

sives grünes Licht keine Schwärzungen hinter diesen Elementen hervorzubringen vermögen. Bei weißlichen Elementen, die also außer roten bzw. blauen Strahlen noch etwas grünes Licht durchlassen, muß die Intensität des grünen Belichtungslichtes bedeutend herabgesetzt werden, damit keine Einwirkung auf das Bromsilber mehr stattfindet. Bei schwachem Lichte wird aber hinter den grünen Elementen das Bromsilber nicht mehr durchgreifend affiziert und die farbreinste Stelle macht einen schwärzlichen Eindruck.

Es sind daher Rasterfarbenplatten, deren Raster aus weißlichen Farbelementen bestehen, tunlichst kurz zu belichten, wenn ein Optimum an Farbreinheit erzielt werden soll. Belichtet man zu reichlich, so leidet die Farbwiedergabe und es entstehen farbflauere Bilder. Ein solcher Raster ermöglicht zwar infolge seiner größeren Transparenz gegenüber einem aus satt eingefärbten und daher dunkleren Elementen zusammengesetzten Raster, mit kürzeren Expositionszeiten auszukommen; in seiner Funktion als Aufnahmefilter bedingt aber ein weißliches Rasterkorn das Entstehen schwärzlicher Farbwiedergaben und der Versuch lehrt, daß trotz des hellen Rasters die resultierenden Bilder eher dunkler ausfallen, als dies bei voller Sättigung der Rasterkornfärbung der Fall ist. Dabei ergibt die letzte Rasterplatte ein ungleich leuchtenderes und brillanteres Kolorit. Eine Verkürzung der Expositionszeit ist nur auf dem Wege einer Steigerung von Allgemein- und Farbenempfindlichkeit anzustreben, da eine exakte photographische Farbenlegung nicht über eine bestimmte spektrale Öffnung der Rasterkornfärbung hinauszugehen erlaubt und durch die Natur der verfügbaren Farbstoffe der Transparenz eine, wenigstens vorläufig, nicht überschreitbare Grenze gesetzt ist.

Zu Farbveränderungen in der Wiedergabe wird es dann kommen, wenn die Farbelemente verschiedene Sättigung aufweisen. Sind zum Beispiel die roten und grünen vollkommen, die blauen aber unvollkommen gesättigt und daher weißlich, so sind die roten Elemente wohl imstande, relativ intensives grünes Licht vollständig zu absorbieren. Die wenig gesättigten, blauen Elemente hingegen vermögen nur schwaches grünes Licht so weit zu dämpfen, daß es für das Bromsilber unwirksam wird. Es muß daher das Grün an den hellen Stellen der Wiedergabe blaustichig werden oder, wenn auch die grünen Körner nicht rein sind und etwas Rot durchlassen (was meist der Fall ist), so wird die grüne Farbwiedergabe ein weißliches Aussehen besitzen. Belichtet man eine Platte mit gesättigten grünen und

roten Elementen, aber weißlichen blauen Elementen, mit blauem Lichte, so erscheinen im Positiv die grünen und roten Körner bei verhältnismäßig größerer Lichtintensität abgedeckt, als im Falle der Grünbelichtung die blauen Elemente. Das Blau wird demgemäß infolge seiner größeren Transparenz und dann wegen des eben geschilderten Umstandes mit viel zu großer Helligkeit gegenüber den anderen Farben abgebildet. So getartete Platten fälschen die Farb- und Helligkeitswerte.

Die Abhängigkeit der Farbwiedergabe von anderen Abweichungen in der Rasterkornfärbung kann durch sinngemäßes Übertragen der geschilderten Überlegungen leicht überblickt werden.

Eine Rasterfarbenplatte wird also nur dann eine fehlerfreie Farbwiedergabe gewährleisten, wenn außer den schon früher erwähnten Bedingungen auch die Sättigung aller drei Farbelemente gleich ist.

In der Praxis findet natürlich eine Überlagerung der verschiedenen Einflüsse statt, wobei überdies bei Beurteilung der Farbwiedergabe berücksichtigt werden muß, daß die Rasterelemente nicht vollständig durch das reduzierte Silber der Emulsion abgedeckt werden. Die Rasterelemente sind nämlich mehr linsenförmige Scheibchen, deren Dicke gegen den Rand zu abnimmt. Die Farbe der Körner ist daher am Rande immer mehr weißlich als in der Mitte. Außerdem wird das in das Raster eintretende Licht durch die Rasterkörner gestreut und greift über den Umfang der Körner hinaus. Beide Eigenschaften wirken auf eine Verweißlichung der Farbwiedergabe hin.

## 6. Das Linsenrasterverfahren.

In neuerer Zeit gelangte auf dem Gebiete der Amateurkinematographie ein Farbenverfahren zu praktischer Bedeutung, welchem eine ganz neuartige Idee zugrunde liegt. Der Erfinder dieses Verfahrens ist Rudolf Berthon, der schon im Jahre 1909 ein Patent darauf erhielt. Um sein Verfahren nutzbringend zu verwerten, schloß sich Berthon mit dem Besitzer einer Gravureanstalt, Anton Keller Dorian, zusammen und gründete die Keller-Dorian-Berthon-Gesellschaft. Das Berthonsche Verfahren wurde in verschiedener Hinsicht verbessert, und 1925 erwarb die Eastman Kodak Company die wichtigsten Patente auf diesem Gebiete; sie bildete das Verfahren für den 16-mm-Schmalfilm aus und brachte es als Kodacolor-Prozeß auf den Markt. Der Mechanismus der Farben-

bildung ist im Prinzip der gleiche wie bei den üblichen Rasterplatten, nur besitzt der Kodacolor-Film kein materielles Raster, sondern es wird auf optischem Wege ein feines Linienraster in den drei Grundfarben auf die Bromsilberschicht projiziert.

Um dies zu ermöglichen, werden längs des Films mittels Stahlwalzen feine Rillen in die Blankseite des Films eingepreßt. Diese Rillen haben die Form von Zylinderlinsen, von denen 22 auf ein Millimeter kommen. Ein 16-mm-Schmalfilm trägt daher 352 solcher Linsen auf seiner Blankseite. Abb. 8 zeigt den Querschnitt durch den Kodacolor-Film in 100-facher Vergrößerung.

Der Film wird so in die Kamera eingelegt, daß die mit Linsen versehene Seite dem Objektiv zugewendet ist. Da er

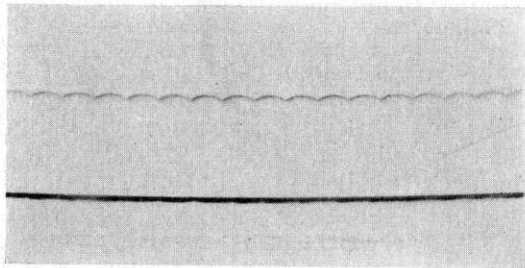


Abb. 8.

von Hause aus verkehrt aufgespult wird, so kann man ihn wie einen normalen Film in die Kodak-Ciné-Camera einführen. Um die Kamera aufnahmebereit zu machen, wird ein besonderes Farbfilter an Stelle der gewöhnlichen Sonnenblende auf das Objektiv aufgesteckt. Dieses Filter besteht aus drei den Grundfarben entsprechenden Farbstreifen und wird so eingesetzt, daß die drei Farbstreifen parallel zu den eingepreßten Linsen stehen. Den Querschnitt durch ein aufnahmeberechtigtes System zeigt im Schema Abb. 9.

Die Krümmung der Zylinderlinsen ist so gewählt, daß auf die Emulsionsschicht ein scharfes Bild des Farbfilters entworfen wird. Da das Filter aus parallel zu den Zylinderlinsen verlaufenden Farbstreifen zusammengesetzt ist, so erzeugt jede kleine Linse auf der Schichtseite ein Bild in Form von drei feinen, farbigen und parallelen Linien. Ein gegenseitiges Überdecken muß natürlich vermieden werden und die drei Farb-

linien dürfen zusammengenommen nur so breit sein wie eine Zylinderlinse.

Richtet man die Kamera gegen eine rote Fläche, so wird nur das rote Feld des Kodacolor-Filters hell erscheinen, da ja die beiden anderen Felder kein rotes Licht durchlassen. Eine Einwirkung auf die panchromatische Schicht des Films findet daher nur an jenen Stellen statt, auf welche die Zylinderlinsen das Bild des roten Filterfeldes entwerfen. Entwickelt man den Film und kehrt ihn um, so erscheinen die vom roten Licht getroffenen Stellen als durchsichtige, feine Linien, während die dem Blau- und Grünfeld entsprechenden Stellen geschwärzt

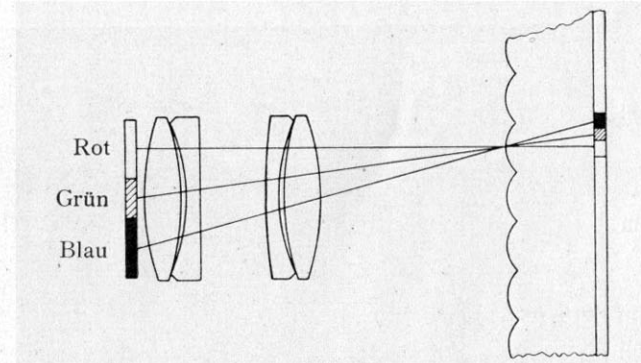


Abb. 9.

sind. In Abb. 10 ist eine Aufnahme von einem roten, grünen und blauen Streifen in etwa 200-facher Vergrößerung wiedergegeben.

Bei Aufnahme eines beliebigen Gegenstandes wirft das Objektiv ein umgekehrtes, verkleinertes Bild auf das Linsensystem des Films. An der Erzeugung dieses Bildes ist jeder Punkt der Objektivoberfläche gleichmäßig beteiligt, denn man kann ja beliebige Teile des Objektivs abdecken, ohne daß sich außer der Helligkeit etwas an dem Bilde ändert. Befindet sich z. B. auf dem abzubildenden Gegenstande ein kleiner gelber Fleck, so wird dieser auf eine ganz bestimmte Stelle des Linsensystems geworfen. Denkt man sich an diese Stelle ein winziges Auge versetzt, welches nach dem Objektiv blickt, so müßte, von dieser Stelle aus gesehen, die ganze Objektivfläche in der Helligkeit und Farbe des Objektpunktes, im vorliegenden Falle also gelb, erscheinen. Bei vorgeschaltetem Farb-

filter sieht das gedachte Auge das rote und grüne Farbfeld hell erleuchtet und das blaue sehr dunkel. Die an dieser Stelle befindliche Zylinderlinse wird daher ein entsprechendes Abbild in Form eines kleinen Linienbildchens auf der Schicht erzeugen. Jedem Punkt des Gegenstandes entspricht ein Punkt auf der Zylinderlinsenfläche, die Farberlegung erfolgt durch das aufgesteckte Farbfilter, und die Registrierung der so gewonnenen Helligkeits- und Farbeindrücke besorgen die Zylinderlinsen.

Abb. 11 ist eine Mikrophotographie einer Kodacolor - Aufnahme von einer Anzahl horizontaler, farbiger Papierstreifen. Die auf diesem Bilde ersichtlichen, dunklen Vertikallinien

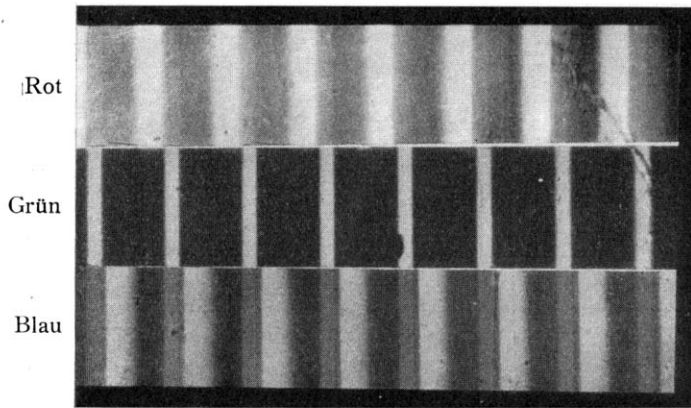


Abb. 10.

werden durch die Kanten der Zylinderlinsen hervorgerufen. Zwischen diesen Linien wiederholt sich ein Muster in horizontaler Richtung. Es sind dies die Bilder der Filterabschnitte, wie sie eben der Farbe der Papierstreifen entsprechen.

Wie schon erwähnt, besitzt der Film eine panchromatische Emulsion von bestimmter Farbenempfindlichkeit. Die Farbe und Transparenz der Filterabschnitte, sowie die Größe der Felder müssen nun so bemessen sein, daß sich bei gleicher Exposition mit weißem Licht gleiche Schwärzungen für alle drei Farben ergeben und so ein korrekter Farbauszug erzielt wird. Da aber die Emulsionen hinsichtlich der Farbenempfindlichkeit nicht so gleichmäßig herzustellen sind, daß dies immer gewährleistet wäre, so liefert die Firma Kodak zu jedem Film

einen Farbenkompensator in Form einer verschieden abgestuften Metall-Vorsatzblende (siehe Abb. 12). Bei jedem Einlegen einer neuen Filmrolle wird der frühere Farbenkompensator weggeworfen und der dem neuen Film beige packte auf das Farbfilter aufgesetzt. Durch den Farbenkompensator wird die Größe der Filterabschnitte entsprechend der Farbenempfindlichkeit des Films mehr eingengt bzw. erweitert. Eine Betätigung der Irisblende ist natürlich bei der Ciné-Kamera nicht möglich. Bei kleiner werdender Blende würden die

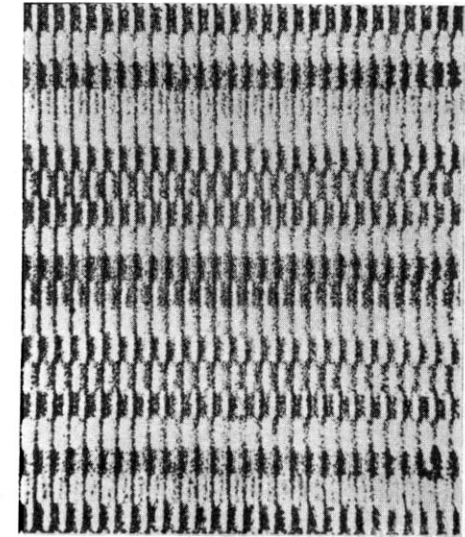


Abb. 11.

roten und blauen Filterabschnitte relativ mehr abgedeckt werden als das mittlere grüne Feld. Ebenso würde eine Farbenkompensierung für alle Blendenstellungen unmöglich sein. Man kann daher nur mit voller Öffnung arbeiten, die bei der für den Kodacolor eingerichteten Ciné-Kamera Modell B und BB f:1,9 beträgt. Hat man sehr helle Objekte aufzunehmen, die eine

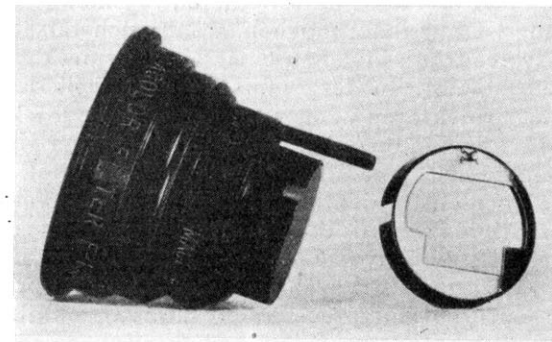


Abb. 12.

Verkürzung der Belichtungszeit verlangen, so kann man dies durch Aufstecken einer neutralen Grauscheibe erreichen.

Nach der Belichtung wird der Kodacolor-Film entwickelt und einem Umkehrungsprozeß unterworfen. Man erhält, wie bei der Rasterplatte, ein positives Bild, jedoch nur in Schwarz-Weiß.

Um den Film in natürlichen Farben projizieren zu können, benötigt man einen besonderen Filmprojektor. Dieser besitzt ein optisches System, welches im Grunde genommen dem der Aufnahmekamera entspricht. Nur wird bei der Projektion der Film von rückwärts durchleuchtet, der Strahlengang verläuft daher gerade umgekehrt. Der Film wird so eingelegt, daß die Seite mit dem Linsenraster der Projektionswand zugekehrt ist. Hinter dem Film befinden sich Lichtquelle und Kondensor, und ein dem Aufnahmefilter analoges Farbfilter wird auf das Projektionsobjektiv aufgesetzt. Bei der Projektion haben die kleinen Elementarlinsen die Aufgabe, die kleinen Filterbilder, welche auf der Emulsionsschicht bei der Aufnahme entstanden sind, auf das Projektionsfilter zu projizieren. Eine rote Farbe wird z. B. auf dem Positivfilm durch einen einzelnen durchsichtigen Streifen mit zwei anschließenden dunklen Stellen dargestellt, die dem grünen und blauen Filterfelde entsprechen. Die kleine Zylinderlinse projiziert diese so auf das Projektionsfilter, daß auf den grünen und blauen Ausschnitt ein dunkler Schatten fällt und nur der rote Ausschnitt hell erleuchtet wird. Auf die Projektionsleinand fällt daher nur rotes Licht. Bei Gelb würden der grüne und rote Ausschnitt beleuchtet erscheinen und nur der blaue abgedunkelt werden. Bei Weiß werden alle drei Ausschnitte gleichmäßig beleuchtet, während Schwarz durch vollkommenes Abdecken der drei Ausschnitte entsteht. Eine gesetzmäßige Farbenbildung ist nur dann möglich, wenn auch tatsächlich das Projektionssystem optisch genau einer Umkehrung des Kamerasystems gleichkommt. In der Praxis ist dies nicht der Fall, da man für die Projektoren länger brennweitige Objektive verwendet als für die Kinokamera. So besitzt z. B. der Kodascope-Projektor eine Linse von etwa 50 mm Brennweite; die Ciné-Kamera hat aber ein Objektiv von 25 mm Brennweite. Diese Brennweitendifferenz wird durch eine knapp vor dem Film angeordnete, plankonkave Linse (Kompensationslinse) ausgeglichen. Diese sorgt dafür, daß die von den Filmlinsen projizierten Filterbilder auf die entsprechenden Filterausschnitte fallen. Ohne diese Vorrichtung würde sonst eine falsche Farbenwiedergabe erhalten werden. Durch die Kompensationslinse werden

auch die Abmessungen des Projektionsbildes kleiner, als es dem Abstände des Projektors von der Projektionsebene und den gegebenen optischen Verhältnissen entsprechen würde. Die Größe und Transparenz des Projektionsfilters sind so gewählt, daß die Lichtfarbe der Projektorglühlampe dem Tageslicht möglichst ähnlich erscheint und das Kolorit des Projektionsbildes den Eindruck einer Tageslichtbeleuchtung erweckt.

Der für das Verfahren verwendete Film besitzt eine Emulsionsschicht von bei der Rasterphotographie ungewohnter Stärke. Würde man nach der Entwicklung und Auflösung des dabei reduzierten Bromsilbers wie üblich das ganze nicht reduzierte Bromsilber entwickeln, so würde man vollkommen verschleierte Bilder erhalten. Nach dem Bleichbade wird daher der Film nur gerade so lange belichtet, daß ein gut graduiertes Bild entsteht. Die Belichtung wird automatisch reguliert, indem man den gebleichten Film zwischen einer roten Lichtquelle und einer Photozelle durchlaufen läßt. Die Photozelle registriert die Dichte des Bromsilberrückstandes und beeinflußt die zweite Belichtung. Bei großem Bromsilberrückstand findet eine schwache, bei kleinem Rückstand, wenn also bei der Aufnahme überbelichtet wurde, eine intensive zweite Belichtung statt. Im Gegensatz zur Rasterplatte können Fehlpositionen weitestgehend korrigiert werden.

Der ganze Entwicklungs- und Umkehrungsprozeß verläuft vollkommen automatisch in eigenen Anlagen, die Kosten der Fertigstellung sind beim Kauf des Films bereits berücksichtigt, wodurch dem Amateur diese etwas umständliche Arbeit vollkommen abgenommen wird. Neuerdings liefert auch die Agfa Linsenrasterfilm und dazu abgestimmte Dreizonenfilter für die Schmalfilm-Kinokamera. Der Raster dieses Films ist noch feiner und enthält 570 Rasterlinsen auf eine Schmalfilmbreite. Der Farbenkompensator fehlt, da nur Emulsionen konstanter Sensibilisierung geliefert werden. Bei der Projektion wird das Zonenfilter in das Objektiv gesetzt, wodurch sich die Kompensationslinse erübrigt. — Zur Fertigstellung müssen die belichteten Filme der Agfa übergeben werden.

Eine wertvolle Erweiterung des Verfahrens bedeutet es, daß von der genannten Firma auch mit Linsenraster versehener Normalfilm hergestellt wird, der für die mit lichtstärkster Optik ausgerüsteten Leica-Kamera bestimmt ist. Nach den Vorschriften der Agfa lassen sich Entwicklung und Umkehrung des Films in der Leica-Entwicklungsdose selbst durchführen.