

Praxis, Technik

Hellraumfilme für graphische und reprographische Anwendungen *



J. Verelst **
F & E Laboratories
Agfa-Gevaert (Belgien)

Abstract

Contact films permitting roomlight handling have to meet important requirements in respect to available light sources for their exposure and also in terms of image quality. Practical methods for assessing image quality are dealt with in detail. Next a number of non-silver photochemical materials are reviewed by explaining their basic mechanism with an indication of their principal advantages and also their constraints. Finally an account is given of the particularities of silverhalide based roomlight films: emulsion parameters, processing conditions and image quality are discussed in detail.

Mit dieser Übersicht wird beabsichtigt, einen generellen Überblick derjenigen photographischen Kopierverfahren zu geben, die eine Verarbeitung im Hellraum gestatten, und die insbesondere in der graphischen Industrie eingesetzt werden können.

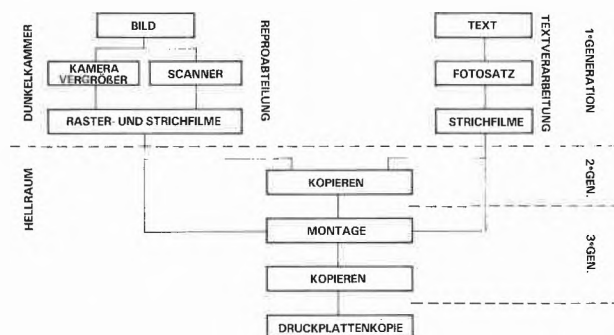


Abb. 1: Arbeitsablauf einer graphischen Reproabteilung

1.1. Einführung – Definition des Einsatzgebietes

Betrachten wir kurz den Arbeitsablauf einer graphischen Reproabteilung, wie sie in Offset- oder Buch-

druckbetrieben vorkommt. In einer ersten Stufe werden Texte und Bilder in das gewünschte Format und in die richtige «Kodierung» umgewandelt und nachher an die Montageabteilung abgeliefert. In dieser Abteilung werden Texte und Bilder in den richtigen Seitenumbruch zusammengebracht. Meistens wird diese Montagearbeit durch die Verwendung von geeigneten Kontaktkopierverfahren so organisiert, dass man endgültig einen «glatten» Film bekommt, mit dem man ohne weiteres die Druckformkopye verfolgen kann.

Die Montagearbeit sowie die Retusche finden normalerweise im Hellraum statt. Die Belichtung und Entwicklung der Kopierfilme musste wegen der Benutzung von relativ hochempfindlichen Materialien in der Dunkelkammer gemacht werden. Übrigens war dort auch die automatische Entwicklungsmaschine aufgestellt. Seit einigen Jahren aber hat die Bereitstellung von besseren Lichtquellen, von geeigneten Hellraumfilmen und von ökonomisch attraktiven Strichentwicklungsmaschinen eine Verlagerung der gesamten Kontaktkopierarbeiten in die hellen Montageräume gestattet. Diese Dezentralisierung der Photographie bietet verschiedene Vorteile:

- Zeitverlust durch Hin- und Herlaufen in die Dunkelkammer und Wartezeiten vor den Verarbeitungsmaschinen werden ausgeschaltet
- Bessere Einhaltung und kürzere Fertigungstermine
- Bessere visuelle Kontrolle der Passergenauigkeit beim Kopieren
 - wodurch – bessere Qualität
 - weniger Wiederholungen
- Humanisieren des Arbeitsplatzes

1.2. Definition der Ansprüche

Die Einsatzmöglichkeiten eines Hellraumkopiersystems in der Praxis sind von einer Reihe Voraussetzungen abhängig. Bezüglich der sensitometrischen Eigenschaften müssen wir erwähnen:

- Die Empfindlichkeit muss eine unkritische und doch nicht zu lange Belichtungszeit auf den käuflichen Belichtungsgeräten ermöglichen.
- Die Filme sollen so unempfindlich wie möglich gegen Raumbeleuchtung sein.
- Eine hohe Schwärzung innerhalb des spektralen Empfindlichkeitsgebietes der Druckplatte soll während der Druckplattenkopye gegen Durchschlag sichern: Beim Kopieren von Offsetplatten genügt eine Dichte von etwa 3,5, im Fall der Photopolymerhochdruckplatten werden Dichten über 4,0 benötigt.

* Vortrag gehalten am Photographischen Institut der ETH, Sommersemester 1979.

** J. Verelst, F & E Laboratories, Agfa-Gevaert, Belgien

- Im allgemeinen bevorzugen die Reprographen und die Montagefachleute eine neutral schwarze Dekkung.
- Eine relativ steile Gradation ist erwünscht: Manchmal muss man Rasteraufnahmen kopieren mit recht unscharfen Rasterpunkten. Man erwartet aber, dass die Kopie scharf definierte Rasterpunkte zeigt.
- Niedrige Grundschleierwerte und geringe Restanfärbung sind erwünscht, und besonders beim Herstellen von Überlegern im Tiefdruck sind sie eine strenge Notwendigkeit.
- Bezüglich der Bildqualität kann man feststellen, dass die Reproduktionen von Rasterpunkten und feinsten Strichen mit dem höchsten Mass an Vorlagentreue realisiert werden müssen. Dieses fordert eine MÜF, die bis in genügend hohe Ortsfrequenzen gelangt.
- Das Filmentwicklungsverfahren soll schnell, bequem und reproduzierbar verlaufen.
- Preisgünstige Maschinen
- Umweltfreundliche Chemie
- Die partielle Abschwächbarkeit von Rastern und die Radierbarkeit von Strichen ist gewünscht. Die Oberflächen müssen so beschaffen sein, dass die herkömmlichen Abdecklacke benutzt werden können.
- Massänderungen dürfen im Absolutwert nie 0,1 bis 0,2 mm überschreiten, besonders bei der Farbproduktion. Da es sich sehr häufig um grosse Formate handelt, müssen die Filme deshalb eine hervorragende Masshaltigkeit besitzen.
- Elektrostatische Eigenschaften
- Anti-Newtonsichten

2. Voraussetzungen für praxisreife Hellraumkopierverfahren

2.1. Für Hellraumkopie geeignete Lichtquellen

Alle photographischen Materialien, die einigermaßen für Hellraumarbeiten in Betracht kommen, haben eine relativ geringe Lichtempfindlichkeit. Strahlungsdosen im Gebiet von 3.10^4 mJ/m² bis 10^7 mJ/m², wobei die spektrale Empfindlichkeit vorzugsweise im UV-Gebiet von 340 bis 400 nm liegen muss, sind notwendig.

Für die Praxis brauchbare Belichtungszeiten sind normalerweise nicht kürzer als etwa 5 Sekunden, da sonst das Belichtungssystem zu kritisch zu steuern ist; Zeiten länger als etwa 30 Sekunden beeinträchtigen aber die Produktivität.

Es gibt verschiedene Arten von Lichtquellen, womit man in diesem Arbeitsgebiet operieren kann:

2.1.1. *Kohlenbogen* wurden bis vor 20 Jahren fast universell für die Belichtung von Pigmentpapier und sämtlichen chemigraphischen Druckformen verwendet. Sie sind aber jetzt wegen ihres schmutzigen Metalloxydampfes und wegen ihrer Störungsanfälligkeit ausser Gebrauch gekommen.

2.1.2. *Hochdruck-Quecksilberbrenner* wurden früher auch viel in der Chemigraphie als Kopierlampen ver-

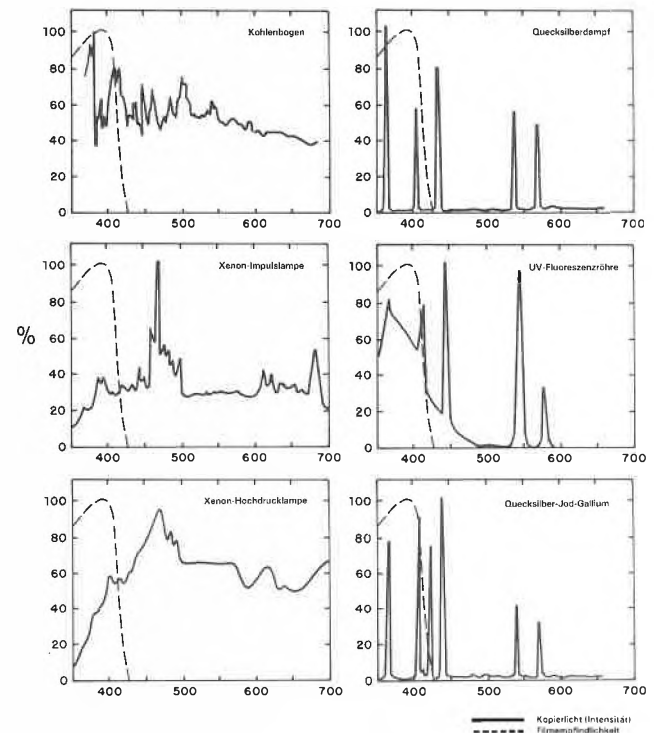


Abb. 2: Für Hellraum-Kopie geeignete Lichtquellen

wendet. Die spektrale Lichtverteilung war aber auf die Linien des Hg-Emissionsspektrums konzentriert, und weil nur wenige Emissionslinien innerhalb des richtigen Wellenlängengebietes vorkommen, war die Ausbeute relativ ungünstig. Überdies wurde das Hartmetall der Elektroden durch die hohe Temperatur verdampft und rasch als ein brauner opaker Metallspiegel auf den Quartzkolben niedergeschlagen, so dass sich die Lichtemission dauernd in Funktion der Lebensdauer änderte. Einigermaßen reproduzierbare Belichtungen waren mit diesen Lichtquellen denn auch kaum zu erwarten.

2.1.3. *Pulsierende Xenonlampen* wurden in den sechziger Jahren in die Reprographie eingeführt. Wegen der fast äquinergetischen Lichtverteilung über das ganze sichtbare Spektrum, wurde diese Lichtquelle als ideal für Ausleuchtung von Vergrösserern und Kameras für Farbauszugsarbeiten eingesetzt. Da auch starke Leistungen, d.h. von 1 bis 24 kW, erreichbar waren, wurde auch der Einsatz in der Plattenkopie viele Jahre vorgezogen. Leider hatten diese Xenonröhren nur eine relativ schwache Emission im nahen UV, wodurch die Zweckmässigkeit beim Belichten von nur UV-empfindlichen Materialien recht niedrig war. Dies ist auch der Fall mit den meisten Hellraumfilmen, so dass wir die Benutzung von Xenon-Röhren hier nur als eine zeitliche Abhilfe empfehlen dürfen.

2.1.4. *UV-Fluoreszenzröhren* bieten Vorteile infolge ihrer relativ guten Strahlungsemission pro Watt und durch ihre billige Speiseschaltung. Mit einer Anordnung verschiedener Röhren nebeneinander in einer

Ebene kann man die notwendige Lichtstärke erreichen. Solche Anordnungen wurden z. B. in der Dokumentkopie mit niedrigempfindlichen Photomaterialien sowie auch in der Pigmentkopie im Tiefdruck benutzt. Zu beachten ist aber der sehr diffuse Charakter der emittierten Strahlen dieser Lichtquellen. Bei der Kontaktkopie von Rasterbildern geben Stäubchen zwischen der Vorlage und dem Kopiematerial Anlass zu störenden Überstrahlungseffekten, die durch Fachleute als «Sonnen» bezeichnet werden. Vorausgesetzt, dass nur Text- und Stricharbeiten kopiert werden müssen, können diese «Black light»-Röhren zur Belichtung von Hellraumfilmen eingesetzt werden.

2.1.5. Metalldotierte Halogen-Quecksilber-Hochdruckbrenner

Die Technologie der Hochdruck-Quecksilberrohre wurde am Ende der sechziger Jahre durch die sogenannte Dotierungstechnik wesentlich verbessert.

Durch Zufügung kleiner Mengen gewisser Schwermetalle zu der Quecksilberfüllung gelingt es, die spektrale Emission in gezielten Teilen des Spektrums zu steigern. Sogar eine optimale Abstimmung auf die spektrale Empfindlichkeit von gegebenen photographischen Schichten wird dadurch ermöglicht. Besonders Eisen und Gallium rufen eine starke Konzentration sehr intensiver Spektrallinien in dem kurzwelligen Spektralbereich hervor, wodurch eine erhebliche Effizienzsteigerung beim Belichten sämtlicher Hellraumkopiermaterialien erreicht wird.

Die Zugabe von Halogenen zum Quecksilberplasma beseitigt andererseits den hässlichen Niederschlag von Elektrodenmaterial auf den Quartzkolben und gewährleistet damit eine stabilere Leuchtstärke während der Lebensdauer des Strahlers.

Für die Druckplattenkopie verwendet man Strahler mit einer Leistung von 2 bis 4 kW. Für die Hellraumfilmkopie neigt man zu einer Standardisierung auf 1-kW-Röhren, die überdies mittels einer Sparschaltung noch auf 400 W betrieben werden können. Weil der Abstand zur Kopierebene je nach der Grösse des Kopierrahmens 60 bis 80 cm beträgt, wirken diese räumlich gedrängten Strahler wie eine Punktlichtquelle, was eine Voraussetzung für die Kopie feiner Rasterbilder ist.

2.2. Bildqualität kontrastreicher Kopierfilme

Im Prinzip lässt sich die Bildqualität eines photographischen schwarz/weiss-Materials durch 4 phänomenologische Funktionen beschreiben:

- Die makrosensitometrische Funktion $D(\log E)$
- Die optische Streuung
- Die chemische Streuung
- Die Körnigkeit

Die drei letztgenannten Funktionen beschreiben das Verhalten eines Photosystems in dem Ortsfrequenzraum. In Laiensprache übersetzt bedeutet das: Mit welcher Effizienz werden immer feiner werdende Bildelemente reproduziert?

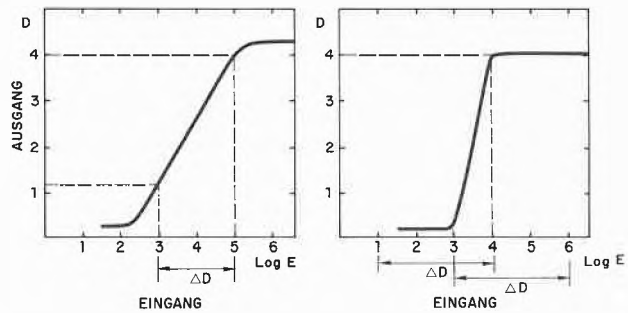


Abb. 3: Lineare und nicht-lineare Wiedergabe

Für manche Halbtonsysteme führt die Analyse der Bildqualität mit Hilfe dieser 4 Funktionen zu gut interpretierbaren Resultaten, in der Annahme, dass Eingangs- und Ausgangssignale innerhalb des linearen Wiedergabebereiches der $D(\log E)$ -Kurve begrenzt sind. In praktischen Fällen kann es schwierig sein, optische MÜF, chemische Streuung und Körnigkeit getrennt zu bestimmen, aber oft ist dann die totale, durch Kontaktbelichtung erreichte, photographische MÜF des Materials eine sinnvolle Charakterisierung. Für kontrastreiche Kopierfilme ist dieses Modell nicht ohne weiteres brauchbar. Wegen des grossen Kontrastumfangs der angebotenen Originale und der steilen Gradation der Kontaktfilme ist die Linearitätsbedingung nicht erfüllt.

Die Abb. 3 zeigt, wie man ein Strichoriginal mit Kontrast 3 auf eine Emulsion mit Gradient 4 und $D_{\max} = 4$ reproduziert. Der Belichtungsspielraum ist 2 log E-Einheiten. Wenn die optische Streuung gleich 0 wäre, ist für jede Belichtungsdosis innerhalb des Belichtungsspielraums die Strichwiedergabe genau. Falls eine optische Streuung in der Emulsion auftritt, wird eine Änderung der Lichtdosis eine Kantenverschiebung zur Folge haben. Diese Kantenverschiebung entspricht bei Negativkopie meistens einer Strichverbreiterung (oder Rasterpunktausdehnung), bei Direktpositivkopie einer Strichverschmälerung.

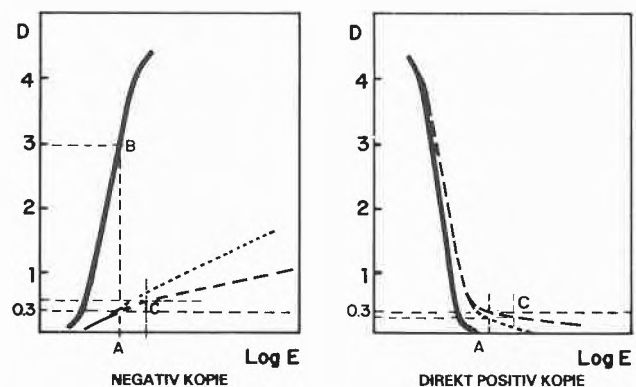


Abb. 4: Modifizierte Watter-Methode

Die modifizierte Watter-Methode stellt ein bequemes Verfahren dar, um die Kantenverschiebung in Funk-

tion zur Belichtung zu bestimmen. Ein Filmstreifen wird zur Hälfte mit einem guten Strichraster mit z. B. 60 μm breiten Strichen und mit gleich breiten Zwischenräumen abgedeckt. Über den ganzen Filmstreifen und das Raster kommt ein Graukeil mit genügend grossem Dichteumfang, z. B. 3. Diese Anordnung ergibt nach dem Belichten und Entwickeln gleichzeitig die makrosensitometrische Kurve und die Strichrasterkopie mit zunehmender Belichtung. Durch Messung der Strichbreiten im Mikroskop oder durch eine integrierende Dichtemessung kann man die Strichkopie auswerten. Das Diagramm (4) zeigt die normale $D(\log E)$ -Kurve und die damit übereinstimmend sich ändernde integrale Dichte des Strichrasters. Hieraus ermittelt sich, welche Belichtung (A) die «genaue Wiedergabe» schafft und welche Schwärzung der Striche damit übereinstimmt (B). Ein ideales Kopiermaterial würde ab Punkt A einen horizontalen Verlauf der integralen Dichte ergeben. Je stärker die Streuungseffekte in der Emulsion sind, um so steiler ist der Verlauf. Wenn man eine tolerierte Kantenverschiebung voraussetzt, kann man die entsprechende integrale Dichte berechnen. Hiermit kann man dann die grösstzulässige Belichtung bestimmen. Demnach liegt zwischen A und C der Belichtungsspielraum.

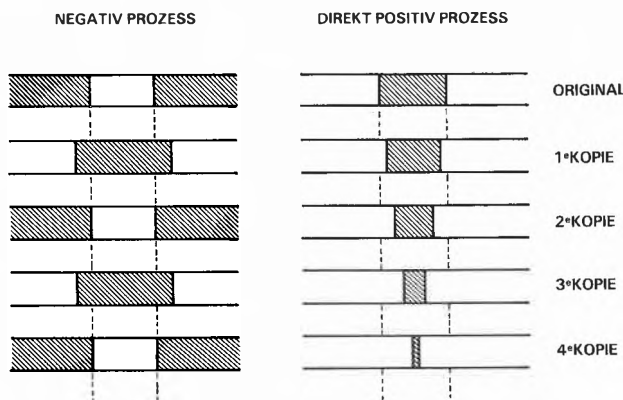


Abb. 5: Kantenverschiebung bei Generationskopien

Im Hinblick auf die Organisation praktischer Kopierprozesse müssen wir noch erwähnen, dass die Kantenverschiebung bei aufeinanderfolgenden Generationen mit Negativkopiersystemen jede zweite Stufe kompensiert wird. Bei Direktpositivprozessen dagegen wirkt die Kantenverschiebung kumulativ, was schon bei einer relativ mässigen optischen Streuung eine nicht zulässige Bildverzerrung oder Degenerierung verursacht. Auch ist zu beachten, dass eine Direktpositivkopie ein seitenverkehrtes Bild gibt. Ein seitenrichtiges Duplikat mit genauer Abbildung der Bildelemente erreicht man nur durch zweimalige Negativkopie. Wegen diesem Umstand wird in manchen Produktionsketten die Negativkopie bevorzugt.

3. Beschreibung der vorhandenen Hellraumkopierverfahren

3.1. Silberfreie Verfahren

3.1.1. Die Diazofilme

Die Diazotypiematerialien auf Filmschichtträgern werden seit Jahren in der industriellen Reprographie angewandt. Wegen ihrer recht niedrigen Lichtempfindlichkeit sind sie als in Hellraum verarbeitbare Materialien zu betrachten.

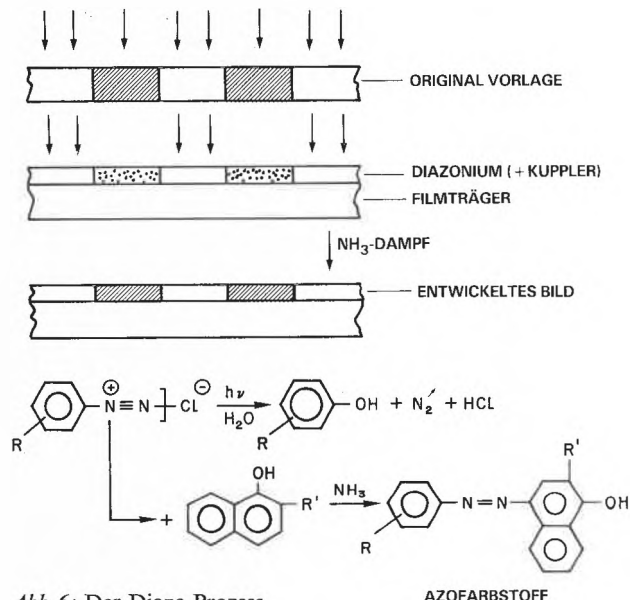


Abb. 6: Der Diazo-Prozess

Ihre Wirkung basiert auf der Zersetzbarkeit von Aryldiazoniumsalzen durch Licht. Andererseits haben die Aryldiazoniumsalze die Fähigkeit, durch Reaktion mit geeigneten Kupplern wie Phenolen oder Arylaminen die sogenannten Azofarbstoffe zu erzeugen.

Auf einen transparenten Schichtträger zieht man eine Schicht, die aus einem Bindemittel, einem Diazoniumsalz, einem sauren Stabilisator und gegebenenfalls schon aus einem Kuppler besteht. Im letzteren Fall spricht man von Zweikomponenten-Diazofilm, der in Ammoniakdampf entwickelt wird, was man als Trockenverarbeitung bezeichnet. Wenn die Schicht selbst keinen Kuppler enthält, muss man den Kuppler mittels der alkalischen Entwicklerlösung heranzuführen. Ein solches Einkomponentenmaterial kann nur in einem flüssigen Verarbeitungsbad entwickelt werden.

Beim Belichten geht durch die transparenten Teile des Originals eine Lichtmenge, die genügt, um alles anwesende Diazoniumsalz zu zersetzen. Während der Entwicklung reagiert an den nicht-belichteten Bildstellen das Diazoniumsalz mit dem Kuppler, und der lichtabsorbierende Azofarbstoff wird aufgebaut.

Die spektrale Empfindlichkeit der Diazoniumsalze umfasst das UV- und das kurzwellige sichtbare Licht, d. h. von 360 bis 450 nm. Da beim Belichten das Diazoniumsalz vollständig zerstört werden muss, muss

man einen Kompromiss schliessen zwischen der effektiven Empfindlichkeit (je grösser, um so weniger Diazoniumsalz) und der erreichbaren Dichte (proportional zu der Menge Diazoniumsalz). Deswegen sind mit Diazofilmen, die in noch bequemen Zeitspannen belichtbar sind, Dichten mit Maximalwerten von nur 2,5 erreichbar. Selbst dann sind noch Lichtdosen von 10^6 bis 10^7 mJ/m^2 notwendig. Weil die Bilderzeugung auf einem Molekularprozess innerhalb eines nicht streuenden Mediums basiert, können im Prinzip sehr hohe räumliche Frequenzen aufgelöst werden. Diese werden aber nur in Zweikomponentenmaterialien völlig ausgenutzt, weil im Fall von Einkomponentenmaterialien die flüssige Entwicklung Anlass gibt zu Diffusionsvorgängen, die die Kantenschärfe des erzeugten Bildes herabsetzen.

Bis jetzt ist es noch nicht gelungen, wirksame Lichthofschuttschichten auszuarbeiten, die z.B. in NH_3 -Dampf völlig ausbleichen. Deshalb reagieren die meisten Diazofilme auf Überbelichtung mit Informationsverlust. Beim Duplizieren feiner Rasterbilder werden die kleinen Rasterpunkte am stärksten verschlechtert, besonders wenn man Lichtquellen mit einem stark diffusen Charakter verwendet.

Diazofilme haben sich mit ihrem guten Auflösungsvermögen und ihrer einfachen Verarbeitung in der industriellen Reprographie und im Mikrofilmgebiet recht gut bewährt. Anwendungen im graphischen Gewerbe aber sind wegen der genannten Einschränkungen bescheiden geblieben.

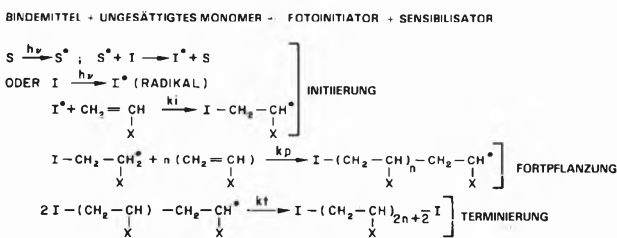


Abb. 7: Einzelvorgänge der Photopolymerisation

3.1.2. Auswaschverfahren – Photopolymerisation

Mit Photopolymeren kann man lichtempfindliche Systeme aufbauen, in denen ein photochemischer Prozess spontane und bleibende Änderungen der physikalischen Eigenschaften hervorruft.

Eine typische photopolymerisierbare Zusammensetzung besteht aus einem ungesättigten Monomeren, einem polymeren Bindemittel und einem Photoinitiator, der Strahlungsenergie zu absorbieren vermag, wobei Radikale entstehen, die die Polymerisation des Monomeren in Gang setzen. Das mehrstufige Prinzip der Photopolymerisation sei hier kurz ins Gedächtnis zurückgerufen. Diese Polymerisation bewirkt merkbare Änderungen der physikalischen Eigenschaften des Mediums, wie z.B. der Löslichkeit, der Adhäsion, des Schmelzpunktes, des Brechungsindex usw. Eine

gezielte Herabsetzung der Löslichkeit als Endeffekt wird durch den Einsatz polyfunktioneller Monomere erreicht.

Ausgehend von diesen Prinzipien hat die Firma Du Pont einen silberfreien Duplikatfilm ausgearbeitet, der im Jahre 1977 auf der DRUPA-Ausstellung gezeigt wurde (*Crona-Lite*).

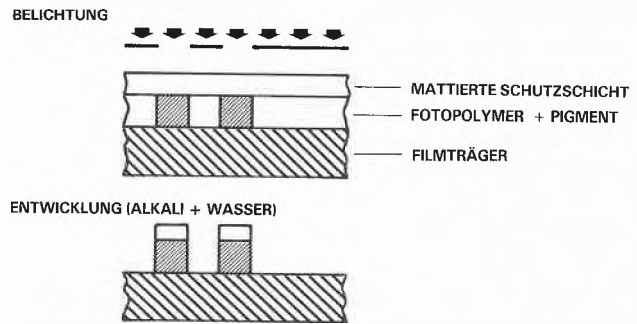


Abb. 8: Aufbau und Verarbeitung der Photopolymeren (Kontaktfilm Crona-Lite [Du Pont])

Abb.8 zeigt den Aufbau des Materials: Auf einem Polyesterfilm sitzt die Photopolymerschicht, die ein schwarzes Pigment enthält. Eine mattierte Deckschicht schützt die bilderzeugende Schicht vor mechanischen Einflüssen und erlaubt das störungsfreie Ansaugen im Vakuumkopierrahmen. Die spektrale Empfindlichkeit der Photopolymerschicht gestattet die Verarbeitung in hellem gelbem Raumlicht.

Als Lichtquellen werden die dotierten Quecksilber-Metall-Halogenlampen von 1000 Watt in den üblichen Kontaktkasten empfohlen. In einem solchen System genügt eine Belichtungszeit von 10 bis 15 Sekunden. Die Weiterverarbeitung kann in einem dreistufigen Durchlaufgerät durchgeführt werden:

- Eine Vorentwicklung in einer schwach alkalischen Lösung
- Das Auswaschen der nicht-belichteten und deshalb löslich gebliebenen Bildelemente durch Besprühen mit Wasser, wobei ein negatives Reliefbild entsteht
- Das Trocknen des Filmes

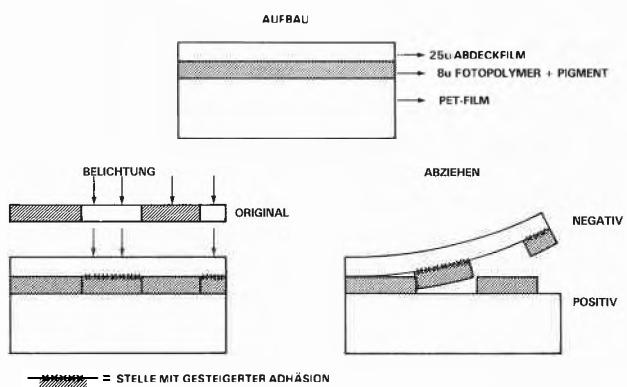


Abb. 9: Aufbau und Verarbeitung im Photoadhäsionsverfahren (z.B. Crolux)

Die ganze Verarbeitung läuft in kaum 20 Sekunden ab. Nach Angabe des Herstellers sind die Wiedergabeeigenschaften des *Crona-Lite*-Filmes gleich denen der besten Silberhalogenid-Kontaktfilme.

Bis heute wurde dieses Material wegen uns unbekannter Gründe noch nicht für den Markt freigegeben.

3.1.3. Ausreissverfahren – Photodelaminierung

Die Adhäsion oder Klebekraft zwischen 2 Schichten kann durch Einstrahlung von Lichtenergie bildgemäss herabgesetzt oder gesteigert werden. Dieses Phänomen erlaubt also Bildherstellungsverfahren, in denen die Weiterverarbeitung nach dem Belichten bloss aus einem mechanischen Abziehvorgang besteht.

Seit etwa 1965 wurden manche Arbeiten auf diesem Gebiet durchgeführt, und eine fast unübersehbare Reihe von Verfahren- und Materialvarianten ist in der Literatur und in Patenten beschrieben. In dieser Arbeit beschränken wir uns auf zwei Systeme, die als reprographische Kontaktfilme in der Praxis gezeigt oder verkauft werden.

Unser erstes Beispiel, bei welchem die Belichtung eine Adhäsionszunahme hervorruft, ist *Crolux* von Du Pont. Das Material wird für die Reproduktion von Konstruktionsplänen benutzt. Die Abbildung 9 zeigt den Materialaufbau: eine etwa 8 µm dicke, schwarz pigmentierte Photopolymerschicht auf einem 100 oder 175 µm dicken Polyäthylenterephthalatfilm. Ein 25 µm dicker Film aus dem gleichen Material deckt die Photopolymerschicht ab. Der dicke Trägerfilm hat eine aufgeraute Oberfläche wie die üblichen Zeichenfilme, und die unbelichtete Photopolymerschicht haftet stärker an dieser Oberfläche als an der des Deckfilmes. Die Photopolymerschicht ist in solcher Weise abgemischt, dass ihre Kohäsionskraft grösser ist als die Adhäsionskraft an den beiden Polyesteroberflächen. Also bleibt die Photopolymerschicht beim Auseinanderziehen in unbelichtetem Zustand völlig auf dem Basisfilm sitzen.

Eine UV-Belichtung durch den Abdeckfilm hin erhöht aber die Adhäsion an dieser Oberfläche dermassen, dass beim Auseinanderziehen die Photopolymerschicht von der Basisoberfläche abreissst. Auf diese Weise entsteht ein direkt-positives Duplikat des Originals. Ein besonderer Vorteil dieses Duplikates liegt in der leichten Korrigierbarkeit der Bildelemente, genau wie bei «Wash-off»-Materialien. Beim Einsatz in den Arbeitsprozess muss beachtet werden, dass man auf diese Weise seitenverkehrte Duplikate bekommt. Unseres Wissens wurde nicht versucht, ein ähnliches Material auf Klarfilm für graphische Anwendungen auszuarbeiten.

Kimoto-Exdar

Mit dem *Exdar*-Film der japanischen Firma Kimoto liegt ein typisches Beispiel vor, wo die Adhäsion zwischen 2 Schichten durch Belichtung herabgesetzt wird. Auf den üblichen Polyesterfilm (1) ist eine Aluminiumschicht (2) aufgedampft. Darauf kommt die lichtempfindliche Schicht (3), die ausser einem polymeren Bindemittel Diazoniumsalze oder Arylazide enthält. Diese Schicht ist mittels einer Haftschrift (4) mit einem Polyester-Deckfilm verbunden. Wiederum sind die Kohäsionskräfte grösser als die Adhäsionskräfte an den Grenzflächen 1-2 und 2-3. Die Adhäsionskräfte an 3-4 und 4-5 sind sehr gross. In unbelichtetem Zustand ist die Adhäsion 1-2 kleiner als 2-3: also wird die Aluminiumschicht 2 beim Auseinanderziehen vom Träger abgezogen. Beim Belichten wird in der Schicht 3 Stickstoff freigesetzt, der einen Adhäsionsverlust an der Grenzfläche 2-3 hervorruft. Eine allgemeine Erwärmung des Materials auf etwa 80°C steigert diese Wirkung. Beim Auseinanderziehen wird an den belichteten Stellen der Aluminiumspiegel auf dem Basismaterial 1 zurückbleiben.

Exdar-Filme wurden im Jahre 1977 in verschiedenen europäischen Ländern in der Praxis ausprobiert, aber im Augenblick ist das Material noch nicht für den Verkauf freigegeben.

3.1.4. Ein Metallfilm-Photoresist System «Gevaline»

– Zum Gebrauch im graphischen Gewerbe und in der Reprographie

Dieses basiert auf einer neuen Kombination von zwei Technologien: der Vakuumbedampfung zur Erzeugung einer Bildschicht und der Photolöslichmachen bzw. dem Photopolymerisation, um die erforderliche Lichtempfindlichkeit zu erzielen.

Stanford Ovshinsky und seine Mitarbeiter können sich die originelle Idee zum Verdienst anrechnen. Sie haben die Technik der Photolithographie (wie angewandt in der Herstellung von integrierten Schaltungen) ausgebaut, um einen hochleistungsfähigen Duplikat-Film darstellen zu können.

Der Film besteht aus einer Polyesterunterlage, auf der eine feine Metallschicht durch Vakuumbedampfung abgesetzt wird. Diese Metallschicht wird dann mit

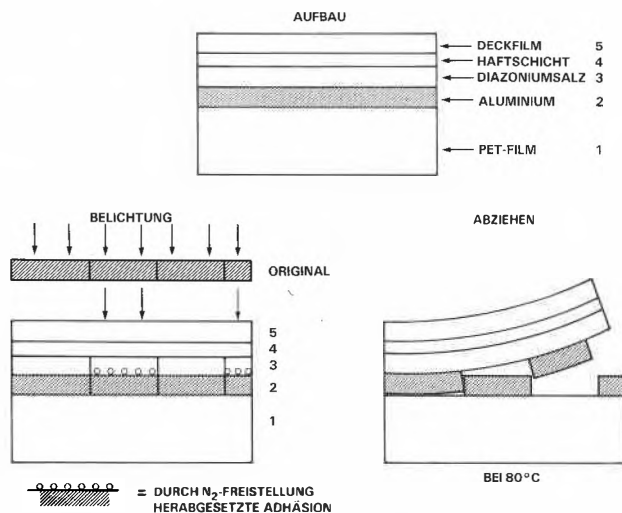


Abb. 10: Aufbau und Verarbeitung im Photodelaminierungsverfahren (z. B. Endar-Kimoto)



Abb. 11: Das Metallfilm-Photoresistsystem (Gevaline)

einer geeigneten Photolackschicht beschichtet. Die Belichtung dieses Filmes durch eine Transparentvorlage liefert eine bildgemässe Differenzierung der Löslichkeit des Photolacks. Nach der Entwicklung der Photolackschicht wird das Bild sichtbar gemacht, was durch Wegätzen der Metallschicht an den freigelegten Stellen erfolgt.

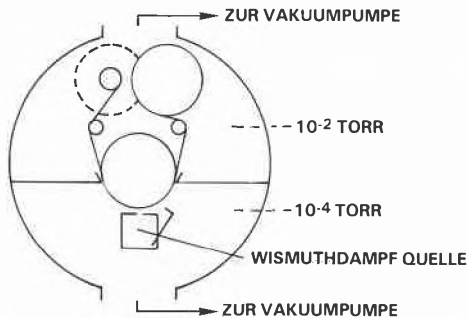


Abb. 12: Aufdampfen der Bildschicht im Vakuum

Die Bildschicht

Die Bildschicht besteht aus einem aufgedampften Wismutfilm von ungefähr 150 nm Dicke. Dieser wird von einer feststehenden Verdampfungsquelle des Metalls auf einen bewegenden Film hergestellt. Eine ähnliche Technologie wird bei der Herstellung von Polyesterkondensatoren benutzt.

Die Wahl von Wismut ist folgendermassen begründet:

- seine Verfügbarkeit und sein niedriger Preis
- sein relativ niedriger Schmelzpunkt
- die Möglichkeit, durch die Steuerung der Auf-

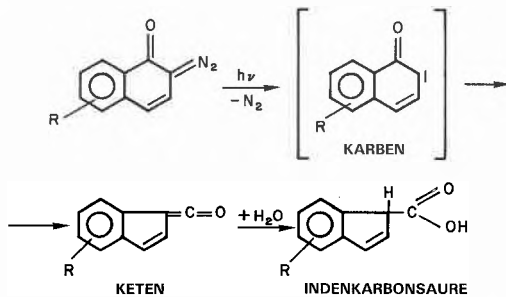


Abb. 13: Photosolubilisierung eines Chinondiazides

- dampfungsbedingungen eine schwarze statt eine spiegelnde Oberfläche zu bekommen
- die gute Ätzbarkeit des Wismuts in saurem oxydierendem Medium
- seine Umweltfreundlichkeit

Die positive Photolackschicht

Der positiv wirkende Film ist mit einem Photolack beschichtet, zusammengesetzt aus einem Phenol-Formaldehyd-Harz als Bindemittel und aus einem Chinondiazidderivat als lichtempfindlicher Substanz. Durch Belichtung wird das Chinondiazid in ein Keten zerlegt, das mit Wasser aus der Umgebung in eine wasserlösliche Inden-Carbonsäure umgelagert wird. Die Empfindlichkeit des Photolacks und sein Entwicklungsraum werden vor allem durch das Verhältnis vom Bindemittel zum Chinondiazid und durch die Dicke der Schicht bestimmt.

Die negative Photolackschicht

Als negativer Photolack wird ein Photopolymerisationssystem benutzt. Es basiert auf den folgenden Komponenten: ein alkalilösliches Bindemittel, ein polyfunktionelles Monomere und ein Oximester als Photo-Initiator. Die Spektralempfindlichkeit dieses Systems erreicht ihr Maximum bei 300 nm. Der Zusatz eines Dialkylaminobenzophenonderivats, wie z. B. Michler's Keton, erweitert die Empfindlichkeit zu grösseren Wellenlängen. Dadurch wird die Spektralempfindlichkeit auf die Emission des Quecksilberstrahlers abgestimmt und so die Empfindlichkeit des Systems dem positiven Material angeglichen.

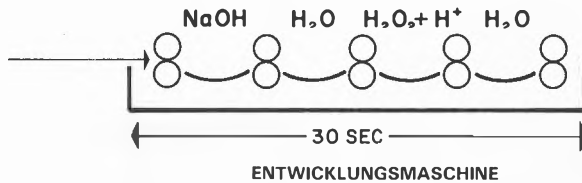


Abb. 14: Verarbeitung des Metallfilm-Photoresistmaterials (Gevaline)

Die Verarbeitung

Die Filme werden in einem Vierbad-Entwicklungsgerät verarbeitet. Die Entwicklung des Photolacks erfolgt in der ersten Wanne mit einer verdünnten Ätznatronlösung. In der zweiten Schale wird gewässert. Das Ätzen der Metallbildschicht geschieht in der 3. Wanne mit einer sauren Natriumperboratlösung. Die Endwässerung wird in der 4. Schale durchgeführt. Der ganze Prozess, von der Eingabe bis zum Austritt, dauert 30 s.

Die photographischen Eigenschaften

Die neuen Filme sind sehr unempfindlich gegen Überbelichtung, weil der sehr dünne, nicht-streuende Photolack zusammen mit der schwarzen Wismutschicht jede Lichtstreuung und Überstrahlung fast völlig aus-

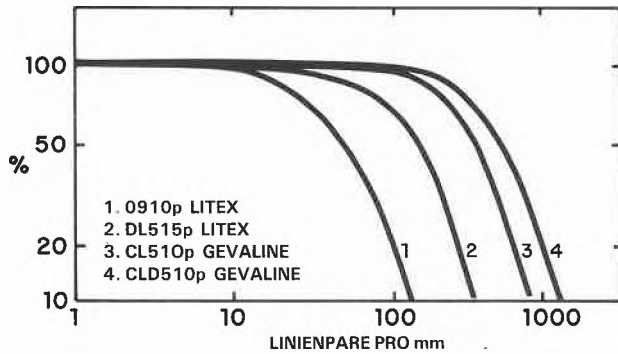


Abb. 15: Die photographischen Modulationsübertragungsfunktionen von Hellraumfilmen und hochempfindlichen AgX-Filmen

schliesst. Dies ergibt eine Modulationsübertragungsfunktion, welche mit mehr als 500 Linienpaaren pro Millimeter noch eine brauchbare Reproduktion erlaubt. In der Praxis bedeutet dies, dass der Belichtungsspielraum fast immer nur durch den Kontrast des Originals beschränkt wird.

Die Genauigkeit, womit die Rasterpunkte oder die feinsten Striche reproduziert werden, wird kaum durch das Belichtungsverhalten der Photolackschicht beeinflusst. Als einziger Einfluss auf die Wiedergabetreue bleibt die Unterätzung der Metallschicht. Mit optimalen Ätzbädern ist diese Unterätzung bis auf $1 \mu\text{m}$ reduziert worden. Fehler dieser Grösse sind mit einfachen optischen Techniken noch kaum zu messen.

Diese Genauigkeit ist mehr als ausreichend für das Kopieren oder das Reproduzieren feinsten Rasterarbeiten. Die neuen Filme zeigen tatsächlich eine geringere Rasterumfangverkürzung als sonstige Kopierfilme.

Die Masshaltigkeit dieser Filme ist ebensogut wie die der unbeschichteten Polyesterfilme, weil weder der Photolack noch die Metallschicht messbare Kräfte auf die Filmbasis ausüben.

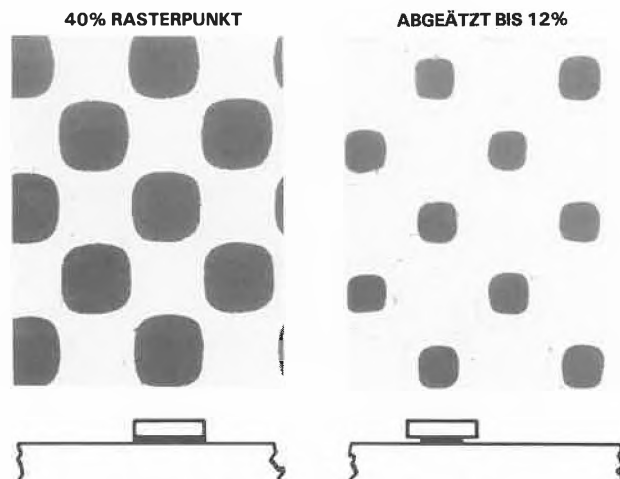


Abb. 16: Die Ätzbarkeit von Rasterpunkten des neuen Gevaline-Films

Das Abschwächverhalten

Die vortreffliche Abschwächbarkeit ist eine sehr wichtige Eigenschaft dieser neuen Filme. Jede Rasterpunktgrösse kann in beliebigem Masse abgeschwächt werden, ohne dass die Deckung des restlichen Rasterpunktes berührt wird. Dieses Verhalten wird erklärt durch die permanente Abdeckung des Rasterpunktes mit Photolack, die nur den Zutritt von Ätzflüssigkeit an den Rändern der Metallbilder erlaubt.

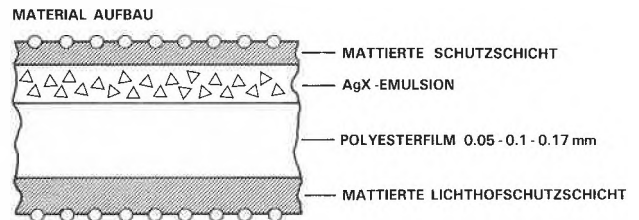


Abb. 17: Der Aufbau eines Silberhalogenid-Hellraumfilmes

3.2. Silberhalogenid-Kontaktfilme

Die meisten AgX-Hellraumkontaktfilme haben einen Schichtaufbau ähnlich dem der üblichen graphischen Filme. Eine masshaltige Polyesterfilmunterlage (1), normalerweise in drei Dicken: $0,05 \text{ mm}$, wobei bei der Weiterverwendung das Kopieren durch die Rückseite vorgenommen wird, also für Seitenumkehr; $0,10 \text{ mm}$ ist die Dicke für generelle Zwecke; $0,17 \text{ mm}$ für Anwendungen, bei denen eine hohe Masshaltigkeit eine Voraussetzung ist.

Die *AgCl- oder AgCl-Br-Emulsion* (2) ist meistens möglichst dünn schichtig vergossen, wegen Minimalisierung der Lichtstreuung und wegen der guten maschinellen Verarbeitbarkeit. Die *Rückschicht* (3) enthält Farbstoffe, die im spektralen Empfindlichkeitsgebiet der Emulsion einen Lichthofschutz bewirken, während die Auftragsdicke auf die beste Planlage des Filmes abgestimmt ist.

An Vorder- und Rückseite befinden sich ausserdem die leicht mattierte *Schutzschichten* (4 und 5), die im Vakuumrahmen einen gleichmässigen Kontaktvorgang ohne Bildung von Newtonringen gewährleisten.

3.2.1. Wie erreicht man die gewünschte Raumlichtunempfindlichkeit?

3.2.1.1. In den meisten Kontaktfilmen benutzt man eine normale, niedrigempfindliche, nicht-spektral-sensibilisierte AgCl-Emulsion. Mittels eines Filterfarbstoffes, der zwischen 400 und 500 nm absorbiert, lässt sich die Emulsionsschicht von kurzweiligem Raumlicht abschirmen. Dieser Filterfarbstoff muss andererseits eine möglichst gute Transparenz im nahen UV besitzen, um noch eine effiziente bildmässige Belichtung zu gestatten. Eine längere Exponierung im Raumlicht kann noch eine Schleierbildung hervorrufen. Deshalb wird oft empfohlen, beim Einsatz solcher Materialien die Raumlichtquellen doch noch mit einem Gelbfilter abzusichern. Andererseits kann ein unvoll-

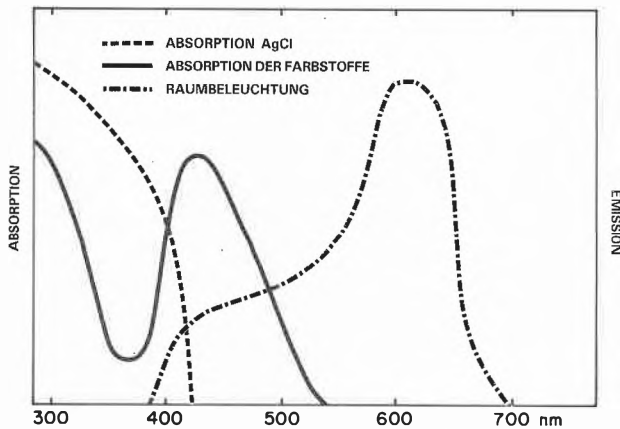
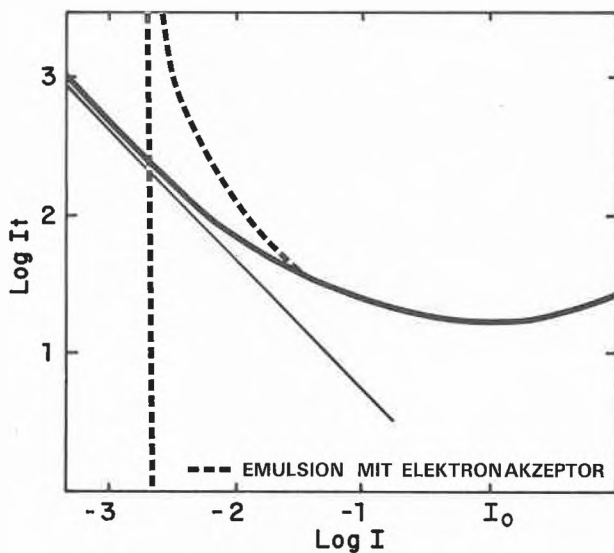


Abb. 18: Raumlichtschutz durch Farbstoffe



$$\text{Log } It = c + \text{Log} \left[\left(\frac{I}{I_0} \right)^a + \left(\frac{I}{I_0} \right)^{-a} \right]$$

I_0 auf 1 normiert

für I klein

$$\text{Log } It = c - a \text{Log } I \text{ oder } C = It \frac{1}{1+a}$$

Abb. 19: Raumlichtschutz durch Reziprozitätsfehler

ständiges Auswaschen dieses Farbstoffes vorkommen, vor allem in Schnellentwicklungssystemen.

3.2.1.2. In dem Agfa-Gevaert-Raumlicht-Negativfilm wird eine bequemere Lösung des Problems erreicht durch den Einsatz einer AgCl-Emulsion mit einem ausgezeichneten «Langzeitreziprozitätsfehler». Erinnern wir uns kurz an die Definition des Langzeitreziprozitätsfehlers. Die Abb. 19 zeigt die Beziehung zwischen dem Logarithmus der Lichtmenge, notwendig, um eine vorgegebene Dichte zu erreichen, und dem Logarithmus der Lichtintensität. Nach Hahn ist

$$\text{log } It = C + \text{log} \left[\left(\frac{I}{I_0} \right)^a + \left(\frac{I}{I_0} \right)^{-a} \right]$$

I_0 wird auf 1 normiert. Für kleine Werte von I ist $\text{log } It = c - a \text{log } I$ oder

$$\epsilon = It \frac{1}{1+a} \text{ in dem } \frac{1}{1+a} = p, \text{ der Schwarzschildexponent.}$$

Weil die Raumlichtintensität um 3 bis 4 Grössenordnungen kleiner sein kann als die Kopiebelichtung, kann also bei speziellen Emulsionen z.B. 2 bis 3 Dekaden Empfindlichkeitsdifferenz erreicht werden. Durch Zusatz von Elektronakzeptoren kann man die «niedrige Intensitätsempfindlichkeit» noch weiter herabsetzen. Der Agfa-Gevaert-Negativ-Hellraumfilm DL 515 p wird sogar bei ungefiltertem indirektem Tageslicht bei einer einstündigen Belichtung mit 300 Lux überhaupt nicht angeschleiert.

3.2.2. Belichtung

Alle vorher erwähnten Lichtquellen können verwendet werden, aber die dotierten Quecksilber-Halogenlampen sind zu bevorzugen. In einer Entfernung von 60–80 cm vom Kopierahmen ergeben diese Belichtungszeiten von 5 bis 10 Sekunden. Die absolute Empfindlichkeit liegt zwischen 10^4 und 10^5 mJ/m².

3.2.3. Die Entwicklung

Die meisten Hellraumkontaktfilme können in den verschiedensten Entwicklern verarbeitet werden: Lith-Bäder, wie z.B. G 9 Multirange oder G 90D Resox, schnelle Strichentwickler auf Metol-Hydrochinonbasis wie GRP 7, oder sogar richtige Halbtonentwickler wie G 5 oder G 7. Der DL 515 p von Agfa-Gevaert ist durch seinen sehr breiten Entwicklungsspielraum in all diesen Bädern in fast allen Durchlauf-Entwicklungsmaschinen zu verarbeiten. Die Tabelle zeigt für die verschiedenen Verarbeitungsvarianten die sensitometrischen Ergebnisse. Sogar bei den grössten Durchlaufgeschwindigkeiten werden die erforderlichen Werte von Dichte und Gradient erreicht. Bei den niedrigsten Durchlaufgeschwindigkeiten bleiben diese Werte fast ungeändert gleich wie die recht niedrigen Grundschleierwerte.

Tabelle 1: Verarbeitung des Agfa-Gevaert-Hellraum-Negativfilms DL515p

ENTWICKLER	ZEIT	SCHLEIER	D _{max}	\bar{G}
G 9 MR 26°C	58''	0.03	4.2	3.4
PAKO G24/2	3'10''	0.04	>5	3.6
G 90 D 26°C	58''	0.03	4.6	3.4
PAKONOLITH	2'20''	0.04	>5	3.8
GRP 7 35°C	13''	0.03	4.1	3.8
PAKOUICK	78''	0.04	>5	5.0
G 5 c 26°C	48''	0.03	4.3	4.5
PAKOTONE	3'30''	0.03	>5	4.6

3.2.4. Bildeigenschaften

Die Hellraumfilme verschiedener Hersteller ergeben einen bedeutend niedrigeren Gradientwert als normale

Lith- und Linefilme. Der Belichtungs- und Entwicklungsspielraum ist dagegen bedeutend grösser.

Die feinsten Striche, die sich auf diesem Film reproduzieren lassen, sind $5 \mu\text{m}$ breit. Eine Überbelichtung mit $0,3 \log E$ ergibt eine Zunahme der Strichbreite bis $9 \mu\text{m}$, $0,6 \log E$ bringt uns $14 \mu\text{m}$. Im letzten Fall spricht man also von einer Kantenverschiebung von $4,5 \mu\text{m}$. Beim Reproduzieren von Rasterbildern mit einer Lineatur von 60 Linien pro Zentimeter führen Kantenverschiebungen dieser Grösse zu kaum festzustellenden Tonwertverschiebungen.

Es gibt Hellraumkontaktfilme anderer Hersteller, die einen noch grösseren Belichtungsspielraum bieten, aber damit sind einige Einschränkungen bei der praktischen Verwendung in Kauf zu nehmen:

- Das Wegbelichten von Schnittkanten einer Montage wird schwieriger.
- Bei der Negativkopie werden Staubteilchen an den Kopierflächen abgebildet.
- Das Vergrössern von Rasterpunkten durch Überbelichten ist kaum möglich.
- Die kopierten Rastertöne können nicht abgeschwächt werden.

Genauere Rasterkopie und Schnittkantenwegbelichtung sind streitige Ansprüche: ein Kompromiss wird erfahrungsgemäss durch die Kombination eines nicht zu hohen Gradienten mit einem dosierten Grad von Lichtstreuung innerhalb der Emulsionsschicht erreicht.

Tabelle 2: Hauptmerkmale der sämtlichen Hellraumkopiersysteme

FILMTYPE	SENSITOMETRIE			BILDQUAL. MUF 50%	BEMERKUNGEN
	S	D _{max}	G		
DIAZO TROCKEN	10 ⁷	2,5a3,5	3 à 5	300 à 800	NH ₃ DAMPF
DIAZO NASS	10 ⁷	2,5a3,5	3 à 5	50 à 200	
CRONA-LITE	10 ⁵	>4	?	?	FÜR KONSTRUKTIONSPÄNE *KANTENFEHLER EXTREM ABSCHWÄCHEN MÖGLICH
CROLUX	10 ⁶	ca. 2	>10	mat	
KIMOTO "EXDAR"	10 ⁷	>5	>10	<50*	
GEVALINE	10 ⁶	>5	>10	500 à 800	
AgX FILM	5 · 10 ⁴	>4	4 à 5	100 à 200	
DL 515p	5 · 10 ⁴	>4	4 à 5	100 à 200	KOMPATIBEL RAUMLICHT UNEMPFLINDLICH

4. Schlussfolgerungen

Zum Schluss werden die besprochenen Hellraumkopiersysteme in einer Tabelle zusammengetragen und mit ihren markantesten Eigenschaften gekennzeichnet. Diazofilme sind relativ unempfindlich und zeigen eine begrenzte nicht-neutrale Deckung. Die beste Bildqualität wird nur mit NH₃-Dampfentwicklung erreicht, wobei eine Geruchsbelastung im Arbeitsraum kaum zu vermeiden ist.

Über *Crona-Lite* sind nur wenig Daten vorhanden.

Das *Crolux*-System zeichnet sich durch seine einfache Verarbeitung aus: Auseinanderziehen genügt! Bis jetzt ist aber nur ein mattiertes Material im Handel, und deshalb bleibt die Verwendung auf Zeichenbüros beschränkt.

Obwohl das Exdar-Material auch ein «Peel-apart»-System ist, müssen wir bemerken, dass eine gleichmässige Erwärmung auf 80°C notwendig ist. Dies erfordert einen speziellen Aufwand. In den uns bekannten Versuchen gab das Auseinanderziehen Anlass zu störenden Kantenverzerrungen. Vielleicht wurde das Verfahren deshalb noch nicht kommerzialisiert.

Die neu ausgearbeiteten silberfreien Gevaline-Filme zeichnen sich durch eine ausserordentliche Kopiertreue und durch ihre unbegrenzte Abschwächbarkeit aus. Beide Materialien, negativ und direkt positiv, werden in den nächsten Monaten in einer ersten Reihe von Praxisversuchen ausprobiert werden.

Hellraumkopierfilme auf Basis von Silberhalogenid-emulsionen bieten augenscheinlich die meisten Freiheitsgrade zur Produktoptimierung. Für den Fachmann liegt die Verarbeitung dieser Filme am nächsten bei den bestehenden Arbeitsweisen: Der grosse Belichtungs- und Verarbeitungsspielraum und die Abschwächbarkeit waren immer sehr geschätzte Möglichkeiten.

Zum Schluss können wir behaupten, dass der Trend zur Hellraumkopie durch ein reiches Angebot von Kopierverfahren ermöglicht wird, ein Angebot, das in der nächsten Zukunft sicher noch weiter ausgebaut wird.

Zusammenfassung

In Verbindung mit geeigneten Lichtquellen werden mehr und mehr Raumlicht-Kontaktfilme eingesetzt. Ihre praktische Anwendung und die teilweise sehr guten photographischen Eigenschaften werden im Detail beschrieben. Neben diesen Silberhalogenidschichten existieren verschiedene Kontaktmaterialien für analoge Anwendungszwecke auf nicht-silber-Basis. Es wird ein Überblick über diese Verfahren, deren Funktionsweise sowie ihre Vor- und Nachteile gegeben.

Bibliographie

- 1 Herbert Wendelmuth: Rationelle Herstellung glatter Filme für die Offsetmontage. Druck Print 3 (1979) p.193.
- 2 Dietmar Werner: Auf der Suche nach zukunftsweisenden Möglichkeiten in der Filmkontaktkopie. Druckspiegel 32 (1977) 5, p.331.
- 3 D. Reichel: Neue Einsatzmöglichkeiten für Diazotypiefilme. Fachhefte - Bulletin Technique (1975) nr.3, blz. 126-132.
- 4 P. De Maayer, U. Laridon und G. Verbeke: A metal-photoresist film system, 5th International Congress on Reprography, 18 June 1979, Praha.
- 5 J. Verelst: Hellraumfilme auf Basis von Halogenemulsionen, VLG-GLV-IARIGAI-Symposium, Nov. 1979, Wien.