

Methoden der Bildaufzeichnung mit Ausnahme der klassischen photographischen Verfahren*

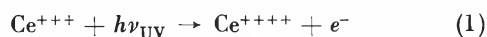
Von J. EGGERT und K. PFISTER

Photographisches Institut der Eidgenössischen
Technischen Hochschule, Zürich

Die klassischen photographischen Verfahren sind wegen ihrer mannigfaltigen Anwendbarkeit unersetzlich. Ein wichtiger Grund für die Vielseitigkeit der Photographie ist ihre Empfindlichkeit für Strahlungen kleiner als 10000 Å (nahes Ultrarot), fast ohne Begrenzung für kürzeste Wellenlängen und Korpuskularstrahlen höchster Energie. Diese Empfindlichkeit offenbart sich aber erst in Zusammenhang mit dem klassischen Entwicklungsvorgang, durch den die primäre Wirkung der Strahlung, gemessen am gebildeten Silber, gewaltig – bis zum Faktor 10^9 – verstärkt werden kann.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, den photographischen Verfahren, die sich der Lichtempfindlichkeit der Silbersalze bedienen, Methoden an die Seite zu stellen, denen andere Lichtreaktionen zugrunde liegen. Wir betrachten nachfolgend eine Auswahl solcher Systeme, die meistens sogar bereits technische Bedeutung erlangt haben.

Der Photographie mit Silberhalogeniden noch ziemlich nahe steht das «Lichtempfindliche Glas», das von der Corning Gesellschaft im Staate New York (USA) hergestellt wird und über das S.D. STOOKEY¹ berichtet hat. In diesem Glase, das in reduzierendem Milieu erschmolzen wurde, befinden sich dreiwertige Cerionen Ce^{+++} neben einwertigen Goldionen Au^+ . Da die Ce^{+++} -Ionen ultraviolettes Licht absorbieren, können folgende Vorgänge stattfinden:



Im ersten, eigentlichen photochemischen Prozeß wird das aufgenommene Lichtquant $h\nu$ dazu verwendet, das dreiwertige Cerion in vierwertiges Cerion unter Abspaltung eines Elektrons e^- zu verwandeln (Gl. 1). Dieses, im Gegensatz zu den übrigen anwesenden Partnern sehr bewegliche Elektron neutralisiert bei nächster Gelegenheit ein einwertiges Goldion und erzeugt damit ein

Goldatom (Gl. 2). Bei Bestrahlung eines solchen Glases mit UV hinter einem photographischen Negativ entstehen also nach Maßgabe der absorbierten Strahlung Goldatome. Sie sind vorerst unsichtbar und lassen sich erst dann erkennen, wenn man die Glasplatte auf 600°C erwärmt. Mit steigender Temperatur werden die Goldatome zunehmend beweglicher und koagulieren zu größeren, allerdings immer noch ultramikroskopischen Teilchen zusammen, die im Glas ein purpurblaues Sol bilden.

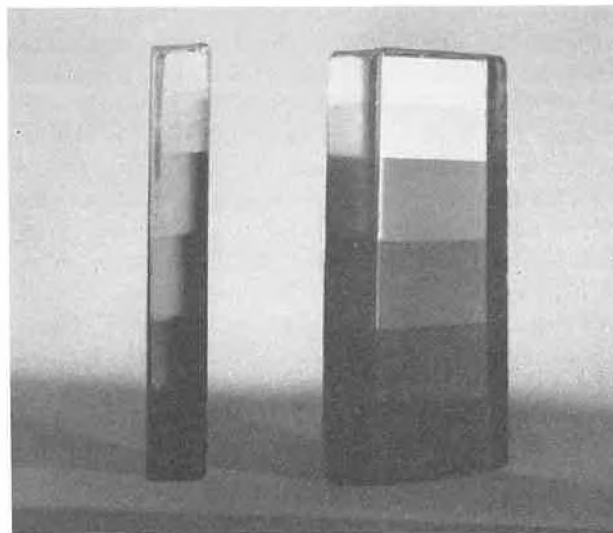


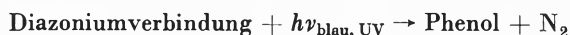
Abb. 1. Front- und Seitenansicht einer stufenweise mit UV bestrahlten Platte aus «Lichtempfindlichem Glas» der Corning Glass Works, Corning, N. Y., nach Entwicklung bei 600°C. Das Bild besteht aus kolloidalem Gold und ist bis weit in die Tiefe der Schicht ausgebreitet

Stufenförmig ansteigende Belichtungen liefern so eine Skala wachsender Dichten, die in der relativ dicken Glasschicht von der Seite betrachtet die zunehmende Ausdehnung in die Tiefe der Schicht erkennen lassen (Abb. 1). Die Empfindlichkeit dieses Verfahrens ist sehr gering, höchstens entsprechend derjenigen photographischer Auskopierschichten. Allerdings ist «Lichtempfindliches Glas» völlig farblos, also nur UV-empfindlich und, mindestens in normalem künstlichem Licht, ohne Gefahr der Verschleierung zu hantieren.

* Nach einem Vortrag, gehalten an der Wintertagung des Schweizerischen Chemiker-Verbandes am 4. Februar 1961 in Bern.

¹ S.D. STOOKEY, Photosensitive Glass, *Ind. Eng. Chem.* 41 (1949) 856.

Eine Reihe von Verfahren bedient sich der photochemischen Wirksamkeit von Diazoniumverbindungen. Man faßt diese Gruppe unter dem Namen «Diazotypie» zusammen. Die gemeinsame Reaktion wird am einfachsten formuliert:



Unter der Wirkung kurzwelliges Lichtes wird also aus der Diazoniumverbindung Stickstoff abgespalten, wobei sie in ein Phenol übergeht. Anfangs versuchte man durch weitere Reaktionen mit diesem Phenol eine Bildaufzeichnungsmethode zu schaffen. Erst in den zwanziger Jahren gelang es der Firma Kalle & Co.², einer Anregung von G. KÖGEL zufolge, ein brauchbares Diazotypie-Verfahren zu entwickeln, das in der Folgezeit unter mancher Abwandlung auch von anderen Stellen durchgeführt wurde. Der Kunstgriff bei diesen «Ozalid»-Materialien (OZALID «geschüttelt» aus DIAZOL) ist der, daß man die durch das Licht zersetzte Substanz unbeachtet läßt, dagegen das übriggebliebene Diazoniumsalz auf die eine oder andere Weise in alkalischem Milieu (Ammoniakdampf, Anfeuchten mit dünner Sodalösung) mit einer Kupplersubstanz (z. B. Resorcin) zu einem Azofarbstoff reagieren läßt. Diese Methode erreicht in der ganzen Welt einen gewaltigen Umsatz und hat z. B. die früheren Blaupausen weitgehend verdrängt.

Aber auch der Stickstoff, der bei der photochemischen Zerlegung der Diazoniumverbindungen entweicht, läßt sich zur Bildaufzeichnung heranziehen. Belichtet man Diazoniumsalze, die in geeigneten Bindemitteln (Hochpolymeren) gelöst sind, so kann der Stickstoff nicht wie beim bindemittelfreien Ozalidpapier entweichen, sondern er bleibt in dem glasigen System gefangen. Nach der Belichtung sieht man also nichts. Erwärmt man aber die Schicht, so erweicht das Bindemittel und erlaubt dem entstandenen Stickstoff, kleine «Ballons» aufzublasen, die nach dem Erkalten der Schicht als eine Art Schaum bestehen bleiben. Die Kalvar Corporation in New Orleans, Louisiana (USA), hat mit ihren «Kalfax»-Schichten gezeigt, daß auf diese Weise ein Material beachtlich hoher Auflösung geschaffen werden kann

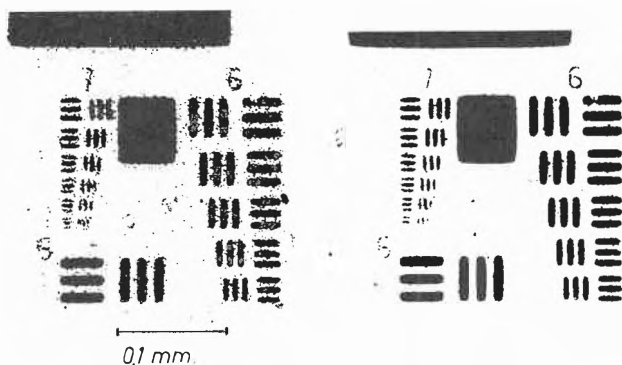


Abb. 2. Mikrophotographische Aufnahme der Kontaktkopie zweier Strichteste auf Kalfax-Film (rechts gesteigertes Auflösungsvermögen im Vergleich zu links). Durchmesser der Bläschen: 0,1 bis 0,3 μ

(Abb. 2). Das Bemerkenswerte bei diesen an sich farblosen Schichten ist, daß die im projizierten Bild beobachtete «Schwärzungsskala» gar nicht auf Lichtschwächung durch Absorption, sondern durch Streuung an den Bläschen beruht.

Ein anderes, im wesentlichen auf chemischen Reaktionen beruhendes Verfahren ist von dem amerikanischen Konzern 3M (Minnesota Mining and Manufacturing Co.) ausgearbeitet und unter der Bezeichnung «Thermofax» verbreitet worden. Auch hier handelt es sich, wie bei den Diazotypien, um eine Kopiermethode, die als Reflexkopie Direktpositive vom Original liefert.

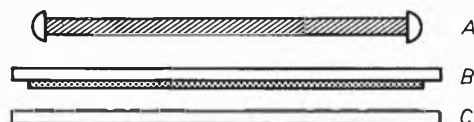


Abb. 3. Schema des Thermofax-Verfahrens des Minnesota Mining and Manufacturing (3M)-Konzerns. A Glühkörper, B thermoaktive Schicht, C Strichvorlage

Abb. 3 zeigt den Vorgang: Von einem kräftig geheizten stabförmigen Glühkörper A fällt die Strahlung durch die aktive Schicht B auf die zu kopierende Vorlage C mit schwarzen Schriftzeichen, deren Farbstoff möglichst auch im Ultrarot absorbieren muß und am besten aus einem dunklen Pigment wie dem Ruß der Drucker-schwärze besteht, jedoch nicht aus wasserlöslichen Tintenfarbstoffen, die das Ultrarot meist durchlassen. Die Strahlung, die nicht in B, sondern nur in den schwarzen Flächen von C absorbiert wird, bewirkt bei hinreichend hoher Temperatur von A eine so hohe Temperatursteigerung in C, daß in der engangliegenden aktiven Schicht eine Reaktion ablaufen kann. Nach verschiedenen Änderungen verwendet 3M in der aktiven Schicht jetzt Substanzgemische, die bei gesteigerter Temperatur einen blauschwarzen Farbstoff liefern. Geeignet sind z. B. Gemische von fettsauren Eisen- oder anderen Schwermetallsalzen und Gallussäure in einem wachsartigen Medium; dieses schmilzt in der Nachbarschaft der erhitzten Schriftzeichen, so daß die beiden Komponenten miteinander reagieren können, im vorliegenden Falle zu Eisengallat, also jener Substanz, mit der unsere Vorfahren schon ihre Briefe geschrieben haben! Freilich darf nicht verschwiegen werden, daß das Auflösungsvermögen dieser Methode nur bescheiden ist und daß das Kopiermaterial vor zu starker Erwärmung geschützt werden muß. Dennoch hat das Verfahren wegen seiner verblüffenden Einfachheit als Kopiergerät «Thermofax Secretary» große Verbreitung gefunden.

Damit wollen wir die chemischen Methoden verlassen und uns drei photophysikalischen Verfahren zuwenden. Das erste bedient sich der Photoleitfähigkeit von Halbleitern; die meistbenutzten sind Selen- und Zinkoxyd-

² MAXIMILIAN SCHMIDT, Diazotypie-papiere und -filme, *Fortschritte der Photographie*, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1. Band (1938) S. 374, sowie 3. Band (1944) S. 269.

schichten³. In beiden Fällen verfährt man folgendermaßen: Die Schichten werden durch eine Corona-Entladung auf das Potential von einigen hundert Volt gebracht, wobei die Selenplatte positiv, die ZnO-Schicht negativ aufgeladen wird. Soll eine Strichvorlage, z. B. ein Brief, reproduziert werden, so wird das Objekt optisch auf die geladene Schicht abgebildet. Dort wo Licht, also die Helle des weißen Papierhintergrundes, auf die geladene Halbleiterschicht fällt, bricht das Potential nach relativ kurzer Exposition zusammen, während es an solchen Stellen unverändert bestehen bleibt, die nicht vom Licht getroffen werden, die also in unserem Beispiel den schwarzen Buchstaben des Briefes entsprechen. Nach der Belichtung befindet sich dann auf der Halbleiterschicht ein «elektrostatisches latentes Bild». Um es sichtbar zu machen, braucht man nur noch gefärbtes Harzpulver entgegengesetzter Ladung über die Schicht zu stäuben und den Staub geeignet zu fixieren. Im Falle des Zinkoxyds, das in einer Bindemittelschicht auf Papier aufgetragen wird, braucht der Harzstaub nur durch eine anschließende Wärmebehandlung in die Unterlage eingeschmolzen zu werden, wobei allerdings zu beachten ist, daß die optische Abbildung der Vorlage wegen der Seitenrichtigkeit über einen Spiegel erfolgen muß. In vieler Hinsicht einfacher ist das Arbeiten mit Selenplatten, bei denen der elektrostatisch angezogene Staub schließlich (wieder elektrostatisch) auf ein beliebiges Papier übertragen werden und dort durch Hitze fixiert werden kann (Abb. 4). Diese von C. F. CARLSON⁴ entscheidend geförderte und von der Haloid XeroX Inc., Rochester (N. Y., USA), ständig weiter entwickelte Methode ist bei Verwendung von beliebig oft benützbaren Selenplatten als Xerographie bekannt, während die ZnO-Papiere von der Radio-Corporation America ursprünglich für das Electrofax-Verfahren vorbehalten waren, jetzt aber allenthalben, z. B. auch in Japan, verwendet werden (Abb. 5).

Eine vielversprechende Variante dieses Verfahrens ist die Parallele zur Röntgenphotographie. Da Röntgenstrahlen ebenfalls imstande sind, Oberflächenladungen der Halbleiter zu vernichten, läßt sich in der Tat eine «Xeroradiographie» oder «Röntgenxerographie» durch-

³ KARL HAUFFE, Elektrophotographie, *Angew. Chem.* 72 (1960) 730.

⁴ CHESTER F. CARLSON, Xerography, *Progress in Photography*, 1955 bis 1958, *The Focal Press* 11 (1958).

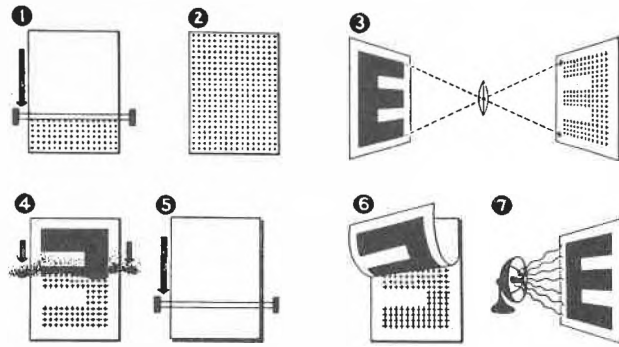


Abb. 4. Schematische Darstellung des Xerographie-Prozesses. 1 und 2: Positive Aufladung der Selenplatte, 3: Belichtung und Erzeugung des latenten elektrostatischen Bildes, 4: Entwicklung durch Bestäuben mit negativ geladenem Harzstaub, 5 und 6: Übertragung des Staubbildes auf positiv geladenes Papier, 7: Fixieren des Bildes durch Einschmelzen des Staubes auf der Papierfaser

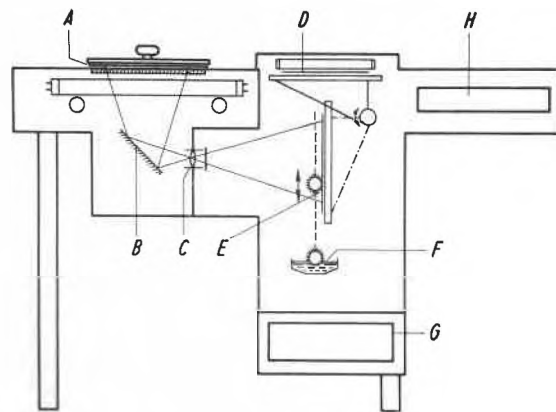


Abb. 5. Schematische Darstellung einer mit ZnO-Papier arbeitenden Kopiermaschine. A Original, B Umlenkspiegel, C Optik, D Aufladung des ZnO-Papiers, E Belichtung und Entwicklung des ZnO-Papiers, F Magnet mit Toner und Eisenpulver, G Elektronik, H Fixierofen

führen⁵. Sie hat für technische Serienuntersuchungen, namentlich in der Flugzeugindustrie an wichtigen Maschinenteilen, eine ständige Verwendung gefunden, weil das Verfahren bei zweckmäßiger Anwendung eine hohe Fehlererkennbarkeit besitzt (Abb. 6). In der Medizin

⁵ R. G. VYVERBERG, H. E. CLARK und J. H. DESSAUER, *Industrial Xerography in 1955 Nondestructive Testing*, May-June 1955; J. H. DESSAUER, G. R. MOTT und H. BOGDANOFF, Die Xerographie von heute, *Schweiz. Photo-Rdsch.* Hefte 1, 2 und 3 (1957); T. T. BICKMORE, M. LEVY und J. HALL, High-Resolution Xerography by Aerosol Development, *Photogr. Sci. Eng.* 4 (1960) 37.

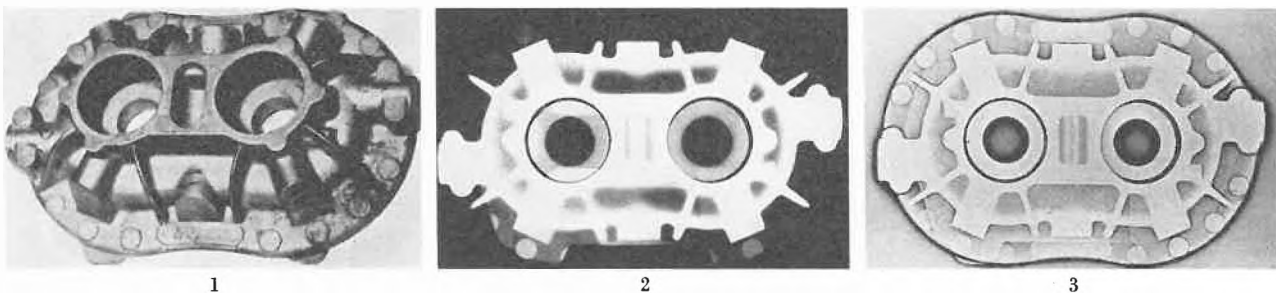


Abb. 6. Werkstückaufnahme, ein Vergleich. 1 normale Photographie, 2 Röntgenphotographie, 3 Röntgenxerographie

wird die Methode vorerst zögernd eingesetzt, weil sie die Empfindlichkeit des photographischen Verfahrens nur knapp erreicht. Immerhin interessiert es sicher, einen Blick auf die röntgenxerographische Aufnahme einer Hand zu werfen, weil bei dem Vergleich mit der entsprechenden Röntgenaufnahme der hervorstechende Unterschied zwischen beiden Bildern deutlich in Erscheinung tritt (Abb. 7). Er besteht darin, daß das Strahlungsrelief der Röntgenstrahlung nach Durch-

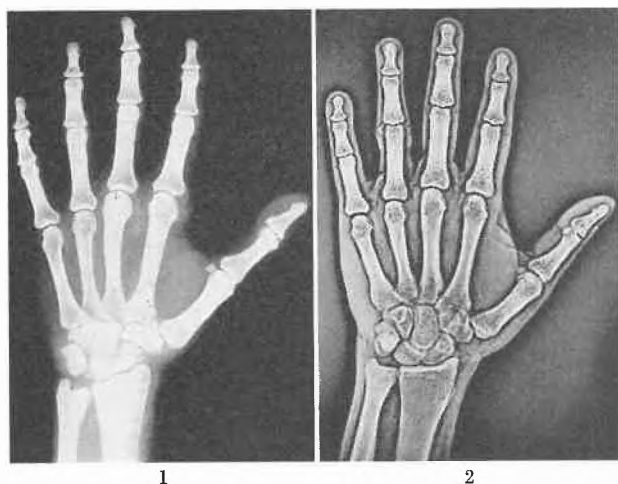


Abb. 7. Handaufnahme. 1 Röntgenphotographie, 2 Röntgenxerographie

setzen des Objektes vom photographischen Prozeß praktisch intensitätsgetreu wiedergegeben wird, während der röntgenxerographische Vorgang vorwiegend nur diejenigen Stellen des Strahlungsreliefs registriert, an denen die Intensität mehr oder weniger starke Änderungen erleidet (Abb. 8).

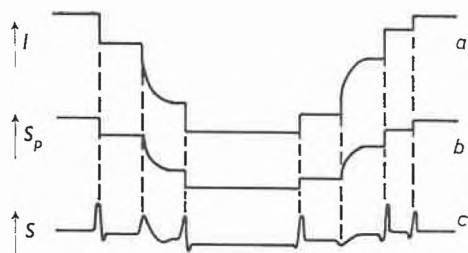


Abb. 8. Schematische Gegenüberstellung von: a Röntgenstrahlintensität I nach Durchstrahlung des Objektes (Röntgenstrahlrelief), b photographische Schwärzung S_p gemäß dem Röntgenstrahlrelief, c röntgenxerographische Schwärzung S_x gemäß dem Röntgenstrahlrelief

Die Photoleitfähigkeit der Halbleiter kann aber, wie der 3M-Konzern gezeigt hat, noch auf andere Weise zur Bilderzeugung herangezogen werden. Wird das Negativ einer Zeichnung oder eines Schriftstückes auf ZnO-Papier abgebildet, so wird dieses an den jetzt hell projizierten Strichen oder Buchstaben leitfähig, so daß senkrecht zur Papierebene leitfähige Stege in die Tiefe des Papiers entstehen. Dieser Effekt wird zum Ablauf einer Elektrolyse ausgewertet, indem man die Unterseite des

Papiers mit einer Aluminiumfolie versieht (Anode), während seine Oberfläche mit einem Wischer behandelt wird, der mit einer Metallsalzlösung getränkt ist (Kathode). An den belichteten Stellen entsteht nunmehr ein elektrolytisches Metallbild, z. B. aus abgeschiedenem Silber gebildet. Schon früher hat man elektrolytische Bilder auf Jodkaliumstärkepapier erzeugt, wobei der Schreibstift an seiner Spitze anodisch Jod ausschied, wenn die Unterlage des feuchten Papiers in einer Metallwalze (Kathode) bestand. Solche Jodstärkebilder sind relativ beständig.

Das zweite photophysikalische Verfahren, das wir betrachten wollen, geht, soweit uns bekannt ist, auf einen Gedanken von M. CZERNY⁶ zurück, der sich schon vor 1938 mit dem Problem beschäftigte, Ultrarotstrahlung zu registrieren, z. B. für Zwecke der Spektralphotometrie. CZERNY ließ die UR-Strahlung auf eine dünne Kollodiumschicht fallen, die rückwärtig berußt war und auf ihrer Vorderseite eine hauchdünne Schicht einer geeigneten Paraffinmischung trug. Das Ganze befand sich in einem hohen, dem Paraffindampfdruck entsprechenden Vakuum. Nach kurzer UR-Exposition verdampfte etwas Paraffin an den bestrahlten Stellen, wodurch die Schichtdicke hier abnahm und an der Änderung der Interferenzfarbe auf normalem photographischem Wege feststellbar war.

Grundsätzlich den gleichen Vorgang dieser «Evaporoskopie» von CZERNY verwendete später, 1943, F. FISCHER bei seinem Eidophor-Verfahren der Fernsehgroßprojektion, das unter entscheidender Mitarbeit von E. BAUMANN und E. GREENER von der Firma CIBA (Gretag) weiterentwickelt wurde⁷. Auch beim Eidophor-Prozeß ist eine dünne Ölschicht der Empfänger, jedoch diesmal nicht für Ultrarotstrahlung, sondern für den Elektronenstrahl der Fernsehöhre, wobei also auch in diesem Falle der gesamte Prozeß im Vakuum abläuft. Die Interferenzphotographie CZERNYS ist aber jetzt, da es sich um Projektion handelt, durch eine Schlierenmethode ersetzt, die es gestattet, das Relief der farblosen Ölschicht auf dem Projektionsschirm (durch ein Barrensysteem) in ein Schwarzweißbild mit allen Halbtönen zu verwandeln (Abb. 9). Was also bei der Kalfax-Schicht durch die Streuung des Lichtes an der mehr oder weniger großen Zahl vorhandener Bläschen geschah, erfolgt hier durch die mehr oder weniger große Dicke der Ölschicht, die natürlich nach der Projektion immer wieder in die ursprüngliche Dicke zurückweicht.

Dieses Verfahren ist zuletzt noch dahingehend modifiziert worden, daß man die für das Fernsehen und seine Großprojektion nur kurzzeitig existenten «Bilder» stabilisiert und auf einen Schmalfilm gebracht hat. Diese Methode hat W. E. GLENN bei General Electric Company

⁶ M. CZERNY und P. MOLLET, Neue Versuche zur Photographie im Ultraroten, *Z. Physik* 108 (1938) 85.

⁷ Eine sowohl historisch als auch technisch gute Darstellung der Methode ist der Broschüre *Eidophor* zu entnehmen, die von der CIBA AG, Basel, 1959 herausgegeben wurde.

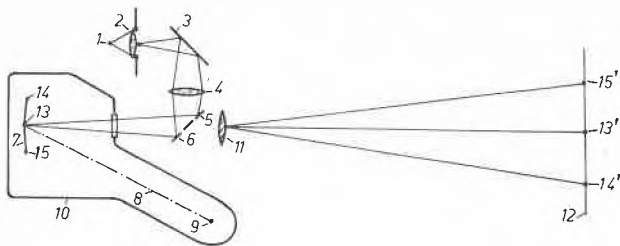


Abb. 9. Optische Gesamtanlage des Eidophor-Projektors. 1 Lichtquelle, 2 Kondensator, 3 Kaltspiegel, 4 Kondensator, 5 und 6 Barrenelemente, 7 Eidophor-Spiegel, 8 Kathodenstrahl, 9 Kathode, 10 Vakuumkammer, 11 Projektionsobjektiv, 12 Projektionsschirm, 13 14 15 Bildpunkte auf dem Eidophor-Spiegel, 13' 14' 15' korrespondierende Bildpunkte auf dem Projektionsschirm

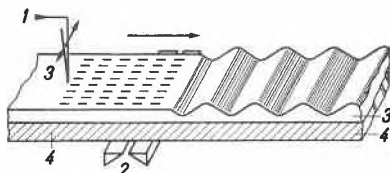


Abb. 10. Thermoplastische Bildaufzeichnung. 1 Elektronenstrahl, 2 Induktionsheizung, 3 thermoplastische Schicht, nach dem Aufladen, Erwärmen und Erkalten mit bildmäßigem Relief versehen (hier gewellt), 4 Filmunterlage

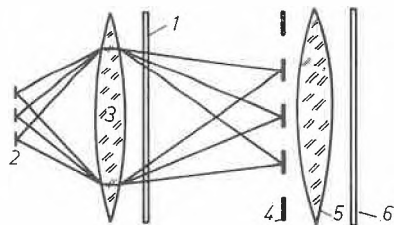


Abb. 11. Projektion von thermoplastischem Film. 1 Film ohne Relief, 2 Lichtquelle: Schlitzreihe, 3 Kondensatorlinse, 4 Barrensystem, 5 Projektionsschirm. In dieser Form erhält der Schirm kein Licht. Ein Oberflächenrelief im Film lenkt die Lichtstrahlen der Schlitzreife zwischen die Barren und auf den Schirm, wo jetzt ein Schwarzweißbild entsteht

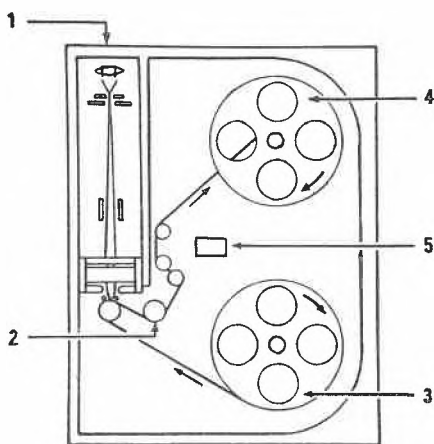


Abb. 12. Apparatur für plastische Bildaufzeichnung. 1 Fernsehaufnahmegarät, Elektronenstrahl belädt Film; 2 Induktionsheizung; 3 Abwickelspule; 4 Aufwickelspule; 5 optische Kontrolle

of America ausgearbeitet⁸. Hierfür ist nötig, daß der Elektronenstrahl einen (schichtfreien, völlig farblosen) Film bildmäßig auflädt, so daß er nach dem Erweichen beim Erwärmen ein Relief bildet (Abb. 10). Nach dem Erkalten bleibt dies Relief erhalten und kann mit Hilfe einer Schlierenoptik («Barrensystem») – aber nur auf diese Weise – sichtbar gemacht werden (Abb. 11). Im ganzen vollzieht sich die Arbeitsweise im Sinne von Abb. 12.

Zwar nicht zu unserem Thema gehörig, aber in diesem Zusammenhang doch erwähnenswert sind die Verfahren, die sich der Bildwandlerröhre bedienen. Das Beispiel zeigt nämlich, daß physikalische Methoden auch den normalen photographischen Prozeß sehr wirksam

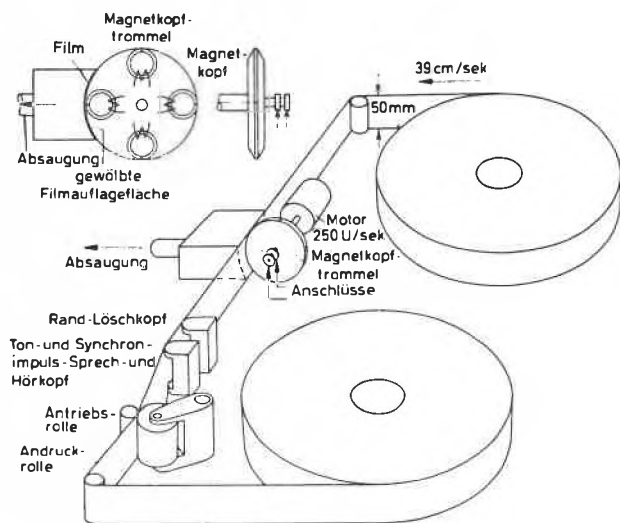


Abb. 13. Prinzipieller Aufbau der Tischplatte des Ampex-Bildaufzeichnungsgerätes

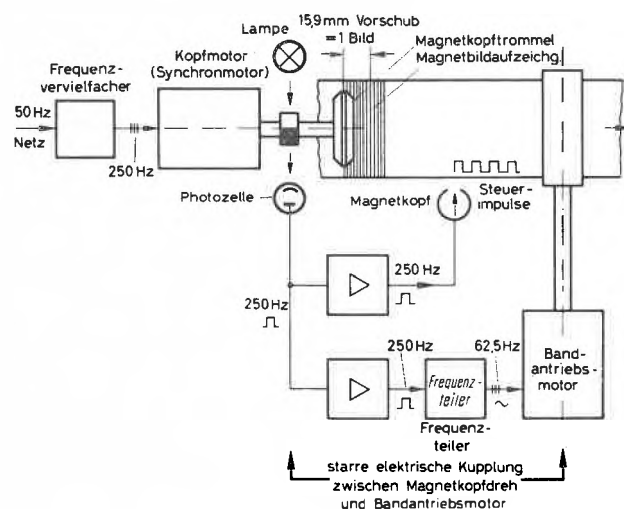


Abb. 14. Schemadarstellung der magnetischen Aufnahme von Fernseh Bildern

⁸ Thermoplastic Recording, veröffentlicht durch Research Information Services, General Electric Co., Research Laboratory, Schenectady, N. Y., USA (Januar 1960), zitiert nach *Perspective 2* (1960) 187, The Focal Press, London.

zu unterstützen vermögen. Ursprünglich wurden diese Röhren nur zur Sichtbarmachung von Infrarot-Bildern, dann aber auch zur Herstellung von lichtstarken Röntgen-Schirmbildaufnahmen verwendet⁹. Man hat sie jetzt aber durch gesteigerte Wirksamkeit (Kaskadenschaltung mehrerer Röhren)¹⁰ sowie Verbesserung der Optik¹¹ soweit entwickeln können, daß Momentaufnahmen bei Mondlicht möglich sind.

Wohl die kühnste Methode der Bildaufzeichnung ist die magnetische – das dritte photophysikalische Verfahren, das wir betrachten. Der Phototeil steckt in der Fernschröhre, die ihre Impulse normalerweise (mit gehöriger Synchronisation) in den Empfänger sendet. Seit wenigen Jahren hat man es aber gelernt, zuerst in den USA bei der Ampex-Corporation, neuerdings aber auch

in Japan, diese äußerst kurzzeitigen Impulse auf einem 7 cm breiten Magnetband, quer zu seiner Laufrichtung, aufzuzeichnen, so daß man unmittelbar nach der Aufnahme die Wiedergabe betrachten kann (Abb. 13, 14). Die Qualität derselben entspricht etwa der eines 16-mm-Umkehrfilms. Die deutschen Rundfunkstellen sind bereits seit einiger Zeit mit mehreren solchen Geräten ausgestattet, die von Siemens den vorliegenden Verhältnissen angepaßt wurden¹².

Unser Überblick hat gezeigt, daß die Photographie durch andere Methoden wiederholt aus ihren Anwendungsgebieten verdrängt wurde. Wir sind aber der Ansicht, daß ihr immer eine bedeutende Domäne verbleiben wird, da ja auch in ihren eigensten Methoden Fortschritte entstehen, wie z. B. in den letzten Jahrzehnten die Farbenphotographie gezeigt hat.

⁹ Vgl. W. SCHAFFERNICHT, *Physik. Bl.* 4 (1948) 4; J. DOSSE, *Physik. Bl.* 9 (1953) 66; W. HEIMANN, *Physik. Bl.* 16 (1960) 227.

¹⁰ J. D. MAX GEE, *Imp. Coll. Sci. Technol.*

¹¹ A. BOWERS, NV. Optische Industrie de Oude, Delft.

¹² H. FRIESS, Die magnetische Aufzeichnung von Fernsehbildern, *Kinotechn.* 12 (1958) 146.