

- [89] P. Binette, M. Binette, Biochem. J. 143, 253 (1974).
- [90] L. Pinteric, S. N. Assimek, D. J. C. Kells, R. H. Painter, J. Immunol. 117, 79 (1976).
- [91] G. Uhlenbruck, D. Karduck, H. Haupt, H. G. Schwick, Z. Immunitätsforsch. Allerg. Klin. Immunol. 155, 262 (1979).
- [92] A. R. Thompson, D. L. Enfield, Biochemistry 17, 4304 (1978).
- [93] A. P. Osmand, B. Friedenson, H. Gewurz, R. H. Painter, Th. Hofman, E. Shelton, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 74, 739 (1977).
- [94] W. Bürgi, K. Schmid, J. Biol. Chem. 236, 1066 (1961).
- [95] H. Haupt, S. Baudner, Th. Kranz, N. Heimburger, Eur. J. Biochem. 23, 242 (1971).
- [96] T. Iwasaki, K. Schmid, J. Biol. Chem. 245, 1814 (1970).
- [97] H. Haupt, S. Baudner, Hoppe-Seylers Z. Physiol. Chem. 358, 639 (1977).
- [98] H. E. Schultzze, K. Heide, H. Haupt, Naturwissenschaften 49, 15 (1962).
- [99] J. R. Dickson, A. R. Poole, A. Veis, Nature 256, 430 (1975).
- [100] T. J. Triflett, U. Gebauer, B. A. Ashton, M. E. Owen, J. J. Reynolds, Nature 262, 227 (1976).
- [101] N. Heimburger, H. Haupt, Th. Kranz, S. Baudner, Hoppe-Seylers Z. Physiol. Chem. 353, 1133 (1972).
- [102] W. T. Morgan, Biochem. Biophys. Acta 533, 319 (1978).
- [103] W. T. Morgan, P. Koskelo, H. Koenig, Th. P. Conway, Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 158, 647 (1978).
- [104] L. Svensson, J. Ravenskov, Clin. Chem. Acta 73, 415 (1976).
- [105] B. Ekström, J. Berggård, J. Biol. Chem. 252, 8048 (1977).
- [106] K. Takagi, K. Kin, Y. Itok, T. Kawai, T. Kasahara, T. Shimoda, T. Shikata, J. Clin. Invest. 63, 318 (1979).
- [107] B. K. Seon, D. Pressman, Biochemistry 17, 2815 (1978).
- [108] J. Berggård, A. G. Bearn, J. Biol. Chem. 243, 4095 (1968).
- [109] M. D. Poulik in [2a], S. 155; vgl. R. Henning, Angew. Chem. 90, 337 (1978); Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 17, 342 (1978).
- [110] H. E. Schultzze, K. Heide, H. Haupt, Naturwissenschaften 48, 719 (1961).
- [111] H. Haupt, K. Heide, Clin. Chem. Acta 14, 418 (1966).
- [112] H. Haupt, H. G. Schwick, K. Störiko, Humangenetik 5, 291 (1968).
- [113] H. G. Schwick, H. Haupt, unveröffentlicht.
- [114] M. Burstein, P. Legmann, Protides Biol. Fluids Proc. Colloq. 25, 407 (1977).
- [115] E. Polz, G. M. Kostner, A. Holasek, Hoppe-Seylers Z. Physiol. Chem. 360, 1061 (1979).
- [116] H. G. Schwick, H. Haupt, K. Heide, Klin. Wochenschr. 46, 981 (1968).
- [117] W. H. Chase, H. Prochaska, Clin. Immunol. Immunopathol. 5, 247 (1976).
- [118] E. B. Oliveira, E. C. Gotschlich, T.-Y. Lin, J. Biol. Chem. 254, 489 (1979).
- [119] J. E. Volanakis, M. H. Kaplan, Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 136, 612 (1971).
- [120] K. Gal, M. Miltenye, Acta Microbiol. Acad. Sci. Hung. 3, 41 (1955).
- [121] M. H. Kaplan, J. E. Volanakis, J. Immunol. 112, 2135 (1974).
- [122] J. E. Volanakis, M. H. Kaplan, J. Immunol. 113, 9 (1974).
- [123] P. O. Ganrot, C.-O. Kindmark, J. Clin. Invest. 24, 215 (1969).
- [124] K. Heide, F. Seiler, Arzneim.-Forsch. 21, 1443 (1971).
- [125] B. A. Fiedel, R. M. Simpson, H. Gewurz, J. Immunol. 119, 877 (1977).
- [126] D. Gitlin, J. D. Gitlin in [10a], Vol. II, S. 321 (1975).
- [127] E. R. Giblet: Genetic Markers in Human Blood. Blackwell Science Publ., Oxford 1969.
- [128] H. Harris, Can. J. Genet. Cytol. 13, 381 (1971).
- [129] K. Heide, H. G. Schwick, Angew. Chem. 85, 803 (1973); Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 12, 721 (1973).
- [130] E. Kötigen, Ch. Bauer, W. Reuther, W. Gerok, Klin. Wochenschr. 57, 151 (1979).
- [131] E. Kötigen, Ch. Bauer, W. Reuther, W. Gerok, Klin. Wochenschr. 57, 199 (1979).
- [132] A. G. Morell, G. Gregoridis, J. Scheinberg, J. Hickman, G. Ashwell, J. Biol. Chem. 246, 1461 (1971).
- [133] G. F. Springer, H. G. Schwick, M. A. Fletcher, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 64, 634 (1969).
- [134] H. Lis, M. Sharon in M. Sela: The Antigens. Vol. IV. Academic Press, New York 1977, S. 429.
- [135] G. Riva: Das Serumweißbild. Verlag Hans Huber, Bern 1957.
- [136] W. Hitzig: Die Plasmaproteine in der klinischen Medizin. Springer, Berlin 1963.
- [137] F. Wuhrmann, H. H. Märke: Dysproteinämien und Paraproteinämien. Schwabe, Basel 1963.
- [138] W. Becker, W. Rapp, H. G. Schwick, K. Störiko, Z. Klin. Chem. Klin. Biochem. 3, 113 (1969).
- [139] L. Thomas, W. Opferkuch in L. Thomas: Labor und Diagnose. Medizinische Verlagsgesellschaft, Marburg 1979, S. 585.

## Neue Technologien zur filmlosen Herstellung von Druckformen<sup>[\*\*]</sup>

Von Hansjörg W. Vollmann<sup>[\*]</sup>

*Professor Rolf Sammet zum 60. Geburtstag gewidmet*

Durch Gutenbergs Erfindung der beweglichen Lettern wurde die wirtschaftliche Vervielfältigung optisch wahrnehmbarer Information im Abendland zum erstenmal möglich. Beim damaligen Druckverfahren spielte der mechanische Übertragungsprozeß die Hauptrolle, während chemische Prinzipien noch untergeordnete Bedeutung hatten. Als Alois Senefelder Ende des 18. Jahrhunderts den Flachdruck erfand, nannte er das neue Verfahren „chemische Druckerey“. Die Chemie hat seither bei der Produktion von Druckformen große Bedeutung erlangt: So erfordert die Herstellung von Flachdruckformen mit Licht materielle Zwischenspeicher und Bilderzeugungsverfahren, die auf chemischen Reaktionen beruhen. Durch die elektronische Verarbeitung optischer Informationen werden mehrere Zwischenspeichermedien eliminiert; neuere, empfindlichere Bilderzeugungsverfahren bedienen sich in zunehmendem Maße weniger chemischer Prinzipien als elektrischer Eigenschaften der Materie.

### 1. Einleitung

Das Drucken, ursprünglich eine Kunst, dann ein Handwerk, hat heute als industrielles Verfahren große Bedeutung. Einige seiner wissenschaftlichen Aspekte sollen in diesem Beitrag zur Sprache kommen.

### 1.1. Druckverfahren

Es gibt vier Hauptverfahren des Druckens<sup>[1-4]</sup>: Hochdruck, Tiefdruck, Flachdruck und Durchdruck. Die Verfahren unterscheiden sich voneinander im wesentlichen durch die Eigenart der Druckform. Die Prinzipien sind in Abbildung 1 erläutert.

Während beim Hochdruck die Farbe von den erhabenen Stellen der Druckform abgenommen wird, ist es beim Tiefdruck umgekehrt: Die relativ dünnflüssige Tiefdruckfarbe wird aus den Näpfchen der Druckform auf das zu bedruckende Material, z. B. Papier, übertragen.

[\*] Dr. H. W. Vollmann  
Kalle Niederlassung der Hoechst AG  
Postfach 3540, D-6200 Wiesbaden 1

[\*\*] Nach einem Beitrag im Rahmen der GDCh-Vortragsreihe zur Achema 1979 am 20. Juni 1979 in Frankfurt/Main.

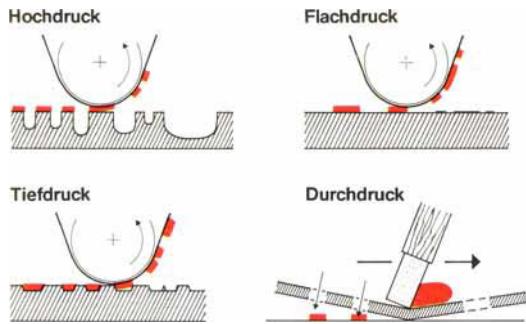


Abb. 1. Prinzip der vier Hauptdruckverfahren.

Beim Flachdruck (Offsetdruck)<sup>[5,6]</sup>, von dem im folgenden hauptsächlich die Rede sein wird, geschieht die bildmäßige Differenzierung dagegen praktisch in einer Ebene und wird chemisch-physikalisch<sup>[7]</sup> durch oleophile und oleophobe Bereiche auf der Druckform bewirkt. Oleophob ist die freiliegende Oberfläche des Trägermaterials, meist Aluminium, oleophil, d. h. farbannehmend, im Normalfall eine Harzschiicht.

Beim Durchdruck<sup>[8]</sup> wird die Farbe durch eine schablonenartige Druckform, z. B. durch die Maschen eines Siebes, gedrückt, weshalb dieses Verfahren auch Siebdruckverfahren genannt wird. Jedes dieser Verfahren hat seine besonderen Anwendungsbereiche.

### 1.1.1. Wirtschaftliche Aspekte

Die geschätzte Entwicklung der drei wirtschaftlich bedeutendsten Druckverfahren bis 1990 weltweit und für die Bundesrepublik Deutschland zeigt Abbildung 2: 1980 wird der Flachdruck den Hochdruck in der Bundesrepublik Deutschland überflügeln, 1984 auch weltweit. Der Marktanteil des Hochdrucks, der 1972 noch 60% betrug, wird 1990 auf 30% zurückgefallen sein, während der des Flachdrucks im gleichen Zeitraum von 25 auf 50% angestiegen sein wird. Bei diesen Voraussagen<sup>[9]</sup> wird von einer kalkulierbaren technischen Evolution ausgegangen; ließe sich die Herstellung von Tiefdruckformen z. B. um Größenordnungen verbilligen, könnte sich die Statistik erheblich zugunsten des Tiefdruckes verschieben. Über 72% aller US-Zeitungstitel werden heute schon im Flachdruckverfahren gedruckt<sup>[10]</sup>; da aber gerade die auflagenstärksten Zeitungen noch im Hochdruckverfahren hergestellt werden, entfallen nur 37% der Gesamtauflage auf das Flachdruckverfahren.

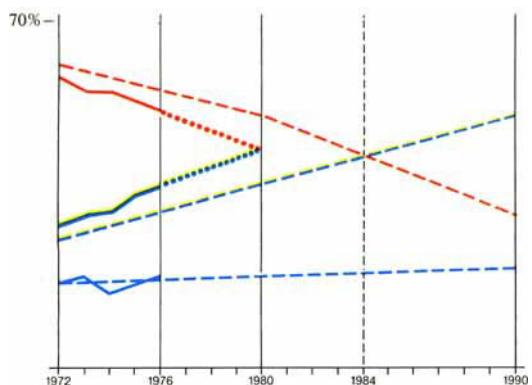


Abb. 2. Wirtschaftliche Entwicklung der Hauptdruckverfahren (ohne Durchdruck). Rot: Hochdruck, grün: Flachdruck, blau: Tiefdruck. ----: Erwartete Entwicklung weltweit; —: reale Entwicklung Bundesrepublik Deutschland; ...: geschätzte Entwicklung Bundesrepublik Deutschland.

### 1.1.2. Druckformherstellung mit Licht

Beim Flachdruck hat die Herstellung von Druckformen mit Licht eine jahrzehntelange Tradition und ist recht unkompliziert. Dabei wird die durch Licht bewirkte Löslichkeitsveränderung einer lichtempfindlichen Schicht zur bildmäßigen Differenzierung ausgenutzt.

Auch beim Hochdruck stehen heute – wegen ihrer Kompatibilität mit dem Photosatz – Photopolymerauswaschplatten, die auf photomechanischem Wege hergestellt werden, im Vordergrund<sup>[11-14]</sup>. Wegen des Reliefs benötigen sie zur Ausbelichtung allerdings eine wesentlich höhere Energie als Flachdruckplatten.

Die Bezeichnung „photomechanisch“ wird auf alle Reproduktionsverfahren angewendet, die auf photochemischen Umsetzungen beruhen und sowohl photographische als auch ätztechnische Arbeitsvorgänge erfordern.

### 1.1.3. Anwendungsbereiche der Druckverfahren

Das Hochdruckverfahren wird besonders für Schwarzdruck, z. B. für Zeitungs- und einfachen Bücherdruck, angewendet. Es ist das älteste Druckverfahren und dominiert – wie bereits erläutert – auch weltweit noch. Qualitativ bessere Druckergebnisse, insbesondere bei Farbarbeiten, sowie einfache und schnellere Fertigung der Druckform begünstigen jedoch das Flachdruckverfahren. Der Tiefdruck liefert qualitativ besonders hochwertige Druckergebnisse. Sein Wachstum wird durch Kostenfaktoren bei der Druckformherstellung jedoch derzeit limitiert. Der Durchdruck (Siebdruck) ist ein Verfahren für Spezialanwendungen, z. B. im Textildruck, in der Werbung oder aber auch in der Elektronik. Im reproduktionsbereich beträgt sein Marktanteil in der Bundesrepublik Deutschland ca. 3% (siehe Abb. 3).

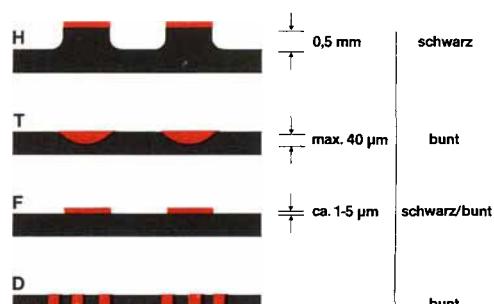


Abb. 3. Die vier Hauptdruckverfahren im Vergleich. H = Hochdruck (44%), T = Tiefdruck (17%), F = Flachdruck (36%), D = Durchdruck (3% geschätzt). Die Zahlenangaben beziehen sich auf den Marktanteil in der Bundesrepublik Deutschland (1977).

### 1.2. Photomechanische Herstellung von Flachdruckformen

Vergleichen wir besonders noch einmal die Druckformen für den Hoch-, Tief- und Flachdruck! Während bei einer Hochdruckform ein beachtliches Relief von ca. 0.5 mm erzeugt werden muß und auch aus der Oberfläche eines Tiefdruckzyllinders erhebliche Mengen Materie, nämlich bis zu 40 µm, entfernt werden müssen, betragen die Schichtdicken der Bildstellen auf einer Flachdruckform nur wenige µm (Abb. 3). Betrachtet man den photochemischen Prozeß oder den Ätzvorgang, ist in jedem Falle bei der photomechanischen Herstellung einer Flachdruckform der zur Bilddifferenzierung notwendige Stoffumsatz am geringsten.

Je nachdem, ob die vom Licht getroffenen Bereiche einer Druckplatte durch die Belichtung besser oder schlechter löslich werden, spricht man von positiv oder negativ arbeitenden Systemen. Abbildung 4 zeigt den Herstellungsprozeß einer Flachdruckform (negativ arbeitendes System). Auf die

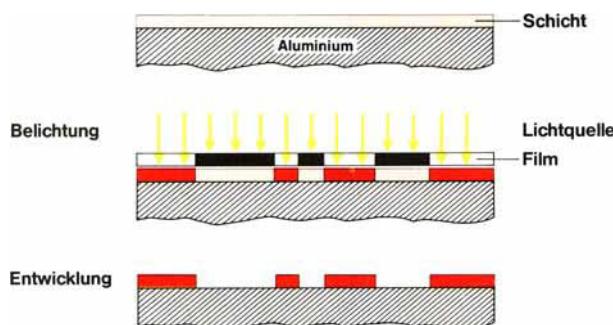


Abb. 4. Photomechanische Herstellung einer Flachdruckform (negativ arbeitendes System).

aus einem Aluminiumblech von ca. 0.1–0.5 mm Dicke und einer organischen lichtempfindlichen Schicht (siehe Abschnitt 2) von weniger als 1–5 µm Dicke bestehende Druckplatte wird eine Filmvorlage, in aller Regel ein Silberfilmnegativ, gelegt. Negativ und Druckplatte werden dann in einem Kopierrahmen im Vakuumkontakt mit einer Metallhalogenid-dotierten Quecksilberdampflampe – üblich sind 5 kW Eingangsleistung – belichtet. Bei einer typischen Belichtungszeit von ca. 20 s–1 min wird die Schicht an den belichteten Stellen gehärtet, d. h. durch chemische Reaktionen vernetzt. Nach Beseitigung der nicht vernetzten Anteile durch einen Entwickler ist die Druckform gebrauchsfertig.

Bei positiv arbeitenden Flachdruckplatten werden dagegen hydrophobe Verbindungen, die in einer begrenzt alkalilöslichen Harzmatrix enthalten sind, photolytisch in stärker hydrophile umgewandelt. Die belichteten Teile der Schicht lassen sich danach von einem wäßrig-alkalischen Entwickler herauslösen. Die auf dem Aluminiumträger verbleibenden Bildelemente bestehen aus chemisch nicht verändertem ursprünglichem Schichtmaterial und entsprechen unmittelbar dem Film, durch den belichtet wurde. Diese Bildelemente übertragen im Druckprozeß Farbe.

Für die beschriebene konventionelle Technik wird also in beiden Fällen ein Film benötigt, d. h. ein Zwischenoriginal, das vor der Herstellung der Druckformen aus der eigentlichen Vorlage angefertigt werden muß.

### 1.3. Druckformherstellung ohne Film

Im Kleinoffsetdruck und im Vervielfältigungsbereich ist die Herstellung von Druckformen ohne Silberfilm als Zwischenoriginal seit Jahren gut eingeführt<sup>[15]</sup>. Als Beispiele seien die Silbersalzdiffusions- und -transververfahren, die Photodirektfolien und die elektrophotographischen Folien genannt. Bis zu Formaten von etwa DIN A2 haben sich diese Verfahren bewährt und werden auf absehbare Zeit ihre Bedeutung behalten.

Die filmlose Herstellung von Flachdruckformen für mittlere und größere Formate und für Auflagen bis zu etwa 100 000 Drucken ist dagegen neu<sup>[16–18]</sup>. Diese zukunftswei-

sende Technologie, die im wesentlichen erstmals auf der Fachmesse Druck und Papier (DRUPA) 1977 in Düsseldorf der Öffentlichkeit vorgestellt wurde, findet vor allem im Zeitungsdruck rasche Verbreitung.

Den Zugang zu dieser neuen Technologie eröffnet das interdisziplinäre Zusammenwirken von Chemie, Physik, Ingenieurwissenschaft und Elektronik. Bevor näher darauf eingegangen wird, sollen die chemischen Grundlagen der Kopierschichten einiger gängiger Flachdruckplatten erläutert werden.

## 2. Druckplatten mit photochemisch arbeitenden Kopierschichten

Die Chemie einer lichtempfindlichen Schicht muß auf die Emission der Lichtquelle abgestimmt sein, wenn eine optimale Ausnutzung der Energie gewährleistet sein soll. Wie Abbildung 5 zeigt, liegt das Empfindlichkeitsmaximum von herkömmlichen lichtempfindlichen Systemen im langwelligen UV- oder kurzwelligen sichtbaren Bereich; für diesen Empfindlichkeitsbereich besonders geeignet ist u. a. die Galliumiodid-dotierte Quecksilberdampflampe<sup>[19]</sup>, deren Emissionsspektrum ebenfalls aus Abbildung 5 zu ersehen ist. Die Hochleistungs-Quecksilberdampflampen haben die früher verwendeten Kohlebogen- und Xenonhochdrucklampen weitgehend verdrängt.

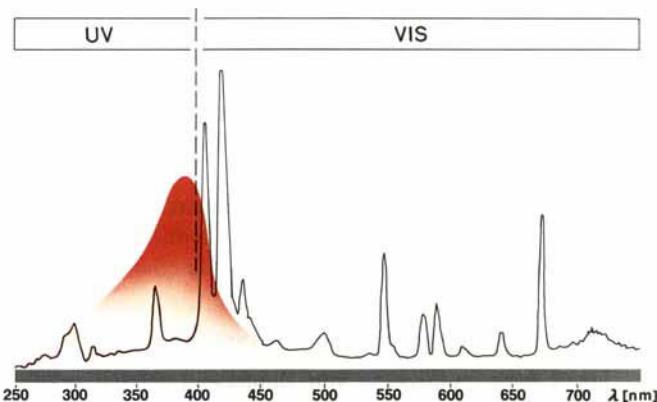


Abb. 5. Spektrale Empfindlichkeit einer Flachdruckplatte (rot) und Emission einer Galliumiodid-dotierten Quecksilberhochdrucklampe.

Die Möglichkeiten zur Herstellung lichtaktiver Systeme für reprographische Anwendungen sind von der Chemie her sehr vielfältig. Entsprechend groß ist die Zahl der vorgeschlagenen Lösungen<sup>[20–25]</sup>. In der Praxis haben sich jedoch nur verhältnismäßig wenige chemische Systeme durchgesetzt.

### 2.1. Positivsysteme

Positiv arbeitende Kopierschichten basieren praktisch ausschließlich auf „Naphthochinondiaziden“ (2-Diazo-1(2H)-naphthalon-Derivaten)<sup>[26, 27]</sup>, die meist in Kombination mit Phenolharzen verwendet werden. Diese lichtempfindlichen Verbindungen sind auch heute noch – über 30 Jahre nach ihrer Einführung – Gegenstand von Forschungsarbeiten<sup>[28]</sup>.

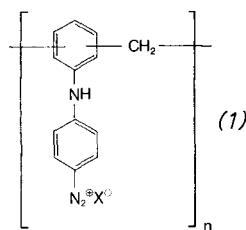
Von den übrigen bekanntgewordenen positiv arbeitenden lithographischen Systemen konnte sich bisher keines einen Platz am Markt erobern.

## 2.2. Negativsysteme

Für lagerfähige, negativ arbeitende Kopierschichten werden im wesentlichen vier chemische Prinzipien angewendet.

### 2.2.1. Diazoniumsalze und Azide

Das älteste und auch heute noch am weitesten verbreitete System enthält Diazoarze, welche durch saure Kondensation von Diphenylamin-4-diazoniumsalzen (*p*-Anilinobenzoldiazoniumsalzen) mit Formaldehyd erhalten werden<sup>[20, 24, 29]</sup>. Die idealisierte Struktur dieser oligomeren „Gerbiazos“ ist in Formel (1) gezeigt. Als Anion  $X^\ominus$  eignet sich z. B.  $\frac{1}{2} ZnCl_2^\ominus$ ; weitere anorganische und organische Anionen  $X^\ominus$  nennt die Literatur<sup>[30, 31]</sup>.



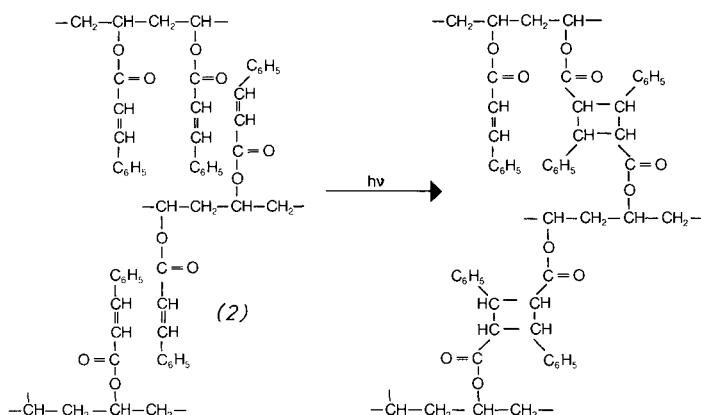
Diese löslichen, zumeist sogar wasserlöslichen polyfunktionellen Diazoniumsalze verlieren infolge Stickstoffabspaltung bei der Belichtung ihren Salzcharakter, werden selbst wasserunlöslich und können gleichzeitig die sie umgebende Polymermatrix vernetzen. Dieses bewährte Prinzip liegt den meisten negativ arbeitenden Diazoflachdruckplatten zugrunde.

Auch Kopierschichten auf Basis von Arylaziden<sup>[20, 22, 23]</sup> werden verwendet. Arylazide sind der spektralen Sensibilisierung zugänglich.

Darüber hinaus haben photodimerisierbare Kopierschichten<sup>[20, 22, 23]</sup> und solche auf Basis der photoinitierten radikalischen Polymerisation erhebliche Bedeutung erlangt<sup>[20–23]</sup>.

### 2.2.2. Vernetzung durch Photodimerisierung

Die Photodimerisierung von Zimtsäurederivaten ist ein Beispiel des erstgenannten Vernetzungsprinzips. Hier wird die Verknüpfung zweier Moleküle u. a. durch lichtinduzierte Cycloaddition der aktivierten Doppelbindungen zu Cyclobutanstrukturen bewirkt<sup>[32]</sup>. Für die Reprotechnik ist diese Chemie nur interessant, wenn eine Polymerkette viele derartige Gruppen trägt. Typisches Beispiel ist das in (2) gezeigte Polyvinylcinnamat.

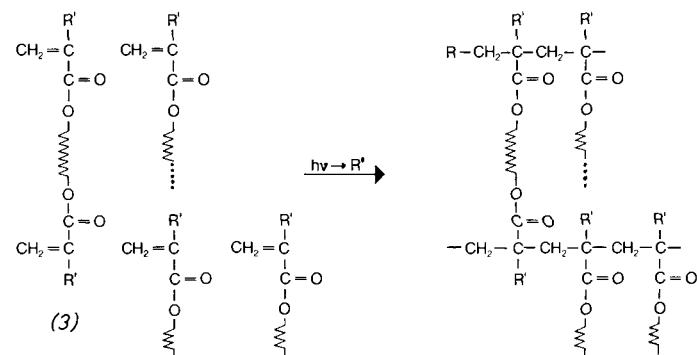


Eine bemerkenswerte Eigenschaft der Cinnamate ist deren Sensibilisierbarkeit für längerwelliges Licht bis zu etwa 500 nm<sup>[32]</sup> durch Triplettenenergie-Übertragung; bei Cinnamyldenderivaten lässt sich diese Grenze noch überschreiten<sup>[33]</sup>. Die spektrale Singulett-Sensibilisierung von Diazoniumsalzen ist zwar in Lösung möglich<sup>[34, 35]</sup>, ließ sich jedoch nicht zur Empfindlichkeitssteigerung in festen reprographischen Schichten nutzen und dürfte auch prinzipiell sehr problematisch sein.

### 2.2.3. Photopolymerisierende Systeme

Die weitere erwünschte Steigerung der Lichtempfindlichkeit der bisher besprochenen Systeme stößt an Grenzen, so lange pro Lichtquant bestenfalls eine neue Verknüpfungsstelle zwischen zwei Molekülen erzeugt werden kann.

Diese Einschränkung gilt auch für die Photopolymerisation im strengerem Sinne<sup>[36]</sup>, bei der jeder Wachstumsschritt ein Photon erfordert, nicht jedoch für die photoinitierte Polymerisation, bei der Licht lediglich zur Aktivierung eines Initiators benötigt wird. In der Technik ist für diesen Vorgang allgemein ebenfalls die Bezeichnung Photopolymerisation üblich<sup>[37]</sup>; wir wollen im folgenden unter Photopolymerisation nur die photoinitierte Polymerisation verstehen. Das Prinzip wird am Beispiel von Acrylsäurederivaten (3) erläutert. Theoretisch kann ein Lichtquant eine große Anzahl von Monomeren in hochmolekulare Polymere umwandeln. Abbruchreaktionen und Inhibitoren, insbesondere der in der polymerisierenden Schicht gelöste atmosphärische Sauerstoff, setzen jedoch auch hier natürliche Grenzen.



Wie am Beispiel der Reaktion von (3) gezeigt wird, lassen sich jedoch auf dieser Basis Photopolymerflachdruckplatten aufbauen, die etwas lichtempfindlicher sind als Diazo- oder Dimerisierungsschichten, wenn man die rasche Nachdiffusion des Sauerstoffs während der Belichtung zurückdrängen kann. Dies gelingt z. B. durch Aufbringen eines für Sauerstoff wenig durchlässigen Deckfilms<sup>[38]</sup>.

## 2.3. Lichtempfindlichkeit

Aber auch die besten dieser Systeme sind zu wenig lichtempfindlich, um als Idealmaterialien für die filmlose Herstellung von Flachdruckformen verwendet werden zu können.

Die höchstempfindlichen Formulierungen auf Basis von Diazoarzen wie (1) oder Cinnamate wie (2) bedürfen zur Zeit einer Energie von 5–10 mJ/cm<sup>2</sup> (50–100 J/m<sup>2</sup>) zur Ausbelichtung. Damit lassen sich Direktbebilderungssysteme

ohne Film als Zwischenschritt aufbauen, allerdings nur bei Anwendung sehr starker Lichtquellen.

Für die Anwendung solcher Systeme gibt es gute Gründe – einerseits wünschen sich alle Verarbeiter zwar hochempfindliche Materialien, andererseits sind sie bei der Verarbeitung der Platten, d. h. bei der Herstellung der Flachdruckformen, an Tageslichtbedingungen, bestenfalls an Gelblicht gewöhnt. Umstellung auf Dunkelkammerbedingungen würde für die Verbraucher ein drastischer Nachteil sein, nicht zuletzt übrigens auch für die Hersteller von vorsensibilisierten Flachdruckplatten, die bei tageslichtähnlichem, gefiltertem Licht produziert werden. „Vorsensibilisieren“ bedeutet technisch das Aufbringen der lichtempfindlichen Schicht.

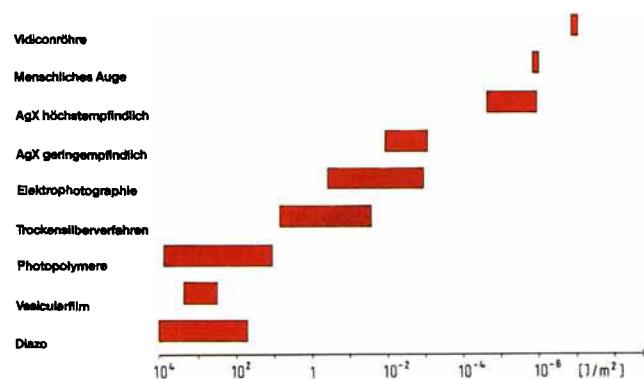


Abb. 6. Energiebedarf lichtempfindlicher Systeme. (Die photoaktive Schicht von Vesicularfilmen besteht aus Diazoniumsalzen in einer Harzmatrix. In den belichteten Bereichen freigesetzte Stickstoffbläschen erzeugen Opazität.)

Ein Vergleich lichtempfindlicher Systeme (siehe Abb. 6) ergibt, daß diese hochempfindlichen photochemischen Systeme am unteren Ende der Skala – einander teilweise überlappend – anzutreffen sind, während sich am oberen Ende der Skala die Silberfilmmaterialien befinden. Alle diese Systeme sind jedoch nur bedingt quantitativ miteinander zu vergleichen, da die Bildauswertung (physiologische und elektrische Effekte, Unterschiede der optischen Dichte, Leitfähigkeit, Löslichkeit) in der Praxis nach verschiedenen Methoden erfolgt.

### **3. Druckformherstellung mit elektrophotographischen Verfahren**

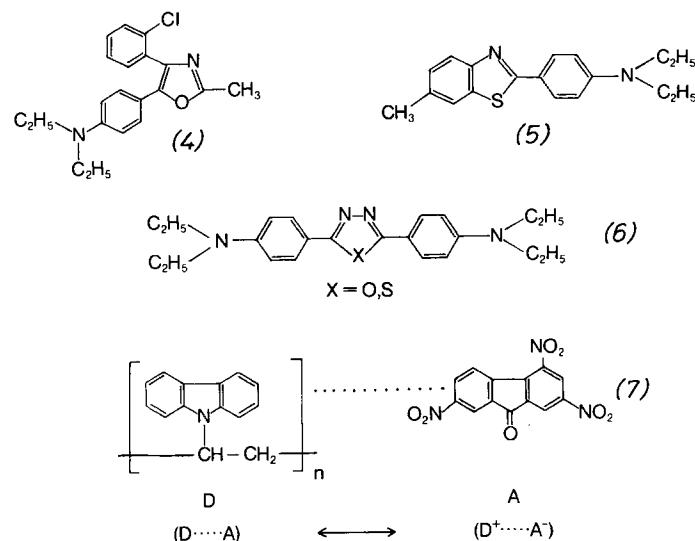
Die in der Mitte der Skala von Abbildung 6 aufgeführten elektrophotographischen Materialien sind ideal zur filmlosen Herstellung von Druckformen, da sie um einige 100- bis 1000mal lichtempfindlicher sind als die bisher bekannten Diazo- und Photopolymersysteme. Um mit solchen Photoleiterschichten bei relativ heller Dunkelkammerbeleuchtung arbeiten zu können, verwendet man bevorzugt Materialien, deren Belichtungsenergien im mittleren bis oberen Bereich des in Abbildung 6 gezeigten Bandes liegen.

Für die Elektrophotographie geeignete Photoleiter haben im Dunkeln Isolatoreigenschaften und verhindern den Abfluß von Ladungen, die durch Coronaentladung aufgesprührt werden. Als Coronaentladung bezeichnet man eine Entladungsform, die an scharfen Kanten, an Spitzen oder an Drähten bei Atmosphärendruck und hoher Spannung auftritt.

Bei Belichtung erhöht sich die elektrische Leitfähigkeit der Photoleiter erheblich. Die Ladungen fließen an den belichteten Stellen ab; es entsteht ein latentes Ladungsbild. Dieses kann mit farbigen Flüssigkeiten oder Pulvern, Toner genannt, sichtbar gemacht werden. Einzelheiten sind dem Standardwerk von *R. M. Schaffert*<sup>[39]</sup> zu entnehmen.

### **3.1. Photoleitende Systeme**

In der Praxis der filmlosen Druckformherstellung werden sowohl anorganische als auch organische Photoleiter<sup>[40-42]</sup> verwendet. Unter den anorganischen sind Cadmiumsulfid und Zinkoxid zu nennen. Photoleitung in technisch zur Elektrophotographie nutzbarem Maße zeigen unter den organischen Verbindungen Heterocyclen wie Oxazole, Benzothiazole, Oxadiazole und Thiadiazole<sup>[43]</sup>; (4)-(6) sind Beispiele. Noch lichtempfindlicher, jedoch nicht in Flachdruckplatten verwendet, sind manche Ladungsübertragungskomplexe. Bei diesen ist bereits im Grundzustand ein ionischer Anteil vorhanden, der durch Lichtanregung verstärkt wird. Ein viel untersuchtes Beispiel ist der Donor-Acceptor-Komplex (7) aus Polyvinylcarbazol und 2,4,7-Trinitrofluorenon. Flachdruckformen sind auf elektrophotographischem Wege besonders einfach mit organischen Photoleitern herzustellen<sup>[44]</sup>.



### **3.2. Herstellung der Druckform**

Die Photoleiterschicht auf einem Aluminiumträger wird, wie in Abbildung 7 gezeigt, negativ aufgeladen. Bei der bildmäßigen Belichtung verschwinden die Ladungen an den vom Licht getroffenen Stellen, während sie an den nichtbelichteten Stellen erhalten bleiben. Gegensinnig – im vorliegenden Falle positiv – geladene Tonerteilchen setzen sich an den so erzeugten Ladungsbildstellen ab und werden anschließend durch eine Wärmebehandlung auf der Schichtoberfläche verankert. Die nicht vom Toner geschützten Stellen lösen sich bei Einwirkung eines Entwicklers, so daß hier die Trägeroberfläche freigelegt wird. Danach ist die Druckform gebrauchsfertig und unterscheidet sich anwendungs-technisch nicht von einer konventionell hergestellten.

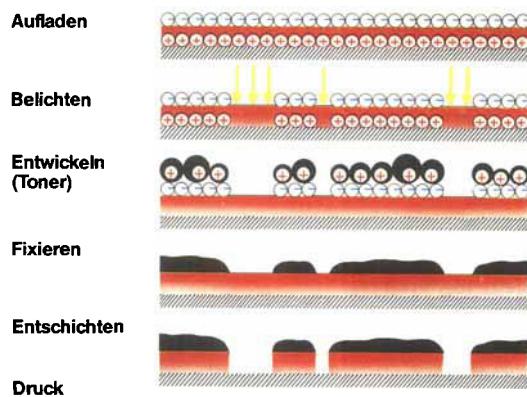


Abb. 7. Elektrophotographische Herstellung einer Flachdruckform.

#### 4. Materialien und technische Anlagen zur elektrophotographischen Herstellung von Druckformen

Während elektrophotographische Druckplatten auf Zink-oxidbasis bereits seit langem bekannt sind<sup>[45]</sup> und auch heute noch technisch genutzt werden, z. B. als „Chemco-Newsplatte“<sup>[15]</sup>, wurde auf der Fachmesse IMPRINTA im Februar 1979 in Düsseldorf eine nach einem anderen Prinzip arbeitende elektrophotographische Druckplatte, die KC-Crystalplatte<sup>[9,46]</sup>, vorgestellt, deren Kernstück ein Cadmiumsulfid-Photoleiter<sup>[47,48]</sup> ist, wie ihn Abbildung 8 idealisiert zeigt.

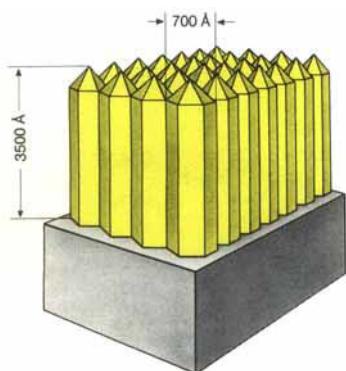


Abb. 8. Photoleitende Cadmiumsulfidkristalle der KC-Platte.

Das Cadmiumsulfid ist in nur 0.35 µm Dicke durch Kathodenzerstäubung („Sputtern“) auf einen metallischen Träger aufgebracht. Es wächst in Form sehr regelmäßiger Kristalle auf. Die Kristallschicht dieser Platte wird, genau wie für den organischen Photoleiter beschrieben, aufgeladen, belichtet, mit einem speziellen Flüssigtoner entwickelt und eingebrannt. In einem weiteren Verarbeitungsgang muß die frei-liegende Cadmiumsulfidschicht an den Nichtbildstellen hydrophiliert werden, was durch Oxidation gelingt. Diese noch nicht eingeführte und sehr teure Druckplatte gehört zu den lichtempfindlichsten der bisher bekannten elektrophotographischen Systeme.

##### 4.1. Abbildungsverfahren

Die technischen Verfahren zur elektrophotographischen filmlosen Herstellung von Druckformen, die im folgenden erläutert werden, arbeiten zum Teil mit unterschiedlichen

Belichtungssystemen. Man hat grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

Bei der Flächenbelichtung wird die gesamte lichtempfindliche Schicht gleichzeitig der Lichtenergie ausgesetzt. In Abbildung 9 ist links ein Abbildungsverfahren im Durchlicht und im Maßstab 1:1 skizziert. Selbstverständlich kann man auch, wie z. B. bei einem Episkop, reflektiertes Licht zur Abbildung verwenden oder die Vorlage optisch vergrößern oder verkleinern. Bei der episkopischen Darstellung geht im Reflexionsstrahlengang mehr Licht für den Kopievorgang verloren als bei einem diaskopischen Prozeß, so daß man auf besonders lichtempfindliche Druckplatten angewiesen ist.

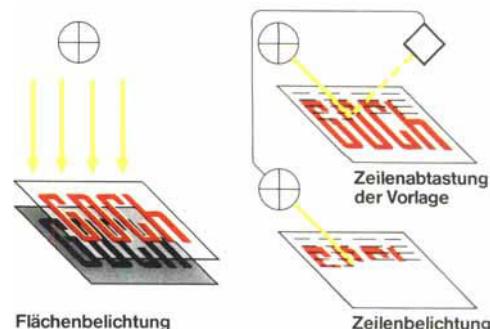


Abb. 9. Belichtungsmethoden.

Der Flächenbelichtung steht die zeilenweise Belichtung gegenüber (Abb. 9, rechts), bei der es möglich ist, die von einer beleuchteten Vorlage empfangenen Signale zur Steuerung einer zweiten unabhängigen Lichtquelle zu benutzen. Erst diese überträgt die Information auf eine lichtempfindliche Schicht.

##### 4.2. Druckformfertigungsanlagen

Eine für die Zeitungsherstellung konzipierte und bereits bei vielen Zeitungen verwendete automatische Kamera – der Elfasol-Automat EA 692<sup>[49]</sup> – arbeitet mit einem Flächenbelichtungssystem. Abbildung 10 zeigt die weitgehend automatisierte, photomechanische filmlose Herstellung von Flachdruckformen.

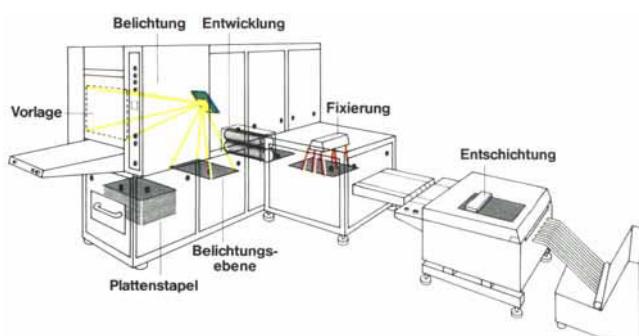


Abb. 10. Elfasol-Automat EA 692.

Der Bediener bringt die Vorlage, in diesem Falle den Klebeumbruch einer Zeitung, in den Vorlagenhalter und startet die Anlage. Dann wird automatisch von einem Plattenstapel eine elektrophotographische Platte entnommen, auf dem Beleuchtungstisch positioniert, belichtet, anschließend betoniert, durch Erwärmen fixiert, entschichtet und druckfertig auf einem Stapel abgelegt. Die erste Platte verläßt das Gerät nach

vier Minuten, die weiteren Platten im Ein-Minuten-Takt. Im Gegensatz dazu beträgt die reine Belichtungszeit einer konventionell zu verarbeitenden Flachdruckplatte bereits bis zu einer Minute bei einer Gesamtfertigungszeit von 8–12 min<sup>[49]</sup> einschließlich der Herstellung eines Silberfilms. Neben der Reduzierung der Personalkosten und der Einsparung der Kosten für den Film ermöglichen elektrophotographische Druckplatten einen beträchtlichen Zeitgewinn, der bei der Zeitungsproduktion von besonderer Bedeutung ist.

Ein ähnliches System – Pyrofax<sup>[15, 17]</sup> – arbeitet nach einem etwas modifizierten Prinzip (Abb. 11). Das auf einem elektrophotographischen Zinkoxidfilm von einer Vorlage episkopisch und flächenweise erzeugte Ladungsbild wird mit einem Toner entwickelt. Eine Silicongummimatte, die Übertragungsmater, übernimmt das Tonerbild vom Film. In einem getrennten, manuell auszuführenden Schritt wird das Tonerbild dann von der Übertragungsmater in einem Einbrenngerät auf eine unbeschichtete Flachdruckplatte übertragen und eingebrannt. Der Arbeitsablauf ist also nicht vollautomatisch. Zur Zeit gibt es weltweit etwa 100 Pyrofax-Installatoren.

Tabelle 1. Vergleich elektrophotographischer Druckplattensysteme.

System	KC	Chemco	Pyrofax	EPS	Elfason
Photoleiter	CdS	ZnO	ZnO	ZnO	organisch
Bindemittel in Photoleiterschicht	–	+	+	+	+
Toner	flüssig	flüssig	trocken	trocken	trocken
Bild-differenzierung	Hydrophilierung	Hydrophilierung	Transfer	Transfer und Entschichtung	Entschichtung
Druckschicht	Toner und Photoleiterschicht	Toner und Photoleiterschicht	Toner	Toner und Harzsicht	Toner und Photoleiterschicht

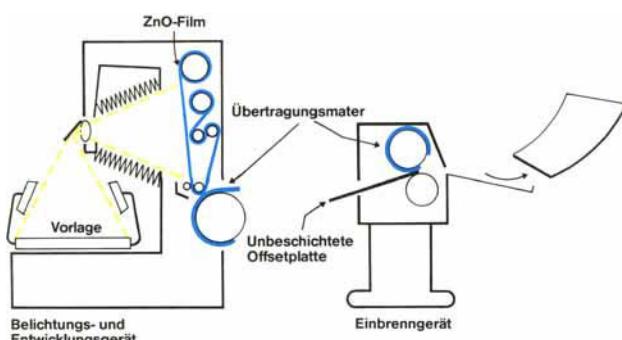


Abb. 11. Pyrofax-System.

Abweichend von diesem Verfahren wird beim EPS-System<sup>[50]</sup> das Tonerbild von einer Zinkoxid-Photoleiterschicht direkt auf die mit einem nicht photoleitenden Harz beschichtete Druckplatte übertragen. Nach dem Einschmelzen des Toners wird die Harzsicht an den Nichtbildstellen mit einem Entschichter abgelöst.

Die bereits erwähnten Druckplatten mit Cadmiumsulfid-Photoleiterschicht<sup>[47, 48]</sup> werden nach einem modifizierten Schlitzbelichtungsverfahren, wie es ähnlich in Bürokopierern verwendet wird, belichtet, das man als Mittelding zwischen reiner Flächenbelichtung und zeilenweiser Belichtung betrachten kann.

In dem für die Plattenbelichtung vorgesehenen Gerät, dem KC-Camera-Platemaker (Abb. 12), wird das Bild der

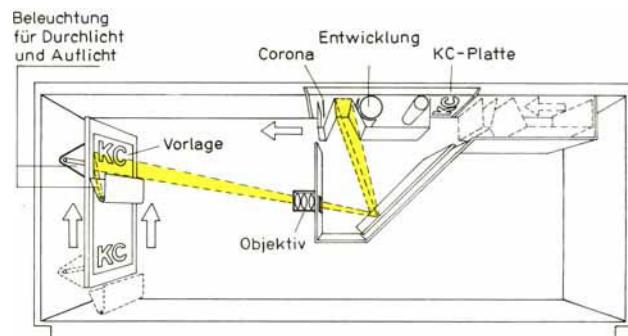


Abb. 12. Belichtungsgerät KC-Camera-Platemaker.

Vorlage streifenförmig in Durchsichts- oder Aufsichtsbeleuchtung optisch auf eine Cadmiumsulfid-Kristallplatte übertragen.

In Tabelle 1 werden die besprochenen Systeme noch einmal verglichen. Im Gegensatz zu konventionellen Flachdruckformen und den übrigen Systemen wird beim KC- und beim Chemco-System<sup>[15]</sup> die Funktion der Nichtbildstellen

nicht von der Oberfläche des Trägers, sondern von der hydrophilierten Photoleiterschicht übernommen.

## 5. Laser als modulierbare Strahlungsquellen

Seit kurzem wird in der Reprotechnik der zeilenweise Bildaufbau – der in der Fernsehtechnik seit langem bekannt und wohlerprobt ist – verstärkt angewendet. Dies wird durch die Entwicklung von Lasern ermöglicht, die auch im Produktionsmaßstab genügend standfest sind.

Laserlicht<sup>[51]</sup> hat mehrere Eigenschaften, die es für Anwendungen in der Reprotechnik prädestinieren: zum einen wird es im Gegensatz zu Licht aus konventionellen, räumlich abstrahlenden Quellen nur in einer Richtung emittiert, ist weitgehend parallel und monochromatisch, zum anderen hat es eine hohe Leistungsdichte, lässt sich modulieren und praktisch trägeheitslos steuern. Selbst unter optimistischen Annahmen zugunsten der gegenwärtig leistungsfähigsten dotierten Gasentladungslampen können mit diesen im Bereich 300–450 nm nur Leistungsdichten erzielt werden, die mindestens um den Faktor 1000 geringer sind als die eines Argonionen-Lasers mit 2–3 W UV-Ausgangsleistung, wie er technisch in Druckformfertigungsanlagen verwendet wird.

Wegen ihrer hohen Leistungsdichte und auch wegen der Lage ihrer Emissionslinien im UV/VIS-Bereich werden insbesondere Argonionen-Laser in der Reprographie angewendet (Abb. 13). Das gilt sowohl für die Belichtung konventio-

neller als auch elektrophotographischer Druckplatten<sup>[52]</sup>. In Abbildung 13 eingezeichnet sind auch die Hauptemissionslinien des Kryptonionen-Lasers, der für viele konventionelle Systeme eine noch bessere Wahl wäre. Leider ist seine Standfestigkeit, d. h. die Lebensdauer des Laserrohres, verglichen mit der Standfestigkeit des Argonionen-Lasers noch unzureichend.

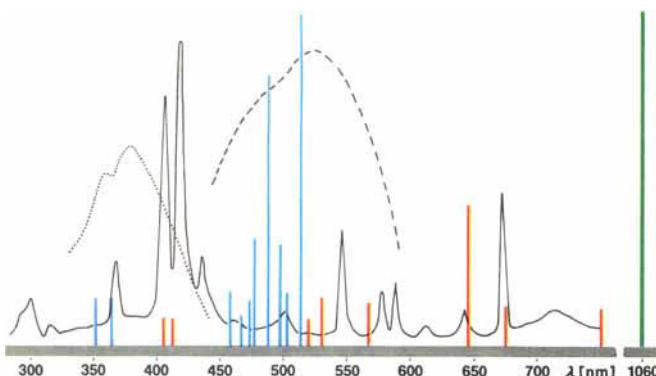


Abb. 13. Spektrale Empfindlichkeit einiger Druckplattentypen und Hauptemission einiger Strahlungsquellen. —: Ga-dotierte Hg-Hochdrucklampe; ···: Diazo-Laser-Druckplatte; - - -: elektrophotographische Laser-Druckplatte; blau: Argonionen-Laser; rot: Kryptonionen-Laser; grün: Yttrium-aluminium-granat-(YAG-)Laser.

Die Höhe der Argon- und Krypton-Laserlinien in Abbildung 13 gibt ihre relative Intensität unter bestimmten Betriebsbedingungen wieder. Dem Emissionspektrum einer Gallium-dotierten Quecksilberhochdrucklampe, der Intensität der Yttrium-aluminium-granat-(YAG-)Laserlinie und den Kurven der spektralen Empfindlichkeiten der beiden Druckplattentypen liegen unterschiedliche, willkürlich gewählte Maßstäbe zugrunde.

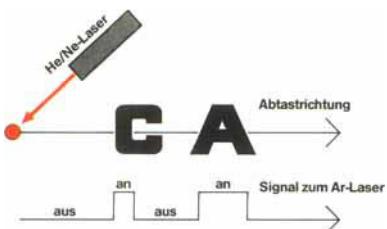


Abb. 14. Laser-Abtastschema.

Wie im Prinzip ein Bild mit Lasern zeilenförmig erfaßt und aufgebaut wird, zeigt Abbildung 14. Der Lichtstrahl eines Helium-Neon-Lasers, der mit einer vergleichsweise geringen Leistung bei 633 nm emittiert, tastet das wiederzugebende Original ab. Dabei wird an den bildfreien Stellen das Licht reflektiert, an den Bildstellen dagegen absorbiert. Aus der örtlichen Bildinformation wird so eine zeitliche Folge von Hell-Dunkel-Informationen, die sich in elektrische Signale umwandeln lassen. Diese steuern einen anderen Laser, z. B. einen leistungsfähigen Argonionen-Laser, der das lichtempfindliche Material belichtet.

## 6. Laser in Druckformfertigungsanlagen

### 6.1. Das Laserite-System

Technisch verwirklicht ist dieses Prinzip z. B. in den Laserite-Anlagen<sup>[53,54]</sup> (Abb. 15). Die Strahlenwege des Helium-

Neon-Leselasers und des Argonionen-Schreiblasers werden in diesen Geräten mit dichroitischen Spiegeln zusammengeführt und wieder getrennt. Zur zeilenförmigen Ablenkung des Lichtes dient ein Pyramidalspiegel, der mit ca. 5000 Umdrehungen pro Minute rotiert und auf einem Wagen über Vorlage und Platte geführt wird. Durch die Überlagerung von zeilenweiser Abtastung und Vorschub der Optik auf dem Wagen kommt eine flächendeckende Abtastung zustande. Die vom Pyramidalspiegel abgelenkten Strahlen des Leselasers gelangen durch die Optik und den für das rote Licht des He/Ne-Lasers durchlässigen dichroitischen Spiegel auf die Vorlage und werden dort von den Bildstellen absorbiert und von den Nichtbildstellen reflektiert. So entsteht eine Sequenz von Hell-Dunkel-Informationen, die von einer Glasfaserleiste aufgenommen und einem Photomultiplier zugeführt wird. Dieser wandelt die optischen in elektrische Signale um und gibt sie als Steuerimpulse an den Modulator des Argonionen-Schreiblasers weiter. Damit wird dem Lichtstrahl des Schreiblasers die Sequenz der Hell-Dunkel-Informationen aus der Vorlage aufgeprägt. Dieses Licht gelangt nun auf demselben optischen Weg wie das Licht des Leselasers über den Pyramidalspiegel und die Optik bis zum dichroitischen Spiegel und wird von dort auf die Platte reflektiert.

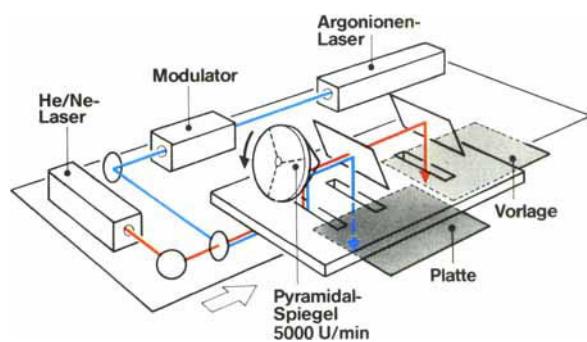


Abb. 15. Laserite-Prinzip.

Mit einem hochenergetischen Argonionen-Laser kann man in solchen Bebilderungsanlagen sehr lichtempfindliche Diazo- oder Photopolymerplatten mit einer Energie von 5–10 mJ/cm<sup>2</sup> (50–100 J/m<sup>2</sup>) oder aber mit einem wesentlich schwächeren – und dementsprechend billigeren und robusteren – Argonionen-Laser elektrophotographische Druckplatten mit einer Energie von 10<sup>-2</sup> bis einigen 10<sup>-3</sup> mJ/cm<sup>2</sup> (10<sup>-1</sup>–10<sup>-2</sup> J/m<sup>2</sup>), d. h. also mit einem etwa 1000mal kleineren Energieaufwand belichten<sup>[55]</sup>. In Laserite-Anlagen kann während der relativ kurzen, aber hektischen Produktionsphase einer Zeitung kurz vor Anlaufen der Druckmaschinen etwa jede Minute eine Zeitungsdruckform automatisch druckfertig erstellt werden.

### 6.2. Das LogEscan-System

Das LogEscan-System<sup>[15,56]</sup> benutzt ebenfalls Laserstrahlung zur filmlosen Herstellung von Flachdruckformen. Es arbeitet jedoch nach einem anderen Prinzip (Abb. 16).

Das Gerät besteht aus zwei stationären, durchsichtigen Trommeln, von denen die rechts gezeichnete die Vorlage aufnimmt, während die linke eine schwarze Übertragungsfolie<sup>[57]</sup> – genannt „Lasermask“ – im Kontakt mit einer unbeschichteten Aluminiumplatte trägt. Die „Lasermask“ besteht

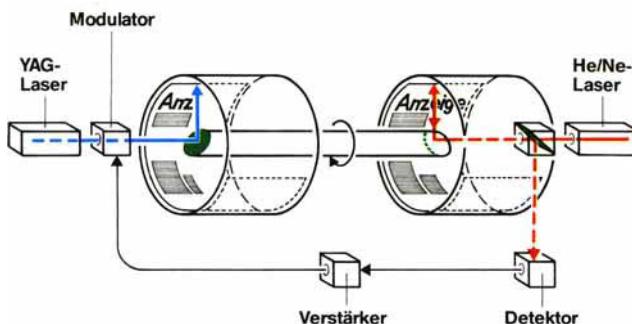


Abb. 16. LogEscan-System.

aus einer Folie, die im wesentlichen mit Nitrocellulose und Ruß beschichtet ist. Ein rotierender He/Ne-Laserstrahl in der Achse der einen Trommel tastet die Vorlage ab und steuert über den Modulator den in der anderen Trommel laufenden Schreiblaserstrahl. Dieser stammt von einem Neodym-dotierten YAG-Laser, der im Infrarot emittiert. Wo die Strahlung des YAG-Lasers auf die schwarze Übertragungsfolie trifft, wird thermisch Druckfarbe-annehmende, oleophile Masse auf die unbeschichtete Aluminiumplatte übertragen. Nach einem Einbrennschritt ist die Flachdruckform in der Druckmaschine verwendungsfähig. Die übertragene Harzmasse hinterläßt transparente Bereiche auf der Übertragungsfolie, die damit gleichzeitig in ein Negativ umgewandelt worden ist, zur konventionellen Herstellung weiterer Formen oder für das Archivieren verwendet werden kann.

### 6.3. Verwendung von Lasern zur Herstellung von Druckformen für den Hoch- und Tiefdruck

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, auch Druckformen für Hoch- und Tiefdruck in mit Lasern arbeitenden Bebilderungsgeräten filmlos zu fertigen. Während sich das zu Beginn der siebziger Jahre entwickelte LGS-Verfahren<sup>[15,58]</sup> zur Herstellung von Hochdruckformen als nicht marktgerecht erwies, verspricht das 1979 vorgestellte Crosfield-System<sup>[59]</sup> möglicherweise die Produktionskosten von Tiefdruckformen zu verbilligen (Abb. 17): Ein 0.75 mm dicker Kunststoffschlauch wird zunächst auf einen Metallzylinder aufgeschrumpft, der dann, im Bebilderungsgerät in schnelle Rotation versetzt, in einem Arbeitsgang zuerst mit einem Diamanten exakt rundgedreht und unmittelbar anschließend durch einen modulierten CO<sub>2</sub>-Laserstrahl bildmäßig „graviert“ wird. Es entsteht eine spiralförmig um den Zylinder laufende tiefenvariable Furche im Kunststoff, die im Druckprozeß die Druckfarbe aufnimmt und auf das Papier überträgt.

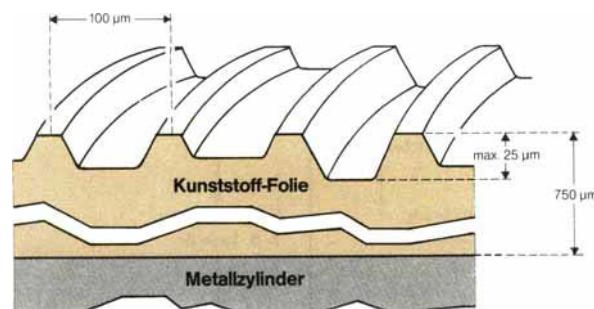


Abb. 17. Mit Laserstrahlung hergestellte Tiefdruckform.

## 7. Fernübertragung und Datenkompression

Die geschilderten Verfahren zeigen, wie vielfältig Laserstrahlung bei der Herstellung von Druckformen anwendbar ist, wenn die Bildinformation ohne zwischengeschalteten Film direkt von der Vorlage abgegriffen werden soll. Das läßt sich jedoch auch mit einer Flächenbelichtung elektrophotographischer Druckplatten bewerkstelligen (siehe Abb. 9). Die mit Lasern bestückten Belichtungsanlagen wären demnach nichts anderes als teure Kameras, wenn das System nicht noch zusätzliche Möglichkeiten böte.

Es ist von entscheidender Bedeutung, daß die hohe Leistungsdichte der Laserstrahlung die zeilenförmige Belichtung reprographischer Schichten erlaubt. Die zu diesem Zweck umgeformte Hell-Dunkel-Information kann als elektrisches Signal in einfacher Weise von einem Ort zum anderen übertragen werden, so daß Bildaufnahme – d. h. das Lesen – und Bildwiedergabe – d. h. das Schreiben – örtlich von einander getrennt werden können.

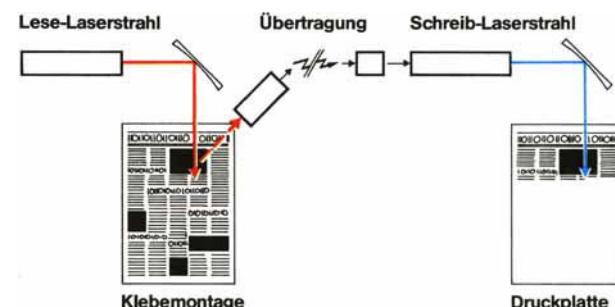


Abb. 18. Faksimile-Prinzip.

Abbildung 18 zeigt das Prinzip: Der Lesestrahl tastet das wiederzugebende Bild ab; die dabei letztlich erhaltene elektrische Information wird über einen üblichen Nachrichtenkanal an den Ort übertragen, an dem der Schreiblaser synchron oder nach Zwischenspeicherung der Daten lichtempfindliches Material belichtet. Je nach der Leistung des Schreiblasers können damit, über den bisherigen Stand der Technik hinaus, der nur die Belichtung von hochempfindlichen Silberfilm-Materialien ermöglichte, elektrophotographische oder hochempfindliche konventionelle Flachdruckplatten belichtet werden.

Die zur Übertragung notwendige Frequenz ergibt sich aus der Dichte der Information, der Laufgeschwindigkeit und Größe des Lichtpunktes sowie der Zeilendichte. Üblicherweise hat die Frequenz eine Größenordnung von 5 Mega-

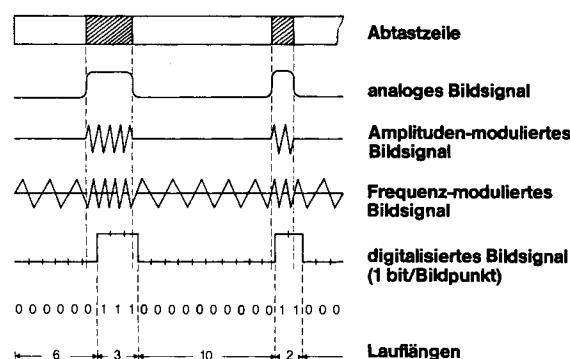


Abb. 19. Signalformen.

hertz, so daß Übertragungskanäle wie beim Fernsehen erforderlich werden.

Prinzipiell könnte das aus der umgeformten Hell-Dunkel-Information entstandene analoge Bildsignal amplitudengleich oder frequenzmoduliert (Abb. 19) übertragen werden<sup>[60]</sup>.

Wegen der in der Zeitungsindustrie mit ihrem besonderen Produktionsablauf notwendigen kurzen Übertragungszeiten – eine Zeitungsseite soll in der Regel in nicht mehr als einer Minute übermittelt werden – überträgt man, wenn kein Videokanal vorhanden ist, nicht das Analogsignal, sondern ein digitalisiertes Signal. Dies hat den Vorteil, daß Datenkompression möglich wird. Das Ausmaß der zu verarbeitenden Information wird dadurch geringer, man überträgt z. B. nur, daß das erste Weiß-Signal sechs Einheiten lang ist, das erste Schwarz-Signal drei Einheiten und so fort. Erst diese Datenkompression gewährleistet eine schnelle und doch ökonomische Fernübertragung. Die Digitalisierung ergibt streng rechteckige Signale; diese ermöglichen es zugleich, den Schreiblaser eindeutig zu modulieren, d. h. den Strahl auf den zu bebildernden Informationsträger zu lenken oder auszublenden. Darüber hinaus wird eine Schwellwertunterdrückung möglich in dem Sinne, daß man z. B. Grautöne bis zu einer bestimmten optischen Dichte nicht als Signale akzeptiert. Damit kann man erreichen, daß der Kontrast der Kopie auf der Druckplatte höher wird als in der Vorlage.

## 8. Elektronik im Vormarsch

Die sich aus dem Zusammenwirken von Reprotechnik und Elektronik ergebenden Möglichkeiten sind vielfältig. So wird die filmlose Druckformherstellung für Zeitungen durch die stürmische Entwicklung der elektronischen Informationsverarbeitungssysteme stark gefördert. Die Etappen sind bereits heute vorgezeichnet<sup>[61, 62]</sup>.

Zur Zeit (Tabelle 2a) wird im allgemeinen der Text als Spaltensatz in Form von Photopapierabzügen von der Setzmaschine ausgegeben; Halbtonvorlagen für Abbildungen werden von einem zeilenförmig arbeitenden Bildabtaster (Scanner) in die für die Druckvorlage erforderliche Form ge-

bracht. Die Bilder werden z. B. gerastert, die Tonwerte werden korrigiert, und gegebenenfalls wird das Format geändert.

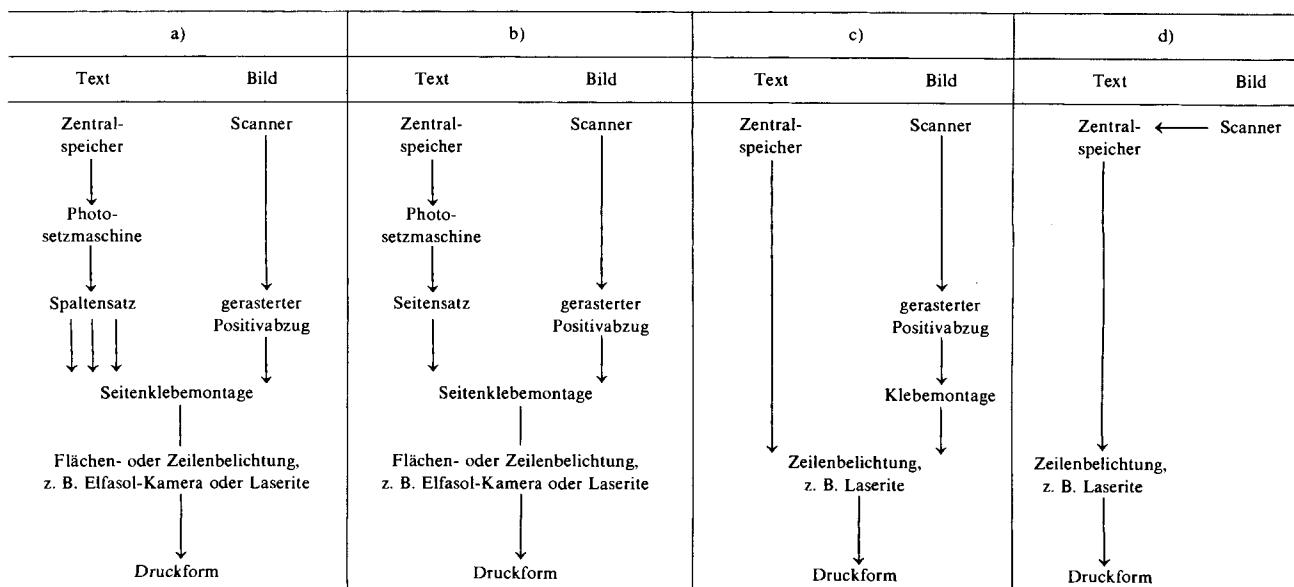
Textspalten und gerasterte Positivabzüge werden zum Klebeumbruch einer Seite zusammengestellt, der dann entweder in einer Kamera (Flächenbelichtung) oder in einer Lasereinheit (Zeilenbelichtung) als Vorlage zur direkten Herstellung einer Druckform dient.

Es ist heute auch bereits möglich (Tabelle 2b), den Text elektronisch zu umbrechen und den Textanteil einer kompletten Zeitungsseite druckfertig gesetzt der Setzmaschine zu entnehmen. Durch Einfügen der gerasterten Positivabzüge der Bilder wird die Klebemontage dann kurzfristig vervollständigt und zur Herstellung der Druckform einer Kamera oder einer Lasereinheit zugeführt.

Die nächste Entwicklungsstufe der filmlosen Druckformherstellung wird bereits auf die materielle Ausgabe von Textsatz verzichten (Tabelle 2c). Die Textinformation wird in die zentrale Recheneinheit eingegeben und dort gespeichert. Die Bildinformation – die insbesondere bei farbigen Abbildungen eine höhere Speicherkapazität erfordert – wird von einem Scanner als gerastertes Positivbild geliefert und, richtig positioniert, auf einem sonst leeren Vorlagenbogen zur Druckformherstellung in eine Lasereinheit eingegeben. Bei der Belichtung der Druckplatte wird der Strahl des Schreiblasers an jenen Stellen, die Textinformation enthalten sollen, von der zentralen Recheneinheit direkt gesteuert. Erreicht der Schreiblaser-Strahl dagegen eine Stelle, wo ein Bild erscheinen soll, dann wird die Modulation des Schreiblasers von Signalen übernommen, die aus der Klebemontage ausgelesen werden. Die Information der Zeitungsseite wird also erst auf der Druckform und nicht schon auf dem Klebeumbruch zusammengetragen. Diese Form der Zeitungsherstellung dürfte aus wirtschaftlichen Gründen auf lange Sicht in vielen Fällen die günstigste Lösung sein.

Die vollintegrierte Bild- und Texterfassung auf elektronischem Wege (Tabelle 2d und Abb. 20) bedeutet darüber hinaus noch eine weitere Vereinfachung, die jedoch mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand noch nicht realisiert werden kann.

Tabelle 2. Vereinfachung der Druckformenherstellung durch zunehmende Anwendung der Elektronik. a)-d) siehe Text.



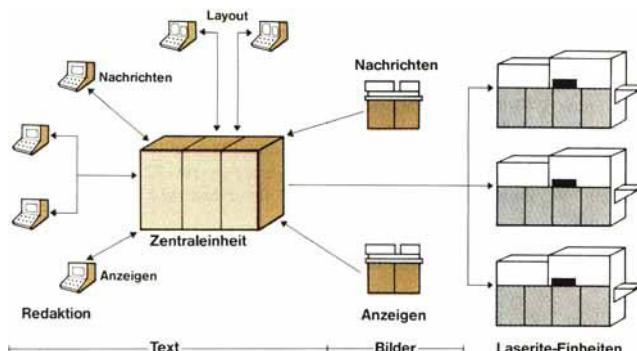


Abb. 20. Immaterieller Ganzseiten-Zeitungsumbruch mit direkter Plattenbebildung.

Bei diesem Verfahren schreiben nicht nur die Redakteure ihre Beiträge über Terminals in den Speicher der zentralen Rechnereinheit, wo vorher empfangene und gespeicherte Nachrichten und Anzeigen abgelegt sind, sondern auch die aufbereiteten Bilder werden in diesen Speicher eingespeist. Durch Umordnung der so abgespeicherten Information wird dann am Bildschirm der Umbruch vollelektronisch vorgenommen. Nach Begutachtung dieser immateriellen Information am Bildschirm wird die ganze Seite direkt von Laserbebilderingseinheiten auf Druckplatten ausgeschrieben.

Dieses Verfahren ist am ehesten bei der Herstellung von Zeitungsdruckformen zu verwirklichen, denn das Format der Seiten bleibt gleich, die wenigen Abbildungen werden hauptsächlich in Schwarz-Weiß wiedergegeben und die Druckqualität ist vergleichsweise einfach.

Um jedoch Vierfarbarbeiten in hoher Qualität und großer Anzahl elektronisch zu verarbeiten und zu speichern, sind Speicherkapazitäten notwendig, die hundert- bis tausendfach größer sind als bei gleichgroßen Textflächen. Technisch machbar erscheint auch dies schon heute, insbesondere wenn man berücksichtigt, daß Speicherkapazität auch in Zukunft immer erschwinglicher werden wird. Ins Unermeßliche freilich werden Speicher der herkömmlichen Art nicht wachsen können, da die Speicherdichte und der Auslesemechanismus dies nicht zulassen. Wir stoßen beim Problem der wirtschaftlichen Farbbildspeicherung gegenwärtig an die Grenzen der Datenverarbeitung.

## 9. Ausblick

Der durch die Elektronik ausgelöste Innovationsschub wird in absehbarer Zeit dazu führen, daß viele traditionelle Reproverfahren neuen elektronischen Methoden werden weichen müssen<sup>[63]</sup>. Dies bedeutet ein Umdenken nicht nur für die Anwender solcher komplexen Systeme; die Chemie wird ihre Rolle, die sie bei der Verarbeitung optischer Informationen spielt, neu überdenken müssen. Von dem auf diesem sich rasch wandelnden Arbeitsgebiet tätigen Forscher werden noch mehr Vielseitigkeit und Flexibilität verlangt werden – Eigenschaften, die nicht nur persönliche Merkmale sind, sondern in hohem Maße von innerer und äußerer Motivation abhängen. Bunsens Ausspruch „Ein Chemiker, der kein Physiker ist, ist gar nichts“<sup>[64]</sup> kennzeichnet recht treffend die Situation des heute auf dem Reprogebiet Forschenden, mit der Erweiterung, daß Elektronik und Ingenieurwissenschaften ebenfalls zu diesem interdisziplinären Tätigkeitsfeld gehören.

*Diskussionen mit Fachkollegen haben den Anstoß zu diesem Beitrag gegeben; auf diese Weise sind wertvolle Anregungen in die Arbeit eingegangen. Mein besonderer Dank gilt Dr. G. Buhr und Dr. W. Fraß für die Mithilfe bei der Abfassung des Manuskriptes und bei der Konzeptfindung für die graphischen Darstellungen.*

Eingegangen am 22. November 1979 [A 304]

- [1] Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie. 3. Aufl. Urban und Schwarzenberg, München 1963, Bd. 14, S. 658–675.
- [2] Lexikon der graphischen Technik. 4. Aufl. Verlag Dokumentation, München 1977, S. 162–163.
- [3] Pocket Pal, A Graphic Arts Production Handbook. 11. Aufl. International Paper Company, New York 1974, S. 28–36.
- [4] G. A. Stevenson in: Graphic Arts Encyclopedia. McGraw-Hill, San Francisco 1968, S. 303–307.
- [5] C. Shapiro: The Lithographers Manual. Graphic Arts Technical Foundation, Pittsburgh 1974.
- [6] E. D. Stiebner: Bruckmann's Handbuch der Drucktechnik. Verlag F. Bruckmann KG, München 1976, S. 162–188.
- [7] A. Senefelder: Vollständiges Lehrbuch der Steindruckerey. Bey Karl Thiemann, München, und bey Karl Gerold, Wien 1818, S. 137.
- [8] O. Zeman, Polygraph 30, 1213, 1601 (1977).
- [9] K. Eingärtner, Deutscher Drucker 15, Nr. S1, S. 46 (1979); 14, Nr. 31, S. 24 (1978); 15, Nr. S2, S. XII (1979).
- [10] Deutscher Drucker 15, Nr. 31, S. VI (1979).
- [11] H. E. Crawford, Photo-Engravers Bull. Nov. 1964, S. 83.
- [12] D. Reger, Hauszeitschrift „Die BASF“, Nr. 4, S. 4 (1967); A. Wasserrab, Druckspiegel 31, 498 (1976); 31, 878 (1976).
- [13] G. Beiner, Druckspiegel 33, 365 (1978).
- [14] Deutscher Drucker 13, Nr. 24, S. 8, 13 (1977); R. V. Cannon, ibid. 14, Nr. 31, S. 11; Nr. 37, 26 (1978).
- [15] K. Eingärtner, Deutscher Drucker 13, Nr. 19/20, S. 82 (1977).
- [16] F. Uhlig, Referate des 3. Kongreß-Halbtages, IMPRINTA, Düsseldorf, 17. Febr. 1979, S. 31–38.
- [17] J. Mare, Lithoprinter 22, S. 36, Aug. 1979.
- [18] Druckwelt 29, 897 (1979).
- [19] A. Dobruškin, H. Leyendecker, G. Schmid, Fachreferate, 4. Internationaler Kongreß für Reprographie und Information, Hannover 1975, S. 9–14.
- [20] J. Kosar: Light-Sensitive Systems. Wiley, New York 1965.
- [21] P. Walker, V. J. Webers, G. A. Thommes, J. Photogr. Sci. 18, 150 (1970).
- [22] H. Steppan, Kongreßband, 4. Internationaler Kongreß für Reprographie und Information, Hannover 1975, S. 147–162.
- [23] K. I. Jacobson, R. E. Jacobson in: Imaging Systems. Focal Press, London 1976, S. 173–180; 181–222.
- [24] O. Süs, J. Munder, H. Steppan, Angew. Chem. 74, 985 (1962).
- [25] P. Ziegler, Polygraph 32, 1102, 1600 (1979).
- [26] O. Süs, Justus Liebigs Ann. Chem. 556, 65 (1944).
- [27] Siehe [20], dort S. 339–352.
- [28] J. Pacovsky, J. R. Lyerla, IBM J. Res. Dev. 23, 42 (1979).
- [29] M. P. Schmidt, R. Zahn, DRP 596731 (1931), Kalle.
- [30] M. S. Dinaburg in: Photosensitive Diazo Compounds and their Uses. Focal Press, London 1967, S. 91–94.
- [31] H. Steppan, R. Dietrich, Angew. Makromol. Chem., im Druck.
- [32] J. L. R. Williams, Fortschr. Chem. Forsch. 13, 227 (1969).
- [33] G. W. Leubner, C. C. Unruh, US-Pat. 3257664 (1966), Eastman Kodak.
- [34] H. G. O. Becker, J. Signalauflzeichnungsmaterialien 5, 381 (1975).
- [35] H. G. O. Becker, Papers from the International Congress of Photographic Science, Rochester 1978, S. 173.
- [36] F. C. De Schryver, N. Boens, J. Huybrechts, J. Daemen, M. De Brackeleire, Pure Appl. Chem. 49, 237 (1977).
- [37] H. Barzynski, K. Penzien, O. Volkert, Chem.-Ztg. 96, 545 (1972).
- [38] F. P. Alles, DOS 1572153 (1967), E. I. du Pont de Nemours.
- [39] R. M. Schaffert: Electrophotography. Enlarged and Revised Edition. Focal Press, London 1975; siehe auch J. W. Weigl, Angew. Chem. 89, 386 (1977); Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 16, 374 (1977).
- [40] Winnacker-Küchler: Chemische Technologie. 3. Aufl. Hanser, München 1972, Bd. 5, S. 640.
- [41] D. Winkelmann, Kongreßband, 4. Internationaler Kongreß für Reprographie und Information, Hannover 1975, S. 81–88.
- [42] E. Lind, Vortrag IARIGAI-Symposium Lichtempfindliche Materialien, Wien, 21.–23. Nov. 1979.
- [43] D. Winkelmann, J. Appl. Phot. Eng. 4, 187 (1978).
- [44] F. Uhlig, DAS 1117391 (1959), Kalle.
- [45] M. L. Sugarman, Jr., DBP 974162 (1955), Radio Corp. of America.
- [46] Techn. Fortschr. Nr. 760, 10. Mai 1979 (Verlag Handelsblatt, Düsseldorf).
- [47] M. R. Kuehne, J. Appl. Photogr. Eng. 4, 155 (1978).
- [48] Offsetpraxis 20, Nr. 9, S. 50 (1978).
- [49] H. Martschina, Vortrag, IFRA-Symposium über Ganzseitentechnik und Plattenherstellung, Amsterdam, 24. und 25. Jan. 1978.

- [50] Informations on Newspaper Technology 11, Nr. 15, 1. Aug. 1979.
- [51] K. Troadowsky: Laser. 3. Aufl. Vogel-Verlag, Würzburg 1977.
- [52] R. E. Gillespie, S. J. Lee, Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng. 169, 116 (1979).
- [53] T. S. Dunn, Lasers and Newspaper Platemaking, vorgetragen von R. E. Amtower, PIRA-Seminar, Surrey (England) 1975.
- [54] R. E. Amtower, Vortrag, Electro-Optics/Laser '76, Conference and Exhibition, New York 1976.
- [55] H.-W. Fraß, ZV+ZV, Zeitschrift für Presse und Werbung 1977, 1514.
- [56] Druckspiegel 32, 780 (1977).
- [57] J. O. H. Peterson, DOS 2500905 (1975), Scott Paper.
- [58] Deutscher Drucker 10, Nr. 36, S. 24 (1974).
- [59] Deutscher Drucker 15, Nr. 21, S. VII (1979).
- [60] P. Grupen, H. Karius, H. W. Peters, R. Sommer, K. Maier, D. Preuß, E.-H. Rittberg in: Stand und Entwicklung der Faksimiletechnik. Forschungsbericht T 77-33, Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn 1977, S. 25 ff.
- [61] L. G. Larson, Vortrag, PIRA-Institut, London, 14. und 15. Sept. 1977.
- [62] L. G. Larson, Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng. 169, 22 (1979).
- [63] F. W. Burkhardt, ZV+ZV, Zeitschrift für Presse und Werbung 1979, 1660.
- [64] Zitiert nach F. A. Henglein: Grundriß der Chemischen Technik. 8. Aufl. Verlag Chemie, Weinheim 1954, S. 22.

## Zur Formelsprache der Chemiker

Von Rudolf Hoppe<sup>[\*]</sup>

*Professor Rolf Sammet zum 60. Geburtstag gewidmet*

*Körper und Stimme verleiht die Schrift dem stummen Gedanken;  
Durch der Jahrhunderte Strom trägt ihn das redende Blatt.  
(Friedrich von Schiller)*

### 1. Einleitung

Vor über 160 Jahren schuf Jöns Jacob Berzelius in einem genialen Wurf die chemische Formelsprache, die wir noch heute, fast unverändert, benutzen. Neue Methoden, neue Stoffe, ganz andere Vorstellungen und moderne Theorien haben seither unsere Wissenschaft gewaltig verändert. Ist seine Formelsprache veraltet? Kann man sie ändern? Ist sie, insbesondere bei den Sachverhalten der Anorganischen Festkörperchemie, noch fähig zu beschreiben, was wir wissen, zu wissen vermeinen oder wissen wollen?

Anders als andere Naturwissenschaften verwendet die Chemie neben mathematischen Symbolen ihr eigentümliche Formeln, z. B. C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> oder NaCl, die zu Gleichungen (Beispiel: 2KInO<sub>2</sub>+Na<sub>2</sub>O=2NaInO<sub>2</sub>+K<sub>2</sub>O<sup>(1)</sup>) zusammengesetzt werden können. Solche Formeln und Gleichungen codieren in oft einfacher Weise qualitativ und quantitativ Erfahrungen. Sie regen darüber hinaus den Kundigen zu neuen Experimenten an, wenn landläufiger Erfahrung (Beispiel: Edelgase sind inert<sup>(2)</sup>) kritischer Zweifel (SnF<sub>4</sub>, SbF<sub>5</sub>, TeF<sub>6</sub>,

IF<sub>7</sub>, Xe/F<sup>(3)</sup>) beigemischt und passend formuliert wird (hier: Xe + F<sub>2</sub>↔XeF<sub>2</sub><sup>(4)</sup>).

Wir als Homo sapiens und damit ζῆν πολιτικόν unterscheiden uns von anderen Menschenartigen, womöglich gar von anderen Hominiden durch die Fähigkeit, nicht nur Empfindungen und Stimmungen, sondern in wohl artikulierter Lautsprache auch Erfahrung, Wissen und Erkenntnis an gleichartige andere weiterzugeben. Aber erst die Schrift, bei einigen Kulturen früh, bei anderen später erfunden, vielfach auch nur übernommen, ermöglicht eine weitgehend fehlerfreie, Vergangenheit mit Zukunft verbindende Information. Sie wurde bei drängender Kulturentwicklung, da die Sprache (zumindest früher) räumlich und zeitlich nur begrenzt wirken konnte, zum neuen Werkzeug, auch des forschenden Geistes.

Anders als die Sprache vermag es die Schrift, als gewaltige Klammer (z. B. ein so riesiges Reich wie China mit vielen verschiedenen Sprachen, Dialekten und Stämmen) zusammenzuschließen, was sonst leicht zerfallen würde. Sie erst gestattet dem Wissenden, über Generationen hinweg mit vorher unbekannter Genauigkeit von geistiger Tätigkeit (und anderem) zu berichten.

Es gibt freilich unterschiedliche Arten der Schrift. Pictogramme (Abb. 1 und 2) sind wichtige Vorstufen jener Schriftarten, die möglichst vielen möglichst viel übermitteln sollen (siehe auch Abb. 3).

[\*] Prof. Dr. R. Hoppe  
Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Universität  
Heinrich-Buff-Ring 58, D-6300 Gießen