M. Riat

Graphische Techniken

Eine Einführung in die verschiedenen
Techniken und ihre Geschichte

Version 3.0
Burriana, Frühling 2006

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 5
Einführung 7
Die Photographie 14
Das nasse Kollodiumverfahren 22
Das Silberbromidgelatine-Verfahren 24
Die spektrale Sensibilisierung 24
Elementare Sensitometrie 25
Der Stufengraukeil 27
Chemische Verstärkung und Abschwächung 32
Die photographischen Effekte 33
Das photographische Positiv 35
Der Salzdruck 35
Der Albumindruck 35
Das Cliché-Verre 36
Die photographischen Edeldruckverfahren 37
Der Pigmentdruck (Kohledruck) 39
Der Gummidruck 42
Der Carbrodruck 44
Der Öldruck 45
Der Bromöldruck 46
Der Öl- und der Bromölumdruck 47
Die Pinatypie 47
Der Woodburydruck 49
Der Raster 50
Der Hochdruck 77
Der Maschinensatz 87
Der Photosatz 89
Die Zurichtung 93
Der Holzschnitt 94
Holzschnitt auf Längsholz 94
Holzschnitt auf Querholz 97
Der japanische Holzschnitt 100
Stereotypie und Galvanotypie 101
Zinkotypie 104
Photopolymere Platten 107
Trockenoffset 107
Die Flexographie 108
Die Lithographie 110
Vorbereitung des Steines 111

Der lithographische Druck 112
Die direkten Techniken 115
Die Steingravur 118
Die Steinradierung 118
Die indirekten Techniken 119
Die Autographie 119
Der anastatische Druck 119
Der lithographische Umdruck 120
Die Photolithographie 121
Der Arbeitsprozess in einer klassischen Offset-Druckerei 123
Der Lichtdruck 127
Der Siebdruck 131
Manuelle Verfahren 134
Photomechanische Verfahren 134
Der Tiefdruck 135
Die mechanischen Techniken 141
Der Kupferstich 141
Die Kaltnadelradierung 142
Die Crayonmanier 143
Die Schabkunst (Mezzotinto) 144
Chemische Verfahren, Die Radierung 145
Das Aquatintaverfahren 147
Aerosolverfahren 150
Sandkorn 150
Weingeistaquatinta 150
Schwefel-Aquatinta 150
Salz-Aquatinta 151
Das Aussprengverfahren 151
Die Weichgrundradierung 151
Gaufrage 152
Photomechanische Verfahren 152
Die Heliogravüre 152
Der Rotationstiefdruck 155
Elektromechanische Gravur 159
Die Farbe 162
Das Wesen der Farbe 162
Die Reproduktion der Farben 168
Das Verfahren von Lippmann 168
Die Dreifarbenphotographie 169
Der Mehrschichtenfarbfilm 175
Die Sofortbildphotographie 181
Der autotypische Vierfarbendruck 183
Andere Anwendungen der Farbe 188
Die Roll-Up-Technik 197
Kombinierte Verfahren 199
Der Öldruck 199
Die Monotypie 199
Die Marmorierkunst 200
Die Tampographie 202

Der Folienprägedruck 202
Der Reliefdruck 203
Signmaking 203
Laserbeschriftung 204
Linsenrasterfolien 204
Die neuen Techniken 206
Die digitale Photographie 206
Die digitale Druckvorstufe 208
CtP, Computer to Plate 214
DPI (Dots per Inch) und PPI (Pixels per Inch) 214
Der Digitaldruck 217
Computer to Print (CtPrint) 217
Tintenstrahldruck, Ink-Jet 217
Tintenstrahldrucker mit flüssigem Wachs 218
Laserdrucker 219
Thermotransferdruck, Thermal Wax Transfer 220
Das Farb-Sublimations-Verfahren 220
Magnetographie 220
Ionographie 221
Elcography 221
Computer to Press, CtPress 222
CtC, Computer to Cylinder 223
Merkmale der einzelnen Techniken 225
Die Signatur graphischer Werke 239
Anhang: Büro-Kopierverfahren 246
Anhang: Das Papier 255
Historische Daten 260
Vokabular 267
Historische Bibliographie 272
Literaturhinweise 275
Alphabetisches Verzeichnis 276
Unterstützungsliste 285

Vorwort

Ende der siebziger Jahre arbeitete ich in einer kleinen Druckerei in Olot, am Fusse der Pyrenäen. Ich las damals verschiedene Bücher über die verschiedenen Drucktechniken und musste bald einmal feststellen, dass die meisten irgendwie mit dem Gewerbe verbundenen Leute, wie Verleger, Buchhändler, Sammler graphischer Blätter und Philatelisten, unter anderen, kaum eine Ahnung von der Vielfalt der verschiedenen Verfahren hatten.

Und auch die meisten Bücher, die ich in den verschiedenen Bibliotheken fand, boten nur ein einseitiges Bild. Viele waren ausschliesslich auf die künstlerischen Verfahren, die meisten anderen ausschliesslich auf ein bestimmtes Verfahren beschränkt. Ein kurzes, zusammenfassendes Werk fand ich weder in katalanischer noch in spanischer Sprache, so dass ich den Entschluss fasste, selber eines zu schreiben.

Nach zahlreichen Besuchen verschiedener Bibliotheken in Barcelona, hatte ich schliesslich ein dickes Manuskript zusammengeschrieben, das ich jetzt noch auf das Wesentlichste beschränkte, indem ich etwa die Hälfte der Seiten wieder verwarf.

Schliesslich erschien das Buch im September 1983 mit der ISBN-Nummer 84-86243-00-9.

Dann nahm ich mir vor, das Buch auch in einer deutschen Fassung anzubieten, und begann mit der Übersetzung. Als ich aber die damals im Vergleich mit spanischen Verhältnissen extrem hohen Druckkosten im deutschen Sprachraume erfuhr, liess ich das Projekt wieder fallen.

Da ich jedoch meine Arbeit trotzdem den interessierten Kreisen zugänglich machen möchte, habe ich beschlossen, den Text zur freien Kopie anzubieten. Dazu schrieb ich die Übersetzung mit dem PC in eine Word-Datei. Ich benutzte *Word 97* von *Microsoft,* um die vorliegende Datei herzustellen, da es sich zur Zeit um eines der weitestverbreiteten Textsysteme handelt. Die zu diesem Werk gehörenden Daten dürfen unter den **unten angegebenen Bedingungen** verwendet werden.

Schliesslich beschloss ich, aus der grossen Word-Datei mehrere PDF-Dateien herzustellen, welche auf fast allen Computersystemen gelesen werden können.

Der reine Text in Form einer komprimierten Word- oder PDF-Datei liesse sich leicht als Beilage eines E-Mails verschicken. Die Abbildungen aber, die ich beim ersten Versuch mit einem herkömmlichen Büroscanner in TIF-Dateien verwandelt hatte, bieten da schon ein grösseres Problem, nehmen sie doch in komprimierter Form mehr als eine halbe CD-ROM ein. Ich habe daher beschlossen, für diese Version auf die meisten derjenigen Abbildungen zu verzichten, die zum Verständnis der besprochenen Verfahren nicht unentbehrlich sind.

In dieser Version des Textes habe ich den Aufbau insofern etwas verändert, als ich die Kapitel über die Photographie und den Raster den anderen vorangestellt habe. Obwohl die Photographie erst in der ersten Hälfte des XIX Jahrhunderts auftauchte, wurde sie doch schon früh zum unentbehrlichen Hilfsmittel des Hochdrucks, des Flachdrucks, des Tiefdrucks und des Durchdruckes. Und das Verständnis des Rasters erleichtert das Verstehen der meisten Drucktechniken.

Alle wohlgemeinten Vorschläge, Anregungen, Korrekturen und kritischen Hinweise zum vorliegenden Werk, sind willkommen. Diese können an meine E-Mail-Adresse gerichtet werden, welche auf unserer Webseite *www.riat-serra.org* erscheint.

Leute, die mit nützlichen Anregungen der Verbesserung dieses Buches beisteuern, werden in der Liste der Mitarbeiter von späteren Versionen oder Ausgaben namentlich erwähnt.

BEDINGUNGEN

Der vorliegende Text darf frei vertrieben werden, sofern die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

Das Werk muss in Form der originalen PDF-Dateien weitergegeben werden.

Die Daten dürfen nicht im Zusammenhang mit einem kommerziellen Produkt vertrieben werden, auch nicht teilweise.

Der Text und das Bildmaterial dürfen ausschliesslich für nicht lukrative Zwecke, wie etwa für den Unterricht verwendet werden.

Wird der Text oder das Bildmaterial ganz oder teilweise für kulturelle, didaktische oder andere Zwecke verwendet, so ist die Herkunft zu erwähnen und auf die vorliegenden Bedingungen hinzuweisen.

Der Autor behält sich das Recht vor, frei über seine Arbeit zu verfügen, zum Beispiel das Material zu verändern, zu übersetzen oder in beliebiger Form zu veröffentlichen.

Einführung

Das Verlangen des Menschen, seine Gedanken einem möglichst grossen Kreis zugänglich zu machen, sowohl wenn es sich um reine intellektuelle Konzepte, zum Beispiel philosophischer, wissenschaftlicher oder politischer Art handelt, als auch wenn es um Kunstwerke geht, hat schon früh zur Erfindung von Systemen geführt, die die Erhaltung, die Übermittlung und die Vervielfältigung von Objekten menschlichen Schaffens ermöglichen. Alle diese Medien richten sich an einen oder an mehrere unserer Sinnesorgane, so etwa das Grammophon an das Gehör, die Photographie an das Auge, die Giesserei zugleich an das Auge und an den Tastsinn. Bis heute sind keine befriedigenden Reproduktionsmedien im Gebiete des Geschmackes und des Geruches entwickelt worden.

Unter allen unseren Sinnen ist die Sicht für die allermeisten Leute die konkreteste. Wenn wir uns einen abstrakten Gegenstand vorzustellen versuchen, streben die meisten unter uns ein geistiges graphisches Bild des betreffenden Gegenstandes an, das ein-, zwei- oder gar dreidimensional sein kann (die höheren Dimensionen sind den Mathematikern alleine zugänglich), und dieses geistige Bild erlaubt uns, das abstrakte Objekt mit anderen, ähnlichen zu vergleichen, die unser Gehirn schon assimiliert hat. Es gibt nur wenig Leute, die diese graphische Art zu denken durch eine entsprechende akustische ersetzen, wie zum Beispiel Wörter (ohne dessen graphische Darstellung durch die Schrift zu berücksichtigen) oder Harmonien; dass jemand ein anderes seiner Sinnesorgane in diesem Sinne benutzt, ist nur schwer vorstellbar.

In diesem Buch werden wir die Techniken besprechen, die erlauben, serienmässig Objekte zweidimensionalen Aspektes auf Papier zu erzeugen, also die klassischen Druckverfahren und die photographischen Verfahren. Der Druck auf andere Träger als das Papier wird in diesem Zusammenhang nur ausnahmsweise berücksichtigt, so dass zum Beispiel der Druck auf Textilien oder die Herstellung von Schallplatten hier nicht erläutert werden.

An dieser Stelle muss eine terminologische Tatsache erläutert werden: Der Begriff 'Gravüre' oder 'Stich' ist nicht mit Künstlerdruck oder mit Illustration identisch. Der Begriff 'Gravüre' muss sich auf solche Objekte beschränken, die auf irgend eine Art graviert worden sind (mechanisch,

chemisch oder elektrolytisch), und darf zum Beispiel auf gravierte Hoch- oder Tiefdruckplatten angewandt werden. Der Begriff 'Gravüre' ist auch dann zulässig, wenn man ihn auf einen Druck bezieht, der von einer gravierten Platte, oder allgemeiner von einer gravierten Form, erfolgt ist. In allen anderen Fällen spricht man von einem Druck oder von einem Abzug.

Die Vorgeschichte der graphischen Künste ist die Urgeschichte der Zeichenkunst, der Gravur und des Papiers. Die Geschichte der graphischen Künste beginnt in dem Augenblick, in dem der Mensch die Möglichkeit der Übertragung einer Zeichnung auf einen neuen Träger mittels einer gravierten Platte entdeckt.

Es gibt eine Theorie, wonach der Mensch nicht spontan zu zeichnen anfing, in der Absicht, eine Gestalt, die ihn beeindruckte, auf einer glatten Oberfläche nachzuahmen; vielmehr scheinen ihn jene natürlichen Strukturen, die überall dort anzutreffen sind, wo der Zufall mit den Gesetzen der Natur spielt, zur Nachahmung und zur subjektiven Manipulation gewisser Formen verleitet zu haben, die ihm Tiere oder gar übernatürliche Wesen suggerierten.

Die primitive Zeichenkunst führte direkt zu den ältesten Schriftsystemen, den ideographischen Schriften, wie sie zum Beispiel noch heute in China gebraucht wird. Eine spätere Abstraktion, bei der die Phonetik einer Sprache durch spezifische Zeichen dargestellt wurden, führte zu den alphabetischen Systemen, wie sie heute in den meisten modernen Sprachen üblich sind. Wenn es auch widersprüchlich erscheinen mag, so ist doch die Gravierkunst viel älter als die allerältesten Druckverfahren, da die ersten Gravuren aus ausschliesslich dekorativen Gründen auf Werkzeugen, Waffen und anderen Objekten angebracht wurden. Die Fussabdrücke der Tiere im Schnee und im Schlamm mögen den ersten Kontakt des Menschen mit den Druckverfahren gebildet haben...

Dieses Buch versucht einerseits, den nicht eingeweihten Leser ins Gebiet der verschiedenen graphischen Verfahren einzuführen, und andererseits eine allgemeine Übersicht über die graphischen Künste und ihre geschichtliche Entwicklung zu schaffen. Die künstlerischen und die industriellen Verfahren werden gleichberechtigt behandelt. Es wird versucht, das Verständnis dieser Verfahren mittels schematischer Zeichnungen zu erleichtern, die wie alle Schemata, die eine Erklärung anstreben, die Wirklichkeit idealisieren, vereinfachen und übertreiben.

Die historische Tafel kann für die Altersbestimmung von Drucken und Büchern herangezogen werden, aber der Leser soll vor einer allzu strengen Begrenzung der Daten gewarnt werden, da man immer mit dem bekannten Phänomen rechnen muss, dass zwei Personen, die unabhängig voneinander auf demselben Gebiet schaffen und forschen manchmal in

einem Intervall von nur wenigen Tagen oder Monaten ein und dieselbe Erfindung zustande bringen. Die Erfindungen werden manchmal jahrelang nicht publiziert, und unter Umständen im geheimen in einer Werkstatt angewandt, bis vielleicht einmal ein unabhängiger Zweiterfinder seine Arbeit veröffentlicht. Ein Musterbeispiel bildet der Phonograph, der im Jahre 1878 durch den Amerikaner Edison[1] und durch den Franzosen Charles Cros[2] erfunden wurde, ohne dass die beiden Erfinder voneinander gewusst hätten. Solche Fälle sind nicht so aussergewöhnlich, wie man auf den ersten Anblick meinen könnte, denn man muss bedenken, dass die beiden Erfinder über die gleichen technischen und wissenschaftlichen Grundlagen verfügen, von denen aus ihre Erfindung nur noch einen kleinen, aber bedeutenden Schritt darstellt. Im Gebiet der Autotypie etwa, gab es eine Anzahl Verfahren, die unter extremen technischen Schwierigkeiten schon vor dem Patent Meisenbachs (1882) praktiziert wurden. Offenbach wurde das durch Meisenbach patentierte Verfahren auch schon in mehr als einem Betrieb als Werkstatt-geheimnis gehütet und ausgewertet, als es im Jahre 1882 veröffentlicht wurde.

Die in den graphischen Künsten übliche Terminologie kann leicht zu Verwirrung Anlass geben, da mitunter in verschiedenen Büchern ein gleicher Fachausdruck auf verschiedene Gegenstände angewandt wird, und manchmal auch ein bestimmter Gegenstand mit verschiedenen Fachausdrücken angesprochen wird. So bezeichnet etwa der deutsche Ausdruck Öldruck manchmal ein photographisches Edeldruckverfahren, während derselbe Ausdruck auch für eine ganze Reihe von Kombinationsdrucken verwendet wird, welche Nachahmung von Ölgemälden zum Zwecke haben. In verschiedenen Büchern können wir für den Lichtdruck folgende Bezeichnungen antreffen: Phototypie, Albertypie, Gelatinographie, usw. Wir haben uns bemüht, in diesem Buche die gebräuchlichste und zugleich unmissverständlichste Terminologie zu gebrauchen.

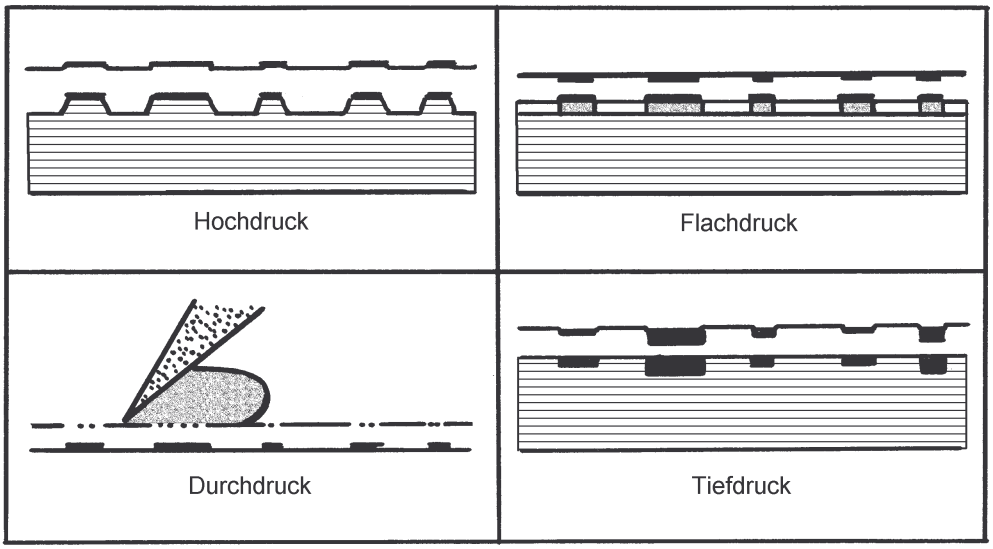
Die historische Bibliographie beschränkt sich auf einige wenige durch ihre Wichtigkeit hervorragende Titel. Eine vollständige Bibliographie aller mit dem Gebiet der graphischen Kunst zusammenhängenden Bücher müsste einige Tausende von Titeln aufführen, ohne die spezialisierten Zeitschriften und die sporadischen Artikeln in verschiedenen Publikationen zu berücksichtigen.

Vor der kurzen Einführung in die Klassifikation der herkömmlichen Druckverfahren, weisen wir auf die Gefahren hin, die ein unsachgemässer Umgang mit gewissen Stoffen mit sich bringt, die giftig, explosiv oder ätzend sein können. Die wenigen Rezepte, die in diesem Buch enthalten

---

[1] Thomas Alva Edison (1847-1931).
[2] Wissenschafter und Dichter (1842-1888).

sind, haben einen ausschliesslich illustrativen Zweck und sind nicht als Anleitung zum Basteln und Experimentieren gedacht, so dass an den entsprechenden Stellen nicht mehr auf die Gefahren einzelner Substanzen hingewiesen werden wird. Zur Ausübung oder Erprobung einer gewissen Technik wird die Lektüre der entsprechenden spezialisierten Fachliteratur empfohlen.



Die allermeisten graphischen Techniken beruhen auf Systemen, die das wiederholte Übertragen von Druckfarbe (oder Drucktinte) von einer Form auf ein Blatt Papier erlauben. Es gibt eine Kategorie von Drucksystemen, die ohne Druckfarbe auskommen und die Zeichnung mittel chemischer Reaktionen, die durch die Energie des Lichtes oder einer anderen elektromagnetischen Strahlung ausgelöst werden. Diese sogenannten photographischen Verfahren wurden früher nicht zu den graphischen Techniken gezählt, vielleicht wegen ihrem Verzicht auf die Übertragung von Druckfarbe, die die traditionellen Verfahren charakterisiert. Ihres Verhältnisses zu den graphischen Verfahren im traditionellen Sinne wegen haben wir ein Kapitel dieses Buches der Photographie und ihren wichtigsten Techniken gewidmet, ohne aber das Thema ausschöpfen zu wollen. Das Kapitel enthält eine kleine Einführung in die Sensitometrie der auf der Silberbromidgelatine beruhenden Materialien, die unter anderem das Verständnis der mit der Autotypie zusammenhängenden photographischen Operationen erleichtert.

Seit ihren Anfängen im ersten Teild des XIX Jahrhunderst wurde die Photographie zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel aller vier Klassen von Druckverfahren, die wir anschliessend vorstellen werden. Daher habe ich

beschlossen, in der neuen Version dieses Buches das Kapitel über die Photographie den anderen voranzustellen.

Je nach der Art Übertragung der Druckfarbe von der Druckform[1] auf das Papier, werden die traditionellen Druckverfahren in vier Klassen aufgeteilt, die üblicherweise Hochdruck, Flachdruck, Durchdruck und Tiefdruck genannt werden. Die Abbildung stellt diese vier Klassen schematisch dar:

Hoch- und Tiefdruck arbeiten mit einer Reliefform. Beim Hochdruck wird die auf der Oberfläche der Platte deponierte Tinten- oder Farbschicht auf das Papier übertragen; dazu werden die Platte und der Papierbogen, meist mit Hilfe von einer Presse, aneinander gedrückt. Beim Tiefdruck werden die Vertiefungen in der Druckplatte mit Tinte gefüllt, während die Oberfläche im Moment des Druckens sauber ist.

Ein praktischer Vergleich möge zum besseren Verständnis dieses Unterschieds beitragen: Wenn wir mit unseren Bergschuhen auf eine dünne Farbschicht treten, wird der Schuh beim nächsten Schritt eine Spur auf dem sonst sauberen Boden hinterlassen. Diese Spur entspricht dem Hochdruck. Wenn wir nach einem Spaziergang im Schlamm die Schuhe an der Fussmatte abwischen und sie dann in eine Ecke stellen, wird folgendes passieren: Der Schlamm in den Tiefen des Reliefs trocknet und fällt schliesslich auf den Boden. Die Spur, die wir jetzt am Boden sehen, entspricht dem Tiefdruck.

Die Flachdruckverfahren sind durch eine vollständig glatte Druckform charakterisiert. Der Unterschied zwischen den Zonen, die beim Einfärben Farbe annehmen und denjenigen, die sie abstossen, ist meist nur auf der gegenseitigen Abstossung von Fett und Wasser begründet. Die Durchdruckverfahren werden in Schablonendruck und in Siebdruck aufgeteilt. Beim Siebdruck, auch Serigraphie genannt, wird die Druckfarbe durch ein feines Netz gedrückt, das überall dort verstopft wurde, wo das Papier weiss bleiben soll. Die Seide, aus der am Anfang fast alle Siebdruckformen hergestellt wurden, gab den Anlass zum Namen 'Serigraphie'.

Wir werden hier kurz das Schema kommentieren, welche die Aufteilung der Druckverfahren in die genannten vier Klassen schematisiert. Das Verständnis dieser vier Skizzen kann auch zum Verständnis anderer ähnlicher schematischer Darstellungen dieses Buches beitragen.

Der mit 'Hochdruck' betitelte Teil stellt einen Querschnitt durch eine eingefärbte Hochdruckform dar. Die darüberliegende Linie stellt ein durch diese Form bedrucktes Blatt Papier dar. Die dicken Linien stellen die Tinte oder Druckfarbe dar, die sich auf der Oberfläche des Papiers

[1] Auch Druckträger genannt.

abgesetzt hat. Die Oberfläche des Papiers ist durch den Druck der Presse etwas gestaucht worden.

Eine ganz andere Situation liegt beim Tiefdruck vor. Der Querschnitt durch die Tiefdruckform lässt uns erkennen, dass die Menge der an das Papier abgegebenen Druckfarbe von der Tiefe der Rinne oder des Näpfchens der Platte abhängig ist. Die Verformung des bedruckten Papiers erfolgt umgekehrt, als dies beim Hochdruck der Fall ist.

Das Schema des Flachdruckes zeigt uns, dass die Flachdruckform absolut kein Relief aufweist und daher die Annahme von Druckfarbe durch ein anderes System, das meist chemischer Natur ist, gesteuert werden muss.

Der Durchdruck, der in Siebdruck und Schablonendruck zerfällt, speichert die Druckfarbe nicht unmittelbar vor dem Abdruck auf seiner Form, wie bei den anderen Verfahren; vielmehr wird hier eine Schablone oder ein Sieb (auch ein Spezialfall einer Schablone) auf das zu bedrukkende Papier gelegt. Die Farbe wird durch die Öffnungen der Schablone getrieben, was im Falle des Siebdruckes mit einer Rakel geschieht. In unserer Abbildung stellt die obere Linie das Sieb, die untere das Papier dar.

Der Hochdruck, der Siebdruck, und der wichtigste Vertreter der Flachdruckverfahren, die Lithographie (auch Steindruck benannt), lassen das gleichzeitige Drucken von variablen Tintenmengen in verschiedenen Zonen der Druckplatte nicht zu. Das dem Raster gewidmete Kapitel wird erklären, wie man trotzdem mit diesen Druckverfahren Halbtoneffekte erzielen kann, wenn auch nicht echte Halbtöne.

Historisch gesehen, gehörten die ersten Druckverfahren zur Klasse des Hochdruckes, und es scheint, dass schon im alten China gedruckt wurde. Bis zum XV Jahrhundert war nur der Hochdruck bekannt. Bis gegen Ende des XVIII Jahrhunderts waren alle Druckverfahren Hoch- oder Tiefdruckverfahren. Vom XIX Jahrhundert an entstand eine ungeheure Vielfalt von Verfahren, die allerdings grösstenteils wieder in Vergessenheit geraten sind.

Neben den klassischen Verfahren gibt es viele, die sich weder zu den photographischen noch eindeutig zu einer der vier herkömmlichen Klassen von Druckverfahren von Druckverfahren einteilen lassen. Solche Verfahren sind entweder auf ganz anderen Prinzipien aufgebaut (zum Beispiel Xerographie) oder aber es handelt sich um Zwischenformen (zum Beispiel lithographische Hochdruckmanier). Eine Übersichtstafel im 'Charakteristiken der graphischen Techniken' betitelten Kapitel versucht eine gewisse Ordnung in die Klassifikation der in diesem Buche besprochenen Techniken zu bringen.

Es ist übrigens nicht die Absicht des vorliegenden Buches, sämtliche existierenden, historischen und aktuellen Druckverfahren zu besprechen; vielmehr soll versucht werden, eine allgemeine Übersicht über die graphischen Techniken zu schaffen, die zugleich als Einführung in das Gebiet dienen kann.

Hier soll nochmals auf die Gefahren hingewiesen werden, die mit dem unsachgemässen Umgang mit Chemikalien verbunden sind. Wie schon gesagt wurde, haben die im Buche angegebenen Vorschriften eine rein illustrative Funktion und sind nicht als Anleitung zum Experimentieren gedacht.

Die Photographie

Zur Photographie gehören im weitesten Sinne alle diejenigen Verfahren, die auf der permanenten Veränderung bestimmter chemischer Stoffe unter dem Einfluss des Lichtes oder einer anderen elektromagnetischen Strahlung beruhen.

Das für das menschliche Auge sichtbare Licht umfasst die Strahlungen mit den Wellenlängen von ungefähr 400 nm bis zu ungefähr 700 nm[1], die dem Bereich des Sonnenspektrums von Violett bis Rot entsprechen (1 nm = 0,000001 mm). Die dem violetten Licht benachbarten unsichtbaren Strahlungen heissen Ultraviolett (UV) und die dem roten Bereich benachbarten Infrarot (IR).

Die Kamera, die später zum wesenseigensten Werkzeug der Photographen werden sollte, war in ihrer ursprünglichen Form schon den antiken Völkern bekannt, allerdings mit einem kleinen Loch anstelle des heute gebräuchlichen Objektives. Ein chinesischer Physiker des fünften vorchristlichen Jahrhunderts, Mo Ti, spricht schon von der Kamera und erklärt die Tatsache, dass in ihr die Bilder verkehrt erscheinen, auf seine Weise. Im XI. Jahrhundert beschreibt der arabische Wissenschaftler Alhazen[2] die Kamera, auf lateinisch 'Camera Obscura', in seinem berühmten Lehrbuch der Optik. Alhazen weist auf ihre Nützlichkeit beim Beobachten von Sonnenfinsternissen hin. Verschiedene Renaissancemaler benutzten die Kamera als perspektivische Zeichenhilfe. Der berühmte Leonardo da Vinci (1452-1519) beschrieb sie genau und verglich sie mit dem menschlichen Auge.

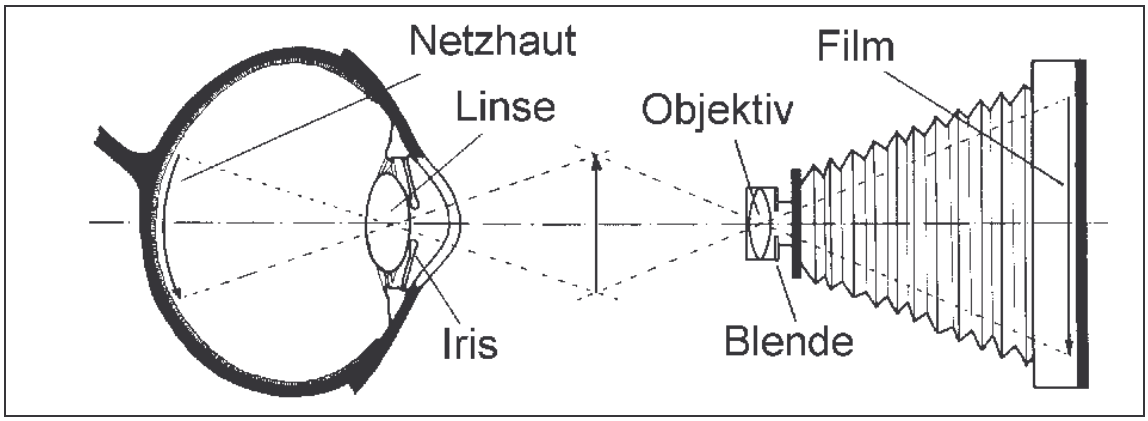
Die einfache Lochkamera ohne Objektiv wird heutzutage von verschiedenen Photographen wieder eingesetzt, um ganz spezielle Wirkungen zu erzielen. Im Anhang über die Büro-Kopierverfahren ist eine solche Lochkamera-Aufnahme des Photographen Karl Jochen Schulte abgebildet.

Die Abbildung "Auge und Kamera" zeigt die Gemeinsamkeiten des Auges mit der photographischen Kamera. Die Augenlinse projiziert das Bild umgekehrt auf die Netzhaut (Retina), die dem lichtempfindlichen Teil des Auges entspricht. In derselben Weise projiziert das Objektiv der

---

[1] 1 nm = 1 Nanometer = 0,000001 mm = ein Millionstel eines mm.
[2] Auch Ibn al-Haytam.

Kamera, das in seiner einfachsten Form ein einfaches kleines rundes Loch ist, das Bild umgekehrt auf die Kamerarückwand, wo eine Mattscheibe zum Betrachten der Projektion oder eine lichtempfindliche Schicht (auf einer Glasplatte oder einem Film), neuerdings auch ein CCD-Chip[1], eingesetzt werden können. Das Auge nimmt die Scharfeinstellung des Bildes durch Akkommodation vor, also durch Veränderung der Linsenform und damit ihrer Brechkraft, während in der Kamera die Scharfeinstellung durch Veränderung des Abstandes von der Linse zum Kamera-Rückteil vorgenommen wird. Das Auge dosiert die einfallende Lichtmenge mit der Regenbogenhaut (Iris), die sich je nach der vorhandenen Lichtmenge mehr oder weniger schliesst. Entsprechend wird in der Kamera ein Loch mit verstellbarem Durchmesser eingesetzt, die Blende. Im allgemeinen ist die Blende ein annähernd rundes Loch, aber in gewissen Fällen werden andere Formen bevorzugt, so etwa bei der Herstellung von Autotypien mit einem Glasraster, wie im folgenden, dem Raster gewidmeten Kapitel beschrieben wird.



Auge und Kamera

Die 'Camera Obscura' hat sich von ihrer ursprünglichen, einfachen Form, bis zu den heute gebräuchlichen Spezialkameras in verschiedene Richtungen entwickelt. Wir werden hier anschliessend einige der wichtigsten Kameratypen vorstellen, wie sie in der Kunst- und Reprophotographie gebraucht werden.

Von den heute gebräuchlichen Kameras erinnert uns wohl die grossformatige **Fachkamera** (bis zu 18 x 24 cm Negativformat) am ehesten an die von Leonardo da Vinci beschriebene 'Camera Obscura'. Diese Kameras sind Werkzeuge von grosser mechanischer und optischer Präzision, und einzelne Modelle verfügen über ein elektronisches System, das die Belichtungszeiten misst, den Verschlussablauf steuert oder die genaue

[1] CCD = Charge Coupled Device, das typische lichtempfindliche Organ der elektronischen Photokameras.

Blendenöffnung einstellt. Dank einer Bauweise, die eine fast unabhängige Verstellbarkeit der Objektivebene (Objektivstandarte) zur Filmebene (Bildstandarte) gewährleistet, vermag man mit diesen Kameras die meisten Perspektivprobleme zu lösen. Vor dem Belichtungsvorgang kann das Bild auf der Mattscheibe betrachtet werden, die in diesem Augenblick die Stelle des Filmes einnimmt. Wenn man die Belichtung vorzunehmen wünscht, wird die Mattscheibe durch eine Kassette ersetzt, die einen Planfilm enthält, der durch eine Stahllamelle vor dem einfallenden Licht geschützt wird, die man nach Einsetzen der Kassette in die Kamerarückwand herauszieht. Nach der Belichtung wird die Stahllamelle wieder in die Kassette geschoben, die dann der Kamera entnommen werden kann. Diese Verrichtungen, die dem Photographen ein paar Sekunden in Anspruch nehmen, beschränken die Anwendung der Grossformatkamera auf verhältnismässig ruhige Objekte. In der Mitte unserer Abbildung wird eine Fachkamera von Weltruf wiedergegeben, das Modell C der Firma Sinar, die die Freundlichkeit hatte, die Veröffentlichung dieses Bildes zu bewilligen.

Spiegelreflexkamera, Fachkamera und Reprokamera

Eine der am weitesten verbreiteten Kameratypen, sowohl unter Berufsphotographen wie auch unter den Amateurphotographen, ist die einäugige **Spiegelreflexkamera** (links im Bild). In dieser Kamera wird das durch das Objektiv einfallende Licht an einem um 45° gegen die optische Achse des Objektives geneigten Spiegel auf das Suchersystem reflektiert. Beim Abdrücken klappt der Spiegel weg, der Verschluss öffnet sich, und das Bild wird auf die Filmebene projiziert bis sich der Verschluss nach Ablauf der Belichtungszeit wieder schliesst. Anschliessend klappt der Spiegel augenblicklich wieder in seine Ausgangsstellung zurück. Bei der Spiegelreflexkamera links im Bild handelt es sich um das Modell *Leica R4* der Firma *Leitz*, dessen Bild uns freundlicherweise von der Firma

Ernst Leitz Wetzlar GmbH zur Verfügung gestellt wurde.
Die **photomechanischen Kameras**, die im Bereiche der graphischen Industrie eingesetzt werden[1], zeichnen sich durch besonders grosse Negativformate aus (etwa ab 40 x 50 cm). Man unterscheidet zwischen **vertikalen** und **horizontalen Kameras.** Letztere sind vor allem für besonders grosse Vorlagen geeignet. Die photomechanischen Kameras haben meist eine fest eingebaute Beleuchtungsvorrichtung für Aufsichtsvorlagen und eine andere für Durchsichtsvorlagen.

Rechts in unserer Abbildung wird eine kleine Vertikalkamera dargestellt, die *Anaca Favorit 4050,* die durch die Firma *Comercial Nuevo Extremo, S.A.* hergestellt wurde, welche die Freundlichkeit hatte, uns diese Abbildung zur Verfügung zu stellen.

Die drei Kameras der Abbildung sind übrigens nicht im gleichen Massstab dargestellt. Kleinbild-Spiegelreflexkameras benutzen Negativmaterial im Format 24 x 36 mm und haben eine Höhe von etwa 10 cm, Fachkameras arbeiten typischerweise mit Formaten von 9 x 12 cm oder grösser und haben eine Höhe in der Grössenordnung von 30 oder 40 cm; die hier abgebildete Reprokamera gehört zu den kleinsten üblichen Modellen, arbeitet mit Filmen bis zu 40 x 50 cm und ist über einen m hoch.

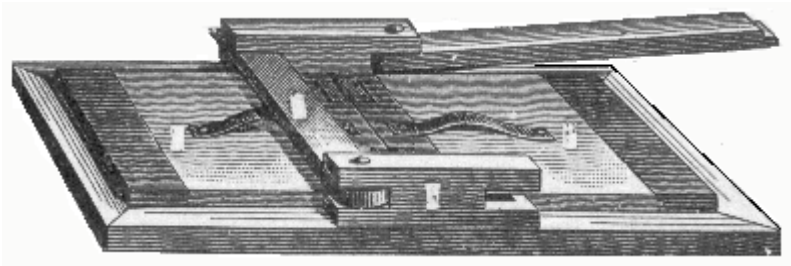
Die grösseren Modelle wurden vielfach als **Zweiraumkameras** gebaut: Im Dunkelraum wurden die Einstellungen vorgenommen, die Filme und der Kontaktraster auf die Saugplatte gelegt und die Belichtungen durchgeführt, während im Hellraum das beleuchtete Original stand. In der Saugplatte der berühmten Klimsch-Kameras waren für jedes übliche Filmformat ab 18 x 24 cm bis hin zum grössten Format, das die Maschine aufnehmen konnte, die entsprechenden Registerstifte eingebaut, die man wahlweise per Knopfdruck aus der Ebene der Saugplatte abheben konnte, um den gelochten Film, Farbkorrekturmasken und den ebenfalls gelochten Kontaktraster aufnehmen zu können. Damit wird bei der Weiterverarbeitung der genaue Passer mühelos gewährleistet. Die mechanische Verarbeitung bei Klimsch war so perfekt, dass man mit dem Auge die versenkten Registerstifte kaum feststellen konnte.

Bei der *Klimsch Autovertikal T Super M 4* wird die optische Achse an einem Spiegel umgelenkt. Die letzten Kameras konnten mit dem vollelektronischen *Progacolor*-System gekoppelt werden, das anhand von einfach durchzuführenden Lichtmessungen die genauen Belichtungsdaten berechnet, die zu einwandfreien Vierfarbenauszügen (siehe das Kapitel über die Farbe) führen. Gezielte Farbkorrekturen sind selbstverständlich auch möglich.

---

[1] Die photomechanischen Kameras sind inzwischen fast vollständig von den Scannern verdrängt worden.

In der Reproduktionsphotographie ist es wichtig, dass die reproduzierte Fläche verzerrungsfrei auf den Film abgebildet wird. Nicht jedes Objektiv kann in diesem Zusammenhang verwendet werden. Die Objektive mit der Bezeichnung *Rodagon* der Firma *Rodenstock* eignen sich ganz besonders für ihren Einsatz in der Reprophotographie, in Vergrösserungsgeräten und in der Architekturphotographie, da sie speziell auf die winkeltreue Wiedergabe korrigiert sind.



Kontaktkopierrahmen aus dem XIX Jahrhundert

Ein in der Reprophotographie häufig angewandtes Belichtungssystem ist die Kontaktkopie, die darin besteht, das empfindliche Material durch eine auf ihr liegende Durchsichtsvorlage (Halbton-, Strich- oder Rasteraufnahme) zu belichten. Der einfachste, aber nicht perfekteste Weg, eine Kontaktkopie anzufertigen, ist folgender: Das empfindliche Material wird mit der Schicht gegen oben auf einen Tisch gelegt und darauf, mit der Schicht gegen unten (also Schicht gegen Schicht) die Durchsichtsvorlage. Das Ganze wird mit einer sauberen Glasplatte beschwert, um einen guten Kontakt zu gewährleisten. Die Belichtung erfolgt mit einer über der Glasplatte angebrachten Lichtquelle (zum Beispiel Glühbirne), die während einer bestimmten Zeitspanne eingeschaltet wird. Die Kontaktkopiergeräte der graphischen Industrie basieren auf demselben Prinzip und sind nichts anderes als Verbesserungen des oben dargestellten photographischen Kopierrahmens aus Holz, wie er bis um die Mitte des XX Jahrhunderts von Hobbyphotographen eingesetzt wurde. Moderne Kontaktkopiergeräte arbeiten unter Vakuum und sind mit verschiedenen Lichtquellen ausgerüstet, die je nach der durchzuführenden Arbeit (beispielsweise kopieren auf verschiedene Filmsorten oder auf Offsetplatten) wahlweise eingesetzt werden können. Ferner wird die Belichtungszeit mit einer Schaltuhr kontrolliert und die Maschine mit einem Ventilator gekühlt.

Die chemische Basis der Photographie ist die Veränderung gewisser Stoffe unter dem Einfluss des Lichtes. Die ersten Wissenschaftler, die die Wirkung, die das Licht auf gewisse Silbersalze ausübt, ausgiebig studier-

ten, waren die beiden Deutschen Wilhelm Homberg (1652-1715) und vor allem Johann Heinrich Schulze (1687-1744). Gegen Ende des 18. Jahrhunderts führten mehrere Wissenschaftler diese Arbeit fort, wie etwa Wedgwood[1] (1771-1805), Humphrey Davy (1778-1829), Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) oder Carl Wilhelm Scheele (1742-1786). Es wurden vereinzelt auch schon Versuche mit der Camera Obscura angestellt, aber es gelang noch nicht, die erhaltenen Bilder zu fixieren.

Jene ersten Versuche auf dem Gebiete der Photographie gaben Anlass zur Entdeckung der **UV-Strahlen** durch Ritter, im Jahre 1801. Ritter setzte eine oberflächlich mit Silbernitrat präparierte Platte dem Sonnenspektrum aus. Beim anschliessenden Betrachten der vom Licht verursachten Schwärzung des Silbersalzes stellte er fest, dass sich die Wirkung des Lichtes nicht auf die Zone der sichtbaren Strahlen beschränkte, sondern die Grenzen des Violetten überragte. Ritter zog daraus den Schluss, dass in dieser Zone unsichtbare Strahlen wirken müssen, die er UV nannte.

Im gleichen Jahr 1801 entdeckte übrigens de berühmte Astronom W. Herschel (1738-1822) auf analoge Weise die **IR-Strahlung,** indem er in verschiedenen Zonen des Sonnenspektrums kalorimetrische Messungen durchführte.

Um 1800 fehlte, um von Photographie sprechen zu können, praktisch nur noch die Möglichkeit, die mit Hilfe des Lichtes erzeugten Bilder fixieren zu können, um sie beliebig lange am hellen Tageslicht betrachten zu können. Die ersten bildlichen Photographien aus der Kamera mit permanentem Charakter verdanken wir dem französischen Erfinder Nicéphore Niepce (1765-1833). Bereits um 1816 hatte Niepce eines der ersten photographischen Negative der Geschichte auf einem mit Silbernitrat getränkten Papier erhalten, das er aber nicht fixieren konnte und das beim Betrachten bei hellem Tageslicht allmählich wieder verschwand. Nach einem eingehenden Studium aller ihm bekannten lichtempfindlichen Substanzen entschied er sich schliesslich für den Asphalt, mit dem er um 1822 seine Platten überzog. Asphalt hat die Eigenschaft, seine Löslichkeit in gewissen Lösungsmitteln unter der Wirkung des Lichtes zu verlieren. Nach einer langen Belichtungszeit in der Kamera von etwa acht Stunden Dauer entwickelte Niepce diese berühmte erste Photographie mit einem Lösungsmittel, das an allen wenig belichteten Stellen der Platte die Asphaltschicht bis zum Metall ablöste. Die dunklen Bildstellen entsprechen also jetzt dem nackten Metall, das mit Säure geätzt werden kann, wobei eine Art Tiefdruckplatte entsteht, die in einer Kupferdruckpresse (vergleiche das Kapitel über den Tiefdruck) abgedruckt werden kann. Niepce

[1] Sohn des berühmten Töpfers, Josiah Wegwood (1730-1795)

hatte also auf einen Schlag die Photographie und eine primitive Form der Heliogravüre erfunden.

Die Qualität dieser Bilder war allerdings sehr beschränkt, vor allem wegen der Unmöglichkeit, echte Grautöne zu produzieren. Die Bilder bestanden also nur aus Schwarz und Weiss, wie die heutigen Strichaufnahmen. Der Umstand, dass sich die Schatten während der extrem langen Belichtungszeit von etwa acht Stunden veränderten, trug auch nicht zu einer Qualitätssteigerung bei. Das Asphaltverfahren war also von vornherein zum Scheitern verurteilt. Aber in gewissen photomechanischen Kopierverfahren sollte der Asphalt doch noch viele Jahre lang eingesetzt werden. Niepce verlor nicht den Mut und forschte mit anderen lichtempfindlichen Substanzen weiter. Im Jahre 1829, als er offenbar gerade an einem Verfahren mit Joddämpfen arbeitete, schloss sich Niepce mit dem französischen Maler Louis Jacques Mandé Daguerre (1789-1851) zusammen. Daguerre war ein Spezialist im Bereiche der Perspektive und der Theaterdekoration und benutzte die Kamera zum Lösen gewisser perspektivischer Probleme. In Paris hatte er ein Bühnenschauspiel aufgrund von Malerei und speziellen Beleuchtungseffekten eingerichtet, das 'Diorama', das einen wirklichkeitsnahen Eindruck erweckte. Im Jahre 1839 publizierte Daguerre ein von ihm erfundenes photographisches Verfahren, das sich trotz seiner technischen Schwierigkeiten äusserst rasch verbreitete, und dies vor allem, weil der berühmte Physiker Aragó dem Erfinder eine staatliche Subvention verschaffen konnte.

Daguerre versilberte eine Kupferplatte und polierte diese spiegelblank. Die versilberte Oberfläche dieser Platte wurde Joddämpfen ausgesetzt, bis die ganze Fläche regelmässig gelblich angelaufen war. Das Silber verbindet sich mit dem Jod zu lichtempfindlichem Silberiodid. Die so präparierte Platte wurde in der Kamera etwa eine halbe Stunde belichtet. Unter dem Einfluss des Lichtes wurde das Silberiodid in Iod und metallisches Silber aufgespalten. Um das noch latente Bild hervorzurufen, wurde die Platte in einer speziellen Kiste Quecksilberdämpfen ausgesetzt; dafür wurde die Platte mit der präparierten Schicht gegen unten über eine Schale gehalten, die etwa auf 60 ºC erwärmtes Quecksilber enthielt. Der Quecksilberdampf verband sich mit dem durch die Lichteinwirkung erzeugten metallischen Iod zu Silberamalgam. Die Menge des gebildeten Amalgams war in jeder Zone abhängig von der bei der Belichtung auf sie eingefallenen Lichtmenge. Die Entwicklung konnte durch eine gelbe Scheibe beobachtet werden, da das Verfahren auf gelbe, grüne und rote Strahlung unempfindlich war.

Nach der Entwicklung wurde die Platte in Natriumthiosulfatlösung (heute noch übliches Fixierbad) gelegt, die das noch vorhandene Silberiodid herauslöste. Nach diesem Fixierbad war die Platte lichtunempfind-

lich geworden. Schliesslich wurde gewässert und getrocknet. Das Resultat war eine echte Halbtonphotographie, eine sogenannte **Daguerréotypie**, dessen Lichter durch das Amalgam und die Schatten durch das Kupfer der Platte gebildet wurden.

Daguerre erarbeitete, zusammen mit dem Physiker Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896) und dem Graveur Brévière (1797-1869) ein Verfahren, um anhand der Daguerréotypie eine Art Heliogravüre herstellen zu können, die auf der Kupferdruckhandpresse abgedruckt werden konnte. Dieses Verfahren ist schwierig, heikel und unsicher, die Platte hielt keine grössere Auflage aus, so dass sich das System nicht durchsetzen konnte.

In jener ersten Epoche der Photographie gab es also noch keine praktisch durchführbaren photomechanischen Verfahren zur Herstellung einer Druckplatte anhand einer Halbtonphotographie. Folgendermassen musste die damalige graphische Industrie zur Wiedergabe von Photographien auf diejenigen traditionellen manuellen Techniken zurückgreifen, die es erlaubten, anhand von Halbtonvorlagen zu drucken, wie etwa die Kreidelithographie, den Tonholzschnitt oder das Aquatintaverfahren. Zwei damals erschienene besonders schöne Bücher seien hier speziell erwähnt. Beim Buch mit dem Titel *'Paris et ses environs reproduits par le daguerréotype'* von Charles Philipon aus dem Jahre 1840 wurden die verschiedenen photographisch erfassten Pariser Ansichten in Form von manuellen Lithographien (Kreidelithographien) wiedergegeben. Beim Buch von N. P. Lerebours, *'Excursions daguerriennes, vues et monuments les plus remarquables du globe'* wurden die Ansichten in manueller Aquatintamanier reproduziert.

Praktisch zur selben Zeit als Daguerre die Daguerréotypie erfand, entwickelten zwei unabhängige Erfinder zwei ebenso interessante Verfahren wie dasjenige von Daguerre, obwohl sie nie dessen Ruhm ernteten. Es handelt sich um Fox Talbot (1800-1877) und um Hippolyte Bayard (1801-1887).

Talbot stellte Papiernegative in der Kamera her, von denen sich beliebig viele, etwas verschwommene Positive durch Kontaktkopie herstellen liessen. In seinem Patent des Jahres 1841 nennt Talbot sein Verfahren **Calotypie**. Talbot, der als Mathematiker, Physiker und Sprachwissenschafter ein Mann grosser Allgemeinbildung war und sich so verschiedenartigen Aufgaben wie der Erfindung eines Motors und der Übersetzung assyrischer Keilschriften widmete, gab 1844 unter dem Titel 'The Pencil of Nature' das erste Buch der Geschichte heraus, das mit Originalphotographien, **Calotypen,** illustriert war.

Hippolyte Bayard hatte ein ähnliches Verfahren wie Talbot erfunden, und schon um 1839, kurz vor der Veröffentlichung der Erfindung Da-

guerres, war er imstande, direkte positive Papierbilder in der Kamera herzustellen.

Im Jahre 1847 stellte ein Vetter von Niepce, Niepce de Saint-Victor (1805-1870) qualitativ hervorragende Negative auf Glasplatten mit einer Eiweissschicht her. Das war die Basis des Albumindrucks.

Das nasse Kollodiumverfahren

Im Jahre 1851 wurde ein Verfahren erfunden, das für die zukünftige Verbreitung der Photographie entscheidend war, das nasse Kollodiumverfahren, das die Daguerréotypie bald vollständig verdrängte. Unter den Erfindern sind vor allem Le Gray[1], Fry[2] und Archer[3] zu nennen. Das nasse Kollodiumverfahren erzeugt ein Negativ, von dem man beliebig viele Abzüge auf Papier herstellen kann, wie beim Verfahren von Talbot, dem es aber dank seiner brillant scharfen Wiedergabe überlegen ist. Andererseits hat das nasse Kollodiumverfahren den Nachteil, dass die Platten unmittelbar vor der Aufnahme gegossen und unmittelbar nach der Belichtung entwickelt werden müssen.

Das im Jahre 1846 von Louis Ménard erfundene **Kollodium** ist eine Lösung von Nitrocellulose (sogenannter Schiessbaumwolle) in einem Gemisch von Ethanol und Diethyleter, die beim Trocknen zu einer durchsichtigen Masse erstarrt. Für den photographischen Gebrauch werden dem Kollodium Iod- und Bromsalze zugegeben, die dann mit dem Silbernitrat des Sensibilisierungsbades reagieren, wobei Silberiodid und -bromid entstehen. Eine mögliche Zusammensetzung ist die folgende:

500 ml Diethylether
500 ml Ethanol
15 g Nitrocellulose
10 g Ammoniumiodid
10 g Kaliumiodid
5 g Ammoniumbromid

Die Glasplatte wird zunächst mit verdünnter Salpetersäure gereinigt und anschliessend gewässert und getrocknet. Die Glasplatten können wiederverwendet werden, wenn sie vorher sorgfältig gereinigt werden. Das Kollodium wird auf eine Seite der Glasplatte geschüttet und abgegossen, so dass eine möglichst gleichmässige dünne Schicht entsteht.

[1] Gustave Le Gray (1820-1882).
[2] Peter W. Fry (?-1860).
[3] Frederick Scott Archer (1813-1857).

Auch eine Zentrifuge kann zu diesem Zweck gute Dienste leisten. Sobald sich ein dünnes Häutchen zu bilden beginnt, wird die Platte sensibilisiert (lichtempfindlich gemacht). Dazu wird sie in eine 5 bis 10-prozentige Silbernitratlösung getaucht. In diesem Bade entstehen die hochempfindlichen Silberhalogenide (Silberbromid und -iodid).

Nun kann die Platte in der Kamera belichtet werden. Als Entwickler wurden am Anfang anorganische Eisensalze gebraucht, später aber organische Entwicklersubstanzen wie Pyrogallol oder Hydrochinon. Zum Fixieren diente meist eine 5-prozentige Kaliumcyanidlösung (sehr giftig!). Nach der Schlusswässerung wird die Platte zum Trocknen aufgestellt. Der ganze Prozess muss sich vor dem Verdampfen des im Kollodium enthaltenen Diethylethers vollziehen. Die Photographen jener Zeit mussten daher stets ein Laboratorium zur Verfügung haben, das meist in tragbarer Form als Dunkelzelt verwendet wurde. Trotz dieser extremen Umständen wurden wertvolle Photoreportagen auf Kollodiumplatten aufgenommen. In der Kunstphotographie wurde das nasse Kollodiumverfahren bald durch das trockene Kollodiumverfahren von Legray und Russel[1] und später durch die Bromgelatineplatten verdrängt, welche die Basis der modernen Photomaterialien bilden. Aber in den graphischen Reproduktionsanstalten wurde das nasse Kollodiumverfahren noch fast 100 Jahre lang angewandt.

Die Negative des nassen Kollodiumverfahrens können vor oder nach dem Fixieren verstärkt oder abgeschwächt werden. Durch Kombination von Verstärken und Abschwächen kann eine gewaltige Kontraststeigerung erzielt werden, wie sie bei der Herstellung von Linien- und Rasteraufnahmen (siehe das Kapitel über den Raster) erwünscht ist.

In der Epoche des nassen Kollodiumverfahrens entstand auch eine seltsame Abart der Photographie, die sogenannte **Ambrotypie**, welche dem folgenden Effekt zu verdanken ist: betrachtet man ein von der Seite her beleuchtetes unterbelichtetes photographisches Negativ gegen einen schwarzen Hintergrund, sieht man plötzlich ein positives Bild, da die Silberkörnchen das auf sie einfallende Licht zurückwerfen.

Ein weiterer Spezialfall ergibt sich durch die photographische Beschichtung einer geschwärzten Metallplatte. Auch bei diesem unter dem Namen **Ferrotypie** bekannten Prozess sieht man aus dem gleichen Grund ein positives Bild. Die Ferrotypie wurde im XIX Jahrhundert vor allem von Strassenphotographen ausgeführt.

---

[1] Charles Russel (1820-1887).

Das Silberbromidgelatine-Verfahren

Das zur Zeit wichtigste photographische Verfahren, das Silberbromidgelatine-Verfahren, wurde von Richard Leach Maddox (1816-1902), einem englischen Arzt, im Jahre 1871 erfunden und ab 1880 erlebten die Silberbromidgelatine-Platten, deren Empfindlichkeit dank den Anstrengungen von Charles Harper Bennett (1840-1927) und Désiré Charles Emanuel van Monckhoven (1834-1882) stark gesteigert worden war, eine rasche Verbreitung. Bald wurde angefangen, die Platten durch Filme zu ersetzen und heutzutage werden Glasplatten praktisch nur noch zu Spezialzwecken eingesetzt. Die Silberbromidgelatine-Materialien, sowohl Filme als auch Papiere, können monatelang aufbewahrt werden ohne an Qualität einzubüssen. Die Verarbeitung umfasst ein Entwicklungsbad, ein Fixierbad und eine Schlusswässerung mit anschliessender Trocknung.

Die spektrale Sensibilisierung

Im Prinzip sind Bromsilberemulsionen nur für den blauen und den UV-Bereich des Spektrums empfindlich, wenn sie nicht einem speziellen Verfahren unterzogen werden, das man chromatische Sensibilisierung nennt. Es gibt gewisse Farbstoffe, die die photographischen Emulsionen für die Farben von Grün über Gelb bis Rot, und manchmal sogar bis in den ersten IR-Bereich hinein, empfindlich machen. Eine lichtempfindliche chemische Substanz kann nur durch Licht derjenigen Farben beeinflusst werden, das sie absorbiert. Ein Farbstoff, der eine photographische Schicht sensibilisieren soll, muss die Silbersalze färben, nicht aber die sie enthaltende Gelatinemasse, da sonst die Lichtstrahlen schon von der Gelatine verschluckt werden und daher nicht mehr auf die lichtempfindlichen Salze einwirken kann. Der erste sensibilisierende Farbstoff wurde 1873 von Hermann Wilhelm Vogel (1834-1898) entdeckt, womit eine Grünempfindlichkeit der Platten erreicht wurde. Im Laufe der Zeit wurden viele Sensibilisatoren entdeckt, wie etwa Erythrosin für Gelb-Grün oder Pinacyanoliodid für Rot, beide von der Firma Kodak.

Ein für Grün und Gelb sensibilisiertes Material heisst **orthochromatisch**. Orthochromatische Materialien können in einem mit Rotlicht beleuchteten Laboratorium verarbeitet werden. Das rote Licht wird gegenüber dem orthochromatischen Material als **inaktinisch** bezeichnet. Das für alle Farben des sichtbaren Spektrums empfindliche Material heisst **panchromatisch** und muss in vollständiger Dunkelheit verarbeitet werden.

Elementare Sensitometrie

Die Wissenschaft, die die photochemischen Reaktionen photographischer Emulsionen quantitativ studiert, heisst **Sensitometrie** (Empfindlichkeitsmessung). Die Photographie braucht sehr verschiedenartige Materialien unter veränderlichen Bedingungen. So können etwa die Materialien verschiedene Empfindlichkeit aufweisen, härter oder weicher arbeiten, mit verschiedenen Entwicklern bei verschiedenen Temperaturen länger oder kürzer entwickelt werden, etc.

Anschliessend sollen die grundsätzlichen sensitometrischen Begriffe kurz erläutert werden. Es sei darauf hingewiesen, dass die Definitionen in verschiedenen Lehrbüchern leicht voneinander abzuweichen pflegen, ohne dass aber dabei der Sachverhalt verändert wird. Vor der Definition der sensitometrischen Grundbegriffe soll dem Leser noch kurz der mathematische Begriff des **Logarithmus** in Erinnerung gerufen werden, der zum Verständnis der Sensitometrie unentbehrlich ist.

Eine **Potenz** der Form b^e (b hoch e) ist als Produkt von e Faktoren mit dem Wert b definiert, vorausgesetzt, e ist eine natürliche Zahl. Der gemeinsame Wert de Faktoren, b, heisst die **Basis,** e heisst der **Exponent** der Potenz. So ist etwa die Potenz 3^7 (drei hoch sieben) das Produkt $3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3$. 3 ist in diesem Fall die Basis, 7 der Exponent und 2187 der Wert der Potenz. Wenn wir zwei Potenzen mit derselben Basis miteinander multiplizieren wollen, müssen wir die Exponenten addieren und die Exponenten beibehalten. Definitionsgemäss wird festgelegt: $b^0 = 1$ für beliebiges von 0 verschiedenes b.

Der Begriff der Potenz kann auf beliebige reelle Exponenten verallgemeinert werden. In diesem Fall wird die Interpretation des Exponenten als Anzahl Faktoren eines Produktes absurd, aber die Rechenregeln bleiben die gleichen. Wenn man das System aller möglichen Potenzen mit einer gleichen Basis b betrachtet, dann heisst der Exponent einer Potenz mit dem Wert p der **Logarithmus** zur Basis b von p. Der Tatbestand $p = b^e$ kann gleichwertig ausgedrückt werden durch: $e = \log(p)$, wobei die Basis b ist (man liest: e ist der Logarithmus von p zur Basis b). Die Basis eines solchen Logarithmensystems kann jede von 1 verschiedene positive reelle Zahl sein, aber im Bereich der Technik wird aus praktischen Gründen meist die Basis 10 gewählt. Die Logarithmen zur Basis 10 heissen etwa **Zehnerlogarithmen** oder **dekadische Logarithmen** und werden meist mit 'lg' gekennzeichnet. So ist etwa des Zehnerlogarithmus von 1000, lg (1000), gleich 3, da gilt $10^3 = 1000$. Der Logarithmus eines

Produktes ist immer die Summe der Logarithmen der entsprechenden Faktoren. Es gilt also:

$$\log (a \cdot b) = \log (a) + \log (b)$$

Der **Reflexionsgrad** eines Grautones einer Aufsichtsvorlage (zum Beispiel eines photographischen Papierbildes) entspricht analog der **Transparenz** eines Grautones einer Durchsichtsvorlage (zum Beispiel eines Diapositivs). In beiden Fällen handelt es sich um den Quotienten des vom Original abgestrahlten Lichtes (dem reflektierten Licht im ersten Fall, dem durchgelassenen im zweiten) und dem auf ihm auffallenden. Der numerische Wert des Reflexionsgrades, respektive der Transparenz, ist also eine Zahl zwischen 0 und 1. Werden zum Beispiel 80% des Lichtes durch eine graue Glasplatte hindurchgelassen, so sagt man, ihre Transparenz betrage 0,8. Die **Absorption** einer Aufsichtsvorlage entspricht analog der **Opazität** der Durchsichtsvorlage.

Da die numerische Behandlung bei der Aufsichtsvorlage und der Durchsichtsvorlage praktisch die gleiche ist, werden wir nur den Fall der Durchsichtsvorlage weiterführen. Wir wählen die Durchsichtsvorlage, weil bei der Aufsichtsvorlage die Analogie zum Übereinanderlegen von Vorlagen, die hintereinander geschaltete Reflexion an mehreren Aufsichtsvorlagen, in der Praxis nur schwer durchführbar ist. Die Opazität ist der Reziprokwert (Kehrwert) der Transparenz, also der Quotient zwischen dem auffallenden und dem durchgelassenen Licht. Die **Dichte** ist definiert als der Zehnerlogarithmus der Opazität, der übrigens gleich ist dem negativen Wert des Zehnerlogarithmus der Transparenz.

Wenn wir mehrere Materialien übereinanderlegen (etwa mehrere gleichmässig graue Filmfolien), ist die Transparenz dieser Schichtung gleich dem Produkt der Transparenzen der einzelnen Materialien. Der gleiche Tatbestand gilt auch für die Opazität. Die Dichte aber dieser Schichtung entspricht der Summe der Dichten aller beteiligten Materialien, und zwar nach der Formel:

$$\log (a \cdot b) = \log (a) + \log (b)$$

Ein ausführliches Zahlenbeispiel soll zum besseren Verständnis der oben definierten Grössen beitragen. Nehmen wir an, zwei gleichmässig graue Halbtonfilme mit den Transparenzen 0,5 und 0,4 sollen übereinandergelegt werden. Der erste Film lässt also die Hälfte des Lichtes durch, der zweite nur 40 Prozent. Die Opazität des ersten Filmes beträgt 1/0,5=2, die des zweiten 1/0,4=2,5. Die Dichte des ersten Films, also der Zehnerlogarithmus seiner Opazität beträgt $\lg (2) = 0{,}301... = -\lg (0{,}5)$

Analog ist die Dichte des zweiten Filmes lg(2,5) = 0,3979... = -lg (0,4)

Lasset uns nun die Transparenz, Opazität und Dichte der Schichtung beider Filme berechnen. Durch den ersten Film dringt die Hälfte des Lichtes hindurch, durch den zweiten dringen noch 40% dieser Hälfte, also 20 Prozent. Die Opazität dieser Schichtung beträgt folglich $\frac{1}{0,2} = 5$. Die Dichte der Schichtung berechnen wir als lg (5) = 0,6989... Wir stellen fest: lg (5) = lg (2) + lg (2,5)

Der Stufengraukeil

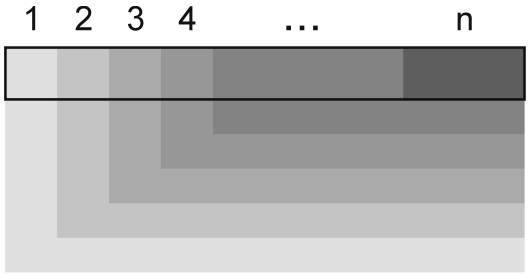
Ein **Stufengraukeil** der Konstante c mit n Stufen kann durch stufenweise Überlagerung von 1, 2, 3, ..., n Schichten von auf die konstante Dichte c verarbeiteten Halbtonfilmen erhalten werden. Die Abbildung stellt diese Art, einen Stufengraukeil herzustellen, schematisch dar. Der Quotient der Transparenz zweier aufeinanderfolgender Stufen eines Stufengraukeiles mit Konstante c ist auch eine Konstante, nämlich 10^c, dessen Zehnerlogarithmus c ist. Die aufeinanderfolgenden Transparenzen des Stufengraukeils bilden also eine geometrische Folge, die Dichten bilden eine arithmetische Folge: die erste Stufe hat die Dichte c, die zweite hat die Dichte 2·c, die Stufe Nummer k hat die Dichte k·c.

Der Begriff **Kontrast** wird nicht immer im genau gleichen Sinne gebraucht. Manchmal bezieht er sich auf die Dichteverteilung einer Halbtonphotographie, manchmal auf die Dichtedifferenz zweier bestimmter Tonwerte. Mitunter bezeichnet man auch die Differenz der maximalen und der minimalen Dichte einer Vorlage als Kontrast. Für diesen letzten Begriff verwendet man besser den Ausdruck **Dichteumfang** einer Vorlage.

Die **überbrückbare Dichte** eines photographischen Materials wird als der grösste Dichteumfang einer Vorlage definiert, die mit dem betreffenden Material noch so reproduziert werden kann, dass alle seine Grautöne zwischen zwei Grenzen des Materials zu liegen kommen.

Es gibt verschiedene Messmethoden, die es erlauben, die **Empfindlichkeit** eines photographischen Materials quantitativ zu beschreiben. Das erste bekannte System war dasjenige, das im Jahre 1894 vom berühmten deutschen Astronom Julius Scheiner (1858-1913) empfohlen wurde. Scheiner liess mit einer bestimmten Geschwindigkeit eine lichtundurchlässige Scheibe rotieren, aus der eine Öffnung herausgesägt war in der Gestalt von 20 konzentrischen Sektor-Ringen, deren Sektorwinkel von aussen nach innen eine zunehmende geometrische Folge bildeten.

Die Konstante der geometrischen Folge war so gewählt, dass der letzte Winkel 100 mal grösser als der erste war. Die Konstante entsprach somit der neunzehnten Wurzel aus 100, also ungefähr 1,274... Eine genormte Lichtquelle beleuchtete die Scheibe aus einer ganz bestimmten Distanz. Hinter der Scheibe war eine Kassette angebracht (Rechteck in unserer Abbildung), die das zu prüfende Material aufnahm. Diese Kassette wurde genau eine Minute lang geöffnet, während der die Scheibe rotierte. Die Nummer des ersten Ringes, von innen nach aussen gezählt, hinter dem das Material nach der Entwicklung eine minimale, genau festgelegte Schwärzung aufwies, bestimmte den Empfindlichkeitsgrad in **Scheinergraden** des zu prüfenden Materials. Der letzte Grad dieser Skala (die später auf höhere Empfindlichkeitsgrade erweitert werden sollte), der Grad 20, entsprach einer 100 mal höheren Empfindlichkeit als der erste. Ein Unterschied von 3º Scheiner entspricht annähernd einer doppelten Empfindlichkeit, da die dritte Potenz der neunzehnten Wurzel von 100, nämlich 2,069..., eine Annäherung an die Zahl 2 bildet. Scheiner-Grade werden schon seit mehreren Jahrzehnten nicht mehr angegeben.

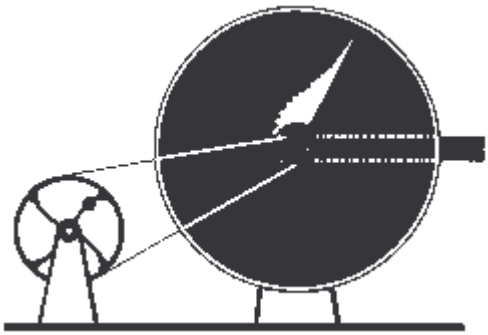


Stufengraukeil

Später wurde ein Masssystem festgelegt, bei dem die Empfindlichkeiten bei 3º Differenz genau verdoppelt werden, das **DIN**-System. Die Empfindlichkeitsmessung im DIN-System beruht auf der Belichtung der Materialien durch einen Stufengraukeil mit einer Konstante, die so beschaffen ist, dass ihr Dreifaches dem Zehnerlogarithmus von 2 gleich ist[1]. Diese Konstante ist also eine gute Annäherung an 0,1. Die erste Zone unter dem Graukeil, dessen Dichte sich nach dem Entwickeln des Materials um mindestens 0,1 vom unbelichteten Material unterscheidet, bestimmt dessen Empfindlichkeit. Die Belichtung erfolgt mit einem genormten Licht, das sich durch eine gewisse Annäherung an die spektrale Zusammensetzung des Tageslichts auszeichnet, was beim Scheiner-System nicht der Fall war. Die Belichtungszeit wird durch einen Schwerkraftverschluss bestimmt.

[1] log (2) = 0,301...

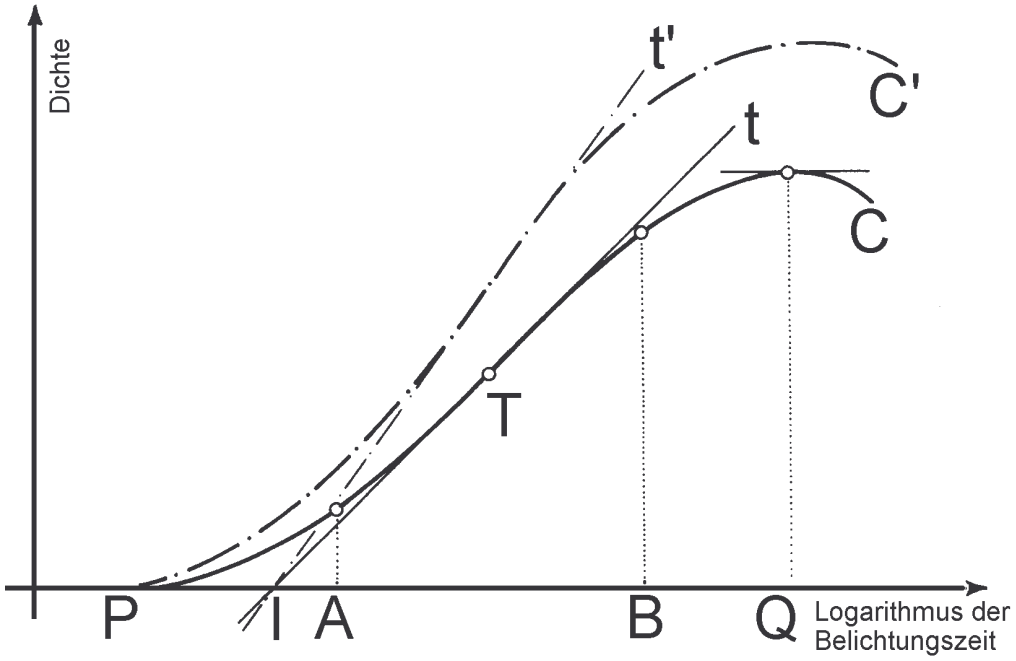
Ausser dem DIN-System werden heute noch andere Masssysteme eingesetzt, wie etwa das amerikanische **ASA**-System oder das russische **GOST**-System, die wegen ihrer verschiedenen Messanordnung strenggenommen nicht auf das DIN-System umgerechnet werden können. Für den Bedarf der Praxis darf man jedoch sagen, dass die Systeme ASA und GOST arithmetisch sind, dass also ihre Gradzahlen proportional zur ausgedrückten Empfindlichkeit sind. Um einen Anhaltspunkt zu haben, kann man sagen, dass 21 ºDIN ungefähr 100 ºASA und ungefähr 100 ºGOST entsprechen. Neuerdings werden die Angaben auf den Filmpackungen in **ISO** gemacht, wobei sowohl der ASA- als auch der DIN-Wert angegeben werden.



Die Kurve, welche die Dichte eines entwickelten photographischen Materials in Funktion des Zehnerlogarithmus der Belichtung aufzeichnet, heisst **charakteristische Schwärzungskurve** des betreffenden Materials. Die charakteristische Schwärzungskurve variiert mit der Entwicklungsdauer. Die Abbildung stellt zwei charakteristische Schwärzungskurven des gleichen idealen Materials bei verschiedener Entwicklungsdauer dar. Die Wendetangente der charakteristischen Schwärzungskurve (auch charakteristische Tangente genannt) eines idealen Materials ergibt im Bereich der 'normalen' Belichtung, also im Bereich zwischen den Punkten A und B, eine gute Annäherung an die Kurve. Der Schnittpunkt der charakteristischen Tangente mit der horizontalen Koordinatenachse (Abszissenachse), der in der Abbildung mit I bezeichnete Punkt, hat die Eigenschaft, bei verschiedener Entwicklungsdauer eines selben Materials konstant zu bleiben. Der Punkt P entspricht der minimalen Belichtung, bei der noch eine feststellbare Schwärzung erzeugt wird. Zwischen P und A liegt der Bereich der Unterbelichtung. Vom Punkt Q an kann man den als Solarisation bekannten photographischen Effekt beobachten: Die Filme haben die seltsame Eigenschaft, von einem gewissen Grade der Überbelichtung an (bei den modernen Materialien sehr hoch liegend) wieder an Dichte zu verlieren. Der Gesamtverlauf der charakteristischen Schwär-

zungskurve wird manchmal **Gradation** des betreffenden Materials benannt.

Der **Gammawert** eines photographischen Materials ist der Tangens (trigonometrische Funktion) des Winkels zwischen der Abszissenachse und der charakteristischen Tangente. Der Gammawert jedes Materials variiert in Funktion der Entwicklungsdauer. Wird das Material sehr lange entwickelt, strebt der Gammawert einem Grenzwert zu. Dieser Grenzwert wird manchmal **absoluter Gammawert** genannt. Wenn die charakteristische Schwärzungskurve allzusehr von ihrer Idealform abweicht, kann der Gammawert statistisch definiert werden.



Für jeden beliebigen Punkt der charakteristischen Schwärzungskurve wird die Steigung (also die trigonometrische Tangens-Funktion) als **Gradient** bezeichnet. Der Gammawert eines bestimmten Materials wird manchmal auch als der maximale Gradient der Schwärzungskurve definiert.

Die photographischen Materialien werden je nach ihrem Gammawert als *weich* (Gamma bis 0,7), *normal* (0,7 bis 1,3), *kontrastiert* (1,3 bis 2,3), *hart* (2,3 bis 4), *extrahart* (4 bis 7) und *ultrahart* (Gamma grösser als 7) bezeichnet.

Wird ab einer Vorlage mit einem Dichteumfang D eine Aufnahme auf ein Material mit einem Gammawert g gemacht, wird der Dichteumfang d des entstehenden Negativs nach der Formel $d = D \cdot g$ berechnet. Lasset uns diese Formel anhand eines Zahlenbeispiels erläutern: Nehmen wir an, wir

wollen eine Kontaktkopie auf Papier anhand eines Negativs mit dem Dichteumfang D=1,2 herstellen. Angenommen wir wollen eine Kopie erhalten, deren Grautöne die Dichten 0,1 bis 1,9 durchlaufen sollen. Der Dichteumfang muss also 1,8 betragen. Nach unserer Formel muss der Gammawert g des Kopierpapiers g = 1,8 : 1,2 = 1,5 betragen.

Die photographischen Kopierpapiere werden in allen möglichen Gammawerten hergestellt, so dass man für die meisten Kopien ein geeignetes Papier finden kann. Zudem kann der Gammawert durch die Entwicklungsdauer beeinflusst werden; ferner gibt es härter und weicher arbeitende Entwickler.

Einige Firmen fabrizieren Photopapiere mit universellem Gammawert. Diese Papiere sind mit zwei Emulsionen beschichtet: eine ausschliesslich blauempfindliche und eine gelbempfindliche Emulsion. Eine der Emulsionen arbeitet extrem weich, die andere extrem hart. Je nach dem bei der Belichtung verwendeten Farbfilter (oder der aufeinanderfolgenden Belichtung durch zwei verschiedene Filter) fällt das Gesamtresultat weicher oder härter aus.

Es existiert eine Möglichkeit, um auf einem allzu harten Material doch noch eine Kopie zu erhalten, deren Grautöne sich innerhalb zweier vorgegebener Grenzen bewegen. Dazu wird eine zusätzliche Belichtung mit weissem Licht unter Ausschaltung des Negatives (respektive der Vorlage), eine sogenannte **Flash-Belichtung** oder **Vorbelichtung**, angewandt. Wie wir es im Kapitel über den Raster sehen werden, ist diese Vorbelichtung bei der herkömmlichen Herstellung von Autotypien unentbehrlich. Die gleichmässig verteilte Lichtmenge der Vorbelichtung (die auch nach der Hauptbelichtung angewandt werden kann) wirkt sich viel stärker auf die weniger belichteten Motivteile aus als auf die stärker belichteten, so dass ein gewisser Ausgleich erzielt werden kann. Dieser Tatbestand ist viel leichter verständlich, wenn man bedenkt, dass die Abszissenachse des Koordinatensystems der charakteristischen Schwärzungskurve logarithmisch ist.

Will man die Vor- und die Hauptbelichtungszeit berechnen (meist werden sie empirisch bestimmt), kann man folgendermassen vorgehen: Zuerst wird das Material durch einen Stufengraukeil (anstelle des betreffenden Negativs) belichtet. Die Belichtungszeit dieser Probebelichtung sei P. Die Transparenz des Graukeils, die den minimalen für die Kopie vorgesehenen Grauwert ergibt, sei t und die dem maximalen Grauwert entsprechende Transparenz T. Die maximale und die minimale Transparenz des zu kopierenden Negativs seien b und n. Da das wirksame Licht aus dem Produkt der Belichtungszeit und der Transparenz bestimmt wird, finden wir die folgenden Gleichungen, in denen H und V die Hauptbelichtung und die Vorbelichtung bedeuten:

$$P \cdot t = H \cdot n + V \cdot 1$$
$$P \cdot T = H \cdot b + V \cdot 1$$

H und V sind zwei Unbekannte des Gleichungssystems, das wir auflösen können:

$$H = \frac{P \cdot (T - t)}{b - n}$$

$$V = \frac{P \cdot (t \cdot b - T \cdot n)}{b - n}$$

Chemische Verstärkung und Abschwächung

Wenn ein entwickeltes photographisches Material zu hell oder zu dunkel erscheint, kann es verstärkt oder abgeschwächt werden. Diese Operationen können einen gewaltigen Einfluss auf den Gammawert des betreffenden Materials haben. Die Verstärker haben im allgemeinen die Tendenz, den Gammawert der behandelten Materialien zu erhöhen, während die Abschwächer in drei Kategorien eingeteilt werden können: nämlich diejenigen, die den Gammawert nicht (oder wenig) verändern, diejenigen die ihn erhöhen und diejenigen, die ihn reduzieren.

Ein wichtiger Bauteil der Kamera, der die Lichtmenge beeinflusst, ist die **Blende**. Die Blende ist ein Loch mit veränderlicher Ausdehnung im Zentrum des optischen Systems des Objektivs einer photographischen Kamera. Die Form der Blende ist meist annähernd rund, aber um gewisse Effekte zu erzielen, werden auch andere Blendenformen verwendet, so zum Beispiel bei der Herstellung von Autotypien mit einem Glasraster. Die Blende hat vor allem zwei Wirkungen: Die Dosierung des Lichts, das durch das Objektiv dringt und die Veränderung der Schärfentiefe.

Die Blendenzahl ist definiert als Quotient der Brennweite (Abstand von der Hauptebene des Linsensystems zum Film in Unendlichstellung) und des Blendendurchmessers. Die Lichtstärke eines Objektivs ist als die kleinstmögliche Blendenzahl definiert. Die heute übliche Blendenzahl-Folge geht aus der wiederholten Multiplikation der vorangehenden Blendenzahl mit der Wurzel aus 2 hervor, mit 1 als Anfangsglied (Geometrische Folge). Die Werte werden meist folgendermassen angenähert:

1, 1,4, 2, 2,8, 4, 5,6, 8, 11, 16, 22, ...

Der Schritt von einer Blendenzahl zur nächsthöheren halbiert die einfallende Lichtmenge, da sich die Kreisoberflächen verhalten wie die Quadrate der entsprechenden Durchmesser.

Ein anderer Faktor, der sich auf die Belichtungszeit einer photographischen Aufnahme auswirkt, ist der Vergösserungs- oder der Verkleinerungsfaktor. Dieser Faktor ist in der Landschaftsphotographie meist vernachlässigbar, nicht aber im Bereich der graphischen Reproduktion. Die anschliessend angeführte Formel erlaubt die Berechnung des entsprechenden Korrekturfaktors. Sei B (1) die Belichtungszeit bei einer Reproduktion im Massstab 1 : 1. Für die Belichtungszeit B (r) einer um den Faktor r vergrösserten (oder um den Faktor 1/r verkleinerten) Reproduktion gilt dann die folgende Formel:

$$B(r) = B(1) \cdot \left(\frac{1+r}{2}\right)^2$$

Die photographischen Effekte

In ganz bestimmten Grenzfällen weisen die Silberbromidgelatine-Emulsionen (die am ausgiebigsten erforschten aller Photoemulsionen) gewisse charakteristische Verhalten auf, die sich nicht mit den Gesetzen der Sensitometrie erklären lassen. Diese abnormen Erscheinungen heissen **photographische Effekte**. Einige davon haben bis heute keine eindeutige wissenschaftliche Erklärung gefunden. Anschliessend sollen kurz einige der wichtigsten photographischen Effekte vorgestellt werden.

Wenn eine intensiv belichtete Zone einer photographischen Emulsion an eine schwach belichtete Zone grenzt, 'frisst' die erste die Entwicklersubstanz der Nachbarzone weg und scheidet zudem durch die chemische Reaktion der Entwicklung produzierte entwicklungshemmende Substanzen in ihre Umgebung aus. Das Resultat ist eine verstärkte Schwärzung des Randes der stark belichteten Zone und ein diesen Rand umgebender weisser Saum. Dieser Effekt erweckt den Eindruck einer scharfen Begrenzung der Zonen. Diese Erscheinung, die besonders deutlich hervortritt, wenn der Entwickler nicht bewegt wird, heisst **Eberhardeffekt**.

Der **Sabattier-Effekt,** der oft fälschlicherweise als Solarisation bezeichnet wird, besteht in einer teilweisen Umkehrung der Grauwerte eines photographischen Materials, das normal belichtet wurde, dann aber in einem bestimmten Stadium der Entwicklung mit diffusem Licht nachbelichtet wird.

Die **Solarisation** ist ein Effekt, der durch die Reduktion der Dichte von einem gewissen Grad der Überbelichtung an, der dem Buchstaben Q

unserer Abbildung entspricht, zustandekommt. So kann zum Beispiel bei der Aufnahme einer brennenden Glühbirne der Leuchtfaden plötzlich dunkler erscheinen als die unmittelbare Umgebung.

Der **Schwarzschild-Effekt** ist eine Abweichung von der sogenannten Reziprozitätsregel, nach der die Belichtung als Produkt aus Belichtungszeit mal Lichtintensität berechnet wird. Es wird aber dank dem Schwarzschild-Effekt nicht das gleiche Resultat erreicht bei einer Sekunde Belichtungszeit, wie bei 1000 Einzelbelichtungen von je einer Tausendstel Sekunde.

Der **Herschel-Effekt** ist die Tatsache, dass das latente Bild einer orthochromatischen, also rotunempfindlichen Emulsion, durch dasselbe rote Licht, für das die Emulsion unempfindlich ist, abgeschwächt werden kann.

Zuletzt seien noch zwei Effekte vorgestellt, die scheinbar einander widersprechen. In Wirklichkeit liegt kein Widerspruch vor, da die Lichtintensitäten und die Belichtungszeiten, unter denen die beiden Effekte beobachtet werden können, voneinander abweichen.

Beim **Weinland-Effekt** handelt es sich um folgende Tatsache: Wird eine Emulsion mit diffusem Licht hoher Intensität kurz vorbelichtet, wird die Schwellenempfindlichkeit (die Empfindlichkeit auf extrem schwache Belichtung) gesteigert. Dieser Effekt lässt auch folgendes Korollar zu: wurde ein Film mit einer extrem kurzen Belichtungszeit belichtet, kann mit einer diffusen Nachbelichtung die Empfindlichkeit gesteigert werden.

Der **Clayden-Effekt** besteht darin, dass die Schwärzung einer Aufnahme, die unter extrem kurzer, aber intensiver Belichtung entstand, durch eine diffuse Nachbelichtung geringer Intensität *reduziert* wird.

Dies sind nur die wichtigsten der so genannten photographischen Effekte.

Das photographische Positiv

Der Salzdruck

Der Salzdruck stellte eines der ersten photographischen Positivverfahren dar und wurde schon 1834 durch Fox Talbot erfunden.

Das Papier wurde in Salzwasser getaucht, getrocknet und anschliessend in einer Silbernitratlösung lichtempfindlich gemacht. Nun enthielt das Papier lichtempfindliches Silberchlorid.

Das so behandelte Papier wurde durch ein Negativ hindurch dem Sonnenlicht ausgesetzt und anschliessend entwickelt. Dann wurde es in einer wässerigen Natriumthiosulfat-Lösung oder einem anderen Fixiermittel fixiert und zuletzt gewässert und getrocknet.

Das Verfahren wurde bis gegen 1860 eingesetzt, als es definitiv durch den Albumindruck abgelöst wurde, der dem Salzdruck qualitativ überlegen war.

Der Albumindruck

Der Albumindruck wurde im Jahre 1847 von Claude Fèlix Abel Nièpce de Saint-Victor erfunden. Blanquart-Evrard verbesserte das Verfahren um 1850, und gilt heute als der eigentliche Erfinder des Albumindrucks.

Nièpce de Saint-Victor stellte seine Albumindrucke auf Glasplatten her. Später diente der Albumindruck vor allem der Herstellung von photographischen Positiven. Im XIX Jahrhundert war der Albumindruck unter den Photographen sehr beliebt, vor allem weil das Verfahren unkompliziert war. Zwischen 1850 und 1900 wurde das Albuminpapier industriell hergestellt.

Das Verfahren ist, grob vereinfacht, das folgende: Das Eiweiss mehrerer Hühnereier wird zusammen mit ein paar Tropfen Kaliumjodid zu Schaum geschlagen. Dann wird die Mischung ruhen lassen und anschliessend filtriert. Das Papier wird ein paar Minuten lang in diese Lösung getaucht und dann getrocknet.

Dieses Papier wird in einer wässerigen Lösung von Silbernitrat und ein paar Tropfen Essigsäure sensibilisiert. Nach einer gewissen Zeit wird das Papier getrocknet.

Nach der Belichtung wird das Papier in Gallussäure entwickelt, gewässert, in einer Natriumthiosulfat-Lösung fixiert, gewässert und getrocknet.

Das Cliché-Verre

Die drei berühmten Vertreter der Barbizon-Schule, Camille Corot (1796-1875), Jean-François Millet (1814-1875) und Charles-François Daubigny (1817-1878) benutzten die photographische Kontaktkopie zur Vervielfältigung von gezeichneten Werken. Das Verfahren wurde unter dem Namen 'Cliché-Verre' bekannt und wird manchmal zu Ehren seiner Erfinder auch als Cuvelier- oder als Grandguillaume-Verfahren bezeichnet. Die Zeichnung wurde auf eine mit einem lichtundurchlässigen oder roten Lack überzogene Glasplatte eingeritzt; manchmal wurde dazu auch eine bei hellem Tageslicht entwickelte und somit völlig geschwärzte Photoplatte verwendet. Durch Kontaktkopie auf gängiges Photopapier können von dieser negativen Zeichnung beliebig viele positive Abzüge hergestellt werden.

Das Verfahren kann durch die Anwendung von zwei oder mehreren Belichtungen verallgemeinert oder erweitert werden, wobei gezielt zwei oder mehrere Grautöne entstehen. Dazu werden auf der negativen Platte zuerst diejenigen Linien herausgestochen, die dem dunkelsten Ton der positiven Abzüge entsprechen. Unter Anwendung eines Passersystems (zum Beispiel Registerstanze, Anlegen der Platte und des Kopierpapiers an drei senkrecht eingeschlagene Nägel, etc.) werden alle Photopapiere der zu druckenden Auflage unter Einhalten einer konstanten Belichtungszeit belichtet. Diese Papiere werden in einer lichtundurchlässigen Schachtel aufbewahrt, ohne sie vorerst zu entwickeln. Auf der negativen Platte werden jetzt alle Linien und Flächen herausgekratzt, die einem zweiten, etwas helleren Grauton auf den Positiven entsprechen sollen. Die Photopapiere werden nun unter genauem Einhalten des Passers wieder unter der negativen Platte belichtet, allerdings meist kürzer als beim ersten Mal. Der Vorgang kann mehrere Male wiederholt werden.

Die bei der ersten Belichtung durchsichtigen Stellen lassen auch bei jeder weiteren Belichtung das Licht auf die unmittelbar darunterliegende Zone des Photopapiers fallen. Durch gezielte Probebelichtungen können die Grautöne der endgültigen Auflagedrucke gesteuert werden.

In Analogie zur Radierung (im Kapitel über den Tiefdruck besprochen) kann die verallgemeinerte Form des *Cliché-Verre* auch von einem Negativ ausgehen, das vor jeder neuen Belichtung teilweise abgedeckt wird.

Zur Zeit werden die allermeisten photographischen Kopien auf Bromgelatinepapier abgezogen, das sich im Handel in einer grossen An-

zahl Qualitäten, Gradationen, Oberflächenstrukturen und Tonalitäten angeboten wird. Diese Materialien arbeiten nach dem gleichen Prinzip, wie die heute noch zur Herstellung von negativen üblichen Filme: In einer dünnen Gelatineschicht befinden sich Silberbromidkristalle. Die vom Licht getroffenen Partikeln reagieren mit dem Entwickler und es wird metallisches Silber frei. Die restlichen Silberbromid-Moleküle werden im Fixierbad ausgeschieden. Zuletzt werden in der Schlusswässerung die Fixiersalzreste und andere wasserlösliche Stoffe aus der Emulsion gewaschen.

Diese papiere sind einfach zu verarbeiten und können abgeschwächt, verstärkt, gefärbt oder getönt werden.

Wir werden hier nicht auf die technischen Einzelheiten eingehen, deren Beschreibung man in Tausenden von Publikationen finden kann. Hier werden wir uns auf die Beschreibung von Verfahren beschränken, die unter den Amateuren weniger bekannt sind. Seit der ersten Epoche der Photographie ist eine grosse Anzahl verschiedener Verfahren angewandt worden, um anhand der Negative positive Bilder zu erhalten, und es war üblich, dass die Photographen ihre Papiere selber herstellten. Ausser den Standardverfahren wurden edlere Verfahren angewandt, wie etwa der Platindruck oder die Bichromatverfahren.

Anschliessend werden wir die wichtigsten Bichromatverfahren beschreiben, die man manchmal als Edeldruckverfahren bezeichnet, und die auf der Wirkung der Bichromatsalze auf die Kolloide unter dem Einfluss des Lichtes beruhen. Das Verständnis dieser Verfahren erleichtert das Verständnis anderer graphischen Techniken, vor allem des Lichtdrucks, der indirekten Photolithographie, der Heliogravüre und des herkömmlichen Tiefdrucks.

Die photographischen Edeldruckverfahren

Zur Zeit wird die überragende Anzahl der photographischen Positive auf Bromsilberpapier angefertigt, das in einer grossen Vielfalt an Oberflächenbeschaffenheiten, Gradationen, und anderen Qualitätsmerkmalen gehandelt wird. Das Bromsilberpapier arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie die heute ausschliesslich üblichen Aufnahmeverfahren: In einer dünnen Gelatineschicht sind Bromsilberkörnchen eingebettet (Emulsion). Die durch den Einfluss des Lichtes aktivierten Bromsilberkörnchen reagieren während dem Entwicklungsvorgang mit der Entwicklersubstanz, wobei in der Gelatineschicht metallisches Silber frei wird. Das nicht an dieser Reaktion beteiligte Bromsilber wird im anschliessenden Fixierbad aus der Gelatineschicht herausgelöst. Schliesslich entfernt die Schlusswässerung

die Fixierbadreste sowie andere wasserlöslichen Stoffe aus der Schicht. Bromsilbermaterialien können leicht verstärkt, abgeschwächt oder getönt (dabei wird das schwarze Bildsilber ganz oder teilweise durch einen Farbstoff ersetzt) werden.

Von der ersten Epoche der Photographie an bis etwa zur Zeit des zweiten Weltkriegs wurde eine grosse Anzahl Positivverfahren nebeneinander verwendet, und es war keine Ausnahme, dass Photographen ihre Papiere selber herstellten. Neben den gewöhnlichen Papieren, wie etwa Salzpapier, Bromsilberpapier oder Zelloidinpapier, wurden für ganz spezielle Zwecke auch Luxuspapiere verwendet, wie etwa das **Platinpapier.** Kunstphotographen setzen auch heute noch spezielle edle Papiere für ihre besten Arbeiten ein.

Wir werden hier nur eine Klasse von photographischen Kopierverfahren näher beschreiben, nämlich die sogenannten **Edeldruckverfahren**, die alle auf der Anwendung von chromsauren Salzen beruhen, und deren Kenntnis das Verständnis weiterer Drucktechniken erleichtert, vor allem des Lichtdruckes, der indirekten Photolithographie, der Heliogravüre (mechanisches Tiefdruckverfahren) und des herkömmlichen Rotationstiefdruckes.

Obwohl die chromsauren Salze in ihrem Reinzustand keinerlei Lichtempfindlichkeit aufweisen, geben sie doch Anlass zu photochemischen Reaktionen, wenn man sie mit Kolloiden (leimartigen Stoffen) vermischt, wie etwa mit arabischem Gummi, Fischleim oder Gelatine. Das Licht bewirkt nämlich bei den chromsauren Salzen eine momentane Reaktionsbereitschaft mit den Kolloiden, die dann je nach Belichtungsintensität stärker oder schwächer gegerbt (erhärtet) werden und ihre Wasserlöslichkeit verlieren. Verschiedene Edeldruckverfahren, die damals als sehr künstlerisch galten, waren um die Jahrhundertwende weit verbreitet. Einzelne dieser Verfahren haben sich bis in unsere Zeit erhalten können, allerdings meist in abgewandelter oder angewandter Form, und ein sehr interessantes Flachdruckverfahren, der Lichtdruck, der auf dem gleichen Prinzip wie die Edeldruckverfahren beruht, wird noch heute mitunter für den Druck von qualitativ hochstehenden Halbtonarbeiten eingesetzt. Auf dem gleichen Prinzip beruhen auch eine Anzahl photolithographischer und photozinkotypischer Kopierverfahren, mit denen Strich- und Rasterdurchsichtsvorlagen auf lithographische oder auf zinkotypische Platten übertragen werden können. Letztere Verfahren werden aber in diesem Kapitel, das sich auf echte Halbtonverfahren beschränkt, nicht besprochen.

Chromsaure Salze wurden zum ersten Mal im Jahre 1840 im Bereiche der Photographie eingesetzt, als Mungo Ponton (1801-1880) entdeckte, dass Papiere, die in einer Kaliumbichromatlösung gebadet worden waren,

unter dem Einfluss des Lichtes ihre Farbe veränderten. Mungo Ponton soll im gleichen Jahr seine Beobachtungen zum Kopieren von Federzeichnungen im Kontakt angewandt haben. Die Bilder wurden durch ausgiebiges Wässern fixiert.

Im Jahre 1852 entdeckte Talbot die Lichtempfindlichkeit von Kaliumbichromat und Gelatine (Bichromatgelatine), und stellte fest, dass die belichtete Bichromatgelatine ihre Wasserlöslichkeit und Quellfähigkeit verlor.

Im Jahre 1855 legte der französische Chemiker Alphonse Louis Poitevin (1819-1882) die Grundlagen zum Pigmentdruck (Kohledruck) und zum Lichtdruck, der um 1868 von Albert[1] verbessert und praktisch in seine heutige Form gebracht wurde.

Der Pigmentdruck (Kohledruck)

Der Pigmentdruck ist ein photographisches Verfahren, das es erlaubt, haltbare Bilder aus lichtechten Pigmentfarbstoffen, wie etwa Holzkohlepulver oder Lampenruss (daher die Bezeichnung Kohledruck) zu erzeugen. Das Pigmentverfahren, das Poitevin im Jahre 1855 erfand, entsprach noch nicht der späteren, verbesserten Form des Verfahrens. Poitevin beschichtete damals ein gut geleimtes Papier mit einem Gemisch von Lampenruss und Bichromatgelatine. Nach dem Trocknen wurde das so präparierte Papier unter einem gewöhnlichen photographischen Halbtonnegativ belichtet und anschliessend mit Wasser entwickelt, wobei die unbelichteten Zonen abgewaschen wurden, während die belichteten Zonen sich derart gehärtet hatten, dass sie auf der Papierunterlage haften blieben. Poitevin erreichte so ein Positiv mit schön schwarzen Schatten und weissen Lichtern, dem aber leider die Mitteltöne fehlten, so dass man nicht von einer Halbtonphotographie, sondern vielmehr von einer Linienaufnahme sprechen musste. Aus der Abbildung, die schematisch das verbesserte Pigmentdruckverfahren darstellt, ersehen wir die Ursache für das Fehlen der Mitteltöne: Die Chromgelatineschicht bleibt nur dort auf ihrem Träger haften, wo die Schicht bis in genügende Tiefe vom Licht gehärtet wurde, um vom Entwicklungswasser nicht unterspült zu werden, die anderen Stellen schwimmen von ihrem Träger vollständig ab.

Der erste, der diesen Umstand erkannte und auch auszunutzen wusste, war der Franzose Adolphe Fargier, der das folgende Verfahren entwikkelte: Fargier beschichtete eine Glasplatte mit einer gefärbten (mit Lampenruss durchsetzten) Chromgelatineschicht und belichtete sie, genau

[1] Joseph Albert (1825-1886).

gleich, wie beim Verfahren von Poitevin. Vor der Entwicklung übergoss er die Schicht mit Kollodium, das zu einem dünnen Häutchen erstarrte.

Pigmentdruck

Die Platte wurde mit warmem Wasser entwickelt, wobei sich die nicht belichtete Seite der Chromgelatineschicht von der Glasplatte ablöste, während die belichtete Seite auf dem Kollodiumhäutchen haften blieb, so dass auch dünnste Schichten erhalten blieben. Das fertig entwickelte Bild wurde mit der Gelatineschicht gegen unten auf ein Blatt Papier übertragen, wonach das Kollodiumhäutchen mit Äther abgelöst werden konnte. Das Ergebnis war ein echtes Halbtonbild.

Nach dem gleichen Prinzip schuf um 1864 der Engländer Sir Joseph Wilson Swan (1828-1914) den Pigmentdruck mit Übertragung, also die definitive Form dieses Verfahrens, das anschliessend beschrieben wird. Das für den Pigmentdruck verwendete Papier (Pigment- oder Kohlepapier) ist ein gut geleimtes Papier, auf dem eine dünne Schicht gefärbter Gelatine aufgetragen wurde.

Will man selber Pigmentpapier herstellen, so muss man das verwendete Papier zuerst mit harter Gelatine leimen, die nach dem Trocknen noch zusätzlich gehärtet wird, zum Beispiel mit Formalinlösung. Auf diese Unterlage wird die gefärbte Gelatine aufgegossen, die etwa die folgende Zusammensetzung aufweisen kann: 1 l Wasser, 70 g weisse, harte Gelatine, 1 bis 3 g Lampenruss, 40 bis 50 g Zucker, 15 g Ammoniak.

Die regelmässig aufgetragene, inzwischen getrocknete Gelatineschicht muss vor dem Kopiervorgang in einem 1- bis 5-prozentigen Kaliumbichromatbad, dem bis zur Gelblichfärbung einige Tropfen Ammoniak zugefügt wurde, lichtempfindlich gemacht werden. Das in dieser Lösung gebadete Pigmentpapier wird mit der Schicht nach unten auf eine Glasplatte gequetscht, mit einer Gummiquetsche von allen anhaftenden Flüssigkeitstropfen befreit und anschliessend zum Trocknen an einem dunklen Ort aufgehängt. Von jetzt an ist das Pigmentpapier lichtempfindlich und darf nur bei gelbem oder rotem (inaktinischen) Licht gehandhabt werden. Die Belichtung des trockenen Pigmentpapiers im Kontakt mit einem Halbtonnegativ geschieht im Sonnenlicht oder besser unter einer UV-Lampe, welche die Belichtungszeiten von den Variationen der meteorologischen Bedingungen unabhängig macht. Nach der Belichtung wird das Papier kurz in eine Schale mit kaltem Wasser gelegt, um die Gelatine leicht aufzuweichen. Das Übertragungspapier, bei der einfachen Übertragung der definitive Bildträger, bei der doppelten Übertragung nur Zwischenträger, wird zusammen mit dem Pigmentpapier in die Wasserschale gelegt, wo die beiden Papiere unter Vermeiden von Luftblasen aneinandergequetscht werden.

Das einfache Übertragungspapier ist an seiner Oberfläche mit einer gehärteten Gelatineschicht versehen, auf der die belichtete Chromgelatine endgültig haften bleibt. Die beiden Papiere werden nach sorgfältigem Aufeinanderquetschen etwa eine Stunde zum Trocknen aufgehängt. Alsdann werden sie in eine Schale mit warmem Wasser (30 bis 40 ºC) getaucht, wo sie sich nach kurzer Zeit voneinander trennen lassen. Die Gelatineschicht haftet nun auf dem Übertragungspapier und muss während etwa 20 Minuten mit zunehmend wärmerem Wasser entwickelt werden (bis zu etwa 60 ºC). In dieser Zeit werden alle unbelichteten Teile der Chromatgelatine aufgelöst, und im Gegensatz zu Poitevins erstem Ver-

fahren *nur* diese. Das Resultat ist ein Relief aus gefärbter Gelatine, dessen Dicke in jeder Zone in direktem Verhältnis zur erhaltenen Lichtmenge beim Belichtungsvorgang steht. Da die Gelatine gefärbt ist, entsteht ein photographisches Positiv (Negativ des Negativs), dessen Grauwerte stufenlos alle Dichten vom intensivsten Schwarz (sofern der Gelatine ein schwarzer Pigmentstoff beigemengt wurde) bis zum reinsten Weiss, also ein echtes Halbtonbild.

Aus dem Schema ersieht man, warum das Wasser eine vollständige Ablösung des Pigmentpapiers vom Gelatinerelief bewirkt, während das Relief auf der Oberfläche des Übertragungspapiers haften bleibt. Die Belichtungszeit ist nämlich so bemessen, dass selbst an den klarsten Stellen des Negativs nicht genug Licht durch die Schicht dringt, um diese bis auf den Papieruntergrund zu härten. Man bedenke, dass die Wirkung des Lichts, das durch die gefärbte Gelatineschicht dringt, mit der Tiefe abnimmt, da immer mehr Licht durch den Pigmentfarbstoff verschluckt wird. Andererseits liegt zwischen der Gelatineschicht des Pigmentpapiers und dem Übertragungspapier keine Schicht unbelichteter Chromatgelatine.

Nach dem Entwickeln empfiehlt es sich, die Schicht in einem 2-prozentigen Formalinbad endgültig auszuhärten.

Das Pigmentdruckverfahren ist heute als künstlerisches Ausdrucksmittel weitgehend in Vergessenheit geraten. Seine Technik wird aber immer noch bei der Herstellung von Siebdruckformen sowie von Tiefdruckzylindern angewandt. Beiläufig sei erwähnt, dass die erste Farbenphotographie der Geschichte (Ducos du Hauron, 1869) durch Übereinanderdrucken im genauen Passer von drei farbigen Pigmentbildern entstand.

Der Gummidruck

Der Gummidruck ist ein Verfahren, das auf demselben Prinzip beruht wie der Pigmentdruck, das jedoch keine Übertragung erforderlich macht. Das Gummidruckverfahren wurde im Jahre 1858 von John Pouncy (1820-1894) begründet und erst später, etwa um 1894, von Robert Demachy (1859-1938) wieder aufgenommen und verbessert. Der Gummidruck unterscheidet sich vom oben beschriebenen Pigmentdruck vor allem in den folgenden Punkten:

- Die Gelatine wird durch arabischen Gummi ersetzt.
- Die Schicht ist äusserst dünn.

- Es findet keine Übertragung der Bildschicht statt.

Die extrem dünne Schicht behindert das Entstehen von stark kontrastierenden Bildern, aber gerade die Lösung dieses Problems sollte zum wichtigsten Kennzeichen des Gummidruckverfahrens werden: etwa von 1895 an wurden die Bilder nämlich aus mehreren in genauem Passer übereinander ausgeführten Gummidrucken aufgebaut.

Meist wurden drei Schichten übereinandergedruckt, der **Lichterdruck,** der **Mitteltondruck** und der **Schattendruck.** Für den ersten wird die längste Belichtungszeit und die hellste Farbe, für den letzten die kürzeste Belichtungszeit und die dunkelste Farbe gewählt. Durch variieren der Belichtungszeiten, der Farbstoff-Konzentration und des verwendeten Pigmentfarbstoffes bei den verschiedenen Schichten (meist sind es, wie gesagt, deren drei, aber von diesem Schema kann abgewichen werden) kann die gesamte Tonwertverteilung des Bildes gesteuert werden. Man sagt daher, der mehrschichtige Gummidruck sei ein **Tontrennungsverfahren.** Man könnte die photographischen Tontrennungsverfahren in Analogie an eine verwandte manuelle Technik als **photographisches Camaïeu** bezeichnen.

Das für den Gummidruck ausgewählte Papier muss zuerst gut geleimt werden, um das Eindringen des Chromatgummis in die Poren zu verhindern. Dazu wird das Papier in einer 2- bis 3-prozentigen Gelatinelösung gebadet.

Die lichtempfindliche Gummilösung wird folgendermassen hergestellt: in 100 Kubikzentimeter kaltem Wasser werden 30 bis 40 g arabischer Gummi aufgelöst (das Auflösen kann mehrere Tage in Anspruch nehmen). Es empfiehlt sich die Zugabe einiger Tropfen Karbolsäure, welche die Gärung verhindert. In einer anderen Flasche wird eine 10-prozentige Kaliumbichromatlösung zubereitet, der einige Tropfen Ammoniak zugegeben werden. Unmittelbar vor der Beschichtung eines Papierbogens wird ein Teil Gummilösung mit zwei Teilen Bichromatlösung und der notwendigen Farbmenge gemischt. Die lichtempfindliche Lösung wird im Dunkelraum mit einem Pinsel auf die Papieroberfläche verteilt. Sobald das Papier trocken ist, wird es mit dem Negativ in genauem Passer zusammengepresst und unter einer UV-Lichtquelle (unter Umständen auch bei Sonnenlicht) belichtet. Das belichtete Papier muss sofort nach der Belichtung entwickelt werden, da wie bei allen Chromatkolloidverfahren die vom Licht ausgelöste Reaktion im Dunkeln noch weiter läuft.

Der Gummidruck wird mit Wasser von 18 bis 20 ºC während etwa 5 bis 15 Minuten entwickelt. Danach wird die Kopie getrocknet. Nach dem Trocknen kann die nächste lichtempfindliche Schicht aufgetragen werden. Nach der letzten Kopie wird das Papier in eine Lösung von 50 Kubikzen-

timeter Sulfitlauge in einem Liter Wasser gelegt, wo die Chromreste und damit die gelbliche Färbung des Bildes verschwinden. Zuletzt wird das Bild gut gewässert und getrocknet.

Der Carbrodruck

Weder der Pigment- noch der Gummidruck erlauben die direkte Vergrösserung ab dem Originalnegativ, da dabei die Belichtungszeiten viel zu lang ausfallen würden. Im frühen XX Jahrhundert wurden Verfahren entwickelt, die diese Einschränkung überwanden und es erlaubten, Pigmentkopien direkt von einer Vergrösserung auf Bromsilberpapier zu erhalten. Der **Carbrodruck** wurde im Jahre 1905 von Manly[1] erfunden und zunächst als **Ozobromie** bezeichnet. Im Jahre 1919 wurde das Ozobromieverfahren von Farmer[2] verbessert und auf die Bezeichnung Carbrodruck (**CAR**bon, **BRO**m) umbenannt.

Die Matrize ist hier eine Vergrösserung auf Bromsilberpapier und die Übertragung geschieht chemisch, ohne Mitwirkung des Lichtes. Die verwendete Vergrösserung auf Bromsilberpapier muss gut ausfixiert und gewässert werden. Nach dem Trocknen wird die Kopie 10 Minuten lang in einem 5-prozentigen Formalinbad gehärtet. Anschliessend wird neuerlich gewässert und getrocknet. Das Pigmentpapier wird während ungefähr drei Minuten in das folgende, nur einmal zu verwendende Bad gelegt:

Wasser	1000 cm^3
Kaliumbichromat	15 g
Rotes Blutlaugensalz	15 g
Kaliumbromid	15 g

Anschliessend wird das Papier sofort, ohne Zwischenwässerung, 20 bis 30 Sekunden lang in folgendes Bad gelegt:

Wasser	1000 cm^3
Essigsäure	2 cm^3
Salzsäure	2 cm^3
Formalin (40 %)	10 cm^3

Die Bromsilberkopie, die inzwischen in Wasser aufgeweicht wurde, wird mit der Schicht nach oben auf eine Glasplatte gelegt. Darauf wird Schicht gegen Schicht das Pigmentpapier gelegt und mit einer Rollenquetsche aufgedrückt. Man lässt anschliessend die beiden Papiere etwa 20 bis 30 Minuten lang trocknen. Während dieser Zeit wird das Silberbild

[1] Thomas Manly (?-1932).
[2] Ernest Howard Farmer (1860-1955).

der Bromsilberemulsion durch das rote Blutlaugensalz (Kaliumferricyanid) abgeschwächt und das sechswertige Chrom der Pigmentgelatine wird in dreiwertiges Chrom verwandelt, das die Gelatine gerbt, so dass die Gelatine proportional zu der Schwärze des gegenüberliegenden Silberbildes gehärtet wird. Nach dieser Kontaktzeit werden die beiden Papiere in kaltes Wasser gelegt, bis sie sich trennen. Sofort wird ein vorgenässtes Übertragungspapier auf das Pigmentpapier aufgelegt. Die Übertragung und Entwicklung geschehen in gleicher Weise wie bei einem gewöhnlichen Pigmentdruck. Die Bromsilbervergrösserung (Matrize) kann zu einigen weiteren Carbrodrucken verwendet werden. Dazu muss die Vergrösserung gut gewässert und bei Tageslicht neu entwickelt werden. Nach ausgiebiger Wässerung kann ein neuer Carbrodruck hergestellt werden.

Der Öldruck

Dieses Edeldruckverfahren wurde 1855 von Poitevin erfunden. Der Öldruck und die verwandten Techniken bilden eine Brücke zwischen der Photographie und der Druckerei. Wie die Lithographie und der Lichtdruck ist auch diese Technik in der Unverträglichkeit von Öl und Wasser begründet.

Das Papier muss mit einer Gelatineschicht überzogen werden, die durch Baden desselben in einer 6-prozentigen Gelatinelösung aufgetragen wird. Anschliessend wird das Papier zum Trocknen aufgehängt. Die Gelatine wird mit einer Mischung von zwei Teilen Äthylalkohol und einem Teil einer 6-prozentigen Ammoniumbichromatlösung sensibilisiert. Kaliumbichromat kann dazu nicht verwendet werden, weil es mit Alkohol unverträglich ist. Diese Flüssigkeit wird bei gelbem Licht mit einem Wattebausch auf die Gelatineschicht aufgetragen. Das Papier wird im UV-Licht unter einem Halbtonnegativ belichtet und mit kaltem Wasser während einer guten Stunde entwickelt, bis das braungelbe Chromatbild ganz verschwindet. Vor dem Einfärben wird die Kopie ca. 10 Minuten in wärmeres Wasser von etwa 25 bis 30 Grad gelegt, wobei man darauf achten muss, diese Temperatur nicht zu überschreiten, da nicht eine Ablösung der unbelichteten Gelatine, sondern nur ein Aufquellen derselben bezweckt wird. Die Kopie wird nun oberflächlich mit einem Tuch abgewischt, das die Gelatine nicht zerkratzen darf und keine Faden hinterlässt. Die Oberfläche zeigt ein deutliches Relief, gebildet aus den aufgequollenen, unbelichteten, und den gehärteten, belichteten Zonen. Abgesehen von diesem Relief wird das Bild erst durch den Farbauftrag sichtbar, der mit einem in Fettfarbe getauchten Pinsel aufgebracht wird. Die gequollenen Zonen stossen die Fettfarbe ab, während die belichteten Teile die

Farbe um so freundlicher aufnehmen, desto grösser die wirksame Lichtmenge bei der Belichtung war.

Dieses Verfahren lässt dem Photographen ein Höchstmass an Freiheit, da er mit dem Pinsel an den gewünschten Stellen mehr oder weniger Farbe auftragen kann. Es können sogar verschiedene Farbtöne auf die gleiche Kopie aufgetragen werden. Wenn das Resultat nicht befriedigend ausfällt, kann die ganze Farbe mit einem geeigneten Lösungsmittel abgewaschen werden. Während des Einfärbens darf man die Gelatine nicht allzusehr antrocknen lassen, da sonst die Farbe auch in helleren Zonen aufgenommen würde.

Der Bromöldruck

Der Bromöldruck ist eine Kombination des Öldruckes mit der Ozobromie, die es erlaubt, Öldrucke in vergrössertem Format herzustellen, ohne ein gleichformatiges Zwischennegativ herstellen zu müssen. Das System wurde um 1907 von Welborne Piper[1] erfunden.

Das für den Bromöldruck verwendete Bromsilberpapier muss eine dicke, nicht allzu harte Gelatineschicht besitzen. Entwickelt wird mit einem nicht gerbenden Entwickler, wie etwa *Metol-Hydrochinon* oder *Rodinal.* Die Vergrösserung muss ausgiebig fixiert, gewässert und schliesslich in ein Bad folgender Zusammensetzung gelegt werden, in dem es etwa fünf Minuten lang liegengelassen wird:

Wasser	1000 cm^3
Kochsalz	85 g
Kupfersulfat	85 g
Kaliumbichromat	15 g
Salzsäure	11 cm^3

Die Kopie, deren schwarzes Silberbild durch ein schwach gelbliches Bromsilberbild ersetzt wurde, muss ausgiebig gewässert, fixiert (das Fixierbad darf vorher zu nichts anderem gebraucht worden sein) und wieder gewässert werden. Nach dem Trocknen wird das Papier in 25 bis 30 ºC warmes Wasser gelegt, je nach der gewünschten Tiefe des Reliefs. Die abgewischte Kopie ist nun zum Einfärben bereit, genau gleich wie beim oben beschriebenen Öldruckverfahren.

Der Öl- und der Bromölumdruck

[1] C. Welborne Piper (1866-1919).

Um 1909 erfand Hewitt den **Bromölumdruck**, eine manuelle Form des Lichtdruckes (siehe das Kapitel über den Lichtdruck). Der Bromölumdruck ist die Übertragung der auf eine Bromölkopie aufgetragenen Farbschicht auf einen neuen Papierträger mit einer Walzenpresse. Entsprechendes gilt für den **Ölumdruck**. Wie beim Gummidruck werden meist auch hier zwei oder drei Schichten in genauem Passer übereinandergedruckt, was die Freiheit des Öldruckes noch erhöht.

Die Pinatypie

Die **Pinatypie** ist ein Verfahren, das im Anfang des XX Jahrhunderts eines der wichtigsten Mittel darstellte, um farbenphotographische Kopien auf Papier und auf Diapositivmaterial herzustellen. Noch heute werden Verfahren verwendet, die aus der Pinatypie entwickelt wurden, so etwa das *Dye-Transfer*-Verfahren der Firma *Kodak*, mit dem man anhand von Farbauszügen Farbkopien herstellen kann, oder auch das *Technicolor*-Verfahren, das beim Kopieren von kommerziellen Kinofilmen Verwendung findet.

Der französische Physiker und Poet Charles Cros (1842-1888) schuf im Jahre 1881 seine **Hydrotypie** und setzte damit den Grundstein zum späteren Pinatypieverfahren. Léon Didier und Ernst König (1869-1924) bauten die Hydrotypie aus, nannten sie Pinatypie und fanden vor allem die geeigneten Farbstoffe.

Das Prinzip der Pinatypie ist das folgende: Eine mit einer weichen Gelatineschicht überzogene Glasplatte wird in einer 2%igen Kaliumbichromatlösung lichtempfindlich gemacht und unter einem Halbtonpositiv (Diapositiv) belichtet. Nach einer ausgiebigen Wässerung der Platte, die alle Chromreste entfernt, wird die Platte in eine spezielle Pinatypie-Farbstoff-Lösung eingelegt. Die unbelichtete Gelatine nimmt den Farbstoff auf, während die belichteten, gehärteten Teile der Gelatine dem Belichtungsgrad entsprechend mehr oder weniger Farbstoff aufnehmen, so dass ein Halbtonbild entsteht. Die Platte wird einen Augenblick lang gewässert, und dann wird ihre Schicht mit der nicht lichtempfindlichen Gelatineschicht eines Übertragungspapieres (oder Platte) in Kontakt gebracht, die nun den Farbstoff der sensibilisierten Platte aufsaugt. Die sensibilisierte Platte dient als Matrize, von der eine grosse Anzahl von Abzügen hergestellt werden können. Die bedruckte Platte kann nacheinander mit verschiedenen Matrizen (zum Beispiel mit verschieden eingefärbten Farbauszügen) bedruckt werden.

Die verwendeten Pinatypiefarbstoffe müssen ganz bestimmten Anforderungen gerecht werden. E. König stellt in seinem Buch *'Die Farbenphotographie'* die folgenden Forderungen an die Pinatypiefarbstoffe:

1. Sie müssen in kaltem Wasser genügend löslich sein.

2. Sie sollen die ungehärtete Gelatine sehr stark, die völlig gehärtete Gelatine gar nicht anfärben.

3. Sie dürfen sich durch Waschen mit Wasser nicht aus der Gelatine entfernen lassen.

4. Sie sollen auf ein mit der gefärbten Schicht in Berührung gebrachtes Gelatinepapier schnell übergehen.

5. Die Schärfe der Zeichnung muss auch beim Trocknen der Bilder erhalten bleiben und darf auch bei längerem Einweichen des Bildes in Wasser nicht leiden.

6. Die Farbstoffe sollen sehr lichtecht sein.

Der Woodburydruck

Hier sei dieses spezielle Verfahren kurz beschrieben, das wegen seiner speziellen Charakteristika schwer in die anderen Verfahren einzugliedern ist. Da es sich um ein auf die Bichromatgelatine gegründetes Verfahren handelt, sei es hier, im Anhang an die Edeldruckverfahren eingeordnet.

Um 1864 patentierte *Walter Bentley Woodbury* dieses kuriose Verfahren, welches trotz den qualitativ hervorragenden Resultaten nur etwa 20 Jahre lang ausnahmsweise eingesetzt wurde. Das Verfahren bestand aus folgenden Schritten:

Eine solide Platte wird mit einer dicken Schicht pigmentierter Bichromatgelatine versehen. Die Schicht wird unter einem photographischen Negativ belichtet. Die Gelatine wird mit Wasser ausgewaschen, wobei ein Relief entsteht, bei dem die dicksten Schichten den dunkelsten Stellen des positiven Originals entsprechen. Nach vollständigem Trocknen der Gelatine wird eine dünne Bleiplatte (später wurde die Bleiplatte durch eine Zinnfolie ersetzt) auf die Grundplatte gelegt und in eine Presse gegeben. Unter grossem Druck entsteht in der Bleiplatte ein Relief, dessen Tiefen den Farbtönen des positiven Bilds entsprechen.

In dieses Relief wird pigmentierte Gelatine gegossen. Ein Blatt Papier wird auf die Bleiplatte gelegt. Nach dem Erstarren der Gelatine kann das Papier von der Bleiplatte wieder getrennt werden, wobei ein positives Bild auf dem Papier ersichtlich wird. Nun ist die Bleiplatte für den folgenden Abzug bereit.

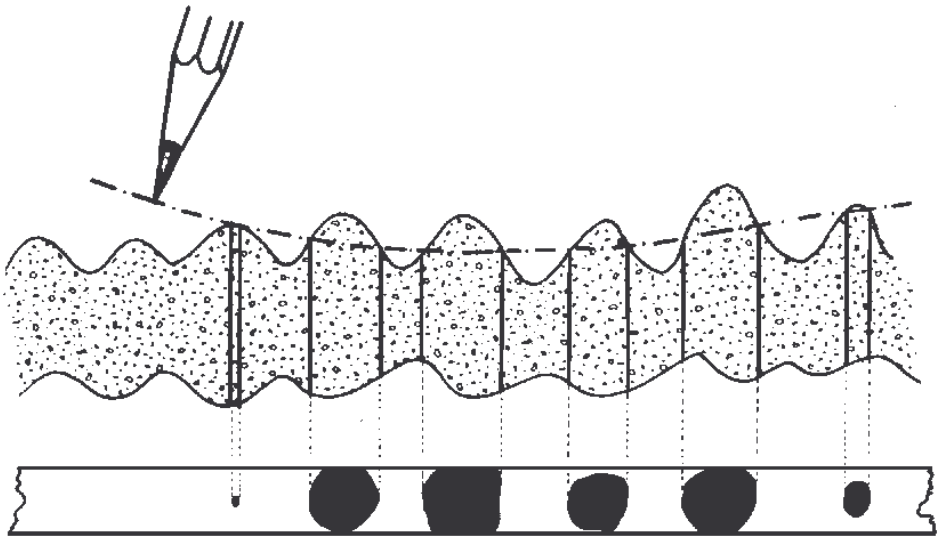
Das Verfahren lieferte qualitativ hochstehende Reproduktionen, die kaum von Photographien zu unterscheiden waren. Aber die Schwierigkeiten und die Langsamkeit des Verfahrens haben dem Verfahren sehr geschadet.

—■—

Der Raster

Das Wort **Raster** wird hier in diesem Buch etwas allgemeiner gefasst als üblich, und zwar weil es für den hier behandelten Begriff keinen treffenderen Ausdruck gibt.

Im Hochdruck, wie in den meisten herkömmlichen Druckverfahren können bei einem einzigen Durchgang durch die Presse keine unterschiedlich dicken Farbschichten übertragen werden (Ausnahmen: Lichtdruck, Tiefdruck), so dass es in diesen Druckverfahren für die Reproduktion von Halbtonvorlagen nur zwei Möglichkeiten gibt: Das Übereinanderdrucken mehrerer aufeinander abgestimmter Druckstöcke mit entsprechenden Druckfarben (Camaïeu-Druck) oder das Strukturieren des reinen Schwarz-Weiss-Druckes, so dass die Struktur dem Betrachter Grautöne vortäuscht, wenn er sie nur aus genügend grossem Abstand betrachtet. Eine Struktur mit diesen Eigenschaften nennen wir einen Raster.



Ein Tonholzschneider schafft eine Art manuellen Raster, indem er etwa (weisse) Linien verschiedener Breite mit anderen (weissen) Linien unter verschiedenen Winkeln überschneidet. Der Kupferstecher legt ein analoges Liniensystem (mit schwarzen Linien) an, obwohl der Tiefdruck es erlaubt, veränderliche Farbmengen zu übertragen. Der Radierer (siehe

das Kapitel über den Tiefdruck) verfügt über eine Art Raster, nämlich das Staubkorn des Aquatintaverfahrens, mit dem sich nicht nur die Oberfläche, sondern auch die Ätztiefe veränderlich gestalten lässt, so dass im Endresultat die einzelnen Rasterkörnchen verschiedene Intensität (verschieden dicke Farbschicht) aufweisen. Der Lithograph (siehe das Kapitel über die Lithographie) gebraucht eine mit dem Aquatintakorn verwandte Rasterstruktur, nämlich das Korn der Crachis-Technik, bei welcher der Lithographische Stein mit einer Bürste und einem Sieb mit lithographischer Tinte bespritzt wird. Der Lithograph und der Bleistiftzeichner können das Korn ihrer Zeichenmaterialien (Stein, gekörntes Papier) ausnutzen, um eine Kornstruktur zu erhalten, die je nach dem Druck, der auf die Zeichenspitze ausgeübt wird, grössere oder kleinere Körner aufweist. Wenn der Druck eines Bleistiftes auf einem Kornpapier zunimmt, können wir zwei Wirkungen beobachten: Die Oberfläche des Papiers entreisst der Bleistiftspitze mehr Graphit und die von Graphit bedeckte Papierfläche nimmt im Verhältnis zu, da das Graphit in die tieferen Stellen der Papierstruktur eindringt. Die Abbildung oben stellt diesen Effekt graphisch dar.

Die manuellen Verfahren haben einen künstlerischen und handwerklichen Wert, den die perfektesten industriellen Verfahren nie erreichen werden. Andererseits arbeiten die industriellen Verfahren rascher, sicherer und mit einer Objektivität, die ein manuelles Verfahren nie besitzen kann. Schon früh in der Geschichte wurden photomechanische Verfahren zur Druckformenherstellung von Abbildungen entwickelt, um die manuellen Verfahren, wie die direkte Zeichnung auf Stein (siehe das Kapitel über die Lithographie), den Kupferstich (Tiefdruck) oder die Holzschneidekunst, zu ersetzen. Es wurde zuerst anhand von natürlichen Strukturen (Korn des Papiers, Gewebe...) versucht, eine photographische Zerlegung der Grautöne des Originals in ein reines schwarzweisses Rasterbild zu erreichen. Später wurden die zur photographischen Rasterung (so nennt man die Übersetzung der Grautöne in entsprechende Schwarzweissstrukturen) benötigten Strukturen (Raster genannt), mechanisch hergestellt. Die Technik, eine Halbtonvorlage photographisch in ein reines schwarzweisses Rasterbild umzuwandeln, das die originalen Grautöne vortäuscht, heisst **Autotypie**.

Auf dem Gebiet der Graphischen Künste werden also drei Arten von Photographie unterschieden: Die **Halbtonphotographie**, die **Strichphotographie** und die **Rasterphotographie**. Die Halbtonphotographie arbeitet mit Materialien der Bezeichnung 'tone' (zum Beispiel *Gevatone*) und erlaubt als einzige die Reproduktion echter Grautöne, die vom hellsten Weiss stufenlos bis zum dunkelsten Schwarz reichen können. Die Kunstphotographie gehört ausschliesslich dem Bereich der Halbtonphotographie an. Die Strichphotographie ergibt Reproduktionen ohne Grau-

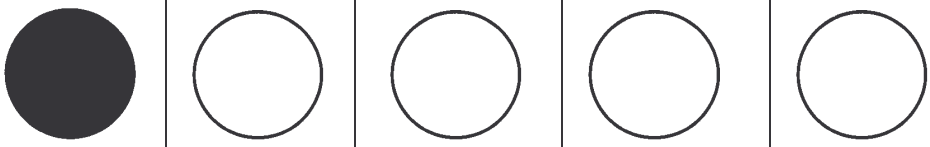
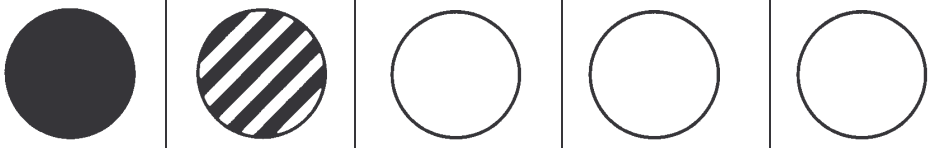
töne, nur in Schwarz und Weiss. Die ultraharten Materialien, die in der Strichphotographie eingesetzt werden, erhalten die Bezeichnung 'line' oder 'lith' (zum Beispiel *Kodalith*). Die Rasterphotographie oder Autotypie hat die Mikrostruktur einer Strichphotographie (wenn man die einzelnen Rasterpunkte betrachtet), täuscht aber dank ihrer Struktur aus grösseren und kleineren Punkten (oder anderen Elementen) dem Betrachter echte Halbtöne vor.

Alle autotypischen Systeme beruhen auf der Tatsache, dass die ultraharten Photomaterialien, wie die Lithmaterialien, dazu neigen, die meisten Grautöne entweder als Schwarz oder als Weiss wiederzugeben, da bei der Steilheit ihrer charakteristischen Schwärzungskurve eine sehr kleine Belichtungszunahme vom Weissen ins Schwarze führt. Um die Härte eines Materials noch weiter zu erhöhen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, darunter vor allem die Anwendung eines härter arbeitenden Entwicklers, die Kombination von Abschwächen und Verstärken oder das wiederholte Umkopieren auf hartes Material. Zur Zeit sind die geeignetsten Materialien zur Herstellung von Autotypien diejenigen mit der Bezeichnung 'lith'.

Die ersten Versuche auf dem Gebiete der Autotypie wurden bereits um 1852 von Talbot vorgenommen, der photographische Materialien durch schwarze Gaze hindurch belichtete. Gewisse Bücher erwähnen die teilweise erfolgreichen autotypischen Versuche von M. Berchtholds (1857), Egloffstein (um 1865) oder Max Jaffé (1877), die offenbar nicht wesentlich von der definitiven Lösung des Problems der Autotypie abwichen, die ab 1882 von Georg Meisenbach (1841-1912) entwickelt wurde. Ganz andere Wege auf der Suche nach der Rasterung der Grautöne wurden von anderen Erfindern eingeschlagen, die in gewissen Fällen sogar von einem gewissen Erfolg gekrönt waren. Diese sogenannten Autotypieähnlichen Verfahren verschwanden nach Einführung des Meisenbachschen Verfahrens fast vollständig, einesteils bedingt durch die grossen technischen Schwierigkeiten, andererseits durch die geringe Erfolgsquote.

Das erste erfolgreiche Verfahren wurde von Georg Meisenbach im Jahre 1882 patentiert. Meisenbach photographierte eine Halbton-Diapositivplatte in drei Schritten auf extrem hart arbeitendes photographisches Material. Nach der ersten Belichtung wurde auf die Diapositivplatte ein **schwarzer Raster** (schwarze Struktur auf durchsichtigem Träger) aufgelegt, unter Wahrung des genauen Passers, also ohne die Lage der Diapositivplatte und des Aufnahmematerials zueinander zu verändern. Meist wurde ein linierter Raster verwendet. Anschliessend wurde die Rasterplatte um einen bestimmten Winkel gedreht und zum dritten Mal belichtet. Die zweite und die dritte Belichtung wurden meist verschieden

lang gewählt. Das entstandene Negativ, das aus weissen Flächen, Punkten, Linien und gekreuzten Linien bestand, wurde auf Zinkotypieplatten umkopiert und für die Zwecke des Buchdruckes hochgeätzt wie eine Strichaufnahme.

Autotypie nach dem ersten Meisenbach'schen Prozess mit Mehrfach-Belichtung unter Linienraster		Grauwerte des Originals				
		I	**II**	**III**	**IV**	
Wirkung der einzelnen Belichtungen auf das Negativ	A					
	A, B					
	A, B, C					
	A, B, D					

A) Belichtung ohne Raster
B) Belichtung mit Raster
C) Belichtung mit gedrehtem Raster, gleiche Belichtung wie bei B
D) Belichtung mit gedrehtem Raster, längere Belichtung als bei B

Die Strukturen des diskreten Autotypie-Verfahrens

Die Tafel zeigt die Strukturen, die sich nach diesem Verfahren (das wir hier als **diskretes Verfahren** bezeichnen werden, da nur eine natürliche Anzahl scheinbare Graustufen entstehen) im Negativ erhalten lassen, wenn bis zu drei Belichtungen vorgenommen werde: die erste ohne Rasterung (Belichtung A), und die beiden anderen (B und C, beziehungsweise D) durch einen Linienraster, der zwischen den beiden Belichtungen um 90º gedreht wird. Es werden die beiden Fälle unterschieden, bei denen die beiden Belichtungszeiten gleich lang (Fall A, B, C), beziehungsweise verschieden lang (Fall A, B, D) gewählt werden. Die Elemente (schwarze Flächen, gekreuzte Linien etc.) dieser in der Tafel schematisierten Rasterstrukturen nach dem ersten autotypischen System Meisenbachs werden folgendermassen gebildet: Die erste Belichtung ist so bemessen, dass

sämtliche hellen Töne bis zu einem bestimmten Grauwert (Grauwertbereich I) im Negativ schwarz erscheinen werden. Die unmittelbar darauf folgenden Grauwerte (Grauwertbereich II) sind zu dunkel, um das Material mit dieser ersten Belichtung allein zu schwärzen. Zusammen mit der zweiten Belichtung aber, die durch den Raster vorgenommen wird, erhalten die den weissen Zwischenräumen des Rasters entsprechenden Zonen dieses Grauwertbereichs II genügend Licht, um bei der späteren Entwicklung des Negativs geschwärzt zu werden. Hiermit ist der Fall von nur zwei Belichtungen erklärt, bei dem nur drei scheinbare Tonwerte entstehen: Schwarz, Weiss und Gestreift.

Die Rasterung mit drei Belichtungen (ohne Raster, mit Raster, mit gedrehtem Raster) muss in zwei Fälle aufgeteilt werden, je nachdem, ob die letzte Belichtungszeit gleich lang wie die vorletzte ist (C = B) oder ob die letztere grösser als die vorletzte ist (D grösser als B). Der erste Grauwertbereich der Tafel (Bereich I) wird in jedem dieser Fälle als schwarz wiedergegeben. Im Bereich II der relativ hellen Grautöne wird eine Struktur gekreuzter Linien entstehen, da nach der dritten Belichtung in diesen Regionen auch die hellen Streifen der zweiten Rasterstellung geschwärzt werden. Im Grauwertbereich III vermag sich nach einer gleich langen dritten Belichtung (C) das Negativ nur dort zu schwärzen, wo alle drei Belichtungen gewirkt haben, also in den Kreuzpunkten der weissen Rasterstreifen. Je nach der Wahl des Grauwertbereichs IV, wird dieser punktiert oder weiss ausfallen. In diesem Fall wird also der gesamte Graubereich des Originals in vier Strukturen wiedergegeben, Schwarz, Gegittert, Punktiert und Weiss.

Ist aber die dritte Belichtungszeit (D) grösser als die zweite, so werden die ersten beiden Grautonbereiche gleich wiedergegeben wie im vorangehenden Fall. Beim Grautonbereich III werden sich Linien ausbilden, und erst beim Bereich IV wird die Punktstruktur auftreten, so dass man in diesem Fall fünf unterscheidbare Strukturen und damit fünf scheinbare Tonwerte erhält.

Durch Verändern der Belichtungszeiten kann man die Lage der fünf Grautonbereiche gewählt werden und damit der Kontrast zugunsten der Schatten oder der Lichter verschoben werden. Der Effekt kann auch durch geeignete Wahl des schwarzen Rasters beeinflusst werden. Im Prinzip ist dieses erste Meisenbachsche Verfahren ein Tontrennungsverfahren, da jede so entstandene Autotypie eine bestimmte Anzahl von Tonstufen aufweist. Zum Erzielen spezieller Effekte wird das Verfahren auch heute noch vereinzelt angewandt, vor allem in der Werbegraphik.

Die Beschränkung auf eine bestimmte Anzahl Tonwerte konnte durch Meisenbach bald aufgehoben werden und es entstanden Autotypien, die den Eindruck einer echten Halbtonaufnahme erweckten. Es spielt im

Prinzip keine Rolle, ob der schwarze Raster mit dem Diapositiv oder mit dem Aufnahmematerial in Kontakt gebracht wird. Letztere Anordnung erlaubte ferner auch die Herstellung von Autopypien direkt ab Aufsichtsvorlagen in einer Kamera. Meisenbach bemerkte bald, dass beim Einhalten einer kleinen Distanz zwischen dem Raster und dem Aufnahmematerial (bei der Verwendung von nassen Kollodiumplatten unumgänglich!) die Flächenausdehnung der Punkte oder Linien mit der Belichtungsintensität variieren, so dass eine stufenlose Struktur entsteht. In jedem Fall kann ein idealer Abstand zwischen dem Raster und der lichtempfindlichen Platte ermittelt werden, der von der Blende, dem Abstand vom Aufnahmematerial zur Blende und von der Feinheit des Rasters abhängig ist. Glasgravurraster oder kurz Glasraster waren noch im zweiten Drittel des XX Jahrhunderts in vielen Reproduktionswerkstätten gebräuchlich.

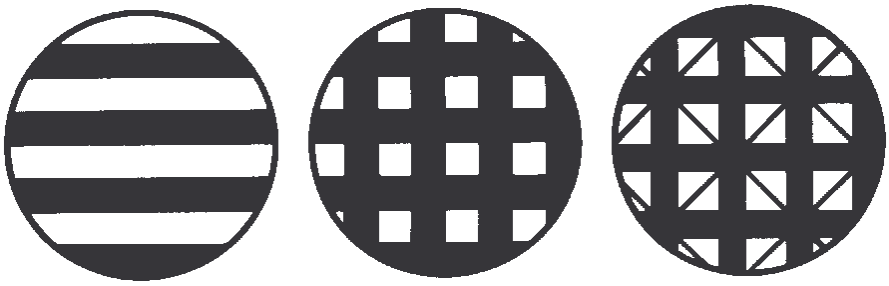
Während die von Meisenbach verwendeten Raster photographische Negative von auf Papier gezeichneten Strukturen waren, erfanden um 1886 Ives[1] und die Gebrüder Levy ein Verfahren zur direkten Gravur der Raster auf Glasplatten. Die zur Gravur bestimmte Glasplatte bester Qualität wurde vorerst mit einer dünnen ätzfesten Schicht überzogen, in welche die Linien mit einer speziell zu diesem Zweck entwickelten Maschine eingraviert wurden. Die so behandelte Platte wurde anschliessend mit Fluorwasserstoff (Flusssäure) geätzt, einem der wenigen Stoffe, die Glas zu ätzen vermögen. Anschliessend wurde die Ätzreserve wieder abgelöst. Nach dem Trocknen wurden die tiefgeätzten Furchen der Platte mit schwarzer Farbe gefüllt, wie wenn es sich um eine Radierung (siehe das Kapitel über den Tiefdruck) handelte. Da die so hergestellten Raster äusserst kostspielig waren, arbeiteten viele Reproduktionswerkstätten mit einer photographischen Kopie eines Original-Glasrasters von Levy. Um eine Punktautotypie herzustellen, wurden zwei Belichtungen vorgenommen, zwischen denen der Raster um einen bestimmten Winkel gedreht wurde (meist 90º, manchmal aber auch andere Winkel). Waren beide Belichtungen gleich lang, entstand eine Punktstruktur ohne Tendenz in eine Richtung. War eine der Belichtungen länger als die andere, so schlossen sich die Punkte in einer Richtung mehr zusammen als in der anderen. Die Versionen f und g der Abbildungen der Margeriten weiter unten veranschaulichen diesen Unterschied.

Später wurde es üblich, zwei Glasraster Schicht gegen Schicht unter einer Winkelung von 90º aufeinanderzukleben, um so mit einer einzigen Belichtung eine Punktautotypie herstellen zu können. Etwa von 1890 an produzierte die Firma Levy verschiedene spezielle Glasraster. Die nächste Figur stellt die Linierung eines Linienrasters, eines Kreuzrasters und eines Spezialrasters von Levy (um 1890) schematisch dar.

---

[1] Frederic Eugenes Ives (1856-1937).

Wie erklärt man die Tatsache, dass hinter einem Glasraster die einzelnen Töne als Felder von Punkten mit veränderlicher Grösse wiedergegeben werden? Eine Voraussetzung hierfür ist vorerst die Tatsache, dass extrem hartes Aufnahmematerial nicht zur Wiedergabe von Grautönen, sondern lediglich von Schwarz und Weiss neigt. Die Grenze zwischen Schwarz und Weiss wird durch die Belichtung und die Entwicklungsdauer bestimmt. Nun ist aber auf dem Photomaterial jeder Lichtpunkt hinter einer Öffnung (oder Fenster) des Rasters aus verschieden stark beleuchteten Zonen aufgebaut, so dass die Lichtintensität von der Mitte des Punktes nach aussen hin abnimmt.



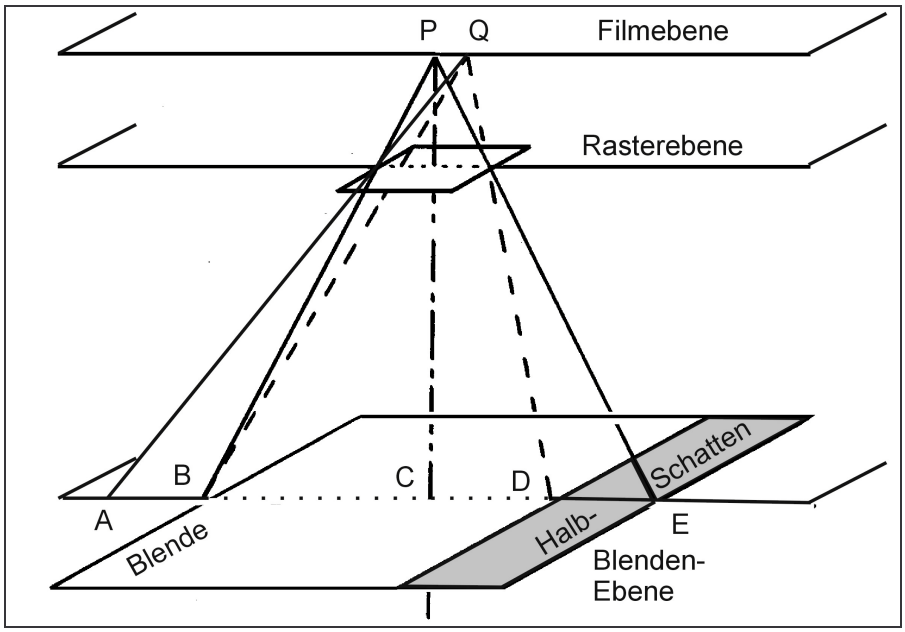
Rasterlinierungen

Es gibt vor allem zwei sich überlagernde Effekte, welche die Verteilung des Lichts hinter einem Rasterfenster beeinflussen: Der erste ist rein geometrischer Natur (man spricht von der Halbschattentheorie), der durch die Abbildung 'Halbschattentheorie' veranschaulicht wird. Der zweite Effekt ist ein physikalischer und ist in der Beugung des Lichtes begründet. Bei groben Rastern (also wenige Linien pro cm) ist der Beugungseffekt vernachlässigbar klein, während er bei sehr feinen Rastern allmählich wichtiger wird. Nebenerscheinungen wie die Reflexion der Lichtstrahlen am Filmträger oder die Diffusion innerhalb der Emulsion spielen natürlich bei der Bildung der Rasterpunkte auch eine Rolle.

Die Abbildung 'Halbschattentheorie' stellt schematisch die Lage der Blende, des Rasters und des Filmmaterials zueinander dar. Die Darstellung ist stark vereinfacht und berücksichtigt unter anderem das optische Linsensystem nicht. Vielmehr wird von einer Lochkamera ausgegangen, deren Blendenloch quadratisch ist, wobei die Seiten parallel zur Rasterlineatur verlaufen. Zudem wurde die Blendenöffnung so gewählt, dass sich die Seite der quadratischen Blendenöffnung zur Seite des quadratischen Rasterfensterchen verhält wie der Abstand zwischen der Filmebene und der Blendenebene zum Abstand zwischen der Filmebene und der Rasterebene (Strahlensatz).

Wir betrachten eine Schnittebene, welche die optische Achse enthält und parallel zu einer der Rechteckseiten ist. Von oben nach unten stellen

die drei parallelen Geraden des Schemas die Schnitte dieser Ebene mit der Filmebene, mit der Rasterebene und der Blendenebene dar. Die Masse dieser Figur sind stark übertrieben worden, um den Sachverhalt überhaupt graphisch darstellen zu können; die Verhältnisse der Grössen untereinander bleiben aber erhalten.



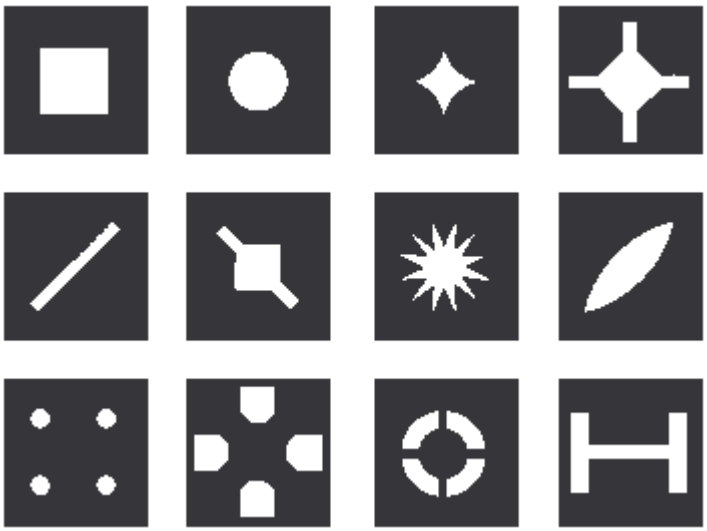
Halbschattentheorie

Nehmen wir an, das zu reproduzierende Original sei ein weisses Blatt Papier. Bei dem in unserem Beispiel gewählten Rasterabstand (unter Vernachlässigung der Lichtbeugung, die sich wie gesagt nur bei feinen Rastern auswirkt) erhält der Kernpunkt (im Zentrum der Projektion des Rasterfensters auf die Filmebene) Licht vom ganzen Blendenbereich. Ein Punkt Q auf der Parallelen zu der Linierung durch P ausserhalb des Kernpunktes P erhält nur noch Licht von einem Teil der Blendenöffnung, nämlich von einem Rechteck mit der Seitenlänge $\overline{BD}$. Wir sehen also, dass ein beliebiger Punkt Q mit zunehmendem Abstand von P immer weniger Licht erhält.

Wenn wir nun die kleine Zone des Filmes, welche in unserer Abbildung dargestellt ist, entwickeln, wird sich der Punkt P schwärzen. Von einem gewissen Abstand von P an finden wir lauter Punkte der Filmoberfläche, die bei der Belichtung nicht genug Licht bekommen haben, um sich bei der Entwicklung zu schwärzen. Das Resultat ist ein annähernd schwarzer Punkt in einer weissen Umgebung.

Wäre die Lichtintensität bei der Belichtung grösser gewesen, hätte der kritische Abstand von P zugenommen, so dass wir einen grösseren Punkt erhalten hätten. Umgekehrt wäre bei einer schwächeren Belichtung der Punkt zusammengeschrumpft und eventuell sogar ganz verschwunden. Damit haben wir gezeigt, dass die Punktgrösse direkt von der Lichtmenge abhängt.

Wird nun das weisse Papier gegen ein Halbtonoriginal ausgetauscht, entspricht jedem Rasterpunkt eine ganz bestimmte Zone des Originals, die eine ganz bestimmte Lichtmenge abstrahlt. Diese Lichtmenge ist in jedem Punkt für die Grösse des auf dem Film entstehenden Rasterpunktes ausschlaggebend.

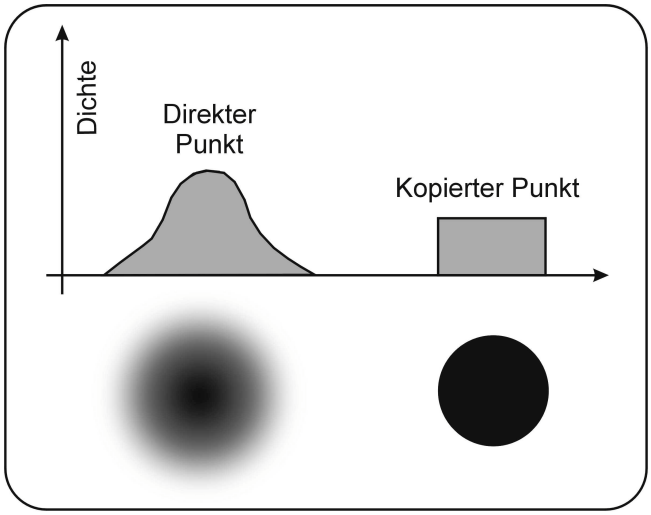


Blendenformen

Die Form der Rasterpunkte hängt von der Beschaffenheit der Rasterstruktur (Linien, Kreuzlinien, Korn,...) sowie von der Form der Blende ab. Um spezielle Effekte zu erreichen oder um die tonale Verteilung (bei der Halbtonphotographie würde man von der Gestalt der charakteristischen Schwärzungskurve sprechen) zu beeinflussen, können vielfältige Blendenformen eingesetzt werden. Eine Auswahl möglicher Blendenformen wird in der Abbildung 'Blendenformen' wiedergegeben. Die Bildung des Punkts wird in allen Fällen gleich erklärt, wie in unserem speziellen Beispiel (Quadratische Blende mit zur Lineatur parallelen Seiten), nur dass die mathematischen Betrachtungen wesentlich komplizierter verlaufen.

Beim Herstellen einer Autotypie mit einem Glasraster kann die Tonwertverteilung durch verschiedene Belichtungen mit verschiedenen Blendenöffnungen beeinflusst werden. Zudem kann der Tonwertumfang mit einer zusätzlichen **Flash-Belichtung** (auch **Vorbelichtung** genannt) re-

duziert werden. Beim Arbeiten mit dem Glasgravurraster wird die Flash-Belichtung meist mit einer sehr geschlossenen Blende (grosse Blendenzahl) vorgenommen, wobei die Vorlage durch ein weisses Papier ersetzt wird. Sollen die Spitzenlichter gar keine Rasterstruktur aufweisen, wird oft eine als **Bump** (oder **Nachbelichtung**) bezeichnete Hilfsbelichtung angeschlossen, die entweder bei einer sehr grossen Blende durchgeführt wird, oder bei der der Raster durch eine gleich dicke durchsichtige Glasscheibe ausgewechselt wird (zur Vermeidung von Fokusdifferenzen). Um dieses Auswechseln des Rasters gegen die Glasplatte umgehen zu können, wurde der **Blauraster** geschaffen, dessen Lineatur aus einem durchsichtigen blauen Farbstoff besteht. Beim Arbeiten mit dem Blauraster muss orthochromatisches Material verwendet werden und es können nur schwarzweisse Vorlagen befriedigend reproduziert werden. Die Hauptbelichtungen sowie die Flash-Belichtung werden durch ein gelbes Filter vorgenommen. Für die Bump-Belichtung (oder Nachbelichtung) wird das gelbe Filter durch ein blaues ersetzt, das den Raster praktisch linienfrei erscheinen lässt.



Dichteaufbau der Rasterpunkte

Da es kein photographisches Material mit einem senkrechten Verlauf der Schwärzungskurve geben kann, wird immer ein ganz bestimmter schmaler Graubereich des Originals als grau wiedergegeben. Das ist die Erklärung für die Tatsache, dass die beim Aufrastern mit einem Glasraster entstehenden Punkte stets von einem mehr oder weniger ausgedehnten verlaufenden Hof von Grauwerten umgeben sind. Werden auf einer durch den Punktkern laufenden Geraden mit einem Mikrodensitometer alle Dichtewerte gemessen, so ergibt sich eine stetige Kurve mit dem Maximum im Kernpunkt. Punkte mit verhältnismässig flachem Kurvenverlauf werden oft als **weiche Punkte** bezeichnet. Eine Rasteraufnahme

mit einer solchen Dichteverteilung (man spricht von **aufgebauten Punkten**) wird manchmal als Rasteraufnahme **erster Ordnung** bezeichnet. Eine Rasteraufnahme zweiter Ordnung, wie etwa die Kontaktkopie einer Rasteraufnahme erster Ordnung auf ultrahartem Material, weist Punkte von (praktisch) konstanter Dichte auf mit einem fast senkrechten Schwärzungsabfall an ihren Rändern. Die Abbildung 'Dichteaufbau der Rasterpunkte' stellt den Unterschied zwischen einer Rasteraufnahme erster und zweiter Ordnung graphisch dar. Man kann sagen, dass eine Rasteraufnahme erster Ordnung die Mikrostruktur einer Halbtonaufnahme besitzt (mit extrem grossen Dichtewerten), während die Rasteraufnahme zweiter Ordnung die Mikrostruktur einer Linienaufnahme aufweist. Die Rasteraufnahme erster Ordnung, vor allem, wenn sie einen sehr weichen Punkt besitzt, bietet im Bereich der Tonwertkorrektur zwei entscheidende Vorteile. Erstens können die Punkte mit einem Abschwächer behandelt und dadurch allmählich verkleinert werden. Zweitens kann bei der Kopie die Punktgrösse bis zu einer gewissen Grenze durch die Belichtungszeit gesteuert werden.

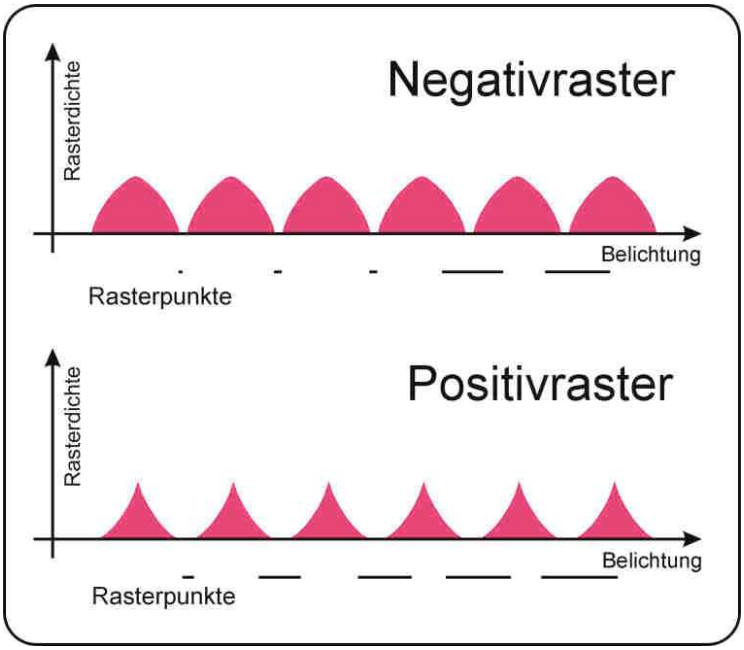
Etwa von 1940 an erschien auf dem Markt eine neue Art Raster, der **Kontaktraster**, der den Glasgravurraster immer mehr verdrängte und gegen das Ende der 1970er Jahre aus den meisten Reproduktionswerkstätten nicht mehr wegzudenken war. Ein Kontaktraster ist ein Film, auf dem auf photographische Weise ein Feld von Punkten variabler Dichte (sogenannte verlaufende oder vignettierende Punkte) erzeugt wurde. Es muss auf den grundsätzlichen Unterschied hingewiesen werden, der zwischen der Punktstruktur eines Kontaktrasters und der einer Rasterfolie besteht, wie sie etwa Graphiker verwenden, um einzelne Zonen von Zeichnungen oder Plänen zu strukturieren. Letztere Raster weisen die Struktur eines rein schwarzweissen Rasterfeldes auf, während der Kontaktraster aus verlaufenden (aufgebauten) Punkten besteht. Das Strukturieren der Zeichnungen mit den eben erwähnten, meist mit einer Klebeschicht versehenen Rasterfolien, wird mitunter als **Ben-Day-Prozess** bezeichnet. Dieser Begriff ist von Benjamin Day abgeleitet, einem Fabrikanten von sogenannten **Tangierfellen**, die in der manuellen Chromolithographie einen ähnlichen Zweck erfüllten wie die heutigen Rasterfolien, nämlich die teilweise Strukturierung einer weissen Fläche. Die Tangierfelle waren Gelatinereliefs, die mit einer Walze eingefärbt und auf den vorher teilweise abgedeckten lithographischen Stein abgedruckt wurden. Es wird also hier ein Hochdruckverfahren bei der Herstellung einer Flachdruckform eingesetzt. Im Gegensatz zum Glasgravurraster werden die Filme im unmittelbaren Kontakt mit dem Raster belichtet, der in den hellsten Stellen seiner Struktur (den Zentren zwischen den Punktkernen) am meisten und in den Punkt-Kernen am wenigsten Licht auf den Film

einwirken lässt. Man kann sich zum Verständnis der Wirkung eines Kontaktrasters des folgenden Gedankenmodells bedienen. Man stelle sich die Überlagerung mehrerer runder Scheiben mit abnehmendem Durchmesser (Turm von Hanoi) eines Halbtonfilmes mit gleichmässiger Dichte vor. Durch ein solches Paket hindurch soll ein ultraharter Film belichtet werden. Bei geringer Belichtung wird nur das Licht, das durch einen einzigen dieser Filme dringen muss, noch ausreichen, um den Film zu schwärzen. Bei Steigerung der Belichtung kann jedoch erreicht werden, dass der Film auch noch durch 2, 3 oder mehr Schichten hindurch geschwärzt wird, wobei die übrigbleibende weisse Kreisscheibe immer kleiner wird und zuletzt ganz verschwindet.

Entstehung des Punkts unter einem Kontaktraster

Die Kurve, welche die Rastertonwerte (die Rastertonwerte sind Prozentwerte zwischen dem schwarzen Flächenanteil und der Gesamtfläche eines begrenzten Bereiches) eines bestimmten Kontaktrasters als Funktion der Belichtung (oder des Zehnerlogarithmus derselben) darstellt, entspricht analog der charakteristischen Schwärzungskurve eines Halbtonmaterials. Diese Kurve ist stark abhängig von der Dichteverteilung innerhalb der Punkte des Kontaktrasters. So gibt es Kontaktraster, bei denen der Punkt erst stark, dann bei zunehmender Belichtung allmählich schwächer zunimmt (sogenannter positiver Rastertyp), andere, bei denen der Punkt erst allmählich, dann rascher anwächst (negativer Rastertyp). Im ersten Fall wird beim Aufrastern einer positiven Vorlage eine kontrastreichere Wiedergabe in den Schatten erreicht, während die Lichter gestaucht werden. Im Falle des negativen Rasters werden die Lichter stärker kontrastiert. Diese beiden Rastertonverteilungen werden in der Abbildung 'Positiver und negativer Raster' schematisch dargestellt. In dieser Abbildung wird unter jeder der beiden Dichtekurven des Rasters die Ausdehnung des Punktes bei zunehmender Belichtung von links nach rechts dargestellt. Positiv und negativ bedeuten also hier nicht, dass in einem Fall ein Positiv, im anderen Fall ein Negativ entstehen. Die Bezeichnung kommt vielmehr daher, dass im allgemeinen der negative Raster zum Anfertigen von negativen Rasterbildern anhand von positiven

Vorlagen und der positive Raster zum Anfertigen von positiven Rasterbildern ab negativen Halbtonvorlagen eingesetzt wird. Diese Faustregel ist aber nicht zwingend. Neben diesen beiden charakteristischen Rastertonwertverteilungen können natürlich Kontaktraster mit ganz verschiedenen Tonwertverteilungen hergestellt werden.



Positiver und negativer Raster

Die Herstellung einer Autotypie mit einem Kontaktraster kann bis zu drei verschiedenen Belichtungen benötigen. Neben der Hauptbelichtung hinter dem Kontaktraster wird meist eine **Flash**-Belichtung (oder Vorbelichtung) benötigt, also eine Belichtung durch den Raster mit diffusem Licht (also unabhängig vom Original), die in den Schatten des Originals einen minimalen Punktkern ausbildet. Mit der Flash-Belichtung wird der zu hohe Kontrast des Originals gestaucht. Die dritte Belichtung, Nachbelichtung, Schlussbelichtung (Schliessen des Punktes) oder **Bump** benannt, erlaubt es, die Spitzlichter bis zum Verschwinden der Rasterstruktur zu schliessen, wobei der Tonwertumfang wieder vergrössert wird, und zwar zugunsten der Lichter. Durch Anpassung der drei Belichtungszeiten kann also die Tonwertverteilung einer Reproduktion mit ein und demselben Kontaktraster stark beeinflusst werden.

Kontaktraster werden in grau (Silberbild) und in Farbe (Silberbild durch Farbstoffbild ersetzt, Tonung) geliefert. Die fast ausschliesslich verwendete Farbe ist **Magenta**, die additive Mischung von Blau und Rot, auch manchmal als 'Purpur' bezeichnet. Der **Magentaraster** ist für die befriedigende Reproduktion von Farbvorlagen nicht geeignet, hat aber im Bereich der Aufrasterung von schwarzweissen Vorlagen gegenüber dem

Grauraster einen Vorteil: Der Kontrast (Rastertonwertumfang) kann mit farbigen Filtern (oder farbigem Licht) gesteuert werden. Wenn durch einen Magentaraster orthochromatisches Material durch ein gelbes Filter belichtet wird, wird die Rasterstruktur verstärkt und der Rastertonumfang entsprechend vermindert. Wird das Gelbfilter durch ein Blaufilter oder ein Magentafilter ersetzt, so wird die Rasterstruktur abgeschwächt, und der Kontrast der Reproduktion nimmt zu. Zwischenstufen können durch zwei hintereinander ausgeführte Belichtungen durch die beiden Filter oder mit einem Filter der entsprechenden Farbe erreicht werden.

Die Feinstruktur einer Autotypie kann sehr verschiedenartig ausfallen, je nach dem verwendeten Rastertyp (Glasgravurraster oder Kontaktraster), je nach der Blendenform im Falle des Glasgravurrasters, und je nach der Struktur des Rasters in beiden Fällen. Kontaktraster werden als Punktraster mit verschiedenen Punktformen (rund, quadratisch, elliptisch), als Linienraster, als Kornraster, sowie in verschiedenen Phantasiestrukturen (Werbegraphik) hergestellt. Die Firma PAWO fabriziert einen speziellen *Tripletpunktraster.*

Die Abbildungen 'Rasterstrukturen' zeigen einige vergrösserte Muster von Autotypischen Rasterstrukturen:

a) Rasterstruktur einer um 1885 bei Meisenbach hergestellten Autotypie.

b) Struktur einer um 1895 mit einem Spezialraster von Levy hergestellten Autotypie.

c) Linienraster.

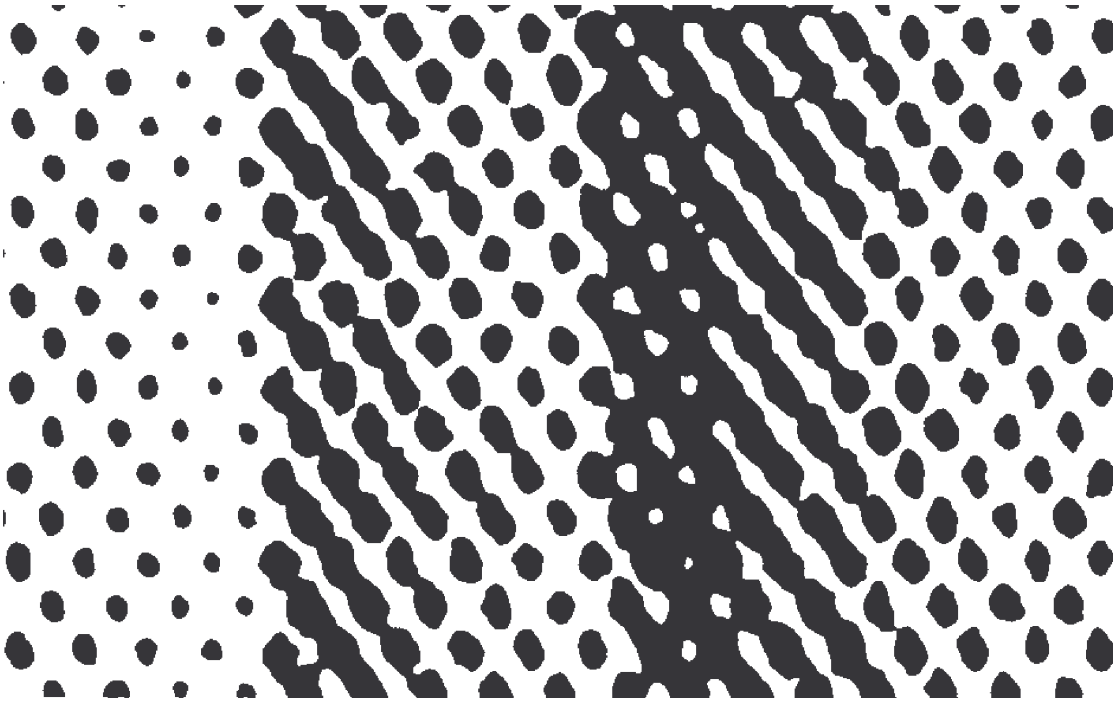
d) Kornraster.

e) Punktraster mit rundem Punkt.

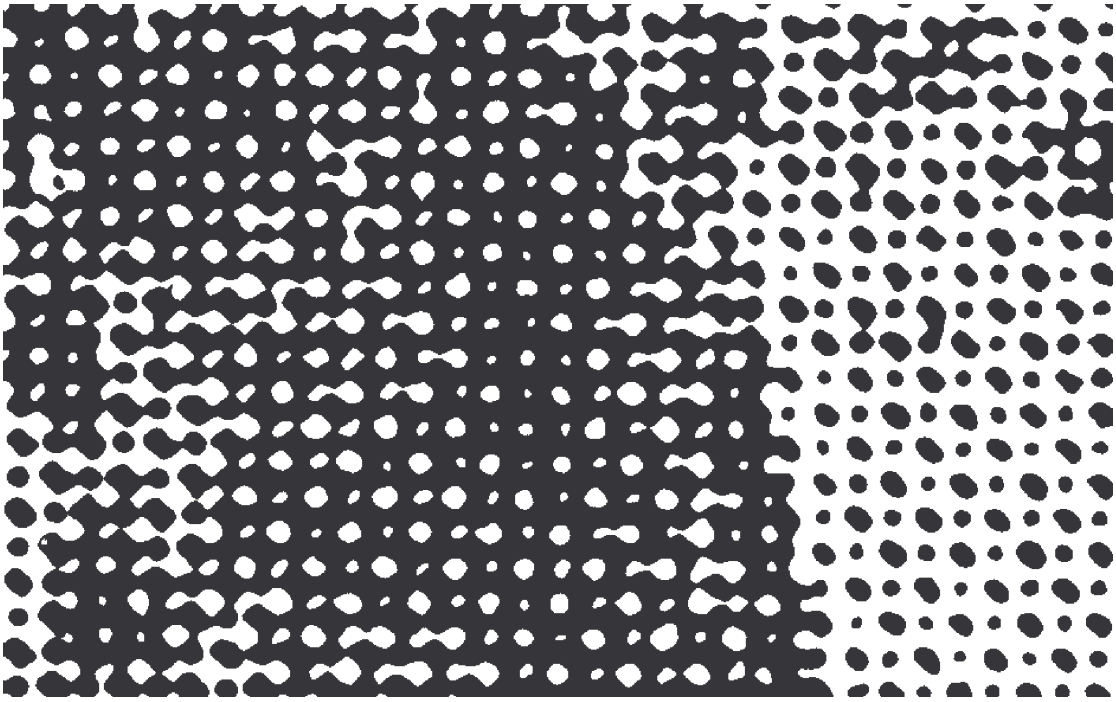
f) Punktraster mit quadratischem Punkt.

g) Tripletpunktraster der Firma PAWO.

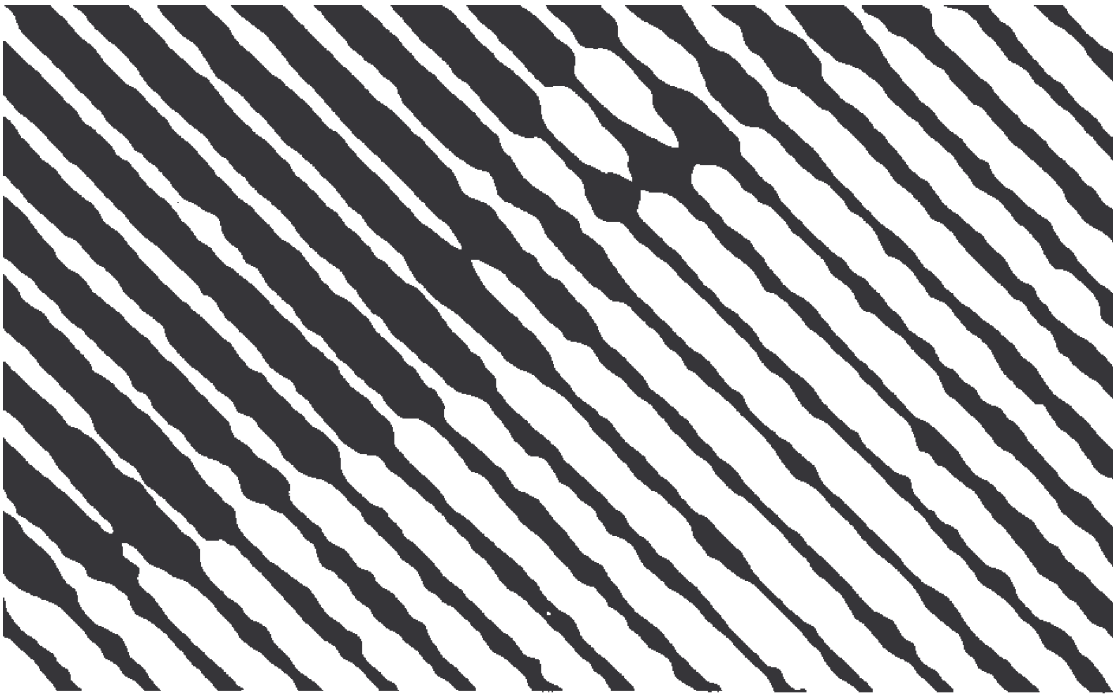
h) Punktraster mit elliptischem Punkt.



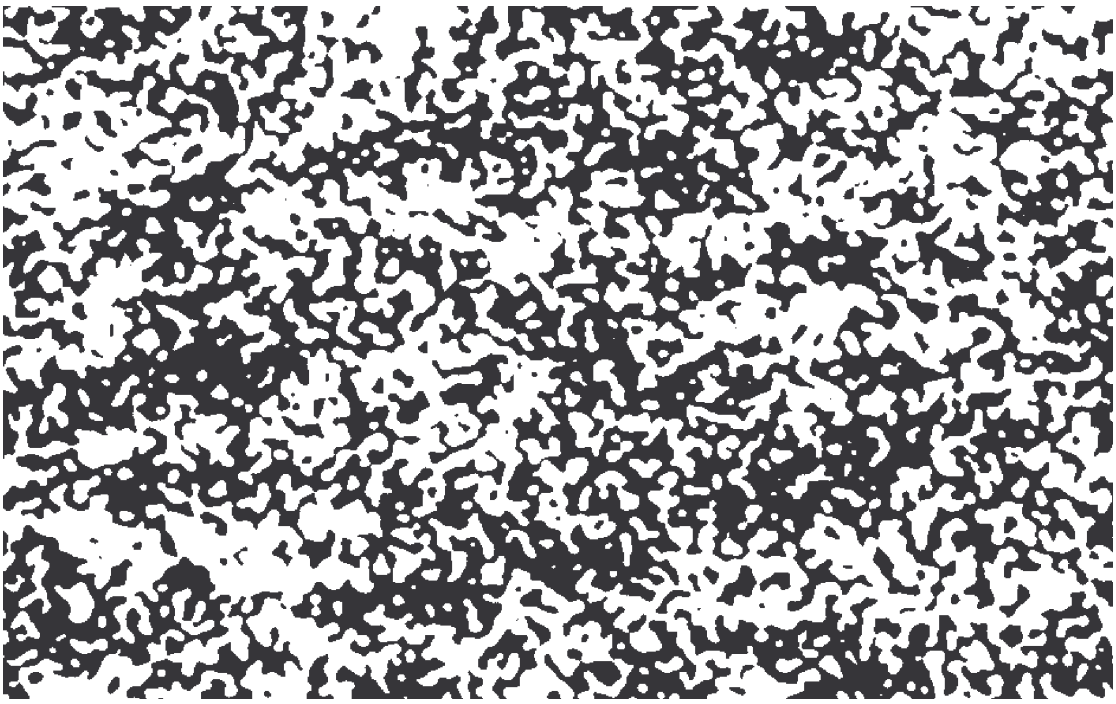
Rasterstrukturen (a)



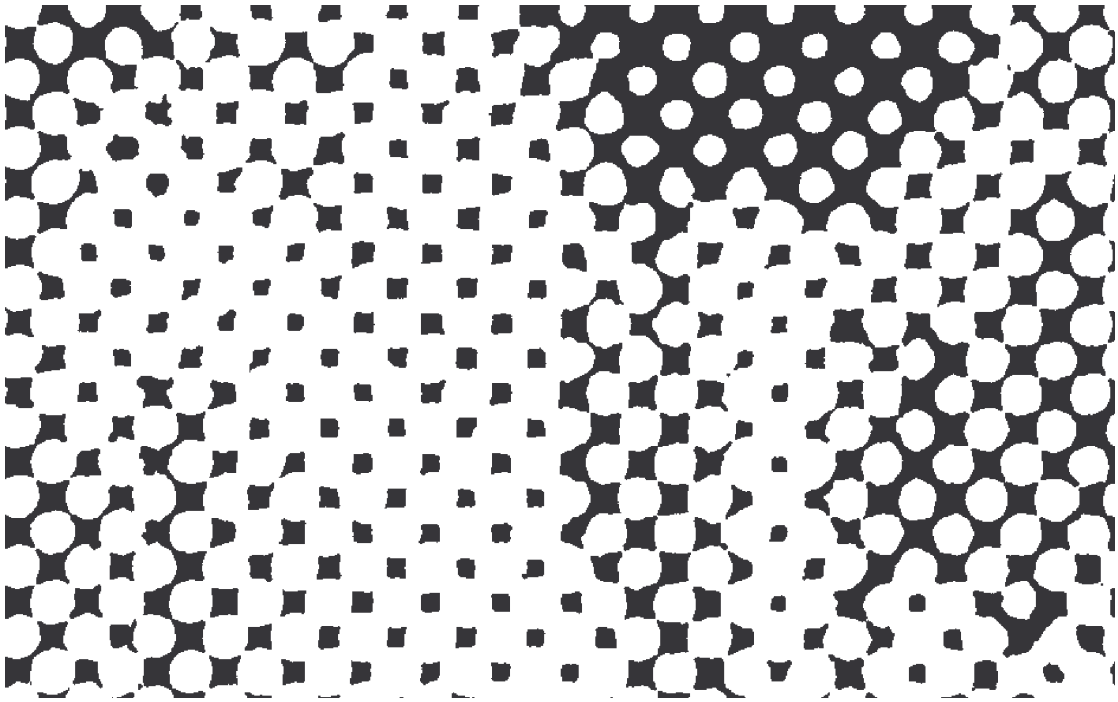
Rasterstrukturen (b)



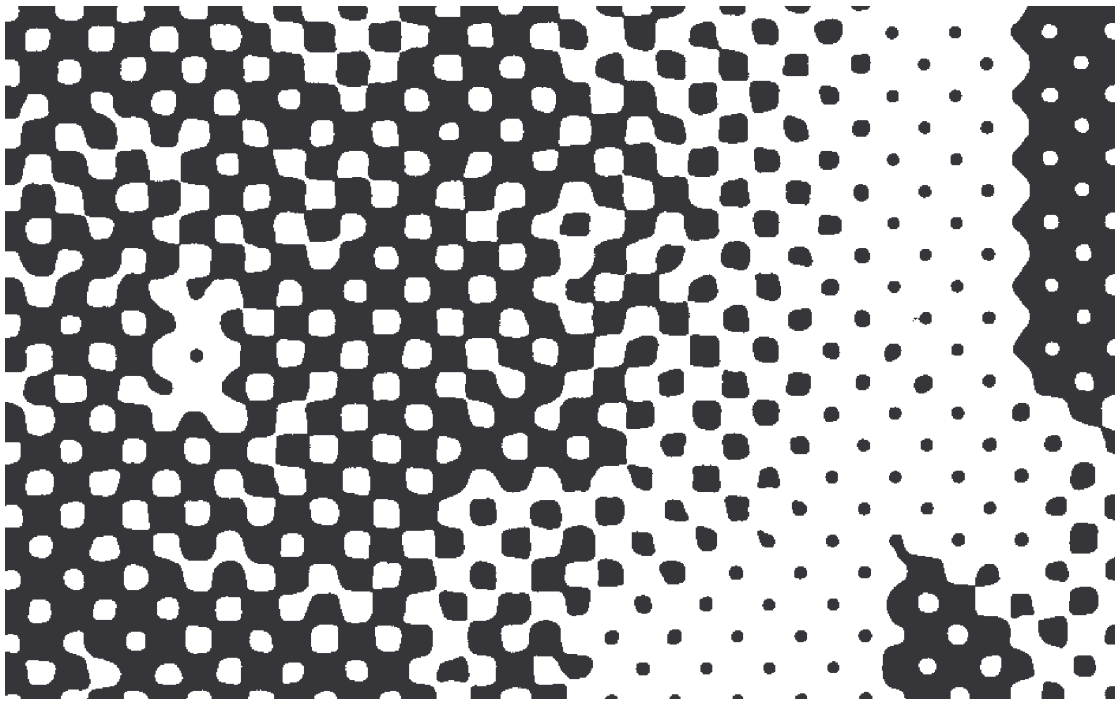
Rasterstrukturen (c)



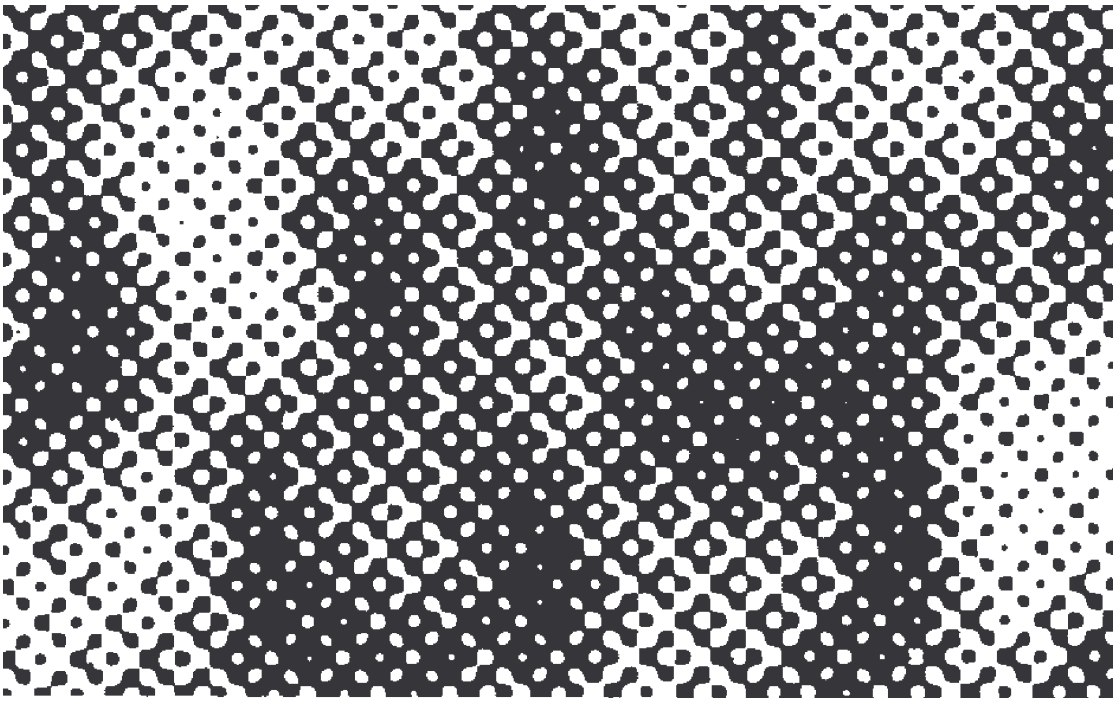
Rasterstrukturen (d)



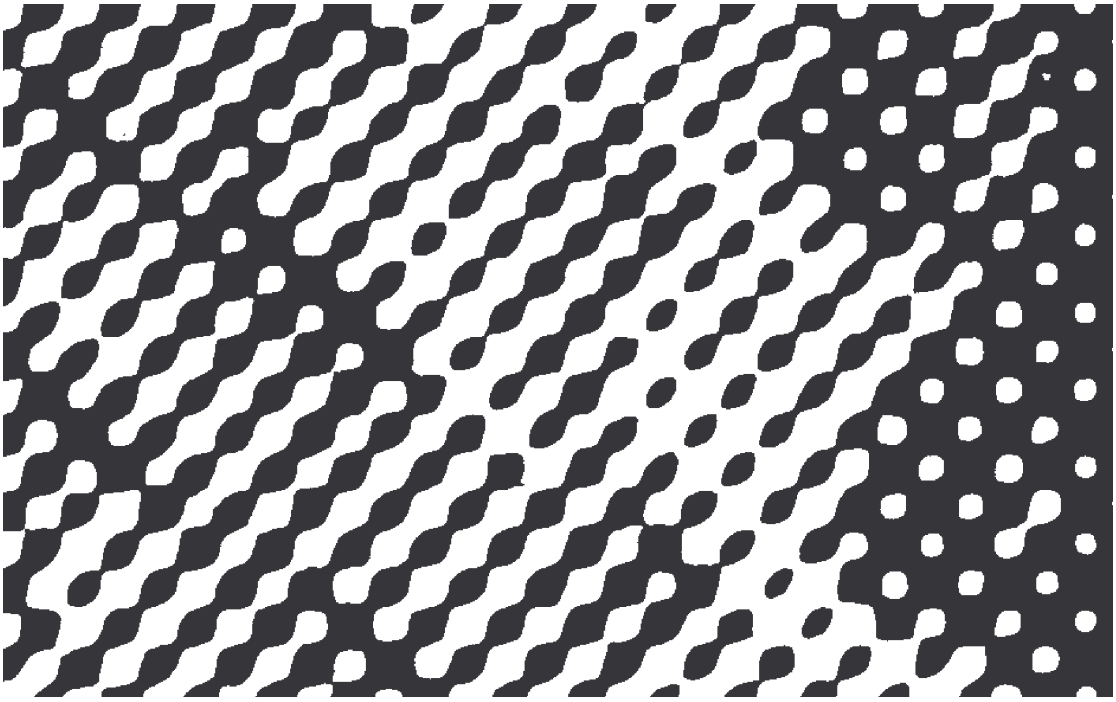
Rasterstrukturen (e)



Rasterstrukturen (f)



Rasterstrukturen (g)



Rasterstrukturen (h)

Die Anzahl Linien pro cm eines Punkt- oder Linienrasters wird als **Rasterweite** oder **Lineatur**[1] bezeichnet. Die Druckverfahren, und vor allem die zu bedruckenden Papiere setzen der Feinheit der verwendeten Raster ganz bestimmte Grenzen. Sehr grobe Raster, wie sie etwa beim Drucken von Zeitungen eingesetzt werden, haben Rasterweiten zwischen etwa 20 und 34 Linien pro cm (lin/cm). Für Arbeiten mit normaler Qualität werden etwa Raster zwischen 40 und 60 lin/cm eingesetzt. Für ganz spezielle Arbeiten auf hochgestrichenem Kunstdruckpapier werden auch feinere Raster verwendet, deren Rasterweiten in ganz extremen Fällen bis zu 120 lin/cm reichen können. Man bedenke, dass sich die Anzahl von Punkten pro cm^2 verhalten wie das Quadrat der Rasterweiten. So hat etwa ein 48-er Raster 2304 Punkte pro cm^2 während der 24-er Raster nur deren 576 hat. Andererseits muss beachtet werden, dass grobe Raster unter denselben Druckbedingungen die Wiedergabe eines grösseren Tonwertumfanges erlauben als feinere Raster, wie man aus dem folgenden Zahlenbeispiel ersieht: Wenn etwa der Minimalpunkt, der bei einem 48-er Raster auf einem bestimmten Papier noch gedruckt werden kann, einem Rastertonwert von 10 % entspricht und analog der Maximalpunkt 80 % entspricht, so entspricht die schwarze Fläche des Minimalpunktes des 48-er Rasters einem Rastertonwert von 2,5 % bei einem 24-er Raster. Analoges geschieht mit der 20 %-igen weissen Fläche des 48-er Rasters, die zu einer 5 %-igen Fläche des 24-er Rasters wird. Der entsprechende Tonwertumfang beim 24-er Raster reicht also jetzt von 2,5 % bis 95 %.

Der Übereinanderdruck zweier oder mehrerer regelmässiger Raster kann zu Interferenzerscheinungen führen, die man als **Moiré** bezeichnet. Das Moiré ist vergleichbar mit dem Effekt, den wir beobachten, wenn wir etwa einen Lattenzaun durch einen anderen Lattenzaun betrachten. Um die Moiré-Effekte bei Punktrastern auf ein Minimum zu beschränken, müssen beim Übereinanderdruck verschiedener Farben gewisse Winkel zwischen den einzelnen Rastern eingehalten werden. Ähnliches geschieht übrigens auch beim Neuaufrastern einer bereits gerasterten Vorlage. Für den Vierfarbendruck werden Rastersätze sowie kreisrunde Raster hergestellt. Eine gebräuchliche Winkelung beim Vierfarbendruck ist die folgende:

Cyan	15º
Schwarz	45º
Magenta	75º
Gelb	90º

Die Abbildung 'Moiré' zeigt den Moiréeffekt bei der Überlagerung zweier Rasterfelder unter einem spitzen Winkel.

---

[1] Die Lineatur wird oft im Zollmass angegeben. Ein Inch entspricht annähernd 2,54 cm.

Die acht Teile der Abbildung 'Margeriten' sind Reproduktionen in verschiedenen photomechanischen Techniken anhand eines Halbtonnegativs.

a) 'Normal' gerasterte Aufnahme.

b) Strichaufnahme (oder Linienaufnahme) auf 'Lith'-Material. (Eine Belichtung ohne Raster)

c) Zwei Belichtungen:
- Eine Belichtung ohne Raster.
- Eine Belichtung durch eine linierte Rasterfolie (also schwarze Linien auf weissem Grund, kein Kontaktraster, ohne Abstand zum Filmmaterial).

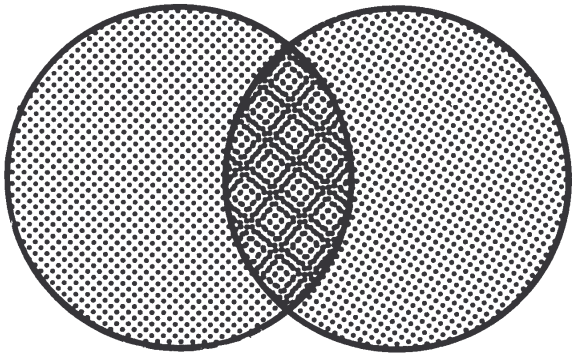
d) Drei Belichtungen:
- Eine Belichtung ohne Raster.
- Eine Belichtung durch eine linierte Rasterfolie.
- Eine zweite Belichtung durch die um 90º gedrehte Rasterfolie. (Gleiche Belichtungszeit bei der zweiten und der dritten Belichtung).

e) Gleicher Fall wie d), aber mit einer längeren Belichtungszeit bei der dritten Belichtung.

f) Eine Belichtung durch einen linearen Kontaktraster.

g) Zwei gleiche Belichtungen durch den um 90º gedrehten Kontaktraster.

h) Zwei verschieden lange Belichtungen durch den um 90º gedrehten Kontaktraster.



Moiré

In den Teilen b), c), d) und e) der Abbildung 'Margeriten' finden wir die in der Abbildung 'Die Strukturen des diskreten Autotypie-Verfahrens' schematisch dargestellten Strukturen.

Die tiefenvariablen Raster des Tiefdrucks werden im Kapitel über den Tiefdruck besprochen.

Margeriten (a)

Margeriten (b)

Margeriten (c)

Margeriten (d)

Margeriten (e)

Margeriten (f)

Margeriten (g)

Margeriten (h)

Als die ersten elektronischen Scanner für die graphische Industrie aufkamen, wurden die Farbauszüge gerastert, indem die Belichtungseinheit den auf einer Trommel aufgespannten photographischen Film durch einen Kontaktraster hindurch belichtete, welcher den ganzen Film bedeckte. Es wurden Sätze von verschieden gewinkelten Rastern eingesetzt, genau gleich, wie beim Aufrastern in der Kamera.

Später erschienen Modelle auf dem Markt, welche es erlaubten, die Grösse und Lage der Rasterpunkte rechnerisch zu ermitteln, so dass der Einsatz des Kontaktrasters hinfällig wurde. Die Form der Rasterpunkte hing nun von der Software ab und konnte freier gestaltet werden. Insbesondere entstand die sogenannte stochastische Rasterung, bei der alle Punkte dasselbe Format aufweisen, dafür aber statistisch verteilt werden.

Die stochastische Rasterung wird oft als FM[1]-Rasterung bezeichnet, in Analogie zum Rundfunk. Entsprechend wird die herkömmliche autotypische Rasterung mit AM[2] bezeichnet.

Die Wellen, welche die AM-Sendungen übertragen haben eine konstante Frequenz, nur die Höhen der Wellenberge (Amplituden) variieren. In einer graphischen Darstellung ist der Abstand zwischen den Wellen konstant, während sich die Höhen der Wellen nach der zu übertragenden Musik richten. Wenn wir entsprechend die Zentren der Rasterpunkte einer Autotypie mit einer geraden Linie verbinden, sind die Abstände konstant, während die Punktdurchmesser von den wiedergegebenen Tonwerten abhängen.

In einer Radioübertragung mit FM, variiert die Frequenz in Abhängigkeit von der Musik, während die Wellenberge alle gleich hoch sind. Und in einem stochastisch gerasterten Bild ist der Abstand zwischen den Punkten variabel, während alle Punkte die gleichen Ausmasse haben.

Die Idee des stochastischen Rasters ist nicht ganz neu: bereits um 1960 beschrieb Karl Scheuter, die Möglichkeit einer FM-Rasterung. Er verfügte aber noch nicht über die nötige elektronische Technologie, um seine Ideen zu realisieren. Ähnlich erging es Leibnitz, als er über die Möglichkeiten meditierte, eine Programmiersprache zu erschaffen. Um 1978 konnten zwei Schüler von Scheuter die ersten Algorithmen für eine FM-Rasterung erproben.

Der FM-Raster neigt nicht zur Bildung von Moiréfiguren, so dass das Problem der Rasterwinkelung dahinfällt. Andererseits stellen diese Raster hohe Anforderungen an die Kopiertechnik, so dass mancher Drucker eine grosse Enttäuschung erleben musste. FM-Raster sind ausschliesslich für qualitativ hochstehende Arbeiten geeignet.

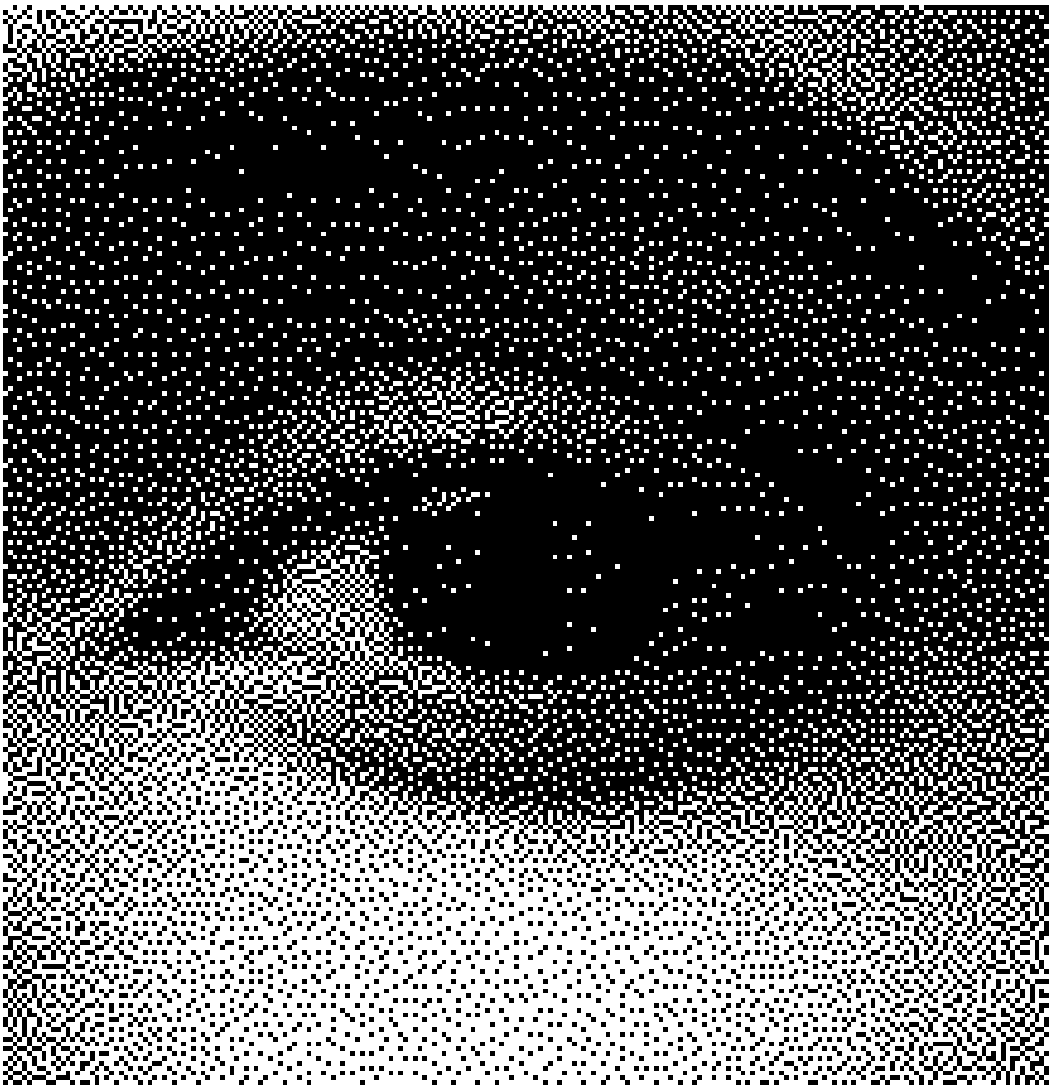
---

[1] Frequenz-Modulation.
[2] Amplituden-Modulation

Die meisten Autoren unterteilen heute die verschiedenen Rastersysteme (auch Dithering genannt) einesteils in geordnete und ungeordnete, andererseits in gruppierte und zerstreute Systeme, so dass die folgende Tafel entsteht:

	Geordnet	**Ungeordnet**
Gruppiert	**I**	**II**
Zerstreut	**III**	**IV**

Geordnet bedeutet, dass gewisse Muster immer wieder wiederholt werden.



Beispiel eines stochastischen Rasters[1]

[1] Die Abbildung wurde freundlicherweise von der Firma PrePRESS Solutions, Inc., zur Verfügung gestellt.

Wir erhalten so 4 verschiedene Gruppen, I, II, III und IV. Die Raster der Gruppe I gehören den Rastern der althergebrachten Autotypie an, wie sie zuerst mittels Glasrastern, später mit Kontaktrastern und bis heute auf elektronischem Wege erzeugt werden.

Die typischen stochastischen Raster gehören der Gruppe II an.

Das Dithering nach dem Algorithmus von Bayer entspricht der Gruppe III und die Algorithmen von Floyd und Steinbeck erzeugen die Muster der Gruppe IV. Die zerstreuten Muster haben in der herkömmlichen Druckindustrie keine grössere Bedeutung, wohl aber in Ink Jet und Laser Druckern.

In einem gleichen Farbauszug können verschiedene Raster kombiniert werden. Aber sogar in einem einzelnen Rasterbild können wir mitunter verschiedene Strukturen vorfinden. So haben einzelne Firmen Algorithmen erarbeitet, die in den Mitteltönen einen traditionellen Autotypieraster ergeben, der sich gegen die Lichter und die Schatten hin allmählich in einen FM-Raster verwandelt. Man spricht von *Hybridscreening*. So können die Nachteile, die bestimmte Raster in gewissen tonalen Zonen aufweisen, weitgehend umgangen werden.

Ein Problem, das sich bei der Reproduktion von gedruckten Vorlagen immer wieder ergibt, ist das Neuaufrastern bereits gerasterter Originale. Bei der herkömmlichen Methode galt es, einen geeigneten Rasterwinkel durch Probieren zu ermitteln und den alten Raster weitgehend zu vertuschen, indem man das Objektiv der Kamera ganz leicht aus der optimalen Schärfelage rückte. Moderne graphische Scanner bieten meist eine Entrasterungsfunktion, welche die originalen Grauwerte der Vorlage anhand der Rasterpunkte anzunähern sucht. Der sogenannte Gausssche Weichzeichner ist einer der einfachsten Algorithmen dieser Art.

Für gehobene Ansprüche werden für solche Fälle unter dem Namen *Copy-Dot* sogar spezielle Scanner angeboten, welche die Rasterung des Originals optimal interpretieren.

Der Hochdruck

Hochdruck ist der Sammelbegriff für alle Druckverfahren, bei denen die auf die Oberfläche einer Reliefdruckform (Druckstock, Platte oder Zylinder) aufgetragene Druckfarbe mit Hilfe einer Presse auf einen Papierbogen übertragen wird, der auf die Oberfläche der Form gepresst wird. Es gibt viele Systeme, um eine solche Druckform herzustellen; sie kann aus vielfältigen Materialien bestehen und wird auf einer sogenannten Hoch- oder Buchdruckpresse abgedruckt.

Der Hochdruck, wie übrigens auch das Papier, hat seinen Ursprung im alten China, wo anscheinend schon im zweiten vorchristlichen Jahrhundert ab gemeisselten Steinreliefs Abdrucke verwirklicht wurden. Die Chinesen experimentierten mit verschiedenen Materialien, wie etwa mit gebranntem Lehm, aber das Holz überlebte immer wieder die neuen Gravurmedien. Wenn auch anfänglich der Hochdruck fast ausschliesslich zum Veredeln von Stoffen angewandt wurde, so begann man ihn doch schon bald zur Herstellung grösserer Serien von bildlichen Darstellungen einzusetzen, und in Europa wurden ganze Bücher durch Schneiden der Texte aller Seiten in Holzplatten vervielfältigt. Der Text musste spiegelverkehrt geschnitten werden, da er beim Druck invertiert wird.

Die ersten europäischen Drucke stammen vermutlich aus dem XIII Jahrhundert. In jener Zeit diente der Holzschnitt (oder auch Xylographie), wie die Kunst, Hochdruckplatten aus Holz mit Hilfe spanabhebender Werkzeuge zu fertigen genannt wird, vor allem dem Druck von Heiligenbildern, Spielkarten und Kalendern. Das wohl älteste bisher bekannte Beispiel eines europäischen Holzschnittes ist der berühmte 'Bois Protat', der etwa von 1370 stammen soll.

Die ersten Blockbücher, wie man die Bücher nennt, deren Seiten von je einem einzigen Holzblock gedruckt wurden, fangen im XV Jahrhundert an zu erscheinen, so etwa die berühmte 'Biblia Pauperum', die nicht nur in ihrer lateinischen Originalversion, sondern auch in mehreren modernen Sprachen herausgegeben wurde. Die Illustrationen dieser Bücher waren verhältnismässig einfach gehalten und sehr oft zum manuellen Kolorieren vorgesehen. Noch wurde nicht versucht, in mehreren Farben zu drucken. Die Druckschriften jener Zeit waren meist Nachahmungen der Kalligraphie der Buchkopisten, da damals das gedruckte Buch keine besonders

freundliche Aufnahme fand, weder unter dem Publikum, noch vor allem unter den Kopisten, die in der Druckkunst (mit Recht) eine gefährliche Konkurrenz gewahrten, und ihre Auflehnung ging soweit, dass sie die Buchdrucker der Hexerei beschuldigten.

In jener Zeit wurden die Druckformen mit Farbballen eingefärbt und der Abdruck wurde mit einem Reiber oder auch mit einem harten Kissen vorgenommen, mit dem das Papier gegen die eingefärbte Form gedrückt wurde. Die damaligen Pressen waren so rudimentär, dass sie kaum Vorteile gegenüber diesem Verfahren boten. Die Presse, die der Deutsche Johannes Gutenberg (1400 (?)-1468) entwickelte, sollte die Drucktechnik in ganz neue Wege leiten. Gutenberg war vor allem auch der Erfinder der Typographie, also des Druckens mit beweglichen Typen (oder Lettern), die es erlauben, eine ganze Seite aus einzelnen in Relief geschnittenen oder gegossenen Elementen zusammenzusetzen (man nennt den Vorgang kurz: setzen), die je ein Zeichen des Alphabets oder der Interpunktion darstellen. Nach dem Abdruck einer solchen Seite werden die einzelnen Elemente, die Typen, wieder in die entsprechenden Fächer des Setzkastens zurückgelegt (abgelegt) und stehen so zum Setzen einer anderen Seite wieder zur Verfügung.

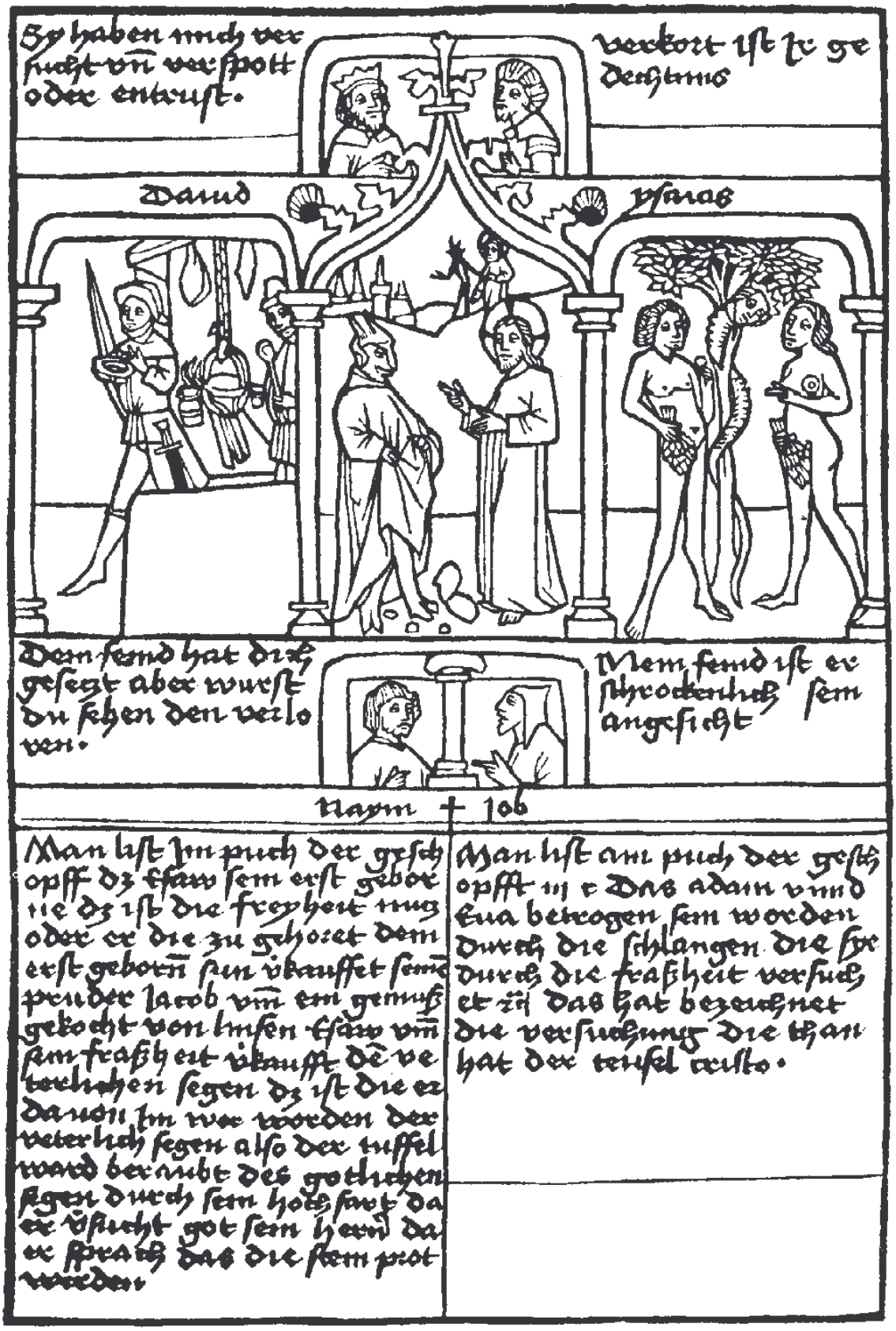
Die Chinesen verfügten bereits im XI Jahrhundert über ein Satzsystem, denn um 1045 druckte Pi Sheng mit Lettern aus gebranntem Ton. Die Chinesen jener Zeit verwendeten auch Kupferlettern, aber der Letternsatz konnte sich wegen der riesigen Anzahl verschiedener ideographischer Zeichen der chinesischen Sprache damals nicht durchsetzen. Um 1390 verwendeten die Koreaner Kupferlettern.

Es ist heute nicht mehr eindeutig abzuklären, ob die Idee des Einzelbuchstabensatzes von Gutenberg stammt, oder ob er über die chinesische Erfindung informiert war. Das Verdienst Gutenbergs beschränkt sich aber sicher nicht auf die Erfindung des Einzelbuchstabensatzes, ganz im Gegenteil: Gutenberg erfand ein einfaches, gutes Handwerkzeug zum Giessen der Lettern, und er fand eine Legierung aus Blei, Antimon und Zinn, die zum Giessen der Lettern so geeignet war, dass sie die wenigen heute noch tätigen Schriftgiessereien weiterhin in fast unveränderter Form verwenden.

In Europa blitzte die Idee des Einzelbuchstabensatzes in den Geistern mehrerer Erfinder jener Zeit auf, unter denen die folgenden Namen, ausser Gutenberg, besonders hervorragen: Der Holländer Lorenz Coster[1], der Italiener Panfilo Castaldi[2] und auch der Deutsche Johann Mentel[3].

---

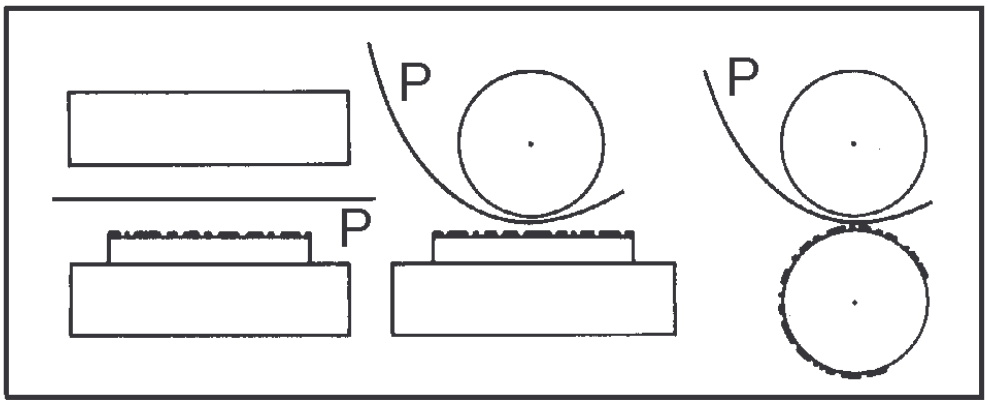
[1] (1370-1439/40).
[2] (1398-1490).
[3] (1410-1478).



Eine Seite aus der Biblia Pauperum

Gutenberg war nicht nur ein grosser Erfinder, sondern auch ein Drukker allererster Kategorie. Seine berühmte 42-zeilige Bibel von 1456 stellt eines der wichtigsten Monumente der Buchdruckerkunst aller Zeiten dar. Gutenberg war der erste einer ganzen Dynastie von deutschen Druckern, die mit Johann Fust, Schöffer[1] und Koberger[2] ihre Fortsetzung fand. Anscheinend waren Fust und Schöffer die ersten Drucker, die im Jahre 1457 zweifarbige Initialen druckten.

Im Prinzip gibt es drei charakteristische Arten, die Druckfarbe einer Hochdruckform auf das Papier zu übertragen, und nach dieser Unterteilung, die durch unsere Abbildung veranschaulicht wird, werden die Hochdruckpressen klassifiziert.

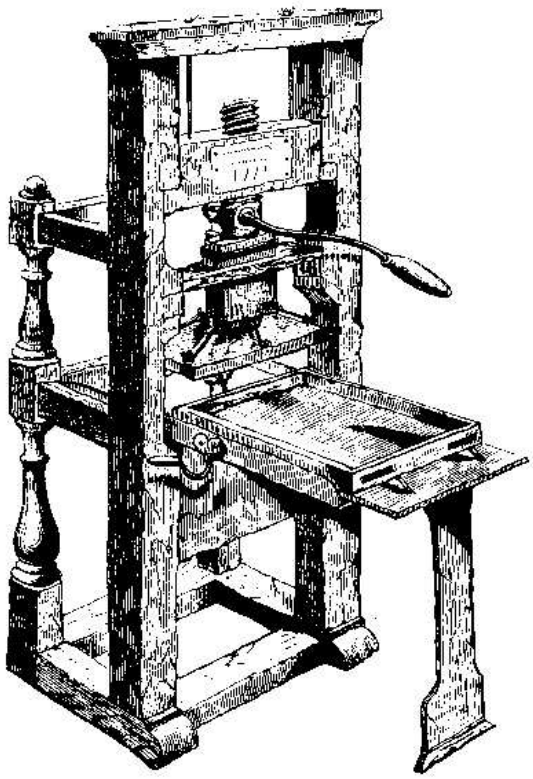


Die Maschinen der ersten Gruppe arbeiten mit einer ebenen Druckform und auch das Papier liegt während des Abdruckes auf einer ebenen Fläche, so dass der Druck gleichzeitig auf die ganze Oberfläche des Druckstocks ausgeübt wird. Die Hochdruckpressen vor dem XIX Jahrhundert sind durchweg nach diesem Prinzip gebaut, wenn man von der einen oder anderen Zeugdruckpresse absieht. Die Pressen mit senkrechter Druckrichtung, auch als Handpressen bezeichnet, sind allmählich aus der Presse von Gutenberg entwickelt worden, die ihrerseits noch deutlich an ihre Vorgängerinnen, die Wein- und Ölpressen mahnte. Bei den senkrechten Pressen handelt es sich fast ausschliesslich um manuelle Pressen, bei denen der Druck über einen horizontal angebrachten Bengel verabfolgt wird. Eine solche Handpresse wird in der nächsten Abbildung dargestellt.

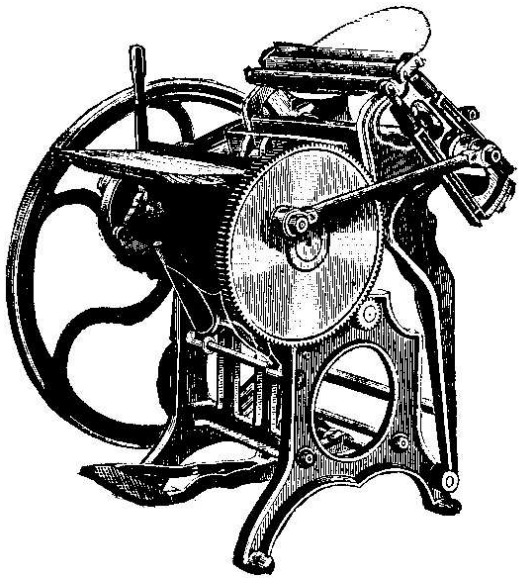
Bei den Tiegeldruckpressen wirkt die den Druck ausübende Platte, Tiegel genannt, in waagerechter Richtung und öffnet sich anschliessend wie eine Art Scharnier oder Schere. Die Abbildung oben stellt neben der

[1] Peter Schöffer (1425-1502).
[2] Anton Koberger (1440-1513).

Handpresse eine Tiegeldruckschnellpresse dar. Während bei der Handpresse die Druckfarbe von Hand, mit einem speziellen Tintenballen oder auch mit einer Walze aufgetragen wird, verfügen die Tiegeldruckschnellpressen über eine mechanische Einrichtung, die den Druckstock automatisch mit Gummi- oder Gelatinewalzen einfärbt. Dieses Einfärben geschieht in offener Stellung der Druckmaschine; gleichzeitig hat der Drucker etwa zwei Sekunden Zeit, das bedruckte Blatt gegen ein zu bedruckendes leeres auszuwechseln, das anschliessend bei geschlossener Stellung der Maschine gegen den Druckstock gepresst wird. Während sich der Tiegel dem Druckstock nähert, ziehen sich die Farbwalzen von der Oberfläche der Form zurück und holen auf einem Tellerfarbwerk oder auf einem Zylinderfarbwerk die benötigte Druckfarbe. Eine manuelle Tiegeldruckschnellpresse erlaubt bis zu etwa 1500 Blatt pro Stunde zu bedrucken.



Handpresse



Tiegelpresse

Automatische Tiegeldruckpressen arbeiten mit einem automatischen Anlegeapparat, der das Papier automatisch Blatt für Blatt auf den Tiegel befördert. Mit speziellen Klammern wird das jeweils bedruckte Blatt vom Tiegel übernommen und sauber aufgestapelt. Mit einer automatischen Tiegeldruckschnellpresse, wie dem berühmten Heidelberger Modell, können unter optimalen Bedingungen bis zu 6000 Drucke pro Stunde ausgeführt werden.