

4. HEYMER, G., Agfa-Veröff. Bd III, Leipzig 1933, S. 201.
5. USA-Pat. 1757543 (1928).
6. DRP. 558365 (1928).
7. HEYMER, G., Agfa-Veröff. Bd. II, Leipzig 1931, S. 111.
8. DRP. 247923 (1911).
9. FP. 402650 (1908).
10. FP. 521533 (1920).
11. FP. 399762, DRP. 223236 (1908).
12. Über Agfacolor-Schmalfilm siehe Phot. Ind. 30, 1932, Heft 48, S. 1199.  
Über Agfacolor-Kleinbild s. WEIL, F., Agfa-Veröff. Bd. III, Leipzig 1933, S. 208.
13. FP. 472791 (1913).
14. FP. 472090 (1913).
15. FP. 472954 (1913).
16. LIPPMANN, Journ. d. Physique 1908, S. 821.
17. FP. 689881 (1929).
18. FP. 643526 (1927).
19. FP. 781718 (D. 1933).
20. DRP. 590145 (1932).
21. DRP. 527158 (1929).
22. FP. 764923 (D. 1932).
23. DRP. 498027 (1929).
24. DRP. 606905 (1930).
25. DRP. 583747 (1931).

# Farbenfilm nach dem Silberfarbbleichverfahren.

Von Gerd Heymer.

Mit 1 Abbildung.

## I. Grundlagen und Vorgeschichte.

### A. Die Bewertung subtraktiver Farbenverfahren.

Die nach dem subtraktiven Verfahren arbeitenden Farbenfilme für das Kinotheater haben den Vorzug, daß ihr Lichtbedarf bei der Projektion wesentlich geringer ist als bei den additiven Verfahren. Auch das Fehlen zusätzlicher Einrichtungen am Projektor bedeutet einen Vorteil, vor allem hinsichtlich der Ausnutzung eines Films auch in den kleinen und kleinsten Theatern. Dem stehen die größeren Schwierigkeiten gegenüber, die die Herstellung eines subtraktiven Farbenfilms mit sich bringt. Diese beginnen schon mit der Herstellung der Teilauszüge und erreichen ihren Höhepunkt in jenem Stadium des Prozesses, der für die Farbdichte der Kopie bestimmend ist. Da bei Verfahren, bei denen der Farbstoff in die Bildschicht hineindiffundiert, die Tiefe der Einfärbung als Ergebnis dieses Prozesses stets etwas unsicher ist, sind diejenigen Verfahren besonders vorteilhaft, bei welchen der Farbstoff oder ein die Farbstoffmenge bestimmender Farbstoffbildner schon im Fabrikationsprozeß in die photographische Schicht gebracht wird. Derartige Verfahren sind in der Literatur wiederholt vorgeschlagen worden.

Es hat sich jedoch gezeigt, daß diese Vorschläge in der Praxis einer erheblichen, bisweilen grundsätzlichen Modifizierung bedurften, und daß die beste Leistung sich erst dann erzielen ließ, wenn auch das Aufnahmeverfahren den Besonderheiten des Positivverfahrens angepaßt wurde. Ein derartiges Verfahren ist von uns seit dem Jahre 1927 bearbeitet worden. Da die Ergänzung der vorhandenen Literaturstellen durch die von uns genommenen Patente, besonders auch hinsichtlich der Anpassung an das besondere Aufnahmeverfahren, dem Uneingeweihten nur schwer ein Bild der Beziehungen zwischen den einzelnen Komponenten vermittelt, soll im folgenden versucht werden, diesen Zusammenhang klar werden zu lassen, wobei als Sammelbegriff für das sich hieraus ergebende Verfahren der Name „Silberfarbbleichverfahren“ vorgeschlagen sei, der sich vor allem durch die Ableitung des Verfahrens aus dem Farbstoffausbleichverfahren rechtfertigt.

### B. Ausbleichen von Farbstoffen durch Licht: Farbstoff-Ausbleichverfahren.

Dieses ideale Kopierverfahren für Farbenphotographien ist zuerst von R. E. LIESEGANG 1889 [1] beschrieben worden. Mischt man drei Farbstoffe in den Farben Gelb, Purpur und Blaugrün, deren Absorptionsgebiete den Grundfarben Blau, Grün und Rot entsprechen, so ergeben diese zusammen Schwarz. Verwendet man als Farbstoffe solche, welche in demjenigen Lichte ausbleichen, welches sie absorbieren, so bleicht aus dem schwarzen Gemisch unter der Wirkung roten Lichtes der blaugrüne Farbstoff aus, so daß die Farbe der beiden übrig gebliebenen Farbstoffe Gelb und Purpur zusammen Rot, also die Farbe des eingestrahnten Lichtes ergibt. Ähnlich bleicht durch grünes Licht der purpurne Farbstoff aus, während der Rest, Gelb und Blaugrün, zusammen Reingrün ergeben; als dritter Fall bleibt nach Zerstörung des gelben Farbstoffes durch blaues Licht nur Purpur und Blaugrün übrig, die zusammen nur reines Blau durchlassen. Bei Belichtung unter einer farbigen Vorlage müssen derartige Schichten also die Farbe des Originals wiedergeben. Die Empfindlichkeit dieses Verfahrens, über das früher und auch neuerdings viel gearbeitet worden ist [2], konnte bisher noch nicht wesentlich über die der Auskopierverfahren hinausgeführt werden.

### C. Ausbleichen von Farbstoffen durch Chemikalien am Orte des Bildsilbers: Silberfarbbleichverfahren.

Den Übergang von diesem Verfahren zu solchen, bei denen die Funktion der Lichtabsorption auf das wesentlich empfindlichere Halogensilber übertragen wird, stellen die Verfahren dar, die SCHWEITZER [3] 1914 vorgeschlagen hat. Die lichtempfindliche Schicht enthält danach Halogensilber und den Farbstoff, und nach der Belichtung und Entwicklung wird durch rein chemische Behandlung dort, wo das entwickelte Silber sich befindet, der Farbstoff ausgebleicht. Die aus diesem Prinzip sich ableitenden Verfahren nennen wir „Silberfarbbleichverfahren“. Das Halogensilber dient also als Lichtfänger, das aus ihm durch Entwicklung entstandene Silber als Überträger der Lichtwirkung auf den Farbstoff. Diese Übertragung erfolgt nach dem Vorschlage SCHWEITZERS so, daß an die Stelle des Negativsilbers durch Behandlung mit Bleiferricyanid und danach mit Kaliumbichromat Chromate gesetzt werden; nach Übergang in saure Lösung oxydiert die entstehende Chromsäure bildmäßig die in der Schicht vorhandenen Farbstoffe.

Der gleiche Gedanke der Verteilung der Rollen von Lichtfänger und ausbleichenden Farbstoffen findet sich bei J. H. CHRISTENSEN [4] 1918. Infolge der Trennung von Lichtabsorption und Ausbleichwirkung können natürlich die Farbstoffe nicht mehr in einer einzigen Schicht beliebig gemischt werden, sondern zur Erzielung einer sauberen Trennung müssen die drei Grundfarbstoffe in drei getrennte Schichten eingebracht werden. CHRISTENSEN macht nun die spektralen Absorptionsgebiete der Farbstoffe

gleich den Sensibilisierungsgebieten des Halogensilbers, das sich in der betreffenden Schicht befindet. Wenn auch nähere Angaben hierüber nicht gemacht werden, so ist doch aus der Bemerkung, daß man durch unmittelbare Aufnahme oder durch Kopieren eines farbigen Bildes, z. B. von den bekannten Farbenplatten, zu mehrfarbigen Kopien gelangen könne, zu schließen, daß jede Halogensilberschicht in demjenigen Gebiete durch Zusatz geeigneter Sensibilisatoren empfindlich sein soll, in welchem der in der gleichen Schicht befindliche Farbstoff absorbiert, da es sonst nicht möglich ist, durch direkte Aufnahme oder durch Kopieren von der Farbenplatte zum farbigen Bild zu gelangen. Im Hinblick auf die folgenden Erörterungen wollen wir diese Verteilung der spektralen Empfindlichkeit des Halogensilbers und der Absorptionsgebiete der zugehörigen Farbstoffe die „natürliche Zuordnung“ nennen, weil sie genau den Verhältnissen bei dem Farbstoff-Ausbleichverfahren entspricht.

Die von CHRISTENSEN für die Ausübung des Verfahrens vorgeschlagenen Lösungen beruhen auf der Vorstellung, daß Reduktionsmittel verwendet werden, welche an sich die in der Schicht befindlichen Farbstoffe nur schwer oder erst bei höherer Temperatur angreifen. In Gegenwart des Silbers wird aber ihre Reaktionsfähigkeit so verändert, daß der Farbstoff angegriffen und zerstört wird. Es ist z. B. die Rede von einer 1 bis 3%igen Lösung von Natriumhydrosulfit, deren Wirkung auf den Farbstoff Oxaminrosa von der beschriebenen Art ist. Da die ausbleichende Wirkung proportional der Silbermenge ist, entsteht ein Bild mit Halbtönen; wenn das Farbstoffbild durchgebleicht ist, wird das nicht verbrauchte Silber durch die bekannten Lösungsmittel entfernt. Nähere Angaben über den Chemismus der Reaktion sind in der Patentschrift nicht enthalten.

LUTHER und v. HOLLEBEN [5] behandeln 1923 die gleiche Problemstellung, nämlich „das Silber einer entwickelten photographischen Schicht auf chemischem Wege in solche Stoffe umzuwandeln, die direkt oder indirekt die Zerstörung von Farbstoffen bewirken, wobei die Menge des zerstörten Farbstoffes in bestimmter stöchiometrischer Mengenbeziehung zur Menge des ursprünglichen Silbers steht“. Bei der Verwirklichung dieses Gedankens stützt sich dieses Patent auf die sogenannten gekoppelten Reaktionen: Es ist zum Beispiel bekannt, daß durch Chrom- oder Bromsäure sonst nicht zerstörbare Farbstoffe oxydierbar werden in Gegenwart von Vanadylsalzen. Die Reaktion zwischen dem Vanadylsalz und der Chrom- bzw. Bromsäure ist mit der Zerstörung des Farbstoffes gekoppelt. Um das Silber bildmäßig diese Reaktion bestimmen zu lassen, wird es nach den Vorschlägen des Patentes entweder auf der Seite des Vanadylsalzes als Komplexsalz (z. B. Vanadylferrocyanid) oder auf der Seite der Chrom- oder Bromsäure, z. B. als Silberchromat oder -bromat mit einem der Reaktionsteilnehmer verbunden. Außer diesem Beispiel, das mit dem Verfahren von SCHWEITZER nahe verwandt ist, sind andere Möglichkeiten erwähnt, so auch die bild-

mäßige Zerstörung des Farbstoffes durch Reduktion nach Maßgabe des Silberbildes, also ähnlich wie es CHRISTENSEN vorgeschlagen hatte.

Eine Vereinfachung des in den bisher genannten Patenten von SCHWEITZER, CHRISTENSEN und LUTHER und v. HOLLEBEN begründeten Verfahrens bedeuten die Untersuchungen von J. I. CRABTREE über die Herstellung von farbigen Umkehrbildern aus dem Jahre 1920 [6] und besonders die Versuche, die LÜPPO-CRAMER 1927 [7] hieran anschloß. CRABTREE hatte bei den Untersuchungen über die Wirkung von saurem Fixierbad auf gefärbte Kinefilme gefunden, daß bei photographischen Schichten, welche ein Silberbild enthalten und mit Methylenblau, Methylengrün und anderen leicht zur Leukobase reduzierbaren Farbstoffen angefärbt sind, im sauren Fixierbad ein umgekehrtes Farbstoffbild entsteht, bei welchem dort, wo sich das Silber befand, der Farbstoff ausgebleicht ist, also ganz so wie etwa bei CHRISTENSEN. Die reine Farbskala kommt zum Vorschein, nachdem das stehengebliebene Silberbild mittels der bekannten Silberlösungsmittel, wie Ferrizyankalium, Jod in Zyankali, Jod in Thioharnstoff u. a. entfernt worden ist. Während nun CRABTREE noch gemeint hatte, daß zum Zustandekommen der Reaktion außer dem Farbstoff und dem Silber die gleichzeitige Anwesenheit von Bisulfit und Thiosulfat erforderlich sei, hat LÜPPO-CRAMER die Reaktion näher untersucht und gefunden, daß das Thiosulfat ebensogut durch Zyankalium oder Rhodankalium ersetzt werden kann, wobei man im letzten Falle wegen der verflüssigenden Wirkung der Rhodanide auf die Gelatine diese vorher härten mußte. Selbst das Sulfit konnte im Falle des Rhodankaliums noch weggelassen werden; daraus zieht LÜPPO-CRAMER den sehr wichtigen Schluß, daß zum Zustandekommen der Reaktion außer den Reaktionspartnern lediglich irgendein Lösungsmittel für Silber und saure Reaktion erforderlich ist. Damit sind aber die wesentlichen Kennzeichen des Silberfarbbleichverfahrens erschöpfend beschrieben: Leicht reduzierbare Farbstoffe, ein Silberbild, dessen nicht ausgenutzte Reste durch irgendein Silberlösungsmittel entfernt werden, als Ausbleichlösung ein Silberlösungsmittel in saurer Lösung und gegebenenfalls, falls die Bleichlösung dazu neigt, die Gelatine zu verflüssigen, ein Härtungsmittel für die Gelatine, welches vor dem Eintritt der Probe in das Bleichbad anzuwenden ist.

## II. Die praktische Durchführung des Silberfarbbleichverfahrens.

### A. Das Bleichbad.

Bei unseren im Jahre 1927 begonnenen Arbeiten, welche auf den unter I C angeführten Tatsachen fußten, wurde als Silberlösungsmittel zuerst Jodkalium, später Thioharnstoff allein oder in Kombination mit Bromkalium oder Jodkalium verwendet. Da die Geschwindigkeit der Reaktion mit dem Gehalt an Säure zunahm, wurde in stärker saurer Lösung gearbeitet. Die Schichten wurden hoch gehärtet.

### B. Die Farbstoffe.

In Übereinstimmung mit den Angaben CHRISTENSENS wurden die am besten geeigneten Farbstoffe in der Klasse der Dianilfarbstoffe und allgemein unter den substantiven Azofarbstoffen gefunden, doch ist die Eignung der Farbstoffe, außer in bezug auf ihre spektralen Eigenschaften, sehr verschieden hinsichtlich der Ausbleichbarkeit. Zahlreiche Farbstoffe bleichen z. B. zwar gut, lassen aber gefärbte Reste zurück. Im Verlaufe der Untersuchungen wurden an die 1000 Farbstoffe untersucht, doch erwiesen sich nur ganz wenige als brauchbar in jeder Beziehung.

### C. Die Farbstofftrennung durch Ausfällung.

Sehr wesentlich bei der Bewertung des Farbstoffes ist die Größe seines Diffusionsvermögens, da die Konturenschärfe der erhaltenen Bilder unter zu starker Diffusion beträchtlich leiden kann. Es hat sich jedoch gezeigt, daß auch die hinsichtlich Konturenechtheit besten Farbstoffe versagen, sobald es sich darum handelt, mehrere verschieden gefärbte Schichten übereinander zu gießen, wie das für einen Mehrfarbenfilm erforderlich ist. Die aus der Färbereitechnik bekannte Verlackung der Farbstoffe durch Bildung unlöslicher Schwermetallsalze (Ca, Ba) bringt in manchen Fällen zwar eine Verbesserung, doch reicht diese Ausfällung nicht in allen Fällen aus, um eine saubere Trennung aller Farbstoffschichten zu erzielen.

Das Übereinandergießen mehrerer verschieden gefärbter Schichten erwies sich erst dann als einwandfrei möglich, als wir dazu übergingen, unlösliche Niederschläge von einer gewissen Teilchengröße zu erzeugen [8], indem z. B., worauf es bei dem hier zu behandelnden Verfahren hauptsächlich ankommt, die sogenannten „sauren“ Farbstoffe mittels gleich oder ähnlich gefärbter „basischer“ Farbstoffe oder farbloser Substanzen von wirkungsgleichem Charakter ausgefällt wurden, wozu sich die oben erwähnten substantiven Azofarbstoffe, von denen eine Reihe in diesem Patent genannt ist, besonders gut eignen. Wenn auch die substantiven Farbstoffe zum größten Teile die Gelatine anfärben, ohne aus der Gelatine in das Waschwasser in nennenswerter Menge hineinzugehen, so ist doch ein Wandern innerhalb der Gelatine nicht vollkommen zu vermeiden. Durch die Ausfällung wird die Wanderung verhindert oder auf ein ungefährliches Maß herabgedrückt.

### D. Anpassung von Schichtfarbe und spektraler Empfindlichkeit.

Eine besondere Betrachtung erfordert die Frage der Sensibilisierung der einzelnen Schichten. Wie erwähnt, hatte CHRISTENSEN die „natürliche Zuordnung“ von Schichtempfindlichkeit und Absorptionsgebiet des Farbstoffes der gleichen Schicht vorgeschlagen. Ein nach CHRISTENSEN aufgebauter Film müßte also das in Tabelle 1 gezeigte Aussehen haben, welches im wesentlichen dem des bekannten normalen Dreipacks entspricht. Wegen der bei allen Schichten vorhandenen Blauempfindlichkeit müßte die erste

Schicht gelb gefärbt und blauempfindlich sein. Von den hindurchgegangenen grünen und roten Strahlen werden, gegebenenfalls nach Abfilterung der restlichen blauen Strahlen, die grünen in der purpur gefärbten Schicht absorbiert und registriert, die roten in der rotempfindlichen Blaugrünschicht.

Tabelle I.  
Sensibilisierung der Teilschichten nach CHRISTENSEN.

	Empfindlichkeitsgebiet	Anfärbung
1. Schicht	blau	gelb
2. „	grün	purpur
3. „	rot	blaugrün

Lang ausgedehnte Versuche haben jedoch erwiesen, daß es auch bei sauberstem Arbeiten nicht gelingt, die Wirkung einer Grundfarbe auf die Schicht, in der sie aufgezeichnet werden soll, zu beschränken, wenn die Schichtfarbstoffe in der für Durchsichtsbilder erforderlichen hohen Konzentration angewendet werden. Der Grund hierfür ist folgender: In der in Abb. 1 gezeichneten Anordnung soll in der gelb gefärbten Schicht nur durch

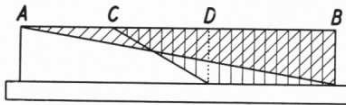


Abb. 1. Eindringtiefe farbigen Lichtes in gefärbte Schichten.

blaues Licht ein Bild erzeugt werden; es stellt sich jedoch heraus, daß das Grün- und Rotbild eine letzten Endes viel stärkere Wirkung auf die Gelbschicht ausüben als das für diese bestimmte Blaubild. Für das Blaubild wirkt nämlich der gelbe Farbstoff als Filter ähnlich, wie das bei den sogenannten Dup-Filmen des Handels bewußt zwecks Verflachung der Gradation angewendet wird (Abb. 1). Eine von A bis B in ihrer Schwärzung abnehmende Grauskala erzeugt im blauen Lichte eine von A nach B zunehmende Schwärzung, die bei B den Grund der Schicht erreichen möge. Erst in B wird also nach dem Ausbleichprozeß die Schicht völlig durchgebleicht erscheinen. Sollen nun gleichzeitig mit dieser Gelbschicht zusammen die beiden anderen Schichten mit grünem und rotem Licht beeindruckt werden, so trifft Licht dieser Farbe natürlich auch auf die Gelbschicht. Obwohl diese Schicht nicht sensibilisiert ist, zeigt sie doch eine wenn auch sehr viel geringere Empfindlichkeit für Grün und Rot, deren Schwellenwert bei C liegen möge. Da jedoch Grün und Rot durch den gelben Farbstoff nicht absorbiert werden, ist die Gradation der Grün- + Rotlichtskala erheblich steiler als die der Blaulichtskala und erreicht infolgedessen den Grund der

Schicht sehr viel eher als die Blauskala, nämlich schon bei D, so daß das viel kräftigere Grün- + Rotlichtbild das Blaulichtbild im Gebiete stärkerer Belichtungen vollkommen überdeckt. Ähnliches gilt für die beiden anderen Schichten. Daraus ergibt sich aber, daß es nicht möglich ist, bei verschiedenartig gefärbtem Licht die Farbauswahl durch diejenigen spektralen Gebiete vornehmen zu lassen, die mit dem Absorptionsgebiet des Schichtfarbstoffes übereinstimmen. Daraus folgte die Notwendigkeit, die „natürliche Zuordnung“ grundsätzlich zu verlassen, womit man darauf verzichtet, direkt von der farbigen Vorlage zu kopieren oder eine direkte Farbaufnahme herzustellen.

Wir gingen deshalb dazu über [9], das Sensibilisierungsgebiet lediglich durch die Schichtanfärbungen bestimmen zu lassen und zur Belichtung solche Originale zu benutzen, welche sich mit der der Schichtempfindlichkeit entsprechenden Kopierlichtfarbe übertragen lassen. In dem oben genannten Beispiel der gelben Schicht wird deshalb als Empfindlichkeitsgebiet das Rot oder Grün gewählt; das bedeutet aber, daß der Blauauszug mit einer dieser Lichtarten, auf keinen Fall aber mit blauem Licht, in die Gelbschicht übertragen werden muß. Ähnliches gilt für die anderen Schichten. So wird also die Purpurschicht, welche grünes Licht absorbiert, entweder mit blauem Licht oder, falls sie dafür empfindlich gemacht ist, mit rotem Licht kopiert werden. Letzteres wird man natürlich, um eine Verschiedenheit gegenüber der Gelbschicht zu erreichen, nur dann tun, wenn die Gelbschicht nicht ebenfalls für rotes, sondern für grünes Licht empfindlich ist. Falls die Purpurschicht unter der gelben liegt, kann nur die Zuordnung in Frage kommen, bei der die Gelbschicht für grünes Licht empfindlich ist, während die Purpurschicht rotempfindlich ist, weil die Belichtung mit blauem Licht wegen der Absorption in der darüberliegenden gelben nicht möglich ist. Aus dem gleichen Grunde ist eine Belichtung der blaugrünen Schicht durch die gelbe und purpurne hindurch nicht möglich, weil durch beide Farbstoffe nur rotes Licht hindurchgeht, das aber gerade in der blaugrünen Schicht absorbiert wird. Diese Schicht muß also von der anderen Seite her belichtet werden, und zwar mit blauem oder grünem Lichte. Man kann auch die Blaugrünschicht für sich auf der zweiten Seite des Films anordnen. Jedenfalls ist ohne eine Verschiebung des spektralen Gebietes der Schichtempfindlichkeit gegenüber dem Absorptionsgebiet des Schichtfarbstoffes die Herstellung von Durchsichtsbildern mit gefärbten Bildschichten kaum möglich.

Der gleiche Gedankengang ist unabhängig, aber zeitlich später (Juli 1931) von B. GASPAR in einer entsprechenden Patentanmeldung niedergelegt worden. Auf diese und die zahlreichen weiteren Anmeldungen, die GASPAR auf diesem Gebiet genommen hat, an dieser Stelle einzugehen, verbietet sich zurzeit, weil angesichts der vielfachen Vorveröffentlichungen (s. oben) damit gerechnet werden muß, daß ihr endgültiger Inhalt im Verlaufe des Erteilungsverfahrens sich noch ändert.

### E. Anpassung von Aufnahme- und Kopiermaterial.

Der oben geschilderte Film nach dem Silberfarbbleichverfahren ist wegen des in der Schicht enthaltenen Farbstoffes und der besonderen Absorptions- und Empfindlichkeits-Verhältnisse lediglich als Kopierfilm brauchbar. Es ist das Verdienst von B. GASPARD, für das Gebiet des Trickfilms, auf dem diese Beschränkung keine Rolle spielt, das Silberfarbbleichverfahren in Gestalt des Gasparcolor-Films in die Praxis eingeführt zu haben. Von den Leistungen dieses Verfahrens vermochten die auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für photographische Forschung 1934 gezeigten Filme ein gutes Bild zu geben [10].

Um auch für Spielfilme eine einfache, allgemein verwendbare Aufnahme- methode zu besitzen, kommt vorzugsweise ein Verfahren in Betracht, bei welchem es möglich ist, die Filter von Aufnahme zu Wiedergabe im Sinne der obigen Ausführungen grundsätzlich zu vertauschen oder zu verändern; aus farbigen Rasteraufnahmen können zwar mittels geeigneter Filter die Teilauszüge herausgeholt und diese mit den der Schichtempfindlichkeit entsprechenden Kopierfiltern auf den Silberfarbbleichfilm gebracht werden, doch ist das Verfahren umständlich und gibt wegen der zahlreichen Schritte, bei denen es auf die Paßgenauigkeit der Perforationslöcher ankommt, leicht Anlaß zu Deckungsfehlern oder Unschärfe. Als Aufnahmematerial zu einem Kopierfilm mit spektral verschobener Zuordnung der Filter ist jedoch der Linsenrasterfilm ganz besonders geeignet. Denn gerade hier ist, gemäß dem auf S. 183 geschilderten Prinzip [9], die Möglichkeit der Anpassung der Filterfarbe an die Kopierschichtempfindlichkeit durch einfache Vertauschung oder Veränderung der Filter in einfachster Weise gegeben. Berücksichtigt man die oben erwähnte Schwierigkeit, drei Schichten hintereinander zu kopieren, so verlangt die Anordnung der dritten Schicht auf der zweiten Seite des Films bevorzugt ein Aufnahmematerial, bei welchem sofort der für die dritte Schicht bestimmte Teilauszug die für den Kopierprozeß erforderliche Lage besitzt, d. h. man benötigt eine zweipackähnliche Anordnung, bei welcher ein Film einen Teilauszug aufnimmt, während der andere die beiden anderen registrieren muß, und zwar sollte dieser zweite Film nach den obigen Schilderungen ein Linsenrasterfilm sein, damit die nötigen Veränderungen der Filter entsprechend der Kopierschichtempfindlichkeit ohne weiteres vorgenommen werden können.

Das so zusammengesetzte Material nennen wir den Linsenraster-Zweipack [11], der in seiner normalen, sich aus dem gewöhnlichen Bipack ergebenden Form den Rotauszug auf dem Rückfilm, den Grün- und Blauauszug auf dem Frontfilm trägt. Entsprechend dieser Anordnung müssen dann die dem Grünauszug zugeordnete Purpurschicht und die dem Blauauszug zugeordnete Gelbschicht sich auf der gleichen Seite befinden, wie das oben geschildert wurde. Werden Front- und Rückfilm der Umkehrentwicklung unterworfen, so liegen beide in der für den Kopierprozeß erforderlichen

Form vor, nämlich als Positiv; unter Veränderung der Filter [9] wird der Frontfilm direkt auf die doppelseitig beschichtete Seite des Kopierfilms, der Rückfilm auf die blaugrün beschichtete Seite kopiert. Dies geschieht vorteilhafterweise im Kontaktverfahren [12], wobei also die beiden Originalfilme und der Kopierfilm gleichzeitig die Kopiermaschine durchlaufen. Auf diese Weise wird die Herstellung von subtraktiven Farbenfilmen von einer Einfachheit, die durchaus mit derjenigen des normalen Schwarz-Weiß-Kopierprozesses vergleichbar ist.

### F. Anpassung der Gradationen.

Bezüglich der Gradation der Kopierschichten ergeben sich vor allem dann unter Umständen Schwierigkeiten, wenn man die Gradation der Vorlagen für den Kopierfilm nicht beliebig ändern kann, wie das z. B. im Falle des Linsenrasterzweipacks für die beiden im Frontfilm enthaltenen Teilauszüge der Fall ist. Im Interesse einer möglichst gleichartigen Gradation ist es andererseits erwünscht, für die beiden Bildschichten die gleichen Halogensilberemulsionen zu verwenden. Nun sind aber alle Farbstoffe in verschiedenem Grade schwärzlich, so daß man infolge der Filterwirkung des Schwarzanteiles der Farben auch dann noch verschiedene Gradation bei gleicher Ausgangsemulsion erhält, wenn die Empfindlichkeitsgebiete der Schichten nicht mit den Hauptabsorptionsgebieten zusammenfallen. Um diesem Fehler zu begegnen, hat es sich als vorteilhaft herausgestellt [13], zusätzliche Farbstoffe als Filterfarbstoffe zu denjenigen Schichten hinzuzufügen, welche die steilere Gradation besitzen, um auf diese Weise zu gleichen Gradationen für die zusammengehörigen Schichten zu gelangen.

Aus dem gesamten Entwicklungsgang des Verfahrens geht deutlich hervor, daß von den zahlreichen Möglichkeiten der Verwirklichung der ursprünglichen Idee des Silberfarbbleichverfahrens nur noch eine sehr enge Auswahl wirklich brauchbarer Ausführungsformen sich herausgearbeitet hat; diese Einengung ist einerseits eine Folge der Schwierigkeiten, die sich im Verlaufe der praktischen Verwirklichung eines jeden Verfahrens einzustellen pflegen, andererseits aber der bewußten Zielsetzung, ein Kopierverfahren zusammen mit einem Aufnahmeverfahren zu verwenden, welches den Anforderungen des Kopierverfahrens seinerseits entgegenkommt. Erst durch die Einspielung beider Verfahren, desjenigen für die Aufnahme und des Kopierverfahrens, aufeinander hat sich die geschilderte, besonders einfache Methode ergeben können.

### III. Zusammenfassung.

Auf den Arbeiten von SCHWEITZER, CHRISTENSEN, LUTHER und VON HOLLEBEN, CRABTREE und LÜPPO-CRAMER fußend, ist ein Farben-Verfahren ausgearbeitet worden, bei welchem überall dort, wo sich Bildsilber in Gegen-

wart eines Farbstoffes befindet, in Gegenwart eines Silberkomplexbildners in saurer Lösung eine Zerstörung des Farbstoffes stattfindet. Um bei mehreren übereinandergelagerten Schichten eine Diffusion der Farbstoffe ineinander zu verhindern, werden die Farbstoffe, die vorwiegend in der Form substantiver Azo-Farbstoffe vorliegen, mit Hilfe basischer Farbstoffe oder entsprechender farblosere Körper ausgefällt. Der unerwünschten Beeinflussung der Gradation durch den bei der Belichtung bereits in der Schicht befindlichen Farbstoff, die eine selektive Empfindlichkeit der Schicht nur für das Licht verhindert, das durch den zugesetzten Farbstoff absorbiert wird, wird dadurch ausgewichen, daß die Kopierlichtfarbe, abweichend von der „natürlichen Zuordnung“ lediglich auf die spektrale Empfindlichkeit der betreffenden Kopierschicht abgestellt wird, die so zu wählen ist, daß Empfindlichkeitsgebiet der Schicht und Absorptionsgebiet des zugehörigen Farbstoffes nicht zusammenfallen. Der sich daraus ergebenden Anordnung der Gelb- und Purpurschicht auf der einen, der blaugrünen Schicht auf der anderen Seite<sup>1)</sup> wird besonders der Linsenraster-Zweipack gerecht, bei dem die Farbauszüge genau die gleiche Anordnung haben und bei dem man durch einfache Abänderung der Filterfarben die Anpassung an die erforderliche Kopierlichtfarbe besonders leicht erzielen kann. Das auf diese Weise entstehende Kopierverfahren unterscheidet sich hinsichtlich der Einfachheit der Anwendung kaum noch vom normalen Kontakt-Kopierverfahren für Schwarz-Weiß-Filme.

#### Literatur.

1. LIESEGANG, R. E., Phot. Archiv (1889) S. 328.
2. DRP. 500202, 592891, 530851 u. a.
3. SCHWEITZER, F. P. 476 213 (1914).
4. CHRISTENSEN, I. H., Dän. Pat. 25029 vom 20. 9. 1918; DRP. 327519.
5. LUTHER, R. u. v. HOLLEBEN, K., DRP. 396485 v. 8. 5. 1923.
6. CRABTREE, J. I., Abr. Scientif. Publ. Eastman-Kodak Vol. IV (1919/1920) S. 198.
7. LÜPPO-CRAMER in EDERS Handb. d. Photogr. Bd. II, 1. Teil, Berlin 1927, S. 683—686.
8. DRP. 557149 v. 12. 7. 1930.
9. Brit. P. 375338, FP. 708330; Deutsche Priorität v. 24. 12. 1929.
10. GASPAR, B., Z. wiss. Phot. 34 (1935) S. 119.
11. DRP. 583747 v. 2. 5. 1931, vgl. auch S. 174 dieses Bandes.
12. DRP. 498027 v. 8. 5. 1929.
13. DRP. 576374 v. 6. 12. 1930.

<sup>1)</sup> Ein Silberfarbbleichfilm dieser Art wird zur Zeit von der I. G. Farbenind. A. G. unter dem Namen Agfa-Tripofilm hergestellt.

## Welche Einflüsse bestimmen die Farbwiedergabe bei Kornrasterbildern?

Von Kurt v. Holleben.

Mit 7 Abbildungen.

Bei Kornrasterbildern entsteht die Farbe des Bildes bekanntlich dadurch, daß einzelne Farbrasterkörner durch Silber abgedeckt werden, andere frei liegen und in der Durchsicht farbiges Licht durchlassen. Durch die Entwicklung und Umkehrung wird der Prozeß so geleitet, daß die „richtigen“ Rasterkörner, d. h. die, die in der Farbe dem Aufnahmeobjekt entsprechen, freigelegt, die „falschen“ zugedeckt werden. Mischfarben entstehen durch mehr oder weniger starke Abdeckung von Farbkörnern.

Nach diesem Schema scheint es sehr einfach zu sein, farbige Bilder mit Kornrastern herzustellen. Wenn wir uns aber einmal überlegen, welche verschiedenen Einflüsse mitsprechen können und in welcher Weise sie aufeinander abgestimmt sein müssen, damit wirklich naturfarbige Bilder entstehen, so finden wir, daß zu beachten ist:

- die spektrale Extinktion, die Größe und die Flächenbedeckung der Rasterteilchen (I),
- die spektrale Extinktion des Aufnahmefilters (II) und
- die Sensibilisierung der Emulsion (III).

### I. Das Kornraster.

#### A. Spektrale Extinktion.

Die Farbraster der Agfacolor-Platte und des Agfacolor-Ultra-Films bestehen aus farbigen Körnern in den drei Farben Rot, Grün, Blau. Welche Farbstoffe benutzt werden, hängt von dem Verfahren ab, nach dem die Farbraster hergestellt werden.

Das Plattenraster wird nach einer Emulsionsmethode hergestellt. Wäßrige Farblösungen werden in einem Medium geschüttelt, das sich mit den Farblösungen nicht mischt. Dadurch entsteht eine Emulsion von Farbtropfen, aus denen dann das Raster erhalten wird. Man braucht hierzu also wasserlösliche Farbstoffe, die zur Erhöhung der Echtheit mit Gerbsäure zu einem Farblack verbunden werden.