

TR
750
.L8



THE LIBRARY
BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY
PROVO, UTAH

Encyklopädie der Photographie.

Heft 67.

Die
Röntgenographie

in ihrem
photographischen Teil.

Von

Dr. Lüppo-Cramer,

Vorsteher des wissenschaftlichen Laboratoriums der Dr. C. Schleußner
Aktiengesellschaft zu Frankfurt a. M.

Mit einer Tafel in Farbendruck und 13 Abbildungen.

Halle a. S.

Druck und Verlag von Wilhelm Knapp.

1909.

Von der **Encyklopädie der Photographie** sind bisher die nachstehenden Hefte erschienen:

1. **Der Schutz des Urheberrechtes an Photographieen.** Von L. Schrank. Mk. 2.
2. **Die Photographie in natürlichen Farben.** Von E. Valenta. Mk. 3.
3. **Die Kollodium-Emulsion.** Von A. Freiherrn von Hübl. Mk. 5.
4. **Anleitung zur Ausübung der Photoxylographie.** Von Prof. A. Lainer. Mk. 2.
5. **Die Photographie auf Forschungsreisen und die Wolkenphotographie.** Von Dr. R. Neuhauss. Mk. 1.
6. **Die Photo-Galvanographie.** Von Direktor O. Volkmer. Mk. 6.
7. **Die Misserfolge in der Photographie.** Von H. Müller. I. Teil: Negativ-Verfahren. 3. Aufl. Mk. 2.
8. **Anleitung zur Mikrophotographie.** Von Dr. R. Neuhauss. 2. Auflage. Mk. 1.
9. **Die Misserfolge in der Photographie.** Von H. Müller. II. Teil: Positiv-Verfahren. 3. Aufl. Mk. 2.
10. **Die Stereoskopie und das Stereoskop in Theorie und Praxis.** Von Prof. Dr. F. Stolze. 2. Aufl. Mk. 5.
11. **Die Photolithographie.** Von Vize-Direktor Gg. Fritz. Mk. 8.
12. **Die photographische Aufnahme von Unsichtbarem.** Von Direktor O. Volkmer. Mk. 2,40.
13. **Der Platindruck.** Von A. Freiherrn von Hübl. 2. Aufl. Mk. 4.
14. **Die gerichtliche Photographie.** Von Alph. Bertillon. Mk. 4.
15. **Anleitung zur Verarbeitung photographischer Rückstände sowie zur Erzeugung und Prüfung photographischer Gold-, Silber- und Platinsalze.** Von Prof. A. Lainer. Mk. 3.
16. **Die Photo-Gravüre zur Herstellung von Tiefdruckplatten in Kupfer, Zink und Stein etc.** Von Direktor O. Volkmer. Mk. 8.
17. **Die Kunst des Vergrösserns auf Papieren und Platten.** Von Prof. Dr. F. Stolze. 2. Aufl. Mk. 6.
18. **Der Silberdruck auf Salzpapier.** Von A. Freiherrn von Hübl. Mk. 3.
19. **Die Anwendung der Photographie zu militärischen Zwecken.** Von M. Kiesling. Mk. 3.
20. **Die Behandlung der für den Auskopierprozess bestimmten Emulsionspapiere.** Von Ed. Valenta. Mk. 6.
21. **Die photographische Retusche mit besonderer Berücksichtigung der modernen chemischen, mechanischen und optischen Hilfsmittel.** Von G. Mercator. 2. Aufl. Mk. 2,50.
22. **Die Anwendung der Photographie in der praktischen Messkunst.** Von Prof. Ed. Doležal. Mk. 3.
23. **Der Halbtonprozess.** Von J. Verfasser. Autorisierte Uebersetzung aus dem Englischen von Dr. G. Aarland. Mk. 4.

Jedes Heft ist einzeln käuflich.

Encyklopädie
der
Photographie.

Heft 67.



Digitized by the Internet Archive
in 2016



Latentes Röntgenstrahlenbild

durch Tageslicht (ohne Anwendung eines Entwicklers!) hervorgerufen. Die Platte nimmt dabei die in dem Faksimile naturgetreu wiedergegebenen Farben an.
Vergl. S. 29.

621.3673

L973n

Die

Röntgenographie

in ihrem

photographischen Teil.

Von

Dr. Lüppo-Cramer,

Vorsteher des wissenschaftlichen Laboratoriums der Dr. C. Schleußner
Aktiengesellschaft zu Frankfurt a. M.

Mit einer Tafel in Farbendruck und 13 Abbildungen.

Halle a. S.

Druck und Verlag von Wilhelm Knapp.

1909.

THE LIBRARY
BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY
PROVO, UTAH

Vorwort.

Als erste der in einem Vorwort üblichen Entschuldigungen möchte ich anführen, daß der Titel des Buches mancherlei Beanstandungen begegnen kann. Man sprach früher von „Röntgenphotographie“, worunter man meistens das ganze Gebiet verstand, das später durch Kongreßbeschuß als „Röntgenographie“ bezeichnet wurde. Philologisch korrekt kann man ja auch nicht einmal von einem „photo“-graphischen Teile der Röntgenographie reden, doch bot sich mir kein besserer kurzer Ausdruck, um zu bezeichnen, was das vorliegende Buch beabsichtigt.

Die Aufgaben der Röntgenographie sind so mannigfaltige, daß auch die Bücherproduktion auf diesem Gebiete zum Spezialisieren übergehen muß. Die Kenntnisse des Mediziners, des Physikers und des Photochemikers, die alle zusammenkommen müssen, um ein diagnostisch brauchbares Röntgenogramm zustande zu bringen, sind so heterogener Art, daß auch für die Literatur dieses Gebietes eine Dreiteilung der Arbeit sich eigentlich von selbst ergibt.

Das Buch befaßt sich ausschließlich mit den „photo“-chemischen Veränderungen, die der Röntgenstrahl in der Platte einleitet, und den „photo“-graphischen Operationen, die sich hieran anschließen. Es enthält somit in seinen ersten Kapiteln einen mehr theoretischen Teil, der sich auf eingehende experimentelle Untersuchungen des Verfassers stützt und im übrigen eine Anleitung zur Ver-

arbeitung des exponierten Röntgenogrammes in der Praxis.

Da der Verfasser aus langjähriger Erfahrung weiß, daß manche schwierige und wertvolle Röntgenaufnahme nur daran scheiterte, daß die oft als nebensächlich und untergeordnet betrachteten photographischen Manipulationen nicht mit dem genügenden Sachverständnis ausgeführt wurden, so wird man auch entschuldigen, daß ich vielleicht manche Dinge mit einer größeren Breite behandelte, als sie in zusammenfassenden Lehrbüchern der gesamten Röntgenkunde für notwendig befunden wurde.

Frankfurt a. M., März 1909.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite
Vorwort	V
I. Das Silber und seine Verbindungen in der Photographie	I
II. Die Einwirkung der Röntgenstrahlen und verwandter Energiearten auf die Bromsilberplatte	19
III. Über Einwirkungen auf die photographische Platte, die Strahlungen vortäuschen können	73
IV. Die Entwicklung der Röntgenogramme	78
V. Aufbewahrung der Platten und Dunkelkammer- beleuchtung	110
VI. Fixieren, Waschen, Trocknen, Verstärken und Ab- schwächen der Negative	118
VII. Der Kopierprozeß in der Röntgenographie	133
Namenregister	137
Sachregister	139

I. Das Silber und seine Verbindungen in der Photographie.

Das Silber, wie wir es im gewöhnlichen Leben in Form des weißen, glänzenden Metalls unserer Münzen und Geräte zu sehen gewohnt sind, tritt in den photographischen Prozessen nicht auf. Vielmehr hat es die Photographie nur mit den verschiedenen kolloiden Formen des Silbers und seiner Haloidsalze zu tun. Unter kolloidem (früher als „kolloidal“ bezeichnetem) Silber im engeren Sinne verstehen wir das Metall in einer so außerordentlich fein verteilten Form, daß selbst die stärkste mikroskopische Auflösung nicht imstande ist, die einzelnen Teilchen getrennt sichtbar werden zu lassen. Erst die von Siedentopf und Zsigmondy im Jahre 1903 gemachte Erfindung der Ultramikroskopie lieferte den unanfechtbaren Nachweis, daß alle kolloiden Lösungen aus außerordentlich feinen Teilchen bestehen. Das Prinzip der Ultramikroskopie, der Sichtbarmachung jener ultramikroskopischen Teilchen, besteht darin, daß man durch einen starken Lichtstrahl die Teilchen einer kolloiden Lösung so hell beleuchtet, daß im seitlich abgebeugten Lichte Beugungsscheibchen entstehen, die nun innerhalb der Sichtbarkeit bei gewöhnlicher Mikroskopie fallen.

Das im engeren Sinne als kolloides Silber bezeichnete Silber tritt normalerweise nicht im Negativ-

prozeß auf, sondern nur in den sogen. Auskopierpapieren. Jenes farbige, rote, gelbe oder blaue Silber bezeichnet man in der Kolloidchemie als Silbersol. (Sol von solutio, da man die in den Lösungen ultramikroskopisch fein suspendierten Teilchen früher als wirklich gelöst ansah.) Ein Silbersol erhält man nach den Forschungen besonders des Amerikaners Carey Lea¹⁾ durch Reduktion von löslichen Silbersalzen mit bestimmten Reduktionsmitteln, wie Eisenzitrat, Eisentartrat usw. Eine sichere und für die photographische Erkenntnis speziell interessante Darstellungsmethode besteht in der ebenfalls schon von Carey Lea angegebenen Reduktion von Silberlösung durch eine alkalische Dextrinlösung. Man löst in 1 Liter Wasser 20 g Dextrin und 20 g Natriumhydroxyd und fügt dann nach und nach 14 g Silbernitrat in 100 ccm Wasser hinzu. Es tritt nur vorübergehend eine Trübung durch das ausgefällte Silberoxyd ein, das aber rasch zu einer klaren, braunroten Flüssigkeit (Silbersol oder auch Silberhydrosol) reduziert wird. Fügt man zu einem solchen Silberhydrosol geringe Mengen einer Säure, eines neutralen Salzes, überhaupt beliebiger Elektrolyte, so zeigt sich eine auffallende Veränderung: die rotbraune Lösung nimmt eine dunklere braunviolette Farbe an, wird dann tiefgrün und endlich vollständig schwarz. Als solches schwarzes Silber fällt dann das Silber aus. Einen derartigen, sich bei allen kolloiden Lösungen wiederholenden Vorgang der Ausfällung nennt man nach der Verwandtschaft dieses Vorganges mit der Gelatinierung organischer Körper Gelatinierung, und das bei dieser entstehende Endprodukt bezeichnet man als Gel. Sol und Gel sind so wichtige Begriffe, daß man sie in der modernen

1) „Kolloides Silber und die Photohaloide“ von Carey Lea, neu herausgegeben von Lüppo-Cramer. Dresden 1908.

wissenschaftlichen Photographie auch nicht mehr entbehren kann. Allerdings kann es nicht Aufgabe dieser Monographie sein, diese Begriffe und ihre Bedeutung hier erschöpfend klarzulegen, aber zum genügenden Verständnis vieler Erscheinungen bei den photographischen Verfahren ist es doch notwendig, die die Photographie durchaus beherrschenden kolloidchemischen Grundbegriffe hier wenigstens zu streifen. Eingehende Belehrung in diesen Dingen findet man in dem Buche des Verfassers: „Kolloidchemie und Photographie“¹⁾.

Stellt man ein Silbersol durch Reduktion einer Silberlösung z. B. mittels Eisenzitrat her, so ist dieses enorm empfindlich gegen Elektrolyte; ganz geringe Spuren von Neutralsalzen führen es in das Gel über. Schon die im gewöhnlichen Leitungswasser vorhandenen kleinen Mengen von Chlornatrium und Karbonaten genügen, um das Silber auszufällen. Das durch Reduktion mit Dextrin in alkalischer Lösung gewonnene Sol ist viel beständiger. Bleibt doch bei der beschriebenen Herstellungsmethode die ganze Menge von Alkali bzw. des bei der Umsetzung entstehenden Natriumnitrates in der Lösung, ohne daß das Sol in das Gel überginge. Diese Beständigkeit beruht auf der sogen. „Schutzwirkung“, die das Dextrin wie alle organischen Kolloide auf das Silberkolloid ausübt. Dieser Begriff der Schutzwirkung ist ein Klassifikationsbegriff, der gerade in der Photographie von der größten Bedeutung ist; ja, ohne die Schutzwirkung der organischen Kolloide, die das Bindemittel der photographischen Schichten darstellen, wäre die Photographie im heutigen Sinne überhaupt kaum denkbar. Die Aufstellung des Begriffes der Schutzwirkung nahm von einer in der Medizin beob-

1) Lüppo-Cramer, „Kolloidchemie und Photographie“. Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden 1908.

achteten Erscheinung ihren Ausgang. Sie wurde zuerst von Lottermoser und E. von Meyer erkannt. Diesen Forschern fiel es auf, daß das von Credé als „lösliches“ Silber in Salbenform bei septischen und ähnlichen Erkrankungen mit großem Erfolg angewandte „Argentum Credé“, auch „Kollargol“ genannt, das durch die Haut in das Blut gelangt, durch das Chlornatrium, das doch in allen Säften des Körpers sich findet, nicht ausgefällt wird. Sie stellten darauf Versuche an und fanden, daß Eiweiß und Blutserum die Ausfällung des kolloiden Silbers durch Kochsalz verhindern. Seitdem ist die Schutzwirkung der Kolloide an zahllosen Beispielen erkannt und besonders auch durch Zsigmondy, den Mitbegründer der Ultramikroskopie, quantitativ studiert worden. Die Wirkung der organischen Kolloide beruht auf einer Art von Verbindung der verschiedenen Kolloide untereinander, wodurch diese ihre Eigenschaften oft gegenseitig so sehr beeinflussen, daß es den Anschein gewinnt, als sei eine regelrechte chemische Verbindung eingetreten. Diese scheinbaren chemischen Verbindungen bezeichnet man als *A d s o r p t i o n s v e r b i n d u n g e n*, von denen wir noch weiter unten zu sprechen haben werden.

Das Dextrin ist nun ein verhältnismäßig nur schwaches Schutzkolloid. Dagegen zeigt die in den photographischen Emulsionen hauptsächlich verwendete Gelatine, der gereinigte tierische Leim, eine so starke Wirkung in diesem Sinne, daß seine Gegenwart die kolloidchemischen und auch teilweise die rein chemischen Reaktionen manchmal völlig verändert. Vermischt man die beschriebene Dextrin-silbermischung nach Carey Lea mit Gelatinelösung, so erhält man nach dem Erstarren der Gallerte und Auswaschen der Salze gelbgefärbte Schichten, die die Eigenschaften des kolloiden Silbers besonders gut zu studieren gestatten, da infolge der Gegenwart von Gelatine alle

Vorgänge in diesen Schichten langsamer verlaufen. Viele Elektrolyte lassen das Sol innerhalb der Gelatineschicht ganz unverändert, so selbst konzentrierte Schwefelsäure und Neutralsalze. Konzentrierte Salzsäure und einige andere Agenzien bewirken hingegen einen außerordentlich interessanten Vorgang. Die Schichten werden beim Übergießen mit Salzsäure sofort tiefdunkelrot und gehen dann über Violettbraun und Grünlichbraun zu einem reinen Grün über, bis endlich langsam sich das Silber als Chlorsilberkomplexsalz auflöst. Diese Farbenübergänge des Silbersols sind deshalb für die Photographie wichtig, weil diese Abarten des kolloiden Silbers bei fehlerhaft geleiteter Entwicklung der photographischen Platte vorkommen können. Die Ursachen ihrer Entstehung und die Kenntnis der Mittel zu ihrer Vermeidung sind daher von praktischem Werte. Wir sprechen darüber weiter unten auf Seite 13.

Wie das Silber, kommt nun auch das Bromsilber und das Chlorsilber in den photographischen Schichten in kolloidem Zustande vor. Kolloides Chlorsilber emulgiert in Gelatine oder Kollodium ist das Material der Auskopierpapiere, deren Eigenschaften und deren Verarbeitung in der Praxis das Thema des letzten Kapitels dieses Buches sind. Kolloides Bromsilber oder Bromsilbersol findet praktisch nur in den für das Lippmannsche Farbenverfahren bestimmten Schichten eine beschränkte Anwendung. Die in der gewöhnlichen photographischen Praxis verwendeten Bromsilbergelatintrockenplatten enthalten dagegen ein Bromsilber, das sich dem kolloiden Bromsilber gegenüber genau so verhält, wie das schwarze Silbergel gegenüber dem farbigen Sol. Wie die ultramikroskopisch kleinen Partikelchen des gelbbraunen Silbersols durch Zusatz von Elektrolyten nach Durchlaufung verschiedener, durch verschiedene Farbe gekennzeichneteter Zustände sich zum

schwarzen Silbergel zusammenflocken, so wird auch das Bromsilber, wenn es in Solform hergestellt wurde, durch Elektrolyte zusammengeballt. In rein wässriger Lösung erhält man Bromsilbersol als schwach opalisierende Flüssigkeit beim Ausfällen von Bromsilber aus Silbernitrat und löslichen Bromiden in außerordentlich stark verdünnter Lösung. Starke Verdünnung begünstigt stets die Entstehung kolloider Sole, was wir in bezug auf die Standentwicklung noch näher zu studieren haben werden. Wie beim Silbersol wirkt nun die in den photographischen Emulsionen verwendete Gelatine wieder als starkes Schutzkolloid. Während aus rein wässriger Lösung ausgefälltes Bromsilbersol sehr wenig beständig ist, schon bei ruhigem Stehen, rascher beim Erwärmen der Lösung oder bei Zusatz geringer Mengen beliebiger Elektrolyte in das Gel übergeht, ist das innerhalb einer Gelatinelösung erzeugte Bromsilber verhältnismäßig recht beständig. Besonders durch Zusatz überschüssiger Bromide sowie von Ammoniak oder anderer bromsilberlösender Agenzien geht auch das kolloide Bromsilber innerhalb der Gelatine in immer mehr und mehr sich steigende Undurchsichtigkeit über. Diesen Prozeß, dem die photographischen Emulsionen in der Fabrikation unterworfen werden, bezeichnet man als Reifungsprozeß. Die zuerst, wie beschrieben, nur ultramikroskopisch sichtbaren Einzelteilchen des Bromsilbers treten in immer größerer Anzahl zu größeren Komplexen, sogen. Bromsilberkörnern, zusammen und die Emulsion wird dabei immer weniger transparent. Einige mikrophotographische Aufnahmen des Bromsilberkornes photographischer Emulsionen erläutern diese Verhältnisse. Fig. 1 zeigt bei ungefähr 1000 facher Vergrößerung das noch relativ feine Korn einer Diapositivplatte; es handelt sich hier um die im Kapitel II vielfach erwähnte Schleußner-Diapositivplatte. Fig. 2 und 3 zeigen

das Kornbild von stark „gereiften“ Platten des Handels, wie sie auch für die Röntgenographie verwendet werden. Mit der Reifung, d. h. also dem Zusammentreten vieler kleiner Bromsilberteilchen zu größeren, steigt die Lichtempfindlichkeit in enormem Maße. So ist die Lichtempfindlichkeit der Emulsionen, wie sie für die moderne Porträtphotographie und kurze Momentaufnahmen in Anwendung kommen, ungefähr 30000 mal größer als die der kolloiden Emulsionen, wie sie das Lippmannsche Farbenverfahren gebraucht. Die Lichtempfindlichkeit der Diapositivplatte, deren Korn Fig. 1 wiedergibt, ist etwa ein Zehntel von der einer hochempfindlichen Platte. Wie wir in Kapitel II sehen werden, besteht die Wirkung des Lichtes sowohl wie die der Röntgenstrahlen darin, daß das Licht Spuren von Brom abspaltet und also eine minimale Menge von Silber gebildet wird. Ein solcher „Silberkeim“ kann nun innerhalb eines großen Kornes eine viel größere Menge von Silber zur Reduktion durch den Entwickler prädisponieren, als innerhalb eines kleinen Kornes, wodurch zu einem Teil die Steigerung der „Empfindlichkeit“ durch das Wachstum des Kornes erklärt wird. Daß die Röntgenstrahlen noch eine andere Wirkung auf die Bromsilberplatte ausüben, werden wir in Abschnitt II ausführlich zu besprechen haben.

In der Reifungsprozedur, die man durch mancherlei Momente beeinflussen kann, besteht nun der Hauptunterschied der verschiedenen Bromsilbergelatineemulsionen des Handels, während in der rein chemischen und quantitativen Zusammensetzung keine sehr großen Unterschiede bei den verschiedenen Fabrikaten vorhanden sind. Tappen und Rekaschow¹⁾ bestimmten den Bromsilbergehalt einer größeren Anzahl von Trocken-

1) „Photogr. Korresp.“ 1908, S. 362.

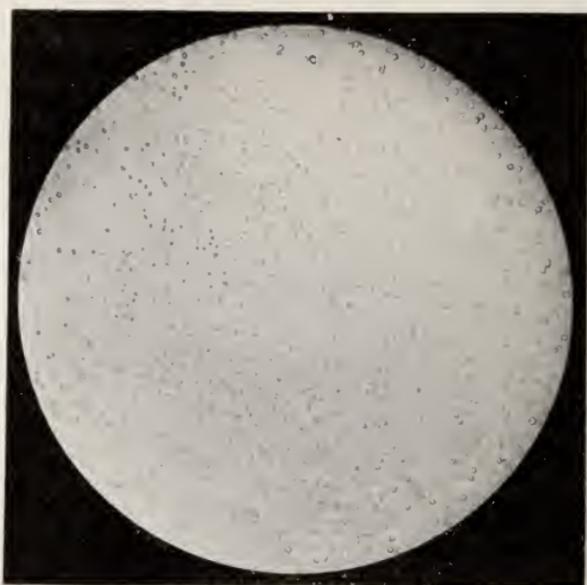


Fig. 1.

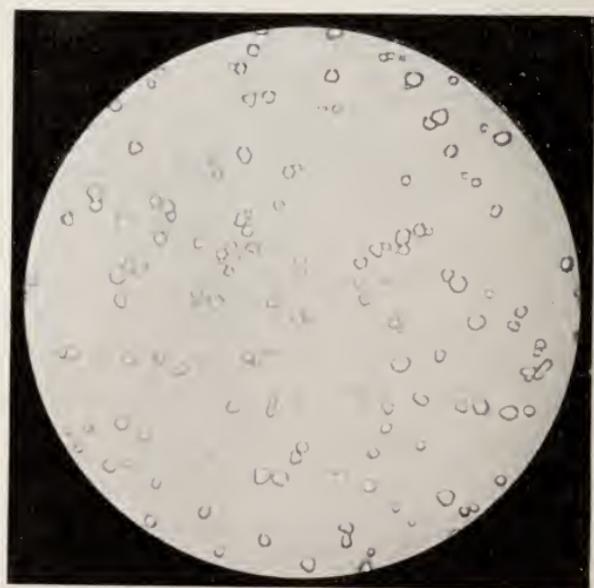


Fig. 2.



Fig. 3.

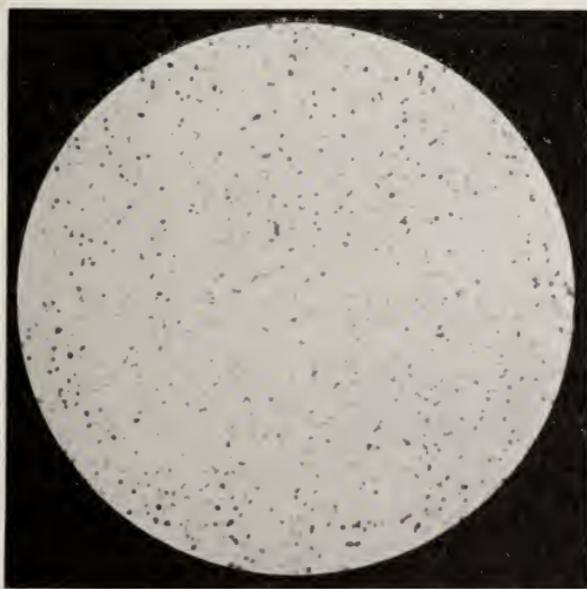


Fig. 4.

platten des Handels und fanden eine Schwankung des *AgBr*-Gehaltes der Schichten zwischen 40 und 46 Prozent. Walter¹⁾ bestimmte den Bromsilbergehalt verschiedener Platten, die speziell für die Röntgenographie bestimmt waren, und fand, daß sie ebenso wie gewöhnliche Trockenplatten im allgemeinen durchschnittlich 40 Prozent *Ag Br* enthielten. Walter fand bei einer Plattensorte für Röntgenaufnahmen einen bedeutend größeren Bromsilbergehalt (56,5 Prozent), konnte aber einen besonderen Einfluß dieser erhöhten Bromsilbermenge nicht konstatieren.

In der Tat ist mit chemischen Analysen den Unterschieden der verschiedenen Plattenfabrikate durchaus nicht näher zu kommen, sondern die physikalisch-chemische Natur des einzelnen Kornes spielt hier die ausschlaggebende Rolle. Auch durch Sensibilisierung mit chemischen Agenzien ist nach den eingehenden Studien des Verfassers²⁾ keinerlei Empfindlichkeitssteigerung bei Bromsilbergelatine zu erreichen, vielmehr liegen hier wohl alle Verbesserungen auf kolloidchemischem Gebiete, das noch sehr wenig mit bezug auf die photographischen Emulsionen erforscht ist³⁾.

Bei der „Entwicklung“ oder „Hervorrufung“ der photographischen Platte wird nun nach Maßgabe der Bestrahlung mit Licht, Röntgenstrahlen und anderen Energieformen das Bromsilber zu Silber reduziert. Wir sehen in Kapitel II, daß das Licht resp. die anderen

1) „Verhandlungen der Deutschen Röntgengesellschaft“, Bd. IV (1908), S. 59.

2) L ü p p o - C r a m e r, „Photographische Probleme“, Kapitel I, Halle 1907.

3) Das vorhandene Material in dieser Richtung findet man in dem Buche des Verfassers: „Kolloidchemie und Photographie“, Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden 1908; fortgesetzt in der „Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloide“ 1908 und 1909.

Strahlengattungen nur eine minimale Veränderung in dem einzelnen Bromsilberkorn zuwege bringen; die Hauptarbeit muß von dem Entwickler geleistet werden. Die Natur der Entwickler und ihre Wirkungsweise wird in Abschnitt IV eingehend beschrieben werden, in diesen allgemeinen Ausführungen halten wir uns zunächst bei dem Endprodukt der Hervorrufung auf. In den in der Praxis

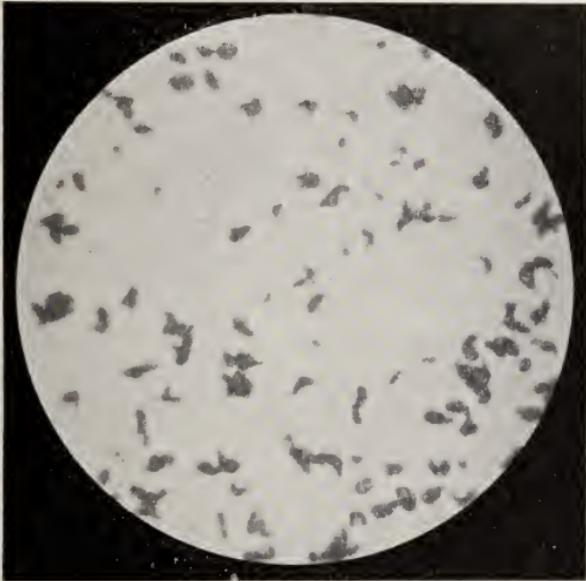


Fig. 5.

allein in Betracht kommenden Entwicklern wird das Bromsilber zu dem schwarzen Silbergel reduziert. Betrachten wir eine entwickelte Platte mikroskopisch, so finden wir, daß das reduzierte Silber annähernd dieselbe Größe hat, wie das unentwickelte Korn, doch hat seine Form sich immerhin wesentlich verändert. Eine feinkörnige Platte, wie die auf Seite 8 in Fig. 1 in ihrem Korn wiedergegebene Schleußner-Diapositivplatte gibt auch bei der Entwicklung ein viel feineres Korn, wie Fig. 4 zeigt, deren Korn das der Diapositivplatte nach der Entwicklung ist.

In der Röntgenographie haben wir es ausschließlich mit dem hochgereiften Korn zu tun, das sich in den Mikrophotogrammen in Fig. 2 und 3, sowie nach der Entwicklung in Fig. 5 zeigt¹⁾.

Das innerhalb der Gelatine reduzierte Silbergel zeigt noch in hohem Grade die Eigenschaften kolloider Gele. Dieses tritt besonders in seiner starken Adsorptionsfähigkeit hervor, die wiederum mancherlei photographische Operationen wesentlich beeinflusst. Behandelt man ein fertig entwickeltes und fixiertes Negativ mit einem Silberlösungsmittel, z. B. mit verdünnter Chromsäure, so wird zwar die Hauptmenge des Silbers weg gelöst, indessen bleibt ein in Chromsäure und anderen Silberlösungsmitteln vollkommen unlöslicher Körper zurück, der zuerst von dem Verfasser eingehend untersucht wurde. Es zeigte sich, daß das Silbergel wie alle Gele und Körper mit einer großen Oberflächenentwicklung (man denke z. B. an die Tierkohle) beim Fixieren eine nicht unerhebliche Menge an Thiosulfat und sogar an Bromsilber unauswaschbar zurückhält. Diese adsorbierten Substanzen werden bei der Behandlung mit den Silberlösungsmitteln zersetzt und der Rückstand bei der Entsilberung besteht aus Schwefelsilber und Bromsilber. Nun zeigt sich die Struktur des Silbergels in hohem Maße von seiner Entstehung abhängig. Die langsam entwickelten, wenig belichteten Stellen haben eine ausgeprägtere, kolloide Natur, als die rasch und kräftig hervorgerufenen „Lichter“. Deshalb adsorbieren die schwächer belichteten Stellen relativ mehr Thiosulfat, und dieser von dem Verfasser zuerst

1) Alle Mikrophotogramme wurden bei gleicher, annähernd 1000facher Vergrößerung aufgenommen. Die Präparate wurden durch starke Verdünnung von etwas Emulsion mit Wasser und Ausgießen in sehr dünner Schicht gewonnen. In der Plattenschicht selbst liegen die Körner natürlich sehr dicht aneinander.

erkannte Umstand erklärt eine scheinbare Paradoxie, die seit ihrer Entdeckung stets die größte Aufmerksamkeit der Forscher auf photographischem Gebiete erregt hatte. Es ist dies die merkwürdige Tatsache, daß photographische Negative, deren Silber man zum Zweck der Abschwächung (siehe Kapitel VI, S. 118) mit einer Lösung von Ammoniumsulfat behandelt, zuerst das Silber an denjenigen Stellen verlieren, wo dieses am dichtesten war. Man kann also auf diese Weise „harte“ Negative „weich“ machen.

Auch viele andere photographisch wichtige Reaktionen sind nur ausführbar, weil das Silber in den Negativen in der Form des außerordentlich reaktionsfähigen Gels vorhanden ist, ja, die „Empfindlichkeit“ der Bromsilbergelatineplatte basiert zu einem beträchtlichen Teil darauf, daß die Schutzwirkung der Gelatine es zur guten Ausbildung eines kolloiden Silbergels bei der Entwicklung kommen läßt. Nähere Betrachtungen über diese interessanten Dinge würden indessen über den diesem Buche gesteckten Rahmen hinausgehen, der interessierte Leser sei daher auf die zitierten Originalpublikationen des Verfassers verwiesen.

Normalerweise erhalten wir also bei der Entwicklung der Bromsilbergelatine das schwarze Gel. Aber die Fähigkeit des Bromsilbers, innerhalb des ausgezeichneten Schutzkolloides Gelatine ein kolloides Sol zu bilden, bleibt auch gewissermaßen immer latent. Auf mancherlei Weise kann man die normale Reduktion des Bromsilbers zum schwarzen Gel hintanhaltend und die zu dem farbigen Sol in den Vordergrund treten lassen. Im Sinne der Praxis ist das dann eine fehlerhafte Entwicklung. Sie äußert sich in dem Auftreten gelber, bläulicher, roter und selbst metallisch silbern, ja golden glänzender Schleier. Man nennt sie Farbschleier oder wegen ihrer oft komplementär verschiedenen Farben

in Auf- und Durchsicht „dichroitische Schleier“. Die Kenntnis der Bedingungen ihrer Entstehung ist notwendig zu ihrer Vermeidung.

Am leichtesten entsteht ein Farbschleier, also Silber-sol, bei der Entwicklung der Negative, wenn der Entwickler ein ausgesprochenes Bromsilberlösungsmittel enthält. Aus den Komplexsalzlösungen des Bromsilbers reduziert der Entwickler unter den meisten Umständen das feine, farbige Silber-sol. Da die Verunreinigung des Entwicklers mit Fixiernatron in der photographischen Praxis natürlich leicht eintreten kann, so ist in 90 von 100 Fällen dieses Moment die Ursache von Farbschleiern, die, wenn man nur unvorsichtig genug ist, so weit gehen kann, daß die normale Entwicklung völlig verhindert wird. Da in manchen Entwicklern außerordentlich geringe Spuren von Fixiernatron genügen, um einen häßlichen Farbschleier auf dem Negativ zu bilden, Spuren, die der nicht sehr geschulte Photograph für bedeutungslos hält, so wird die Schuld an solchen Entwicklungsfehlern oft von nicht genügend Sachverständigen auf die Platte geschoben, die aber an diesen Erscheinungen niemals schuld ist, ja gar nicht sein kann. Wie Thiosulfat wirken auch Ammoniak, Rhodanate, Thiokarbamide, kurz, alle Agenzien, die leicht Bromsilber auflösen. In diesem Sinne kann auch das in allen Entwicklern enthaltene Sulfit wirken, doch müssen besondere Umstände dazu kommen, um dem Sulfit Gelegenheit zur Auflösung des Bromsilbers zu geben. Es wurde schon oben erwähnt, daß die Entstehung der Sole in hohem Grade an eine geringe Konzentration der Lösungen, in denen sie sich bilden, gebunden ist. So wird auch die Bildung von Farbschleiern auf den photographischen Platten außerordentlich begünstigt, wenn man in stark verdünnten Lösungen arbeitet, wie sie die Standentwicklung verwendet. Die Produktion der Farb-

schleier blüht deshalb auch besonders bei den Freunden der Standentwicklung. Ich habe in dem speziell für die Bedürfnisse der Praxis des Röntgenographen geschriebenen Kapitel über die Standentwicklung auf Seite 107ff. hierüber weitere Angaben gemacht.

Kolloides Silber kann auch entstehen, wenn man eine Platte, noch ehe sie genügend fixiert ist, ans Tageslicht bringt; auch wenn Entwickler in das Fixierbad gelangt, kann sich ein Gelbschleier bilden, wenn auch die vorschriftsmäßige Ansäuerung des Fixierbades hiergegen meistens schützt.

Der dichroitische Schleier kann natürlich auch partiell ein Negativ entstellen. Wenn man Fixiernatron auf die Platte spritzt, oder die Schichtseite mit Fingern anfaßt, die nicht frei von Thiosulfat sind, so machen sich diese Mißhandlungen des so diffizilen Bromsilbers durch Flecke bemerkbar, die in allen Regenbogenfarben schillern können. Aber auch diese Erscheinungen treten immer am leichtesten auf, wenn die Bedingungen zur Reduktion des Bromsilbers zu kolloidem Silber durch einen Entwickler geringerer Reduktionskraft, vor allem bei übertriebener Verdünnung des Standentwicklers, besonders günstig sind.

Einer interessanten Ausbildungsform des Farbschleiers sei hier noch gedacht, die besonders leicht und verständlicherwise als Plattenfehler aufgefaßt wird. Es bildet sich oft in Entwicklern, die nach der Art ihrer Zusammensetzung die Möglichkeit zur Entstehung kolloiden Silbersols bieten, auf Platten, obgleich diese in ihrer ganzen Fläche gleichmäßig mit der reduzierenden Lösung übergossen waren, ein Farbschleier, entweder ganz am Rande oder 1 bis 2 cm vom Rande ringsherumlaufend in einem mehr oder weniger breiten Streifen in den verschiedenen Nuancen des kolloiden Silbers aus, während der übrige, größere Teil der Platte

ein vollkommen normales schwarzes Silber zeigt. Diese Erscheinung kann man absichtlich leicht hervorzaubern, wenn man Platten, die schon ziemlich alt sind, in Entwicklern hervorruft, denen man bromsilberlösende Agenzien zugefügt hat. Der Farbschleier bildet sich dann meist zuerst in den gekennzeichneten Figuren auf der Platte aus. Meistens ist diese Art Farbschleier durch Abreiben zu entfernen, jedenfalls pflegt er hauptsächlich auf der Oberfläche der Schicht sich zu befinden. Eine genügende Erklärung dieses Phänomens steht noch aus; wahrscheinlich handelt es sich um Austrocknungserscheinungen oder auch um Ausdünstungen des Packmaterials. Trotzdem wird man nicht die Platte dafür verantwortlich machen dürfen, wenn man einmal einen derartig partiellen Farbschleier erzeugt hat, denn die Erscheinung bleibt aus, wenn man die Bedingungen zur Entstehung kolloiden Silbers bei der Entwicklung in der genügend erörterten Weise ausschaltet¹⁾.

Wenn durch unvorsichtiges Arbeiten ein Farbschleier entstanden ist, so gelingt es übrigens in den meisten Fällen leicht, ihn zu entfernen, vorausgesetzt, daß die Erscheinung nicht durch Bespritzen oder Betasten der Schicht entstanden ist, sondern als gleichmäßiger Belag des Negatives auftritt.

Man bade das gut fixierte und gründlich gewaschene Negativ 5 Minuten lang in einer Lösung von Kaliumpermanganat 1 : 1000. Wegen der Schwerlöslichkeit des Permanganates pulverisiere man dieses und achte sorgfältig darauf, daß keine ungelösten Partikel des Salzes auf die Negativschicht gelangen. Das Negativ wird hierauf abgespült und in einer zehnprozentigen

1) Lüppo-Cramer, „Photographische Probleme“, S. 179, Halle a. S. 1907.

Lösung von Kalium- oder Natriumbisulfit geklärt und wiederum gründlich gewaschen.

Die Bromsilbergelatineemulsion wird entweder auf Glasplatten, auf Zelluloid (Films) oder auf Papier gegossen. Es ist hierzu zu bemerken, daß an Zuverlässigkeit die Trockenplatte niemals von einem anderen Material erreicht worden ist. Die Gebrechlichkeit der Glasplatte läßt es allerdings für den Röntgenographen oft wünschenswert erscheinen, das biegsame Zelluloid zu verwenden. Dieses Material ist aber leider nicht ganz indifferent gegen die sensible Bromsilbergelatine. Der Fabrikant sucht daher einer geringeren Haltbarkeit der Films dadurch einigermaßen Rechnung zu tragen, daß er für Films eine etwas weniger empfindliche Emulsion wählt. Trotzdem läßt es sich nicht erreichen, daß Films eine ebenso große Haltbarkeit zeigen (vergl. über Haltbarkeit der Röntgenplatten S. 110) wie Trockenplatten. Auch Bromsilberpapiere werden oft für die Röntgentechnik empfohlen, doch sind diese noch weniger empfindlich. Ein praktischer Effekt wird oft dadurch erzielt, daß man zwei oder auch mehr Films übereinanderlegt oder auch einen Film mit der Schichtseite auf die Schicht einer Trockenplatte legt und die Bestrahlung von der Rückseite des Films vornimmt. Zelluloid ist für Röntgenstrahlen sehr leicht durchdringlich. Da nun auch die Bromsilbergelatine die Röntgenstrahlen zu einem großen Teil unabsorbiert passieren läßt, so kann man bis zu zehn Films übereinander exponieren, ohne daß das erzielte Bild auf dem unteren Film sich wesentlich von dem auf dem obersten unterscheidet. Legt man nun mehrere Films oder, wie erwähnt, je einen Film und eine Platte übereinander und entwickelt sie getrennt, so ergibt die Summe der beiden Negative, zumal bei sehr kurzen

Expositionen schwer durchdringlicher Körperteile, ein erheblich kräftigeres Bild als eine Einzelaufnahme.

Nachdem wir nunmehr einen kurzen Überblick über das photographische Aufnahmematerial der Röntgenographie gewonnen haben, wollen wir zunächst ein mehr theoretisches Kapitel einschieben, das uns zeigt, was bei der Einwirkung der Röntgenstrahlen auf die Bromsilberschicht geschieht. Daran wird sich dann eine detaillierte Schilderung der photographischen Verarbeitung des Röntgenogrammes anschließen.

II. Die Einwirkung der Röntgenstrahlen und verwandter Energiearten auf die Bromsilberplatte.

Der Werdegang eines Röntgenbildes ähnelt im großen ganzen dem eines gewöhnlichen Negatives. In beiden Fällen entsteht bei der Belichtung ein Eindruck, der unsichtbar (latent) ist und erst durch die Behandlung mit dem Entwickler in die Erscheinung tritt.

Die Natur des latenten Eindruckes, den das gewöhnliche Licht auf die photographische Platte ausübt, war seit den Anfängen der Photographie das beliebteste Streitobjekt der Forscher auf diesem Gebiete. Man nahm allerdings schon früh als das Wahrscheinlichste an, daß bei der Belichtung unter Abspaltung von Brom eine minimale Spur Silber gebildet würde, doch schien gegen diese Annahme der Umstand zu sprechen, daß das latente Lichtbild außerordentlich widerstandsfähig gegen Oxydationsmittel, speziell gegen Salpetersäure ist, die doch metallisches Silber bekanntlich sehr leicht auflöst. In Würdigung dieser Tatsache stellten die Photochemiker schon zu den Zeiten der alten Photographie mit den sogen. nassen Platten die Hypothese auf, daß bei der Belichtung nicht Silber, sondern eine Zwischenstufe zwischen den Normalhaloiden und dem Metall, ein sogen. Subhaloid (Subbromid, resp. Subchlorid oder Subjodid) entstände. Von den Forschern der neueren

Zeit hat besonders Eder¹⁾ die Subhaloidtheorie des latenten Lichtbildes wieder lebhaft verteidigt. Diese Theorie litt von vornherein an dem mißlichen Umstande, daß die Subhaloide des Silbers nichts weniger als chemisch definierte Körper sind. Zwar existiert nach den Untersuchungen von Guntz ein Subfluorid²⁾ des Silbers, doch sind die anderen Subhaloide bis in die neueste Zeit hinein nicht einwandfrei als existierend nachgewiesen worden, auch sprechen gegen ihre Existenz mancherlei Gründe, die auseinanderzusetzen hier zu weit führen würde.

Da nun gegen die Auffassung der Substanz des latenten Lichtbildes lediglich die allerdings unbezweifelbare Widerstandsfähigkeit gegen Salpetersäure u. a. sprach, so fragte es sich, ob nicht auch unter den in der photographischen Bildschicht gegebenen besonderen Bedingungen das Silber selbst seine normale Widerstandsfähigkeit gegen die Oxydationsmittel einbüßen könnte. Hier setzen Untersuchungen des Verfassers ein, die vor kurzem zu einer wesentlich neuen Erkenntnis in der Frage des latenten Bildes geführt haben.

Im Anschluß an ältere Forschungen des Amerikaners Carey Lea³⁾ führte der Verfasser den Nachweis, daß nicht der geringste stichhaltige Grund vorliegt, aus der Unlöslichkeit des latenten Lichtbildes in Salpetersäure

1) „Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss.“ in Wien; Math.-naturw. Kl., Bd. CXIV, Abt. IIa, 1905. „Photogr. Korresp.“ 1905, S. 423f.

2) Nach neueren Untersuchungen von Lothar Wöhler, „Zeitschr. f. angew. Chemie“, Bd. XXI, S. 2058 (1908), ist auch das Silbersubfluorid ein wenig beständiger Körper, indem er schon oberhalb 90 Grad in Silber und Silberfluorid zerfällt.

3) Carey Lea, „Kolloides Silber und die Photohaloide“. Neuausgabe von L ü p p o - C r a m e r. Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden 1908.

auf das Vorhandensein eines Subhaloides zu schließen, denn es zeigte sich, daß sich Silber selbst unter geeigneten Bedingungen mit dem Bromsilber und den anderen Haloidsalzen des Silbers sehr fest zu sogenannten Adsorptionsverbindungen vereinigen kann, die zwar, wie viele derartige Verbindungen, den Charakter eines wirklichen chemischen Individuums vortäuschen können, die es aber nach Lage der Dinge nicht sind. Man findet die Beweise des Verfassers für die Richtigkeit seiner Auffassung in seinen unten zitierten Arbeiten¹⁾.

Besteht nun das latente Röntgenstrahlenbild aus derselben Substanz wie das latente Lichtbild? So viel ich in der mir zugänglichen Literatur habe finden können, ist über diese interessante Frage bisher noch keine entscheidende Untersuchung angestellt worden. Zwar zeigt sich die chemische Wirkung der Röntgenstrahlen in vielen Reaktionen sehr ähnlich der der Lichtstrahlen, doch weisen später zu besprechende Versuche wieder auf wesentliche Verschiedenheiten zwischen der chemischen Wirkung einerseits der Lichtstrahlen, andererseits der Röntgenstrahlen.

Als analoge chemische Wirkungen sind in erster Linie die Reaktionen zu nennen, die zur Messung der Strahlenenergie sowohl der X-Strahlen wie auch der Radiumemanation vorgeschlagen wurden. Hardy und Willcock²⁾ fanden, daß eine Lösung von Jodoform in Chloroform, Chlorkohlenstoff, Benzol oder Schwefelkohlenstoff sowohl durch Licht, wie auch durch Röntgen- oder Radiumstrahlen oxydiert wird, wobei die Flüssigkeit purpurfarbig wird und die Stärkereaktion auf Jod

1) Lüppo-Cramer, „Photogr. Probleme“, Halle a. S. 1907. Lüppo-Cramer, „Kolloidchemie und Photographie“, Dresden 1908.

2) Eder, „Jahrb. f. Photogr.“ 1904, S. 353 und 373. Eder, „Photochemie“, Halle a. S. 1906, S. 476.

eintritt. Genauere Studien über die Eignung dieser Jodoformlösung zur quantitativen Bestimmung der Strahlenintensität stellte später L. Freund¹⁾ an. Auch die bekannte Edersche Methode der Photometrie mit Quecksilberammoniumoxalat wurde von Kzewuski²⁾ und später von Schwarz³⁾ auf die Messung der Röntgenstrahlenenergie angewendet.

Die chemische Wirkung der Röntgenstrahlen ist also in mehreren Fällen der des Lichtes analog. Merkwürdigerweise sind nun gerade über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Bromsilbergelatine schon zu Anfang der Forschung auf diesem Gebiete Beobachtungen mitgeteilt worden, die eine Wesensverschiedenheit in der Wirkung einerseits des Lichtes, andererseits der X-Strahlen anzudeuten schienen. So hatten Eder und Valenta⁴⁾ bei ihren ersten Versuchen mit Röntgenstrahlen gefunden, daß diese auf Kollodiumplatten keine merkliche Wirkung hervorriefen. Die Forscher waren daher zu der Annahme geneigt, daß eine Fluoreszenz der Gelatine bei dem Zustandekommen des latenten X-Strahlenbildes eine Rolle spiele, eine Möglichkeit, die schon Röntgen⁵⁾ selbst in seiner vorläufigen ersten Mitteilung über seine große Entdeckung erwogen hatte. Bei späteren Versuchen mit modernen Röntgenröhren von größerer Wirksamkeit fanden Eder und Valenta allerdings auch eine Wirkung der Strahlen auf Jodbrom-

1) Eder, „Photochemie“, Halle a. S. 1906, S. 477. Eders „Jahrbuch“ 1905, S. 179 und 376.

2) Eders „Jahrbuch“ 1897, S. 103.

3) Eders „Jahrbuch“ 1907, S. 215. „Verh. d. Deutsch. Röntgen-Ges.“, Bd. III, S. 118 (1907). Vergl. auch die Vorführung des „Fällungsradiometers“ von Schwarz durch G. Holz knecht in der „k. k. Gesellschaft der Ärzte“ in Wien, 1. Juni 1906; „Wiener Klinische Wochenschrift“ 1906, Nr. 23.

4) Eder, „Photochemie“, Halle a. S. 1906, S. 472.

5) Abgedruckt u. a. in „Photogr. Mitteil.“, 32. Jahrg., S. 336.

kollodium mit physikalischer Entwicklung, wozu aber eine 100mal stärkere Bestrahlung nötig war, als bei Bromsilbergelatine (vergl. hierzu S. 71). Angeregt durch Versuche des Verfassers¹⁾ über das Verhalten der verschiedenen latenten Eindrücke auf die Silberhaloide gegen Bromwasser stellten Eder und Valenta auch fest, daß sich das latente X-Strahlenbild gegen Bromwasser wie auch gegen Chromsäure verhält wie das latente Lichtbild, d. h. es wird wie dieses zerstört. Diese Reaktion von Eder und Valenta ist, soviel mir bekannt, die einzige über das latente Röntgenstrahlenbild angegebene, aus welcher man eventuell einen Schluß über die Natur dieses Eindruckes ziehen könnte. Da Bromwasser durch Addition von Brom an das durch die photochemische Bromabspaltung reduzierte Bromsilber vermeintlich wieder vollständig intaktes Bromsilber regenerierte, nahm man die Vernichtung des latenten Lichtbildes durch Bromwasser vielfach als einen Beweis für eine bei der Belichtung stattgehabte Bromabspaltung an. Doch haben bereits 1895 Léon Vidal²⁾ und später Sterry³⁾ darauf hingewiesen, daß die scheinbare Zerstörung des latenten Bildes durch Bromwasser oder Chromsäure nur eine Entwicklungsverhinderung bedeutet, eine Tatsache, die auch der Verfasser⁴⁾ bestätigte und eingehender untersuchte. Hiernach kann aus dem Verhalten latenter Eindrücke auf Bromsilberplatten gegen Bromwasser oder Chromsäure nicht ohne weiteres auf die Vernichtung eines vorhandenen Silberkeimes geschlossen werden.

1) Lüppo-Cramer, „Photogr. Korresp.“ 1902, S. 624.

2) „Photogr. Archiv“ 1895, S. 344.

3) Eders „Jahrbuch“ 1899, S. 301, nach „Photographic Journ.“ 1898, Bd. XXII. S. 264f.

4) Lüppo-Cramer, „Photographische Probleme“, S. 112f., Halle a. S. 1907.

Der einzige stichhaltige Beweis für eine bei der Wirkung des Lichtes eingetretene Reduktion des Bromsilbers ist die Tatsache, daß man das latente Lichtbild nach der Exposition zuerst fixieren und dann durch einen sogen. physikalischen Entwickler wieder hervorrufen kann. Bei der Fixierung hinterbleiben nämlich minimale Silberkeime, an denen sich aus einem Gemische von Silbernitrat und einem Reduktionsmittel erzeugtes Silber in statu nascendi niederschlägt, so zwar, daß das ganze Bild zu hinreichender Dichte entwickelt werden kann. Da die Entwickelbarkeit eines solchen „primär fixierten“ latenten Lichtbildes verloren geht, wenn man ein geeignetes Silberlösungsmittel auf die Schicht einwirken läßt, wie z. B. Farmerschen Abschwächer, so muß die Abscheidung des Silbers aus der mit Silber übersättigten Lösung des physikalischen Entwicklers in der Tat durch Keime von Silber veranlaßt sein, die beim Fixieren des latenten Bildes zurückblieben.

Diesen entscheidenden Versuch dafür, daß die Wirkung auf das Bromsilber in einer Reduktion besteht, habe ich auf das latente Röntgenstrahlenbild mit durchaus gleichem Resultate angewendet. Das beigegebene Röntgenogramm einer Hand (Fig. 6) zeigt ein solches nach dem Fixieren physikalisch entwickeltes Bild.

Wie beim latenten Lichtbilde ist für die Gewinnung eines derartigen nach dem Fixieren entwickelbaren Bildes auf einer hochempfindlichen Platte eine verhältnismäßig lange Exposition erforderlich, nämlich eine etwa 20- bis 30fach längere, als die für die gewöhnliche Entwicklung ausreichende. Diese große Verschiedenheit in der erforderlichen Expositionszeit für die beiden Arten der Entwicklung hat nach neueren Untersuchungen des Verfassers¹⁾ ihren Grund in der Eigenart des Vorganges

1) „Das Atelier des Photographen“ 1908, Heft 8f.

bei der chemischen Entwicklung eines gereiften Bromsilberkornes; bei besonders feinkörnigen Schichten ist dieser Unterschied geringer bzw. gar nicht vorhanden. Die beim gereiften Bromsilberkorn erforderliche verlängerte Expositionszeit für die physikalische Entwick-



Fig. 6.

lung ist nach meinen zitierten Untersuchungen erklärlich und involviert kein zwingendes Argument gegen die Annahme, daß auch bei der für die gewöhnliche Hervorrufung genügenden kurzen Exposition ein reduzierter Silberkeim die Entwicklung des Bromsilbers auslöst.

Das latente X-Strahlenbild wurde nach der angedeuteten verlängerten Exposition in gewöhnlicher Fixiernatronlösung 1 : 4 fixiert, dann eine halbe Stunde

lang gewaschen und darauf in folgender Entwicklerlösung nach Neuhauß¹⁾ hervorgerufen:

In 80 ccm Wasser löst man unter Erwärmung der Reihe nach 24 g Rhodanammonium, 24 g kristallisiertes Natriumsulfit und 5 g Thiosulfat. Zu der erkalteten Lösung fügt man langsam unter Schütteln 4 g Silbernitrat, gelöst in 20 ccm Wasser, hinzu. Diese haltbare Lösung wird zum Gebrauche mit 10 Teilen Wasser verdünnt, worauf man zu je 100 ccm 2 ccm Rodinal oder die in der Entwicklersubstanzmenge annähernd entsprechende Menge eines anderen alkalischen Entwicklers zufügt.

In dieser Lösung entwickelt sich das primär fixierte Röntgenstrahlenbild langsam, aber in einigen Stunden bis zu genügender Dichte. Man kann den sehr hell gefärbten Silber Niederschlag auf solchen Bildern durch Baden in zweiprozentiger Sublimatlösung verstärken, wobei aber zunächst nicht, wie bei der Verstärkung gewöhnlicher Negative, eine Ausbleichung, sondern eine Dunkelfärbung eintritt²⁾. Das Original für Fig. 6 ist eine Kontaktkopie des auf die beschriebene Weise erhaltenen Negatives.

Wie das latente Lichtbild wurde auch das latente X-Strahlenbild nach primärem Fixieren durch kurzes Baden in Farmerschem Abschwächer (Thiosulfat + Ferri-zyankalium) völlig zerstört, so daß keinerlei Entwicklung mehr möglich war.

Es geht hieraus hervor, daß die Entwickelbarkeit eines von Röntgenstrahlen erzeugten latenten Bildes in derselben Weise an das Vorhandensein von reduzierten Silberkeimen gebunden ist, wie die des Lichtbildes.

1) „Photogr. Rundschau“ 1898, S. 258.

2) Vergl. Lüppo-Cramer, „Zeitschr. f. Chemie u. Industrie d. Kolloide“, Bd. III, S. 35.

Dennoch üben die Röntgenstrahlen eine Einwirkung auf Bromsilberplatten aus, die zwar mit der Bromabspaltung parallel zu laufen, sich aber bei der photochemischen Aktion des Lichtes nicht wiederzufinden scheint.

In dieser Richtung hat zuerst Zehnder Beobachtungen gemacht, die weiter unten zur Besprechung kommen werden. An Bromsilberschichten machten zuerst R. Luther und Uschkoff¹⁾ die Entdeckung, daß das latente Röntgenstrahlenbild auf diesen durch Tageslicht gewissermaßen „entwickelt“ werden kann.

Luther und Uschkoff fanden, daß ein ziemlich lange, aber noch nicht bis zur direkten Sichtbarkeit exponiertes Röntgenbild auf Bromsilbergelatinepapier und in schwächerem Maße auch auf Bromsilberplatten durch nachträgliche Belichtung der ganzen Schicht mit diffusum Tageslichte bis zur deutlichen Sichtbarkeit hervorgerufen wurde, indem die vorher von den X-Strahlen getroffenen Stellen der Schicht sich am Lichte erheblich dunkler färben. Die Forscher haben für das seltsame Phänomen keine Erklärung versucht, doch führten einige Beobachtungen, die ich bei der Wiederholung und Abänderung des Versuches von Luther und Uschkoff machte, mich auf eine Hypothese, die durch die Reaktionen jenes durch Lichtstrahlen entwickelten Röntgenstrahlenbildes nahegelegt schien.

Für die Reproduktion des Luther-Uschkoffschen Versuches ist zunächst die Tatsache wichtig, daß bei weitem nicht alle Emulsionen jenes Phänomen deutlich zeigen. Manche Platten- oder Papiersorten ließen überhaupt keine Spur der Erscheinung erkennen, andere ergaben nur schwache, nicht kopierfähige Bilder. Die besten Resultate erhielt ich mit den Bromsilber-Diapositivplatten der Dr. C. Schleußner-Akt.-Gesellschaft.

1) „Physik. Zeitschr.“, 4. Jahrg., Nr. 30, S. 866.

Der relativ geringeren Empfindlichkeit der feinkörnigen Emulsionen entsprechend verlangen diese Schichten eine etwa zehnmal längere Exposition wie die Schleußner-Röntgenplatte für die gewöhnliche chemische Entwicklung. Diese Exposition genügt auch, um bei der „Tageslichtentwicklung“ nach Luther und Uschkoff deutlich

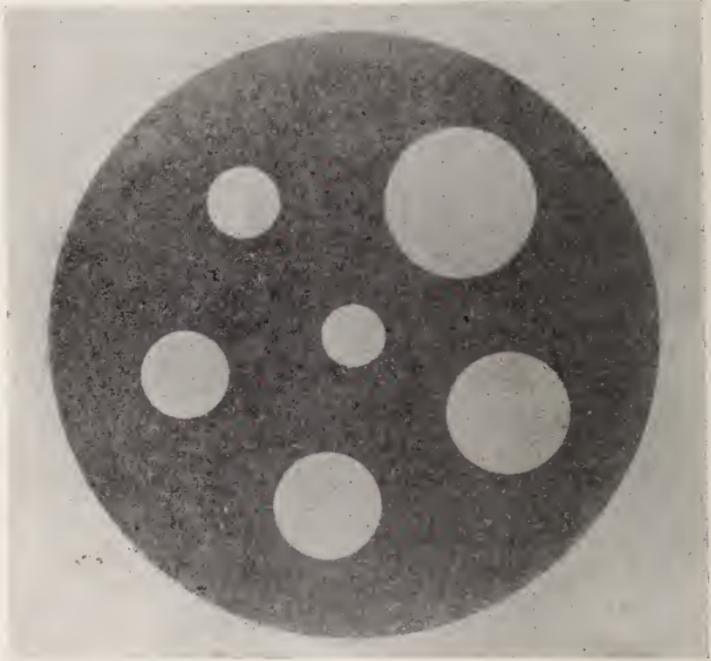


Fig. 7.

erkennbare Bilder zu geben, doch erhält man mit zunehmender Bestrahlung mit Röntgenlicht erheblich kontrastreichere Bilder. Um einen ungefähren Anhalt über die angewandten Verhältnisse zu geben, sei erwähnt, daß die Platten in etwa 20 cm Abstand von der Müllerschen Wasserkühlröhre (8 Amp. 65 Volt) 5 Minuten lang bestrahlt wurden. Legt man nun derartige z. B. unter Metallschablonen dem Röntgenlichte exponierte Platten in diffuses Tageslicht, so zeigt sich bereits nach wenigen

Augenblicken eine interessante Veränderung. Die ursprünglich fast rein weiße Platte wird an den vom Röntgenlichte getroffenen Stellen rötlich, unter den Metallteilen dagegen grünlich gefärbt; die Kontraste steigern sich mit zunehmender Belichtung, indem die rote Farbe der durch X-Strahlen vorbelichteten Schichtteile viel rascher an Intensität zunimmt, als die bläulichgrüne Farbe der nur vom Lichte getroffenen Stellen. Die Tageslichtentwicklung geht stundenlang weiter, so zwar, daß man direkt kopierfähige Bilder erhält, wie auch Luther und Uschkoff ein derartiges Bild in ihrer Abhandlung reproduziert haben. Fig. 7 ist ein von mir durch direkten Kontakt von einer solchen nach der Luther-Uschkoffschen Methode erhaltenen (unfixierten) Platte gewonnenes Bild. Außerdem wurde in der Tafel vor dem Titel ein Faksimile in Farben beigegeben ¹⁾).

Fixiert man die durch Tageslicht entwickelten Röntgenbilder, so erhält man zwar dünne, aber noch recht deutliche Bilder, in denen sich die nur vom Tageslichte getroffenen Stellen in blauer bis violetter Farbe von dem gelb bis orange gefärbten Grunde abheben. Die durch die Schablone geschützten Stellen machten dann den Eindruck eines dunklen Bildes auf hellem Grunde, doch ist die Schätzung der Quantität des Silbers eben wegen der großen Farbenunterschiede unmöglich.

Die schon nach wenigen Augenblicken der Bestrahlung mit diffusem Tageslichte auftretende rote Anlauf-
farbe der Platte an denjenigen Schichtstellen, die vorher

1) Derartige von mir hergestellte Radiogramme wurden von Herrn Dr. P. H. Eykman dem „Ersten internationalen Kongreß für Elektrologie und Radiologie zu Amsterdam“ im September 1908 vorgelegt. (Vergl. den Vortrag von Eykman, „Röntgenocinématographie“ im „Journ. de Radiologie“ 1908.)

von Röntgenstrahlen getroffen waren, brachte mich zugleich mit der Erwägung, daß erfahrungsgemäß ein roter Anlauffton bei Bromsilber gemeiniglich auf ein besonders feines Korn deutet, auf die Vermutung, daß die Röntgenstrahlen das Bromsilber fein zerstäubt haben könnten. Die Versuche scheinen diese Hypothese in der Tat zu bestätigen. Legt man die durch Tageslicht entwickelten Röntgenbilder in zweiprozentige Chromsäure, so kehrt sich das Bild momentan um¹⁾. Die Stellen unter der Metallschablone erscheinen jetzt dunkel auf hellem Grunde, nach dem Auswaschen der Chromsäure blaugrau auf dem rein weißen Bromsilber.

Das Photobromid, das zuvor die Röntgenbestrahlung erhielt, ist also durch die oxydierende Lösung zerstört worden, während die nur von Tageslicht getroffenen Stellen die für Schichten der betreffenden Korngröße normale Widerstandsfähigkeit ihres photochemischen Zersetzungsproduktes zeigen. Ich habe in früheren Arbeiten²⁾ gezeigt, daß die Widerstandsfähigkeit der photochemischen „Schwärzung“ auf den Silberhaloiden gegen Oxydationsmittel durchaus von der Korngröße des Silberhaloides abhängt, daß die alte Behauptung, die vermeintlichen „Subhaloide“ seien gegen Salpetersäure widerstandsfähig, vollständig falsch ist, sobald es sich um feinkörnige Schichten handelt.

Eine Zerstäubung des Bromsilbers durch Röntgenstrahlen würde das Verhalten der nach der Luther-Ushkoffschen Reaktion erhaltenen Bilder also hinreichend erklären. Nun hat die Zerstäubungshypothese schon a priori viel Wahrscheinlichkeit. Ist dieselbe Annahme neben der Hurter und Driffieldschen

1) Die Reaktion gelingt auch mit Persulfat, doch dauert sie erheblich länger.

2) Lüppo-Cramer, „Photographische Probleme“ 1907, S. 62f.

sogen. „Monomerisationstheorie“ doch auch schon für das latente Lichtbild von Schaum¹⁾ u. a. diskutiert worden.

Viele Stoffe, wie die Metalle (selbst Quecksilber), Realgar, Rotspießglanzerz, werden durch Belichten zerstäubt. Kristalle von Halogensilber zerfallen zu Pulver, werden trübe, verlieren ihren Glanz²⁾. Eine mit Jod geräucherte Silberplatte (Daguerreotypplatte oder jodierte Glasspiegel) erleiden durch Lichtwirkung eine bedeutende Änderung ihrer Struktur, indem die vorher feste Schicht sich nach der Belichtung pulverig abreiben läßt³⁾. Die Trübung von Jodsilber im Lichte ist auch neuerdings noch von H. Scholl⁴⁾ wieder bestätigt und eingehender untersucht worden. Auch Bredig⁵⁾ äußert auf Grund der Arbeiten von Lenard und Wolf über das Zerstäuben vieler Körper durch ultraviolettes Licht die Ansicht, daß auch die chemische Wirkung des Lichtes auf ein Zerstäuben der vom Lichte getroffenen lichtempfindlichen Körper zurückgeführt werden könne. „Diese Körper erhalten dadurch eine größere Oberfläche und damit größere Reaktionsgeschwindigkeit für heterogene Reaktionen, also auch für die Bildentwicklung (Silbersalze) oder für die Oxydation durch Sauerstoff (Schwefelblei usw.), abgesehen von der mit der Oberflächenzunahme verbundenen Vergrößerung der freien Energie⁶⁾.“

Die Zerstäubung des Bromsilbers der heute gebräuchlichen photographischen Schichten in feinere Aggregate ist nun zwar bei der Wirkung des Lichtes bisher

1) „Archiv f. wiss. Photogr.“, Bd. II, S. 10.

2) Schultz-Sellack nach Eder, „Photochemie“, Halle a. S. 1906, S. 122.

3) Donné und Schultz-Sellack a. a. O.

4) „Archiv f. wiss. Photogr.“, Bd. I, S. 249.

5) „Archiv f. wiss. Photogr.“, Bd. I, S. 40.

6) Bredig, l. c.

nicht nachgewiesen, doch spricht das Verhalten des Röntgenbildes noch in einer Reihe weiterer Reaktionen dafür, daß die X-Strahlen in der Tat das Korn zerstäuben. Wie Chromsäure und andere Oxydationsmittel das nach der Luther und Uschkoffschen Methode mit Tageslicht entwickelte Röntgenbild umkehren, so läßt die Belichtung des latenten Röntgenstrahlenbildes unter Oxydations- oder überhaupt Silberlösungsmitteln sofort umgekehrte Bilder erscheinen. Hierzu genügen bereits sehr wenig aktionsfähige Lösungen, die nach der Belichtung fast ohne Einfluß auf selbst sehr feinkörniges Photobromid sind. Schon unter fünfprozentigen Lösungen von Salpetersäure, Schwefelsäure, ja sogar von Zitronensäure, erscheinen nicht mehr die von den X-Strahlen getroffenen Bildstellen im Tageslichte dunkler als die Stellen unter der Metallschablone, sondern das Bild der Schablone tritt in wenigen Minuten dunkel auf rein weißem Grunde hervor. Auch eine Belichtung des latenten Röntgenstrahlenbildes unter verdünnter Bromkaliumlösung führt zu denselben umgekehrten Bildern.

Diese durch das Licht verstärkte oxydative Wirkung der genannten Agenzien in geringer Konzentration auf das durch die zerstäubende Wirkung der Röntgenstrahlen entstehende feinkörnige Photobromid steht in völliger Analogie zu dem Ausbleichungsprozeß bei der Poitevinschen Photochromie, deren Wesen ich vor längerer Zeit¹⁾ in einer eingehenden Studie sicherstellte.

Die Entwicklung des latenten Röntgenstrahlenbildes durch Tageslicht wird nun bedeutend beschleunigt, wenn man die Platte nach der Bestrahlung mit Röntgenstrahlen unter sogen. „Sensibilisatoren“, d. h. Lösungen von solchen Agenzien, die imstande sind, Brom zu absor-

1) „Photogr. Korresp.“ 1907, S. 376.

bieren, vornimmt. Unter solchen Lösungen erscheint zuerst das Röntgenogramm ganz klar und deutlich, verschwindet dann aber bald unter einem allgemeinen Schleier. Wenn man als Sensibilisator Natriumnitrit nimmt und behandelt die Platte nach dem Anlaufen im Lichte mit Chromsäurelösung, so tritt meistens keine völlige Ausbleichung der von den Röntgenstrahlen getroffenen Stellen ein. Ich versuchte deshalb, den Sensibilisator mit einem Oxydationsmittel zu kombinieren, und dies ist in der Tat ein Modus, der zu recht interessanten Bildern führt. Es erwies sich für diesen Zweck besonders eine Lösung von Silbernitrat + Salpetersäure, noch besser Silbernitrat + Zitronensäure als geeignet, am besten im folgenden Verhältnis: 1 g Silbernitrat + 5 g Zitronensäure in 200 ccm Wasser. Das direkte Anlaufen des latenten X-Strahlenbildes im Lichte unter dieser Lösung erfolgt scheinbar nicht so gut wie unter Nitrit; es tritt noch eher eine „Verschleierung“ ein, behandelt man aber die Schichten mit Chromsäure, so gibt die unter der Silberzitratlösung belichtete Schicht einen bedeutend reineren Grund. Auch viele andere bromabsorbierende Agenzien sind als Sensibilisatoren für das Röntgenbild verwendbar, so Ferrozyankalium, Sulfit, Thiosulfat, letzteres auch in Kombination mit Bisulfit. Nitrit läßt sich auch gut verwenden, um den Sensibilisator gleich mit der Schicht eintrocknen zu lassen, was ja von erheblicher Bedeutung wäre, wenn das Verfahren der Tageslichtentwicklung des latenten Röntgenstrahlenbildes von praktischer Verwendbarkeit sein würde. Sehr originell verläuft die „Entwicklung“ unter einer Lösung von Silbernitrat + Persulfat: das entstehende positive Bild verschleiert zuerst ganz, dann tritt langsam die stark oxydierende Wirkung ein und es erfolgt eine völlige Aufhellung des Grundes. Es lassen sich nach dem beschriebenen Verfahren recht kräftige und völlig

klare Bilder auf den dazu geeigneten Emulsionen mittleren Reifungsgrades herstellen; wenn man auf die Fixierung derartiger Bilder verzichtet, wobei nur schwache Reste zurückbleiben, kann man durch direkten Kopierprozeß von der unfixierten Schicht hinreichend gedeckte Kopien erhalten. Es liegt deshalb die Frage nahe, ob die beschriebene seltsame Herstellungsart eines Röntgenogrammes von praktischer Verwendbarkeit ist. Recht bestechende Vorzüge zeigt die Methode allerdings. Man braucht keinerlei Dunkelkammer mehr, wenn die Platte dem Röntgenlichte exponiert ist. Man kann die Platte ohne Gefahr in diffusem Tageslichte der Kassette entnehmen, legt sie in eine Schale mit einprozentiger Nitritlösung oder mit der angegebenen Silbernitratmischung, belichtet einige Minuten mit Tageslicht, bis das zuerst dunkel auf rein weißem Grunde erscheinende Bild sich wieder verschleiert hat, und übergießt dann mit zweiprozentiger Chromsäurelösung, worauf man das dann kräftig dunkelgraublaue Positiv auf hellem Grunde auswäscht und trocknet. Dasselbe ist natürlich, weil nicht fixiert, nicht völlig beständig gegen Licht, immerhin kann man es längere Zeit dem diffusen Tageslichte aussetzen, da die Veränderung im Lichte nur sehr langsam erfolgt. Da man ein direktes Positiv hat, könnte ein auf die beschriebene Weise hergestelltes Röntgenogramm unter Umständen immerhin von einem gewissen Werte sein. Indessen lassen zwei Umstände das Verfahren als unebenbürtig neben der gewöhnlichen Entwicklungsmethode erscheinen. Zunächst gelingt die Herstellung solcher Röntgenogramme, wie mehrfach hervorgehoben, nur auf Emulsionen geringerer Empfindlichkeit. Bei Schichten normaler Reifung ist der Herstellung brauchbarer Bilder dadurch eine nicht zu übersteigende Grenze gesetzt, daß das Photobromid auf solchen Schichten durch Oxydationsmittel nicht zerstört wird, d. h. man kann die völlige

Verschleierung der von den X-Strahlen getroffenen Stellen des Bildes nicht verhindern und nicht entfernen. Ein zweiter, noch viel gewichtigerer Grund gegen die praktische Verwertbarkeit des Verfahrens ist der, daß die Bilder zwar genügende Deckkraft, aber keine genügende Abstufung der Dichtigkeitsunterschiede, keine Gradation des Bildes liefern, wie sie für die Röntgenographie so wichtig ist.

Für die Erkenntnis des Vorganges bei der Entstehung des Röntgenbildes ist es von erheblicher Bedeutung, daß die von mir als Zerstäubung gedeutete Veränderung des Bromsilbers durch die X-Strahlen, wenn nicht schon vor, so doch sicherlich schon gleichzeitig mit der nachweisbaren Bromabspaltung eintritt. Bei dem ursprünglich Luther-Ushkoffschen Versuche muß man, um kopierfähige Bilder zu erhalten, die Röntgenstrahlen bedeutend länger auf die Platte wirken lassen, als es für die Herstellung eines auf die gewöhnliche Weise zu entwickelnden Negatives erforderlich ist. Hingegen genügt für die von mir beschriebene Methode bei Anwendung von Sensibilisatoren die für gewöhnliche Hervorrufung notwendige Bestrahlungszeit vollkommen. Vergleichsversuche mit Platten, die zuerst fixiert und dann physikalisch entwickelt wurden, zeigten sogar, daß diese Art der Entwicklung eine längere Exposition erfordert als die Tageslichtentwicklung unter Nitrit oder Silberzitat, wenn man gleich dichte Bilder erzielen will. Da die physikalische Entwicklung, wie ich ausführte, bei den weniger gereiften Schichten einigermaßen parallel mit der Bromabspaltung läuft, so muß man schließen, daß diejenige Veränderung, die die Tageslichtentwicklung ermöglicht, nach meiner Hypothese also die Zerstäubung des Bromsilbers, zum mindesten gleichzeitig mit der Bromabspaltung eintritt. Da die physikalische Entwicklung ein sekundärer Auslösungsvorgang

ist, während allem Anscheine nach die Zerstäubung das ganze Bromsilber verändert, das sich nach der Belichtung mit Tageslicht in seinem Photobromid verändert zeigt, so wäre zu diskutieren, ob nicht vielleicht sogar die rein physikalische Veränderung des Bromsilbers in dem Röntgenstrahl der Bromabspaltung vorhergeht. Besonders Versuche mit Chlorsilbergelatine (ohne Silbersalzüberschuß) legten mir diese Frage nahe. Wie schon Zehnder¹⁾ beschrieben hat, geben einige der gewöhnlichen Chlorsilber-Auskopierpapiere nach der Bestrahlung mit Röntgenstrahlen und darauf folgender Belichtung mit Tageslicht positive Bilder. Reine Chlorsilbergelatine lieferte mir Bilder, die denen auf Bromsilberdiapositivplatten sehr ähnlich waren; nach der Exposition in X-Strahlen färbten sich im Tageslichte die von Röntgenstrahlen getroffenen Stellen rot, die gedeckten blau; die roten Bildteile erschienen dabei dunkler, es ergab sich also wie beim Luther-USchkoffschen Experimente ein Negativ. Derartige Chlorsilberschichten zeigten nun in noch viel ausgesprochener Weise, daß die bloße „Entwicklung“ durch das Tageslicht viel eher, d. h. bei erheblich kürzerer Bestrahlung mit X-Licht deutlich sichtbare Bilder lieferte als die das Vorhandensein von Silberkeimen beweisende physikalische Entwicklung. Bei der Behandlung derartiger Bilder auf Chlorsilbergelatine mit Oxydationsmitteln zeigte sich übrigens wieder die von mir schon früher²⁾ beschriebene Erscheinung, daß das Photochlorid bereits bei viel geringerer Korngröße widerstandsfähig gegen Oxydationsmittel wird als das Photobromid, denn trotz ihres feinen Kornes gaben die Chlorsilberschichten keine völlige Ausbleichung des Grundes durch Chromsäure.

1) „Ann. d. Physik“, IV. Folge, Bd. XII, S. 413.

2) L ü p p o - C r a m e r, „Photographische Probleme“, Halle a. S. 1907, S. 65.

Die Zerstäubungshypothese steht mit den geschilderten Erscheinungen bei Bromsilber insofern stets in Einklang, als bei allen bisher beschriebenen Versuchen die von den Röntgenstrahlen veränderten Schichtteile durch Oxydationsmittel ausgebleicht wurden. Ob das Resultat der direkten Lichtwirkung auf das latente Röntgenbild bei einzelnen Emulsionen ein Negativ oder Positiv ist, scheint hierbei ohne erheblichen Belang zu sein. Nicht nur, daß Farbenunterschiede hier Täuschungen bewirken können, sondern auch, wenn die absolute Quantität des reduzierten Silbers im einen Falle auf den von X-Strahlen veränderten Bildteilen, im anderen auf den nur vom Tageslichte affizierten Teilen größer ist, ist die photochemische Veränderung mit der Zerstäubungstheorie nicht im Widerspruch.

Bei diesen Reaktionen tritt oft eine Komplikation auf, die am besten durch die Tatsache erläutert wird, daß auch das latente Lichtbild durch Tageslicht hervorgerufen werden kann. Es ist deshalb erforderlich, daß ich diese von mir entdeckte seltsame Erscheinung hier zunächst beschreibe. Natürlich ist es undenkbar, daß sich die „Entwicklung“ des latenten Lichtbildes durch Licht in derselben einfachen Weise manifestiert, wie beim ursprünglichen Luther-USchkoffschen Phänomen der Lichtentwicklung des latenten Röntgenstrahlenbildes. Wenn man eine Platte in gewöhnlicher Weise belichtet und sie dann dem Tageslichte aussetzt, so ist es natürlich ganz ausgeschlossen, daß sich die geringe photochemische Wirkung der ersten Belichtung irgendwie markierte. Ganz anders gestaltet sich aber der Vorgang, wenn man nach der ersten Belichtung die Platte z. B. in einprozentige Nitritlösung legt und sie in dieser dem Tageslichte aussetzt. Nach wenigen Augenblicken färbt sich die Platte, und die erste Lichtwirkung hebt sich deutlich dunkler von dem zuerst un-

belichteten Grunde ab. Da die Schwärzung des Bildes nicht sehr intensiv ist, habe ich für diese Versuche nur eine „Strichzeichnung“ benutzt, d. h. die Platte wurde im Kopierrahmen unter einem Negative belichtet, das aus der kräftig geschwärzten Reproduktion einer Schrift bestand. Zum Beweise, daß auf diese bisher nie beschriebene und vorläufig noch ganz rätselhafte Art sich ein Lichtbild entwickeln läßt, habe ich in Fig. 8 einen



Fig. 8.

direkten Kontaktdruck von einer (nicht fixierten) solchen Platte gegeben. Allerdings ist die Möglichkeit einer Bildherstellung auf die beschriebene Art wieder in derselben Weise ganz von dem Reifungsgrade der Emulsion abhängig, wie einige der oben geschilderten Reaktionen des latenten Röntgenstrahlenbildes.

Auf wenig gereiften Bromsilberschichten setzt die Entwicklung des latenten Lichtbildes durch Licht keine längere Exposition voraus, als sie für die gewöhnliche Hervorrufung mit einem alkalischen Entwickler angezeigt ist. Noch besser als unter Nitrit erfolgt die entwickelnde

Belichtung unter Silbernitratlösung bei gleichzeitiger Gegenwart von Salpetersäure oder Zitronensäure in den oben für die Entwicklung des Röntgenbildes angegebenen Verhältnissen. Die Schrift erscheint nach 1 bis 2 Minuten; man läßt die Färbung im Lichte ruhig weitergehen, bis auch die von der ersten Belichtung nicht getroffenen Bildstellen „verschleiern“, und übergießt dann mit zwei-prozentiger Chromsäure¹⁾. Das oxydierende Agens bleicht nur die von der ersten Belichtung nicht getroffenen Stellen und läßt die Schrift ziemlich dunkel auf hellem Grunde hervortreten. Als Sensibilisatoren können auch Ferrozyankalium, sowie Sulfit, Thiosulfat oder Bisulfit Verwendung finden, doch bewährte sich die saure Silberlösung wieder insofern am besten, als dann die reinsten „Weißen“ resultierten. Auch Chlorsilbergelatine liefert die beschriebene Erscheinung.

Es ist vorläufig noch völlig unklar, in welcher Weise die Sensibilisatoren sich in ihrer halogenabsorbierenden Tätigkeit so außerordentlich von der geringen photochemischen Veränderung beeinflussen lassen, die das Bromsilber zuvor erhielt.

Wenn wir also auch vorläufig auf eine Erklärung des beschriebenen Verhaltens des latenten Lichtbildes verzichten müssen, so ist doch die Erscheinung indirekt von großer Bedeutung für meine Hypothese der Zerstäubung des Bromsilbers durch die Röntgenstrahlen. Zunächst muß hervorgehoben werden, daß sich in der photochemischen Veränderung unter den Sensibilisatoren das latente Röntgenstrahlenbild auf denselben Platten gerade umgekehrt verhielt, wie das latente Lichtbild. Während das latente Röntgenstrahlenbild

1) Ich benutzte für die meisten Versuche eine Mischung von Kaliumbichromat mit Schwefelsäure: 10 g Bichromat gelöst in 500 ccm Wasser, dazu 10 ccm konzentrierte Schwefelsäure.

ja nach der Belichtung unter Nitrit usw. und darauffolgender Behandlung mit Chromsäure als Positiv erscheint, indem die Wirkung der X-Strahlen ja vernichtet wird, bleibt das latente Lichtbild als Negativ erhalten.

Dieses gerade umgekehrte Verhalten des latenten Lichtbildes gibt nun auch indirekt die Lösung einer Anomalie bei dem Verhalten des latenten Röntgenstrahlenbildes.

Die Entwicklung des latenten Lichtbildes durch Licht in Gegenwart eines Sensibilisators gelingt in der angegebenen Weise, d. h. nach einer für die Herstellung eines gewöhnlichen Negatives genügenden Vorbelichtung nur bei Emulsionen ganz bestimmten Reifungsgrades. Gewöhnliche hochempfindliche Negativplatten gaben das interessante Phänomen nur dann, wenn sie bis hart an die Grenze der direkt sichtbaren photochemischen Veränderung vorbelichtet waren. Da nun der Luther-Ushkoffsche Versuch der Entwicklung des latenten Röntgenstrahlenbildes auch bei einer großen Anzahl von hochempfindlichen Plattensorten völlig versagt hatte, so lag der Gedanke nahe, auch hierbei verhältnismäßig lange Expositionen zu versuchen. In der Tat erhielt ich dann bei den meisten Plattenmarken des Handels ein durch Licht entwickelbares latentes X-Strahlenbild. Bei derartig vorbestrahlten Schichten färbten sich auch die von den Röntgenstrahlen getroffenen Stellen unter Silberzitratlösung im Lichte dunkler, aber bei der Behandlung im Lichte entstand nicht etwa ein Positiv, sondern ein Negativ. Dieses Resultat scheint gegen die Zerstäubungstheorie zu sprechen. Indessen ist der Widerspruch nur ein scheinbarer. Wie wir oben sahen, tritt gleichzeitig mit der physikalischen Veränderung des Bromsilberkornes durch die Röntgenstrahlen auch die photochemische Bromabspaltung ein. Das Korn der

gereiften Emulsionen mag nun allerdings viel weniger Neigung zur Zerstäubung haben als das bestimmter niedriger Reifungsstadien, bei der langen Bestrahlung mit Röntgenlicht tritt aber eine erhebliche Bromabspaltung ein. Diese starke Bromabspaltung bzw. Silberkeimbildung wirkt nun bei der Belichtung unter dem Sensibilisator genau wie die Bromabspaltung durch gewöhnliches Licht (wenn auch in vorläufig noch unaufgeklärter Weise), es bildet sich also auch ein Negativ. Wir werden weiter unten sehen, daß auch bei der Hervorrufung mit gewöhnlichen Entwicklern ähnliche Komplikationen eintreten, die ebenfalls daraus resultieren, daß neben der physikalischen Veränderung des Bromsilbers durch die Röntgenstrahlen ja auch die Bromabspaltung eintritt. Auch eine andere Erscheinung könnte man noch gegen meine Zerstäubungshypothese geltend machen. Zahlreiche hochempfindliche Platten des Handels geben das ursprüngliche Luther - Uschkoffsche Phänomen auch nur dann, wenn sie weit über das normale Maß hinaus mit Röntgenstrahlen behandelt werden. Die von den X-Strahlen getroffenen Stellen werden dann dunkel, bleiben aber auch bei der Behandlung mit oxydierenden Agenzien dunkel, d. h. sie geben ein Negativ. Auch diese Erscheinung läßt sich deuten, ohne daß die Zerstäubungshypothese dadurch gestürzt würde. Die Photohaloide sind nur unterhalb einer bestimmten Korngröße bzw. bei einem bestimmten Bau des Gelgerüsts nicht mehr widerstandsfähig gegen die Oxydationsmittel. Bei jenen Platten kann infolge der allerdings verhältnismäßig wohl schwachen zerstäubenden Wirkung zwar ein gegen die direkte photochemische Veränderung empfindliches Bromsilber entstanden sein, das gebildete Photobromid hatte aber nicht denjenigen Grad von Feinheit, der zur Zerstörung dieser Adsorptionsverbindung durch Oxydationsmittel erforderlich ist.

Meine Theorie, daß bei der Wirkung der Röntgenstrahlen auf die photographische Platte eine physikalische Veränderung des Kornes neben der photochemischen Bromabspaltung eintritt, erfährt nun indirekt eine wichtige Stütze durch eine Untersuchung, die ich über den sogen. Clayden-Effekt anstellte, und die wegen ihres engen Zusammenhanges mit dem Thema dieses Buches hier mit aufgenommen werden möge.

Im Jahre 1899 beobachtete A. W. Clayden¹⁾ bei photographischen Aufnahmen des Blitzes, daß oft einzelne Seitenäste der hellen Blitzstrahlen scheinbar „schwarz“ waren, indem das Negativ diese Äste hell statt dunkel wiedergab. Man bezeichnet seitdem diese inzwischen mehrfach wieder beobachteten und diskutierten Erscheinungen als „schwarze Blitze“ oder „Clayden-Effekt“.

Man suchte die Erklärung des seltsamen Phänomens zuerst in der Solarisation, doch zeigten die Versuche von R. W. Wood in Wisconsin²⁾, daß man es bei dem Clayden-Effekt in keiner Weise mit einer Überexposition, sondern im Gegenteil mit außerordentlich kurzen Belichtungen zu tun hat. Wood erhielt die schwarzen Blitze auch bei elektrischen Entladungen und selbst mit Bogenlicht, wenn er durch sinnreich konstruierte, schnell rotierende Sektoren eine künstliche Lichtlinie schaffte, die stets nur einen außerordentlich kurzen Moment [$\frac{1}{50000}$ Sekunde]³⁾ aufleuchtete. Wurden nach einer derartig kurzen Belichtung die Platten dem

1) Eders „Jahrbuch“ 1900, S. 532.

2) „Nature“, Bd. XLI; zitiert nach Eders „Jahrbuch“ 1901, S. 610.

3) In einer späteren Abhandlung („The Astrophysical Journ.“ 1903, Bd. XVII, S. 361), auf die ich noch später zurückkomme, gibt Wood an, daß schon Lichtstöße von $\frac{1}{1000}$ Sekunde an den Beginn der Umkehrung erkennen lassen.

diffusen Lichte einen kurzen Moment ausgesetzt, so entstanden bei der Entwicklung des Negatives jedesmal die Funken hell auf dunklem Grunde. Das heißt, daß durch die kurze Vorbelichtung die Platte weniger empfindlich für Licht geworden ist. „So ist (nach Eder) nicht bloß eine Erklärung der so rätselhaften dunklen Blitze gefunden, sondern es ist auch ein für die Theorie des latenten Bildes höchst merkwürdiges neues, den Photographen angeheudes Ergebnis gewonnen, welches etwa so anzusprechen ist: Die erste Belichtung macht eine Trockenplatte unempfindlich. Diese Wirkung dauert nur den sehr kleinen Zeitraum von $\frac{1}{50000}$ Sekunde hindurch. Von hier an nimmt bei weiterer Belichtung die Intensität des latenten Bildes zu und steigt kontinuierlich an, bis die auch sonst schon bekannte, durch Überbelichtung eintretende periodische Ab- und Zunahme derselben beginnt¹⁾“. „Sollte“, schrieb ferner damals Eder²⁾, „diese Beobachtung von anderen Forschern bestätigt werden, so würden wir am Anfang eines ganz neuen Kapitels der photographischen Wirkung des Lichtes stehen.“

Die Erscheinung selbst ist inzwischen mehrfach bestätigt worden, nicht nur bei Beobachtungen über den natürlichen Blitz³⁾, sondern auch bei anderen ähnlich intensiven, aber kurz dauernden Lichtquellen. So berichtet F. H. Glew in London in einer Abhandlung „Anwendung

1) Eders „Jahrbuch“ 1901, S. 610.

2) Eders „Jahrbuch“ 1900, S. 532.

3) Siehe z. B. B. Walter, „Ann. d. Physik“ 1908, IV. Folge, Bd. XXVII, S. 93; Walter, „Über die Entstehungsweise des Blitzes“, „Jahrb. d. Hamb. wiss. Anstalten“ 1903, Bd. XX, S. 28; „Photogr. Zentralbl.“, Jahrg. VIII, Heft 18, S. 397. Sehr schöne schwarze Blitze zeigt auch eine nächtliche Gewitteraufnahme von Eder in Kitzbühel vom August 1907, die der Autor die Liebenswürdigkeit hatte, mir zu dedizieren.

von drahtlosen elektrischen Wellen zur Inbetriebsetzung photographischer Apparate und zu Blitzaufnahmen bei Tageslicht“¹⁾ über Versuche, die jene von Wood bestätigen. Glew bemühte sich auch vergeblich, den eigentümlichen Umkehrungseffekt mit „gewöhnlichem“ Lichte zu erzielen und schließt daher: „Möglicherweise beruht diese Eigentümlichkeit auf elektrischen Entladungen oder anderen Begleiterscheinungen des Blitzes und ist ganz verschieden von der gewöhnlichen photographischen Arbeit.“ Als besonders interessant möchte ich noch registrieren, daß Walter²⁾ unter Anwendung des Clayden-Effektes sogar photographische Aufnahmen von Gegenständen als direkte Positive erzielte. „Man hat zu diesem Zwecke die Aufnahmen in einem völlig verdunkelten Zimmer vorzunehmen und die aufzunehmenden Gegenstände nur mit einem einzigen, möglichst großen Funken einer großen Leidener Flasche zu belichten, worauf schließlich die aus der Kassette genommene Platte wieder einer kurzen Nachbelichtung zu unterwerfen ist.“ (Walter, a. a. O.)

Da man anfänglich den Clayden-Effekt nur bei elektrischen Funken erhalten hatte, versuchte Wood, das Licht der elektrischen Funken spektral zu zerlegen. Die Umkehrung zeigte sich aber in allen Spektralteilen gleichmäßig, so daß man also nicht besondere, im Lichte des elektrischen Funkens etwa enthaltene Strahlen als wirksam dabei annehmen konnte. Als ausschlaggebender Faktor für den Clayden-Effekt stellte sich immer wieder heraus, daß die Belichtung außerordentlich kurz sein und eine diffuse Nachbelichtung (nicht Vorbelichtung!) erfolgen mußte, eine Bestätigung der schon von Clayden bei seinen Blitzaufnahmen ge-

1) „The Photographic Journal“, Bd. XXIII, S. 179, zitiert nach Eders „Jahrbuch“ 1900, S. 354.

2) „Photogr. Zentralbl.“, Jahrg. VIII, Heft 18, S. 396.

wonnenen Erfahrung, daß nicht die diffuse Beleuchtung beim Abwarten des Blitzes die Umkehrung zum „schwarzen Blitz“ hervorruft, sondern „daß derselbe Betrag Himmelschleier nach dem Auftreten des Blitzes diesen umkehrt“. Übrigens ist in der Praxis der Blitzphotographie, wie Walter l. c. ausführt, der Clayden-Effekt als ein großer Übelstand zu bezeichnen, da nicht immer schwarze Blitze entstehen, sondern manchmal der auf der Platte glücklich eingefangene Blitz durch die diffuse Nachbelichtung eines anderen stärkeren einfach verwischt wird.

Eine annehmbare Erklärung des Zustandekommens des Clayden-Effektes war bisher nicht gegeben worden. Zwar hat Precht¹⁾ eine Deutung des Phänomens in folgender Weise versucht:

„Was die photographische Erklärung der Umkehrung betrifft, die Wood nicht versucht, so erscheint es am einfachsten, anzunehmen, daß ein Lichtstoß — so sei eine außerordentlich kurze Zeit dauernde Belichtung bezeichnet — an der getroffenen Bromsilberstelle explosionsartig eine kleine Menge freies Brom liefert, welche die Empfindlichkeit und Entwickelbarkeit der betreffenden Stelle aufhebt oder stark vermindert. Nach neueren Versuchen (die inzwischen allerdings wohl allgemein als falsch und schlecht gedeutet anerkannt sind; Anmerkung des Verfassers)²⁾ verwandelt das Brom die zunächst gelegene Gelatine in eine gegerbte, für Flüssigkeiten fast

1) „Archiv f. wiss. Photogr.“ 1900, Bd. II, S. 121.

2) Über die sogen. „Gerbungstheorie der Solarisation“ vergl. Lüppe-Cramer, „Wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Photographie“, S. 44, Halle a. S. 1902; Eder, „Photochemie“, S. 308, Halle a. S. 1906; E. W. Büchner, „Photogr. Korresp.“ 1904, S. 234; Weiß, „Zeitschr. f. physik. Chemie“ 1906, Bd. LIV, S. 334 ff. Auch Walter, „Annalen der Physik“, IV. Folge, Bd. XXVII, S. 97, hält auf Grund seiner Versuche die Gerbungs-„Theorie“ für nicht annehmbar.

undurchlässige Haut. Das bei der relativ so außerordentlich viel länger dauernden Nachbelichtung entstehende Brom hat Zeit, sich durch größere Gelatinemassen zu verbreiten, so daß hier die ganze Dicke der Schicht nur eine unbedeutende Änderung erfährt und entwickelbar bleibt, während die durch den Lichtstoß affizierten Teile nicht mehr entwickelbar sind.“ Precht fügt diesem Zusatze in seinem Referate über die Abhandlung Woods den Nachsatz hinzu: „Eine eingehende experimentelle Prüfung der vorliegenden Erscheinung bleibt erforderlich“, so daß eine besondere Diskussion jener seiner gerbungstheoretischen Meinung wohl unterbleiben kann, zumal nach dem Worte Spinozas: „Est enim verum index sui et falsi.“

Verschiedene Überlegungen weckten in mir die Vermutung, daß beim Clayden-Effekt vielleicht eine ähnliche Wirkung auf das Bromsilber vorliegen könne, wie bei den Röntgenstrahlen. Ich habe oben ausgeführt, daß bei Einwirkung von Röntgenstrahlen auf das Bromsilber neben der Bromabspaltung eine physikalische Veränderung eintritt, die ich als Zerstäubung gedeutet habe. Nun haben die außerordentlich kurzen elektrischen Entladungen, die beim Clayden-Effekt eine so eigenartige Wirkung auf das Bromsilber ausüben, immerhin eine gewisse Ähnlichkeit mit der Energieart, welche man den Röntgenstrahlen zuschreibt, die man als ganz plötzliche explosionsartige Ätherstöße auffaßt. In der Tat bestätigen meine Versuche die Vermutung einer gewissen Wesensgleichheit der Wirkungen einerseits der X-Strahlen, andererseits der kurzen intensiven Belichtungen beim Clayden-Effekt in überraschender Weise. Elektrische Entladungen geben durchweg dieselben Erscheinungen, die mich bei der Untersuchung des latenten Röntgenstrahlenbildes auf die Annahme einer Zerstäubung des Kornes führten.

Nach den Erfahrungen über die zerstäubende Wirkung der Röntgenstrahlen benutzte ich auch für die folgenden Versuche zunächst ausschließlich die Schleußner-Diapositivplatten, welche auch hierbei die markantesten Resultate gaben. Den elektrischen Entladungen wurde die Platte bei den meisten Versuchen auf eine sehr einfache Weise ausgesetzt. Die Platten wurden teils ganz offen, teils in schwarzes Papier gepackt, auf eine Bleiplatte gelegt, die mit dem negativen Pol des Funkeninduktors in leitender Verbindung stand. Der positive Pol war eine hängende Metallspitze, die in etwa 10 cm Entfernung über der Plattenschicht in leichter Bewegung gehalten wurde, worauf der Strom $\frac{1}{2}$ bis 1 Minute eingeschaltet wurde. Es sprangen so eine größere Anzahl elektrischer Funken auf die Platte über, die man bei den erforderlichen Parallelversuchen zwar nicht einzeln identifizieren kann, die aber dadurch Vergleiche ermöglichen, daß jede Platte eine große Anzahl der Entladungen trägt, so daß Teile von den verwendeten größeren Platten (18×24 cm) eine durchaus einwandfreie Kontrolle lieferten.

Die Wirkung der elektrischen Funkenentladungen auf die erwähnten Bromsilberplatten äußert sich nun durchaus wie die der Röntgenstrahlen:

1. Am Tageslicht (d. h. ohne jegliche Anwendung chemischer Agenzien) „entwickeln“ sich die latenten Eindrücke rot auf grünlichem Grunde bis zu beträchtlicher Intensität, so daß sogar kopierfähige Abdrücke erzielt werden können.

2. Behandelt man ein derartiges, durch Tageslicht entwickeltes Bild der Entladungen mit Chromsäure, so bleicht das rot gefärbte Bromsilber der Entladungen völlig aus, der Grund bleibt grau gefärbt, d. h. wie bei meinen Untersuchungen über die Wirkung der Röntgenstrahlen entsteht im Sinne der Zerstäubungstheorie durch

die Stöße der Entladungen ein feiner zerteiltes Bromsilber, welches als solches ein feinkörniges Photobromid liefert, dessen Widerstandsfähigkeit gegen Oxydationsmittel erheblich geringer ist als die des ursprünglichen Photobromides.

3. Läßt man die mit den Entladungen versehenen Platten unter einem Sensibilisator (Nitrit oder Silberzitat) im Lichte anlaufen, bis die ganze Platte „verschleiert“, so erhält man wiederum bei der Behandlung mit Chromsäure ein „positives Bild“, d. h. die Entladungen selbst erscheinen hell auf dunklem Grunde (wie bei 2.) und umgekehrt wie bei der gleichen Behandlung eines latenten Lichtbildes.

Bei der auf diese Weise festgestellten Ähnlichkeit der Wirkungen der elektrischen Entladungen mit der der Röntgenstrahlen war es von besonderer Wichtigkeit, festzustellen, ob auch hier, wie beim Clayden-Effekt, lediglich die kurze, aber intensive Lichtwirkung der Funken, oder vielleicht eine spezielle elektrische Eigenschaft ausschlaggebend sei. Es wurde deshalb der elektrische Funke durch ein Glasrohr geleitet und die Platte außerhalb der Glasröhre der Wirkung des Funkenlichtes ausgesetzt. Auch diese Einwirkung gab bei der Belichtung im Tageslichte eine intensive Rotfärbung der Schicht. Eine direkte Kameraaufnahme ließ sich ebenfalls in der oben unter 3. beschriebenen Weise deutlich hervorrufen. Es handelt sich also bei der speziellen Wirkung der elektrischen Entladungen auf das Bromsilber, die sich im Gegensatz zu der Wirkung „gewöhnlichen“ Lichtes als Zerstäubung geltend macht, nicht um besondere elektrische Eigenheiten, sondern ganz wie beim Clayden-Effekt, nur um intensive, aber außerordentlich kurze Lichtwirkungen.

Es war nach diesen Resultaten ohne weiteres zu vermuten, daß die verwendeten Schleußner-Diapositiv-

platten auch den Clayden-Effekt in ganz besonders leichter Weise ergeben würden, zumal vor kurzem B. Walter¹⁾ die bemerkenswerte Tatsache gefunden hat, daß sich in bezug auf den Clayden-Effekt verschiedene Plattensorten ganz verschieden, ja direkt entgegengesetzt, verhalten. Auch diese meine Vermutung bestätigte sich vollkommen, und die Fig. 9 u. 10 zeigen in der Tat neben einzelnen hellen so intensiv „schwarze Blitze“, wie ich sie auf keiner anderen Platte erzielen konnte — in Übereinstimmung mit dem Befund, daß sich jene homogen-feinkörnige Emulsion auch besser als alle anderen für den Luther-Uschkoffschen Versuch eignete. Eine besondere Nachbelichtung, wie sie von den Autoren über den Clayden-Effekt verlangt wird, war bei den beschriebenen Versuchen nicht nötig; die bei der Belichtung mit den elektrischen Funken gleichzeitig (besonders bei den unverpackten Platten) eintretende diffuse Belichtung genügte, um die Platte zu verschleiern, und der Clayden-Effekt besteht ja nur darin, daß das Bromsilber, eben infolge seiner Zerstäubung in feinere Teilchen, weniger empfindlich für „gewöhnliches“ Licht geworden ist. Es besteht auch hierin eine völlige Analogie zu der Wirkung der Röntgenstrahlen, die nach Luther und Ushkoff²⁾ die Empfindlichkeit für Licht (bei nachfolgender Entwicklung) verringern (vergl. hierzu unten S. 60).

Daß in den beiden Figuren nicht alle Blitze als schwarze auftreten, ist nicht weiter verwunderlich, da bei den hellen die diffuse „Nachbelichtung“ einen höheren Betrag erreicht haben kann, so daß die Empfindlichkeitsverringering infolge der Zerstäubung kompensiert wurde. Vielleicht erklärt sich bei den kräftigen schwarzen Blitzen

1) „Ann. d. Physik“, IV. Folge, Bd. XXVII, 1908, S. 93.

2) „Physik. Zeitschr.“, 4. Jahrg., Nr. 30, S. 866 ff.

der Figuren auch der helle Kern auf diese Weise. Hierüber schreibt auch Walter ¹⁾ folgendes: „War der



Fig. 9.

Funke etwas kräftiger, so kommt es sogar häufig vor, daß die schwächer leuchtenden Randteile des Funkens

1) „Photogr. Zentralbl.“, Jahrg. VIII, Heft 18, S. 396.

— seine sogen. Aureole — umgekehrt sind, während der innere Kern desselben bei der Entwicklung in



Fig. 10.

richtiger Weise herauskommt.“ Die Erklärung des Ausbleibens des Clayden-Effektes bei zahlreichen Plattensorten ergibt sich wohl auch daraus, daß deren Korn

nur sehr wenig Neigung zeigt, zerstäubt zu werden. Die Diapositivplatten eignen sich übrigens auch aus dem Grunde besonders gut für die in Rede stehenden Versuche, weil bei ihnen infolge ihrer geringen Lichtempfindlichkeit die diffuse Belichtung nicht gleich zu stark wirkt. Auch ist daran zu erinnern, daß die gewöhnliche Solarisation bei derartig feinkörnigen Platten sehr schwer und unvollkommen eintritt¹⁾.

Für meine Zerstäubungshypothese zur Erklärung des Luther-USchkoffschen Phänomens sprach außer den bereits oben zitierten Angaben älterer Forscher über die direkt sichtbare Strukturveränderung der Silberhaloide durch Licht auch eine Beobachtung von Zehnder²⁾ bei der Wirkung von Kanalstrahlen auf die photographische Platte.

Zehnder beobachtete hier „eine starke Strukturänderung in der Bromsilberschicht, die an ein Zerfressenwerden der Schicht erinnert“. Diese Strukturänderung war nach brieflicher Mitteilung des Herrn Professor Zehnder schon vor der Entwicklung sichtbar. Während ich bei meinen Versuchen mit Röntgenstrahlen mich vergeblich bemühte, eine derartige sichtbare Strukturänderung zu sehen, zeigte sich die Erscheinung nach der Einwirkung der elektrischen Entladungen sehr deutlich. Nicht nur die starken Äste der Entladungen, sondern auch die feinsten Nebenverzweigungen waren bei orangegelbem Lichte deutlich als glänzendere Streifen zu erkennen, die sich dann am Tageslichte sehr rasch rot färbten. Wenn auch aus dem erhöhten Glanze nicht ohne weiteres auf eine Zerstäubung ge-

1) Vergl. Lüppo-Cramer, „Photographische Probleme“, S. 146, Halle a. S. 1907.

2) „Ann. d. Physik“, IV. Folge, Bd. XII, S. 413.

geschlossen werden kann, so fügt diese direkte Beobachtung einer Strukturveränderung den Wahrscheinlichkeitsgründen für die Richtigkeit der Zerstäubungstheorie auch bei der Wirkung der Röntgenstrahlen doch ein wertvolles neues Argument zu. Übrigens tritt, wie bei der Wirkung der Röntgenstrahlen, auch bei den Entladungen die Bromabspaltung anscheinend immer schon gleichzeitig mit der Zerstäubung ein, denn es konnte das latente Entladungsbild stets auch physikalisch entwickelt werden.

Auch der Clayden-Effekt beruht also zweifellos, wie Eder schon 1900 l. c. ganz richtig annahm, auf einem besonderen, für die Theorie des latenten Lichtbildes höchst wichtigen Prinzip, dessen Erkenntnis uns „an den Anfang eines ganz neuen Kapitels der photographischen Wirkung des Lichtes“ bringt. Diese bisher nur hypothetisch als möglich angenommene Wirkung des Lichtes auf die photographische Schicht beruht nach allem höchstwahrscheinlich auf einer Zerstäubung des Kornes, die allerdings bei der gewöhnlichen, gewissermaßen trägen Lichtwirkung nicht nachweisbar ist, die sich aber vielleicht auch hier doch irgendwie mit in den Vorgang einmischt.

Es wurde bereits oben ausgeführt, daß die photophysikalische Zerstäubung von Halogensilberkristallen usw. schon lange bekannt ist. Eine direkte physikalische Veränderung des Bromsilbers in den photographischen Emulsionen durch die Einwirkung des Lichtes war hingegen zwar oft als möglich vermutet, indessen niemals bewiesen worden. Sie scheint auch bei der gewöhnlichen Lichtwirkung nicht in nachweisbarem Maße stattzufinden. Dagegen fand ich, daß ultraviolettes Licht, dessen zerstäubende Wirkung auf

viele Substanzen Lenard und Wolf¹⁾ entdeckt haben, auch auf das Bromsilber der photographischen Platte eine Wirkung ausübt, die der der Röntgenstrahlen wiederum sehr ähnlich ist.

Meine ersten Versuche in dieser Richtung stellte ich mit der von der Firma Zeiß konstruierten mikrographischen Einrichtung für ultraviolettes Licht an. Unter Anwendung eines Induktoriums und mehrerer Leidener Flaschen werden hier zwischen Kadmiumelektroden Funken erzeugt, die ultraviolettes Licht nur von der Wellenlänge $0,275 \mu$ aussenden. Diesem an sich unsichtbaren Lichte, das man aber auf fluoreszierenden Schirmen, ähnlich wie das Röntgen-„Licht“, sichtbar werden lassen kann, wurden bei völliger Verfinsterung des Raumes Schleußner-Diapositivplatten in einer Entfernung von 1 m von den Kadmiumelektroden 3 Minuten lang ausgesetzt. Bei der Betrachtung im Tageslichte zeigte sich, daß schon ohne weiteren Zutritt von Licht die von dem ultravioletten Lichte getroffenen Stellen der Platte dieselbe ausgesprochene rote Farbe angenommen hatten, wie sie das latente Röntgenstrahlenbild auf der genannten Plattensorte beim Anlaufen im Tageslichte ergibt. Bei weiterer Bestrahlung mit Tageslicht wurde die Rotfärbung noch intensiver, und wenn die Platte alsdann in Chromsäurelösung gebadet wurde, so bleichte wieder das rote Photobromid aus, während die nur vom Tageslichte getroffenen Stellen ihre Färbung beibehielten. Die Wirkung des ultravioletten Lichtes in der beschriebenen Versuchsanordnung ist also offenbar

1) Eine kurze und außerordentlich anziehend geschriebene Zusammenfassung der schönen Untersuchungen von Lenard findet man in der Nobel-Vorlesung dieses Forschers: „Über Kathodenstrahlen“, Leipzig 1906; vergl. auch I. Stark, „Das Wesen der Kathoden- und Röntgenstrahlen“, Leipzig 1904.

eine ganz ähnliche, wie die der Röntgenstrahlen und der elektrischen Entladungen und kurzer, intensiver Lichtstöße. Nun ist ja auch die Lichtquelle bei dem Zeißschen Instrumentarium eine ebenso intermittierende, wie sie von Wood a. a. O. bei seinen Versuchen über den Clayden-Effekt verwendet wurde, und da schon Wood gefunden hatte, daß die Wellenlänge des Lichtes bei den kurzen, intensiven Lichtstößen nicht von ausschlaggebender Bedeutung ist (vergl. im übrigen weiter unten S. 56), so stellt der Versuch mit dem Instrumentarium für die Mikrophotographie mit ultraviolettem Lichte nur eine Komplikation der wirkenden Energie dar, die bei den folgenden Versuchen vermieden wurde.

Schon Zehnder hatte in seiner zitierten Arbeit angegeben, daß photographische Auskopierpapiere, also Chlorsilberschichten, wenn sie zuerst von kurzwelligem (ultraviolettem) Lichte, von Kathoden-, Kanal-, Röntgen- oder Radiumstrahlen bestrahlt waren, dann eine geringere Empfindlichkeit gegen Tageslicht zeigten, indem die von jenen Strahlengattungen nicht getroffenen Stellen der Schicht sich am Lichte dunkler färbten, als die vorher bestrahlten.

Die von Zehnder bei Chlorsilberschichten beobachtete Empfindlichkeitsverringering durch Bestrahlung mit ultraviolettem Lichte (bei direktem Anlaufen im Lichte, d. h. ohne jegliche Anwendung eines Entwicklers!) konnte ich auch bei Bromsilberemulsion mit Leichtigkeit nachweisen. Nach Eders Untersuchungen¹⁾ gehört von dem für die gewöhnliche photographische Platte wirksamen Lichte des brennenden Magnesiums 70 Prozent dem Ultraviolett an. Durch Vorschaltung des Woodschen

1) Internat. Kongr. f. angew. Chemie, Berlin 1903; „Berichte“, Bd. IV, S. 340; Eder und Valenta, „Beitr. z. Photochemie u. Spektralanalyse“, Bd. II, S. 161, Wien und Halle a. S. 1904; Eders „Jahrb. f. Photogr.“ 1904, S. 356.

Filters von Nitrosodimethylanilin¹⁾ kann man den blauviolettten Anteil des Magnesiumlichtes fast völlig ausschalten. Derartige Lichtfilter stellte ich mir her, indem ich abziehbare Trockenplatten ausfixierte, nach dem Auswaschen in einer gesättigten, wässrigen Lösung von Nitrosodimethylanilin badete und nach dem Trocknen vom Glase, das bekanntlich sehr viel Ultraviolett absorbiert, abzog. Zwei oder drei derartige Gelatineschichten übereinander genügten, um die Eigenwirkung der ultravioletten Strahlen des Magnesiumlichtes auf die Bromsilberplatte (wie oben begründet, wieder Diapositiv Schleußner) hervortreten zu lassen. Wurden die Platten unter Schablonen und dem Woodschen Filter relativ kurz bestrahlt, so zeigte sich bei nachfolgender längerer Belichtung im Tageslichte, daß die vor dem ultravioletten Lichte geschützten Plattenteile sich dunkler färbten, als die von den kurzwelligen Strahlen getroffenen Stellen. Eine besonders ausgeprägte Färbung, wie sie die Röntgenstrahlen ergaben, trat hierbei allerdings nicht ein.

Besonders auffallend zeigte sich die Wirkung des ultravioletten Lichtes in folgendem Versuch. Die Platten wurden unter dem Woodschen Filter durch Abbrennen von 3 g Magnesium in feinem Bande so weit bestrahlt, bis sich das Bild deutlich direkt sichtbar zeigte. Es entstand so natürlich ein Negativ. Wurde dieses nun ins Tageslicht gelegt, so verschwand nach einiger Zeit das Bild, um sich dann langsam umzukehren. Nach mehreren Stunden Belichtung wurden so sehr deutliche Positive erhalten. Das Woodsche Filter ist bei diesen Versuchen unerläßlich, denn wenn unter sonst gleichen Bedingungen, aber ohne Filter, die Bestrahlung mit Magnesiumlicht bis zu annähernd gleicher direkter

1) „Astrophysical Journal“ 1903, Bd. XVII, S. 133.

Schwärzung der Schicht erfolgte, so kehrte sich das Bild im Tageslichte nicht um, sondern blieb ein Negativ, ebenso wie es bei einer Vorbestrahlung mit gewöhnlichem weißen Lichte der Fall ist. Eine Differenzierung des an sich schwachen Bildes bei der Behandlung mit Chromsäure konnte ich zwar nicht erkennen, doch glaube ich in Analogie zu den Resultaten mit den anderen Strahlenarten annehmen zu dürfen, daß auch das nicht intermittierende ultraviolette Licht eine, wenn auch schwächere, so doch im Prinzip ähnliche Wirkung ausübt, wie die Röntgenstrahlen und die kurzen Lichtstöße der natürlichen und künstlichen elektrischen Entladungen.

Auch Radiumstrahlen wirken auf Bromsilbergelatine ganz wie die Röntgenstrahlen, was bei der nahen Verwandtschaft dieser Energiearten ja voraussetzen war. Wird doch von den Radiumforschern der eine, durch den Magneten nicht ablenkbare Teil der komplizierten Radiumstrahlung, die sogen. γ -Strahlen, zumeist für identisch mit der Röntgenstrahlung gehalten¹⁾. Neuere Forschungen von Starke²⁾ u. a. haben allerdings gewichtige Einwände gegen die bisher geltende Annahme einer Identität der Röntgen- und der γ -Strahlen ergeben.

Ich habe für diese Versuche ein relativ schwaches Radium-Bariumkarbonatpräparat (bezogen von der Chininfabrik in Braunschweig) benutzt, welches die Erscheinungen bei genügend langer Bestrahlung sehr gut zeigte. Das Präparat wurde direkt auf die in doppelter Lage

1) Vergl. A. Righi, „Die moderne Theorie der physikalischen Erscheinungen“, S. 79 ff., Leipzig 1908; L. Grätz, „Die Elektrizität“, S. 318, Stuttgart 1907; Eder, „Photochemie“, S. 462, Halle a. S. 1906; O. N. Witt, Eders „Jahrb. f. Photogr.“ 1904, S. 363.

2) Greinacher, „Die neueren Fortschritte auf dem Gebiete der Radioaktivität“, S. 19 und 20, Braunschweig 1908.

schwarzes Papier gewickelte Platte (Schleußner-Diapositiv) gelegt. Nach 48 Stunden langem Liegen ließ sich chemisch wie auch physikalisch ein intensiv geschwärzter Abdruck des Radiumpulvers entwickeln. Wurde nach gleich langer Bestrahlung die Platte ins Tageslicht gelegt, so zeigte sich, ganz wie es schon Zehnder bei Chlorsilber beobachtete, daß die von den Radiumstrahlen getroffenen Stellen der Schicht sich weniger stark dunkel färbten. Nach 3 bis 4 Tage lang dauernder Bestrahlung ergab sich indessen dieselbe Erscheinung, wie bei der Einwirkung der Röntgenstrahlen: Der Radiumfleck färbte sich im Lichte intensiv rot und bei der Behandlung mit Chromsäure bleichte wieder der Radiumfleck aus, während die nur vom Tageslicht getroffenen Stellen der Platte grau blieben.

Es sei hier nebenbei erwähnt, daß die Entwicklung der latenten Bilder der Röntgenstrahlen usw. durch Licht sich sehr gut zu einem hübschen Vorlesungsversuch eignet, wie ich in einem Vortrage vor der Chemischen Gesellschaft und dem Physikalischen Verein zu Frankfurt a. M. am 7. November 1908 demonstrierte. In dem Zeißschen Epi-diaskop liefen jene latenten Bilder in 1 bis 2 Minuten zu beträchtlicher Intensität an, so daß die Entstehung der Farben am Projektionsschirm von einem großen Auditorium direkt beobachtet werden konnte.

Während über die direkte Veränderung der latenten Eindrücke der verschiedenen Energiearten durch nachfolgende Belichtung nur die sehr kurz gefaßten Notizen von Zehnder über Chlorsilberschichten sowie die Beobachtungen von Luther und Uschkoff über die Entwickelbarkeit des latenten Röntgenstrahlenbildes durch Licht vorliegen, existieren über die analogen Vorgänge bei Einschaltung des gewöhnlichen Entwicklungsprozesses erheblich eingehendere Unter-

suchungen in der Literatur. Dabei kennzeichnet es die außerordentliche Zersplitterung der wissenschaftlichen Arbeit auf diesem Gebiete, daß die Forscher gleichzeitig oder kurz nacheinander ihre Untersuchungen anstellten, ohne daß der eine etwas vom andern wußte. Soviel ich eruieren konnte, ist M. P. Villard in Paris der erste, der sich mit den vorliegenden Fragen befaßte; seine Arbeiten stammen aus den Jahren 1899 und 1900¹⁾. Villards sämtliche Versuche über die aufeinanderfolgende Wirkung von Röntgenstrahlen und Licht beziehen sich auf eine Versuchsanordnung, bei der nachher in gewöhnlicher Weise entwickelt wurde, was ich deswegen ausdrücklich besonders betone, weil aus verschiedenen Referaten jener interessanten Arbeiten dieser Punkt nicht mit Sicherheit zu entnehmen ist. Villard stellt seinen ersten Abhandlungen über die X-Strahlen in der Photographie eine Einleitung voran, aus der hervorgeht, daß er in der scheinbar antagonistischen Wirkung von Licht und Röntgenstrahlen eine Art Herschel-Effekt erblickt. Als Herschel-Effekt möchte ich der Kürze halber und in Übereinstimmung mit Trivelli²⁾ die schon 1839 von Herschel beobachtete Erscheinung bezeichnen, daß einige spektral verschiedene Lichtarten die Wirkung anderer (die roten und gelben Strahlen die der blauvioletten) aufheben. Das Phänomen ist später eingehend von Abney studiert worden, ich selbst habe vor Jahren historische Notizen darüber zusammengestellt³⁾ und komme später noch auf

1) M. P. Villard, „Les Rayons X et la Photographie, Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale“, Paris 1900; ferner Villard, „Le Role des diverses Radiations en Photographie“, Paris, bei Gauthier-Villars, 1899, und Villard „Les Actions Chimiques des diverses Radiations“, Paris 1900

2) „Zeitschr. f. wiss. Photogr.“ 1908, Bd. VI, S. 200.

3) „Photogr. Korresp.“ 1902, S. 134 ff.

die Deutung des Herschel-Effektes zurück. Villard beobachtete in einer Reihe schöner Versuche, daß die Wirkung der Röntgenstrahlen von der des Lichtes auf die photographische Platte sehr verschieden ist. Er erhielt bei der aufeinanderfolgenden Wirkung von Röntgenstrahlen und Licht (bei nachfolgender Entwicklung!) eine Umkehrung vom Negativ ins Positiv. Wenn auch, wie schon Precht in einem Referate über die Arbeiten Villards¹⁾ bemerkt, ein Teil der von Villard beschriebenen Phänomene dem Gebiete der gewöhnlichen oder auch etwas modifizierten Solarisation angehört, so zeigt sich die von Villard beschriebene Umkehrung des Röntgenbildes durch Licht doch auch bei Versuchen, die bei der Kürze der Nachbelichtung Solarisation anzunehmen nicht gestatten. Durch eigene Versuche habe ich mich überdies davon überzeugt, daß die Villardsche Umkehrung in einigen Fällen sicher nichts mit Solarisation zu tun hat. Ich habe für diese Versuche wieder die mehrfach mit besonderem Erfolg verwendete Schleußner-Diapositivplatte benutzt, die an sich überhaupt kaum zu einer regelrechten Solarisation zu bringen ist und die die von Villard beschriebene Umkehrung offenbar wieder aus demselben Grunde so leicht gibt, wie sie das Luther-USchkoffsche Phänomen und den Clayden-Effekt zeigt. Die Villardsche „Umkehrung“, die er selbst für gleichartig mit dem Herschel-Effekt hält, ist in allen Fällen, wo der Forscher nicht mit sehr langen Expositionen arbeitet, offenbar in einer anderen Wirkung der Röntgenstrahlen begründet, die Luther und Uschkoff ganz richtig als eine die Empfindlichkeit gegen Licht verringemde gedeutet haben und die aus meiner Zerstäubungshypothese ungezwungen zu erklären ist.

1) „Archiv f. wiss. Photogr.“, Bd. I, S. 209.

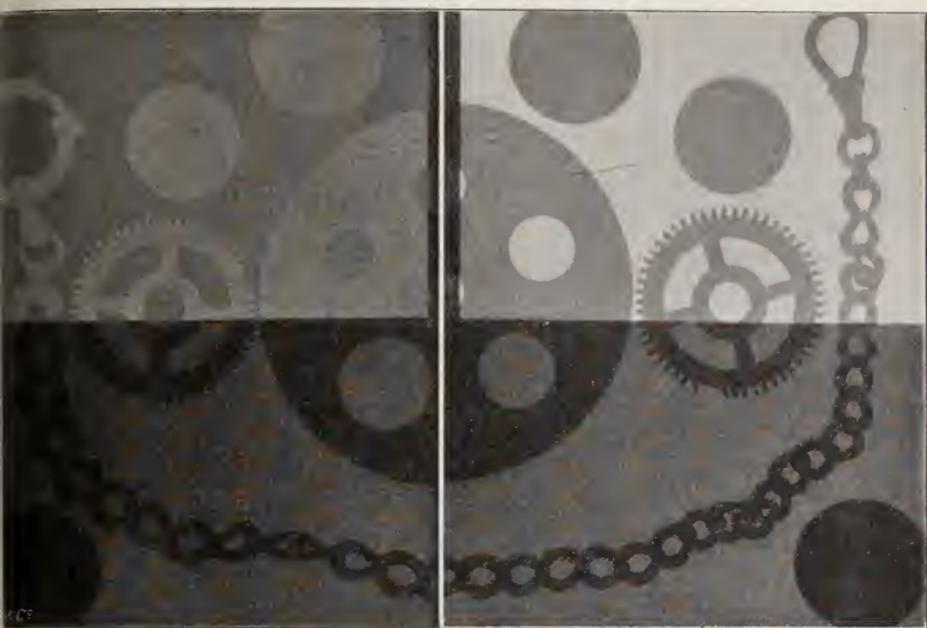


Fig. 11.

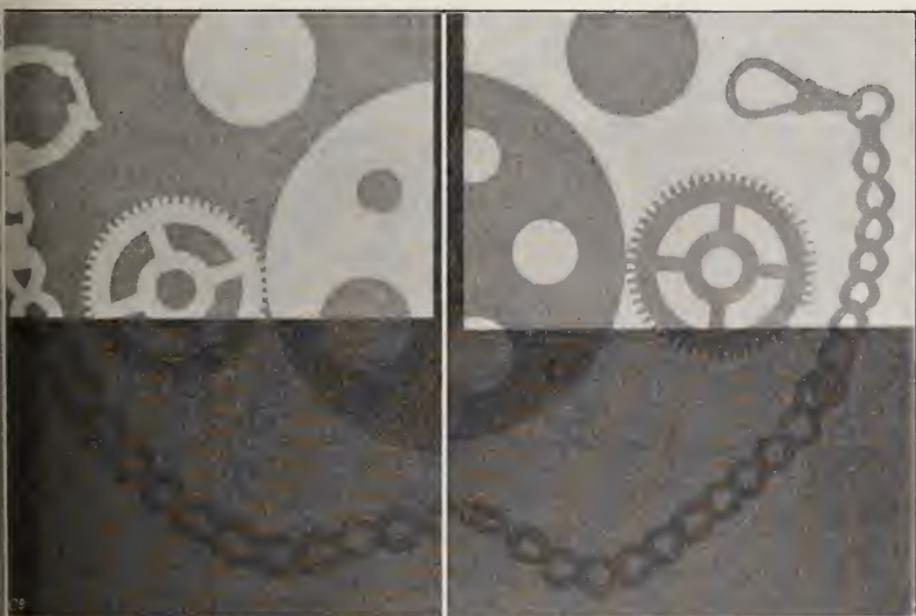


Fig. 12.

Die vorstehenden Bilder der Fig. 11 erläutern diese Verhältnisse. Die Bilder sind die Kontaktkopien der Originalplatten, so daß man sich die Positive ins Negativ übersetzt vorstellen muß, um die Aufnahme zu deuten. Die untere Hälfte der beiden Platten ist mit Röntgenstrahlen belichtet worden, und zwar, wie aus der starken Schwärzung der Kopie zu ersehen ist, kürzer, als für die normale Bildgebung nötig. Die oberen beiden Hälften wurden außer der Behandlung mit X-Strahlen dem Lichte einer Normallampe stets genau gleich lange ausgesetzt; hierbei gelangte diejenige Lichtmenge zur Wirkung, wie sie annähernd zur Herstellung eines genügend sich im Entwickler schwärzenden, gewöhnlichen Bildes erforderlich ist. Von Solarisation kann also hierbei durchaus nicht die Rede sein. Die oberen beiden Bildhälften unterscheiden sich nun in der Behandlung dadurch, daß die linke zuerst den Röntgenstrahlen und dann dem Lichte ausgesetzt wurde, während bei der rechten Hälfte die Reihenfolge umgekehrt war. Die Summe von Licht + Röntgenstrahlen ist aber die gleiche. Da die Röntgenstrahlenmenge nicht so leicht genau zu dosieren ist, wie die der Normallampe, wurden die beiden Platten den Röntgenstrahlen gleichzeitig ausgesetzt; die Bestrahlung mit gewöhnlichem Lichte erfolgte also bei der linken Platte nachher, bei der rechten vorher. Bei der rechten Bildhälfte haben sich die Wirkungen von Licht und Röntgenstrahlen addiert, bei der linken Hälfte, wo die X-Strahlen die Empfindlichkeit des Bromsilbers gegen Licht zunächst verringerten, kehrte sich das Negativ ins Positiv um, die infolge der aufliegenden Metallteile vor den Röntgenstrahlen geschützten Bildstellen sind im Negativ dunkler als die von den Röntgenstrahlen getroffenen Teile; es ergibt sich also in der vorliegenden positiven Kopie eine Dunkelfärbung der von den X-Strahlen affizierten Stellen, also dasselbe Phänomen,

wie beim Clayden-Effekt. Es zeigten diese Versuche, daß auch die Villardsche Umkehrung, wenigstens unter den beschriebenen Verhältnissen, nichts weiter als die Folge einer Empfindlichkeitsverringerung des Bromsilbers durch die Röntgenstrahlen darstellt.

Bei diesen Versuchen, die ich an vielen Dutzenden von Platten wiederholte, habe ich des öfteren eine Beobachtung gemacht, die mir zuerst ganz unglaublich schien, die sich aber bei sorgfältiger Versuchsanordnung so oft wiederholte, daß ich nicht zögere, sie hier mitzuteilen. Das Phänomen ist in Fig. 12 dargestellt. Hier sehen wir in der linken Bildhälfte nicht nur die Umkehrung des Negatives ins Positiv (auf das den beigegebenen Kopien zugrunde liegende Negativ bezogen), sondern die unter den Metallteilen liegenden Stellen, die also „eigentlich“ keine Röntgenstrahlen, sondern überhaupt nur die gleiche Menge Licht erhielten, sind in ihrer absoluten Schwärzung außerordentlich stark verschieden. Es muß also eine Strahlung die Metallteile passiert haben und diese muß eine prinzipiell andere Wirkung auf die Empfindlichkeit des Bromsilbers ausgeübt haben als die ursprünglichen Röntgenstrahlen.

Dieses Phänomen bedarf noch einer weiteren Untersuchung, da es die Deutung der ganzen Vorgänge außerordentlich kompliziert. Dabei ist zu beachten, daß die Röntgenstrahlen selbst nicht etwa als solche die Metallteile passierten, da auf den nur von den X-Strahlen getroffenen Bildhälften die Stellen unter den Metallteilen bei der Entwicklung völlig intakt blieben. Vielmehr ist anzunehmen, daß die Sekundärstrahlen die Empfindlichkeit des Bromsilbers für Licht zu erhöhen vermögen, unter Bedingungen, die gewiß von dem Härtegrade der Röntgenröhren und den genau angepaßten Dosierungen der Strahlenmenge abhängen. Es mögen hier die noch

wenig erforschten Eigenschaften der Sekundärstrahlen¹⁾ eine Rolle spielen, über die zu urteilen außerhalb meiner Kompetenz liegt.

Ohne Kenntnis von den Villardschen Arbeiten hat im Mai 1903 R. W. Wood in Baltimore²⁾ eine Reihe interessanter Untersuchungen über verschiedene Umkehrungserscheinungen veröffentlicht, die von seinen Arbeiten über den Clayden-Effekt ihren Ausgang nahmen. Hiervon ist zunächst besonders hervorzuheben, daß Wood versuchte, die zur „Umkehrung“ beim Clayden-Effekt erforderliche Nachbelichtung auch durch Röntgenstrahlen und ultraviolettes Licht zu erzielen. Mit ultraviolettem Lichte gelang ihm dieses nur dann, wenn er das intermittierende ultraviolette Licht, wie es durch elektrische Entladungen zwischen Kadmiumelektroden³⁾ erhalten wird und das ja aus „lightshocks“ bestand, nicht in geringer Entfernung wirken ließ, sondern wenn er durch Vergrößerung der Entfernung von den Elektroden die Bedingung einer längeren, aber dafür weniger intensiven Nachbelichtung schaffte. Mit Röntgenstrahlen erhielt Wood jedoch auch dann die Umkehrung seiner „lightshocks“ nicht, wenn er bei großer Entfernung der Röntgenröhre die Intensität der Strahlung verminderte. Ja, er hebt als ganz besonders merkwürdig hervor, daß nach einer kurzen Nachbelichtung mit X-Strahlen seine Funkenbilder auch die Fähigkeit verloren, durch Kerzenlicht umgekehrt zu werden, während andererseits das latente Röntgenstrahlenbild für sich durch Licht umgekehrt wurde. Wood ver-

1) Vergl. B. Walter, „Über das Röntgensche Absorptionsgesetz und seine Erklärung“, „Fortschr. a. d. Gebiete d. Röntgenstr.“ 1905, Bd. VIII, S. 297; ferner „Ann. d. Physik“ 1905, IV. Folge, Bd. 17, S. 561.

2) „Astrophysical Journal“ 1903, Bd. XVII, S. 361.

3) Vergl. meine Untersuchungen oben, S. 54.

suchte auch die gleichzeitige Wirkung von Licht und Röntgenstrahlen und fand schon, daß die X-Strahlen die Wirkung des Lichtes verhindern. Er deutet also die von Villard zuerst beobachtete, aber von diesem als Herschel-Effekt aufgefaßte Erscheinung bereits in ähnlicher Weise wie später Luther und Uschkoff als Empfindlichkeitsverringering. Wood erwähnt auch schon, daß die Wirkung der Becquerel-Strahlen durch Lampenlicht umgekehrt werden könne. Es sei nebenbei erwähnt, daß die schöne Arbeit Woods mit instruktiven Illustrationen dieser Vorgänge ausgestattet ist.

Diskutieren wir die Befunde Woods, so lassen sie sich mit meiner Zerstäubungstheorie unschwer in Einklang bringen. Da nach meinen Untersuchungen die Wirkung der kurzen, aber intensiven Lichtwirkungen beim Clayden-Effekt, andererseits der Röntgenstrahlen und des ultravioletten Lichtes in ihrer zerstäubenden Wirkung auf das Bromsilber zweifellos sehr nahe verwandt sind, so können diese Energiearten sich in ihrer Wirkung auf das Bromsilber summieren, die Röntgenstrahlen und das ultraviolette Licht kehren also nicht immer, wie das gewöhnliche Licht, die Wirkung der Entladungen um. Wenn erst der Clayden-Effekt, dann Röntgenstrahlen zur Wirkung gelangen, so addiert sich wieder die zerstäubende Wirkung, die Empfindlichkeit des Bromsilbers wird weiter verringert, andererseits tritt aber auch, wie ich oben S. 41 ausführte, die Bromabspaltung in den Vordergrund und eine Empfindlichkeitsverringering infolge der Disaggregation des Kornes wird durch die eingetretene Silberkeimbildung kompensiert. Daß die Röntgenstrahlen auch bei großer Entfernung, d. h. bei geringerer Intensität, aber dafür längerer Dauer, ihre spezifische Wirkung beibehielten, während das kurzwellige Licht sich von seiner Intensität beträchtlich abhängig zeigte, ist erklärlich, da das ultra-

violette Licht ja gewissermaßen eine Zwischenstufe zwischen Licht- und Röntgenstrahlen ist, wclch letztere Lenard¹⁾ als eine Art ultra-ultraviolettes Licht bezeichnet.

Aus den Woodschen Versuchen geht schon unzweifelhaft hervor, daß der Clayden-Effekt und die verwandten Umkehrungserscheinungen bei den anderen Energiearten ganz besondere Erscheinungen sind, die weder mit der Solarisation, noch mit dem Herschel-Effekt etwas zu tun haben. Zwar scheinen einige der Villardschen Versuche eine Ähnlichkeit mit dem Herschel-Effekt anzudeuten, indem nämlich Villard findet, daß besonders die infraroten Strahlen des Spektrums wirksam sind. Diese Versuche bedürfen aber schon deswegen einer eingehenden Nachprüfung der Bedingungen, weil Villard die eigentliche Solarisation bei seinen Versuchen nicht ausschließt. Hebt er doch an einer Stelle²⁾ sogar hervor, daß die Belichtung so weit getrieben wurde, daß das Bild schon vor der Entwicklung sichtbar war, ein Umstand, der gemeiniglich schon den Eintritt der Solarisation andeutet. Mit derartigen starken Belichtungen hat der Clayden-Effekt ohne Zweifel nichts zu tun. Von einer Identität des Clayden-Effektes mit dem Herschel-Effekt, die Trivelli³⁾ annehmen will, kann aber meines Erachtens noch weniger die Rede sein. Der Herschel-Effekt besteht darin, daß die Strahlen vom weniger brechbaren Ende des Spektrums die photochemische Wirkung des blauviolettten Spektrumendes auf das Halogensilber aufheben. In seiner deutlichsten Form tritt der Herschel-

1) Lenard, „Über Kathodenstrahlen“, Nobel-Vorlesung, Leipzig 1906, S. 25.

2) Villard, „Le Role des diverses Radiations en Photographie“, S. 16, Paris 1899.

3) „Zeitschr. f. wiss. Photogr.“, Bd. VI, S. 246.

Effekt bei der Poitevinschen Photochromie auf. Das Wesen der Poitevinschen Photochromie war von den älteren Autoren (Becquerel, Poitevin u. a.) richtig gedeutet worden, bis Zenker die Entstehung der Farben im Spektrum auch bei den Poitevinschen farbigen Bildern rein physikalisch erklären wollte. Die Forscher seit Zenker haben die als Ergänzung seiner physikalischen Theorie notwendige Seite der Frage meist unberührt gelassen und teilweise sogar die Oxydationstheorie Poitevins perhorresziert. Ich habe in einer ausführlichen Studie¹⁾ gezeigt, daß Becquerel und Poitevin gegenüber Zenker im Rechte sind, daß bei den mit Bichromaten präparierten „Silberchlorür“-Papieren unter Rot und Gelb eine Wiederoxydation des Silbers zu Halogensilber eintritt.

Diese bei der photochemischen Veränderung des Halogensilbers direkt erkennbare Wiederoxydation des Photosalzes kann nun auch bei dem latenten Lichtbilde unter Umständen eintreten. Es ist dies die von Abney in seinen älteren Arbeiten beschriebene Umkehrung im Spektrum, die er neuerdings in einem kurzen Aufsatz²⁾: „Destruction of an Image by visible rays of low refrangibility“ wieder hervorgehoben hat. Abneys Beobachtungen der Umkehrung im Spektrum beziehen sich alle auf „nasse“ Bromjodsilberkollodiumplatten. In diesen Schichten haben wir zunächst das äußerst leicht oxydierbare Photojodid³⁾, ferner ein nur schwaches Schutzkolloid und wohl immer eine Spur Oxydationsmittel infolge der im Silberbade vorhandenen Spuren von Salpetersäure. Auch Jodide im Überschuß können

1) „Photogr. Korresp.“ 1907, S. 376, 439.

2) „The Photogr. Journ.“ 1908, Vol. XLIII, S. 318.

3) Vergl. „Kolloides Silber und die Photohaloide“ von Carey Lea, Neuauflage von Lüppo-Cramer, S. 39, Dresden 1908. Lüppo-Cramer, „Photogr. Korresp.“ 1907, S. 538.

einer photochemischen Oxydation des Photojodides kräftig Vorschub leisten, wie aus den Versuchen von Lassaigue und Hrudnik¹⁾ besonders deutlich hervorgeht. Bei der Daguerreotypie, bei der Herschel die von uns als Herschel-Effekt bezeichnete Beobachtung machte, liegen die Vorbedingungen für eine Umkehrung des Prozesses besonders günstig. Daß bei der gewöhnlichen Bromsilbergelatine, in der alle für den Herschel-Effekt notwendigen Bedingungen fehlen, die charakteristische Umkehrung im Spektrum nicht eintritt, habe ich schon vor mehreren Jahren betont²⁾. Die Richtigkeit dieser meiner Angabe geht auch aus den schönen Spektrumphotographien von Eder³⁾ hervor.

Auch die gewöhnliche Solarisation, die ja bei Bromsilbergelatine besonders leicht eintritt, hat mit dem Herschel-Effekt nichts gemeinsam. Ich habe nachgewiesen, daß bei der gewöhnlichen Solarisation keinerlei Oxydation im Spiele ist, daß vielmehr bei der Solarisation eine fortgesetzte weitere Bromabspaltung erfolgt, und daß erst das abgespaltene Brom bei der Entwicklung verzögernd wirkt⁴⁾.

Die in ihrem Endeffekte oftmals ähnlichen Erscheinungen der Umkehrung sind also ihrem inneren Vorgange nach völlig verschieden:

1) Vergl. Lüppo-Cramer, „Photographische Probleme“, S. 153, Halle a. S. 1907.

2) Lüppo-Cramer, „Wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Photographie“, S. 52, Halle a. S. 1902.

3) Eder und Valenta, „Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse“, Bd. II, S. 172 und Tafel XIX, Wien 1904; vergl. hierzu Lüppo-Cramer, „Photogr. Korresp.“ 1906, S. 440.

4) Lüppo-Cramer, „Photographische Probleme“, S. 138; Lüppo-Cramer, „Kolloidchemie und Photographie“, Kapitel VIII.

1. Beim Clayden-Effekt und der Röntgenstrahlung wird infolge der Zerstäubung des Kornes durch die Ätherstöße die Wirkung der zweiten Belichtung vermindert.

2. Beim Herschel-Effekt wird die bereits eingetretene chemische Veränderung durch die photochemische Oxydation mehr oder weniger wieder aufgehoben.

3. Bei der gewöhnlichen Solarisation tritt eine fortgesetzte gleichsinnige photochemische Veränderung ein, die aber bei der Entwicklung eine geringere Schwärzung ergibt, weil das abgespaltene Brom hindernd in den Entwicklungsvorgang eintritt.

Soweit sich aus den beschriebenen Versuchen ergibt, ist also das latente Röntgenbild erheblich von dem gewöhnlichen latenten Eindruck der Photographie unterschieden und auch bei der Entwicklung des Eindruckes von Röntgenstrahlen + Licht macht sich, wie wir sahen, dieser Einfluß geltend. Allerdings tritt bei der normalen Entwicklung des Röntgenbildes keinerlei abnorme Erscheinung auf, die man als eine Folge jener doppelten Art von Veränderung des Bromsilbers mit Bestimmtheit bezeichnen könnte.

Immerhin ist es nicht nur möglich, sondern sogar wahrscheinlich, daß die bei der Bestrahlung mit Röntgenlicht eintretende zerstäubende Wirkung auf das Bromsilber nicht bedeutungslos sein und damit mancherlei Sonderbarkeiten des chemischen Vorganges bei der Entstehung des Röntgenbildes bedingen wird. Schon Eder und Valenta¹⁾ geben in ihren ersten Mitteilungen an, daß die Empfindlichkeit der Trockenplatte gegen Licht mit der für Röntgenstrahlen nicht gleichen Schritt zu

1) „Photogr. Mittel.“, Bd. 32, S. 382.

halten scheine. Dies kann der Verfasser aus seiner Erfahrung vollauf bestätigen. So ist die Schleußner-Spezialröntgenplatte nach zahlreichen Urteilen¹⁾ und auch nach Versuchen im Röntgenlaboratorium der Dr. C. Schleußner-Akt.-Gesellschaft empfindlicher gegen Röntgenlicht als die meisten anderen speziell für Röntgenaufnahmen bestimmten Marken. Gegen Tageslicht und die Lichtquellen der Sensitometrie gemessen, sind dagegen die Schleußner-Spezialröntgenplatten weniger sensibel als andere besonders hochempfindliche Marken auch derselben Fabrikation, die wiederum für Röntgenstrahlen erheblich weniger empfindlich sind. Derartige Anomalien, wie viele andere aus der Literatur bekannt gewordene Angaben, dürften vielleicht dadurch zu erklären sein, daß die Wirkung der Röntgenstrahlen nicht, wie anscheinend die des Lichtes, in einer bloßen Bromabspaltung besteht, sondern daß auch die physikalische Veränderung, die ich als Zerstäubung deutete und die gleichzeitig mit der Reduktion des Bromsilbers eintritt, sich mit in den Vorgang fördernd oder hindernd einmischt.

Besonders bei der Solarisation des Röntgenbildes dürfte jene doppelte Veränderung des Bromsilbers sich bemerkbar machen. Daß Solarisation beim Röntgenbilde eintritt, ist von P. H. E y k m a n ²⁾ im Psychiatrischen Institut zu Scheveningen, sowie auch von Zehnder, l. c., und Holzknecht³⁾ festgestellt worden. Auch Schaum⁴⁾ konnte Solarisation durch X-Strahlen auf bindemittelfreiem Bromsilber beobachten, während

1) Z. B. „Archiv f. physik. Medizin u. medizin. Technik“ 1906, S. 200; Fr. Dessauer, „Leitfaden d. Röntgenverfahrens“, S. 324, Leipzig 1908; „Röntgenkalender“ 1908, S. 93.

2) „Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen“ V, Heft 4.

3) „Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen“, Bd. V.

4) Eders „Jahrbuch“ 1904, S. 77.

Fr. Hansmann die Erscheinung bei Trockenplatten nicht hatte feststellen können.

Bei meinen Versuchen über die Eignung der verschiedenen Emulsionsarten für das Luther-Uschkoffsche Phänomen zog ich auch Bromsilberkollodium in Form der Albertschen Emulsion in den Kreis der Untersuchung. Die mit Kollodiumemulsion übergossenen Platten ließen die Tageslichtentwicklung des latenten Röntgenbildes nicht direkt erkennen, wohl aber bei der Behandlung der zuerst stark verschleierte Schicht mit Chromsäure; doch waren die Bilder nur sehr dünn und die „Weißen“ belegt.

Bei dieser Gelegenheit trat ich auch der öfters ausgesprochenen Behauptung näher, daß Kollodiumschichten für Röntgenstrahlen gar nicht oder doch sehr wenig empfindlich seien, woraus man sogar geschlossen hatte, daß die Empfindlichkeit der Bromsilbergelatine gegen Röntgenstrahlen nur eine mehr indirekte, lediglich durch eine Fluoreszenz der Gelatine verursachte sei. Versuche mit Alberts Kollodiumemulsion zeigten mir, daß gar kein Grund vorliegt, für die geringere Empfindlichkeit derselben gegen Röntgenstrahlen irgendwie das Bindemittel verantwortlich zu machen. Die geringere Empfindlichkeit der Kollodiumemulsion gegenüber der der modernen hochempfindlichen Platten zeigt sich in dem Verhalten gegen Röntgenstrahlen durchaus nicht in einer anderen Größenordnung als in der Empfindlichkeit gegen Licht. Zur genaueren Untersuchung dieser Frage verglich ich die Kollodiumemulsion mit einer wenig gereiften Gelatineemulsion, die annähernd dieselbe Lichtempfindlichkeit aufwies. Wurden diese verschiedenen Plattensorten unter genau gleichen Verhältnissen den Röntgenstrahlen exponiert, so zeigte sich kein größerer Unterschied in

der Sensibilität als er auch bei verschiedenen Gela-
tineemulsionen gleicher Lichtempfindlichkeit konstatiert
werden kann.

Die Annahme, daß das Bindemittel der verschiedenen
Emulsionsarten von wesentlichem Einflusse sei auf die
Empfindlichkeit der Schichten gegen Röntgenstrahlen,
ist also nicht zutreffend.

III. Über Einwirkungen auf die photographische Platte, die Strahlungen vortäuschen können.

„Bekanntlich hat sich die photographische Platte als ein wertvolles Mittel bei der Erforschung der Röntgen-, Becquerel- und ähnlichen Strahlen erwiesen. Verdanken doch die Becquerelstrahlen der photographischen Platte ihre Entdeckung. In neuerer Zeit ist der Spieß umgedreht worden und der Satz: ‚ein Apfelbaum ist ein Baum, jeder Baum ist ein Apfelbaum‘ in Anwendung gekommen, insofern, als jede Schwärzung der Platte den Strahlen zugeschrieben wird, wengleich der materielle Charakter der ‚Strahlen‘ schon früher behauptet worden ist. So treten fast täglich neue Strahlungen in der Literatur auf. Und so kommt es, daß die Platte eine Mißstimmung gegen sich selbst hervorgerufen hat. Rutherford vertritt energisch die Ansicht, daß die photographische Platte ein zwar empfindliches, aber unsicheres Kriterium ist, und daß vor allem eine erweiterte Kenntnis der Ursachen, welche die Schwärzung der Platte hervorrufen, erforderlich ist, um ein an sich sehr bequemes Mittel auch weiter verwenden zu können.“

Mit diesen sehr zutreffenden Worten beginnt C. Dombrowsky¹⁾ seine soeben erschienene Arbeit:

1) Inaugural-Dissertation, Leipzig 1908.

„Über die Einwirkung der verschiedenen Stoffe, insbesondere des Wasserstoffsuperoxyds auf die photographische Platte“.

Für den Röntgenographen, besonders aber für den Forscher, der sich mit dem so außerordentlich modernen Gebiete der Strahlungen des Radiums usw. beschäftigt, ist in der Tat eine Kenntnis der mannigfachen Wirkungen auf die photographische Platte, die Strahlungen vor-täuschen können und vielfach schon vorgetäuscht haben, dringend notwendig, so daß eine kurze Besprechung dieser Einwirkungen im Anschlusse an das Kapitel über das latente Bild der verschiedenen Strahlungsenergien am Platze ist.

In seiner bedeutsamen Arbeit: „Wasserstoffsuperoxyd als wirksame Substanz bei der Darstellung von Bildern auf einer photographischen Platte im Dunkeln“ hat J. Russel¹⁾ gezeigt, daß das Wasserstoffsuperoxyd schon in minimalen Konzentrationen (1:1000000) bei seiner Verdunstung die photographische Platte stark affiziert. Des weiteren fand Russel, daß verschiedene Metalle wie auch organische Körper in schwach feuchtem Zustande auf die Platte wirken, sogar durch dazwischen gelegte Schichten von Gelatine, Zelluloid u. a. hindurch, und stellte mit großer Wahrscheinlichkeit fest, daß auch die Wirkung dieser Körper in einer intermediären Bildung von Wasserstoffsuperoxyd ihren Grund habe. Vom Verfasser wurde darauf hingewiesen, daß die Wirkung des Wasserstoffsuperoxydes (H_2O_2) auf die Bromsilberplatte nur ein Spezialfall von der Wirkung aller oxydierenden Agenzien und Säuren auf die photographische Schicht sei, daß z. B.

1) Vortrag in der Royal Society of Photography im März 1899, nach Eders „Jahrbuch f. Photogr.“ 1900, S. 338 bis 352.

Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure in wässriger Lösung die Trockenplatte in genau derselben Weise verschleiern wie das Wasserstoffsperoxyd¹⁾.

Von Graetz²⁾ wurde die Wirkung des Wasserstoffsperoxydes für eine Strahlungserscheinung erklärt. Dieser Forscher erhielt die Wirkung des H_2O_2 auch, wenn er die Dämpfe durch einen Luftstrom möglichst fortschaffte; er schaltete die Wirkung des sich entwickelnden Sauerstoffes aus und konstatierte das Hindurchgehen der Emanation durch dünne Metallblätter. Aus der Gesamtheit seiner Untersuchungen schloß Graetz, daß in der Wirkung des Wasserstoffsperoxydes eine Strahlungserscheinung vorliege, die der der Kathoden- und Becquerelstrahlen verwandt sei. Graetz bemerkte schon damals: „Die Eigenschaft der Emission derartiger Strahlung besonderen Charakters wird wohl nicht auf das Wasserstoffsperoxyd beschränkt sein, und es erscheint nicht aussichtslos, nach anderen Körpern mit ähnlichen Eigenschaften zu suchen.“ So führte auch bald darauf Okt. Dony-Hénault die photographische Aktivität von mit Ozon behandelten Körpern auf die intermediäre Bildung von H_2O_2 zurück.

In seiner zu Eingang dieses Kapitels zitierten Untersuchung hat nun Dombrowsky, ein Schüler von R. Luther, die Versuche von Graetz einer Kontrolle unterworfen und ist zu dem Resultate gekommen, daß die Wirkung des Wasserstoffsperoxydes auf die photographische Platte mit Strahlung nichts zu tun hat, sondern eine rein chemische Aktion ist. Zunächst stellte Dombrowsky fest, daß die sogen. Strahlen des H_2O_2 sehr wohl von einem Luftstrome fortgeführt werden. Da ferner die Fortpflanzung in Gelatine, Zellu-

1) „Photogr. Korresp.“ 1902, S. 563; 1908, S. 549.

2) „Physik. Zeitschr.“ 1902, S. 160; 1903, S. 271.

loid usw. eine sehr langsame ist, und die Schirmwirkung parallel mit der Durchlässigkeit für Gase und Dämpfe verläuft und keine Analogie mit selektiver optischer Absorption zeigt, so sprechen nach Dombrowsky alle Versuche gegen die Graetzsche Annahme besonderer Strahlen beim Wasserstoffsuperoxyd. Da schon Russel die Wirkung der Metalle und organischer Körper auf gebildetes Wasserstoffsuperoxyd zurückgeführt hatte, was Dombrowsky als zutreffend bestätigt, so sind mit der außerordentlich wichtigen Feststellung der Natur der H_2O_2 -Wirkung auch eine ganze Reihe von anderen Fragen gelöst.

Schon sehr lange war bekannt, daß Terpentinöl und andere ätherische Öle eine sehr starke Wirkung auf die photographische Platte ausüben. Auch Harze und Balsame wirken sehr intensiv in diesem Sinne, wie Russel¹⁾ neuerdings genauer studiert hat. Russel findet, daß z. B. im Kolophonium die Abietinsäure das wirkende Prinzip ist. Alle ätherischen Öle und Harze absorbieren in starkem Maße Ozon, und dieses bildet mit geringen Mengen Feuchtigkeit Wasserstoffsuperoxyd. Russel gibt in der erwähnten Arbeit auch schon an, daß es sich bei der Wirkung der Harze um einen Dampf und nicht etwa um eine Radioaktivität handle. Wichtig ist, daß vorangehende Belichtung die Wirkung der Harze und Öle auf die Trockenplatte in erheblichem Maße erhöht. Auf dieser Tatsache beruht auch die von Blaas und Czermak²⁾ neuerdings wieder genauer studierte „Photechie“. Unter „photechischen Stoffen“ verstehen die genannten Autoren die teilweise schon Niepce de St. Victor vor 40 Jahren bekannten Körper, wie Papier,

1) „Brit. Journ. of Photogr.“ 1908, S. 866; zitiert nach der Übersetzung im „Photogr. Wochenbl.“ 1908, S. 475, 489.

2) Eder, „Photochemie“, S. 325, Halle a. S. 1906.

Holz, Stroh usw., die durch Belichtung derartig verändert werden, daß sie auf die photographische Platte einwirken. Auch bei diesen Körpern soll es sich um die Wirkung von okkludiertem Ozon bzw. Wasserstoffsuperoxyd handeln. Tatsache ist, daß es kaum einen organischen Körper gibt, der nicht nach mehr oder weniger langer Zeit auf die photographische Platte einwirkte und es ist in der photographischen Praxis auf diese enorme Sensibilität sowohl in bezug auf die Aufbewahrung, wie auf die Behandlung während des Gebrauches (Kassetten, Einzelpackung, siehe unten) jederzeit Rücksicht zu nehmen. Insbesondere gibt die schädliche Wirkung des Ozons, das ja in jedem Röntgenkabinett deutlich wahrnehmbar entsteht, auch den Hinweis, daß man seine Platten nicht in der Nähe des Instrumentariums aufbewahren soll, selbst, wenn sie vor der strahlenden Energie der Röntgenstrahlen geschützt sind.

Sehr schädlich für die photographische Platte sind auch Spuren von Schwefelwasserstoff oder von Phosphorwasserstoff, wie er z. B. durch Phosphorzündhölzer sehr leicht entsteht. Alles in allem ist die Trockenplatte ein außerordentlich feines Instrument, ich glaube indessen, daß die zu Beginn dieses Kapitels zitierte Ansicht von Rutherford, daß die Platte ein unsicheres Kriterium sei, nur dann zutreffend ist, wenn man es unterläßt, in zweifelhaften Fällen durch Parallelversuche die unerwünschten Nebenerscheinungen z. B. beim Nachweis einer wirklichen Strahlung auszuschalten.

IV. Die Entwicklung der Röntgenogramme.

Wir sahen in Kapitel II, daß das latente Bild, das die Röntgenstrahlen in der Bromsilbergelatineschicht erzeugen, sich in charakteristischer Weise von dem unsichtbaren Lichtbilde unterscheidet. Daß sich auch bei der Entwicklung insofern die von mir als Zerstäubung gedeutete Wirkung der X-Strahlen bemerkbar macht, als eine Vorbestrahlung mit Röntgenstrahlen die Empfindlichkeit einer Platte gegen Licht bei nachfolgender Entwicklung verringert. Nun ist zwar oft behauptet worden, daß sich auch die Entwicklung eines normalen Röntgenogrammes erheblich anders gestaltet als die Hervorrufung eines Lichtbildes, doch ist dies nach des Verfassers Erfahrungen nicht der Fall. Wir können also hier die Entwicklung einer Bromsilberplatte ganz allgemein besprechen.

Die Chemie kennt eine große Zahl reduzierender Substanzen, die imstande sind, aus wässriger Lösung ausgefalltes Bromsilber zu metallischem Silber zu reduzieren. Bei bindemittelfreiem Bromsilber spielt es sogar fast gar keine Rolle, ob das Bromsilber vorher belichtet wurde oder nicht; in beiden Fällen reduzieren geeignete Lösungen das Bromsilber in wenigen Augenblicken zu Silber. Auf derartigem Bromsilber ist es daher praktisch nicht möglich, ein photographisches Bild zu erzeugen. Die Fähigkeit des Silberbromides, daß es in unbelichtetem Zustande von den „Entwicklern“ unverändert gelassen, im belichteten dagegen zu Silber um-

gewandelt wird, diese Fähigkeit, die die Photographie erst möglich macht, verdankt das Silberhaloidsalz dem kolloiden Medium, in das es eingebettet ist, also der Gelatine, oder auch dem Kollodium. Die Gelatine spielt in hohem Maße die Rolle eines Schutzkolloides (siehe oben S. 3), während das Kollodium hierzu schon viel weniger befähigt ist. Wenn wir also in photographischer Beziehung von geeigneten Reduktionsmitteln zur Entwicklung der Platten reden, so ist hier immer das in Gelatine emulgierte Bromsilber gemeint. Die Bromsilbergelatine wird nun bei weitem nicht von allen Reduktionsmitteln in der in der Photographie gewünschten Weise beeinflußt, die Praxis hat aus der großen Anzahl theoretisch einigermaßen brauchbarer Substanzen einige ausgesondert, die man allein noch als Entwickler im engeren Sinne bezeichnet. Die hauptsächlichsten dieser Substanzen mögen hier zunächst kurz aufgeführt und ihre teilweisen Phantasienamen ins Chemische übersetzt werden. Dies geschieht nur zur Orientierung; ich halte es für überflüssig, an dieser Stelle sämtliche Formeln und eine Beschreibung chemischer oder gar äußerer Eigenschaften dieser Körper beizubringen.

Eisenoxalat, der einzige nicht „organische“ Entwickler.

Hydrochinon	}	in der Chemie unter gleichem Namen bekannte Verbindungen.
Brenzkatechin		
Pyrogallol		
Paramidophenol (Substanz des „Rodinals“)		

Adurol = Monochlorhydrochinon.

Metol = Schwefelsaures Monomethylparamidophenol, neuerdings auch unter dem Namen „Satrapol-A“ von Schering in den Handel gebracht.

Ortol = Gemisch von je einem Molekül Orthoamidophenol und Hydrochinon.

Eikonogen = Natriumsalz der Amido- β -Naphthol- β -Monosulfosäure.

Amidol = Salzsaures Diamidophenol.

Glyzin = γ -Oxyphenylglyzin oder γ -Oxyphenylamidoessigsäure.

Edinol = Salzsaures Salz des γ -Amidoxybenzylalkohols.

Der Eisenentwickler.

Der Eisenoxalatentwickler, kurz Eisenentwickler genannt, wird in der Röntgenographie und der Amateurphotographie wenig benutzt und ist in der Tat nur dann zu empfehlen, wenn man mit sehr großer — Sauberkeit arbeitet. Weil es sich hier um fast mehr als chemische Reinheit handelt, darf man wohl, ohne verletzend zu sein, behaupten, daß durch die relativ geringe Empfindlichkeit der organischen Entwickler gegen das Fixiernatron die heutige photographierende Generation viel zu sehr verwöhnt ist, als daß man ihr noch zumuten dürfte, die bei der Eisenentwicklung erforderliche große Vorsicht gegen das Thiosulfat walten zu lassen. In den Kreisen der Berufsphotographen ist der Eisenentwickler nicht mit Unrecht noch immer sehr geschätzt. Da viele Röntgenographen ihre Platten nicht immer selbst entwickeln, sondern manchmal in die Lage kommen, ihre Negative von einem Berufsphotographen hervorrufen zu lassen, so ist es vielleicht nicht unnötig, auch diejenigen Entwickler, die ich nicht gerade besonders für die Röntgenographie empfehlen möchte, doch mit einigen Worten zu streifen.

Zur Herstellung des Eisenoxalatentwicklers wird einerseits eine Lösung von oxalsaurem Kali (nicht mit dem sauren oxalsauren Kali oder „sauren Kleesalz“ zu

verwechseln!) andererseits eine mit wenigen Tropfen Schwefelsäure oder einer Spur Zitronensäure oder Weinsäure usw. versetzte Eisenvitriollösung verwendet. Von beiden Salzen löst man entweder abgewogene Mengen in je drei Teilen Wasser, oder man kann auch das Abwägen umgehen, wenn man kalt gesättigte Lösungen der Salze benutzt, die die richtige Konzentration von selbst ergeben. Zur Lösung beider Salze verwendet man am besten destilliertes Wasser oder wenigstens nicht stark kalkhaltiges Wasser, da sich sonst oxalsaurer Kalk bildet, der unter Umständen störend wirkt¹⁾.

Zur Bildung des Entwicklers gießt man ein Volumen der Eisenvitriollösung in drei Volumina der Oxalatlösung, wobei eine dunkelrote Lösung entsteht.

Das Eisenoxalat entwickelt langsam und klar und läßt durch Bromkaliumzusatz sich gut verzögern, gestattet daher den Ausgleich von Überexposition. Es hat in dieser Beziehung aber nichts vor etwa dem Glyzinentwickler voraus. Spuren von Thiosulfat, die ja in der photographischen Arbeitsstätte überall leicht Zugang finden, haben einen enormen Einfluß auf die Entwicklung mit Eisen. In geringen Mengen beschleunigt Fixiernatron die Entwicklung so stark, daß der Ungeübte

1) Außer diesem „Kalkschleier“ kommt noch ein in der Fabrikation einiger Plattensorten begründeter „Kalkschleier“ vor, der oft fälschlich als grobes Korn der Platte gedeutet wird. Es handelt sich hier um einen Kalkniederschlag, der aus dem zum Waschen der Emulsion verwendeten stark kalkhaltigen Wasser stammt. Derselbe macht sich als Rauheit der ganzen Schicht manchmal störend bemerkbar. Als Kalk läßt sich dieser Niederschlag leicht von dem Negativ entfernen, wenn man dieses nach gründlichem Waschen in einer sehr verdünnten Lösung von Salzsäure (etwa 5 Prozent HCl) badet, worauf natürlich wiederum gründlich zu waschen ist. Verwendet man ein stark saures Fixierbad (vergl. Kapitel VI), so entfernt dieses schon den Kalk.

sich nicht zu helfen weiß, und bei etwas stärkerer Dosierung gibt es intensive farbige oder Silberschleier, von denen in Abschnitt I, S. 13f. ausführlich die Rede war. Betasten der Schicht mit Fingern, die nur mit einem fixiernatronhaltigen Handtuch usw. in Berührung waren, können unvertilgbare Flecke auf dem Negativ anrichten, kurz, man setze sich nicht der Gefahr aus, durch die Entwicklung mit Eisen unliebsame Erfahrungen zu sammeln.

Die organischen Entwickler.

„Organisch“, weil die wirksamen Substanzen der organischen Chemie angehören.

In der Art der geforderten Zusammensetzung ihrer Lösungen unterscheiden sich die verschiedenen Entwickler nicht wesentlich voneinander. Mit Ausnahme des Amidols, das schon ohne Alkalien einen sogenannten Rapidentwickler darstellt, verlangen alle Entwickler-substanzen eine stark alkalische Lösung, um ihr Reduktionsvermögen gegenüber dem Bromsilber in Kraft treten zu lassen. Außer dem Alkali, das entweder in Form der Karbonate oder auch der kaustischen Alkalien in entsprechend geringerer Menge in Anwendung kommt, wird den Lösungen noch Sulfit zugegeben, das einerseits die rasche Oxydation des Entwicklers an der Luft verhindert, andererseits auch selbst mit in den Entwicklungsvorgang eingreift und bei mehreren Entwicklungssubstanzen ein gesteigertes Entwicklungsvermögen auslöst.

Man pflegt zu unterscheiden zwischen Rapidentwicklern und langsam arbeitenden Entwicklern. Hierbei ist die Standentwicklung noch nicht mit eingeschlossen. Vielmehr nennt man gewöhnlich Metol, Paramidophenol (Rodinal, siehe unten), teilweise auch Edinol, vor allem auch Amidol Rapidentwickler, während man Glyzin, Hydrochinon, Brenzkatechin

als langsam arbeitende Entwickler anzusprechen pflegt. Dies hat die historische Entwicklung der photographischen Chemie so mit sich gebracht und ist nur zu einem kleinen Teil sachlich berechtigt. Die chemische Natur der Entwicklungssubstanz ist nämlich durchaus nicht allein für das entscheidend, was wir die Rapidität einer entwickelnden Lösung nennen. Einerseits kann man Glyzin, Brenzkatechin und Hydrochinon durch Verwendung kaustischer Alkalien zu den schönsten Rapidentwicklern machen, andererseits auch bei den in karbonatalkalischer Lösung rapid arbeitenden Substanzen durch Verringerung der Alkalimenge die Rapidität erheblich herabsetzen. Besonders wird auch Pyrogallol, das in der Porträtphotographie noch immer sehr beliebt ist, je nach der verwendeten Alkalimenge als Rapidentwickler oder langsamer Entwickler anzusprechen sein. Auch Adurol steht etwa in der Mitte zwischen den beiden Klassen.

Was heißt nun Rapidentwicklung? Es handelt sich hier nicht etwa lediglich um eine mehr oder weniger rasch verlaufende Hervorrufung, die allein ja nicht einmal so wichtig sein könnte. Vielmehr ist das Hauptcharakteristikum eines wirklichen Rapidentwicklers, daß er sich an Überexpositionen nicht so gut anpassen läßt, als ein langsamer arbeitender Entwickler. In der Röntgenographie kommen nun wohl bei weitem nicht so leicht und so starke Überexpositionen vor, wie in der vielseitigen Kunst des Amateurphotographen, immerhin kommen doch reichliche Belichtungen vor, denen man durch die sachgemäße Abstimmung des Entwicklers begegnen kann, was deshalb von großem Werte auch für den Röntgenographen ist.

Nun läßt sich ein Rapidentwickler par excellence, wie der Metol- oder auch Amidol-, ja auch Rodinalentwickler, bei weitem nicht so leicht und weitgehend an

Überexpositionen anpassen, als die langsamer arbeitenden Lösungen. Man wird jene Entwickler also im allgemeinen vermeiden, wenn man glaubt, daß überexponierte Platten vorliegen. Das muß dem Praktiker aus dem Umgange mit seinem Instrumentarium, dem momentanen Zustande seiner Röhre, vor allem auch je nach dem aufgenommenen Objekte einigermaßen klar sein, ehe er eine übermäßig lange belichtete Platte in den Rapidentwickler legt. Bei Aufnahmen, die sicher nicht zu reichlich belichtet sind, also z. B. bei den meisten schwer zu durchstrahlenden Partien des Körpers, wird man hingegen einen Rapidentwickler ohne Gefahr, ja mit Vorteil, in Anwendung bringen. Da aber andererseits eine kurz belichtete Platte keinen Schaden dadurch erleidet, daß man sie zuerst in einen langsam arbeitenden Entwickler legt und sie nach dem Erscheinen der am stärksten belichteten Partien, wobei kurze Exposition konstatiert wurde, in einen Rapidentwickler hinübertransportiert, so empfiehlt es sich, zumal für den nicht sehr routinierten Photographen, die Regel innezuhalten: die Hervorrufung jeder Aufnahme mit einem langsam arbeitenden Entwickler zu beginnen. In diesem Falle ist niemals etwas verloren, während es sehr schwer ist, eine überbelichtete Platte, nachdem sie in einem Rapidentwickler „an“-entwickelt wurde, nachträglich noch durch verzögerte Entwicklung wieder brauchbar zu gestalten.

Es ergibt sich hieraus, daß es ratsam ist, soweit man nicht die Standentwicklung verwendet, von der weiter unten eingehend gesprochen werden wird, stets einen langsamen und einen Rapidentwickler in der Dunkelkammer zur Hand zu haben.

Welche Entwickler soll man nun nehmen?

Ich glaube, daß der Leser dieses Buches kein lebhaftes Interesse daran haben kann, möglichst viele Rezepte aufgezählt zu sehen. Es ist daran kein Mangel,

aber der Überfluß schadet hier mehr als die Beschränkung. Auch hat sich in der Röntgenographie, teils aus sachlichen Gründen, teils auch aus zufälligen Liebhabereien einzelner Autoren, bereits eine gewisse Sortierung vollzogen, die auch nach des Verfassers Ansicht ganz zweckentsprechend ist. Für alle Aufnahmen, bei denen man sicher ist, daß nicht sehr starke Überexposition vorliegt, also besonders bei „Moment“-Aufnahmen, die wohl meistens in das Gebiet der Unterexposition fallen, nehme man den

Metol-Sodaentwickler.

Das Rezept ist leicht zu behalten, kann im Notfall auch für alle anderen Entwicklungssubstanzen (mit Ausnahme von Amidol, siehe oben) als Grundschemata für den Ansatz eines Entwicklers gelten.

Lösung I: In 1 Liter Wasser löse man der Reihe nach: 10 g Metol, 100 g kristallisiertes oder 50 g wasserfreies Natriumsulfit und 2 g Bromkalium.

Lösung II: Zehnprozentige Sodalösung.

Diese beiden Lösungen sind in verkorkter Flasche unbegrenzt lange haltbar. Zum Gebrauche mische man gleiche Teile von den beiden Vorratslösungen.

Für alle Entwickler geltend sei hier schon bemerkt, daß in der Wirkungsweise kein Unterschied besteht zwischen dem kristallisierten und dem entwässerten Sulfit. Da das kristallisierte Sulfit etwa 50 Prozent Wasser enthält, gebraucht man von dem wasserfreien Salz nur die Hälfte. Das wasserfreie Sulfit ist indessen dem kristallisierten deshalb vorzuziehen, weil es sich in offenen Gefäßen viel länger hält als das kristallisierte.

An Stelle der Soda wird in vielen Vorschriften als Alkali auch für den Metolentwickler die noch rapider wirkende Pottasche empfohlen, ich rate jedoch hiervon ab, da die Metol-Sodamischung vollständig genügende Reduktionskraft besitzt, um auch aus unterexponierten

Platten alles „herauszuholen“. Auch die Anwendung der beliebten Mischung von Metol und Hydrochinon möchte ich nicht für die Röntgenographie empfehlen, da die anscheinend gesteigerte Entwicklungskraft dieser Mischungen meist nur auf Kosten der Klarheit des Bildes geschieht. Die unter verschiedenen Phantasienamen im Handel befindlichen Rapidentwickler sind meistens derartige Gemische von Metol mit Hydrochinon. Es liegt dieser Sache eine Art Aberglaube zugrunde, der, wie auf anderen Gebieten, so fest eingewurzelt ist, daß er überall als Dogma verkündet wird. Da der Metolentwickler „weich“ (siehe unten), der Hydrochinonentwickler dagegen „hart“ arbeitet, glaubte man „das Strenge mit dem Zarten“ zu einem besonders guten Klang zu verbinden, indem man die beiden Körper kombinierte. Wie der Verfasser vor Jahren schon nachwies, ergänzen sich die genannten Substanzen nicht zu einer mystischen Gesamtwirkung, sondern die Rapidität der Mischung wird nur gegenüber der reinen Metollösung noch gesteigert, was für die Hervorrufung der Röntgenogramme meines Erachtens gar keinen Wert hat.

Der Wert des Metolentwicklers in der angegebenen Zusammensetzung liegt in einer geradezu unglaublichen Indifferenz gegen die Verunreinigung durch das Thio-sulfat¹⁾, der enormen Haltbarkeit, auch der fertig gemischten Lösung, und der bedeutenden Ausgiebigkeit. Man kann die gebrauchte Lösung sehr oft nach-

1) Wenn auch im Metol- und einigen anderen Entwicklern ein Zusatz von Thiosulfat nichts schadet, sondern sogar klar hält und deswegen auch als absichtlicher Zusatz zu einigen Entwicklern schon vorgeschlagen ist, so möchte ich doch prinzipiell von einem derartigen Zusatz abraten, da Bedingungen eintreten können, unter denen sich der problematische Vorteil als gefährlich herausstellt.

einander wieder benutzen, ohne daß die Entwicklungskraft in störendem Maße abnimmt. Dies ist ein Vorteil, der aus der geringen Beeinflußbarkeit des Metols gegen die Verzögerung durch Bromide resultiert, die ja bei der Reduktion des Bromsilbers entstehen, der aber andererseits den Nachteil involviert, daß man das Metol an Überexposition nicht anpassen kann. Hier ist nun der Ort, über die Anpassung der Entwickler an Überexpositionen, die sogen. Abstimmbarkeit der Entwickler, eine Betrachtung einzuflechten, da diese Fähigkeit eigentlich auch das Hauptkriterium der Einteilung der Entwickler in rapide und langsame ausmacht. Legt man eine normal exponierte Aufnahme, sei es ein Röntgenogramm oder ein Lichtbild, in den Metolentwickler, so schießt das Bild fast gleichzeitig mit „Licht und Schatten“ in wenigen Sekunden heraus. Nehmen wir dagegen einen Glyzinentwickler in der Konzentration, die man als „normale“ (d. h. nicht als Standentwickler geltend) bezeichnet, oder auch einen Hydrochinon- oder Brenzkatechinentwickler mit Soda oder Pottasche als Alkali, so kommt nach etwa erst 1 Minute das Bild langsam heraus, zuerst die am stärksten bestrahlten Teile und langsam die schwächer von der Röntgenstrahlen- oder Lichtenergie beeinflussten Stellen der Platte. Nun wird die Reduktionskraft eines Entwicklers durch Bromionen vermindert. Der Entwickler, der langsam sein Werk beginnt, hat nun, bevor er auf der Oberfläche der Bromsilbergelatineschicht zu entwickeln anfängt, Zeit, durch Diffusion sich auch nach unten zu verbreiten und daher gleichzeitig auch die tieferen Schichten, die naturgemäß vor allem zur Bildbildung der am intensivsten bestrahlten Bildteile beitragen müssen, mit heranzuziehen. Im Rapidentwickler geht indessen die Oberflächenentwicklung so rasch vor sich, daß die schwächer belichteten Bildteile bei im

allgemeinen reichlich bemessener Exposition schon übermäßig reduziert sein können, ehe noch die entwickelnde Lösung Zeit hatte, nach der Tiefe zu diffundieren. Diese Auffassung des verschiedenen Entwicklungsvorganges bei langsam resp. rapid wirkenden Entwicklern ist von Liesegang und von Hübl vertreten worden. Die Diffusionsvorgänge sind aber hierbei nicht allein das Entscheidende, sondern es spielen hier auch noch un- aufgeklärte Vorgänge mit, welche aus dem Verhalten des einzelnen Bromsilberkornes resultieren, die auseinanderzusetzen nicht Aufgabe dieses Buches ist.

Der Metolentwickler entwickelt sehr rasch. Bei der für alle Entwickler möglichst innezuhaltenden Temperatur von 15 bis 18 Grad C. wird die Entwicklungsdauer selten über 5 bis 6 Minuten zu bemessen sein. Selbst bei doppelt dick gegossenen Platten wird es selten zu empfehlen sein, die Hervorrufung wesentlich länger auszudehnen, da andernfalls leicht Schleierbildung eintreten kann. Da das richtig exponierte Bild im Metolentwickler in allen Einzelheiten sehr bald erscheint, so täuscht sich der Ungeübte leicht in der zur Ausentwicklung erforderlichen Zeit. Man beurteile die Deckung bei allen Entwicklern in der Durchsicht und beachte, daß das Bild beim Fixierprozeß erheblich dünner wird, „zurückgeht“. Andere Kriterien sind viel weniger zuverlässig. Am wenigsten kann man den Deckungsgrad nach der Aufsicht beurteilen; die oft verlautende Angabe, man solle die Röntgenogramme entwickeln, bis in der Aufsicht „alles schwarz“ sei, dürfte wohl nur in bestimmten Fällen zutreffend sein, da hier doch alles von den im Sujet liegenden Dichtigkeitsdifferenzen abhängt. Auch nach dem Aussehen des Negatives von der Rückseite der Platte kann man sich nicht richten; zumal bei doppelt dick gegossenen Schichten versagt dieser Anhaltspunkt meistens ganz. Man mache es sich aber zur Regel, die

Entwicklung stets mit der Uhr zu überwachen, und beachte, daß ein Röntgenogramm selbst in dem rapiden Metolentwickler selten in weniger als 4 Minuten ausentwickelt sein wird. Auch ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß man ein Negativ viel leichter abschwächen als verstärken kann, so daß man immer gut tun wird, lieber etwas reichlich als zu wenig zu entwickeln.

Vom Metolentwickler speziell ist noch hervorzuheben, daß man beim Ansetzen der Lösung darauf achten muß, daß keine Partikel ungelöst bleiben, die unfehlbar Anlaß zu schwarzen Flecken geben; nötigenfalls filtriere man die Lösung. Die in dem angegebenen Recepte vorgesehene Menge von Bromkalium hat nur den Vorteil, die Bildung eines chemischen Schleiers zu verhindern; ein Nachteil durch ungünstige Beeinflussung, wie bei den langsamer arbeitenden Entwicklern, ist nicht zu befürchten.

Bevor wir zu anderen Entwicklern übergehen, mögen einige allgemeine Punkte der Beachtung empfohlen sein.

Beim Aufgießen des Entwicklers auf die Platte ist darauf zu achten, daß die Schicht ganz gleichmäßig mit der Lösung übergossen wird. Hierzu ist erforderlich, daß man mit der Entwicklermenge nicht zu sparsam sei, andernfalls können leicht mehr oder weniger scharf begrenzte Felder verschiedener Dichtigkeit entstehen. Da man z. B., wie erwähnt, den Metolentwickler ohne Einbuße an Wirksamkeit mehrfach nacheinander gebrauchen kann, so hat es auch keinen Zweck, mit der Entwicklerlösung zu sparsam zu sein.

Man achte darauf, daß die Entwicklerlösung nicht schäumt; besonders bei mehrfach gebrauchten Entwicklerlösungen, die Spuren von kolloiden Substanzen aus der Gelatine aufgenommen haben, treten leicht Luftblasen auf, wenn man die Lösung stark schüttelte. Luftbläschen aus dem Entwickler setzen sich mit Vorliebe

auf der Gelatineschicht fest, die dann von der reduzierenden Lösung nicht benetzt wird. Auf diese Weise entstehen die mit Unrecht als Plattenfehler und als „Löcher“ oder „Nadelstiche“ bezeichneten hellen Stellen in den Negativen. Daß solche helleren Stellen auf Luftbläschen zurückzuführen sind, welche die Entwicklung zu schwarzem Silber ganz oder oft auch nur teilweise verhindern, erkennt man leicht, wenn man die Stellen mit einer Messerspitze oder einer Nadel einritzt. Befindet sich an der betreffenden Stelle Gelatine, so muß vor der Entwicklung auch Bromsilber dort gewesen sein. Wirkliche Löcher würden sich hingegen dadurch bemerkbar machen, daß an jenen Stellen das Glas bloßläge.

Der Entwickler darf nicht ruhig auf der Platte stehen, sondern die Schale ist, besonders im Beginn der Entwicklung, in leichter Bewegung zu halten, da sonst Diffusionsvorgänge Anlaß zu Marmorierungen und bienenzellenartigen oder wolkigen Strukturen geben können.

Wenn auch, wie schon erwähnt, der Metolentwickler sich mancherlei Mißhandlung durch Verunreinigung gefallen läßt, so soll doch auch bei ihm einige Sauberkeit empfohlen sein. Bei der ganzen Verarbeitung einer photographischen Platte ist peinliche Sauberkeit im chemischen Sinne die erste Vorbedingung für ein gutes Resultat. Man halte sich für Entwickler und Fixierbad stets verschiedene, äußerlich (auch bei rotem Lichte) leicht zu unterscheidende Schalen. Man berühre nie die Schicht mit den Fingern, besonders nicht mit Fingern, denen Fixiernatron oder andere Chemikalien anhaften, und vermeide sorgfältig das Verspritzen von Entwickler in das Fixierbad, noch mehr aber von Fixierbad in den Entwickler. Fast alle die zahlreichen Varianten des sogen. dichroitischen

Schleiers, denen wir schon oben S. 13f. eine eingehende Besprechung gewidmet haben, verdanken ihre Entstehung den unstatthaften Vermengungen von Entwickler und Fixierlösung.

Dem Metolentwickler wird vielfach nachgesagt, daß er die Haut stark angreife, ja Anlaß zu unangenehmen Ekzemen geben soll. Es soll sich hierbei nicht etwa um eine Wirkung des Alkalis, sondern um eine spezifische Wirkung der Entwicklungssubstanz handeln. Jedenfalls ist diese Wirkung sehr individuell, und sie tritt auch wohl nur bei Personen auf, die außerordentlich viel entwickeln und sehr viel die Finger mit der Entwicklerlösung benetzen. Immerhin gibt es viele Photographen, die eben wegen dieser Einwirkung des Metols auf die Haut nicht zu bewegen sind, vom Metolentwickler Gebrauch zu machen. Von anderen Entwicklersubstanzen sind ähnliche Wirkungen nicht bekannt; höchstens ist zu erwähnen, daß Pyrogallolentwickler die Haut leicht braun färbt, und daß Entwickler mit Ätzalkalien anstatt der Karbonate (z. B. Rodinal) Haut und Fingernägel stark angreifen.

Will man die bei sehr starkem Gebrauch in die Erscheinung tretenden Nebenwirkungen der Entwickler mit starkem Alkaligehalt auf die Haut umgehen, so empfiehlt sich die Verwendung des Amidols, das ohne Alkali schon einen Rapidentwickler gibt. Man löst 2 g Amidol und 20 g kristallisiertes Natriumsulfit in 100 ccm Wasser als Vorratslösung. Ein Teil dieser konzentrierten Vorratslösung wird vor dem Gebrauche mit 3 Teilen Wasser verdünnt. Der Amidolentwickler arbeitet ebenso rapid wie der Metol-Sodaentwickler, er hat nur den großen Nachteil, daß die Lösung durch Oxydation an der Luft sich sehr rasch färbt.

Von anderen Rapidentwicklern ist seiner sehr großen Verbreitung in Amateurkreisen wegen noch das Rodinal

zu erwähnen. Das Rodinal ist ein in einer einzigen Lösung fertig gemischter Paramidophenolentwickler, in sehr großer Konzentration, den man zum Gebrauche nur mit Wasser (10 bis 20 Teile) zu verdünnen braucht. Es ist an dem Rodinal auch für die Zwecke der Röntgenographie nichts auszusetzen; da aber der Vorteil der großen Konzentration der Lösung in einem Röntgenkabinett keine Rolle spielt, andererseits der Gehalt an kaustischem Alkali nicht zu den Annehmlichkeiten zählt, so zieht der Verfasser das Metol auch dem Rodinal vor. Auch Edinol bietet kaum einen Vorteil vor dem Metol. Wie schon angedeutet, bildet Adurool, dessen spezielle Entwicklereigenschaften von dem Verfasser entdeckt wurden, eine Art Zwischenstufe zwischen den eigentlichen Rapidentwicklern und den langsameren Hervorrufern. Da man beim Einkauf aller der genannten Entwickler Gebrauchsanweisungen für die Ansetzung der Lösungen erhält, überdies die auf S. 85 gegebene Durchschnittsvorschrift für alle Entwicklersubstanzen maßgebend sein kann, so glaube ich hier auf die spezielle Angabe von Rezepten verzichten zu dürfen.

Es wurde schon oben erwähnt, daß man bei der Entwicklung im allgemeinen immer die „Zimmertemperatur“ für die Lösung innehalten soll. Im Sommer kann es vorkommen, daß die entwickelnde Lösung ziemlich warm ist. Sie gibt dann Anlaß zur Schleierbildung. Am naheliegendsten ist hiergegen natürlich die Abkühlung als Gegenmittel. Doch sei darauf aufmerksam gemacht, daß man die durch die erhöhte Temperatur gesteigerte Rapidität z. B. des Metolentwicklers auch durch Verringerung der Alkalimenge und durch Zusatz von Bromkaliumlösung ausgleichen kann. Immerhin ist die Abkühlung auch deswegen einer bloßen Abstimmung der Lösung vorzuziehen, weil zu hohe Temperatur des Entwicklers

wieder zu mechanischen Veränderungen der Gela-
tineschicht führen kann, die sich im Kräuseln der
Schicht an den Rändern oder gar in völligem Ab-
schwimmen der Schicht äußert.

Im vorstehenden wurden die sogen. Rapidentwickler
von den langsam arbeitenden und damit abstimmbaren
Entwicklern unterschieden, und es wurde bereits darauf
aufmerksam gemacht, daß diese Einteilung historisch,
aber sachlich insofern nicht ganz zutreffend ist, als man
auch diejenigen Entwicklersubstanzen, die in karbonat-
alkalischer Lösung langsam arbeiten, zu sehr energischen
Rapidentwicklern gestalten kann, wenn man sie in
ätzalkalischer Lösung verwendet. Das interessanteste
Beispiel für einen solchen Entwickler ist das Brenz-
katechin. Diese Substanz gibt mit Soda oder auch
Pottasche als Alkali einen recht langsamen Hervorrüfer,
bei Verwendung von Ätznatron oder gar Ätzkali gibt
sie einen Entwickler, der alle anderen an Rapidität
übertrifft und dabei doch recht klar arbeitet. Auch
Glyzin verhält sich ähnlich, ebenso Hydrochinon, welch
letzteres aber wegen seiner Neigung zur Gelbfärbung
der Schicht in ätzalkalischer Lösung nicht empfohlen
werden soll.

Als langsam arbeitenden Brenzkatechinent-
wickler empfiehlt von Hübl folgenden Ansatz:

10 g Kaliummetabisulfit und 15 g Pottasche werden
in 40 ccm Wasser gelöst, dann 6 g Brenzkatechin zu-
gefügt. Man bringt diese Lösung in eine Reibschale
und fügt 35 g gepulverte Pottasche zu. Es entsteht eine
dünnbreiige Flüssigkeit, die in geschlossenen Gefäßen
sich gut hält und zum Gebrauche mit 15 bis 20 Teilen
Wasser zu verdünnen ist. Die etwas unchemische Ver-
wendung von Bisulfit bei Gegenwart von Pottasche, die
wir später bei Glyzin wiederfinden, hat den Grund,
daß die neutralen Sulfite viel weniger gut haltbar sind

als die Bisulfite, man also bei Verwendung von Bisulfit auch ohne chemische Untersuchung sicherer sein kann, den nötigen Sulfitgehalt des Entwicklers zu erzielen.

Der angegebene Brenzkatechinentwickler arbeitet mit mittlerer Geschwindigkeit und ist durch Bromkaliumlösung sehr gut zu regulieren. In folgender Vorschrift findet man hingegen einen ausgezeichneten

Rapid-Brenzkatechinentwickler (nach Ellon u. a.).

Man löse:

A) Natriumsulfit, krist.	100 g,
Ätznatron	14 „
Wasser	300 „
B) Brenzkatechin	20 g,
Wasser	100 „

Nachdem alles gelöst ist, gießt man Lösung B in Lösung A. Die Lösung wird sofort auf kleine Flaschen gefüllt und gut verkorkt. Für den Gebrauch als Rapidentwickler verdünnt man diese Vorratslösung mit 10 Teilen Wasser.

Ich wiederhole, daß ich als Rapidentwickler par excellence den Metol-Sodaentwickler allen anderen vorziehe; es sollte durch die Angabe des Rezeptes eines Ätzalkalirapidentwicklers für eine Entwicklersubstanz, die in karbonatalkalischer Lösung langsam arbeitet, nur gezeigt werden, daß, streng genommen, die Charakterisierung eines Entwicklers durch bloße Angabe der reduzierenden organischen Substanz nichtssagend ist.

Als Universalentwickler für die Röntgenographie ist endlich der Glyzinentwickler zu bezeichnen. Nicht, als ob ich behaupten wollte, daß der Glyzinentwickler gerade unerreichte Vorzüge vor allen anderen hätte. Aber es ist gut, daß man allmählich eingebürgerte Dinge, wenn nichts dagegen spricht, ruhig beibehält, und es ist Tatsache, daß die bei weitem meisten Röntgen-

institute mit dem Glyzinentwickler arbeiten. Besonders in der Standentwicklung. Der Glyzinentwickler wird gewöhnlich als Glyzinbrei nach von Hübl angewendet, über den derselbe in seinem Buche: „Die Entwicklung der photographischen Bromsilbergelatineplatte bei zweifelhaft richtiger Exposition“ eingehende Studien veröffentlicht hat. Hier ist zunächst zu erwähnen, daß sich in der neuesten (dritten) Auflage der von Hüblschen Monographie (Halle a. S., bei Wilhelm Knapp, 1907) ein Druckfehler findet, wie von Hübl mir auf meine Vermutung hin bestätigte. In den älteren Auflagen jenes Buches wurde der Sulfitgehalt des Glyzinbreies mit 25 g Natriumsulfit (kristallisiertes) auf 10 g Glyzin angegeben. In der dritten Auflage finden sich 55 g angegeben. Laut brieflicher Mitteilung des Herrn Generalmajor Freiherrn von Hübl an den Verfasser soll es richtig heißen: 35 g Sulfit. Es ist dies, wie wir bei der Standentwicklung sehen werden, von erheblicher Wichtigkeit. Es wird also angesetzt:

Glyzinbrei nach von Hübl:

35 g kristallisiertes Natriumsulfit und 10 g Glyzin werden in 40 ccm Wasser gelöst und 55 g Pottasche zugesetzt. Man setzt die Pottasche allmählich zu, da die Flüssigkeit unter Kohlensäureentwicklung aufbraust. Es resultieren etwa 75 ccm einer dünnbreiigen Flüssigkeit, die sich in verkorkter Flasche sehr gut hält und zum Gebrauche für schnellere Entwicklung mit 15 bis 20 Teilen Wasser zu verdünnen ist. Dabei muß natürlich der Brei gut aufgeschüttelt, nicht etwa nur die klare Lösung abgegossen werden.

Wie Freiherr von Hübl dem Verfasser noch brieflich mit der Bitte um Veröffentlichung mitteilte, verwendet der genannte Autor in seiner großen Praxis im k. k. militär-geographischen Institut in Wien seit zwei Jahren

den Glyzinbrei noch in veränderter Form, indem er auch hier, wie oben schon beim Brenzkatechinentwickler berührt, der größeren Haltbarkeit des Bisulfites wegen dieses dem neutralen Sulfite vorzieht. Da Bisulfite sich mit Pottasche natürlich umsetzen, ein Teil der Pottasche also zur Neutralisierung des Bisulfites verbraucht wird, so muß natürlich der Alkaligehalt in diesem Brei erhöht werden.

von Hübl schreibt vor:

Kaliummetabisulfite	50 g,
Glyzin	30 „
Pottasche	200 „
Wasser	180 „

Es wird zuerst das Bisulfite mit Glyzin in der Reibschale gemischt, dann kommt die Pottasche dazu und dann unter fortwährendem Rühren das Wasser.

Die Verdünnung der Vorratslösung erfolgt wie bei dem zuerst angeführten Glyzinbrei. Die im folgenden bei der Standentwicklung angegebenen Verdünnungen, die auf eingehende, eigene Versuche des Verfassers sich stützen, beziehen sich sämtlich auf die ursprünglich von von Hübl vorgeschriebene Rezeptur des Glyzinbreies, doch ändert bei nicht zu weit getriebener Verdünnung die von von Hübl neuerdings erheblich vergrößerte Menge des Sulfites (selbst die durch einen Druckfehler entstandenen 55 g in der Vorschrift, bezogen auf 10 g Glyzin!) nichts zum Nachteil der Wirkung.

In der angegebenen Verdünnung auf das 15 bis 20 fache ergibt der Glyzinbrei einen außerordentlich leicht regulierbaren Entwickler, so daß der Geübte mit ihm eigentlich alles erreichen kann, was in der gewöhnlichen Photographie und der Röntgenographie vorkommt. Ohne Bromkaliumzusatz arbeitet der Glyzinentwickler bei annähernd „richtiger“ Exposition gerade mit derjenigen Gradation, wie sie auch für ein gutes Röntgenogramm

meistens erwünscht sein wird. Durch Zusatz von Bromkaliumlösung wird die Entwicklung verzögert und auch die Abstufung des Negativs verändert. In der gewöhnlichen Photographie bezeichnet man ein Negativ als „weich“, wenn die Deckung in den am stärksten belichteten Stellen nicht übermäßig groß ist, also die Kontraste zwischen Licht und Schatten ein bestimmtes Maß nicht übersteigen. Als „hartes“ Negativ bezeichnet man ein solches, das in den „Lichtern“ eine übermäßig starke Deckung hat, dessen Kontraste also zu groß sind. Ein abstimmbarer Entwickler, wie Glyzin und die anderen bereits erwähnten Mischungen, wird nun durch Zusatz von Bromid „härter“. Es genügen bei Glyzin geringe Mengen, um die Kontraste des Bildes zu vergrößern. 0,5 bis 1 ccm der üblichen Bromkaliumlösung 1 : 10 auf 100 ccm Entwickler, die man in der Dunkelkammer in einer Tropfflasche stets zur Hand haben soll, geben bereits eine sehr stark verzögernde Wirkung, und die Negative werden sehr viel härter. Da sich Überexposition dadurch bemerkbar macht, daß die weniger belichteten Bildteile gegenüber den „Lichtern“ nicht genügend zurückbleiben, so gleicht Zusatz von Bromkalium auch Überexposition bis zu einem gewissen Grade aus. Allerdings übertreiben manche Autoren die Angaben über die Ausgleichungsmöglichkeit einer Überexposition durch Bromidzusatz. Nach des Verfassers eingehenden Studien auf diesem Gebiete kann von einem wirklichen Ausgleich einer Überexposition nur dann die Rede sein, wenn die Belichtung über die normale nicht mehr als um etwa das 10 bis 20 fache hinausgeht. In der Röntgenographie, wo man die Bestrahlungszeit viel leichter abschätzen kann, als in der gewöhnlichen Photographie, werden wohl nur höchst selten so starke Überexpositionen vorkommen. Man wird deshalb im Falle einer voraussichtlichen Überexposition meistens mit einem

Zusatz von 1 bis höchstens 2 ccm Bromkaliumlösung auf 100 ccm Glyzinentwickler auskommen. Das Bild erscheint dann sehr langsam, baut sich aber in einigen Minuten doch vollständig auf. Beobachtet man, daß die Deckung in den „Lichtern“ schon zu stark zunimmt, ehe noch die schwächer bestrahlten Partien herausgekommen sind, so gießt man am besten den stark bromidhaltigen Entwickler ab und ersetzt ihn durch bromidfreie Lösung.

Der Zusatz von Bromkalium zum Entwickler in geringeren Quantitäten hat auch noch einen weiteren Vorteil, der oft sehr erwünscht sein kann. Er hält die Platte klar, d. h. er wirkt zurückhaltend auf den chemischen Schleier, den jede hochempfindliche Platte latent enthält. Wir sahen schon oben bei der Besprechung des Metolentwicklers, daß Rapidentwickler meistens schon von vornherein einen Zusatz von Bromkalium enthalten sollten, um dem Auftreten des Schleiers entgegenzuwirken. Beim Glyzinpottascheentwickler oder der analog zusammengesetzten Brenzkatechinelösung wird man nun allerdings auch ohne Bromidzusatz wohl meistens genügend klare Negative erzielen, doch sei darauf aufmerksam gemacht, daß auch in diesen Hervorrufungslösungen der Zusatz von einigen wenigen Tropfen von Bromkaliumlösung beispielsweise dann erwünscht sein kann, wenn man es mit schon etwas alten Platten zu tun hat. Auch bei hohen Temperaturen im Sommer kann man den Entwicklern immer ein wenig Bromkalium zusetzen, was dann ganz ähnlich wie eine Abkühlung wirkt.

Wie ein Entwickler, dem man Bromkalium zugefügt hat, wirkt auch ein gebrauchter Entwickler. Bei der Reduktion des Bromsilbers entsteht ja Alkalibromid, und dieses wirkt natürlich in demselben Sinne wie absichtlich zugesetztes Bromid. Es sei hier bemerkt, daß eben infolge der Bromsalzbildung bei der Entwicklung eine

Platte, die gänzlich unterexponiert ist, in einem Entwickler, in dem sich eine auserponierte Platte völlig klar entwickelt, schleiern kann, weil hier eben keine Gelegenheit gegeben ist, daß sich das klarhaltende Bromid bildet. Auch aus diesem Grunde ist es unstatthaft, die Klarheit einer Platte danach zu beurteilen, ob sie in völlig unbelichtetem Zustande im Entwickler mehr oder wenig lange klar bleibt.

Die Abstimmung eines Entwicklers zur „Weichheit“ oder „Härte“ hat mit den ausschließlich in der Röntgenographie verwendeten Bezeichnungen als „hart“ oder „weich“ nichts zu tun, man könnte sogar sagen, daß die Begriffe in diesem Sinne etwas Entgegengesetztes bedeuten. Eine harte Röntgenröhre hat ja ein starkes Durchdringungsvermögen und eine relativ geringe chemische Wirkung, wir erhalten mit ihr also ceteris paribus ein weniger kontrastreiches Bild als mit einer weichen Röhre. Diese Unterschiede zeigen sich ja auch auf dem Leuchtschirme und sind ganz unabhängig von der photographischen Aufnahme. Immerhin wird man in manchen Fällen die Entwicklung eines Röntgenogrammes auch diesen Umständen ein wenig anpassen können. Ein richtig exponiertes Röntgenogramm ist bei harter Röhre immer „flauer“, d. h. kontrastloser als bei weicher. Da durch Überexposition die Kontraste nun noch weiter vermindert werden, gibt eine harte Röhre bei Überexposition besonders schlechte Röntgenogramme. Durch härtere Entwicklung, die auf die angegebene Weise erreicht wird, kann man nun immerhin die Kontraste wesentlich steigern. Die besten Bilder werden aber wohl stets erhalten, wenn auch der Härtegrad der Röhre ein dem aufzunehmenden Objekte nach Möglichkeit angepaßter war.

Bei den angegebenen Entwicklervorschriften, die die Entwicklersubstanz und das Alkali in einer einzigen

Lösung gemischt enthalten, kann man die Anpassung an Überexposition nur durch Bromidzusatz insofern vollständig erreichen, als in diesem Falle auch die Deckung in den am stärksten durchstrahlten Partien des Aufnahmeobjektes so groß werden kann, daß brillante Negative entstehen. Bei Entwicklern, die in getrennten Lösungen verarbeitet werden, d. h. wo eine Lösung die Entwicklersubstanz, die andere das Alkali enthält, kann man auch einen größeren Kontrast im Bilde erzielen, wenn man relativ mehr von der Lösung mit der Entwicklersubstanz und weniger Alkali nimmt. Man sagt: „Die reduzierende Substanz gibt die Kraft, das Alkali die Empfindlichkeit.“ Nach dieser Richtung pflegen die den handelsüblichen Entwicklern beigegebenen Gebrauchsanweisungen die erforderlichen Instruktionen zu geben.

Bei den in der Röntgenographie so beliebten Entwicklern in einer Lösung, wie beim bereits zitierten Glyzinbrei, erreicht man eine Abstimmung nach der entgegengesetzten Richtung, d. h. ein Weicharbeiten, durch größere Verdünnung der bromidfreien Lösung. Es beruht diese Wirkung auf dem Diffusionsvorgange, wie oben bereits angedeutet. Der verdünnte Entwickler bringt in die tieferen Schichten der Bromsilbergelatine nicht gleich beim Eindringen so viel reduzierende Substanz, daß hier alles belichtete Bromsilber sofort entwickelt werden könnte. Deshalb muß durch Diffusion hier nach und nach mehr unverbrauchte Lösung nachdringen. Unterbricht man nun rechtzeitig die Hervorbringung, so hat der Entwickler an der Oberfläche, wo rascher die reduzierende Lösung durch frische ersetzt werden kann, bereits genügend Bromsilber geschwärzt, ehe noch die „Lichter“ unerwünscht „hart“ werden konnten. Je verdünnter also ein Entwickler ist, desto leichter erhält man weiche Bilder, d. h. solche, die im

photographischen Sinne weich sind. Ist der Entwickler nicht übermäßig verdünnt, so kann man aber immer noch hinreichend stark gedeckte Negative erhalten, wenn man nur lange genug entwickelt. Immerhin erhält man nicht, besonders nicht bei reichlich belichteten Aufnahmen, so kontrastreiche Negative wie bei der Verwendung von Bromkalium in einem Entwickler größerer Konzentration. Nun liegt es aber auch im Wesen, im Zweck eines Röntgenogrammes, d. h. seiner Bedeutung für die Diagnose, daß möglichst alle Einzelheiten des durchstrahlten Gegenstandes sich auf dem Negative gut abheben. Diese Anforderung erfüllt aber im allgemeinen ein weiches Negativ viel besser als ein zu kontrastreiches, bei dem die Differenzierung in den „Lichtern“ leicht zu wünschen übrig läßt. Es ist dieser Umstand wohl auch eine Hauptursache der allgemeinen Beliebtheit der Standentwicklung, die mit besonders stark verdünnten Lösungen arbeitet.

Die Standentwicklung.

Es wurde oben, S. 89, bereits erwähnt, daß bei der gewöhnlichen raschen Entwicklung Fehlererscheinungen entstehen, wenn der Entwickler, zumal im Beginne der Hervorrufung, unbewegt auf der Platte stehenbleibt. Es entstehen dann eigenartige Marmorierungen und bienenzellenartige Strukturen, die aus den Diffusionsvorgängen in der Gallerte resultieren.

Würde man nun eine verdünnte Entwicklerlösung auf eine horizontal liegende Platte gießen, so würde unter den gewöhnlichen Umständen sich dieselbe Störung bemerkbar machen, ja die Gefahr, daß jene Erscheinungen auftreten, würde noch größer werden, da bei einer sehr lange dauernden Entwicklung bis zu 1 und 2 Stunden kaum jemand die Geduld zum Bewegen der Schale zeigen würde. Man entwickelt daher bei Anwendung

der verdünnten Lösungen die Platten in vertikaler Lage in den deshalb als Standentwicklungskästen bezeichneten Gefäßen. Hier treten aus den erwähnten Diffusionsvorgängen folgende Fehlererscheinungen viel weniger leicht auf, doch können sie auch bei der Standentwicklung vorkommen, wie in Fig. 13 veranschaulicht wird.

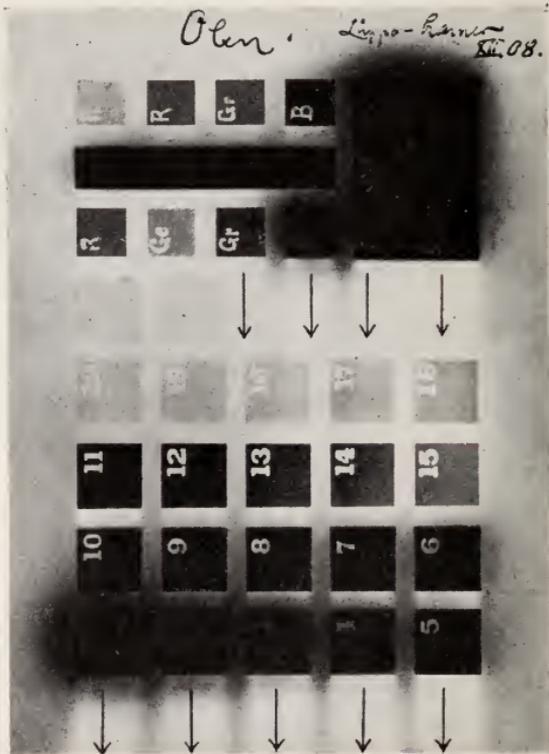


Fig. 13.

Die Platte, von der das Bild ein Duplikat darstellt, wurde in einem äußerst verdünnten Entwickler derart hervorrufen, daß die eingezeichneten Pfeile die Richtung senkrecht und nach dem Boden des Standentwicklungstrogcs anzeigen. An den Bildteilen, in denen die Pfeile sich befinden, beobachtet man, daß der im ganzen vorhandene Schleier völlig verschwunden ist. Wir sehen

diese hellen Stellen genau unter den intensivsten Schwärzungen der Skala des Chapman Jones-Sensitometers; selbst unterhalb der Felder geringerer Deckung ist ein heller Saum noch deutlich erkennbar.

Die Erscheinung kommt sehr ausgeprägt nur in recht stark verdünnten Entwicklerlösungen (z. B. Glyzinebrei 1:100 bis 1:150) und nur dann gut zustande, wenn man die Platte im Standentwicklungskasten ruhig stehen läßt und auch nicht vor Ablauf von etwa 2 bis 3 Stunden, die zur Hervorrufung in so stark verdünnter Lösung erforderlich sind, die Platte zur Kontrolle herausnimmt. Aus der Art der Entstehung der eigentümlichen Erscheinung jener hellen Stellen ergibt sich ohne weiteres, daß nur ein Diffusionsvorgang bei der Entwicklung zur Erklärung herangezogen werden kann. An den Stellen der stärksten Schwärzung wird relativ viel lösliches Bromid gebildet, welches der Schwere folgend, sich in der Gelatineschicht nach unten verbreitet und damit die Ausbildung des chemischen Schleiers an jenen Stellen verhindert. Da die Lösung so sehr verdünnt ist, so hat die verhältnismäßig geringe Bromsalzmenge einen stark schleierwidrigen Einfluß. In der Tat wird auch die Erscheinung mit zunehmender Konzentration der Lösung schwächer, sie zeigt sich aber stets bei der Standentwicklung von Negativen mit sehr starken Kontrasten, wenn man nicht die Platte im Standentwickler ab und zu etwas bewegt.

Das beschriebene Phänomen ist im Prinzipie lange bekannt, doch existieren über die Ursache der Erscheinung recht verschiedene Ansichten.

In einer Abhandlung: „Über die lichten Säume um die Bilder dunkler Gegenstände auf hellem Hintergrunde“ führt A. von Obermayer¹⁾ einige historische Notizen

1) Eders „Jahrbuch“ 1900, S. 143.

an, aus denen hervorgeht, daß man schon mehrfach jene Erscheinung auf einen Entwicklungsvorgang zurückführte, daß aber auch andererseits physikalische, optische Vorgänge zur Erklärung herangezogen waren. Es handelt sich bei jenen verschiedenen Vorkommnissen zweifellos um ganz verschiedenartige Phänomene, und in der Tat geht auch aus den Ausführungen von Obermayer selbst hervor, daß er es, wenigstens teilweise, mit ganz anderen Erscheinungen zu tun hatte, die sicherlich optische oder physiologische Phänomene sind. In einer späteren Arbeit: „Weitere Beiträge zu den aus den Helligkeitsunterschieden entspringenden optischen Täuschungen“¹⁾ hält von Obermayer auf Grund seiner Versuche die Erklärung der „Silhouettage“ als physiologischer Erscheinung aufrecht, obgleich er eine Beobachtung Dillayes zitiert, der bereits dieselbe Beobachtung gemacht hat, wie sie in meinem Bilde zum Ausdrucke kommt. Dillaye erklärt in Übereinstimmung mit Fink und Schrank die Erscheinung der „Silhouetten“-Bildung als Diffusionsvorgang. Dillaye rät, zur möglichsten Verminderung der „Silhouettage“ die Entwicklerflüssigkeit in ständiger Bewegung zu halten, und behauptet, daß dieselbe in den Trögen zur Standentwicklung, in denen die Platten sehr nahe beieinander stehen, viel ausgesprochener auftrete. von Obermayer hält diese Erklärung Dillayes nicht für unrichtig, hält aber gleichzeitig für viele Erscheinungen einer ähnlichen Silhouettenbildung noch andere Momente für ausschlaggebend. Auch Guébbard²⁾, der sich in einer Untersuchung „Über die Rolle der Diffusion im Entwicklerbade“ über das beschriebene Phänomen der „Silhouettenbildung“ verbreitet, glaubt, daß die Deutung der Erscheinung nicht immer so

1) Eders „Jahrbuch“ 1901, S. 205.

2) Eders „Jahrbuch“ 1899, S. 255.

einfach ist. Aber auch er faßt den Vorgang nicht so speziell, wie er in dem von mir angeführten Falle vorliegt und bei dem gewiß außer einer Diffusionsströmung nichts mitspielen kann, um die hellen Stellen zu erzeugen.

Das Vorbeugungsmittel gegen jene störende Nebenerscheinung in der Praxis der Standentwicklung ergibt sich von selbst im Sinne Dillayes: man bewege, namentlich im Beginne der Standentwicklung, die Platte von Zeit zu Zeit in dem Bade. Nur in seltenen Fällen wird man ja die Platte im Standentwickler ganz unbeobachtet, also unbewegt stehen lassen, und es wird daher jene Erscheinung wohl selten unfreiwillig in so ausgesprochenem Maße auftreten, wie es Figura zeigt.

Die stark schleierwidrige Wirkung des durch die Reduktion des Bromsilbers entstehenden Bromides bei der Entwicklung in verdünnten Lösungen ist nicht ohne Interesse für die zuerst von R. Walter¹⁾ vorgeschlagene sogen. Planliegeentwicklung. Walter nimmt theoretisch an, daß bei der Entwicklung das entstehende Bromsalz doch besonders in den Lichtern verzögernd wirken müsse, wenn man es dazu zwingt, sich nicht in der Entwicklerflüssigkeit zu verbreiten, sondern an dem Orte seiner Entstehung zu verbleiben. Er hebt ganz zutreffend hervor, daß man diesen Effekt weder bei der gewöhnlichen Entwicklung, noch bei der Standentwicklung erreichen könne, und daß nur ein Mittel übrigbleibe, um das gebildete Bromid nutzbringend zu verwerten. Er entwickelt seine Platten in völlig horizontaler Lage und bei vollständiger Ruhe der Platte. Walter selbst wie auch Neuhauß²⁾ und E. W. Büchner³⁾

1) „Photogr. Rundschau“ 1906, S. 247.

2) „Photogr. Rundschau“ 1906, S. 249 und 268.

3) „Photogr. Rundschau“ 1906, S. 276.

geben an, daß durch diese Art der Entwicklung die Ausbildung überkräftiger Lichter sowie auch Lichthöfe vermieden werden¹⁾. Beides wird auch von der gewöhnlichen Standentwicklung angegeben. Die Verminderung der Deckkraft bei der Entwicklung in verdünnten Lösungen kann nicht bestritten werden. Dagegen ist nach meiner Ansicht die Angabe, daß durch die Standentwicklung die Lichthöfe vermieden würden, was z. B. auch Gaedicke²⁾ angibt, nur eine Folge eben von der weniger kräftigen Ausbildung der Lichter überhaupt. Es liegt im Wesen der Standentwicklung, daß die reduzierende Lösung viel Zeit hat, gerade auch in den tieferen Schichten, also besonders auch an der Glasseite, an der sich doch der Lichthof vor allem ausbreitet, zu wirken. Wenn also die Standentwicklung überhaupt bis zur Ausbildung kräftiger Lichter fortgeführt wird, so liegt gar kein Grund vor, daß sich nicht auch der Lichthof ausbilden sollte, und in der Tat habe ich bei zahlreichen Negativen der Chapman-Jones-Skala im Standentwickler stets beobachtet, daß sich der Lichthof ganz normal ausbildete, wie sich auch aus der Fig. 13 erkennen läßt. Man ist eben leicht geneigt, die ganze spezielle Wirkung verdünnter Entwickler auf Diffusionsunterschiede zurückzuführen, während nach neueren Untersuchungen des Verfassers³⁾ mit zunehmender Verdünnung des Entwicklers eine wesentlich andere Wirkung auf das Bromsilber, d. h. unab-

1) Es wird von den genannten Autoren angegeben, daß diese sogen. Planliegeentwicklung von praktischem Werte sei. Die damit zu erzielende übergroße Zurückhaltung der Lichter dürfte aber wohl nur in bestimmten Ausnahmefällen erwünscht sein. Eine Verbreitung hat die immerhin originelle Modifikation des Entwicklungsprozesses wohl nicht gefunden.

2) Eders „Jahrbuch“ 1902, S. 87.

3) „Zeitschr. f. Chemie u. Ind. d. Koll.“, Bd. IV, S. 92 (1908).

hängig von Diffusionsvorgängen in dem kolloiden Bindemittel, geltend macht. Es ist in der Tat auffallend, wie man die vielfach in ihrer Bedeutung überschätzten Diffusionsvorgänge überall zur Erklärung heranzieht, wo eine andere Deutung nicht gerade auf der Hand liegt. Besagt jene Theorie, daß die Ausbildung des Lichthofes bei der Standentwicklung vermieden würde, doch gerade etwas, was im vollkommenen Widerspruch zu der vielfach vertretenen Begründung der vorteilhaften Anwendung der Standentwicklung für die Röntgenographie steht. Behauptet man doch nicht ganz mit Unrecht, daß bei der Entwicklung der Röntgenogramme die Standentwicklung deswegen besonders am Platze sei, weil das latente X-Strahlenbild relativ mehr in der Schicht nach deren ganzen Tiefe verteilt sei, und daß man deshalb mit der Hervorrufung in stark verdünnter Lösung auch mehr die tieferen Bromsilberkornschichten mit zur Bildgebung heranziehe.

Was nun den Grad der Verdünnung des Entwicklers zur Standentwicklung anlangt, so wird in vielen Fällen schon die Rücksicht auf den Patienten dem Röntgenographen es erwünscht erscheinen lassen, daß die Entwicklung nicht gar zu lange dauert. Wenn man also nicht überhaupt vorzieht, einen der unverdünnten, in wenigen Minuten das Bild erzeugenden Entwickler zu nehmen, so verdünne man den Entwickler nur so weit, daß er in längstens 1 bis 2 Stunden das Bild fertig werden läßt. Man wird also den Glyzinbrei nach von Hübls Vorschrift oder auch den Brenzkatechinbrei nicht auf mehr als etwa das 60- bis höchstens 100fache verdünnen. Eine weitere Verdünnung des Standentwicklers ist nicht nur völlig unnütz, sondern sie birgt sogar große Gefahren für das Negativ in sich. Zumal der Glyzinentwickler gibt in sehr großer Verdünnung auch ohne jede Verunreinigung mit Thiosulfat außer-

ordentlich leicht Farbschleier und gar die geringsten Spuren von Fixiernatron, die infolge einer Unvorsichtigkeit in die Lösung oder auf die Platte gelangen, geben Anlaß zur Ausbildung der störendsten bunten oder silberglänzenden Schleier. Je verdünnter der Entwickler, desto größer wird aber die Gefahr der Entstehung solcher Schleier. Hauff gibt in seiner Gebrauchsanweisung für seine Standentwickelungskästen, die nebenbei bemerkt sehr zu empfehlen sind, sogar geradezu an, daß der von Hüblsche Glyzinbrei nicht zu empfehlen sei, weil er infolge eines zu hohen Sulfitgehaltes leicht Anlaß zur Farbschleierbildung gäbe. Hauff schreibt außerordentlich wenig Sulfit in seinem Glyzinstandentwickler vor, wie man aus der folgenden Tabelle ersehen möge, die gleichzeitig die Mengenverhältnisse für die verschiedenen Plattenformate anführt:

Größe des Troges	Glyzin in Substanz:				
	Warmes Wasser	Glyzin	Krist. Natrium-sulfit	Krist. Soda	Nach vollständiger Lösung Wasser kalt
	ccm	g	g	g	Liter
1. Für 12 Platten 4,5 × 10,7 cm	200	1,5	1,5	25	0,75
2. „ 12 „ 6,5 × 9 „	200	1,5	1,5	25	0,85
3 „ 6 „ 9 × 12 „	200	1,5	1,5	25	0,7
4a. „ 12 „ 9 × 12 „	200	3	3	45	1,3
4b. „ 8 „ 13 × 18 „	400	5	5	75	2,1
5a. „ 12 „ 9 × 18 „	400	5	5	75	2,1
5b. „ 12 „ 13 × 18 „	500	7	7	100	3
6. „ 12 „ 12 × 16,5 „	500	7	7	100	3
7. „ 6 „ 18 × 24 „	1000	9	9	140	3,3
8. „ 6 „ 24 × 30 „	1500	15	15	225	6
9. „ 3 „ 30 × 40 „	2000	15	15	250	7

Der von von Hübl vorgesehene höhere Sulfitgehalt in seinem Brei hat nach des Verfassers Erfahrungen nur dann den von Hauff angegebenen Nachteil, wenn man

den Entwickler übermäßig verdünnt und die Platte zu lange im Entwickler „quält“, was übrigens auch ganz zwecklos ist.

Der Standentwickler ist immer auf einer Temperatur zu halten, die 15 Grad C. nicht erheblich übersteigt, andernfalls entsteht bei langer Entwicklung leicht der gewöhnliche Grauschleier. Man kühle also im Notfalle das ganze Entwicklungsgefäß durch Einstellen in kaltes (eventuell fließendes) Wasser.

Es ist nun nicht nur schwer, sondern ganz unmöglich, anzugeben, wie lange man entwickeln soll. Dies hängt von zu vielerlei Umständen ab. Wie bei der raschen Entwicklung in konzentrierteren Lösungen gilt aber auch hier die Regel: lieber zu lange als zu kurz entwickeln! Hauff gibt als annähernde Zeit für die angegebene Entwicklervorschrift an:

„Eine überexponierte Platte wird in etwa 15 Minuten, eine normal belichtete in etwa 30 Minuten, eine unterbelichtete in 1 bis 2 Stunden fertig sein.“

Dies kann wohl als ungefährender Anhalt gelten, doch wird man sich lediglich von dem Aussehen des Negatives in der Durchsicht leiten lassen, wenn man es aus dem Entwickler herausnimmt. Für überexponierte Negative wird man vorteilhaft die Standentwicklung kombinieren in der Weise, daß man ein Negativ, das sich durch das rasche Erscheinen der ersten Bildspuren im Standentwickler als erheblich überexponiert zeigt, aus der Lösung herausnimmt und in einen bromidreichen Glyzin- oder Brenzkatechinentwickler der normalen Konzentration legt, in dem dann die Hervorbringung in wenigen Minuten zu Ende geführt wird. Die Entwicklung überexponierter Platten in einem verdünnten Entwickler wird nämlich sehr oft kontrastlose flauere Negative zur Folge haben.

V. Aufbewahrung der Platten und Dunkelkammerbeleuchtung.

Der Aufbewahrungsort für alle photographischen Platten soll trocken sein. Die Platten sollten also nicht längere Zeit in der Dunkelkammer aufbewahrt werden, die oft feucht und dumpf ist. Eine unsachgemäße Aufbewahrung des Aufnahmemateriales gibt leicht Anlaß zu einer Verschleierung der empfindlichen Schicht, die sich zuerst an den Rändern (sogen. Randschleier) bemerkbar macht, sich aber nach und nach über die ganze Platte verbreiten kann. Man Sorge auch dafür, daß man nicht schon von seinem Händler alte „Ladenhüter“ erhält. In einem gut gehenden Geschäft wird durch den fortwährenden Absatz von selbst dafür gesorgt, daß die Platten nicht zu alt werden, und da eine gute Röntgenplatte in der gewöhnlichen Kartonpackung, will sagen nicht in Einzelpackung (siehe unten), auch mindestens ein Jahr lang verwendbar zu bleiben pflegt, so ist eigentlich die Gefahr nicht groß, daß der Röntgenograph, der selbst nicht wiederum seine Platten lange liegen läßt, einen Mißerfolg durch „Überlagerung“ erleidet. Vorausgesetzt ist dabei natürlich, daß der Aufbewahrungsort sowohl beim Händler, wie beim Verbraucher allen Anforderungen entspricht, die ein so diffiziles Material, wie die photographische Platte beanspruchen muß.

Man beachte, daß Röntgenstrahlen die Packung natürlich mit Leichtigkeit durchdringen. Röntgenplatten

sind also in einem Raume aufzuheben, der durch mindestens eine, möglichst aber zwei massive Steinwände von dem Röntgeninstrumentarium entfernt ist. Die Gefahr einer Verschleierung der Platten durch diffuses Röntgenlicht ist viel größer, als man gewöhnlich annimmt. Platten, die in Einzelpackung oder auch in Dutzendpackung in einer Entfernung von 10 m in der Richtung des Strahlenkegels oder auch seitlich der Röhre aufgestellt und dem Röntgenlichte ausgesetzt waren, erwiesen sich als stark verschleiert, auch wenn die Dauer der Bestrahlung nur auf wenige Minuten ausgedehnt war. Es empfiehlt sich also, wenn man nicht in der Lage ist, in einem weit entfernten Zimmer die Platten aufzubewahren und zu verarbeiten, den Vorrat an Platten in starken Bleikästen vor den Röntgenstrahlen zu schützen. Daß auch radioaktive Substanzen, Ausdünstungen von z. B. Terpentinöl bei frischem Anstrich eines Raumes (vergl. S. 76) von einer photographischen Platte ferngehalten werden müssen, bedarf keiner Erinnerung.

Man lasse auch die Platten nicht zu lange in Holz- oder Metallkassetten liegen, weil sowohl Holz wie Metalle mehr oder weniger schnell einen schädigenden Einfluß auf die empfindliche Schicht ausüben können.

Hat man eine Platte der Packung entnommen, so dürfen die in der Schachtel verbleibenden Platten niemals so wieder eingepackt werden, daß die Schichtseite mit dem Einschlag- oder Packpapier in Berührung ist. Gibt es doch außer Glas kaum einen Körper, der nicht mit der Zeit eine schädigende Einwirkung auf die Bromsilbergelatine ausübte. Andererseits ist es in Rücksicht auf den erforderlichen Schutz gegen Licht natürlich notwendig, die Platten stets wieder in schwarzes Papier einzuschlagen. Man lege also die Glasseite der Platte gegen das schwarze Papier.

Die Platten dürfen nur an den Kanten angefaßt werden. Wird die Schichtseite mit den Fingern berührt, so zeigt sich nach der Entwicklung an den berührten Stellen sehr oft eine Schwärzung. Es ist dazu nicht erforderlich, daß den Händen Chemikalien anhafteten, sehr oft genügt der bloße Schweiß, um unschöne Abdrücke auf der Platte zu erzeugen. Dieselbe Erscheinung kann natürlich auch dann eintreten, wenn man vor der Entwicklung die unsaubere, mit den Fingern berührte Glasseite einer Platte auf die Schichtseite einer anderen legt.

Einige Worte über die sogen. Einzelpackung.

Eine außerordentlich große Bequemlichkeit für den Röntgenographen ist die sogen. Einzelpackung. Bei dieser ist jede einzelne Platte von der Fabrik aus gleich in mehrere Lagen schwarzes Papier (sowie meistens ein relativ indifferentes weißes Papier in Berührung mit der Schicht) gepackt, so daß man die Platte gefahrlos dem diffusen Tageslichte einige Zeit aussetzen kann. Theoretisch ist eine solche Packung nicht richtig, da mit der Zeit auch das sorgfältigst ausgesuchte weiße Papier eine schädigende Wirkung auf die Schicht ausübt. Indessen ist die Bequemlichkeit, daß man nicht vor jeder Aufnahme in die Dunkelkammer zu gehen und die Platte aus- und einzupacken braucht, doch so groß, daß viele Röntgenographen nicht auf diese Annehmlichkeit verzichten mögen. Es ist dazu auch kein zwingender Anlaß vorhanden, denn nach des Verfassers Erfahrung kommt es niemals vor, daß sich eine schädliche Wirkung des z. B. von der Firma Schleußner verwendeten Packpapieres vor zwei Monaten geltend macht. Nun liegt auch eigentlich gar kein vernünftiger Grund vor, daß man zuviel Platten in Vorrat bezieht, so daß man in die Lage käme, Einzelpackungen zu verwenden, die wesent-

lich älter als zwei Monate wären. Man achte aber vor allem beim Einkauf beim Händler darauf, daß Einzelpackungs-Röntgenplatten stets frisch von der Fabrik bezogen werden.

Man beachte noch, daß die Papierpackung der Einzelpackung natürlich nicht absolut undurchlässig ist für Licht. Man lasse also nicht etwa Sonnenlicht oder auch intensives, diffuses Tageslicht mehr als notwendig auf die Platten scheinen.

Es ist streng zu vermeiden, die einzeln gepackte Platte auch nur einige Sekunden lang in die Nähe oder gar in Berührung mit einem stromführenden Teil des Röntgeninstrumentariums zu bringen, etwa mit den Verbindungskabeln, den Anschlußösen der Röhre usw.

Wenn diese Vorsicht außer acht gelassen wird, so können Erscheinungen hervorgerufen werden, die sich bei der Entwicklung der Platte als graue bis intensiv schwarze Flecke von mannigfacher Formenbildung in mehr oder weniger großer Anzahl bemerkbar machen. Die Platte wird dadurch verdorben oder die Aufnahme unbrauchbar gemacht.

Die Dunkelkammer.

Die gewöhnlichen (d. h. nicht farbenempfindlichen) photographischen Platten werden hauptsächlich nur von den blauen und violetten Strahlen des Spektrums affiziert, d. h. die Empfindlichkeit gegen diese Strahlen ist so überwiegend, daß dagegen die Sensibilität gegen Licht anderer Wellenlängen keine große Rolle spielt. Immerhin besitzt die hochempfindliche Trockenplatte, wie sie für die Röntgenographie ausschließlich verwendet wird, auch eine Empfindlichkeit gegen die Strahlen geringerer Brechbarkeit, sogar gegen Ultrarot. Zur Beleuchtung der Dunkelkammer ist aber rein rotes Licht das geeignetste. Zwischen Rot und Rot ist nun aber ein recht

großer Unterschied. Der optische Eindruck einer Farbe, also auch eines Strahlenfilters für das Licht der Dunkelkammer ist nicht stichhaltig, da unser Auge geringe Beimengungen fremder Lichtstrahlen in einer ausgesprochenen Farbe nicht erkennt, und es ist daher zur Prüfung einer Dunkelkammerbeleuchtung eine spektroskopische Prüfung vorzunehmen, wenn man sich nicht auf die Qualität der im Handel befindlichen Scheiben, Birnen oder sonst geformten Strahlenfilter verlassen will. Nach des Verfassers Erfahrungen empfiehlt es sich nach wie vor am meisten, die in allen Handlungen photographischer Artikel erhältlichen, im Glasfluß gefärbten „Massivrubin“- oder auch „Überfanggläser“ zu verwenden. Der Glasfluß enthält hier Kupfer in kolloider Form gelöst. Der Kuriosität halber sei hier erwähnt, daß neuerdings ein photographischer Schriftsteller gegen die im Glasfluß mit Kupfer oder Gold gefärbten Gläser zu Felde zieht unter der etwas merkwürdigen Begründung, daß das Licht in diesen Schichten gewissermaßen bei jedem der ultramikroskopisch sichtbaren Metallsolteilchen „um die Ecke“ ginge! Diese Auffassung ist natürlich nicht ernstlich zu diskutieren; der betreffende Schriftsteller stellt sich die Verteilung des kolloiden Metalls in dem Glasfluß und die Beeinflussung des Lichtstrahls durch die Teilchen doch etwas gar zu grob vor! Die im Glasfluß gefärbten Scheiben sind, genügende Färbung vorausgesetzt, nicht nur erheblich sicherer als die meisten anderen Präparate, sondern sie sind sogar teilweise noch optisch heller! Besonders die in den letzten Jahren vielfach empfohlenen Methylviolett-Tartrazinschichten halten in keiner Weise die Konkurrenz mit guten roten, im Glasfluß gefärbten Scheiben aus. Bei jenen Filtern kombiniert man zwei Gelatineschichten, deren eine mit Methylviolett, deren andere mit dem gelben Tartrazin

gefärbt ist. Optisch gibt diese Kombination ein sehr schönes Rubinrot, doch zeigt sich bei der photographischen Prüfung, daß, obgleich eine solche Schicht dunkler als ein Kupferglas sein kann, sie doch weniger inaktiv ist. Wahrscheinlich lassen diese Filter noch wirksames grünes Licht durch, wenn man dieses auch bei der vielgerühmten spektroskopischen Prüfung nicht sieht, vielmehr die Methylviolett-Tartrazinkombination anscheinend nur rein rotes Licht durchläßt. Bei der spektroskopischen Untersuchung eines Strahlenfilters können geringere Anteile einer schädlichen Strahlenart dem Auge leicht entgehen, die aber dennoch die Platte bei der summierenden Wirkung einer längeren Belichtung verschleiern können. Bei gefärbten Gelatine- oder anderen Schichten ist auch immer zu berücksichtigen, daß die verwendeten Farbstoffe leicht ausbleichen können, was bei den mit Metallsolen gefärbten Gläsern nicht möglich ist. Es sei hierzu erwähnt, daß die mit kolloidem Kupfer gefärbten Gläser meistens noch als Kupferoxydulgläser bezeichnet werden; doch hat die neuere Kolloidchemie erkannt, daß in jenen Gläsern das Metall selbst in kolloidem Zustande vorliegt.

Die roten Gläser lassen außer Rot noch Gelb resp. Orange durch, doch ist dies nicht schädlich. Für die Zwecke der Praxis kommt es nicht ausschließlich darauf an, bei welchem Licht eine Platte am wenigsten rasch verschleiert, da niemand ein Interesse daran hat, seine Platten möglichst lange dem Lichte auszusetzen, sondern die Frage stellt sich so: Welches Licht bietet neben ausreichender optischer Helligkeit genügende Sicherheit gegen Verschleierung der Platten unter den zu den Manipulationen in der Dunkelkammer erforderlichen Umständen?

Da in einem Röntgenlaboratorium im allgemeinen nicht ein allzu großer Platzmangel herrschen wird, so

wird man sich die Dunkelkammer auch in bezug auf die Beleuchtung bequem einrichten können. Da die Empfindlichkeit der Platte, sobald sie einmal in der entwickelnden Lösung liegt, erheblich herabgemindert ist, braucht man während der Entwicklung nicht ganz so ängstlich gegen die Lichtverschleierung zu sein, wie bei den Manipulationen mit der noch trockenen Platte. Schon aus diesem Grunde wird man über dem Entwicklungstisch eine etwas hellere Beleuchtung anbringen dürfen, als sie zum Einlegen und Auspacken der Platten erforderlich ist. Aber auch während der Entwicklung sehe man nur ab und zu, und nur einige Sekunden lang, die Platte in einiger Nähe des roten Lichtes an. Dies gilt ganz besonders für die Standentwicklung. Da die Standentwicklung 1 bis 2 Stunden dauern kann, während eine „Rapid“-Entwicklung in wenigen Minuten vollendet wird, so kommt man bei der Standentwicklung viel leichter in die Versuchung, die Platte länger, als ihr gut tut, dem Dunkelkammerlichte auszusetzen. Man beachte also gerade hierbei die nötige Vorsicht. Länger als etwa 1 Minute im ganzen, in $\frac{1}{2}$ m Entfernung, darf man keine hochempfindliche Röntgenplatte dem roten Lichte aussetzen, ohne Gefahr zu laufen, schon einen störenden Schleier zu erhalten.

Als Lichtquelle für die Dunkelkammer empfiehlt sich am meisten elektrisches Glühlicht. Da es aber keinen Zweck hat, eine starke Lichtintensität durch dichte Rotscheiben bis zur photographischen Verwendbarkeit abzdämpfen, so sind Birnen von 2 Kerzenstärken ratsam. Würde man die üblichen 16 kerzigen Birnen verwenden, so muß man das Rotfilter natürlich viel dunkler nehmen und erzeugt dann eine beträchtliche Wärme durch die Lampe, die zum mindesten unnütz ist. Bei elektrischem Lichte braucht man ja auch keine Ventilation in der Lampe, die bei Gas- oder Kerzenlicht

natürlich nicht zu umgehen ist. Dunkelkammerlampen gibt es in so zahlreichen Konstruktionen, daß sie aufzuführen hier nicht möglich ist. Es sei indessen noch empfohlen, solche Lampen zu bevorzugen, die außer der roten Beleuchtung auch eine orangegelbe ermöglichen. Man verwendet die gelbe Beleuchtung beim Fixieren, ja kann auch während des Entwickelns, zumal gegen Ende der Hervorrufung, ohne Gefahr das Negativ einen Moment zur sichereren Beurteilung seiner Dichte diesem helleren Lichte aussetzen.

Das Fixierbad halte man sich möglichst in einiger Entfernung von dem Entwicklungstisch auf einem besonderen Tische. Man verwende dafür große Schalen aus Porzellan. Zum mindesten halte man sich an die Regel, daß die zum Fixieren bestimmten Schalen niemals zum Entwickeln benutzt werden. Man wähle also Form oder Farbe der Schalen so, daß man die für die verschiedenen Zwecke erforderlichen Gefäße auch bei rotem Lichte äußerlich leicht unterscheiden kann.

Ganz besonders unstatthaft wäre es, für die gegen Fixiernatron so sehr empfindliche Standentwicklung Gefäße zu verwenden, die auch nur einmal mit Thio-sulfat in Berührung gekommen sind!

Zur Einrichtung einer Dunkelkammer ist unbedingt die Wasserleitung gehörig, die man am besten über dem Entwicklungstisch anbringt, damit man nach dem Entwickeln die Platte abspülen kann, ehe sie fixiert wird. Viele andere Einrichtungen, wie mechanische Schaukelapparate für die Entwicklungsschalen usw., sind dagegen durchaus überflüssig.

VI. Fixieren, Waschen, Troeknen, Verstärken und Abschwächen der Negative.

Das Fixieren der Negative.

Nach dem Entwickeln ist die Platte stets gut auszuspülen (1 Minute lang genügt) und gelangt dann in das Fixierbad. Man löse 1 Teil „Fixiernatron“ (Natriumthiosulfat, Natrium hyposulfurosum) in 4 bis 5 Teilen Wasser und füge zu 1 Liter dieser Lösung entweder 50 ccm der Bisulfitlauge des Handels oder 20 bis 50 g Kaliummetabisulfit oder Natriumbisulfit.

Beim frischen Ansetzen der Lösung des kristallisierten Thiosulfates kühlt sich die Lösung stark ab und „fixiert“ dann langsam, gibt unter Umständen dann auch infolge eines erheblichen Temperaturunterschiedes zwischen Entwickler und Fixierbad Veranlassung zu einem Kräuseln der Schicht. Man tut daher gut, das Fixierbad vor dem Gebrauche auf normale Zimmertemperatur zu bringen. An Stelle des gewöhnlichen Fixiernatrons werden auch verschiedene andere Präparate empfohlen, sogen. saure Fixiersalze. Dies sind Gemische von entwässertem Thiosulfat mit Bisulfiten. Da das kristallisierte Thiosulfat etwa 50 Prozent Kristallwasser enthält, die es beim Erhitzen bis über den Schmelzpunkt hinaus verliert, so löst man die käuflichen Fixiersalzmischungen, den Gebrauchsanweisungen für dieselben entsprechend, in 8 bis 10 Teilen Wasser, und erhält damit ein Bad von annähernd derselben Stärke,

wie die der Lösung 1:4 bis 1:5 des gewöhnlichen Thiosulfates. Das entwässerte Thiosulfat und damit auch die „sauren Fixiersalze“ haben die unangenehme Eigenschaft, langsam etwas Wasser anzuziehen und dann zu sehr harten Massen zusammenzubacken. Will man sich die Zerkleinerung dieser Blöcke ersparen, so bleibt man am besten bei dem kristallwasserhaltigen Thiosulfat, das z. B. von der Firma E. Merck in Darmstadt auch in gleichförmigen kleinen Kristallen zu beziehen ist, die sich in der Praxis sehr angenehm verarbeiten.

Zu der Haupttätigkeit des Fixierbades, das für die Negativbildung unbenutzte Bromsilber aufzulösen, trägt die vorgeschriebene Ansäuerung nicht bei; die Auflösungs geschwindigkeit des Bromsilbers wird sogar durch den Zusatz von Bisulfit oder von schwefliger Säure verlangsamt. Trotzdem ist die Ansäuerung des Fixierbades dringend zu empfehlen. Einerseits werden die Reste der Entwicklerlösung, die in der Gelatineschicht zurückbleiben, durch die Säure des Fixierbades unschädlich gemacht, andererseits wird auch eine Oxydation des Silberniederschlags vermieden, die eintreten kann, wenn der Sauerstoff der Luft in Gegenwart des Thiosulfates längere Zeit auf die Platte wirken kann. Es findet sich in vielen Lehrbüchern die Angabe, daß die Ansäuerung des Fixierbades auch eine Härtung der Schicht zur Folge habe und deshalb ein Alaunbad ersetzen könne. Nach den Feststellungen des Verfassers ¹⁾ ist diese Angabe eine irrthümliche. Die scheinbare Gerbung der Gelatine in angesäuerter Thiosulfatlösung geht sofort wieder verloren, wenn die Platte ausgewaschen wird.

Während die Ansäuerung des Fixierbades eine Regel ist, von der man nie abgehen sollte, sind

1) Lüppe-Cramer, „Kolloidchemie und Photographie“, S. 150, Dresden 1908.

Beimischungen von gerbenden Substanzen nur in Ausnahmefällen, z. B. in tropischen Klimaten, zu empfehlen. Doch wird man auch in warmen Zonen derartige Zusätze zum Fixierbade umgehen können, wenn man bei den Lieferanten seiner Platten sogen. Tropenplatten fordert, die gleich in der Schicht gegerbt sind. In dem Kapitel über die Trocknung sind übrigens einige Methoden angegeben, nach denen man eine Härtung der fixierten Platte vornehmen kann.

Was den Fixierprozeß im allgemeinen anlangt, so empfiehlt es sich, zumal bei dem billigen Preise des Thiosulfates, das Bad nicht allzusehr auszunutzen, so daß bei mittlerer Temperatur auch bei den natürlich schwerer fixierenden, doppelt dick gegossenen Röntgenplatten die Fixage nicht länger als etwa 10 Minuten dauert. Wenn auf der Rückseite der Platte kein Bromsilber, an der hellen Farbe kenntlich, mehr sichtbar ist, lasse man doch noch die Platte einige Minuten im Bade liegen, damit auch eine völlige Lösung erfolgt. Das Bromsilber bildet nämlich mit Thiosulfat auch ein Komplexsalz mit nur einem Molekül Thiosulfat, und dieses ist leicht zersetzlich. Es ist daher erforderlich, durch ein gründliches Fixieren dafür Sorge zu tragen, daß in der Schicht nur das leicht lösliche Komplexsalz des Bromsilbers mit zwei Molekülen Thiosulfat entsteht.

Während des Fixierens kann man getrost Lampenlicht auf die Platte fallen lassen, da eine weitere Entwicklung in dem Bade nicht mehr eintreten kann und die direkte photochemische Veränderung des Bromsilbers selbst in Gegenwart des „Sensibilisators“ Thiosulfat nur bei stärkeren Lichtquellen, wie etwa bei intensivem Tageslicht, erfolgt.

Es ist hier auch der Ort, einiges über das sogen. Zurückgehen der Platten beim Fixieren einzuflechten.

Der Anfänger nimmt gewöhnlich die Platte viel zu früh aus dem Entwickler, weil es in der Tat auch schwer ist, ohne persönliche Unterweisung über den Grad der richtigen Deckung eines Negatives, zumal eines Röntgenogrammes schwieriger, dichter Partien, Vorschriften zu geben. Die vielfach verbreitete Anschauung, man müsse entwickeln, bis das Bild auf der Rückseite sichtbar ist, führt, zumal bei doppelt dick gegossenen Platten, leicht zu großen Irrtümern. Es kann nur in der Durchsicht einigermaßen sicher beurteilt werden, ob die Platte die genügende Deckung hat, vorausgesetzt, daß hinreichende Bestrahlung bei nicht allzu harter Röhre ein genügend „dichtes“ latentes Bild geliefert hat. Nun geht aber die Platte im Fixierbade ziemlich stark zurück, d. h. das Bild verliert an Deckkraft. Man muß also das Bild schon kräftiger entwickeln, als man vor der Fixierung erforderlich halten möchte.

Auch die Angabe, man solle bei Röntgenogrammen entwickeln, bis in der Aufsicht alles „schwarz“ sei, dürfte nicht in allen Fällen stichhaltig sein, da es wieder ganz auf die Beschaffenheit des aufgenommenen Sujets ankommt, ob nicht auch Teile sich finden, die von den Röntgenstrahlen nicht durchdrungen wurden. Endlich ist auch eine zahlenmäßige Angabe der Entwicklungsdauer nicht angängig, da mit zu sehr verschiedenen Entwicklern operiert wird. Besonders bei der Standentwicklung fehlt in dieser Richtung jeder Anhalt. Ist demnach auch ein unter allen Umständen sicheres Merkmal für die Beendigung der Entwicklung nicht anzugeben, so beachte man doch, daß eine Abschwächung immer rationeller ist als eine Verstärkung, man entwickle daher lieber zu lange als zu kurz.

Nach dem Fixieren sind die Röntgenogramme sehr gründlich zu waschen. Man läßt Platten gewöhnlicher Schichtdicke 1 Stunde lang, doppelt dick

gegossene Schichten sogar 2 Stunden lang in fließendem oder wenigstens sehr oft gewechseltem Wasser waschen. Nur so kann man sicher sein, Negative zu gewinnen, die von Thiosulfat gänzlich befreit und damit unbegrenzt lange haltbar sind.

Die vielfach vorgeschlagenen Mittel zur Zerstörung des Thiosulfates in den nur oberflächlich gewaschenen Schichten („Antihypo“, „Anthion“ usw.), die den Auswaschprozeß beschleunigen sollen, sind nicht nur entbehrlich, sondern auch geradezu gefährlich, da aus dem Thiosulfat resp. den Silbersalzen durch jene Substanzen auch wieder Körper gebildet werden, deren Beständigkeit resp. Unschädlichkeit zum mindesten fraglich ist.

Das Trocknen der Negative.

Das Trocknen des gut ausgewaschenen Negatives vollzieht sich zwar im allgemeinen ohne weiteres Zutun des Röntgenographen, doch sind auch hierbei verschiedene Punkte der besonderen Aufmerksamkeit wert. Bei durchschnittlicher Zimmertemperatur und Luftfeuchtigkeit dauert die Trocknung einer einfach gegossenen Röntgenplatte stets mehrere Stunden, und bei doppelt dick gegossenen Schichten erhöht sich diese Zeit natürlich beträchtlich. Während dieser Zeit sind die Negative oft allerhand Gefahren ausgesetzt, da eine gequollene Gallerte sehr empfindlich gegen mechanische Verletzungen ist und wegen ihrer Klebrigkeit auch gar leicht Fremdkörper, Staub, Insekten u. a. m. festhält, die meistens nachher nicht wieder ohne Schaden für das Bild zu entfernen sind. Man tut daher gut, die Trocknung nach Möglichkeit zu beschleunigen. Vor allem ist eine gute Ventilation des Raumes, in dem die Röntgenogramme trocknen, anzuraten. Man lasse daher die Negative nicht in der Dunkelkammer, in der auch gewässert wird, stehen. Sind mehrere Platten gleich-

zeitig zu trocknen, so stelle man sie auf den dazu verwendeten „Plattenböcken“ nicht zu eng aneinander. Besonders im Sommer beachte man diese Regeln, damit sich keine Bakterienkulturen in der Gelatineschicht ausbilden, die Vertiefungen in der Schicht, manchmal auch ganze Löcher zur Folge haben können.

Ein beliebtes und bei richtiger Anwendung auch sehr empfehlenswertes Mittel zur Beschleunigung des Trocknens photographischer Negative ist die Behandlung mit Alkohol.

Legt man das gewaschene Negativ in 90prozentigen Alkohol und stellt es nach 10 Minuten zum Trocknen, so kann man nach weiteren 10 bis 15 Minuten ein vollkommen trockenes, kopierfähiges Negativ haben. Es ist aber darauf zu achten, daß man den Alkohol nicht zu oft nacheinander benutzt, da er durch das aus der Gallerte aufgenommene Wasser natürlich nach und nach verdünnt wird. Die Behandlung der Platte mit Alkohol hat noch einen Nebeneffekt, der bei der Herstellung auch der Röntgenogramme oft erwünscht ist. Das Negativ wird nämlich bei der beschleunigten Trocknung mit Alkohol dichter, als wenn es in gewöhnlicher Weise langsam trocknet. Dies hängt mit der mikroskopisch erkennbaren Wabenstruktur der organischen Kolloide zusammen. Bei rascher Trocknung tritt das Netzwerk der Gelatine enger zusammen und dadurch wird auch der Silberniederschlag dichter. Nach Anwendung von Alkohol zum Trocknen ist besonders darauf zu achten, daß die Schicht auch wirklich ganz trocken ist, so zwar, daß keinerlei Klebrigkeit mehr vorhanden ist, sondern man anstandslos unter kräftigem Druck mit der Hand über die Platte fahren kann. Beobachtet man diese Vorschrift nicht, so kann durch Ankleben des Papiers beim Kopieren das Negativ leicht selbst rettungslos verloren gehen.

Die Trocknung durch Alkohol darf nicht durch beträchtliche Wärme beschleunigt werden, denn es kann sich in diesem Falle leicht ein silberglänzender Belag, sogar eine völlige kreideartige Trübung der ganzen Schicht ausbilden. Diese Erscheinung hängt auch mit der Wabenstruktur der Gelatine, nicht etwa mit unausgewaschenen anorganischen Salzen zusammen, wie der Verfasser¹⁾ an anderer Stelle eingehend untersucht hat. Ist aber einmal eine derartige Trübung der Schicht eingetreten, so kann man sie leicht wieder entfernen, indem man die Platte nochmals wieder kurze Zeit in Wasser legt und abermals trocknet.

Sieht man von der Anwendung von Alkohol ab, so kann man die Trocknung auch durch Anwendung einer mäßigen Wärme trocknen. Man hat dabei nur zu beachten, daß die Gelatine bei etwa 30 Grad schmilzt, so daß man in der Temperatur nicht höher als etwa 25 Grad gehen darf.

Da der Trocknungsprozeß hauptsächlich nur wegen der starken Quellung der Gelatine und der dadurch erschwerten Diffusion des Wassers so langsam verläuft, so ist für ein schnelleres Trocknen auch eine Gerbung der Schicht von Vorteil. So trocknen in Alaunfixierbädern fixierte Platten rascher, ein kurzes Baden während des Waschens in Alaunlösung beschleunigt ebenfalls die nachherige Trocknung bedeutend. Das radikalste Mittel zur Gerbung und darauffolgenden schnellen Trocknung ist die Härtung mit sogen. basischem Chromalaun. Ich empfehle, diese Methode indessen nur dann anzuwenden, wenn man sich vorher ein wenig mit ihr eingeübt hat. Man gibt zu 500 ccm zweiprozentiger Chromalaunlösung tropfenweise langsam und unter

1) Lüppo Cramer, „Kolloidchemie und Photographie“, S. 28, Dresden 1908.

Schütteln 1 bis 1,5 ccm Ammoniak (0,91 spezifisches Gewicht). Es bildet sich hierbei, an der grünlichen Farbe der Lösung kenntlich, Chromoxydhydrosol, das enorm gerbend wirkt. In dieser Lösung badet man das Negativ 5 Minuten und wäscht alsdann einige Minuten. In diesem Zustande ist die Schicht ganz unschmelzbar und kann bei sehr hoher Temperatur getrocknet werden.

Endlich sei noch ein weiteres Mittel zur Unterstützung des Trocknungsprozesses genannt, das neben der gerbenden Wirkung auf die Gelatine auch eine desinfizierende ausübt, nämlich Formalin (1 ccm Formalin auf 100 ccm Wasser, Dauer des Bades 1 Minute lang). Formalin ist den Alaunen deswegen vorzuziehen, weil man es anstandslos gleich nach dem Fixieren anwenden kann. Ein Wiederauswaschen des Formalins ist nicht notwendig, da der gasförmige Formaldehyd verdunstet.

Die Verstärkung und die Abschwächung der Röntgenogramme.

Im allgemeinen wird man bei der Herstellung des Röntgenogrammes bestrebt sein, durch den Entwicklungsprozeß gleich zu einem Negative zu gelangen, das nicht nur selbst das Studium der Strukturunterschiede der verschiedenen durchleuchteten Teile ermöglicht, sondern das auch eine brauchbare Kopie ergibt. Wie in der gewöhnlichen Photographie kann man aber auch bei der Aufnahme mit X-Strahlen ein Negativ häufig durch eine Vermehrung oder Verminderung des Silberniederschlages ganz erheblich verbessern. Da das Silbergel der Negative infolge seiner physikalischen Struktur ein außerordentlich reaktionsfähiger Körper ist, so läßt er mancherlei chemische Umwandlungen zu, die die Basis der Verstärkungs- und Abschwächungsmethoden bilden. Im allgemeinen wird man stets zu einer Verstärkung des Negatives schreiten, wenn zu kurz entwickelt war.

Da aber die Verstärkung immerhin umständlicher ist als eine Abschwächung, so wird man nach einiger Erfahrung immer vorziehen, eher etwas zu lange als zu kurz zu entwickeln, wird also zur Verstärkung als gewissermaßen bloßer Fortsetzung des zu früh unterbrochenen Entwicklungsprozesses selten zu greifen brauchen. Häufiger wird die Verstärkung am Platze sein, wenn die Platte zu kurz exponiert war und deshalb bei weiter fortgesetzter Entwicklung doch keine kräftigere Deckung ergeben haben würde.

Die gebräuchlichste Verstärkungsmethode ist die mittels Sublimat (Hydrargyrum bichloratum corrosivum). Man löst 2 Prozent Sublimat und 2 Prozent Bromkalium in Wasser und übergießt mit dieser Lösung das Negativ, das aber für diesen Zweck außerordentlich gründlich ausgewaschen sein muß. Andernfalls entstehen unvertilgbare Flecke. In wenigen Augenblicken erkennt man, daß sich das schwarze Silber heller und heller färbt, indem sich Chlorsilber bzw. Bromsilber und Quecksilberchlorür bzw. Bromür bilden. Der angegebene Zusatz von Bromkalium ist erforderlich, wenn die weiter unten zu besprechende Schwärzung durch Sulfit erfolgen soll; verwendet man zur weiteren Behandlung des mit Sublimat „gebleichten“ Negatives Ammoniak, so kann der Bromidzusatz entfallen. Der durch die Behandlung mit der Sublimatlösung erhaltene helle Niederschlag bewirkt an sich nur eine geringe Steigerung der Lichtundurchlässigkeit des Negatives, er muß daher durch eine weitere Behandlung in eine dunkel gefärbte Verbindung übergeführt werden. Dies geschieht entweder durch die Behandlung mit irgendeinem Entwickler, wodurch sowohl Silber wie Quecksilber als Metalle niedergeschlagen werden, oder durch Ammoniak, welches eine Amidverbindung liefert, oder endlich durch Sulfit, das einen Körper bildet, dessen Konstitution noch nicht ganz aufgeklärt ist.

In allen Fällen muß nach der Behandlung mit der Sublimatlösung das Negativ einige Minuten gewaschen werden. Zur Schwärzung verwendet man entweder Natriumsulfit in einer Verdünnung von etwa 1 : 5 oder eine ganz schwache Ammoniaklösung, indem man auf 100 ccm Wasser 5 ccm Ammoniak der Pharmakopöe zufügt. Das Schwärzungsmittel muß so lange wirken, bis die Platte, die nach der Bleichung ja hell geworden war, auch von der Rückseite betrachtet überall dunkel ist. Einen verschiedenen Grad der Verstärkung kann man durch Innehaltung einer Grenze bei der ersten Prozedur, der „Ausbleichung“, erreichen. Man wird nur selten, bei sehr dünn entwickelten Negativen, das Sublimat so lange wirken zu lassen, daß das Bild auch von der Rückseite ganz weiß geworden ist, in vielen Fällen erweist es sich als rationeller, die Bleichung früher zu unterbrechen. Dies kann nur aus der Praxis erlernt werden, es muß jedoch auf folgendes aufmerksam gemacht werden. Die Ausbleichung erstreckt sich zuerst auf die weniger stark gedeckten Teile des Negatives, um sich erst langsam auf die dichten Partien auszu dehnen. Ist nun das Negativ derart beschaffen, daß wohl eine Verstärkung der schwächer gedeckten Bildteile erwünscht ist, eine weitere Verstärkung auch der „Lichter“, d. h. der schwärzesten Teile, aber diese zu „hart“ gestalten würde, so unterbricht man vorteilhaft den Ausbleichungsprozeß mit Sublimat früher als bis sich alles vorhandene Silber mit dem Quecksilbersalze umgesetzt hat.

Immerhin ist es für den in photographischen Ungeübten etwas schwierig, den Endeffekt einer Verstärkungsprozedur zu beurteilen, die in zwei Phasen verläuft. Es empfiehlt sich deshalb eine Vereinfachung der Verstärkungsmethode durch Anwendung nur einer Lösung.

Ein Quecksilberverstärker, der in einer Operation die Verstärkung ausführt, ist der von der „Agfa“ in den

Handel gebrachte Agfa-Verstärker. Derselbe stellt eine wässrige Lösung von Rhodanquecksilberdoppelsalzen dar und wird zum Gebrauche mit 10 Teilen verdünnt. Diese Verstärkung ist indessen nicht sehr ausgiebig und hat auch den Nachteil, daß die Verstärkung bei längerem Verweilen in dem Bade wieder zurückgeht.

Eine weitere Verstärkungsmethode mit Quecksilbersalzen ist die von Edwards zuerst eingeführte Verstärkung mit Jodquecksilber. Dieselbe beruht auf der Eigenschaft des Quecksilberjodides, sich in Thiosulfat zu lösen und unter Bildung von Quecksilberjodür das Negativ sehr intensiv in einer Prozedur zu verstärken. Man stellt sich dieses Verstärkungsbad her, indem man 4 g Sublimat in 200 ccm Wasser löst, dazu eine Lösung von 10 g Jodkalium in 65 ccm Wasser gibt und dieser Mischung 8 g Natriumthiosulfat, gelöst in 65 ccm Wasser, zufügt.

Die Dr. C. Schleußner-Akt.-Gesellschaft bringt einen pulverförmigen Jodquecksilberverstärker in den Handel, der den Vorteil hat, daß er in dieser Form unbegrenzt haltbar ist, während die Lösungen von Quecksilberjodid in Thiosulfat oder Sulfit sich bald zersetzen und daher keine Marktware sind. Der Schleußnersche „Universalverstärker in Pulverform“ wird zum Gebrauche in 10 Teilen Wasser gelöst und gibt in etwa 5 Minuten eine starke Deckung, die in der Durchsicht rein braunschwarz ist, in der Aufsicht jedoch die grünbraune Farbe des Quecksilberjodürs zeigt.

Der Jodquecksilberverstärker hat den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß er nicht ein so peinliches Auswaschen des Fixiernatrons aus der Schicht voraussetzt, so daß er nach etwa 5 Minuten langem Waschen des Negatives schon angewendet werden kann. Will man absolut haltbare Negative erhalten, so empfiehlt es sich,

das mit Quecksilberjodidlösung („Universalverstärker“) verstärkte Negativ noch einige Zeit lang (5 Minuten) in eine Entwicklerlösung zu legen.

Ein weiterer Verstärker, der sich durch eine außerordentliche Ausgiebigkeit in der Verstärkung auszeichnet und daher selbst bei äußerst dünnen Negativen noch die zum Kopieren nötige Deckkraft erreichen läßt, ist der Uranverstärker.

Man stellt je einprozentige Lösungen her von Urannitrat und von Ferrizyankalium (rotem Blutlaugensalz) und mischt zum Gebrauche 5 Teile von jeder Lösung mit je einem Volumen Eisessig und dann gleiche Teile von beiden Lösungen. Das Negativ nimmt im Uranverstärker sehr rasch eine rotbraune Farbe an, die sehr stark deckt, für den Ungeübten aber in ihrer Wirkung auf den Kopierprozeß schwerer zu beurteilen ist, als die der Quecksilberverstärker. Nach erfolgter Verstärkung mit „Uran“ wird das Negativ nur so lange gewaschen, bis die in der Schicht enthaltene Essigsäure das Waschwasser nicht mehr abstößt; wäscht man länger, so wird das Bild langsam wieder abgeschwächt, da das gebildete Ferrozyanuran nicht ganz unlöslich in Wasser ist. Der Uranverstärker setzt eine fast noch peinlichere Auswaschung des Fixiernatrons voraus als der Sublimatverstärker. Da der Uranverstärker eine gerbende Wirkung auf die Gelatine ausübt, so trocknen die mit Uran verstärkten Negative auffallend rasch.

Ab Schwächung der Negative.

Wie schon oben angedeutet, tritt auch sehr oft der Fall ein, daß infolge zu langer Entwicklung ein Röntgenogramm zu dicht geworden ist, so daß es nicht mehr den für den Kopierprozeß erforderlichen Grad von Lichtdurchlässigkeit besitzt.

In diesem Falle muß ein Teil des Negativsilbers wieder entfernt, das Bild „abgeschwächt“ werden.

Hierbei sind nun zwei prinzipiell verschiedene Wege gangbar, die eingeschlagen werden, je nach der Natur des Bildes. Verteilt sich die zu große Deckkraft des Negatives annähernd gleichmäßig über alle Teile des durchleuchteten Gegenstandes, so verwendet man den Farmerschen Abschwächer. Man setzt zu einer Lösung von Natriumthiosulfat 1:4 oder 1:5 so viel von einer zehnprozentigen Lösung von rotem Blutlaugensalz, daß eine intensiv gelb gefärbte Lösung entsteht. In diese Abschwächungslösung, die übrigens nur kurze Zeit haltbar ist, kann man das Negativ gleich hineinlegen, wenn man es aus dem Fixierbade genommen und nur ein wenig abgespült hat.

Die Abschwächung des Bildes beginnt bald. Bei sehr kontrastreichen Negativen fällt es auf, daß zuerst die feinen „Schattenpartien“ weggelöst werden, während erst langsam die Abschwächung auch auf die dichteren Teile des Röntgenogrammes sich erstreckt; es ist also bei an und für sich schon kontrastreichen Negativen Vorsicht geboten, damit nicht etwa die Gegensätze allzu groß werden. Eine kurze Behandlung mit Farmerschem Abschwächer ist auch zur Entfernung eines Grauschleiers angebracht, wie er ja auf mannigfache Weise entstehen kann.

Selbstverständlich muß nach dem Abschwächen mit Ferrizyankalium + Thiosulfat die Platte gründlich gewaschen werden. Beim Trocknen eines auf die beschriebene Weise abgeschwächten Bildes bemerkt man, daß die Schicht ganz glänzend geworden ist; es ist dies eine Folge davon, daß in der obersten Schicht das sämtliche Silber herausgelöst und nur die reine Gelatine übriggeblieben ist. Die Wirkung des Farmerschen Abschwächers beruht darauf, daß Ferrozyansilber gebildet wird, das sich in Thiosulfat auflöst.

Im Prinzip ganz anders verläuft die Abschwächung mit Ammoniumpersulfat. Eine Lösung dieses Salzes hat die merkwürdige Eigenschaft, daß es nicht, wie die Farmersche Lösung und andere Abschwächer, in der Hauptsache zuerst da das Silber entfernt, wo dieses sehr dünn ist, sondern daß es zuerst die dichtesten Bildteile angreift und dann seine Wirkung erst nach und nach auf die schwächer gedeckten Bildteile erstreckt. Scheffer vergleicht ganz zutreffend die Wirkungsweise des Persulfatabschwächers mit einer idealen progressiven Einkommensteuer, die die stärksten Schultern auch am stärksten belastet.

Für die praktische Ausführung der Abschwächung mit Ammoniumpersulfat ist zu empfehlen, das Negativ erst noch einmal in einer noch möglichst wenig gebrauchten Fixiernatronlösung nachzufixieren und dann gründlich zu waschen. Man legt das Negativ alsdann in eine zwei- bis dreiprozentige Lösung des Persulfates, die man mit Schwefelsäure schwach angesäuert hat. Es ist hierbei empfehlenswert, die Lösung des Salzes in destilliertem Wasser vorzunehmen.

Die Abschwächung macht sich, wie gesagt, zuerst an den dichtesten Partien des Negatives bemerkbar. Man unterbreche den Prozeß immer etwas eher als man glaubt, den nötigen Lichtdurchlässigkeitsgrad der dunkelsten Teile erreicht zu haben, denn die Abschwächung schreitet auch noch weiter, und zwar oft sehr rapid, fort, wenn man die Platte auswäscht. Um diese manchmal schwer zu hemmende Weiterwirkung hintanzuhalten, legt man zweckmäßig das Negativ nach erfolgter Abschwächung sofort in eine etwa zehnprozentige Lösung von Natriumsulfit, die dem Persulfat durch Umsetzung mit ihm entgegenwirkt.

Die Persulfatabschwächung hat ihre eigentümlichen Launen, so daß sie der Verfasser, der diesem inter-

essanten Vorgänge sehr eingehende Untersuchungen gewidmet hat, die auch eine Aufklärung der Erscheinung brachten, doch nicht mit ganz reinem Gewissen empfehlen kann, wenn ein unersetzliches Negativ vorliegt. Zum mindesten möchte ich anraten, die Persulfatabschwächung erst an weniger wertvollen Negativen zu studieren.

Es ist hier nicht der Ort, die interessanten Vorgänge bei der Abschwächung mit Persulfat vom theoretischen Standpunkte zu erörtern. Die Untersuchungen des Verfassers haben gezeigt, daß das Adsorptionsvermögen des Silbergels für Thiosulfat bzw. die Bromsilberkomplexsalze hier ausschlaggebend sind, wie man aus meinen Originalpublikationen entnehmen möge ¹⁾.

1) Lüppo-Cramer, „Kolloidchemie und Photographie“, S. 108f., Dresden 1908; ferner „Zeitschr. f. Chemie u. Industrie d. Kolloide“ 1908, S. 33, 135, 170.

VII. Der Kopierprozeß in der Röntgenographie.

Der Kopierprozeß, die Herstellung von positiven Bildern nach dem Negativ, spielt in der Röntgenographie bei weitem nicht eine so wichtige Rolle, wie in der gewöhnlichen Photographie. Einerseits wird der Röntgenologe seine Diagnose wohl stets auf Grund des Originalnegatives aufstellen und also in vielen Fällen seine Negative überhaupt nicht kopieren, andererseits wird er an seine Positivbilder nur die Anforderung stellen, daß sie die Einzelheiten des Negatives naturgetreu wiedergeben. Große ästhetische Ansprüche an Ton und Farbe, die in der Lichtbildkunst eine so große Rolle spielen, stellt man bei den Röntgenbildern im allgemeinen nicht, und so können wir uns in der Besprechung der Positivverfahren auf kurze Angaben beschränken.

I. Auskopierpapiere.

Unter Auskopierpapieren versteht man photographische Papiere, die neben kolloidem Chlorsilber (siehe Kapitel I, S. 5) noch lösliche Silbersalze enthalten, die als „chemische Sensibilisatoren“ wirken. Chlorsilber allein schwärzt sich im Lichte nicht intensiv genug, um kräftige Kopien zu geben. Wird dem im Lichte sich absplattenden Chlor aber Gelegenheit geboten, absorbiert zu werden, so kann sich das ganze Korn zersetzen und liefert so ohne Einschaltung eines Entwicklungsprozesses eine stark deckende Schicht von kolloidem Silber.

Die Chlorsilberemulsion der Auskopierschichten ist entweder in Kollodium („Zelloidinpapiere“) oder in Gelatine („Aristopapiere“) als Bindemittel eingebettet. Die übrigen kolloiden Bindemittel, mit denen die Photographie arbeitet, kommen für die Röntgenographie nicht in Betracht.

Die Zelloidinpapiere haben den Vorteil, daß ihre Schicht nicht klebrig ist, so daß man die Bilder, nachdem sie die verschiedenen Bäder passiert haben, einfach zwischen Filtrierpapier trocknen kann, während man Gelatinebilder immerhin mit einiger Vorsicht behandeln muß, wenn man sie trocknet. Im übrigen ist die Behandlungsweise der beiden Sorten von Auskopierpapieren nicht wesentlich verschieden, wenn man von den ästhetischen Feinheiten absieht, die für das Röntgenbild bedeutungslos sind.

Die Auskopierpapiere werden in einem Kopierahmen in Kontakt mit dem Negative so lange im Tageslichte belichtet, bis sie erheblich dunkler erscheinen, als es vom fertigen Bilde gewünscht wird. Beim Fixieren werden die Bilder nämlich beträchtlich heller, sie „gehen zurück“. Theoretisch brauchte man die genügend kopierten Bilder nur in einer gewöhnlichen Fixiernatronlösung auszufixieren. Der Ton derartiger Bilder ist aber gar zu wenig ästhetisch befriedigend, außerdem würden solche Kopien zu wenig haltbar sein, da das kolloide Silber den atmosphärischen Einflüssen zu sehr unterliegt. Man tont deshalb die Chlorsilberbilder mit Gold. Für die Röntgenographie ist hierbei das einfachste Verfahren wieder das beste. Während daher die „Kunstphotographie“ wenigstens zu einem großen Teile die Tonung mit Gold oder auch Platin getrennt von der Fixierung vornimmt, wobei schönere Töne zu erzielen sind, wird der Röntgenograph ausschließlich mit dem kombinierten „Tonfixierbade“ arbeiten, das Goldsalz und

Fixiernatron in einer Lösung enthält und in das man einfach die Kopien einige Minuten hineinlegt, bis sie den üblichen braunen bis blauen „Photographieton“ erreicht haben. Hierauf ist dann noch auszuwaschen und zu trocknen.

Die zahlreichen Papiere des Handels lassen sich alle in gleicher Weise „tonfixieren“, wenn auch die verschiedenen Fabrikate in den ihnen angepaßten Lösungen, die auf den Gebrauchsanweisungen angegeben werden, wieder mehr oder weniger die schönsten Töne geben.

Tonfixierbäder sind ziemlich lange haltbar und in guter Qualität im Handel. Eine einfache und gute Vorschrift ist folgende: Man löse in 1 Liter Wasser 200 g Fixiernatron. Hierzu füge man langsam unter Schütteln eine Lösung von 40 g Bleinitrat in 200 ccm Wasser. Man erhält eine klare Lösung, die man bei Zimmertemperatur 2 bis 3 Tage, besser noch einige Tage länger, stehen läßt. Es tritt hierbei eine partielle Zersetzung des entstandenen Doppelsalzes von Bleithiosulfat mit Natriumthiosulfat ein, und es bildet sich ein schwarzer Bodensatz von Schwefelblei. Zu der abfiltrierten Lösung füge man dann 30 ccm einer Lösung von Goldchlorid 1 : 100. Das Bad ist nun gebrauchsfertig und kann mehrmals nacheinander benutzt werden, bis die Tonung träge verläuft.

Die getonten Bilder sind besonders gründlich in fließendem Wasser (1 Stunde lang) zu waschen.

II. Entwicklungspapiere.

Entwicklungspapiere, auch Bromsilber-, Chlorbromsilber- oder Gaslichtpapiere genannt, werden im Prinzip wie die Aufnahmeplatten behandelt. Man erzeugt unter dem Negative im Kopierrahmen durch eine kurze Belichtung ein latentes Bild, das man in demselben Entwickler, z. B. Glyzinbrei 1 : 15 bis 1 : 30, hervorrufft

wie das Negativ. Die Empfindlichkeit der zahlreichen Fabrikate des Handels ist zu verschieden, als daß man allgemeine Angaben über die erforderliche Belichtungszeit machen könnte. Die relativ wenig empfindlichen sogen. Gaslichtpapiere sind insofern recht bequem, als man sie nicht bei rotem Lichte zu verarbeiten braucht, sondern z. B. bei Auerlicht in kurzer Entfernung belichten und in größerer Entfernung von derselben Lichtquelle die Entwicklung vornehmen kann.

Die Verwendung von Entwicklungspapier hat den Vorzug, daß man auch von weniger kräftigen Negativen, wie sie in der Röntgenpraxis ja oft vorkommen, durch Variation von Belichtungsdauer und Entwicklung noch leichter ein ansehnliches Positiv erzielen kann als auf den Auskopierpapieren. Bezüglich der Entwicklung geben die den einzelnen Fabrikaten beigegebenen Gebrauchsanweisungen alle erforderlichen Hinweise, so daß eine weitere Besprechung hier nicht notwendig ist.

Die Entwicklungspapiere tragen als kolloides Bindemittel ausnahmslos Gelatine. Man kann sie daher auch nicht wie das Zelloidinpapier einfach zwischen Papier trocknen. Hat die Herstellung einer fertigen Kopie indessen Eile, so kann man die Trocknung eines Gelatinepapiers, sei es nun Entwicklungspapier oder „Aristopapier“, beträchtlich beschleunigen, indem man die gut ausgewaschene Kopie einige Minuten lang in Alkohol legt.

Namenregister.

(Die Zahlen geben die Seiten an.)

- Abney** 59. 67.
Albert 71.
- Becquerel** 65. 67.
Blaas 76.
Bredig 31.
Büchner 45. 105.
- Carey Lea**, siehe **Lea**.
Chapman Jones 106.
Clayden 42. 44. 45. 46. 48. 49.
53. 55. 60. 63. 64. 65. 66. 69.
Cramer, siehe **Lüppo-Cramer**.
Credé 4.
Czermak 76.
- Dessauer** 70.
Dillaye 104. 105.
Dombrowsky 73. 75.
Donné 31.
Dony-Hénault 75.
Driffield 30.
- Eder** 20. 22. 23. 42. 43. 45. 53.
55. 68. 69. 74. 76.
Ellon 94.
Eykman 29. 70.
- Freund** 22.
- Gaedicke** 106.
Glew 43. 44.
Grätz 57. 75. 76.
- Greinacher** 57.
Guébbhard 104.
Guntz 20.
- Hansmann** 71.
Hardy 21.
Hauff 108. 109.
Herschel 59. 60. 65. 66. 69.
Holz knecht 22. 70.
Hrudnik 68.
Hübl, von 88. 93. 95. 96. 107.
108.
Hurter 30.
- Kzewusky** 22.
- Lassaigne** 68.
Lea, **Carey** 2. 4. 20. 67.
Lenard 31. 54. 60.
Liesegang 88.
Lippmann 7.
Lottermoser 4.
Lüppo-Cramer 2. 3. 10. 16.
20. 21. 22. 23. 26. 30. 36. 45.
52. 67. 68.
Luther 27. 28. 30. 32. 36. 37.
40. 41. 49. 58. 60. 65. 71. 75.
- Meyer**, **E. von** 4.
- Neuhauß** 26. 105.
Niepee de St. Victor 76.

Obermayer, von 103. 104.

Poitevin 67.

Precht 45. 46. 60.

Rekaschow 7.

Righi 57.

Röntgen 22.

Russel 74. 76.

Rutherford 73. 77.

Schaum 31. 70.

Scheffer 131.

Schleußner 6. 11. 27. 47. 48.
56. 58. 60. 70. 128.

Scholl 31.

Schultz-Sellak 31.

Schwarz 21.

Siedentopf 1.

Spinoza 46.

Stark 54.

Starke 57.

Sterry 21.

Tappen 7.

Trivelli 59. 66.

Ushkoff 27. 28. 30. 32. 36. 37.
40. 41. 49. 58. 60. 65. 71.

Valenta 22. 23. 55. 68. 69.

Vidal 23.

Villard 59. 60. 63. 65. 66.

Walter, B. 10. 44. 45. 49. 50.

Walter, R. 105.

Weiß 45.

Willcock 21.

Witt 57.

Wöhler 20.

Wolf 31. 54.

Wood 42. 44. 55. 56. 64. 65. 66.

Zehnder 36. 52. 55. 58. 70.

Zeiß 54. 55. 58.

Zenker 67.

Zsigmondy 1. 4.

Sæchregister.

(Die Zahlen geben die Seiten an.)

- Abschwächung** 129.
— nach Farmer 130.
— mit Persulfat 131.
Abstimbarkeit der Entwickler
87. 99.
Adurol 79.
Ätherische Öle 76.
Aufbewahrung der Platten 110.
Bromkalium im Entwickler 97.
Bromsilber, kolloides 5.
Bromsilbergehalt der Platten 7.
Brenzkatechin 79. 93.
Chlorsilber, kolloides 5.
Clayden-Effekt 42 ff.
Dunkelkammerbeleuchtung
113.
Edinol 80. 92.
Eikonogen 80.
Eisenoxalat 79. 80.
Entwicklung 10.
—, fehlerhafte 13.
—, „harte“ und „weiche“ 97.
Entwicklertemperatur 88. 92.
98. 109.
Farbschleier 13. 14.
—, Entfernung desselben 16.
Films 17.
Fixierprozeß 118.
Glyzin 80. 93 ff.
Glyzinbrei 95. 96. 107. 108.
**Haltbarkeit von Platten und
Films** 17. 110.
Härten (Gerben) der Negative
120. 124.
**Harze und Balsame, Wirkung
auf die Platte** 76.
Herschel-Effekt 69.
Hydrochinon 79. 93. 94.
**Kollodiumemulsion, Wirkung
der X-Strahlen auf die** 22.
71.
Kopierprozeß 133.
**Kornstruktur der Platten und
Negative** 7. 11.
Kräuseln der Schicht 93. 118.
**Latentes Bild der Röntgen-
strahlen** 19 ff.
— —, „Entwicklung“ desselben
durch Tageslicht 27 ff.
— — der Radiumstrahlen 57.
Löcher 89. 123.
Luftblasen im Entwickler 89.
Metol 79. 85.
Metolhydrochinon 86.
Nadelstiche 90.

- O**rtol 80.
Ozon 75. 77.
- P**aramidophenol 79.
Pyrogallol 79. 91.
- R**apidentwicklung 82. 83.
Reifungsprozeß 6 ff.
Rodinal 79. 92.
- S**chleier 92. 98. 110.
—, Entfernung desselben 130.
—, siehe auch Farbschleier.
Schutzwirkung der Kolloide 3.
Silber und seine Verbindungen 1 ff.
—, kolloides oder Silbersol 1 ff.
Silbergel 3. 11.
Solarisation 62. 69. 70.
Standentwicklung 14. 101.
— mit Glyzin 107. 108.
- T**erpentinöl 76.
Thiosulfat im Entwickler 14.
81. 86.
Trocknen der Negative 122.
— mit Alkohol 123.
- U**ltramikroskopie 1.
Ultraviolettes Licht, Wirkung desselben auf die Platte 54.
56. 64.
Uranverstärker 129.
- V**erstärkung 125.
— mit Sublimat 126.
— — Jodquecksilber 128.
— — Uran 129.
- W**asserstoffsperoxyd 74.
Waschen der Negative 122.
- Z**erstäubungstheorie 30 ff.
Zurückgehen der Negative 120.

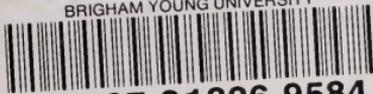
24. Leitfaden für die Ausübung der gebräuchlichen Kohle-druck-verfahren nach älteren und neueren Methoden. Von G. Mercator. Mk. 3.
25. Die Photoglyptie oder der Woodbury-Druck. Von L. Vidal. Mk. 6.
26. Die Dreifarbenphotographie mit besonderer Berücksichtigung des Dreifarbedruckes u. s. w. Von A. Freiherrn von Hübl. 2. Aufl. Mk. 8.
27. Die Diapositivverfahren. Prakt. Anleit. zur Herstellung von Fenster-, Stereoskop- und Projektionsbildern u. s. w. Von G. Mercator. 2. Aufl. Mk. 2.
28. Technik und Verwertung der Röntgenschen Strahlen im Dienste der ärztlichen Praxis und Wissenschaft. Von Dr. O. Büttner und Dr. K. Müller. 2. Aufl. Mk. 7.
29. Die Moment-Photographie. Von Hauptmann L. David. Mk. 8.
30. Die Verwendung künstlicher Lichtquellen zu Porträtaufnahmen und Kopierzwecken. Von G. Mercator. Mk. 3.
31. Die Entwicklung der photographischen Bromsilber-Gelatineplatte bei zweifelhaft richtiger Exposition. Von A. Freiherrn von Hübl. 3. Aufl. Mk. 2,40.
32. Der Lichtdruck an der Hand- und Schnellpresse samt allen Nebearbeiten. Von Prof. A. Albert. 2. Aufl. Mk. 7.
33. Die Farbenphotographie nach Lippmanns Verfahren. Von Dr. R. Neuhauss. Mk. 3.
34. Anleitung zur Herstellung von negativen und positiven Lichtpausen auf Papier, Leinen, Seide u. s. w. Von G. Mercator. Mk. 3.
35. Sammeln und Verwerten edelmetallhaltiger, photographischer Abfälle. Von R. Rosenlecher. Mk. 1.
36. Die chemischen Vorgänge in der Photographie. Sechs Vorträge von Dr. R. Luther. Mk. 3.
37. Die Photokeramik und ihre Imitationen. Von G. Mercator. Mk. 3.
38. Die verschiedenen Methoden des Lichtdruckes. Von Prof. A. Albert. Mk. 2,40.
39. Die Entwicklung der photographischen Bromsilbertrockenplatte und die Entwickler. Von Dr. R. A. Reiss. Mk. 4.
40. Wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Photographie. Von Dr. Lüppo-Cramer. Mk. 4.
41. Das photographische Objektiv. Von H. Scheffler. Mk. 2,40.
42. Die Ferrotypie. Anleitung zur Ausübung der verschiedenen älteren und modernen Ferrotypverfahren auf Kollodion, Kollodion-emulsion und Bromsilbergelatine mittels Tages- und Blitzlicht. Von G. Mercator. Mk. 2.
43. Die Wasser-Spiegelbilder. Angaben für Zeichner, Maler und Photographen. Von Prof. Dr. P. Saleher. Mk. 1,50.
44. Anleitung zum Kolorieren photographischer Bilder jeder Art mittels Aquarell-, Lasur-, Oel-, Pastell- und anderen Farben. Von G. Mercator. Mk. 2,40.

Jedes Heft ist einzeln käuflich.

45. **Der Schutz der Photographieen und das Recht am eigenen Bilde.** Von H. Schneieckert, Rechtsprakt. Mk. 5.
46. **Chemie für Photographen.** Unter besonderer Berücksichtigung des photograph. Fachunterrichtes. Von Prof. Dr. F. Stolze. Mk. 4.
47. **Die Ozotypie.** Ein Verfahren zur Herstellung von Pigmentkopieen ohne Uebertragung. Von A. Freiherrn von Hübl. Mk. 2,—.
48. **Das Arbeiten mit Rollfilms.** Von H. Müller. Mk. 1,50.
49. **Optik für Photographen** Unter besonderer Berücksichtigung des photograph. Fachunterrichtes. Von Prof. Dr. F. Stolze. Mk. 4.
50. **Dreifarbentphotographie nach der Natur** nach den am Photochemischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu Berlin angewandten Methoden. Von Prof. Dr. A. Miethe. 2. Aufl. Mk. 2,50.
51. **Der Gummidruck.** Von Dr. Wilhelm Kösters. Mk. 3.
52. **Ueber radioaktive Energie** vom Standpunkte einer universellen Naturanschauung. Von Prof. H. Krone. Mk. 1.
53. **Praktische Anleitung zur Ausübung der Hellogravüre.** Von Siegmund Gottlieb. Mk. 1,50.
54. **Die Tonungsverfahren von Entwicklungspapieren.** Von Dr. E. Sedlaczek. Mk. 4,—.
55. **Der Porträt- und Gruppenphotograph beim Setzen und Beleuchten.** Von Ernst Kempke. 2. Auflage. Mk. 1,20.
56. **Das Arbeiten mit modernen Flachfilm-packungen.** Von G. Mercator. Mit 8 Abbildungen. Mk. 1,—.
57. **Das photographische Urheberrecht** nach dem Gesetze vom 9. Januar 1907. Von Fritz Hansen. Mk. 2,40.
58. **Photographische Probleme.** Von Dr. Lüppo-Cramer. Mit 25 Photogrammen. Mk. 7,50.
59. **Das Kopieren bei elektrischem Licht.** Von A. Freiherrn von Hübl. Preis Mk. 1,80.
60. **Die Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochromplatten.** Von A. Freiherrn von Hübl. 2. Aufl. Preis Mk. 2,—.
61. **Photographisches Lexikon.** Von Prof. Dr. F. Stolze. Mk. 4,50.
62. **Die Photographie in den Tropen mit den Trockenplatten.** Von Alfr. Saal. Preis Mk. 3,60.
63. **Moderne photographische Kopierverfahren.** Ozobromprozess und Bromsilberpigmentpapier; Oeldruck und Bromöldruck; Katalotypie; Pigmentgravüre. Von Dr. Erich Stenger. Mk. 2.
64. **Die Panoramengeräte** in ihren Vorzügen und Mängeln, sowie ihre Verwendung in der Praxis. Von Prof. Dr. F. Stolze. Preis Mk. 3,—.
65. **Allgemeine Aesthetik der photographischen Kunst** auf psychologischer Grundlage. Von Dr. phil. W. Warstat. Preis Mk. 3,—.
66. **Photographie als Lehr- und Forschungsgegenstand.** Von Prof. Dr. R. Luther. Preis Mk. 1,—.

Jedes Heft ist einzeln käuflich.

BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY



3 1197 21826 9584

