. Eine sehr dünne Glimmerplatte bewirkt eine Absorption, welche bei der ultravioletten Fraunhoferschen Linie S ($\lambda = 310$) beginnt, rasch bis U ($\lambda = 295$) zunimmt und bei $\lambda = 284$ vollständig ist (Liveing und Dewar, Chem. Zentralbl. 1883, S. 258; Chemical News, Bd. 47, S. 121). Zelluloid absorbiert das äußere Ultraviolett von ungefähr 220 oder 230 $\mu\mu$ an.

VII. Die Photographie mit ultravioletttem und infrarotem Licht auf Bromsilbergelatine.

Man kennt verschiedene Lichtfilter, welche nur das äußerste Rot und das unsichtbare Infrarot durchlassen. Chardonnet war der erste, welcher gegen Ende des vorigen Jahrhunderts zeigte, daß dünne versilberte Glasspiegel viel photographisch wirksames, aber unsichtbares

1) Vgl. O. Lohse, „Die Wirkung der Farben auf Bromsilbergelatineplatten.“ (Eders Jahrbuch f. Phot. 1894, S. 271.)

ultraviolettes Licht absorbieren, dagegen das optisch helle Licht aber durchlassen (nebst etwas Blauviolett). R. W. Wood verwendete dünn versilberte Quarzlinsen zur Photographie mit ultraviolettem Licht, während blaues Kobaltglas mit einem orangenen Flüssigkeitsfilter von Kaliumbichromat hauptsächlich Infrarot durchläßt. Wird eine sonnenbeschienene Landschaft mit Infrarot-Lichtfiltern aufgenommen, so erscheint die Belaubung hell, als ob sie mit frisch gefallenem Schnee bedeckt wäre; der Himmel im Zenit ist schwarz. Das mit der geringen Zerstreuung der langwelligen Strahlen in der Atmosphäre zusammenhängende tiefe Schwarz in den Schatten ist eine Erscheinung, der man auch auf dem Monde oder auf Planeten ohne Atmosphäre begegnen würde, wo das Licht direkt von der Sonne kommt, welche dort in ihrem vollen Glanze aus einem Himmel scheint, der schwarz wie die Mitternacht ist.

Das kurzwellige, ultraviolette Licht verhält sich gerade entgegengesetzt wie das langwellige infrarote Licht. Prof. Wood hat zwei Photographien eines Mannes hergestellt, welcher in vollem Sonnenschein auf der Straße steht, die eine mit gewöhnlichem Lichte, die andere mit der ultravioletten Strahlung; die letztere zeigt absolut keinen Schatten. Während die infraroten Strahlen die Atmosphäre durchsetzen, ohne merklich zerstreut zu werden, ist bei den ultravioletten Strahlen gerade das Gegenteil der Fall, sie werden so stark von den Luftmolekülen und Staubteilen zerstreut, daß der größte Teil des ultravioletten Lichtes, welches die Erdoberfläche erreicht, vom Himmel herrührt und nicht direkt von der Sonne. Wenn unsere Augen nur für das Ultraviolett empfindlich wären, so würde uns die Welt nicht viel anders erscheinen als zur Zeit eines leichten Nebels. Wir würden die Sonne sehen, aber sie würde sehr gedämpft erscheinen und nirgends gäbe es Schatten so wie dies an nebeligen Tagen der Fall ist. Wir würden auf der Erde wandern wie der schattenlose Peter Schlemil der deutschen Fabel.

Blumen, die bei der Aufnahme im vollen Lichte weiß erscheinen, wie z. B. Phlox, verschwinden, wenn nur ultraviolettes Licht zur Aufnahme zugelassen wird, fast gänzlich. Dieselben absorbieren alles Ultraviolett und werfen davon gar nichts zurück. (Wood, The photogr. Journal, Oktober 1910; Phot. Korresp. 1911, S. 258 mit Abbildungen.)

VIII. Solarisationserscheinungen im Spektrum.

Werden Daguerreotypplatten, nasse oder trockene Jodsilber-, Bromsilber- oder Chlorsilberplatten dem weißen Tageslichte viel länger exponiert, als zur Entstehung eines normalen entwicklungsfähigen negativen Bildes notwendig ist, so findet unter dem Einfluß des Ent-

wicklers eine Umkehrung statt, d. h. die Silberverbindung verliert die Eigenschaft, sich im Entwickler zu schwärzen oder Quecksilberdämpfe zu kondensieren. Die Erscheinung tritt sowohl bei der chemischen als physikalischen Entwicklung auf; man nennt sie Solarisation, weil die alten Daguerreotypisten, welche zuerst bei den wenig empfindlichen jodierten Silberplatten dies Phänomen beobachteten, es nur im Sonnenlicht erhielten, da schwächere künstliche Lichtquellen wirkungslos waren; heute weiß man, daß jede Lichtquelle, z. B. eine Kerzenflamme, Solarisation hervorrufen kann, wenn nur die belichtete photographische Platte hochempfindlich (Bromsilbergelatineplatte) ist, und deshalb leicht aus dem Gebiete der normalen Belichtung in das Solarisationsgebiet gebracht werden kann.

Man kann sie besonders leicht bei Bromsilbergelatineplatten beobachten, indem man dieselben stückweise immer länger belichtet und dann entwickelt. Anfangs entsteht eine kaum sichtbare Lichtwirkung, welche sich bei intensiverer Lichtwirkung steigert (s. weiter unten das betreffende Kapitel) und bei ungefähr 1000fach größerer Lichtintensität als zur Anfangswirkung nötig ist, wird das Maximum der Schwärzung überschritten und nimmt trotz der gesteigerten Lichtwirkung wieder ab; diese Erscheinung des Zurückgehens der Schwärzung beginnt bei der beiläufig 10000fachen Lichtintensität. Jedoch ändern sich diese Zahlen sehr mit der Plattensorte. (Näheres s. Bd. III dieses Handbuchs.)

Fig. 163 zeigt die Schwärzungskurve einer Bromsilbergelatineplatte, welche eine sukzessive Belichtung von 1 bis 524288 Sekundenmeterkerzen erhalten hatte und dann entwickelt worden war; anfänglich stieg die Schwärzung zu einem Maximum an, sank aber von etwa 16000 SMK bei weiterer Belichtung. — Andere graphische Darstellungen des Solarisationsphänomens s. I. Bd., 2. Abt., 3. Aufl., S. 297.

Janssen beobachtete bei Bromsilbergelatineplatten mehrere Perioden der Solarisationserscheinungen: 1. Anfangs entsteht das gewöhnliche Negativ; 2. nach längerer Belichtung wird die Platte bei der Entwicklung gleichartig dunkel (erster neutraler Zustand); 3. positives Bild; 4. zweiter neutraler Zustand; 5. ein zweites negatives Bild, welches aber eine 100000mal so große Lichtintensität braucht als das Negativ erster Ordnung; 6. dritter neutraler Zustand. (Siehe Weiteres: Band II und III dieses Werkes.)

Der „neutrale Zustand“ der Platte (nach Janssen) zwischen der Umkehrung des negativen Bildes in ein positives wird von Francis Nipher der „Zerozustand“ genannt (Eders Jahrb. f. Phot. 1901, S. 609). Solche „Zeroplatten“ geben beim Belichten in der Kamera und Hervorrufung leicht Solarisations-Diapositive, aber man muß sehr lange belichten (s. Bd. III, S. 826). [Über Solarisation bei Photobromid s. S. 273].

Auch die verschiedene Farbe des Lichtes spielt hierbei eine Rolle.

Herschel entdeckte zuerst 1839, daß spektral verschiedene Lichtarten entgegengesetzt wirken können, indem rote und gelbe Lichtstrahlen die Wirkung der blauvioletten aufheben[1]) [sog. „Herschel-Effekt“]. — Auch Röntgenstrahlen und Lichtstrahlen können im selben Sinne antagonistisch wirken (Villars, 1899 und 1900, Lüppo-Cramer[2]).

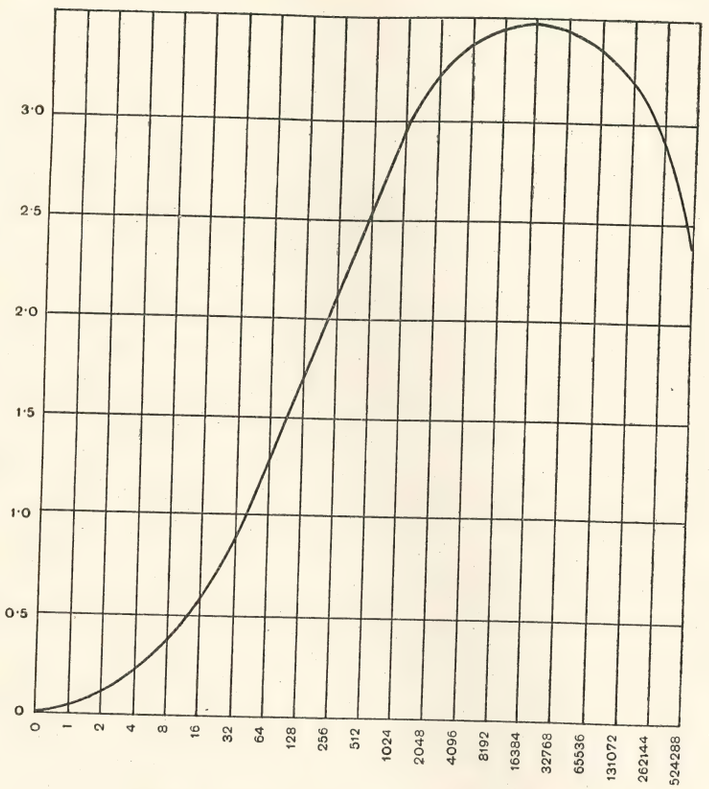


Fig. 163. Schwärzungskurve mit Solarisationsphänomen.

Im reinen Sonnenspektrum zeigt sich, daß bei fortgesetzter Exposition von Jodsilberplatten die Solarisation zuerst an der Stelle der Maximalwirkung im Blau und Violett erfolgt (s. o.). Bromsilber-Emulsionsplatten (Kollodium und Gelatine) solarisieren bei Überexposition zunächst von Ultraviolett bis über G im Grün; von dort bis ins Rot erscheint das normale Bild (Abney[3]).

---

1) Vergleiche die historische Zusammenstellung der Literatur über diesen Gegenstand: Lüppo-Cramer, Phot. Korresp. 1902, S. 134.

2) Phot. Korresp. 1909, S. 22.

3) Phot. News 1880, S. 554.

Sehr deutlich zeigt sich die negative, den normalen Lichteindruck zerstörende Wirkung des Lichtes, wenn man die photographische Platte zuerst ganz kurze Zeit dem schwachen Tageslicht aussetzt und dann erst das Spektrum einwirken läßt. Unter diesen Umständen zeigt es sich, daß besonders die roten Strahlen eine den blauen entgegengesetzte Wirkung zeigen. Dasselbe tritt ein, wenn neben dem Spektrum zugleich diffuses Tageslicht auf die Platte wirkt.

Schon Herschel fand 1839[1]), daß die roten Strahlen auf gewisse photographische Papiere den blauen entgegengesetzt wirken. Draper (1842[2]), Lerebours (1846), Claudet (1847) bestätigen dies für Jodsilber speziell im Daguerreotypprozeß[3]).

Fizeau und Foucault[4]) beschrieben die sogenannte negative Wirkung gewisser Lichtstrahlen sehr genau, nachdem sie schon am 9. Dez. 1844 der Pariser Akademie in einem verschlossenen Schreiben ihre Mitteilung über denselben Gegenstand übergeben hatten. Sie ließen bei ihren Versuchen das Licht einer Lampe auf eine bromjodierte Daguerreotyplatte so lange einwirken, daß sie sich in den Quecksilberdämpfen mit einer gleichförmigen weißen Schicht bedeckt haben würde. Bevor sie jedoch die Platte den Dämpfen aussetzten, ließen sie das Sonnenspektrum darauf fallen. Wurde die Platte hierauf den Quecksilberdämpfen ausgesetzt, so bemerkte man deutlich zwei verschiedene Teile des Spektrums. Auf der einen Seite vom Orange bis zu den äußersten chemischen Strahlen hatte eine starke Ablagerung der Dämpfe stattgefunden, auf der Seite der weniger brechbaren Strahlen dagegen, und zwar weit über das Rot hinaus, war keine Ablagerung der Dämpfe zu bemerken. Diese Strahlen hatten aber die Wirkung der Lampe neutralisiert; Foucault und Fizeau nannten daher ihre Wirkung eine negative im Gegensatz zur positiven der brechbaren Strahlen. Verändert man die Zeitdauer, während welcher das Spektrum auf die Platte wirkt, so ändert sich die Lage für das Maximum der negativen Wirkung. Außerdem bemerkt man, daß zwischen den entschieden positiv und entschieden negativ wirkenden Strahlen eine Klasse von Strahlen existiert, die bald den einen, bald den andern Einfluß haben, je nach ihrer Intensität oder der Dauer ihrer Einwirkung. Diese Strahlen, welche besonders in Orange ihre Stelle haben, wirken negativ, wenn sie schwach sind oder kurze Zeit einwirken, im entgegengesetzten Falle geben sie ein positives Resultat.

Auch Claudet wies 1847 nach, daß die roten und gelben Strahlen des Spektrums die Wirkung der anderen (namentlich blauen) Strahlen auf Brom-, Jod- oder Chlorsilber (Daguerreotypplatten) verhindern oder eine stattgehabte Wirkung wieder vernichten, so daß Quecksilberdämpfe kein Bild hervorrufen; später fand er[5]), daß rotes und gelbes Licht immer eine negative oder zerstörende Wirkung auf Bromjod- oder Bromchlorplatten ausübt, dagegen auf reine Jodsilberplatten bald im selben Sinne wie Blau, bald negativ wirkt. Was die relative Wirkung der einzelnen Strahlen anbelangt, so braucht nach Claudet rotes Licht die Zeit 50, orangefarbenes 15, gelbes 18, um die Wirkung des weißen Lichtes, welches durch die Zeit 1 gedauert hat, aufzuheben.

1) Biblioth. univ. de Genève. Neue Serie. Bd. 23, S. 185. — Weitere Arbeiten Herschels s. Philos. Magaz. 1843 (3), Bd. 22. Zusammengestellt: Becquerel, La Lumière, Bd. 2, S. 91.

2) Philos. Magaz. Nov. 1842.

3) Claudet, Philos. Transact. 1847. Daguerreian Journ. 1851, Bd. 1, S. 161.

4) Compt. rend. Bd. 23, S. 679. Fortschr. d. Phys. 1846, S. 235.

5) Philos. Magaz. Bd. 32, S. 199. Fortschr. d. Physik 1848, S. 194.

Draper erhielt auf Daguerreotypplatten durch Exposition an das Spektrum und gleichzeitige Einwirkung von schwachem diffusen Tageslichte Solarisationserscheinungen von *G* bis ins Infraroth (s. S. 276), wobei die Fraunhoferschen Linien positiv erschienen[1]).

Photographiert man auf eine Jodsilberplatte (nasses Kollodium-Verfahren) ein Spektrum, indem zugleich schwaches Tageslicht Zutritt hat, so zeigt nach Abney[2]) die Photographie drei Regionen. 1. Eine mittlere, die von der Grenze zwischen Grün und Blau sich bis ein wenig jenseits vom Anfang des Violett erstreckt; hier ist das Silberjodid unter dem Einflusse des Entwicklers geschwärzt. 2. Eine Partie von der obigen Grenze bis zu der theoretisch unteren Grenze des prismatischen Spektrums, wo die Wirkung des Tageslichtes vollkommen von der des Sonnenlichtes aufgehoben ist. 3. Eine ebensolche geschützte Gegend im Violett, die indes schwächer als die zweite ist.

Waterhouse[3]) fand, daß jede Art des Spektrallichtes (vom Rot bis zum Violett) eine vorausgegangene Lichtwirkung auf Bromsilber aufheben könne. Er beobachtete, daß trockene, mit Anilinblau schwach gefärbte Bromsilberkollodiumplatten, wenn sie vor der Exposition im Spektralapparate dem diffusen Tageslicht ausgesetzt werden, bei der alkalischen Entwicklung umgekehrte (positive) Photographien der äußersten roten und infraroten Strahlen des Sonnenspektrums geben. Auch die blauen und violetten Strahlen zwischen *F* und *H* wirken bei gefärbten und ungefärbten Bromsilberplatten nach zu langer Exponierung oft umkehrend, so daß die Fraunhoferschen Linien positiv erscheinen.

Von Wichtigkeit sind Abneys Untersuchungen über den Solarisationsprozeß. Er zeigte, daß die Solarisationserscheinung besonders stark hervortritt, wenn die photographischen Platten unter dem Einflusse von Oxydationsmitteln exponiert werden.

Abney fand, daß Bromsilber- oder Jodsilber-Kollodiumplatten in einer Wasserstoff- oder Stickstoffatmosphäre, oder unter reduzierenden Lösungen wie Pyrogallussäure, Gallussäure, Eisenvitriol, Kaliumferrooxalat usw. im Spektrum nicht solarisieren, ja daß nunmehr die Wirkung sich viel weiter ins Rot oder Infrarot erstreckt[4]). Bromsilberkollodium unter einer Lösung von schwefligsaurem oder salpetrigsaurem Natron in Wasser oder Glyzerin exponiert, läßt ein normales Bild bis zur Linie *A* und sogar ins Ultraviolett entwickeln, während unter gewöhnlichen Umständen nur die Linie *B* erschien[5]). — Unter gewöhnlichen Umständen (also bei Luftzutritt) tritt die Solarisation im Rot und Violett ein. In oxydierenden Gasen oder Flüssigkeiten aber verläuft der Prozeß häufig ganz anders, wie besonders Abneys Untersuchungen[6]) zeigen.

Eine Jodsilberkollodiumplatte wurde nach der Sensibilisierung dem zerstreuten Tageslicht ausgesetzt, gewaschen und in einer Lösung[7]) von 1% Jodkalium dem Spektrum exponiert[8]). Der Effekt ist in Kurve 1, Fig. 164 und 165, dargestellt; es

1) Phot. Korresp. 1874, S. 68. Fortschr. d. Physik 1874, S. 507.

2) Philos. Magaz. (5) Bd. 11, S. 300. Ann. Phys. Chem. 1881, S. 509.

3) Lond. R. Soc. Proc. 24, 186. Jahresber. Chem. 1876, 155. Phot. Mitt. Bd. 12, S. 248.

4) Phot. Mitt. Bd. 15, S. 74 und 96.

5) Phot. News 1878, S. 389.

6) Phot. News 1880, S. 454. Auch Phot. Wochenbl. 1881, S. 257.

7) Abney bedient sich hierbei einer Glaswanne mit planparallelen Glaswänden.

8) Dann mit Eisenvitriol und Silbernitrat entwickelt.

wirken dieselben Strahlen solarisierend, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen das normale Bild (punktierte Kurve 1) erzeugen, nämlich Violett bis Grün. Eine ähnliche Platte wurde ebensolange in einer einprozentigen Bromkaliumlösung exponiert (2); es erfolgte Umkehrung im Blau und Rot, aber in letzterem weniger stark. War die Bromkaliumlösung angesäuert, so erfolgte die Umkehrung rascher, langsamer dagegen, wenn sie alkalisch war, in welchem Falle die Wirkung nur im Blau, nicht im Rot erfolgte.

Eine analog präparierte und vorbelichtete Jodsilberplatte wurde gewaschen und ohne jede Flüssigkeit dem Spektrum exponiert; es erfolgte Solarisation im Blau, aber nicht so ausgedehnt wie in Jod- oder Bromkaliumlösung. — Eine vorbelichtete Jodsilberplatte in einer schwachen Kaliumbichromat-Lösung gab eine starke Umkehrung im Rot, nicht im Blau (3). — In Hypermanganatlösung war dieselbe Umkehrung wie mit Chromat gefunden, es kam aber im Blau ein normales Bild dazu (4); mit Wasserstoffhyperoxyd zeigte sich eine analoge Wirkung wie mit Hypermanganat, nur reichte die Umkehrung weiter ins Grün (5). — Mit sehr verdünnter Bichromat- oder Hypermanganatlösung wird Rot und Gelb ein schwaches normales Bild erhalten, dagegen eine Umkehrung im Blau (punktierte Kurven 4 und 5). — Mineralsäuren bewirken eine kräftige Umkehrung im Blau, sowie im Rot, mit Ausnahme eines Teils von Grün (6).

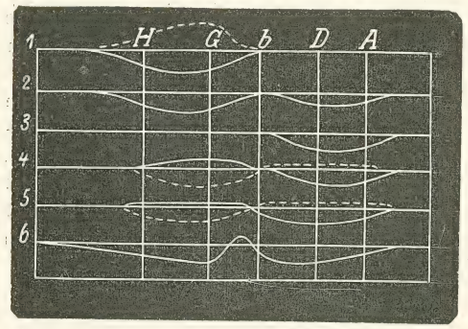


Fig. 164. Die Kurven unterhalb der Horizontalen zeigen die umkehrende Wirkung (positives Bild); die oberhalb die gewöhnliche Wirkung (negatives Bild).

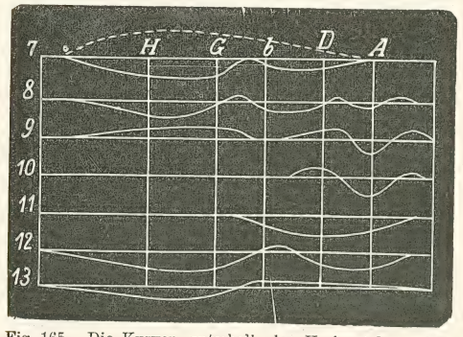


Fig. 165. Die Kurven unterhalb der Horizontalen zeigen die umkehrende Wirkung (positives Bild); die oberhalb die gewöhnliche Wirkung (negatives Bild).

Gewöhnliche Bromsilberkollodium- oder Gelatineemulsion mit Pyro- oder Eisenoxalatentwicklung gibt ein normales Bild bis *A* (punktierte Kurve 7). Wird aber eine Bromsilberkollodiumplatte zuvor dem Tageslichte kurze Zeit ausgesetzt, dann in einer fünfprozentigen angesäuerten Bromkaliumlösung dem Spektrum exponiert, so erfolgt energische Umkehrung (4), welche nicht unähnlich jener ist, welche Jodsilber unter Bromkalium zeigt (2); unter alkalischer Bromkaliumlösung zeigt das Spektrum drei Maxima der Wirkung (8), wovon das eine im Rot gelegene, analog der Oxydationskurve 9 und 10 ist. — In Kaliumhypermanganat tritt neben einem normalen Bild im Blau eine Umkehrung im Rot und Infrarot auf (9); dieselbe Umkehrung zeigt sich in Kaliumbichromat (10). — Auch auf zuvor belichteten Bromsilbergelatineplatten bewirken die weniger brechbaren Strahlen die Umkehruug (11). Die Wirkung von Mineralsäuren auf vorbelichtetes Bromsilber im Spektrum zeigt 12 (ziemlich ähnlich dem Effekt bei Jodsilber).

In 13 ist endlich das Phänomen, welches durch Überexposition von Bromsilber (unter den gewöhnlichen Verhältnissen) erhalten wird; es tritt hierbei nur die Umkehrung im Blau, nicht aber im Rot auf.

Bromkollodiumplatten in Benzin, wässerigem Kaliumnitrit, Pyrogallol- oder Natriumsulfitlösungen geben keine Umkehrung. Bei Bromsilbergelatineplatten wirken diese Substanzen (mit Ausnahme von Benzin) ebenso. — In Ozon erscheint die Wirkung ähnlich wie bei 12, sowohl bei Bromsilber als bei Jodsilber.

Über die sog. fortsetzende Wirkung der gelben und roten Strahlen des Spektrums nach Becquerel siehe Photographische Anfangswirkung, S. 313.

Abney hat die Solarisation als Oxydationsphänomen aufgefaßt und die Behinderung der Solarisation auf die reduzierende Wirkung von Zusätzen zurückgeführt. Lüppo-Cramer[1]) bemerkt mit Recht, daß es sich hier offenbar um die halogenabsorbierende Wirkung (nicht aber um die sauerstoffbindende) von Substanzen handelt.

Die Adsorption von Brom durch Bromsilber (s. S. 247) wird auch zur Erklärung der Solarisationserscheinung herangezogen, weil das durch lange Belichtung aus dem Bromsilber abgespaltene Brom der Entwicklungsfähigkeit entgegenwirkt[2]).

Die Solarisationserscheinungen in der Spektrumphotographie studierte Eder und wir geben das betreffende Kapitel (aus Eder und Valenta, „Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse“) im nachstehenden wieder:

Bei normalen Belichtungen entsteht, entsprechend dem gewöhnlichen photographischen Negativprozesse, beim Photographieren des Sonnenspektrums ein normales Negativ.

Setzt man Bromsilbergelatineplatten bei sehr verlängerter Belichtungszeit der Einwirkung des Sonnenspektrums aus, so erfolgt deutliche Schwärzung (Grauviolettfärbung) der Bildschicht[3]) zuerst im blauvioletten und ultravioletten Bezirke des Spektrums, entsprechend der Maximalempfindlichkeit der Bromsilbergelatine, und dann schreitet die Schwärzung mit steigender Belichtungszeit allmählich gegen Grün, sehr langsam gegen Gelb und noch viel später gegen Rot vor. Entwickelt man solche Platten mit gewöhnlichen photographischen Entwicklern, zum Beispiel alkalischem Metol- oder Pyrogallolentwickler oder dergleichen, so entsteht ein Diapositiv (Umkehrung des Negativs in ein Positiv), aber nur an den Stellen der Maximalempfindlichkeit, während an den Stellen des Spektrums, die an und für sich geringe chemische Wirksamkeit auf

1) Lüppo-Cramer, Photographische Probleme, 1907, S. 139.

2) Lüppo-Cramer, Photographische Probleme, 1907, S. 138. — Lüppo-Cramer, Kolloidchemie und Photographie, Dresden 1908, S. 106.

3) Vgl. Eders „Ausführliches Handbuch der Photographie“, I. Bd., 3. Aufl. I. Teil, 1. Hälfte, S. 241 und III. Bd., 5. Aufl., S. 141 (1902).

Bromsilber äußern, noch ein (wenn auch stark verschleiertes) Negativ vorhanden ist.

Diese Erscheinungen sind oftmals studiert worden[1]), bieten aber noch vielerlei Neues. Läßt man während des Belichtens diffuses Licht auf die Platte wirken, oder wendet man kräftige Vor- oder Nachbelichtung an, oder läßt man weißes Licht auf die Platte während der Entwicklung fallen[2]), so treten Variationen dieses Phänomens ein; durch Beimengung gewisser Substanzen zur Bromsilbergelatine (z. B. Kaliumnitrit nach Abney und Lüppo-Cramer, von Sulfiten nach Abney und Precht) lassen sich die Solarisationsphänomene hemmen, durch gewisse Variationen im Entwickler (s. vorhergehende Mitteilung) beschleunigen oder zurückdrängen; durch Oxydationsmittel (Bromwasser, Chromsäure, Persulfat) läßt sich das Solarisationsphänomen wegätzen, so daß die Bromsilbergelatine dann beim Entwickeln ein normales Negativ liefert, falls nicht die Überbelichtung ganz enorm weit getrieben wurde.

Es sollen hier nur die Solarisationsphänomene im Sonnenspektrum beschrieben werden, welche bei tunlichstem Ausschlusse von diffusem Lichte vor sich gehen und durch gewöhnliche chemische Entwicklung zum Erscheinen zu bringen sind. Diese Erscheinungen sind in ihrer charakteristischen Folge in Tafel X abgebildet (Faksimile der entwickelten und fixierten Originalaufnahmen).

Tafel X, Spektrum 1 zeigt die Wirkung des prismatischen Sonnenspektrums (Glasprisma) bei normaler Belichtung.

Bei ungefähr 9000facher Überbelichtung (Spektrum 2) tritt beim Entwickeln (mit Metol-Soda) Solarisation der Bromsilbergelatineplatte in jenen Bezirken des Spektrums auf, welche im normalen Negativprozesse die Maximalwirkung äußern und wo auch die direkte Schwärzung der Bromsilbergelatine zuerst beginnt. Ungefähr analog dem Vorrücken des normalen Negativs bei verlängerter Belichtung nach beiden Seiten des Spektrums macht sich ein Vorrücken der Solarisationserscheinung bei 27000 bis 135000facher Überbelichtung bemerklich. Es läßt sich leicht konstatieren, daß das Bromsilber bei so enormen Belichtungen

1) Vgl. Eders „Ausführliches Handbuch der Photographie“, I. und III. Bd.

2) Die Solarisation von photographischen Jodsilber-Kollodium-, sowie Bromsilbergelatineplatten, sei es mit physikalischer oder chemischer Entwicklung, erfolgt mehr oder weniger vollständig, wenn während der Entwicklung schwaches aktinisches Licht einfällt. Perley fand bei Bromsilbergelatine besonders Nebenbelichtung mit blaugrünem Licht wirksam bei Verwendung sehr verdünnten Entwicklers. Tränkt man Bromsilbergelatineplatten mit Thiokarbamid, belichtet und entwickelt normal, so erfolgt eine der Solarisation ähnliche Bildumkehrung, analog der von Waterhouse bereits früher beschriebenen Bildumkehrung durch Zusatz von Thiokarbamid zum Entwickler selbst (Perley, Bull. Soc. franç. 1911, S. 175).

deutliche Schwärzungserscheinungen schon vor dem Entwickeln zeigt und zwar ziemlich genau in jenen Bezirken, welche beim Entwickeln mit Metol-Soda (ohne Bromkalium) solarisieren. Beide Phänomene (Schwärzung und Solarisation) scheinen in manchen Fällen parallel zu laufen, und bei gewöhnlichen Trockenplatten eilt die direkte Schwärzung in der Regel etwas dem Solarisationsphänomen (selbst bei Anwendung starker Metol-Soda-Entwickler) voraus[1]).

Untersucht man Bromsilbergelatineplatten, welche mit Farbstoffen sensibilisiert sind, auf ihr Verhalten gegen Schwärzung und Solarisation im Spektrum, so ergeben sich bemerkenswerte Unterschiede[2]). Eine mit Orthochrom *T* oder auch mit Äthylrot sensibilisierte Bromsilbergelatine-Trockenplatte liefert bei kurzer Belichtung ein normales Spektrumnegativ.

Bei sehr starker Überbelichtung ergibt sich ein Solarisationsphänomen, welches sich ziemlich gut (aber nicht ganz) dem normalen Negative anschließt. Bemerkenswert ist der Umstand, daß Orthochromplatten häufig im Sonnenspektrum eine Schwärzung viel früher annehmen, als das Solarisationsphänomen auftritt; es gibt also Fälle, wo bei derartigen Platten die Schwärzung dem Solarisationsphänomen vorauseilt.

Bei Erythrosin- und Eosinplatten (in der Substanz gefärbte Emulsionen) entstehen bekanntlich zwei getrennte Sensibilisierungsmaxima im normalen Negative (s. Tafel X); genau in denselben Spektralbezirken beginnen die Solarisationserscheinungen (Tafel X) und schreiten bei verlängerter Belichtung (Spektrum 4) vor, so daß das normale Negativ bei kurzer Belichtung an denselben Stellen des Spektrums eine normale Lichtwirkung zeigt, wo bei starker Überbelichtung später das Solarisationsphänomen bei 7000- und 15000facher Belichtungszeit erscheint; bei diesen Platten begleitet wieder die direkte Schwärzung der Erythrosinplatten ziemlich genau die Solarisationserscheinung. Behandelt man aber solche 15000fach überbelichtete Spektrumphotographien vor dem Entwickeln mit einem Gemisch von Chromsäure und Salpetersäure usw.,

1) In der Regel gibt jene Platte, welche sich am raschesten direkt schwärzt, die größten Solarisationserscheinungen. Dies ist aber keineswegs allgemein gültig. Langer-Platten (Wien) zeigen besonders schöne Solarisationsphänomene, obschon sie sich nicht am raschesten im Lichte dunkel färben; manchmal eilt die Solarisation der Schwärzung voraus, obschon es in der Regel (bei weißem Lichte) umgekehrt ist. Gewisse Rapidplatten des Handels haben einen viel kleineren Schwellenwert als gewöhnliche Schleußner-Platten und zeigen doch dieselbe Solarisationsgrenze unter sonst gleichen Umständen. Es läuft also in manchen Fällen weder die Fähigkeit einer Trockenplatte, sich im Lichte direkt zu schwärzen, mit dem Schwellenwerte bei der Entstehung des normalen Negativs parallel, noch ist der Schwellenwert proportional der Fähigkeit des Bromsilbers zu solarisieren.

2) Vgl. Eders vorläufige Mitteilung am Berliner Kongreß für angewandte Chemie. Mitgeteilt in der Photogr. Korresp. 1903, S. 458.

so lassen sie sich sowohl im grünen wie im blauvioletten Bezirke normal entwickeln.

Sensibilisiert man Bromsilbergelatine mit Cyanin[1]), Cyclamin[2]) oder Chinolinrot, so tritt bei normaler Belichtung im Orangegelb bis Gelbgrün ein Sensibilisierungsmaximum ein, nebst der Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers im Blau, Violett und Ultraviolett; das Bild ist überall ein normales Negativ. Bei 200000facher Überbelichtung tritt in diesen Bezirken, im Orangegelb, sowie Blauviolett, kräftige Solarisation (mit Metol-Soda-Entwickler) ein; jedoch ist das Phänomen sehr von der Konzentration des zur Sensibilisierung dienenden Farbstoffbades abhängig[3]); an diesen Stellen tritt (vor der Entwicklung) auch die mehrfach erwähnte direkte Schwärzung ein und man könnte glauben, Solarisation und Schwärzung stehen im ursächlichen Zusammenhange.

Bei diesen Cyclamin-, Chinolinrot-, Cyaninplatten oder den sich ähnlich verhaltenden Alizarinblaubisulfit-[4]) und Formylviolettplatten[5]) tritt aber eine sehr starke Solarisationserscheinung im äußersten Rot

1) Wird eine mit sehr schwacher Cyaninlösung nach Debenham (III. Teil, S. 96) sensibilisierte Bromsilbergelatineplatte dem Sonnenspektrum ausgesetzt, so entsteht ein normales Negativ von Ultraviolett bis ins Rot über die Fraunhofersche Linie *C* gegen *B* (Maximum zwischen *C* und *D*); bei starker Überexposition tritt zuerst direkte Schwärzung im Blauviolett, viel später im Orange und nicht im äußersten Rot ein; die Solarisation erfolgt zuerst im Blauviolett, dann im äußersten Rot und viel später im Orange. Ist die Lösung des Cyanins konzentrierter, so tritt die direkte Schwärzung im Orange viel besser auf, ebenso die Solarisation im äußersten Rot (z. B. Übergießen der Platten mit alkalischer Cyaninlösung 1:500, Trocknen, Baden in Wasser während 2 Minuten und Exponieren im nassen Zustande). Wahrscheinlich wird, wie Nutting angibt (Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 412), beim Belichten rasch das Cyanin zerstört und verliert sein Absorptionsband.

2) Badeplatten von 3 ccm Cyclaminlösung (1:500), 100 ccm Wasser und 1 ccm Ammoniak. Die direkte Schwärzung im Blauviolett, sowie an der Stelle des Sensibilisierungsbandes im Gelb läuft ungefähr parallel dem Solarisationsphänomen. Im Orangerot bleibt sehr lange das normale Negativ bestehen und im äußersten Rot und Infrarot tritt deutliche Solarisation auf; ähnlich verhält sich Chinolinrot.

3) Vgl. Eders Jahrb. f. Phot. 1903, S. 287.

4) Alizarinblaubisulfitplatten nach Eberhard: 5 ccm Alizarinblaubisulfitlösung (1:500), 100 ccm Wasser, 9 Tropfen Silbernitratlösung (1:50) und 1 bis 2 ccm Ammoniak; Badedauer: 3 Minuten. Im Blauviolett tritt bei starker Überexposition zuerst direkte Schwärzung auf, viel später im Orange. Die Solarisation läuft hier nicht parallel dem Entstehen des normalen Negativs im Spektrum. Es tritt im Sensibilisierungsmaximum (das ist im normalen Negative) im Rot bei *A* äußerst schwer direkte Schwärzung und Solarisation ein, dagegen erscheint direkte Schwärzung und Solarisation im Orange ziemlich leicht, das ist an einer Stelle, wo im normalen Negative ein Minimum auftritt. Das Phänomen ändert sich mit der Farbstoffkonzentration.

5) Als Farbbad diente: 2 ccm Formylviolett, 1 ccm Ammoniak und 100 ccm Wasser. Bei Formylviolettplatten laufen direkte Schwärzung und Solarisation ziemlich parallel.

und Infrarot ein, welche in ähnlichen Fällen schon von anderen Forschern beobachtet worden war; in diesem roten Bezirke geht aber der Solarisation keineswegs eine direkte Schwärzung voraus, sondern es ist nicht einmal schwache Graufärbung zu bemerken. Spektrum 11, Tafel XIX, zeigt dieses Phänomen (Faksimile der entwickelten und fixierten Originalplatte) und beweist den merkwürdigen Fall, daß auf ein und derselben Platte Solarisationsphänomene auftreten können, welchen direkte Schwärzung parallel läuft, während in anderen Spektralbezirken Solarisation unabhängig von der Schwärzung auftritt.

Vergleicht man damit Eders Beobachtung, daß Chromsäure das solarisierte Bild wegbeizt, nicht aber die Schwärzung des Bromsilbers beseitigt, sowie die analogen gründlichen Experimente Lüppo-Cramers[1]), so ergibt sich mit Wahrscheinlichkeit, daß das Solarisationsphänomen auf Bromsilber wohl häufig von direkten Schwärzungserscheinungen begleitet ist, ohne daß aber Schwärzung und Solarisation in ursächlichem Zusammenhange stehen.

IX. Fortsetzende und erregende Strahlen des Spektrums.

Wird eine Daguerreotypplatte, nasse Kollodium- oder trockene Gelatineplatte nach einer kurzen Exposition in der Kamera durch einige Sekunden über die ganze Fläche hin dem schwachen zerstreuten Lichte ausgesetzt, so kann diese Anfangswirkung mitunter eine Abkürzung der Belichtungszeit bewirken[2]). War die Belichtung in der Kamera so kurz gewählt, daß sich beim Entwickeln ein unvollkommenes Bild gezeigt hätte, so wird durch die hinterherige allgemeine Belichtung die erste Wirkung des Lichtes gewissermaßen fortgesetzt, so daß nunmehr ein wesentlich besseres oder vollkommeneres Bild entsteht.

Diese Wirkung beobachtete man schon vor 40 Jahren bei Daguerreotypplatten. Becquerel schrieb diese fortsetzende Wirkung besonders den roten und gelben Strahlen zu und nannte dieselben deshalb fortsetzende Strahlen (rayons continuateurs), während er den grünen, blauen und violetten die Eigenschaft, die Einwirkung zu beginnen, zuschrieb und sie deshalb erregende Strahlen (rayons excitateurs) nannte. Diese Ansicht wurde aber als unrichtig erkannt und Moser war einer der Ersten, welcher erkannte, daß alle Strahlen die Wirkung beginnen und vollenden können, ja später stellte es sich heraus, daß in der Praxis gerade die abgedämpften Strahlen vom violetten Ende des Spektrums sich als die wirksameren erweisen.

1) Photogr. Korresp. 1901 ff.

2) Selbstverständlich tritt bei einer stärkeren Nachbelichtung Schleierbildung beim Entwickeln ein.

Über die Wirkung der rayons excitateurs et continuateurs von Edm. Becquerel beim Zustandekommen photographischer Bilder stellte Lüppo-Cramer neue Untersuchungen an („Phot. Korresp." 1909, S. 269). Aus den Zeiten der Daguerreotypie war bekannt, daß man das latente Bild auf Jodsilber dadurch „entwickeln" kann, daß man dasselbe unter rotem oder gelbem Glase nachbelichtet. Lüppo-Cramer bestätigte diesen sehr wenig bekannten Befund durch Untersuchungen an Jodsilbergelatine. Das Becquerelsche Phänomen, daß die längerwelligen Strahlen das latente Bild der kurzwelligen in die Erscheinung rufen, beruht darauf, wie schon H. W. Vogel, Zenker und andere erkannten, daß durch die erste Belichtung eine gegen Rot und Gelb empfindliche Substanz gebildet wird, die dann eben unter den Filtern weiter verändert wird, während die vorher unbelichteten Stellen intakt bleiben. Lüppo-Cramer zeigt nun weiter, daß auch die Röntgenstrahlen auf Bromsilber eine Action excitatrice im Sinne Becquerels ausüben, daß diese indessen nur bei feinkörnigen Diapositivplatten als „fortsetzend" auftritt. In einer weiteren Abhandlung („Phot. Korresp." 1909, S. 339) wird dann gezeigt, daß sich das von Röntgenstrahlen und verwandten Energien veränderte gereifte Bromsilber der hochempfindlichen Trockenplatte ganz analog verhält, nur daß hier die optische Sensibilisierung durch die gebildeten Silberkeime erst im Gebiete der Solarisation in die Erscheinung tritt. Die rayons destructeurs und die rayons continuateurs Becquerels sind also weitgehend identisch; stets handelt es sich um eine optische Sensibilisierung durch die rayons excitateurs, die Photohaloid bilden. Die optische Sensibilisierung des Bromsilbers durch Röntgenstrahlen im Gebiete der Solarisation ist zuerst von Villard beobachtet und eingehend beschrieben worden. Lüppo-Cramer bestätigt diese Versuche und bringt Spektralaufnahmen, die jenes Phänomen illustrieren. Bei analoger kurzer Vorbestrahlung mit gewöhnlichem Lichte konnte derselbe Autor keine optische Sensibilisierung, d. h. keinen sogen. Herschel-Effekt auf Trockenplatten erhalten. (Eders Jahrbuch f. Phot. 1910, Seite 405.)

In der photographischen Praxis hat man wiederholt vorgeschlagen, eine Platte in der Kamera kürzer zu exponieren, als unter gewöhnlichen Umständen nötig ist, und dann durch kurze Zeit dem zerstreuten Licht auszusetzen. Diesen Vorgang nennt man Nachbelichtung.

Einen ähnlichen Effekt erzielt man, wenn man die Platte zuerst dem schwachen zerstreuten Lichte aussetzt und dann erst in der Kamera exponiert (Vorbelichtung) oder wenn man auf die Platte während der Exposition in der Kamera zerstreutes Licht fallen läßt (Nebenbelichtung, Extrabelichtung). [Über Nebenbelichtung beim Entwickeln s. S. 310.]

In allen drei Fällen wird eine mäßige Abkürzung der Hauptexposition erzielt, namentlich bei der Daguerreotypie und dem nassen Kollodiumverfahren; freilich häufig auf Kosten der Qualität des Bildes. Für die Praxis der modernen Trockenplattenphotographie mit Bromsilbergelatine sind diese Verfahren wertlos.

Schon Schultz-Sellack erklärte 1871 die „fortsetzende" Wirkung des Lichtes auf ein schwaches Bild nicht als eigentümliche Erscheinung, sondern als eine Folge der notwendigen Anfangswirkung.

Zur Zeit des nassen Kollodiumverfahrens befaßte man sich viel mit Versuchen der Hilfsbelichtung (Vor-, Nach- und Nebenbelichtung) von Jodbromsilberkollodiumplatten mit physikalischer Entwicklung, weil in der Tat einiger Effekt zur Abkürzung der Belichtungszeit mitunter erreichbar war. Insbesondere empfahl Bazin[1]) die Nachbelichtung mit rotem Licht in der Kamera selbst während, vor oder nach der Exposition; ebenso Carey Lea[2]); Newton benutzte grünes Glas[3]); Krüger vorgehaltenes blaues oder grünes Papier[4]).

Im Jahre 1877 tauchte die Nachbelichtung durch violettes Licht auf (Scotellari[5]).

Gillard empfahl diese farbigen Blenden nicht nur wegen der Abkürzung der Exposition, sondern wegen des hübschen Mezzotinto-Effektes[6]).

Sehr häufig wurde auch bei Kollodiumplatten die Vor- oder Nachbelichtung bei weißem Lichte versucht. (Werge[7]), Haugk[8]), Melchion[9]), Foxlee[10]), Richard.[11])

Wyler zog vor, die Vor- oder Nachbelichtung bei Kerzenlicht in der Dunkelkammer vorzunehmen, wegen der leichteren Kontrolle der Belichtung gegenüber dem Vorbelichten in der Kamera. Er exponierte die nasse Platte 10 Sekunden lang dem Kerzenlichte[12]). Chapman setzte bei astronomischen Aufnahmen die Platte vor dem Entwickeln kurze Zeit dem Lampenlichte aus, was auch Worthley empfahl[13]).

Bei unterexponierten nassen Kollodiumplatten fand Prümm eine Nachbelichtung in der Weise am besten durchführbar, daß er auf die Platte das Licht der Laterne der Dunkelkammer durch gelbe Scheiben fallen ließ[14]).

Für die Praxis zog Quidde die Nachbelichtung der Vorbelichtung vor[15]).

An diesem Orte ist auch der 1850 und 1851 gemachte Vorschlag, weiße Kameras zum Photographieren zu verwenden, anzuführen. Die Idee dazu ging von Löscherer in München aus, welcher mit einer Kamera arbeitete, die im Innern nicht geschwärzt, sondern weiß austapeziert war; er behauptete, die Lichtwirkung werde dadurch bedeutend unterstützt. Unmittelbar nach dem Bekanntwerden dieser Angabe gab Blanquard-Evrard[16]) an, er erhalte Bilder in kurzer Zeit, wenn das Innere der Camera obscura, ganz im Gegensatze zu der gebräuchlichen Weise, mit

---

1) Phot. Archiv 1871, S. 279. Phot. Mitt. Bd. 7, S. 214 und 241. Fortschr. Physik 1870, S. 404.
2) Phot. Archiv 1871, S. 6.
3) Bull. Soc. franç. 1873, S. 118.
4) Phot. Lorresp. 1877, Bd. 10, S. 42.
5) Phot. Archiv 1877, S. 181; 1878, S. 74.
6) Phot. Year-Book 1878, S. 121.
7) Bull. Soc. franç. Phot. 1875, S. 317.
8) Phot. Korresp. 1873, Bd. 10, S. 42.
9) Phot. Archiv 1874, S. 31.
10) Phot. Archiv 1874, S. 204 aus Brit. Journ.
11) Phot. Archiv 1878, S. 26.
12) Bull. Soc. franç. 1875, S. 143.
13) Phot. Mitt. 1874, Bd. 11, S. 231.
14) Phot. Archiv 1877, S. 241.
15) Phot. Archiv 1872, S. 57.
16) Comptes rendus 1851, Bd. 31, S. 864. Dingler, Polytechn. Journ. Bd. 119, Seite 201.

weißem Papier beklebt sei, was von Kilburn[1]) bestätigt, aber von Claudet[2]) geleugnet oder wenigstens auf solche Fälle beschränkt wurde, wo das äußere Licht nicht zur Herstellung eines kräftigen Bildes ausreicht. Trotzdem kam Blair zwanzig Jahre später nochmals darauf zurück[3]), gab aber die weiße Kamera bald selbst wieder auf und griff zu der Vorbelichtung mit rotem Licht zurück.

Günther in Hannover brachte 1855 eine Modifikation an, indem er eine innen blaulila gefärbte Camera verwendete[4]).

Einige Photographen, z B. Belloc, erzielten in der Tat mit solchen Apparaten eine Abkürzung der Exposition bei nassen Kollodiumplatten. Allein dennoch wurde in der dadurch angeregten Debatte, an der sich in Deutschland namentlich Horn[5]) beteiligte, hervorgehoben, daß die Abkürzung der Exposition auf Kosten der Schönheit des Bildes gehe, indem die Negative flau werden.

Carey Lea verwarf sowohl eine weiße als rote Anstrichmasse im Innern der Kamera. Speziell bei starkem Lichte (Landschaftsaufnahmen) würde das grelle Himmelslicht das ganze Bild verderben und Schleier und Flauheit mit sich bringen[6]).

De Constant, welcher 1870 die Sache nochmals prüfte, fand, daß eine ganz weiße Kamera dem Bilde Flauheit, wenig Relief und ein verworrenes Aussehen gibt, als wenn man das Gesicht mit dem Wischer verarbeitet hätte[7]).

Vor- und Nachbelichtung bei Bromsilbergelatineplatten.

Nicht nur bei nassen Kollodiumplatten, sondern auch bei Bromsilbergelatineplatten mit Entwicklung läßt sich bei genügender Vorsicht ein Effekt der Hilfsbelichtung nachweisen.

Es ist vielleicht nicht überflüssig zu bemerken, daß bei der bedeutenden Lichtempfindlichkeit der Bromsilbergelatine das richtige Ausmaß der Nachbelichtung noch schwieriger zu treffen ist als bei nassen Kollodiumplatten, und Verschleierung noch schwerer als bei letzteren zu vermeiden ist.

Bei extra rapiden Bromsilberplatten ist die Zeitdauer der Anfangswirkung so enorm kurz, daß schon sehr schwache Lichteindrücke ein entwicklungsfähiges Bild erzeugen und selbst ein kleines Maß der Vorbelichtung schon allgemeine Reduktion (Verschleierung) bewirkt. Dagegen zeigt sich bei wenig empfindlichen, schleierlos arbeitenden Platten ein nachweisbarer Effekt der Hilfsbelichtung[8]).

Das Kerzenlicht kann nur in sehr großem Abstande oder sehr geschwächt zur Hilfsbelichtung verwendet werden[9]). Besser wirkt nach Eder eine Kerzenflamme

1) Athenaeum 1851, S. 170.
2) Ibib S. 141, 410.
3) Phot. Archiv 1870, S. 186.
4) Dingler, Polytechn. Journ. Bd. 135, S. 372.
5) Horn, Phot. Journ. 1855, Bd. 3, S. 52.
6) Phot. Mitt. 1870, Bd. 7, S. 241, aus Philad. Photogr.
7) Phot. Archiv 1870, S. 185.
8) Prümm, Photogr. Mitt. 1880, Bd. 17, S. 187. — Nach Dr. Stolze kann auch das von der Rückseite der Bromsilbergelatineplatten reflektierte diffuse weiße Licht die Belichtungszeit abkürzen; man kann z. B. eine weiß hinterlegte Gelatineplatte kürzer exponieren, als eine schwarz hinterlegte oder mit roten Aurinkollodium hintergossene Platte (Phot. Wochenblatt 1882, S. 218).
9) Burton experimentierte mit dem indirekten Lichte einer Kerze im Abstande eines langen Zimmers (Brit. Journ. of Phot. 1882, S. 330. Phot. Wochenbl. 1882, S. 219); ähnlich ging Debenham vor (Brit. Journ. 1882, S. 343. Phot. Wochenbl. 1882, S. 221).

durch rotes Glas hindurch; z. B. gab eine unempfindliche Bromsilbergelatineplatte von 15 Grad Warnerke, welche in unmittelbarer Nähe einer roten Lampe (Kerzenflamme) durch 2 bis 6 Minuten vorbelichtet war, 19 bis 20 Grad des Warnerke-Sensitometers, was einer ungefähr dreimaligen Steigerung der Lichtempfindlichkeit gleichkommt.

E. Himly in Berlin ließ einen „Hilfsbelichter“, welcher zerstreutes Licht in die photographische Kamera einführt, patentieren (Deutsches Reichspatent Nr. 38684 vom 6. Aug. 1886; vgl. ferner Eders Jahrb. f. Photogr. für 1889, S. 87).

Die Vorbelichtung ist bei der hohen Empfindlichkeit der Bromsilbergelatine teils überflüssig, teils gefährlich anzuwenden und deshalb von ihrer Verwendung in der Praxis abzuraten.

Die Hilfsbelichtung im Positivprozeß.

Ein Stück gesilbertes Papier, welches im Kopierrahmen 2 bis 3 Sekunden dem Lichte exponiert wird, färbt sich kaum sichtbar. Unter einem gelben Glas aber weiter belichtet, wird der zuvor belichtete Teil im Lichte immer dunkler und dunkler, während ein nicht vorbelichteter Teil unter dem gelben Glase weiß bleibt. Man benutzt diese Erscheinung, sowie überhaupt das Kopieren auf Chlorsilberpapier hinter gelben und grünen Gläsern, um kontrastreichere Kopien nach dünnen Negativen zu erhalten.

Dieser Vorgang erklärt sich aus der Bildung von Silberchlorür (Photochlorid), welches für die gelben und roten Strahlen viel empfindlicher ist als das weiße Silberchlorid (s. oben).

Die fortsetzende Wirkung des gelben oder grünen Lichtes auf gewöhnliches Chlorsilberpapier, welches Herschel 1840 fand, äußert sich sehr auffallend, wenn man Auskopier-Chlorsilberpapier (Zelloidinpapier) unter einem Skalenphotometer kurz ankopiert, dann herausnimmt und unter einer Gelbscheibe im diffusen Tageslicht nachbelichtet. Die Lichtwirkung schreitet, gleichsam wie in einem Entwickler, weiter vor. Ähnlich verhält sich Bromsilber (Becquerel, Villard, Lüppo-Cramer[1]).

De Silva wollte auch gesilbertes Albuminpapier durch kurzes Vorbelichten nicht nur empfindlicher machen, sondern auch bewirken, daß von harten Negativen mehr Details kopieren[2]).

Liesegang fand, daß mitunter auch beim Pigmentpapier eine kurze Vorbelichtung (diffuses Licht) vorteilhaft sei, namentlich beim Kopieren solcher Negative, in denen sehr helle Lichter vorkommen. Die Dauer der Lichtwirkung muß aber eine kurze sein, sonst würde leicht eine Verschleierung des Bildes möglich sein[3]).

Wenn man Chromatgelatine durch andere Mittel als Lichtwirkung in sehr geringem Grade unlöslich oder richtiger gesagt schwerer löslich macht, so läßt sich ebenfalls eine Steigerung der Empfindlichkeit konstatieren. Schon 1878 stellte der Verfasser fest[4]), daß solche Chromatgelatine, welche infolge des Einflusses gewisser Agentien in das erste Stadium der Unlöslichkeit (Schwerlöslichkeit) tritt, im Lichte viel rascher unlöslich wird als ganz unveränderte. Deshalb ist chromiertes Pigment-

1) Phot. Korresp. 1909, S. 580.
2) Bull. Soc. franç. 1878, S. 201, aus Anthonys Bull. Phot.
3) Phot. Archiv 1875, S. 17.
4) Eder, Reaktion der Chromsäure und Chromate auf Gelatine usw. S. 26.

papier drei Tage nach der Präparation empfindlicher als unmittelbar nach dem Trocknen; Ähnliches erreicht man durch Zusatz von ein wenig Chromalaun. Auch umgekehrt kann man vorgehen; man kann ein chromiertes Pigmentpapier belichten, dann etwa 12 Stunden im Finstern liegen lassen und dann erst entwickeln. Dadurch gewinnt das Bild bedeutend an Kraft und Details — ein analoger Prozeß der Nachbelichtung.

Vielleicht gehört auch die von Niepce 1854 publizierte Beobachtung hierher, daß Asphalt weit lichtempfindlicher wird, wenn man ihn fein pulverisiert, in dünnen Lagen mehrere Tage der Einwirkung des Sonnenlichtes aussetzt und dann erst zu heliographischem Firnis löst. Auch an fertigem Finis beobachtete er diese günstige Wirkung der Vorbelichtung; setzte er diesen 3 bis 4 Stunden der Luft und dem Lichte aus, so erzielte er die doppelte oder dreifache Empfindlichkeit gegen früher. Zuviel des Guten war auch hier schädlich, d. h. zu lange Vorbelichtung führte zur Verschleierung.

Nachtrag. Eine neuere Arbeit Sichlings über die Natur des Photochlorids des Silbers und deren Lichtpotentiale zeigt, daß die Photochloride einphasige Systeme, feste Lösungen zwischen Chlorsilber und amorphem Silber, sind. Kolloides Silber und Chlorsilber besitzen ununterbrochene Mischbarkeit. Beim Belichten mit weißem, violettem bis gelbem Licht treten im Photochlorid elektrische Potentialänderungen in positiver Richtung auf; rotes Licht erzeugt Negativisierung, also antagonistische Wirkung gegenüber der Wirkung des Violetts. Bei Dauerbelichtung tritt Ermüdung, beim Abklingen im Dunkeln vorübergehende Negativisierung ein. — E. Bauer bemerkt hierzu, daß die Photochloride um so positiver sind, je weniger Silber sie enthalten, somit die geringste Reduktion des Chlorsilbers die entwickelbarste sei, und silberreiche sich träger entwickeln. Die Tatsache wurde zur Erklärung der verschiedenen Arten der Solarisation herangezogen (Zeitschr. f. phys. Chem. 1911, Bd. 77, S. 1 und 58).

ZWÖLFTES KAPITEL.

VERHALTEN VON VERSCHIEDENEN LICHTEMPFINDLICHEN UNORGANISCHEN VERBINDUNGEN GEGEN FARBIGES LICHT.

Im 1. Band, 2. Abteilung (Photochemie) haben wir eine große Anzahl von chemischen Lichtreaktionen beschrieben und mehrfach auf das Verhalten verschiedenfarbigen Lichtes hingewiesen. Es sollen hier einige andere besonders bemerkenswerte Beobachtungen in dieser Richtung mitgeteilt werden.

a) Das Verhalten einiger anderer photographisch wichtiger Verbindungen im Spektrum.

Chromate. Auf Papier, welches mit Kaliumbichromatlösung getränkt und getrocknet ist, erreicht nach Becquerel[1]) die Bräunung im Spektrum ihr Maximum im Beginn des Blau in der Nähe der Linie F etwas mehr gegen das Violett zu. Die Wirkung scheint ganz aufzuhören am Ende des Grün in der Nähe der Linien b und E; durch die violetten und ultravioletten Strahlen erfolgt gleichfalls die Zersetzung, bei M wird aber die Wirkung fast unmerklich. Bei fortgesetzter Belichtung sieht man sogar die Spektrallinien gelb auf braunem Grunde; bei Behandlung mit verdünnter Jodtinktur treten die Linien blau auf hellem Grunde hervor.

Eder untersuchte Papier, das mit Gelatine und Kaliumbichromat überzogen war, im Sonnenspektrum und fand die in Fig. 160, Kurve 3 dargestellte Wirkung. Das Maximum der Wirkung liegt im Blau, sie erstreckt sich ins Grün, wird aber im Ultraviolett schwach.

Bei Gemischen von Kaliumbichromat mit Leim, Gummi, Eiweiß usw., wie sie zu photomechanischen Prozessen verwendet werden,

---

1) Becquerel, La Lumière, Bd. 2, S. 95. Vgl. auch Abney, Phot News 1882, S. 300.