

02 SELTSAME RÄNDER VON SCHATTEN

Lichtexperimente zwischen 1633 und 1933

//Lena Christolova//

„Die hauptsächlichlichen Eigenschaften des Lichts sind: 1. Es dehnt sich kreisförmig nach allen Seiten um Körper aus, die man leuchtend nennt. 2. Und in jede Entfernung. 3. Und in jedem Moment. 4. Und gewöhnlich in geraden Linien, die man für die Lichtstrahlen halten muss. 5. Und mehrere dieser Strahlen, die von verschiedenen Punkten kommen, können sich in ein und demselben Punkt versammeln. 6. Oder, von ein und demselben Punkt kommend, können sie sich an verschiedene Punkte begeben. 7. Oder, von verschiedenen Punkten kommend und nach verschiedenen Punkten strebend, können sie durch ein und denselben Punkt gehen, ohne einander zu behindern. 8. Und sie können sich manchmal auch wechselseitig behindern, nämlich wenn ihre Kraft sehr ungleich ist, und die der einen viel grösser ist als die der anderen. 9. Und schliesslich können sie durch Reflexion abgelenkt werden. 10. Oder durch Brechung. 11. Und ihre Kraft kann vermehrt werden, 12. oder durch die verschiedenen Qualitäten der Materie, die sie empfängt, vermindert. Das sind die hauptsächlichlichen Qualitäten, die man am Licht beobachtet, welche alle dieser Tätigkeit entsprechen, wie Sie sehen werden.“

René Descartes um 1633 [1]

I. Ein merkwürdiges Phänomen

Als der Jesuitenpater Francesco Grimaldi um 1660 undurchsichtige Gegenstände in gebündeltem Licht beobachtete, stellte er fest, dass die Schatten - entgegen der damals angenommenen strahlenförmig geradlinigen Ausdehnung des Lichts - keinen fest umrissenen Rand, sondern seltsame Ränder bildeten, die aus hellen und dunklen Streifen und teilweise farbigen Erscheinungen bestanden. Grimaldi nannte das Phänomen der an den Rändern abgelenkten Strahlen *diffraçtio* und entdeckte gleichzeitig die Interferenz als eine der wesentlichen Eigenschaften der Lichtwellen, die in ihrer Ausbreitung im Raum sich überlagern und auslöschen können, was man destruktive Interferenz nennt, oder im gleichen Takt schwingen und sich überlagern, was als konstruktive Interferenz bekannt ist. Wenn eine in gleichem Takt schwingende Wellenfront als kohärentes oder gebündeltes Licht auf einen Gegenstand im Raum trifft, so breiten sich ihre Teilwellen in den Raum hinter dem Gegenstand aus und bilden an seinen Rändern mit den übrigen Wellen, die sich ungestört in ihre alte Richtung weiter verbreiten, Interferenzmuster, die zum Teil in Farbe erscheinen können. Die Unregelmässigkeiten der in der Natur entstehenden Farbmuster, wie etwa auf der Oberfläche von Seifenblasen, sind darauf zurückzuführen, dass sich die Wellen selten in dieselbe Richtung fortpflanzen - sei es wegen auftretender destruktiver Interferenzen, sei es durch Hindernisse, die ihren Weg unterbrechen und an den Rändern der Hindernisse eine neue Wellenfront entstehen lassen, die sich mit der ursprünglichen überlagert und zu Interferenzstreifen führt, wie die von Grimaldi beobachteten.

Da es in der Natur keine verlustfreie Ausbreitung der Lichtwellenfronten gibt, hat die Speicherung solcher Muster den Fotografen lange Zeit Kopfschmerzen bereitet, obwohl die Erkenntnis des Wesens des Lichts als elektromagnetische Wellen bereits vor der Entstehung der Fotografie eine Physik der Ausbreitungsvorgänge postuliert hat, die sich auf die Optik, Akustik oder gar Thermodynamik beziehen kann. Diese Physik wird später das Objekt als eine Funktion des Durchgangs der Lichtwellen bestimmen, die je nach Brechungskoeffizient oder Geschwindigkeit ihrer Ausbreitung auch den Übergang von einem Medium zu einem anderen definieren [2].

Am Anfang dieser neuen Physik steht die Entdeckung Grimaldis: Diffraction bedeutet gleichzeitig Strahlenbrechung und Strahlenbeugung und steht für zwei Phänomene, deren gemeinsamer Hintergrund die Änderung der Geschwindigkeit der Ausbreitung von Lichtwellen bildet. Dadurch war aber Grimaldi in Widerspruch zu dem seit dem Erscheinen von Descartes *DIOPTRIQUE* 1637 festgelegten Kanon geraten, der die Lehre von der Brechung der Lichtstrahlen (Dioptrik) als Übergang von einem Medium in ein anderes streng von der Lehre von der Reflexion (Kataoptrik) unterscheidet, deren Paradigma die Kontinuität der Lichtstrahlen ist. Einige Jahre später wird Isaac Newton die Ablenkung der Richtung des Lichtstrahles an die Eigenschaften von prismatischen Körpern koppeln und das Farbband, das durch die Strahlenbrechung entsteht, als die Farben des Spektrums erkennen. Die Koppelung des Grads der Ablenkung mit den Farben des Spektrums nennt man chromatische Abweichung, was sich in der Auffächerung der Farben zu erkennen gibt: am stärksten wird Violett, am wenigsten Rot gebrochen; Violett und Rot stehen auch an beiden Enden der Skala des sichtbaren Lichts, die zwischen 380 (Violett) und 780 nm (Rot) variiert. Dazwischen befinden sich Blau, Grün, Gelb und Orange, deren Anordnung einem immer geringer werdenden Brechungsgrad entspricht.

Brechung und Beugung bezeichnen in allen Fällen eine Änderung in der Richtung der Ausbreitung von Lichtwellenfronten, was am häufigsten bei einem Wechsel des physikalischen Mediums auftritt. Da dieses in der Regel „dichter“ als die Luft ist, ändert sich die Richtung der Wellenfront, die gleichzeitig einen Teil ihrer Energie und ihrer Geschwindigkeit aufgeben muss. Der Brechungskoeffizient n , der für Descartes für den Mediumwechsel stand, drückt somit nur das Verhältnis beider Geschwindigkeiten aus ($n = v/v'$) - vor und nach der Konfrontation mit dem Objekt oder dem neuen Medium. Wenn ein Lichtstrahl nicht nur abgelenkt, sondern dank einer einfachen positiv geschliffenen Linse auch in seine farbigen Bestandteile zerlegt wird, geht dadurch auch die Schärfe der Abbildung verloren: Das Ergebnis ist die Entstehung von Farbsäumen, was sich nur durch ein punktförmiges Auftreten des Lichtstrahles verhindern liesse, womit aber auch der Effekt der Lichtzerlegung aufgehoben würde.

II. Farbe und Projektion

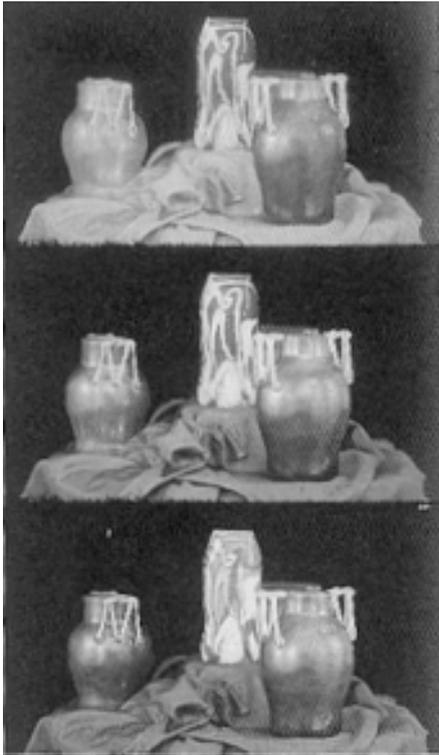


Abb. 1: Chronochrome-Verfahren, Gaumont

Dieser Widerspruch sollte zur Crux der Pioniere der sogenannten „indirekten Farb fotografie“ werden, deren Vorführungen echte Diashows waren, da die Farben nicht auf dem materiellen Träger, sondern erst in der Projektion sichtbar wurden. Damit sind die sogenannten „optischen Verfahren“ zur Wiedergabe von „Naturfarben“ gemeint, welche sich der Eigenschaften der drei Farben Rot, Blau und Grün, deren Summe weisses Licht ergibt, bedienen. Ihr Einsatz in reiner Form als monochrome Filter, die nur die eigene Farbe, d.h., Lichtwellen mit derselben Länge durchgehen lassen, zeigte, dass die Gegenstände - werden sie von weissem Licht getroffen - diesen Bestandteil des weissen Lichts reflektieren, welcher ihrer eigenen Körperfarbe entspricht. Rot reflektiert nur Rot; Grün und Blau werden im Gegenteil von roten Filtern absorbiert. So ist es möglich, dass Gegenstände, die durch den Einsatz von den drei Filtern dreifach aufgenommen worden sind, bei schneller Projektionsfolge der drei Aufnahmen unter dem Einsatz von Grün-, Rot- und Blaufarbblenden eine Farbmischung ergeben, die den „Naturfarben“ der aufgenommenen Objekte entspricht.

Von den Unvollkommenheiten dieses ansonsten scharfsinnigen Verfahrens zeugt bereits die damalige Presse: Obwohl die erste Demonstration der „Naturfarbfilme“ bereits 1908 in London stattfand, befand noch 1925 die Fachzeitschrift KINOTECHNIK, dass „der Farbfilm im gewöhnlichen Projektor, mitten zwischen Schwarzweißszenen eingeklebt“ laufen muss, weil „ein farbiger Großfilm ermüdend [wirkt], aber drei bis vier, vielleicht auch zehn gut ausgewählte farbige Naturszenen belebend [wirken]“ [3].

Man begnügte sich nicht selten mit nur zwei Farben, Rot und Grün, da die durch die Filter minimierte Lichtempfindlichkeit der Filme die Aufnahmen erschwerte, und die komplizierten Projektionsvorrichtungen, die mit jeder Filmkopie mitgeliefert werden sollten, oft bei der Vorführung komplett oder teilweise ausfielen. Trotz der mannigfaltigen Systeme, die meistens den Namen ihres Erfinders oder der herstellenden Firma vor dem Zusatz „Color“ trugen, wie z.B. Warner-Powrie-Color (1914), Berthoin/Keller-Dorian/Kodacolor (1914-1928), Brewster Color (1915) u.v.a., hatten sich zwei Projektionsmethoden behauptet: das Folgeverfahren, bei dem sich die Farbeindrücke mehrerer Bilder infolge der erhöhten Projektionsgeschwindigkeit vermischten, und das sogenannte Spreizverfahren, bei welchem farbige Teilbilder innerhalb eines Bildfeldes durch Strahleneinteilung des Projektorlichts gleichzeitig projiziert wurden und mit Hilfe von Prismen und Spiegelvorsätzen wieder zu einem Bild auf der Leinwand wurden.

Typisch für das Folgeverfahren waren die Douglas Color Nr.1-Filme aus den USA (1916), bei denen zwei Kader aus zwei verschiedenen Negativen, die jeweils mit rotem und grünem Filter aufgenommen worden waren, in schneller Abfolge - fast gleichzeitig - gezeigt wurden. Jedes Filmnegativ enthielt abwechselnd eine rot- oder grüngefilterte und eine ungefilterte Aufnahme; auf dem Positiv der vorzuführen Filmkopien wurden nur die farbgefilterten Aufnahmen umkopiert, die bei der Projektion mit dem entsprechenden roten oder grünen Filter gezeigt wurden. Ein Manko des Verfahrens war, dass zu den ohnehin infolge der speziellen Beleuchtung und der nichtsdestotrotz längeren Belichtungszeiten um das Mehrfache im Vergleich zu den in Schwarz-Weiß gehaltenen oder handkolorierten Filmen gestiegenen Produktionskosten noch die doppelte Anzahl an gezeigten Kadern hinzukam - anstelle der damals üblichen 16 Kader pro Sekunde mussten 32 Kader pro Sekunde gezeigt werden, damit die erwünschte „Naturfarbe“ im Projektionsbild entstand, was aber auch den schnelleren Verschleiss der Kopien mit sich führte.



Abb. 2: Horst-Verfahren

Etwas später - um 1920 - behauptete sich das sogenannte Zochrome-Verfahren des Engländers T. A. Mill, das die gleichzeitige Projektion eines schwarzweissen Vollbildkaders mit drei kleineren farbgefilterten dreieckigen Ausschnitten im nächstliegenden Kader vorsah, von welchen jedes durch einen entsprechenden Farbfilter aufgenommen und projiziert wurde.

Die Kombination von zwei, drei oder vier Farbauszugsbildern in einem Bildfeld war typisch für das sogenannte Spreizprojektionsverfahren, das in Deutschland 1925 auf der Kipho-Ausstellung von Ludwig Horst als eigenes Verfahren demonstriert wurde und dessen Haupteinsatzort die Produktion von medizinischen Filmen war.

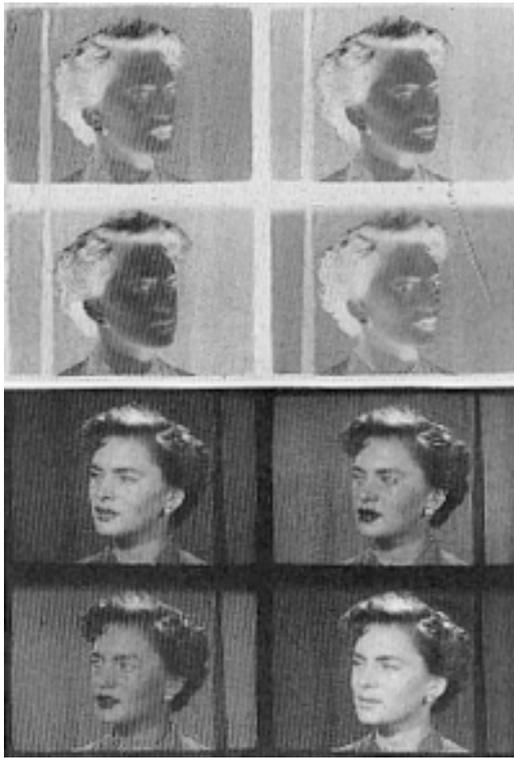


Abb. 3: Rouxcolor-Verfahren

Rouxcolor aus Frankreich war das bekannteste System, das nach dem Spreizverfahren funktionierte und sich zwischen 1934 und 1951 behaupten konnte, obwohl der letzte Film, der 1951 in München nach dem Rouxcolor-Verfahren gedreht wurde, DAS WEISSE ABENTEUER von Arthur Maria Rabenalt, bereits auf einem mit Farbkupplern ausgestatteten Positiv kopiert wurde und somit kein echter „Farbfilm ohne Farbfilm“ mehr war.

Bekannt war auch die Kombination von Spreiz- und Folgeverfahren, die 1914 in Russland unter der Marke *Biochrom* erfunden wurde und einen doppelbreiten Film durch zwei Objektive belichtete - die eine Seite belichtete man unter einem roten Filter, während die andere abwechselnd unter einem grünen und einem blauen Filter belichtet wurde. Entsprechend kompliziert war auch der Spezialprojektor für die Vorführungen der nebeneinanderliegenden Farbauszüge.

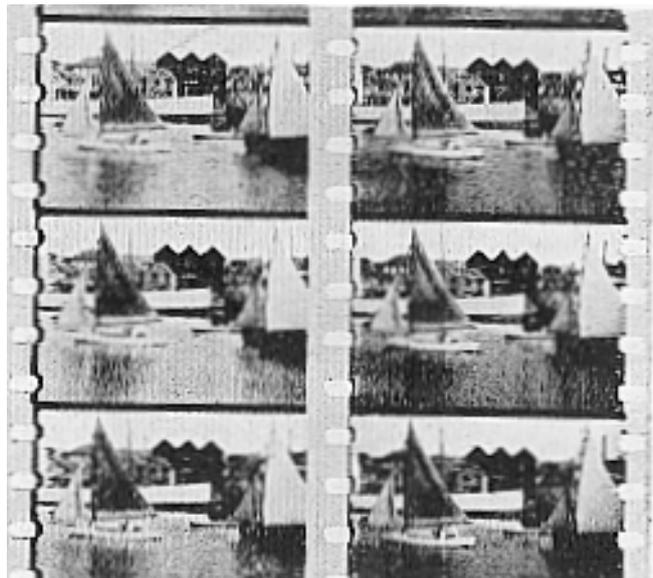
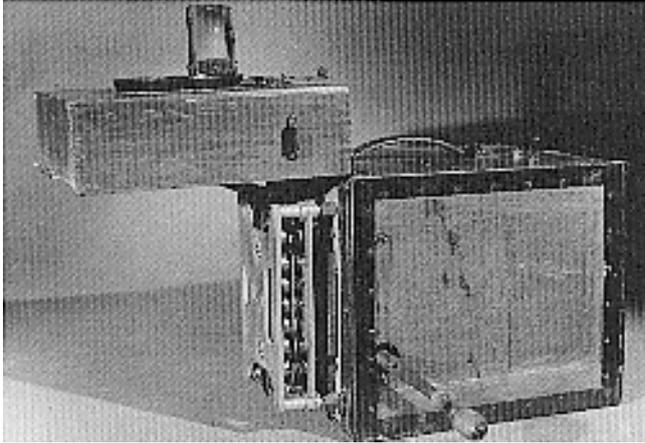


Abb. 4: Biochrom-Verfahren

Bei so viel Aufwand bei der Herstellung der „Naturfarbfilme“ nach rein optischen (additiven) oder als Kombination optischer und chemischer (subtraktiver) Verfahren, bei welchen die Wiedergabe der Objektfarbe durch den Aufdruck ihrer Komplementärfarbe auf dem Filmträger verbessert wurde, wie beispielsweise das Kodachrome-Verfahren aus 1916, dessen Aufnahmen mit Farbfiltern erfolgten und anschließend auf einem beiderseitig mit jeweils orangeroter und blaugrüner Emulsion präparierten Film kopiert wurden, könnte man erwarten, dass das Publikum begeistert reagierte und die „Naturfarbfilme“ vor den farbunechten und kolorierten Filmen bevorzugte. Dem war aber - wie schon erwähnt - nicht so: Schuld an der Unlust des Publikums und der Kritik waren die Raum- und Zeitparallaxen der „Naturfarbfilme“, die bei Einsatz von mehreren Kameraobjektiven als Farbsäume und bei erhöhter Bildfrequenz als Farbflimmern auftraten. Besonders störend waren die farbigen Säume, die „bei Arm- und Beinbewegungen der Menschen“ entstanden und schnell zu dem Urteil führten, dass die additive Farbfilmtechnik „raschen Bewegungen nicht gewachsen“ [4] sei, so die Zeitschrift KINOTECHNIK über den Dokumentarfilm OUR NAVY des Amerikaners William van Doren Kelley, gedreht in Prizma-Color.



Das „Ungeher“ der „Naturfarbfilme“: die Szczepanik-Farbfilmkamera mit 18 Objektiven

Abb. 5: Szczepanik-Farbfilmkamera

Trotz grösster Mühe bei der Anpassung der Teilbilder, deren Passgenauigkeit vom Vorführer mit einem Fernglas kontrolliert wurde, oder sogar von einer anderen Person, die unweit der Leinwand stand und ihre Beobachtungen dem Vorführer per Telefon mitteilte [5], berichtet die Fachkritik Unerfreuliches, so etwa über den Film FATMES ERRETTUNG, gedreht nach dem Chromverfahren des Wiener Professors Hnatek, dessen Prinzip dem russischen Biochromverfahren entliehen worden war: „Schnelle Querbewegungen weisser oder weisslicher Gegenstände, ob es nun brandende Wellen, winkende Frauenhände oder wallende Beduinengewänder sind, müssen von der Regie unter allen Umständen vermieden werden, sonst glaubt der ahnungslose Beschauer, ein Brillantfeuerwerk in den Farben Rot, Blau und Grün vor sich zu haben.“ [6] Warum erschienen aber Bewegungen, und zwar ausgerechnet weisser Gegenstände als „optisches Rauschen“ auf der Leinwand? Die Zerlegung des Lichts in Farben dient bis jetzt in der Stroboskopie zur Differenzierung von bewegten und unbewegten Teilen eines Objekts. Zu diesem Zweck versieht man die Sektoren einer vor dem Kameraobjektiv rotierenden Flügelblende mit Blau-, Grün- und Rotfarbfiltren, welche die bewegten Teile des Objekts in Farbphasen zerlegen, während die unbewegten Teile, bei welchen sich die drei additiven Farben Blau, Grün und Rot zu Weiss vermischen, in ihrer natürlichen Körperfarbe wiedergegeben werden. Derselbe Effekt kann auch ohne Flügelblende durch dreifache Belichtung hinter den Filtern erzielt werden, was sich auch für ganz langsame Bewegungen wie beispielsweise Wolkenbildungen eignet, da die Belichtungsphasen zeitlich weit auseinander liegen können [7].

III. Wellen und Muster

Das Beispiel der Stroboskopie zeigt, dass die Wiedergabe von Bewegung und die Wiedergabe des Objekts als feste Figur Funktionen von zwei verschiedenen Arten von Spurenbewahrung der Lichtwelleneinschreibung sind: genügt für die Wiedergabe von Bewegung die Bildung von Interferenzstreifen, so ist für die Wiedergabe des Objekts die Rekonstruktion der Interferenzmuster auf der fotografischen Platte erforderlich.

Das Problem der „Naturfarbfilme“ lag darin, dass die Farbfilter aus dem sichtbaren Spektrum elektromagnetischer Schwingungen je einen Wellenbereich herausgefiltert hatten, der sich vor allem durch eine gleich verlaufende Wellenbewegung, oder zeitliche Kohärenz, auszeichnete, während für die vollständige Rekonstruktion der auf der fotografischen Platte gespeicherten Lichtwellenmuster auch die räumliche Kohärenz, d.h., die gleiche Schwingungsebene der Lichtwellen eine Rolle spielt. Ein Experiment, das der französische Physiker Gabriel Lippmann 1892 durchführte, zeigt, worin die Natur der durch das additive Verfahren aufgezeichneten Wellenmuster besteht: Lippmann nahm eine besonders feinkörnige fotografische Silberbromidemulsion, deren Körner einen kleineren Durchmesser als die Wellenlänge einer einzelnen Welle hatten, und beschichtete die hintere Wand der Kamera, die gegenüber der fotografischen Platte stand, mit Quecksilber. Die Quecksilberschicht diente so als ein Spiegel und konnte die auf die Fotoplatte fallenden Wellen reflektieren. Die Lichtwellen, die von der Vorderseite der Kamera einfielen, interferierten mit den reflektierten Lichtwellen der Quecksilberwand, die dieselbe Phase hatten, allerdings nur bei den Wellen der jeweils eingesetzten Filterfarbe. Die Interferenzmuster zwischen den hereinfallenden und reflektierten Wellen, die parallel zur „Spiegelwand“ standen, wurden als „stehende Wellen“ auf der Tiefe der fotografischen Platte abgebildet und waren selbst in der Lage, als Interferenzraster zu fungieren, also denselben Prozess zu wiederholen und gegebenenfalls zu beschleunigen, da sie nicht nur dieselbe zeitliche Kohärenz, d.h., dieselbe Richtung der Ausbreitung der elektromagnetischen Schwingungen, sondern auch dieselbe räumliche Kohärenz, d.h. Schwingungsebene hatten.

Die *mise-en-abîme* dieser Rasterstruktur kann durch die Fresnelsche Zonenplatte veranschaulicht werden, die das Modell der Verbreitung einer einzelnen Wellenlänge zeigt, deren Frequenz in Hertz (Zyklen pro Sekunde) gemessen wird. Da eine einzelne Welle ihre volle Länge bei 360° , also bei der Vollendung einer kreisförmigen Bewegung erreicht, ist eine Verschiebung von 180° auf der Horizontalen gleichzeitig ein Intervall, das sowohl die halbe Länge als auch die Zeit der Verbreitung der Welle zum Ausdruck bringt. Somit ist die Abbildung der räumlichen und zeitlichen Kohärenz einer Lichtwelle gewissermassen die Angleichung von Raum- und Zeitparametern, und die auf diese Weise gespeicherte Information über ein Objekt ist die Abbildung mehrerer vom Objekt gebrochenen Lichtpunkte, die sich über die ganze Oberfläche des Films verteilen. Der Unterschied zwischen Brechung und Beugung ist im Interferenzmuster der Fresnelschen Zonenplatte weitgehend aufgehoben, was möglicherweise die Auseinandersetzung vieler Fotografen damit erklärt - durch die Fotografien von Hans Hauswaldt sind Zonenplatten und Interferenzmuster bereits vor 1901 dokumentiert.

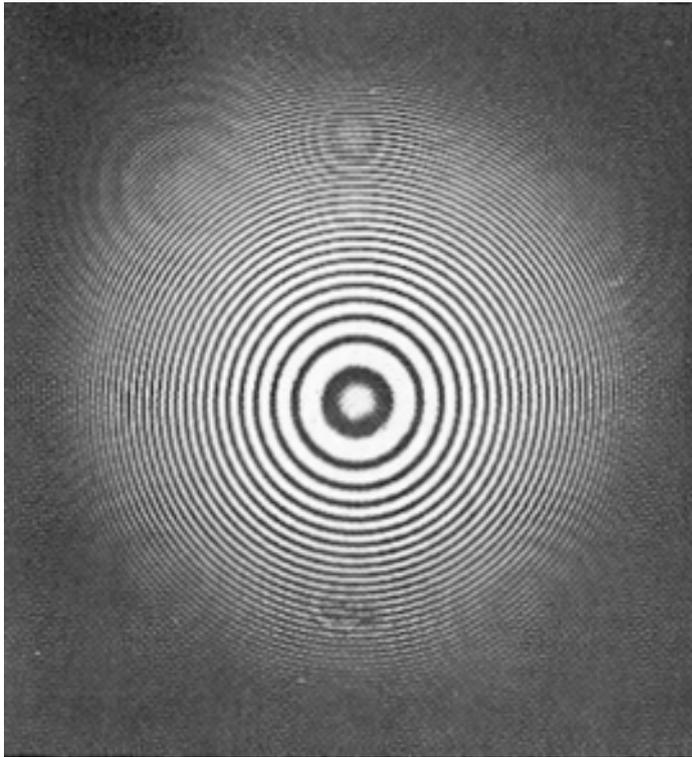


Abb. 6: Die Fresnelsche Zonenplatte

Die Fresnelsche Zonenplatte stellt gleichzeitig das Modell der fotografischen Aufzeichnung eines Lichtwellenpunktes dar, der beim Auftreten konstruktiver Interferenzen seine Intensität als durchfallendes Licht verdoppelt, was zur Schwärzung der fotografischen Platte führt. Bei aufgetretenen destruktiven Interferenzen hingegen kann die Minderung der Lichtintensität die Belichtung der fotografischen Platte verhindern, so dass sie weitgehend transparent bleibt. Die dunklen Kreise dieses Aufzeichnungsmusters können wiederum weitere auf sie treffende Lichtwellen beugen, so dass ein Interferenzmuster, bzw. Beugungsgitter entsteht, das einer Zielscheibe ähnelt, die aus vielen konzentrischen hellen und dunklen Kreisen besteht. Somit ist die Fresnelsche Zonenplatte der Träger der Gesamtinformation über einen Lichtwellenpunkt, und die Gesamtheit aller vom Objekt gebeugten Lichtwellenpunkte konstituiert eine Textur von Raum-Zeit-Ereignissen, welche die Dichte des lichtbeugenden Mediums in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Ausbreitung der Lichtwellen und ihrer Überlagerung durch die typischen Spektralfarbenverläufe definiert. Der Abstand zwischen zwei dunklen Streifen entspricht dem Abstand zwischen zwei konstruktiven Interferenzen, d.h., der Hälfte der Wellenlänge des einfallenden Lichts, und kann zur Rekonstruktion des ursprünglichen Weges der hereinfliegenden und reflektierten Lichtwellen dienen. Da aber die Länge der Lichtwellen bekanntlich extrem klein ist, ist zur genauen Rekonstruktion ihrer räumlichen Kohärenz als das optische Zentrum der Ausbreitung eines Lichtwellenpunktes monochromes Licht mit einer sehr hohen Intensität, d.h., Frequenzzahl der Schwingungen, notwendig. Das widerspricht jedoch der Natur der Ausbreitung der Lichtwellen und wurde erst in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts mit der Entdeckung der Laser-Emission beim Hologrammverfahren Wirklichkeit.

IV. Kameras und Tricks

Ein ähnliches Prinzip zeigt die reifste Variante der Strahlenteilerkamera, die zwischen 1932 und 1955 in den USA von Technicolor eingesetzt wurde. Das Herzstück dieser Kamera war ein Prismenkörper mit teildurchlässigem Spiegel, was die gleichzeitige Belichtung dreier Schwarzweißfilme erlaubte. Das Spiegelungsphänomen löste eine Art Rückkopplungsprozess der Wellenenergie aus, der den hohen Intensitätsverlust bei der Filterung bis zu einem gewissen Grad kompensierte. Der halbdurchlässige Spiegel liess nur gebündelte monochromatische Wellen passieren, die sich im gleichen Takt und in die gleiche Richtung des Raumes ausbreiteten. Da aber aufgrund der zu langen Belichtungszeiten auf die extrem feinkörnige Emulsion der von Lippmann eingesetzten Fotoplatten verzichtet werden musste, waren die auf der Tiefe der fotografischen Schicht gespeicherten Interferenzmuster unvollkommen, und die Lichtintensität des Lichts des Projektors zu gering, um die auf dem Träger gespeicherten Informationen vollständig rekonstruieren zu können. Der Durchmesser vom Zerstreuungskreis der lichtempfindlichen Bestandteile des Filmmaterials war grösser als die Wellenlänge des Lichts, sodass die Schärfe der Abbildung darunter litt. Die so belichteten Negative dienten allerdings als Ausgangsmaterialien für die Matrizen eines Druckverfahrens, bei dem die den Matrizen zugesetzten gelben, purpurnen und blaugrünen Farbstoffe auf einen Blankfilm abgesaugt wurden, um die Farbdichte und Schärfe eines aus dem grünen Farbauszug gewonnenen schwarzweissen Key-images zu verbessern.

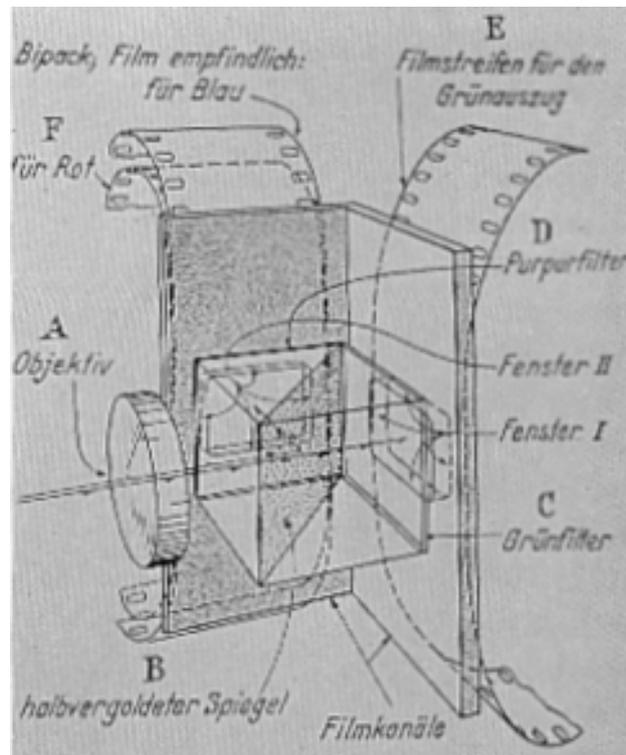
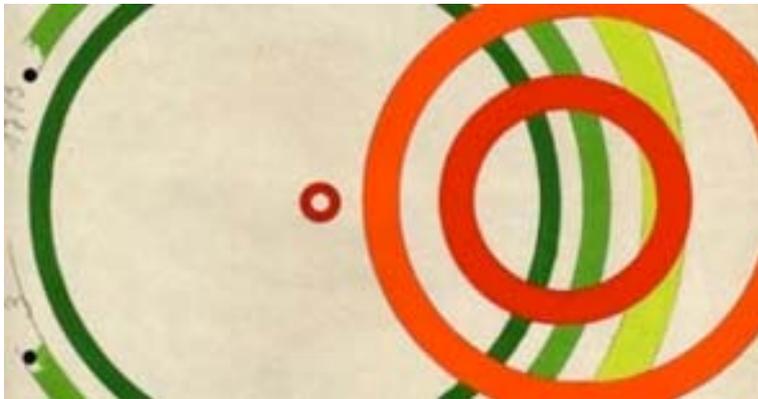


Abb. 7: Strahlenteilerkamera

Die Entwicklung der Farbfotografie führte über die Farbrasterfilme, deren körnige Struktur die Aufgabe hat, das durch das Objektiv fallende Licht zu filtern, indem jedes Farbkorn nur das Licht seiner eigenen Farbe passieren lässt, über die Linsenrasterfilme, die bei der Projektion durch ihre in den Schichtträgern eingebrachten „Linsen“ die Tiefenschärfe der projizierten Teilbilder optimieren, zum Triumphzug der sogenannten Mehrschichtenfilme. Letztere sind bei der Lichtenpassung der Silberschichten des Films nicht nur auf das fallende, sondern auch auf das durchscheinende Licht spezialisiert. Im Zeitraum zwischen 1932 und 1955, in dem die neue Strahlenteilerkamera von Technicolor eingesetzt wurde, wurden sogenannte Bipackfilme benutzt, die den Blaugrünauszug auf der Frontseite und den Rotorangeauszug auf der Rückseite aufzeichneten. Für den grünen Auszug benutzte man einen Einzelfilm, der panchromatisch sensibilisiert war. Von diesen drei Filmen wurden anschließend die drei Matrizenfilme des Druckverfahrens kopiert.

Ein Verfahren, das dem amerikanischen Technicolor ähnlich war, jedoch bereits einen Dreischichtenfilm benutzte, hatte der seit 1926 in Deutschland experimentierende ungarische Fotografiefachmann Bela Gaspar entwickelt. Purpur und Gelb waren die Farbschichten auf der einen Seite des Rohfilms, Blaugrün auf der anderen. Die Farbschichten dienten - ähnlich wie im amerikanischen Verfahren - jeweils als Matrizen für die Grün-, Blau- und Rotauszüge der Aufnahmenegative, da der Film wegen seiner geringen Lichtempfindlichkeit für Filmaufnahmen ungeeignet war. Die auf Gasparcolor-Filmmaterial erhaltenen Filme haben bis heute ihre hohe Qualität der Farben bewahrt, während die Farben vieler amerikanischer Technicolor-Filme längst verblasst oder rotstichig geworden sind. Allerdings fehlte das Geld für eine 3-Streifen-Strahlenteilerkamera, wie sie seit 1932 in den USA in Gebrauch war, um die Farbauszüge von Realaufnahmen deckungsgleich und gleichzeitig zu belichten, so dass man sich mit einer sich drehenden Filterscheibe - einem drehenden Kreis - vor dem Objektiv behelfen musste. Aus dem Geldmangel und dem Fehlen der passenden Kamera für Realaufnahmen hatten die Mitarbeiter von Gasparcolor jedoch eine Tugend gemacht: Um die bei Realaufnahmen schnell bewegter Objekte durch die zeitliche Parallaxe von Bild zu Bild verursachten Farbbränder zu vermeiden, hatte man sich nur auf die Herstellung von Werbe- und Zeichentrickfilmen eingeschränkt. Die Zeichentrickfilme wurden wiederum nur in Einzelbildschaltung kopiert, so dass auch die räumlichen Parallaxefehler des additiven Verfahrens vermieden werden konnten.

Oskar Fischinger, der seit 1932 mit Gasparcolor experimentierte, setzte mit seinem Film KREISE 1933 dem Verfahren ein Denkmal, das nicht nur die physikalische Quelle der Fehler des additiven Verfahrens erkannte, sondern auch als Thema des absoluten, im Sinne von strukturellem, Film reflexiv umsetzte, indem er die Besonderheiten des Aufnahme- und Projektionsverfahrens von Gasparcolor nicht als Illusion des Sehens, sondern als Repräsentation von Wissen darstellte. Fischinger war der erste Filmemacher, der auf die Idee kam, das auf der Leinwand entstandene Bild als ein Ergebnis von Interferenzen innerhalb des weissen Mischlichts darzustellen: zur Musik von Edvard Grieg und Richard Wagner explodieren auf der Leinwand Lichtpunkte und Interferenzmuster in Purpurrosa und Blaugrün: Farben, die das Filmgeschehen dominieren. Das erste Kreisgebilde besteht aus hell- und dunkelblauen Streifen, die zunächst von anderen blauen, dann von roten Punkten übersät werden, die am Ende der Szene ihren Platz an den Rändern der dunklen Kreise finden. Die Effekte der Diffraktion - die Interferenzstreifen, die die Bewegungswiedergabe von Objekten stören, weil sie den Schärfecodes des Sehens nicht entsprechen - und die Effekte des fotochemischen Prozesses - die Wiedergabe der Körperfarben der Objekte im durchscheinenden Licht der Projektion - werden des weiteren als eine Tanzchoreographie von Farbkreisen auf dem Viereck der Leinwand inszeniert. Fischinger hatte auch seinen nächsten Film, QUADRATE (1934), als eine Hommage an das Gasparcolor-Verfahren konzipiert: als einen Loop von 271 Einzelbildern, die in ihrer Farbanordnung und der Wiederholung der Szenen die Belichtung durch die drei Farbfilter und die anschließende Projektion thematisieren sollten [8]. Die Nazizensur verhinderte die Ausführung dieses Projektes, da die abstrakten Filme bereits als „degenerierte Kunst“ galten. Selbst „Kreise“ konnte den Passierschein der Zensur nur deshalb bekommen, weil Fischinger ihn als Werbefilm für Tolirag-Filme tarnte: Am Ende der Tanzchoreographie der Kreise erschien der Slogan „Alle Gesellschaftskreise sind erfasst“. Fischinger drehte allerdings noch eine Variante des Films, an dessen Ende nur der Text „Alle Kreise sind erfasst“ erscheint, was der verborgenen Botschaft des Films entsprach: die Kreise der Transformationen von Farbe und Licht zu zeigen, die auf der Leinwand zu einem Objekt der Perzeption werden.



Was als Technologie des Verfahrens unsichtbar war, wurde von Fischinger in KREISE sichtbar gemacht: das Präfilmische als die Überlagerung und Dispersion von Lichtwellen, was in den Extremitäten von Hell und Dunkel auf dem aufgenommenen Material seinen Ausdruck findet, wurde als Farbe zum Bestandteil der Oberfläche des projizierten Bildes. Das im Brennpunkt einer Linse oder eines Fotoemulsionskristalls gebündelte Licht wurde in seiner Ausdehnung auf der Bildebene gezeigt: das Feuerwerk von tanzenden Kreisen und Farbpunkten entfaltetete sich auf der Leinwand in den Farben des Gasparcolor-Verfahrens und den Beugemustern der Fresnelschen Zonenplatte.

Abb. 8 und 9: Animationsphasen zu Oskar Fischinger, KREISE, 1933



Allerdings mit einer kleinen Einschränkung: Obwohl der Gasparcolorfilm der erste Dreischichtenfilm überhaupt ist, hat Gelb, die dritte Farbe, einen bescheideneren Auftritt im Film, da sie als Mischfarbe aus Grün und Rot in der Farbmischung des additiven Verfahrens eigentlich überflüssig, als Farbschicht und Körperfarbe im Rohfilm jedoch vorhanden war. Erst die Aufteilung und Betrachtung der letzten Szene in Standbildern lässt auch die gelbe Farbe erstrahlen und den Sinn des eingblendeten Textes „Alle Kreise sind erfasst“ aufleuchten: Es sind alle Kreise erfasst, die als Ausgangspunkt einen leuchtenden Farb- oder Lichtwellenpunkt haben, der kinematische Bewegung und geometrische Figur, zeitliches Nacheinander der Bildschaltung und frontal auf einen zukommende und dabei wie im Zooming grösser und kleiner werdende Bildelemente auf der Projektionsfläche zueinander bringt: als Emanationen einer vom Objekt gelieferten Information, die sich über die gesamte Oberfläche des Films verteilt und die Repräsentationen von Objekt, Lichtwellenausbreitung und Bildkomposition als ein dichtes Netz von Ereignissen, als Funktionen des Durchgangs und der Ausbreitung der Lichtwellen erscheinen lässt..

Fußnoten

[1] Descartes, René: *Le Monde ou Traité de la Lumière. Die Welt oder Abhandlung über das Licht*, zweisprachige Ausgabe, Übersetzt von G. Matthias Tripp. Weinheim, 1989, S. 114f

[2] Serres, Michel: *Hermes, Band II: Interferenz*. Berlin, 1992, S. 113f

[3] *Kinotechnik* 24/1925, zit. nach Koshofer, Gert: *Die Farben des Films*. Berlin, 1988, S. 21f

[4] *Kinotechnik* 13/1921, zit.. nach ebd., S. 25.

[5] nach ebd., S. 24.

[6] *Kinotechnik* 5/1923, zit. nach ebd., S. 27.

[7] Ein experimenteller Film aus dem Jahre 1964: RE-ENTRY von Jordan Belson zeigt den Übergang der Farbphasen der Lichtzerlegung als formbildendes Element, das den Faktor Zeit des Aufnahmeverfahrens im allmählichen Wechsel der Formen im Überblendverfahren der Projektion als Lichteffekte und Wolkenbildung dramatisiert und somit gleichzeitig ein Zeit- und Bewegungsbild modelliert, das im Wechselspiel von Opazität und Transparenz besteht.

[8] Nach Informationen von William Moritz. Moritz, William: „Gasparcolor: Perfect Hues for Animation“. Lecture, Musée du Louvre, Paris, 6. Oktober 1995.

Literatur | Quellen

CHERCHI USAI, Paolo: *Silent Cinema*. London, 2000.

DESCARTES, René: *Le Monde ou Traité de la Lumière. Die Welt oder Abhandlung über das Licht*, übersetzt von G. Matthias Tripp. Weinheim, 1989 (1677).

KOCK, Winston E.: *Engineering Applications of Lasers and Holography*. New York und London, 1975.

KOSHOFER, Gert: *Farbfotografie*, Band I: Alte Verfahren. München, 1981.

KOSHOFER, Gert: *Color. Die Farben des Films*. Berlin, 1988.

MORITZ, William: „Gasparcolor: Perfect Hues for Animation“. Lecture, Musée du Louvre, Paris, 6. Oktober 1995, in: <http://www.iotacenter.org/program/publication/moritz/moritz> 15. Letzter Zugriff vom 11.10.2005

SERRES, Michel: *Hermes, Band II: Interferenz*. Berlin, 1992 (1971).

<http://www.filmportal.de>. Letzter Zugriff vom 11.10.2005

Zur Autorin

Lena Christolova, Dr. phil., geb. 1965, unterrichtet Medienwissenschaft an der Universität Konstanz und arbeitet an einem Habilitationsprojekt zum Thema „Fotografie, Film, Fotogramm intermedial“.