Jahrbuch 2012

Verein Deutscher Druckingenieure e.V

Mohn - Fuchs - Schläpfer - Messer - Walther -
Haller - Dörsam - Happel - Haas - Afara - Todenhöfer - Holderried

Was haben ein Anilox-Farbwerk und ein Wankel-Motor gemeinsam? –
William H. Bullock, Erfinder der „Endlos-Rotation“ –
Möglichkeiten zur Erweiterung des Fabraums –
Geschichte des rasterlosen Offsetdrucks –
Bestimmung von Verzahnungssteifigkeit und -spiel aus Meßdaten nichtlinearer
Drehschwingungen in Bogenoffsetdruckmaschinen –
Technologielebenszyklusbetrachtungen am Beispiel der Offsetdrucktechnologie –
Die Armseligkeit eines Rasterpunktes - Aus dem Fundus der Rastertechnologie –
Nanografie - oder Indigo II? –
LED-basierte Messung der Lichtstreuung in Papieren für Druckanwendungen –
Untersuchungen zum Verdrucken von Interferenzeffektfarben –
Untersuchungen zur Erhöhung der Lichtechtheit eines mit
sublimierbaren Druckfarben bedruckten Polyestersubstrates –
Verpackungen – know-how ist gefragt –
Das Letzte zur Branche –

Verein Deutscher Druckingenieure e.V.

Jahrbuch der Druckingenieure 2012

Impressum
Verein Deutscher Druckingenieure e.V.
Magdalenenstrasse 2
64289 Darmstadt
Telefon: 06151 /16 20 32
Fax: 06151 /16 36 32
E-Mail: kontakt@vdd-net.de
Internet: http://www.vdd-net.de

Redaktion:
Dr. h.c. Dipl.-Ing. (FH) Siegbert Holderried,
Prof. Dr.-Ing. Gunther Hübner
Dipl.-Ing. Boris Fuchs
Prof. Dr. Karl Schaschek
Dipl.-Ing. Roger Starke
Dipl.-Ing. Rudolf Uhrig M.Sc.

Herausgeber
Dr. h.c. Dipl.-Ing. (FH) Siegbert Holderried
Verein Deutscher Druckingenieure e.V.

© Verein Deutscher Druckingenieure e.V.

ISSN-Print 2194-9409
ISSN-Internet 2194-9425

Die Beiträge stellen ausschließlich die Meinung der Autoren dar.

Inhaltsverzeichnis

Dipl.-Ing Karlheinz Mohn **5**
Vorsitzender des VDD - Einführung

Dipl.-Ing. Boris Fuchs, Frankenthal **7**
Was haben ein Anilox-Farbwerk und ein Wankel-Motor gemeinsam?

Dipl.-Ing. Boris Fuchs, Frankenthal **28**
William H. Bullock, Erfinder der „Endlos-Rotation“

Prof. Dr. Kurt Schläpfer, St. Gallen **41**
Möglichkeiten zur Erweiterung des Fabraums

Prof. Dr. Kurt Schläpfer, St. Gallen **49**
Geschichte des rasterlosen Offsetdrucks

Dr.-Ing. Markus Messer, Heidelberg **59**
Bestimmung von Verzahnungssteifigkeit und -spiel aus Meßdaten nichtlinearer Drehschwingungen in Bogenoffsetdruckmaschinen

Dipl.-Ing. Thomas Walther, Krefeld **75**
Technologielebenszyklusbetrachtungen am Beispiel der Offsetdrucktechnologie

Prof. Dr.-Ing. Karl Haller, Zorneding **87**
Die Armseligkeit eines Rasterpunktes - Aus dem Fundus der Rastertechnologie

Prof. Dr.-Ing. Edgar Dörsam **97**
Nanografie - oder Indigo II?

Dr. Kathrin Happel, Krefeld **99**
LED-basierte Messung der Lichtstreuung in Papieren für Druckanwendungen

Dr.-Ing. Martin Haas **106**
Untersuchungen zum Verdrucken von Interferenzeffektfarben im Flexodruckverfahren

Dr.-Ing. Imadeddine Afara **117**
Untersuchungen zur Erhöhung der Lichtechtheit eines mit sublimierbaren Druckfarben bedruckten Polyestersubstrates

Dipl.-Ing Klaus Todenhöfer, Bielefeld **123**
Verpackungsdruck

Dr. h.c. Dipl.-Ing. Siegbert Holderried, Frankfurt **127**
Das Letzte zur Branche

Aktuelles zum VDD - **137**
Der Druckspiegel berichtete

Fördernde Mitglieder

Druckfarbenfabrik Flint-Schmidt GmbH
Gaugrafenstr. 4-8
60489 Frankfurt am Main

Felix Böttcher GmbH & Co.
Stolberger Straße 351-353
50933 Köln

Forschungsgesellschaft Druckmaschinen e.V.
Lyonerstr. 18
60528 Frankfurt

Heidelberger Druckmaschinen AG
Kurfürsten-Anlage 52-60
69115 Heidelberg

Koenig & Bauer AG (KBA)
Friedrich-Koenig-Str. 4
97080 Würzburg

manroland Druckmaschinen AG
Mühlheimer Str. 341
63075 Offenbach

Windmöller & Hölscher
Münsterstraße 50
49525 Lengerich

Ehrenmitglieder

Dipl.-Ing. Boris Fuchs
Professor Senator Dr.-Ing Harry M. Greiner
Dr. h.c. Dipl.-Ing. (FH) Siegbert Holderried
Dipl.-Ing. Rudolf Uhrig M.Sc.
Dr. rer. pol. Rolf Seißer

Prof. Dipl.-Ing. Karl Scheuter † 2012
Dr. rer. pol. Dr.h.c. Dr.E.h Kurt Werner
† 2005

Grusswort
des Vorsitzeden des Verein Deutscher Druckingenieure e.V.

Dipl.-Ing. Karlheinz Mohn

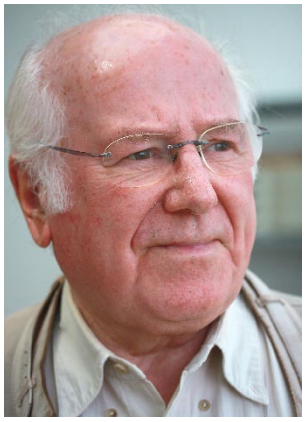
Liebe Mitglieder, werte Freunde des VDD!

Sie halten nun das Jahrbuch der Druckingenieure 2012 in Ihren Händen und dürfen sich erneut über eine gelungene Sammlung von interessanten Beiträgen zur Druckindustrie freuen.
Auch wenn es noch nicht vorbei ist, so kann schon jetzt festgestellt werden, dass 2012 für unsere Branche ein schwieriges und ereignisreiches, vielleicht sogar ein wegweisendes, Jahr ist.
Viele Betriebe des Druck- und des weiterverarbeitenden Gewerbes durchlebten und durchleben wirtschaftlich schwierige Zeiten. Einige mussten das Insolvenzverfahren beantragen, konnten neustrukturiert und (zumindest vorerst) gerettet werden, mehrere mussten jedoch den Betrieb komplett einstellen. Doch auch auf der Seite des Handels und des Maschinenbaus sind die Schieflagen deutlich zu erkennen. Die Insolvenz der manroland AG ist sicherlich das bekannteste Beispiel. Auch der Fall der schwäbischen Kuvertier- und Falzapparatebauers MB Bäuerle und des grafischen Fachhändlers Grafitech (Frankfurt) zeigen die Probleme deutlich.
Stagnierende Marktvolumina (in einigen Bereichen gar rückläufig), hoher Preis- und Kostendruck, ruinöser Wettbewerb, hohe Leistungsfähigkeit der neuesten Produktionsanlagen und der strukturelle Wandel in der Druckindustrie lassen die Luft zum Atmen immer dünner werden.

Ein absoluter Höhepunkt des Jahres war die drupa im Mai in Düsseldorf. Sicherlich, nicht alles was glänzte war Gold, doch ein wenig Zuversicht und Aufbruchstimmung konnten in den zwei Wochen am Rhein geschöpft werden. Qualitativ gute Gespräche, konkrete Aufträge, usw. spiegeln einen positiven Trend wieder.
Dieser positive Trend ist jedoch kein Selbstläufer, es liegt in unserer aller Händen, hieraus wirtschaftliches Kapital zu schlagen und unsere Firmen und unsere Branche weiterzuentwickeln. Keiner sollte es unterlassen, seine angefangenen Hausaufgaben zu Ende zu bringen.
Technisch im Fokus der meisten drupa-Besucher standen die Aussteller rund um die „digitale Druckproduktion“. Als wahrer Straßenfeger erwies sich der Auftritt der israelischen Landa Corporation mit der Vorstellung des Nanographic-Verfahrens, auch wenn diese Technik noch nicht ausgereift und erst gegen Ende 2013 zu haben ist.
Entgegen früherer Jahre ist die Frage nach der Zukunft des Druckens merklich leiser geworden. Weil der Druck sich im Medienmix nachdrücklich etabliert hat und Bestandteil von Gegenwart und Zukunft ist.
Gestatten Sie mir noch einige Worte zum VDD. Der Verein Deutscher Druckingenieure ist ein lebendiger Verein, auch und vor allem in diesen turbulenten Zeiten. Im vergangenen Jahr konnten wir erstmals eine Mitgliederzahl von 200 vermelden. Auch dieses Jahrbuch ist ein Beleg für die Agilität des Vereins, erscheint es nun doch bereits zum fünften Mal in Folge. Mein Dank gilt allen Autoren für ihre hervorragenden Beiträge und dem Organisator, unserem Ehrenmitglied Dr. Siegbert Holderied für seinen unermüdlichen Einsatz.

Herzlichst, Ihr
Karlheinz Mohn

Dipl.-Ing. Boris Fuchs, Frankenthal
Was haben ein Anilox-Farbwerk und ein Wankel-Motor gemeinsam?



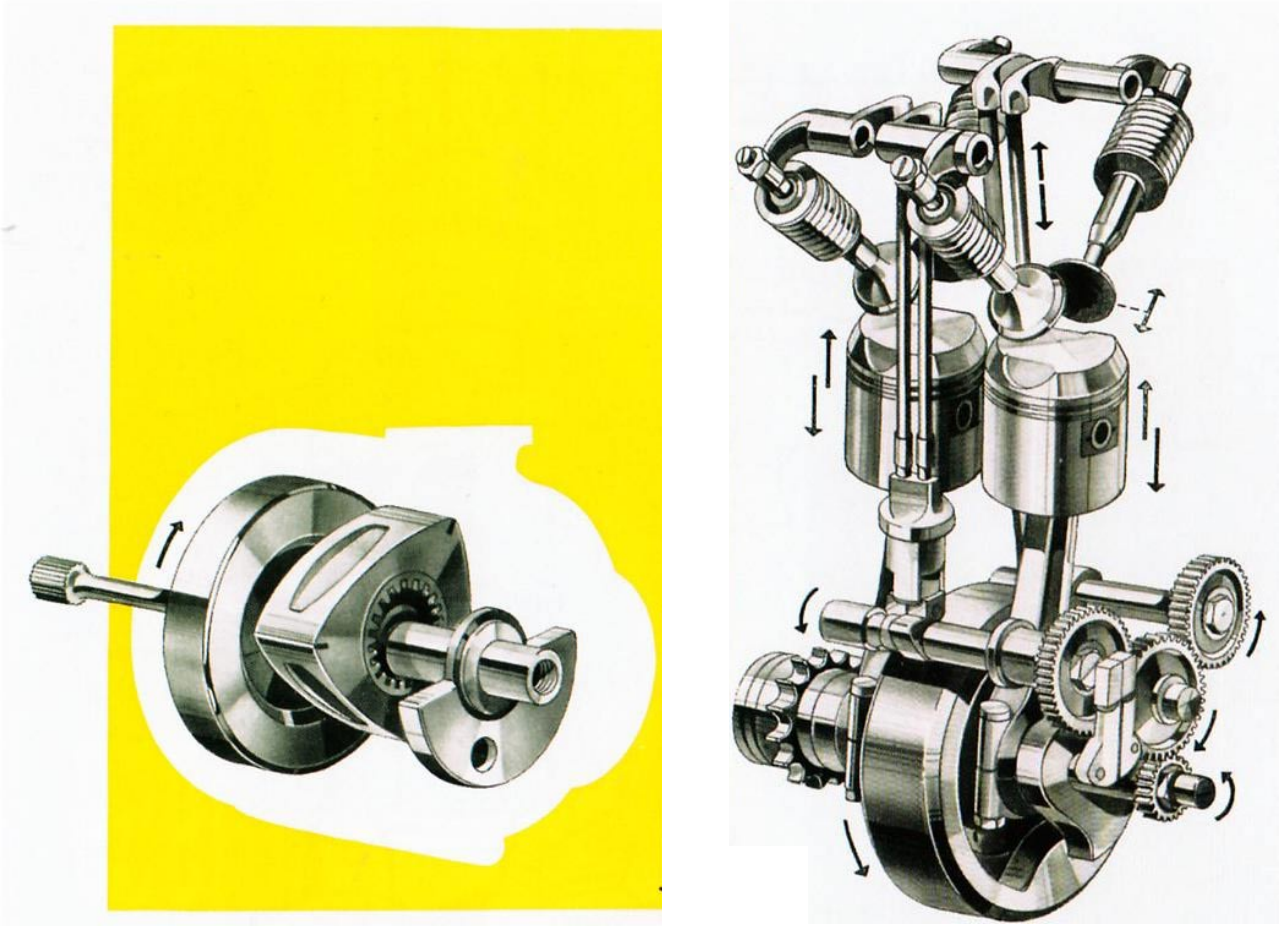
Geboren 1933 in Rybinsk an der Wolga (temporäre Tätigkeit des Vaters dort im Druckmaschinenkombinat Jagoda), Abitur 1953 am Neusprachlichen Gymnasium in Frankenthal, danach Maschinenbau-Studium mit der Spezialisierung auf Druckmaschinen und Druckverfahren an der Technischen Hochschule Darmstadt (heute Technische Universität), Abschluss als Dipl.-Ing., über 25 Jahre Tätigkeit als Entwicklungs-Konstrukteur, Abteilungsleiter und Vorstandsmitglied in der Druckmaschinenindustrie, davon 10 Jahre im Ausland (Schweiz). Die letzten 15 Jahre vor der Pensionierung 1998 in leitender Position bei IFRA in Darmstadt (Internationale Forschungsorganisation Zeitungs- & Medientechnik). Jetzt im Ruhestand als Hobby Forschung auf dem Gebiet der Technikgeschichte betreibend. Ehrenmitglied des VDD, der IARIGAI und des Fördervereins des Karolinen Gymnasiums Frankenthal.

Ein geschichtlicher Rückblick auf zwei geniale Erfindungen, die wegen Kinderkrankheiten vom Markt nicht angenommen wurden. Es sei denn…

Stellen Sie sich einen Wasserbehälter vor, aus dessen Loch am Boden eine bestimmte Wassermenge für einen bestimmten Verwendungszweck dosiert austreten soll. Damit der Behälter dabei nicht über- oder trockenläuft, muss der Zufluss über einen Wasserhahn genau eingestellt werden. Dies ist gewiss kein leichtes Unterfangen und doch findet dieser Vorgang dem Prinzip nach in jedem konventionellen Farbwerk statt und das nicht nur in einem „Behälter“, sondern in mindestens zwei Dutzend über die Breite eines Druckwerks und in Hunderten, wenn nicht Tausenden in einer großen Druckereianlage. Würde man hingegen ohne den Behälter, sprich den Walzenstuhl mit seiner großen Oberfläche auskommen können und das Loch am Boden des im Bild gewählten Behälters über einen Schlauch direkt mit dem Zufluss verbinden, so könnte man ohne den so feinfühlig einzustellenden Wasserhahn auskommen, denn die Verbrauchsstelle würde ihren Verbrauch selbsttätig regeln.

Mit solchen Gleichnissen versuchte man werbend die Funktionsweise von kurzen Anilox-Farbwerken, die keine Farbschraubeneinstellungen mehr benötigten, gegenüber konventionellen Walzenstuhl-Farbwerken mit ihren vielen, genau einzustellenden Farbschrauben zu erklären. Es galt im Grunde, der Druckform statt der teils verbrauchten und deshalb partiell (über die Farbschrauben) aufzufüllenden Restfarbe immer einen neuen, gleichmäßigen, jungfräulichen Farbfilm anzubieten, der über die dosierenden Zellen einer Rasterwalze gebildet wurde, auf der vorher die Restfarbe mit einer Rakel entfernt wurde.

Ähnliches ist auch beim Verbrennungskraftmotor zu beobachten. Bei ihm werden Kolben in senkrecht stehenden Zylindern mittels Explosion eines Gas-Luft-Gemisches nach unten und durch Rückkoppelung wieder zurück bewegt. Um diese lineare Bewegung in eine rotierende umzuwandeln, ist wie bei der alten Dampfmaschine, bzw. der Dampflokomotive, umständlich ein Kurbelgetriebe mit Pleuelstangen und Kurbelwelle notwendig, damit die Räder des anzutreibenden Fahrzeugs rotieren können. Ein Ingenieur mit Namen Felix Wankel erfand zur Vermeidung dieses Umwegs einen Kreiskolben-Motor, in dem die Explosion des Gas-Luft-Gemischs den Kreiskolben rotieren lässt, wodurch die Räder des Fahrzeugs direkt angetrieben werden konnten.

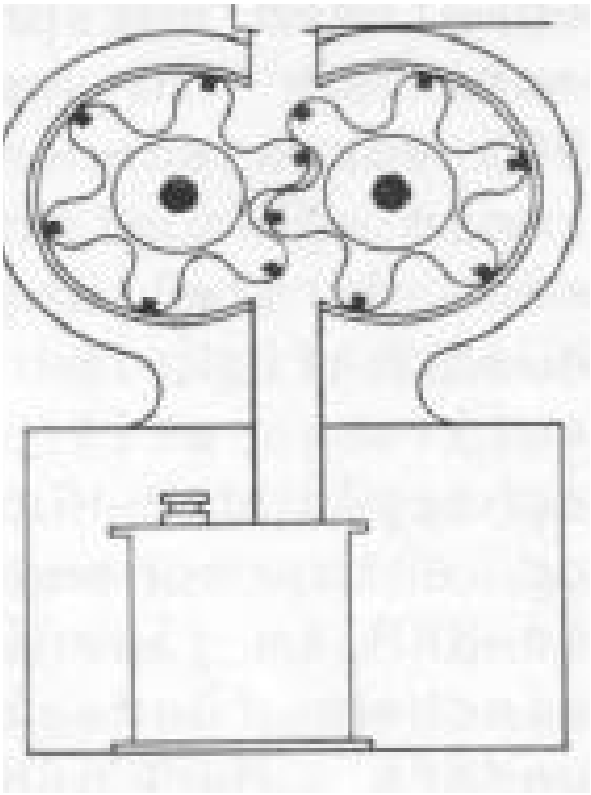


Die Gegenüberstellung von Wankel-Kreiskolbenmotor (links) und Zylindermotor mit Pleuelstangen und Kurbelwelle (rechts) zeigt den kompakten Aufbau von Ersterem.

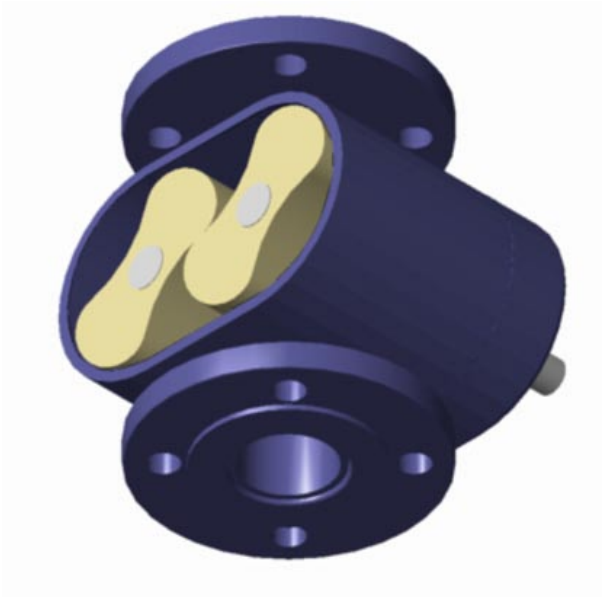
Beiden Erfindungen gemeinsam ist, dass sie wesentliche Vereinfachungen im mechanischen Aufbau der Maschinen ermöglichten, wodurch auf viele Maschinenelemente verzichtet werden konnte. Da die Einfachheit ein oberstes Ziel jeder Konstruktionslehre ist, sollte beiden eigentlich der Markerfolg sicher sein. Doch beiden Erfindungen ist auch gemeinsam, dass sie wegen mehr oder minder schwerer Kinderkrankheiten vom Markt nicht angenommen wurden. Beide mussten innerhalb kürzester Zeit gegen konventionelle Ausführungen angehen, die schon seit hundert und mehr Jahren bestehen und in dieser langen Zeit ihre Kinderkrankheiten sozusagen über Generationen hinweg ausmerzen konnten. Nachfolgend soll der Entwicklungsweg beider Erfindungen aufgezeichnet werden, um aus dem Vergleich dieser Fälle aus so unterschiedlichen Branchen, Schlüsse für die Entwicklungsplanungen der Zukunft zu ziehen.

Die Geschichte der Kreiskolbenmaschinen

Die Idee der Kreiskolbenmaschinen nahm ihren Anfang schon im 16. Jahrhundert beim Bau und der Konstruktion von Wasserpumpen. 1588 entwickelte der italienische Ingenieur Agostino Ramelli mehrere Kreiskolben-Wasserpumpen. Es handelte sich dabei um eine Umlaufkolbenmaschine, die einen Läufer mit zahnartigem Kolben enthielt, dessen Drehachse durch den Schwerpunkt ging. In den folgenden Jahrhunderten wurde die Drehkolbentechnik immer weiter verbessert und ausgefeilter und man baute immer mehr Pumpen, die mit dieser Technik betrieben wurden. Ein Beispiel hierfür ist die Zahnrad-



William Murdoch baute 1799 Pappenheims Zahnradpumpe zu einer Drehkolben-Dampfmaschine aus, indem er an den Zahnflanken Dichtleisten aus Holz einsetzte.



Der prinzipielle Aufbau und eine 3 D-Darstellung des Roots-Gebläses/Kompressors.

pumpe mit zwei kämmenden Zahnrädern, die Schöpfräder und Absperrventil zugleich sind und die schon 1636 von Gottfried Heinrich zu Pappenheim erfundene wurde, der damit eine Fontäne in seinem Park mit dem notwendigen Wasserdruck versah. Als Ölpumpen sind Zahnradpumpen vielerorts noch heute in Gebrauch, u. a. auch in Kraftfahrzeugen.

James Watt, der bekanntlich die Hubkolbendampfmaschine entscheidend weiterentwickelt und zum Durchbruch verholfen hat, versucht sich zeitlebens immer wieder an Kreiskolbenmaschinen und es gelang ihm 1782 eine Umlaufkolben-Dampfmaschine zu konstruieren, die einen flügelförmigen Läufer besaß und ein im Ringraum hin- und her schwingendes Absperrventil. William Murdoch, ein Mitarbeiter von James Watt, modifiziert 1799 Pappenheims Zahnradpumpe und baute damit eine Drehkolben-Dampfmaschine. Zur Dichtung versah er die Zahnkopfflanken mit Dichtleisten aus Holz. Mit dieser Dampfmaschine betrieb er Bohrmaschinen und Drehbänke in seiner Werkstatt. Die Maschine scheiterte jedoch am Ende an der ungenügenden Abdichtung, der fehlenden Dampfexpansion zum Anpressen der Dichtungen und ihrer Kurzlebigkeit. Interessant ist jedoch, dass man schon damals versuchte, vom Umweg mit Pleuelstange und Kurbelwelle wegzukommen.

Eine neu Variante ergab sich mit den (statt Zahnräder) zwei Epizykloide verwendenden Drehkolbengebläsen, wie sie 1860 von den Brüdern Philander und Francis Roots entwickelt und als so genannten Roots-Gebläse bzw. Roots-Kompressoren zur Winderzeugung in Hochöfen, aber auch für andere Anwendungen wie Vakuumpumpen, in industriellen Trocknungs- und Absauganlagen sowie zum Laden und Löschen von Schüttgütern wie Getreide, aber auch als Auflade- oder Spülgebläse bei Verbrennungsmotoren eingesetzt wurden und werden. Charles Parsons, der Erfinder der Dampfturbine, baute schließlich 1884 eine der ersten funktionsfähigen Kreiskolbenma-

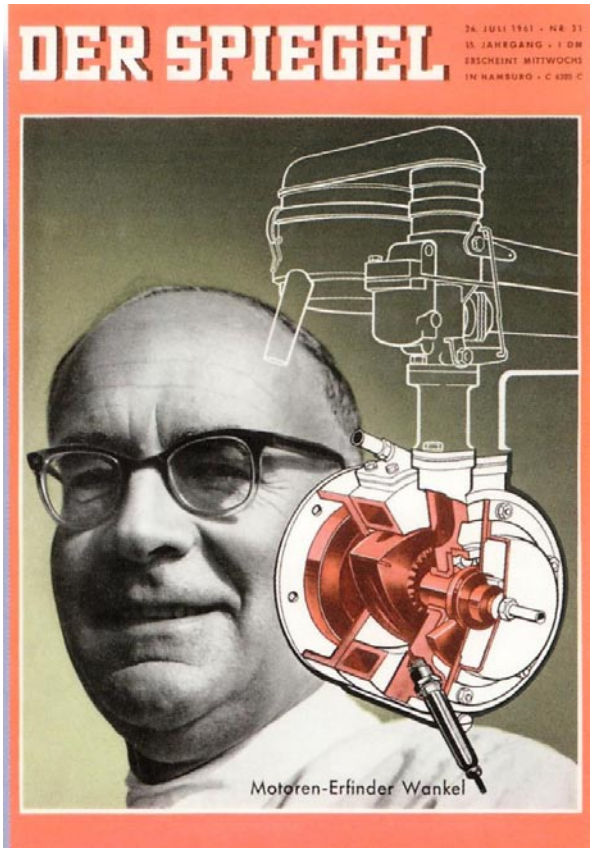
schinen mit Hubeingriff, die ähnlich einem Boxermotor funktionierte, indem zwei Kolben auf einem Verbindungsgestänge in einem Rotor saßen. Er betrieb damit Schiffsdynamos mit hoher Drehzahl.

1923 entstand eine erste thermische Kreiskolbenmaschine mit fünfeckigem Läufer bei Wallinder & Skoog in Schweden. Sie funktionierte mittels des Kämmens eines sternförmigen Läufers in einer äußeren Hypotrochoide als Zwei- und Viertakt-Verbrennungsmotors. Das Einkämmen besorgte allerdings nur die trochoidenartig geformten Zähne des fünfzackigen Läufers. Der Ein- und Auslass befand sich in den Seitenwänden und die Steuerung erfolgte über entsprechende Bohrungen im Kreiskolben.

Felix Wankel schloss eine lange Vorgeschichte der Kreiskolbenmaschinen ab

1929 gelang es Felix Wankel die erste außenachsige Kreiskolbenmaschine mit Hubeingriff zu konstruieren. Der Hubeingriff ermöglichte ihm die Verwendung der bewährten Kolbenringe, zu der Zeit das einzige brauchbare Dichtungselement aus Wärmekraftmaschinen. Der Name Felix Wankel sollte fortan die Entwicklung des Kreiskolbenmotors bestimmen, es erscheint deshalb sinnvoll sein Leben hier etwas genauer zu beleuchten.

Felix Wankel wurde am 13. August 1902 in Lahr als einziges Kind von Gerty Wankel, geb. Heidlauff, und dem Forstassessor Rudolf Wankel geboren. Der Vater fiel 1914 im Ersten Weltkrieg. Im Jahr darauf zog die Witwe mit dem Sohn nach Heidelberg. Felix Wankel besuchte Gymnasien in Donaueschingen, Heidelberg und Weinheim, die er ohne Abschluss 1921 verließ. Er begann zunächst eine Lehre als Verlagskaufmann im Heidelberger Verlag Carl Winter. Dort wurde er 1926 im Zuge wirtschaftlicher Probleme entlassen. Begabt von Kindheit an mit einem genialen räumlichen Vorstellungsvermögen, begeisterte sich der Autodidakt und Nichtmathematiker, „bei



Felix Wankel schaffte es 1961 mit seinem Motor auf die Titelseite des Spiegel zu kommen.

den vier Grundrechnungsarten hört es bei mir auf“, sagte er über sich selbst, schon früh für die Welt der Verbrennungskraftmaschinen.

An einem 1924 in der Firma Paki, einer nach seinem Freund und späteren Mitarbeiter Paul Kind benannte Hinterhofwerkstatt, mit Freunden gebauten Dreiradfahrzeug mit Zwei-Zylinder-V-Motor („Teufelskäfer“) störte ihn das durch freie Massenkräfte ausgelöste „Schütteln“ so sehr, dass der Gedanke an Kreiskolben-Verbrennungsmotoren für ihn zur fixen Idee wurde. Damit begann Wankel mit der systematischen Suche nach einer geeigneten Bauform für einen solchen Motor. Sie musste einen Zweitakt-, besser noch einen Viertakt-Verbrennungsprozess ermöglichen und räumlich „abdichtbar“ sein. Auf seiner Suche stellte Wankel fest, dass sich bereits eine Vielzahl von Erfindern (darunter z. B. James Watt, s. o.) mit der Idee einer Kreiskolbenmaschine befasst hatten.

Eine äußerst schwierige Hürde waren die Abdichtung der verschiedenen Gase zwischen den Arbeitsräumen des Motors und die Verteilung der Schmierstoffe zwischen aufeinander gleitenden Flächen bei hohen Temperaturen und Geschwindigkeiten. Bis zum Ende der Zwanziger Jahre hatte Wankel entdeckt, dass es der Gasdruck war, welcher die Dichtungen in einem herkömmlichen Motor an die Zylinderwand presst. Durch diese umwälzende Erkenntnis gelangte Wankel zu einem gewissen Bekanntheitsgrad und in den Dreißiger Jahren zum Titel „Deutschlands erster Abdichter" bzw. „Reichsabdichter".

Wankel vertiefte in der Folgezeit seine Experimente mit Drehschiebersteuerungen, eine alternativen Gaswechselsteuerung zu den bekannten Ventilen. Nach der Aufgabe der Heidelberger Werkstatt aus finanziellen Gründen zog er nach Lahr, um im Haus seiner Mutter in einer Versuchswerkstatt die Theorie dieser Steuerteile in die Praxis umzusetzen. Dort entstand die Idee für den DKM 32, einen Kreiskolbenmotor, welcher 1933 patentiert wurde. Der Motor lief zwar nur kurze Zeit, eignete sich aber als Kompressor. Er lieferte einen Druck von 5 bar bei 1000 U/min, was ein Verdienst der ersten räumlich verlaufenden Dichtgrenze war. Diese Kenntnisse führten 1934 zu einem Forschungsvertrag von BMW in München zu Drehschiebersteuerungen für herkömmliche Verbrennungskraftmaschinen. Es entstand hierbei die so genannte Langkolbenmaschine, eine außenachsige Kreiskolbenmaschine, in der sowohl eine gedrängte Brennkammerform als auch eine lückenlose, fugenlose Abdichtung mittels einer Dichtgrenze erreicht wurde. Obwohl diese Maschine gut verdichtete und taktrichtig zündete, wurden die Versuche damit eingestellt.

Ab 1936 arbeitete Wankel mit dem Reichsluftfahrtministerium zusammen. Zu diesem Zweck gründete er die Wankel-Versuchs-Werkstätten (WVW) in Lindau am Bodensee. Dort brachte er für die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) in Berlin in kürzester Zeit mit seiner Drehschiebersteuerung den Siemens-Fünfzylinder-Sternmotor zum Laufen. Der spätere Leiter der Motorenentwicklung von Mercedes-Benz, Wolf-Dieter Bensinger, legte einen Bericht darüber dem Staatssekretär Erhard Milch vor, der damit zu Reichsminister Hermann Göring ging. „Dieser Mann ist großzügigst zu unterstützen" war seine Anweisung, worauf Felix Wankel in seiner Wankel-Versuchs-Werkstatt (WVW) mit Unterstützung von ganz oben eine eigene und erfolgreiche Forschungsabteilung gründen konnte. Von 1936 bis 1941 entwickelte er mehrere Drehschiebersteuerungen für Junkers-, BMW-, Siemens- und Daimler-Flugmotoren. Auch konstruierte er neuartige Bootsformen („Zisch"), die das Interesse der Marineleitung und der Waffen-SS weckten. Die Wankel-Versuchs-Werkstätten und Forschungsabteilung in Lindau am Bodensee waren zu einem kriegswichtigen Rüstungsbetrieb geworden.

Felix Wankels Stern ging erst in der Nachkriegszeit auf

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden die Wankel-Werkstätten 1945 von französischen Besatzungstruppen demontiert und Felix Wankel wegen seiner Tätigkeit für kurze Zeit inhaftiert. Nach seiner Entlassung belegte man ihn mit einem vorübergehenden Forschungsverbot. 1951 nahm Felix Wankel alte Verbindungen wieder auf und begann eine Zusammenarbeit mit den Goetze-Werken in Burscheid. Es folgte der Abschluss eines Forschungsauftrags mit NSU zur Entwicklung von Drehschiebersteuerungen, der kurz darauf auf Kreiskolbenmaschinen erweitert wurde. Felix Wankel ging nun gezielt auf die Suche nach einer hochdrehfähigen Kreiskolbenmaschine. Er verhandelte 1954 für eine Auswertung der DKM 53 als Kompressor mit der Firma Borsig. Borsig und NSU einigten sich danach auf eine Interessenabgrenzung, nach der NSU das Gebiet der Kraftmaschinen

Der NSU Ro 80 mit Wankelmotor avancierte in den 1960/1970er Jahren zum Kult-Fahrzeug für Technikbegeisterte.

und Borsig das Gebiet der Arbeitsmaschinen bearbeiten sollten.

Der NSU-Ingenieur Hanns Dieter Paschke entwickelte 1956 aus dem Versuchspressluftmotor (Arenamaschine) den Kreiskolbenkompressor DKK 56, der einen 50-cm³-Zweitakt-NSU-Quickly-Motor auf die damals überragende Leistung von 13,5 PS auflud und mit 196 km/h den Weltrekord eines „Baumm'schen-Liegestuhl II" ermöglichte – so nannte man den flachen NSU-Rennwagen, in dem der Fahrer mehr lag als saß. Die Art des Laders wurde geheim gehalten, was zu allerlei Spekulationen Anlass gab.

Am 1. Februar 1957 kam der erste praxistaugliche Wankel-Kreiskolbenmotor auf den Prüfstand der NSU-Forschungsabteilung in Neckarsulm. Mit verbesserter Kühlung und Abdichtung erreichte er bei einer Kammergröße von 125 cm³ eine Leistung von 29 PS bei einer Drehzahl von 17 000 U/min. Am 19. Januar 1960 wurden dem Fachauditorium einer VDI-Tagung in München die Ergebnisse der seitherigen Forschung & Entwicklung präsentiert. Ein Kreiskolbenmotor mit 250 cm³ wurde für Versuche unter Straßenbedingungen in einen NSU-Prinz III eingebaut.

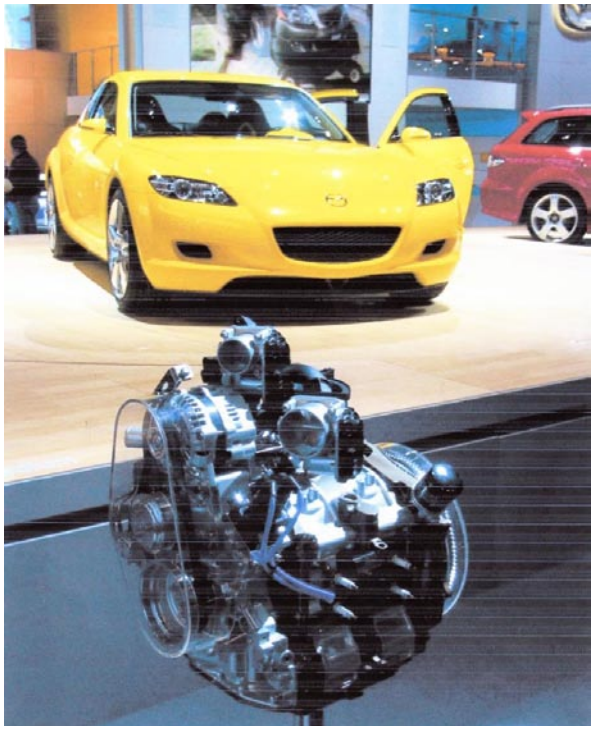
1962 kündigte NSU mit dem KKM 150 den ersten Serien-Kreiskolbenmotor an. Ein Jahr zuvor, 1961, hatte der japanische Automobilhersteller MAZDA eine Lizenz für den Nachbau des Kreiskolbenmotors von NSU/Wankel erworben. 1963 baute MAZDA den ersten Prototyp eines Wankelmotors für den „Cosmo Sport" mit einem Kammervolumen von 2 x 400 cm³. Im Sommer des gleichen Jahres stellte NSU das erste Automobil der Welt mit Kreiskolbenmotor der Öffentlichkeit vor: den NSU-Spider. Schon 1964 auf der Internationalen Automobil-Ausstellung IAA in Frankfurt folgte der NSU-Wankelmotor mit 2 x 500 cm³ und 115 PS Leistung, der für den Reisewagen Ro 80 geplant war, der zur IAA 1967 vorgestellt wurde. Das „Ro" im Namen stand für Rotationskolben.

Noch im gleichen Jahr 1967 begann die Serienproduktion des Ro 80 im Werk Neckarsulm. Neben dem Motor gefiel sein modernes Design, dessen Keilform für viele nachfolgende Modelle Vorbild wurde. Der NSU Ro 80 wurde ein Kultfahrzeug für alle Technikbegeisterte, auch wenn sich die Mitglieder dieser Gemeinde beim Grüßen durch die Windschutzscheibe mit erhobenen Fingern anzeigten, den wievielten Austauschmotor sie gerade fuhren. Der zu Beginn dieses Jahres verstorbene Professor Scheuter, Ehrenmitglied des VDD, fuhr über viele Jahre einen Ro 80, wobei er hervorhob, dass dieser dank seiner sorgfältigen Pflege und Instandhaltung immer noch den ersten Motor besaß. Die Technikbegeisterung wurde noch dadurch unterstützt, dass 1969 die Mercedes-Benz AG einen 4 Scheiben-Wankelmotor mit 600 cm³ Kammervolumen und 350 PS Leistung in ihr spektakuläres, mit nach oben aufklappenden Flügeltüren versehenes und super-flaches Sportwagen-Versuchsfahrzeug C 111 einbaute.

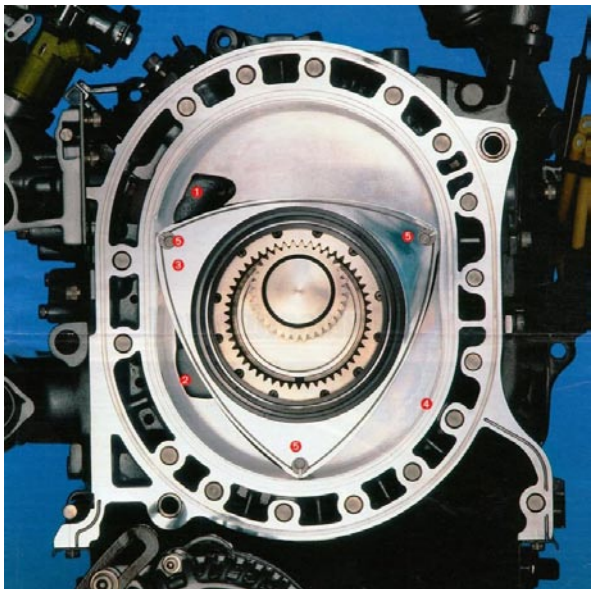
Der NSU Ro 80 verlor gegen den Audi 100

1969 war auch das Jahr, in dem die NSU AG von der Volkswagen AG übernommen und in deren Audi AG in Ingolstadt integriert wurde. Dort hatte ein Jahr zuvor ein Entwicklerteam um den legendären Dr.-Ing. Ludwig Kraus mit dem Audi 100 und den Folgetypen Audi 80 und Audi 60/50, die auch den VW-Modellen Golf und Polo zu Gute kamen, ein zukunft-

weisendes Konkurrenzprodukt zum Ro 80 herausgebracht, sodass schon von dieser Seite aus gesehen, der Ro 80 keinen leichten Stand in dem neuen Firmenverbund hatte. Trotzdem wurde er in Neckarsulm weiter produziert, erreichte aber bis 1977 nur einen Absatz von 37 406 Fahrzeugen, was im Automobilbau keine berauschende Zahl ist. Die Produktion des Ro 80 wurde deshalb 1977 eingestellt. Das letzte produzierte Fahrzeug kam ins Deutschen Museum in München. Als Kinderkrankheiten wurden u. a. erkannt, dass bei den Dichtleisten eine falsche Materialpaarung benutzt wurde. Ferrotic-Leisten lösten schließlich das Problem. Ferner erwies sich die Doppelzündung mit zwei Zündkerzen pro Kammer als problematisch (schwierige Einstellung, hoher Abbrand).Viele Motorschäden wurden auf den Drehmomentwandler zurückgeführt. Da der Wandler auch Bestandteil des Motorölkreislaufs war, gelangten Späne in den Motor. Problematisch erwies sich zudem eine Öldosierpumpe ohne Nullanschlag, die zu falscher Einstellung führte. So kamen viele Kinderkrankheiten zusammen, an denen Unterlieferanten keinen geringen Anteil hatten und die viele Kunden verprellten.



Trotz Einstellung des NSU Ro 80 ging die Geschichte weiter: der MAZDA RX-8 übernahm die Führung.



Der MAZDA-Renesis-Wankelmotor (rückwärtige Ein- und Auslässe) präsentiert sich als ein ausgereiftes Produkt.

Am Ende blieb nur der Lizenznehmer MAZDA im fernen Japan übrig, der dem Wankelmotor die Treue hielt. Dort folgten auf den Cosmo Sport, der R 100, sowie die Modelle RX-2, RX-3, RX-4, RX-5 und RX-7. 1991 gewann MAZDA als erster japanischer Hersteller mit drei Wankel-Rennwagen vom Typ 787 B sogar das legendäre 24-Stunden-Rennen von Le Mans. Wegen der notwendigen Nachbesserungen stellte man den Export des RX-7 1996 ein. Im Jahre 2002 präsentierte MAZDA seinen völlig neu entwickelten Sportwagen RX-8 mit einem Wankel-Motor von 2 x 654 cm³ Kammervolumen und 250 PS Leistung bei 9 000 U/min, genannt „Renesis“, ein Kunstwort aus „Rotary Engine“ und „Genesis“. Im Andenken und in Dankbarkeit an Felix Wankel stellte MAZDA den RX-8 in Lindau am Bodensee der Fachwelt vor. Felix Wankel wäre in diesem Jahr 100 Jahre alt geworden - er war am 9. Oktober 1988 im Alter von 86 Jahren in Heidelberg gestorben, wo sich auch sein Grab befindet.

Insgesamt produzierte MAZDA von 1978 bis 2001 rund 3 Millionen Fahrzeuge mit Wankelmotoren. Davon entfielen 1,8 Mio. auf den RX-8. Von April 2003 bis März 2006 folgten noch 148 317 weitere Fahrzeuge vom Typ RX-8 bis dessen Produktion zugunsten von Folgetypen eingestellt wurde. So wurde auf der Tokyo Motor Show 2007 als neueste Entwicklung das Hybrid-Modell Premacy/ MAZDA 5 Hydrogen präsentiert. Die lange Reihe von Modellen beweist, dass es einen langen Atem braucht, um alle Kinderkrankheiten bei einem solch hochgesteckten Entwicklungsziel in den Griff zu bekommen. Am Ende stehen dann aber der Erfolg und ein Alleinstellungsanspruch. Ohne diesen Weg einzuschlagen, hätte die relativ kleine Firma Mazda, 1931 von Jujiro Matsuda gegründet, wohl kaum diese Aufstiegschancen gegenüber den japanischen Branchenriesen wie Toyoda, Nissan, Honda und Mitsubishi gehabt. Der Name Mazda leitet sich von einer alt-iranischen Gottheit der Weisheit und Erkenntnis ab – nomen est omen!

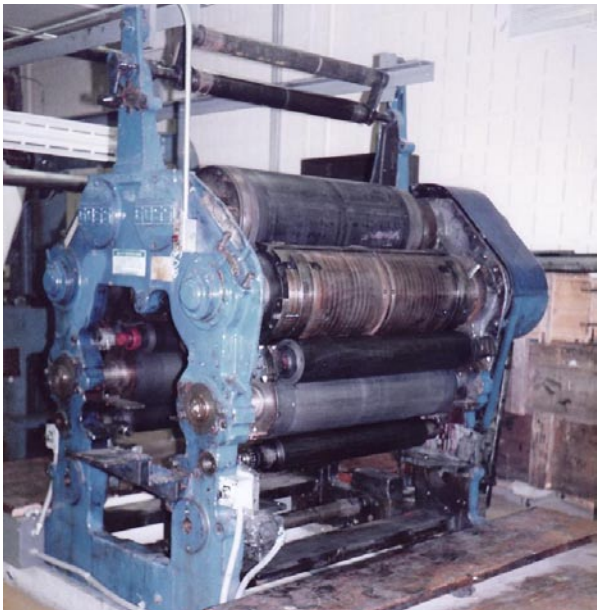
Die Hoffnung, dass der Wankelmotor auch in Deutschland eine Wiedergeburt erfahren wird, keimte auf, als zu Anfang des Jahres 2011 bekannt wurde, dass die VW-Tochter Audi in Ingolstadt ihr neues Elektroauto auf Basis des A1 und dem Zusatz „e-tron“ mit einem Wankelmotor zur Aufladung der Batterien versehen hat. Das Unternehmen konnte dabei auf den in ihrem Besitz befindlichen Entwicklungsunterlagen ex NSU aufbauen. Mehrere Versuchsfahrzeuge sind seit Ende 2011 in München unterwegs und stehen dabei unter der Betreuung nicht nur des Werkes in Ingolstadt, sondern auch der Stromlieferanten E.ON und der Stadtwerke München (SWM), sowie der Technischen Universität München (TUM). E-ON und SWM sind dabei verantwortlich für den Ausbau und Unterhalt der Ladeinfrastruktur im Ballungsraum München, die TUM, Lehrstühle für Fahrzeugtechnik und Ergonomie, für die wissenschaftliche Begleitung des Projektes. Obendrein unterstützt das Bundesverkehrsministerium das Vorhaben mit einer Kostenbeteiligung von 10 Mio. €.

Bei den 20 Versuchsfahrzeugen Audi A1 e-tron wird ein Wankelmotor mit 75 KW (102 PS) Leistung als so genannter „Range Extender“ zum Aufladen der Batterien benutzt. Die kompakte Einheit von Motor und Generator sitzt dabei auf der Hinterachse des Wagens, während sich der E-Motor an der üblichen Stelle unter der Kühlerhaube befindet. Unter der Rücksitzbank und entlang des Mittelkanals wurde genügend Raum für die notwendigen Batterien geschaffen. Ist die Energie der Batterien erschöpft, lädt der Wankelmotor sie nach und erhöht so die Reichweite bis zu 250 km, bevor der Wagen wieder an die Steckdose muss. Auf den ersten 50 km, etwa im Stadtverkehr, ist das kompakte Elektroauto emissionsfrei unterwegs. Als Batterien fungiert ein Paket aus Lithium-Ionen-Modulen, doch ist man ständig auf der Suche nach besseren und kompakteren Energiespeichern. Es gilt hier einen Kompromiss zwischen Gewicht und Leistungsfähigkeit zu finden. Das ist auch, weshalb der Wankelmotor mit seiner kompakten und dadurch leichteren Bauweise gegenüber Kolbenmotoren eine Renaissance erfuhr.

Mit dem Audi A1 e-tron verbindet sich die Hoffnung, dass auch in Deutschland die Begeisterung für den Wankel-Motor (hier zum Aufladen der Batterien) wieder aufleben wird.

Die Geschichte der Anilox-Farbwerke

Schon Mitte der 1960er Jahre reiste der ehemalige Druckinstruktor des Druckmaschinen-Herstellers GOSS Printing Press Co. in Chicago, Illinois, Wallace Granger, in allen Landen umher, um für sein persönliches Patent eines farbzonenfreien Buchdruck-Farbwerks zu werben. Es zeigte bereits eine Anilox-Rasterwalze, für die man in der Flexodruck-Branche den Namen „Anilox“ kreiert hatte, abgeleitet vom ehemaligen Markenname einer Anilindruckfarbe. Die Granger-Erfindung sah bereits zur Vermeidung von so genannten „Geisterbildern“ im Druck eine gleichgroße Farbauftragwalze wie der Plattenzylinder vor, die ihre Farbe von einer Rasterwalze erhielt, die in einem Farbtrog badete und deren überschüssige Farbe von einer Rakel abgestreift wurde. Für einen schnellen Farbwechsel waren mehrere Farbzuleitungen installiert, deren Farbzulauf sich über ein Revolverventil umschalten ließ. Wallace Granger konnte jedoch keinen Interessenten für seine Erfindung finden – um ihn auch mit deutschen Herstellern in Verbindung zu bringen, hatte die Internationale Forschungsvereinigung für Zeitungstechnik IFRA ihn im November 1971 nach Mainz eingeladen, doch auch bei dieser Veranstaltung gelang es nicht, einen Käufer unter den deutschen Druckmaschinenherstellern zu finden. Wallace Granger hat durch testamentarische Verfügung bei seinem Ableben 1976 seine Patente dem Grafischen Lehrstuhl der California Polytechnic State University in San Obispo vermacht, damit sie dort wenigstens Studenten als Anschauungsmaterial dienen können, vielleicht auch, damit die Professoren weiter auf die Suche nach Anwendern seines Erfindungsgedankens gehen mögen. Am Rande sei angemerkt, dass am Ende der 1960er Jahre auch der allgewaltige Technikchef des Axel Springer Verlags, Dr. Walter Matuschke, vielleicht durch Granger auf seinen USA-Reisen inspiriert, ein Patent zu einem farbzonenfreien Buchdruck-Farbwerk angemeldet hat, auf dessen Grundlage er bei der Albert-Frankenthal AG Versuche durchführen ließ – „ich hatte dort noch etwas Geld stehen“, sagte er dem Autor einmal in einem späteren Gespräch – die jedoch im Sande verlaufen sind.



Die Urmutter von Anilox-Buchdruck, genannt „ANPAPRESS“, im Maschinenlabor des US-amerikanischen Verlegerverbandes ANPA.

Eine „Super-Nova“-Zeitungsflexodruckrotation von Cerutti, wie sie heute noch in Italien häufig anzutreffen ist.

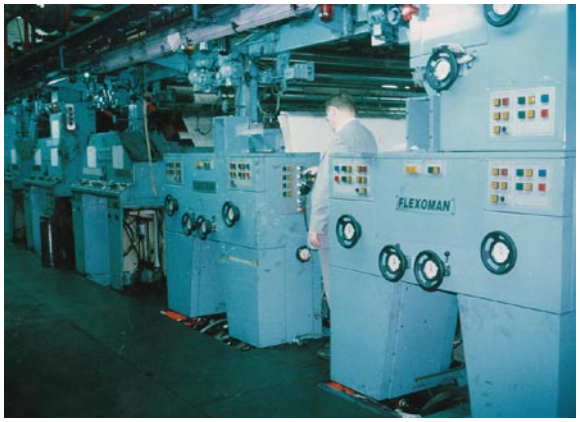
Der Druckereileiter von „Italia Oggi“ demonstriert die Abriebfreiheit der Flexozeitung.

Als zu Beginn der 1970er Jahre in USA eine Kampagne der Zeitungsverleger gegen die immer größer und damit teurer werden Zeitungsrotationsmaschinen unter dem Slogan „Weg mit den Monstern aus Eisen und Stahl“ während eines ANPA-Kongresses 1971 (ANPA = American Newspaper Publishers Association) begann, sah der japanische Druckmaschinen-Hersteller Tokyo Kikai Seisakusho (TKS) eine Chance darin, den amerikanischen Verlegern zu Gefallen diesen Wunsch mit einer so genannten „Lightweight Press = Leichtgewicht-Rotationsdruckmaschine“ zu erfüllen. In ihr wurde ein Anilox-Farbwerk verwirklicht, wodurch das Farbwerk sich stark verkürzt und damit leichter bauen ließ. Die übrigen Maschinenelemente hatte man etwas abgespeckt, was aber nicht wesentlich zu Buche schlug.

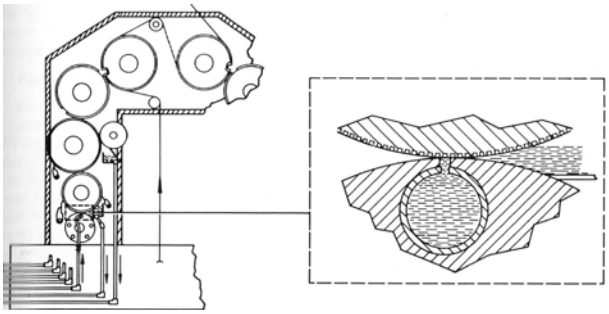
Es wurde auch eine Zeitungsdruckerei mit japanischer Beteiligung in Williamsport, Pennsylvania, gefunden, in der die Druckeinheit, die wegen der Eile per Luftfracht angeliefert wurde, während des ANPA-Kongresses 1972, d. h. nach nur einem Jahr Lieferzeit getestet werden konnte. Der Repräsentant von TKS in USA, Yuichi Okamura, technisch versierter Stiefbruder der beiden Besitzerbrüder Kohei und Noriyuki Shiba von TKS, war denn auch der gefeierte Star dieses Kongresses – mit Spotlights, die im Kongress-Saal auf ihn gerichtet waren – besonders nachdem er die Druckeinheit in einer großen Geste dem ANPA-Research Institute in Easton, Pennsylvania, vermacht hatte. In Tokio hatte man längst beschlossen, die zonenfreie Farbwerktechnik mit Anilox-Offsetdrucks statt mit Anilox-Buchdruck weiterzuverfolgen.

Der Zwang zu Farbe in der Zeitung war der Antrieb für den Flexodruck in USA

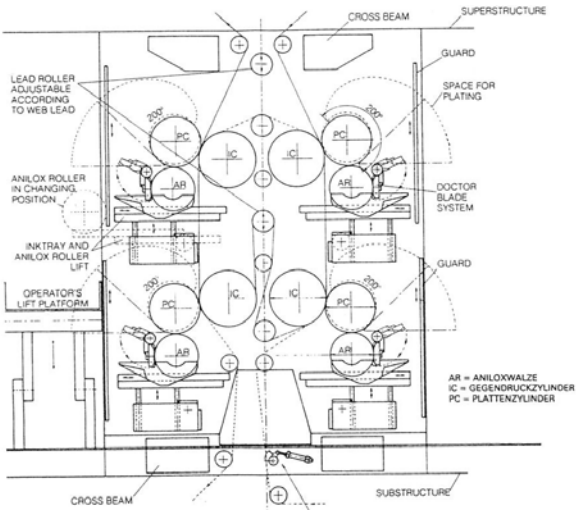
In USA ging jedoch die Suche nach der besten Lösung für Anilox-Buchdruck weiter, obwohl der US-amerikanische Feuchtwerkspezialist Harold Dahlgren mit seiner „Hustler“ genannten Bogenoffsetdruckmaschine bereits bewiesen hatte, dass das farbzonenfreie Farbwerk auch im Offsetdruck einsetzbar ist. Er benutzte Friktionswalzen zur Zerstörung des Restfarbreliefs auf den Farbauftragwalzen, statt der gerakelten Rasterwalze = Aniloxwalze. Die Friktionswalze ließ sich jedoch wegen der Erwärmung durch Reibung und der damit einhergehenden Durchmesservergrößerung schwer einstellen. Überdies zeigte die Friktionswalze schon nach kurzer Zeit Abnutzung. Auch das zu dieser Zeit auf einer Drupa-Messe in Düsseldorf gezeigte zonen-



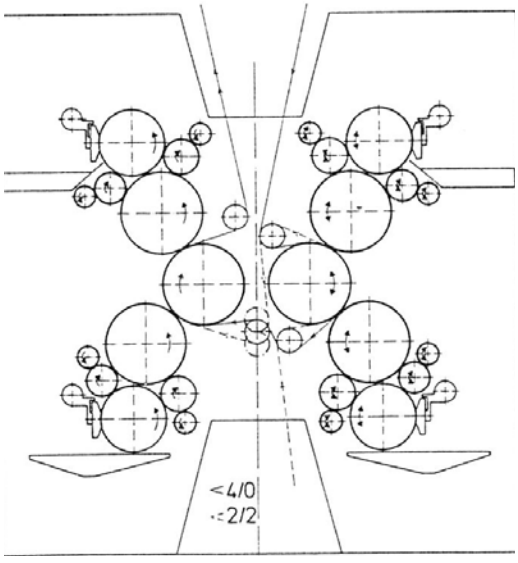
Flexoman-Druckeinheiten von MAN Roland, die beim „Miami Herold“ an bestehende GOSS-Buchdruck-Rotationen angebaut wurden.



Das Schema des Anilox-Buchdruck-Farbwerks von Wallace Granger – im Detail rechts die Anilox-Rasterwalze mit Einfärbung.



Das Schema der Flexodruckeinheit „Journalflex“ für den Zeitungsdruck von Windmöller & Hölscher.

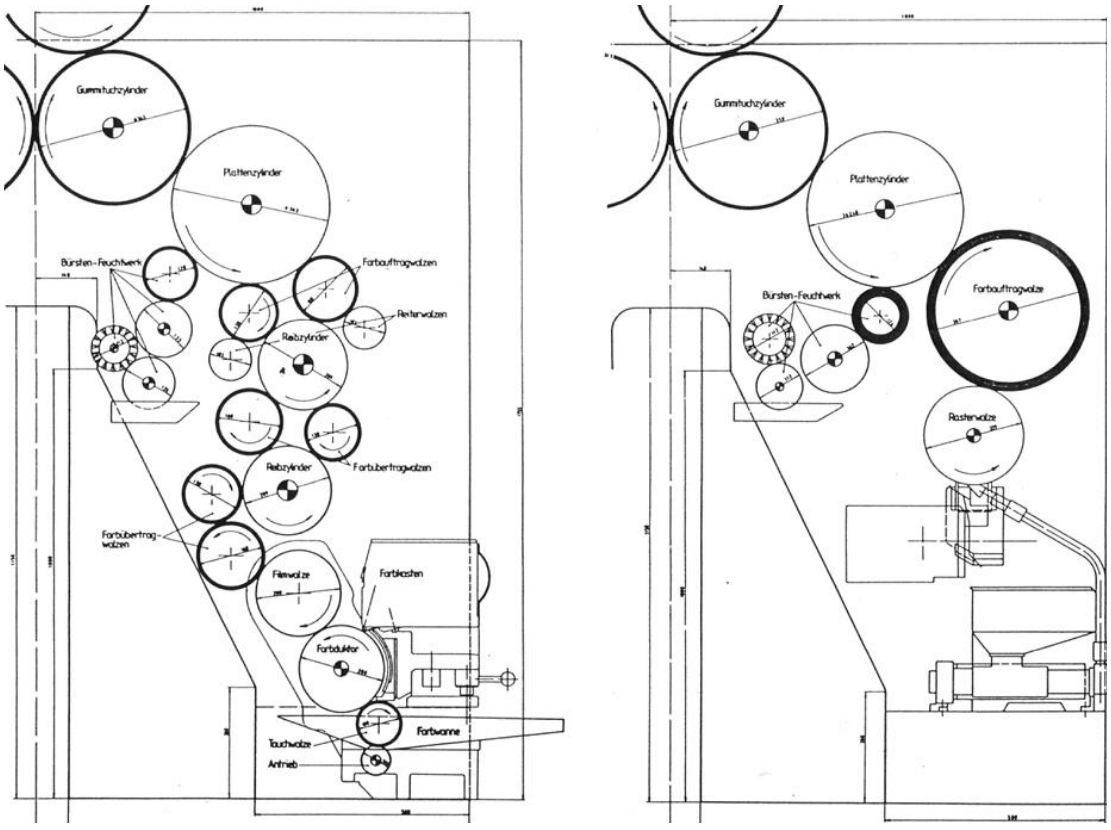


Das Schema der Hybriddruckeinheit „Flexo-Courier“ von Keonig & Bauer mit Umschaltbarkeit von Flexodruck auf Buchdruck und umgekehrt.

freie Farbwerk mit Rollrakel einer Andruckmaschine des Franzosen Louis Chambon, konnte wegen der Reibung nur bei niedrigen Geschwindigkeiten funktionieren.

Der aufkommende Farbendruck in der Zeitung verlangte nach zusätzlichen Druckwerken in den Druckereien, in dem Hunderte von Buchdruckwerken standen und dies war besser mit einem Hochdruckverfahren zu erreichen. Offsetdruckwerke mit ihrem Feuchtmittelauftrag ließ wegen der Feuchtdehnung des Papiers größere Papierlaufschwierigkeiten bei Kombination von Buchdruck mit Offsetdruck erwarten. 1977 war man beim ANPA-Research Institute so weit, dass man den Anilox-Buchdruck mit Rasterwalze an einer so genannten ANPAPRESS der Fachwelt vorstellen konnte. Man lud alle Druckmaschinenhersteller, die amerikanischen wie die deutschen und japanischen, dazu ein, für den symbolischen Betrag von nur 10 US-Dollar eine Lizenz zu erwerben. So wie die ANPAPRESS aus einer alten GOSS-Buchdruckrotationsmaschine entstanden war – das TKS-Druckwerk war dazu nicht mehr herangezogen worden – so ließen sich auch alle in der Praxis bestehenden Druckwerke mit der Anoilox-Technik modernisieren. Für viele „Converters“, die wie Pilze aus dem Boden zu sprießen begannen, wurde dies ein einträgliches Geschäft. Manche haben sich dabei aber auch übernommen. Mit den Rasterwalzen, ihren Graviertiefen, Rasterweiten und Rasterformen musste anfänglich viel experimentiert werden. Auch benutzte man damals verchromte Oberflächen der Rasterwalzen, doch erwiesen sich diese als nicht haltbar genug. Die englische Firma Crabtree.Vickers bot in USA ihren Umbausatz „CIVILOX“ an.

Die erfolgreiche Anwendung einer Rasterwalze zur Bildung eines dünnen Farbfilms ließ Ende der 1970er und Anfang der 1980er Jahre die Hersteller von Verpackungs-Flexodruckmaschinen auf den Plan treten. Hatten sie doch schon seit Jahren Erfahrungen mit

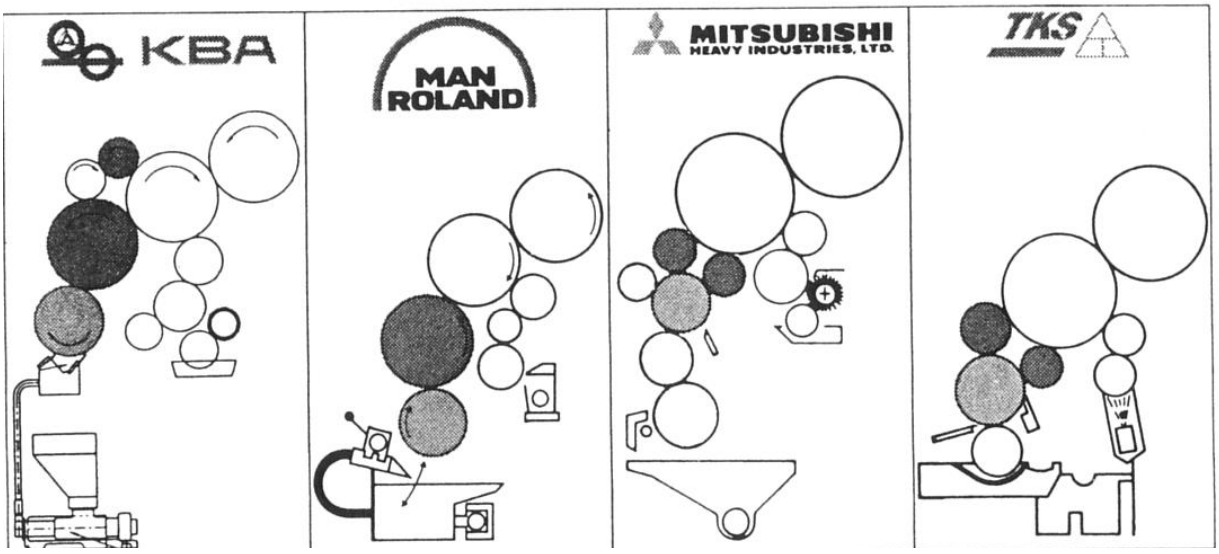


Die Gegenüberstellung eines konventionellen Offsetfarbwerks A 505 (links) mit dem Anilox-Offsetfarbwerks A 505 X von Albert-Frankenthal (heute KBA Werk Frankenthal.

Rasterwalzen gesammelt, die man den Zeitungsdruckern anbieten konnte. Sie brachten keramikbeschichtete Rasterwalzen ins Spiel, die mit 150-300 Mio. Abdrucken wesentlich haltbarer waren. Auch brachten sie den Zeitungsdruckern die Kammerrakel zur seitenbreiten Teilbarkeit des Druckfarbenauftrags. Gleichzeitig ließen sich mit Flexodruck die Auftragwalzen vermeiden und die Druckform direkt von der Aniloxwalze einfärben, soweit die Druckform weich genug gefedert auf einer elastischen Unterlage ruhte. Das machte es wiederum möglich, Druckfarben auf Wasser- statt Ölbasis zu verwenden, die nicht abschmierten, weil sie schnell trockneten und auch weniger ins Papier durchschlugen, d. h. dünnere Zeitungspapiere ohne Durchscheinen des Rückseitendrucks zuließen.

Eine Versuchs-Druckeinheit Albert A 505 X, die zur Erprobung von Anilox-Offsetdruck an eine bestehende Zeitungsrotation beim Druck- und Verlagshaus Frankfurt-Main in Nei-Isenburg angebaut wurde.

1984 wurden erste Flexodruckwerke für den Zeitungsdruck auf ANPA-Messen, die parallel zu den ANPA-Kongressen stattfanden, vorge-



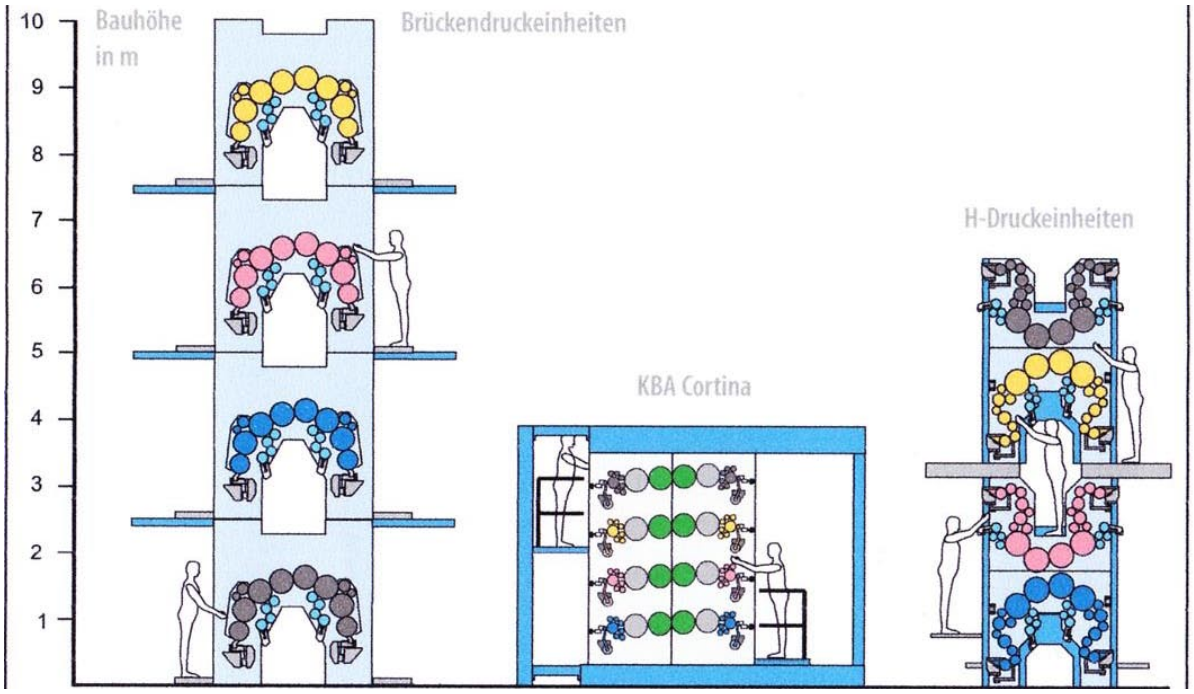
Gegenüberstellung der verschiedenen Bauarten von Anilox-Offsetfarbwerken verschiedener Hersteller. (dunkekgrau die Auftragswalzen, hellgrau die Anilox-Rasterwalzen)

stellt und 1985 liefen die ersten Maschinen in der Praxis. Dem Flexodruck kam zugute, dass er sich gut mit bestehenden Buchdruckmaschinen kombinieren ließ. Manche Zeitungen, wie die der Knight-Ridder-Gruppe (Flaggschiff „Miami Herald“) hatten einen Altbestand von 350 Buchdruckwerken und diese ließen sich nicht von heute auf morgen ersetzten, um den Farbendruck in der Zeitung zu ermöglichen. Die Werbetrommel wurde kräftig gerührt und der Flexodruck als der junge Sprinter herausgestellt, der den Buchdruck hinter sich gelassen hatte und dem aufkommenden Offsetdruck das Rennen streitig macht. Und in der Tat bestach die Einfachheit der Flexodruckwerke gegenüber Buchdruck- und Offsetdruckeinheiten.

Vorher hatte man schon mit Übergangslösungen wie der direkten Lithographie – neuer zugkräftiger Name „Di Litho“ – experimentiert , was jedoch nicht zu dem gewünschten Erfolg in der Druckqualität und im Betriebsverhalten führte. Man hatte auch mancherorts bestehende Buchdruckwerke auf Offsetdruck umgebaut, indem man einen zusätzlichen Gummituchzylinder einbaute und mit einem Feuchtwerk versah, was sich jedoch als sehr kostspielig erwies. Gleiches galt für den indirekten Buchdruck. Die „Rhein-Zeitung“ in Koblenz mit ihrem rührigen Technischer Leiter Wilhelm Schluckebier war darin ein Vorreiter. Schon seit Beginn der 1970er Jahre war durch das Streben, Farbe für die Werbung und später auch für die aktuelle Bildberichterstattung in die Zeitung zu bringen, eine große Umbruchstimmung in den Verlagen aufgekommen, wobei man sogar die Aufnahme des Tiefdrucks mit Wickelplatten für den Zeitungsdruck erwog, was jedoch an Abdichtungsproblemen scheiterte.

In Europa stieß der Flexodruck nur auf begrenztes Interesse

In Deutschland wurden Zeitungs-Flexodruckmaschinen erstmals zur Drupa 1986 gezeigt und im Druck vorgeführt. Als Marktführer präsentierte sich die „Journalflex“ von der Windmöller & Hölscher GmbH in Lengerich-Westfalen, zusammen mit der Koenig & Bauer AG in Würzburg, sowie die „Super-Nova“ der Giovanni Cerutti S.p.A. in Casale Monferrato in Oberitalien. Während die „Journalflex“ hauptsächlich in die USA exportiert wurde (besonders zu den Ft. Lauderdale News und dem Providence Journal), brachte Cerutti es fertig, im Zuge einer in der

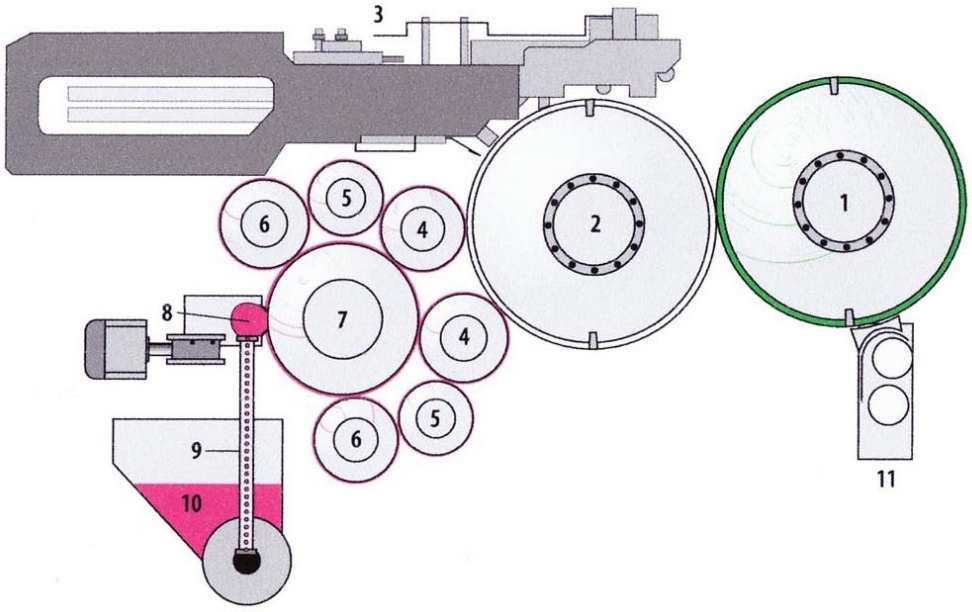


Größenvergleich der kompakten KBA-Cortina (Mitte) mit herkömmlichen Achtertürmen.

Villa d'Este am Comersee stattfindenden Werbekampagne für die Farbertüchtigung der Zeitungen mehrere italienische Zeitungsverleger für ihre Flexodruckmaschinen zu begeistern, wobei wohl auch die nationale Karte gespielt wurde, denn Cerutti ist der einzige Hersteller von doppelbreiten Rollendruckmaschinen in Italien. In Europa blieb jedoch im Gegensatz zu den USA diese Verkaufserfolge in Italien ein Einzelfall, allerdings mit gleich mehr als 10 Druckorten, sodass bis zu 15% aller italienischen Zeitungen zum Teil noch heute so gedruckt werden.

Was man in der ersten Euphorie über den einfachen Aufbau der Flexodruckwerke für den Zeitungsdruck übersehen hatte, war die hohe mechanische Präzision in der Druckanstellung, die der Flexodruck aufgrund des „Kiss-Printing" in der Druckzone benötigt. Um eine gewisse Ausgleichsmasse hier einzufügen, unterlegt man die Fotopolymerplatte mit einer 1 bis 1,5 mm dicken PVC-Schaumstoffmatte, die periodisch alle 20-30 Mio. Umdrehungen gewechselt werden musste. Manche Anwender bezogen statt dieser Maßnahme den Gegendruckzylinder mit einem 3 mm dicken Gummituch und spannten darüber ein 0,2 mm dickes Chromstahlblech, um so trotz der gewonnenen Elastizität eine harte Oberfläche für den besseren Ausdruck zu erreichen.

Es war wohl eine geschickte Marketing-Maßnahme, als die Koenig & Bauer AG im Erkennen der noch bestehenden Probleme im Zeitungsflexodruck einen kombinierten Maschinentyp auf den Markt brachte, der von Anilox-Buchdruck auf Flexodruck und umgekehrt umstellbar war. Zwei Maschinen beim „Darmstädter Echo" und bei Boom-Pers in Meppel in den Niederlanden arbeiteten lange nach diesem Prinzip, d. h. mit indirekter Einfärbung über separate Farbauftragwalzen unter Verwendung von ölbasierten Farben. Die Umstellung von Anilox-Buchdruck auf Flexodruck geschah bei der „Flexo-Courier", wie die konvertierbare Maschine genannt wurde, dadurch, dass die beiden Farbauftragwalzen mit den auf ihnen sitzenden Reiterwalzen seitlich weggeschwenkt und die große Rasterwalze nach oben geschwenkt wurde, damit sie mit dem Plattenzylinder in direkten Kontakt kam.



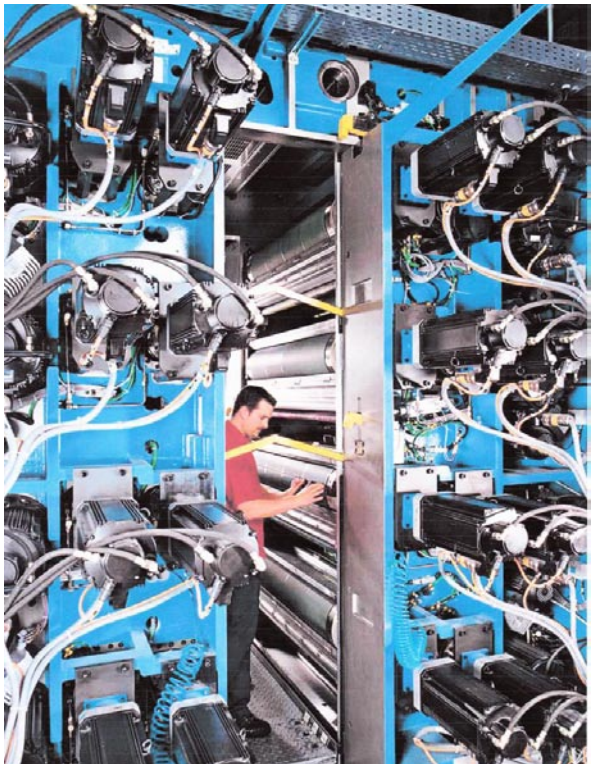
Das Farbwerk der KBA-Cortina mit der Anilox-Walze (7) in der Mitte, der Kammerrakel (8) daneben und dem Plattenwechsel-Automat (3) oben.

Die Sicherheit der Umstellbarkeit im Notfall mag mit ein Grund gewesen sein, weshalb der Londoner Großstadtzeitungs-Verlag Mail Newspapers mit einer täglichen Auflage von 2 Mio. Exemplaren das Risiko eingehen konnte, eine Großanlage auf eine „Flexo-Courier" mit zehn 64-seitigen Maschinen für seine neue Druckerei in den Docklands von London zu bestellen. Die Anlage wird jedoch bis heute nur im Flexodruck-Modus betrieben und bildet so neben Italien das zweite Standbein dieses Druckverfahrens in Europa.

Ganz anders sah und sieht es in USA aus. Dort erlebte der Zeitungsflexodruck einen regelrechten Boom in den 1980er Jahren. Allein in den Jahren 1988 und 1989 wurden dort jeweils 216 und 251 Flexodruckwerke installiert. Doch danach brach der Boom ein. Die wichtigsten Anbieter für Zeitungsflexodruckmaschinen auf dem US-Markt waren MAN Roland mit der „Flexoman", gefolgt von GOSS mit der „Flexoliner" und PEC (Publisher's Equpipment Corporation, Inc.). Letzteres war ein Unternehmen, das aus den „Converters" für Anilox-Buchdruck hervorging. Auch die im Tiefdruck bekannte Firma C. Motter (später von KBA übernommen) und das Gespann Koenig & Bauer / Windmöller & Hölscher mit der „Journalflex" waren mit von der Party. Sicher spielte bei diesem Erfolg die unterschiedlichen Qualitätsansprüche in USA und Europa eine Rolle. Erst mit Auftreten der Zeitung „USA Today" und ihrer wissenschaftlich basierten Qualitäts-Philosophie – das Rochester Institute of Technology RIT leistete dabei die entscheidende Geburtshilfe – wandelte sich das Qualitätsbewusstsein auch bei den amerikanischen Zeitungsverlegern, den Werbeagenturen und nicht zuletzt den Zeitungslesern. Das zeigte sich im Umschwenken zu Offsetdruck, was das abrupte Abfallen der Flexodruckmaschinenverkäufe nach 1889 erklärt.

Mit dem aufkommenden Qualitätsbewusstsein kam der Anilox-Offsetdruck ins Spiel

Es dominierten dabei jedoch die konventionellen Farbwerke, obwohl die Firma GOSS, die damals noch Rockwell Graphic Systems hieß, eine umschaltbare Colorliner-Druckeinheit von zonenbehaftet auf zonenfrei und



Das mittels flexibler Steuerkonsole Auseinanderfahren der KBA-Cortina-Druckeinheit für bessere Zugänglichkeit. Untertützt wird dies noch durch den getriebefreien Mehrmotorenantrieb.

umgekehrt auf einer ANPA-Show präsentiert hatte. Es blieb jedoch bei einer, wenn auch 144-seitigen Maschinenanlage, die bei „The New York Daily News“ in Produktion ging. Die Druckeinheiten dieser Anlage waren insofern technisch interessant, dass hier keine Anilox-Rasterwalzen zum Einsatz kamen, sondern die Restfarbe auf einer Rakelwalze mit Hartgummi-Bezug und daran angestelltem Rakelbalken mit Schneckenwelle für den Farbrücktransport beseitigt wurde. Der neue Farbfilm wurde statt mit einer Rasterwalze über eine Bürstenwalze mit über Reißverschluss auswechselbarem Bezug gebildet. Der sich daran anschließende Walzenstuhl war mit 6 Walzen relativ lang, weshalb die Umstellung auf konventionelle Einfärbung relativ einfach durch Abschwenken der Rakelwalze und Aktivierung der Farbschrauben an der Farbauftragleiste (Pumpfarbkasten) vonstatten gehen konnte. Die große Anlage wurde dann auch konventionell betrieben.

Bei der Albert-Frankenthal AG hatte man schon 1977 mit der Entwicklung eines zonenfreien Anilox-Offsetfarbwerks begonnen. Zunächst wurden die Entwicklungsarbeiten an einer einfachbreiten Druckeinheit im Maschinenlabor in Frankenthal durchgeführt, dann auch an einer Vierfarbenmaschine, die zur IPEX 1984 in Birmingham gezeigt wurde. Da alle Tests bis dahin nur an dieser einfachbreiten Maschine durchgeführt werden konnte, kam man 1985 mit dem Druck- und Verlagshaus Frankfurt-Main überein, das Verhalten in einer doppelbreiten Y-Druckeinheit zu testen, die man an eine bestehende A-505-Zeitungsoffsetrotation in der Druckerei in Neu-Isenburg anschloss. Der erste Testlauf fand mit einer Auflage von 45 000 Exemplaren statt und als dieser zur Zufriedenheit des Verlags ausfiel, konnte der Verlag das Risiko in Kauf nehmen, eine größere Auflage mit 310000 Exemplaren zu drucken. Im März 1987 verteilte die Verlagsleitung bei einem IFRA-Symposium in Paris Exemplare, die in Anilox-Offset gedruckt worden waren und die

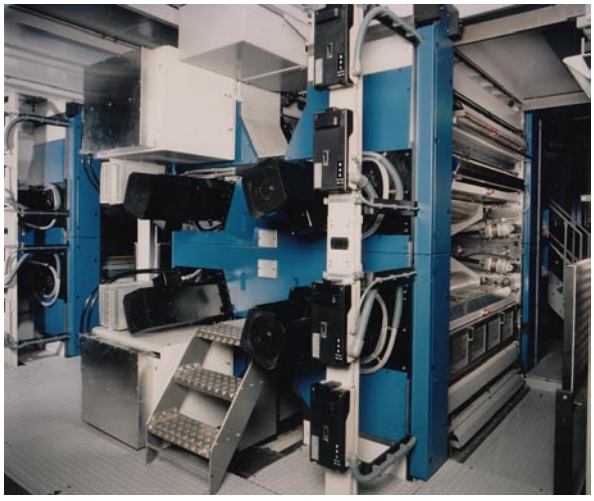
uneingeschränkte Akzeptanz, ja Bewunderung des Fachpublikums fand.

Der Erfolg veranlasste das Druck- und Verlagshaus Frankfurt-Main eine 64-seitige Maschine mit dem Typennamen „ALFRA CX“ bei der Albert-Frankenthal AG in Auftrag zu geben. Die Maschinenanlage bestand aus zwei so genannten Achtertürmen, 4 Rollenwechslern und einem Klappenfalzapparat mit Zylinderverhältnis von 5:5. Die Anlage ging 1988 in Produktion. Natürlich traten auch bei dieser Produktionsmaschine noch zahlreiche Kinderkrankheiten auf, die fast alle gelöst werden konnten. Auch die letzten hätte man nach Auskunft des Technischen Leiters noch lösen können, wenn nicht die Unternehmenspolitik im Verbund mit der Axel Springer AG den Schwenk zu einem anderen Fabrikat verlangt hätte. Die Fusion der Albert-Frankenthal AG auf die Koenig & Bauer AG, warf schließlich Erstere durch eine Produktbereinigung im daraus entstandenen KBA-Konzern aus dem Rennen.

Von da an sprangen auch alle anderen Hersteller von Zeitungsrotationsdruckmaschinen auf den Anilox-Offset-Zug auf. Besonders die japanischen Hersteller waren darin sehr erfolgreich. Eine im Mai 1991 erstellte Statistik zeigte, dass 85,8% der erfassten 1500 gelieferten und bestellten Anilox-Offset-Druckwerken damals aus japanischer Fertigung kamen, an der Spitze Mitsubishi Heavy Industries mit 598, gefolgt von TKS mit 445 und Ikegai-GOSS mit 204 sowie HAMADA mit 40. KBA kam bei dieser Statistik auf 136 installierte und 12 bestellte Druckwerke, MAN Roland auf 2 installierte und 64 bestellte. Bei KBA war es hauptsächlich eine größere Anlage beim Medienhaus Dierichs in Kassel, bei MAN Roland eine Prototypmaschine bei Beig in Pinnenberg bei Hamburg und eine größere Anlage bei Aamulehti in Tampere, Finnland. Charakteristisch für beide deutschen Hersteller waren die zum Plattenzylinder gleich großen Farbauftragwalzen zur Vermeidung von „Geisterbildern“ im Druck. Die Japaner blieben hingegen bei zwei kleineren Farbauftragwalzen und begnügten sich mit der Überdeckung der Geisterbilder durch diese zwei Walzen. Alle verwendeten Anilox-Walzen mit Rakel zur Dosierung der Farbgebung.

WIFAG überspannte den Bogen beim farbzonenfreien Offsetdruck

Relativ spät, erst 1997, gesellte sich die Schweizer Firma WIFAG zum Lager der Hersteller zonenfreier Farbwerke. Wenn man als Letzter in ein schon von der Konkurrenz besetztes Bieterfeld kommt, muss man sich etwas Besonderes einfallen lassen. Bei WIFAG benutzte man deshalb keine Anilox-Walze mit Rakel, sondern eine Schwingrakel, die direkt an der Farbauftragwalze angestellt war und so beide Funktionen, die Entfernung der Restfarbe und die Dosierung des Farbauftags, übernahm. Damit sich an der gerundeten Schwingrakel keine Farbpartikel festsetzen konnten, führte sie während des Betriebs mechanisch erzeugte Schwingbewegungen durch. Das gewählte Prinzip erinnerte etwas an die schon zu Beginn der 1970er Jahre vorgestellten Farbwerke von Harold Dahlgren und Jean Chambon, die Friktionswalzen und Rollrakel für den gleichen Zweck einsetzten. Die Schwingrakel des USIS genannten zonen-



Blick auf die Antriebsseite einer WIFAG OF 370 Offsetdruckeinheit mit dem farbzonenfreien Farbwerk unter einer Abdeckung.

freien WIFAG-Farbwerks sollte die Nachteile von Friktionswalze und Rollrakel vermeiden. Natürlich war dies ein sehr risikobehaftetes Unterfangen. Der Prototyp eines mit USIS-Farbwerken ausgerüsteten WIFAG OF 570-Achterturms wurde nach eingehenden internen Testläufen bei der Augsburger Allgemeinen an eine dort schon bestehende WIFAG-Zeitungsdruckanlage angeschlossen und gleichzeitig fünf WIFAG OF 570-Maschinen an die Zeitung „Le Parisien“ in Paris geliefert.

Da die Tests in Augsburg sich in die Länge zogen, kam es zu Überschneidungen bei den erforderlichen Nachbesserungen an den Maschinen in Paris, was schon wegen der Menge zu hohen Kosten und Verärgerungen führte. Die Weiterentwicklung kam ins Stocken, der Achterturm bei der Augsburger Allgemeinen wurde zurückgegeben und mit der Insolvenz des Unternehmens 2010 kamen die Arbeiten ohnehin zum Erliegen. Ähnliches ist von der Manroland AG zu berichten. Auch hier verliefen nach den beiden gelieferten Maschinen die weiteren Entwicklungen zu zonenfreien Farbwerken etwas im Sande, dies ganz abgesehen von der zwischenzeitlich eingetretenen Insolvenz von Manroland. Und das abgespeckte Nachfolge-Unternehmen wird wohl kaum diese Arbeiten wieder aufgreifen – zumindest vorerst nicht.

KBA wurde zum Hoffnungsträger für Anilox-Offsetdruck und gewann

So blieb in Europa nur KBA als Hoffnungsträger für die Weiterentwicklung der zonenfreien Anilox-Farbwerktechnik. Eine gewisse Parallelität, was die Alleinstellung betrifft, zum eingangs geschilderten Bannerträger MAZDA beim Wankel-Motor drängt sich hier auf. KBA hat nämlich die zonenfreien Anilox-Farbwerke in weitere bemerkenswerte Vorteile wie den wasserlosen Offsetdruck und eine Kompaktbauweise verpackt, sodass das Ganze als System verkauft wurde, in dem man kein Element einfach weglassen kann. Das System nennt sich KBA-Cortina und soll hier näher erklärt werden, denn es hat bereits seine Feuerprobe in mehreren Großdruckereien bestanden, darunter in so bekannten Zeitungsunternehmen wie der Badischen Zeitung in Freiburg im Breisgau, der Medienunion in Ludwigshafen am Rhein mit dem Flaggschiff „Die Rheinpfalz“, bei der Rheinischen Post in Düsseldorf, bzw. der Rheinisch-Bergischen Druckerei im Verbund der Rheinischen Post, beim Südkurier in Konstanz und beim Stadtanzeiger von DuMont-Schauberg in Köln. Bis Jahresende 2011 wurden mehr als 20 KBA-Cortina-Anlagen nach Europa und den Mittleren Osten ausgeliefert. Dabei handelt sich um Ausführung in 4/1, 4/2 und 6/2, was die Zylinderbelegungen betrifft.

Vorgestellt wurde die KBA-Cortina erstmals auf der Drupa 2000, wobei man eine Freigabe des Verkaufs für 2002 angekündigte. Der Prototyp ging 2005 bei Roti Ratatiedruk in den Niederlanden in Betrieb. Der ihr zugrunde liegende wasserlose Offsetdruck erfordere noch Weiterentwicklungen auf dem Plattensektor, gab damals das für die Technik zuständige KBA-Vorstandsmitglied Claus Bolza-Schünemann (inzwischen KBA-Vorstandsvorsitzender) bekannt. Mit einigen Platten- und Farbenherstellern arbeite man im Rahmen dieses neuartigen Maschinenkonzeptes bereits seit rund drei Jahren eng zusammen.

Die Konstruktionsmerkmale der KBA-Cortina ließen sich schon damals wie folgt zusammenfassen: Kompaktbauweise in echter Achterturm-Druckwerkbauweise mit einer Bauhöhe von nur 4 m, womit sogar gestapelte Achtertürme (16er-Türme) von 9 m Höhe (für den fliegenden Plattenwechsel) bauen lassen, serienmäßiger Einbau eines Plattenwechsel-Automaten mit Vorratskassette und selbsttätiger pneumatischen Plattenspannung, wellen- und getriebeloser Antrieb aller Zylinder und Farbwalzen (kein Öl mehr und weniger Lärmemission), automatische Farbwalzenjustierung, selbst nachstellende Gummituchspannung, integrierte Gummituchwaschanlage und last but not least die zonenfrei Einfärbung (Anilox-Kurzfarbwerk).

Mit dieser absoluten Kompaktbauweise, den integrierten Automatisierungen sowie der Verbindung mit digitaler Datenübertragung und Computer-to-Plate vor Ort direkt neben der Rotationsdruckmaschine werde das dezentrale Drucken nach den Motto „Erst verteilen – dann drucken“ wirtschaftlicher als bisher möglich, sagte Claus Bolza-Schünemann. Manche Zeitungshäuser, die in den vergangenen Jahren auf der grünen Wiese neu gebaut haben, hätten mit diesem Maschinenkonzept trotz der Umstellung auf den vierfarbigen Offsetdruck in ihren vorhandenen Produktionsräumen aus Buchdruckzeiten in zentraler Lage verbleiben können. Außerdem seien bei der niedrigen Bauweise keine speziellen Hallen erforderlich, die sich bei einem eventuellen Umzug kaum anders verwerten lassen.

Für Reinigungs- und Wartungsarbeiten lassen sich die beiden Hälften der Druckeinheit pneumatisch auseinander fahren, sodass ergonomisch gute Arbeitsbedingungen bestehen, zumal Lifte auf beiden Seiten dem Drucker auch eine gute Zugänglichkeit zu den oberen Bereichen der Maschine ermöglichen. Vom wasserlosen Offsetdruck erwarte man: eine äußerst geringe Makulaturrate bei vielen Auftragwechseln, keine Probleme mehr mit dem Wasser-Farbe-Gleichgewicht und dem Farbnebel, der Bahnspannung sowie dem Fan-out im Vierfarbdruck, eine konstante hohe Druckqualität durch fehlenden Wassereinfluss und eine verbesserte Umweltbilanz durch weniger Papierverbrauch bzw. Verzicht auf Feuchtmittel mit Zusätzen. Trotz des langsamen Vorankommens des wasserlosen Drucks im Bogenoffsetdruck und des Sich-nicht-durchsetzten-könnens im Rollenoffsetdruck sei man bei KBA auf Grund intensiver Recherchen und Tests davon überzeugt, dass er für den Zeitungsdruck besser geeignet sei als für den Akzidenzdruck mit seinen zum Teil sehr hohen Auflagen, fuhr Claus Bolza-Schünemann damals bei seiner Präsentation fort.

Das neu entwickelte zonenfreie Farbwerk der KBA-Cortina minimiere die Einrichtzeit beim Auflagensplitting, erleichtere die Bedienung, da nur noch das Register zu steuern sei, gewährleiste bereits nach wenigen Umdrehungen die richtige Einfärbung, vermeide alle bedienungsabhängigen Schwankungen in der Farbgebung, was besonders wichtig bei dezentralem Druck an mehreren Standorten sei, ermögliche eine optimale Reproduktion der in der Druckvorstufe definierten Qualität und unterstütze insgesamt durch weniger Variable eine industriell ausgerichtete Produktion. Zur Verbesserung der Zugänglichkeit des Plattenzylinders sei das Farbwerk pneumatisch abschwenkbar und für die speziellen Anforderungen des wasserlosen Offsetdrucks werde der Plattenzylinder gekühlt und das Farbwerk temperiert. Die gewonnene Wärme könne über Wärmetauscher wieder in den Energiekreislauf zurückfließen.

Die Hinweise von KBA aus dem Jahre 2000 haben sich bewahrheitet

Dass Claus Bolza-Schünemann mit seinen im Jahre 2000 getroffenen Hinweisen recht behalten hat, beweisen die bereits oben genannten Verkaufserfolge der KBA-Cortina. Zusätzlich hat sich ergeben, dass neben Zeitungen auch so genannte Semi-Commercials ohne Farbwechsel mit bis zum 70er Raster oder mit FM-Raster bei 90 000 Expl/h in ein und derselben Maschine gedruckt werden können und auch Hybridmaschinen für Cold- und Heatset (mit Trocknereinsatz) möglich sind. Von Maschine zu Maschine wurden nämlich zahlreiche Verbesserungen eingebracht. Dies entspricht einer schon lange erfahrenen Tatsache, dass sich erst in der Praxis verborgene Schwachstellen herausstellen und deren Aufspüren ein ununterbrochenes Abarbeiten an Folgemaschinen voraussetzt. Erst so kann ermittelt werden, welche Schwachstellen grundsätzlicher Art sind und welche einem kundenspezifischen Fehler entspringen und deshalb nicht verallgemeinert werden dürfen.

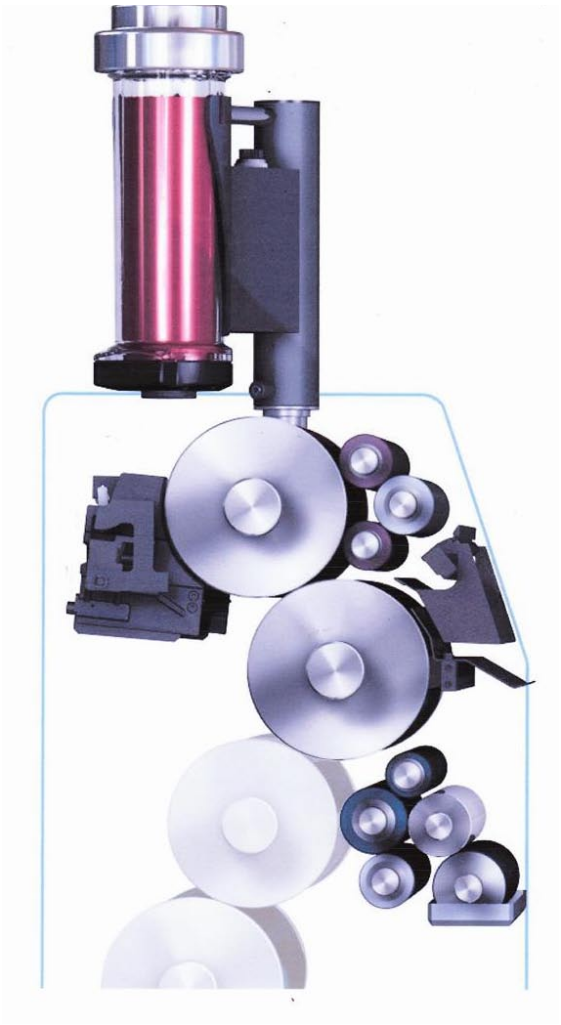
Wie aus gut unterrichteten Kreisen zu erfahren ist, kann ein Grund des Erfolgs der Cortina auch darin gesehen werden, dass die Gewerkschaft in Deutschland akzeptiert hat, diese Druckmaschine unterliege nicht der üblichen Besetzungsordnung. Das ist zurückzuführen auf den Wegfall der Farb- und Feuchtmitteleinstellung und auf den praktisch standardmäßigen automatischen Plattenwechsel. Es kommt auch pro Maschine nur ein Leitstand zum Einsatz. Viel habe sich inzwischen im Hinblick auf die eingesetzten Materialien getan. Während die japanischen Toray-Platten wohl von Anfang an gut funktionierten und hinsichtlich Standzeit inzwischen zulegten, wurden im Laufe der Zeit Gummitücher, Papier und vor allem die eingesetzten Farben optimiert. Inzwischen kann behauptet werden, dass qualitätsbewusste Zeitungsdrucker den wasserlosen Offsetdruck in Verbindung mit dem Anilox-Farbwerk gut im Griff haben, indem sie auf die richtige Kombination von eingesetzten Materialien achten. So können Produkte mit hohem Farbraumumfang und hoher Rasterfeinheit hergestellt werden.

In Verbindung mit der Entwicklungsgeschichte des Wankel-Motors in der Automobilbranche demonstriert dieser Vergleich auch in der Druckmaschinenbranche, dass ein Durchhalten trotz vieler Kinderkrankheiten sich am Ende lohnt – dies auch unter den gegenwärtigen, enger werdenden Verhältnissen des Druckmaschinenmarktes, der angeblich nur noch Einfachstmaschinen aufnehmen kann. Dabei ist zunächst einmal zu definieren, was Einfachheit bedeutet: primitiv einfach durch das Weglassen von Funktionen oder genial einfach unter Einschluss und Aufstockung der Funktionen? Wenn man von einer Innovation und deren genialen Einfachheit überzeugt ist, sollte man sich auch in Zukunft nicht davon abhalten lassen, trotz Rückschlägen und Verzweiflung das Ziel bis zum Ende zu verfolgen. Denn wie bedeutende Erfinder schon früher be- und erkannt haben, besteht eine echte Innovation nur zu 10% aus Inspiration, aber zu 90% aus Transpiration.

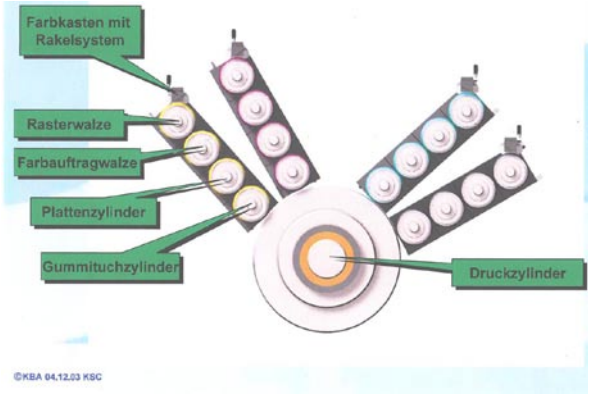
Post Scriptum:

Da sich die oben erzählte Entwicklungsgeschichte der Anilox-Farbwerke allein auf den Zeitungsdruck bezieht, dadurch begründet, weil der Autor diese in seiner beruflichen Praxis mit gestaltet hat und sich deshalb auf diesem Feld am besten auskennt, ist hier noch ergänzend anzufügen, dass eine ähnliche Entwicklung auch auf dem Bogenoffsetdruck-Sektor zu beobachten ist. Zwar handelt es sich hierbei vorerst nur um kleinere Formate für kleinere Auflagen, doch verbindet sich damit die Hoffnung, dass in Zukunft auch größere Formate mit einbezogen und Anilox-Farbwerke auch bei Akzidenz-Rollenoffsetdruckmaschinen mit hohen Auflagen eingesetzt werden. Es wurde im Text weiter oben schon erklärt, dass der Feuchtwerks-Pionier Harold Dahlgren schon zu Beginn der 1970er Jahre mit seiner „Hustler"-Maschine bewiesen hat, dass sich farbzonenlose Farbwerke auch im hoch-qualitativen Bogenoffsetdruck einsetzten lassen, doch seine Bemühungen, Anwender für seine Maschine zu gewinnen, verliefen negativ.

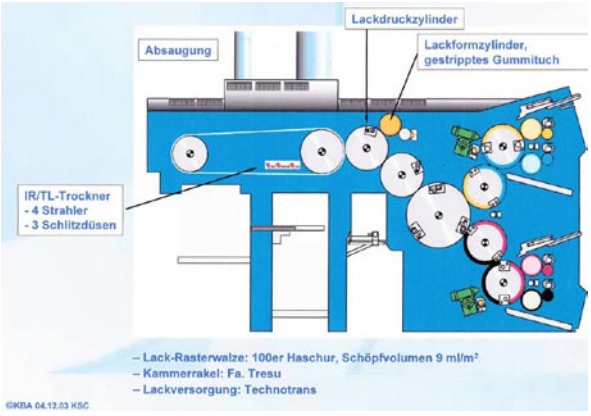
Es war wiederum die Koenig & Bauer AG (KBA) mit ihrem Werk in Radebeul (ehemals Planeta), die im Zuge ihrer Entwicklung zu digital in der Maschine bebilderbaren Bogenoffsetdruckmaschinen zur Jahrtausendwende die Anilox-Einfärbetechnik auch in diesem Bereich einführte. Die Typennamen sind „KBA Karat 46/74" und „KBA Genius 52". Während Erstere mit automatisch an- und abschwenkbaren Farbauftragwalzen zwei Platten am Umfang eines Plattenzylinders jeweils einzeln mit zwei Anilox-Rasterwalzen mit Kammerrakel einfärben und das Ganze sich bei einem zweiten Zylindersystem für die restlichen Farben im Vierfarbendruck wiederholt, um über zwei Gummituchzylinder gegen einen gemeinsamen Druckzylinder zu drucken, gruppieren sich bei Letzteren die vier Anilox-Farbwerke mit ihren Platten- und Gummituchzylindern satellitenartig um einen gemeinsamen Druckzylinder.



Das Anicolor-Farbwerk der Heidelberger Druckmaschinen AG für ihre Speedmaster 52 trägt den Namen „Anilox“ sogar im Typennamen.



Die vier Farbwerke der KBA Genius 52, die mit Anilox-Rasterwalze und Kammerrakel in Kaskaden mit Farbauftragwalze, Platten- und Gummituchzylinder satellitenförmig um einen Druckzylinder angeordnet sind.



Die Farbwerke der KBA Karat 46/74 (rechts), die mit Anilox-Rasterwalzen und Kammerrakel nicht nur im Lackierwerk (Mitte) ausgerüstet sind.

Im Jahre 2006 gesellte sich auch die Heidelberger Druckmaschinen AG mit einem Anilox-Farbwerk für ihre Speedmaster-Bogenoffsetdruckmaschinen der Formatklasse 52 in Unit-Bauweise hinzu. Das Heidelberger Anilox-Farbwerk benutzt bei der Rasterwalze, als auch bei der Farbauftragwalze gleich große Walzendurchmesser wie die Platten- und Gummituchzylinder, was das Auftreten von „Geisterbildern“ im Druck, bzw. das Schablonieren vermeidet. Die Kammerrakel beseitigt das Restrelief beim Rücklauf und sorgt für einen stets neuen, jungfräulichen Farbauftrag, der über die Temperierung des Farbwerks feinfühlig gesteuert werden kann. Ein Patronensystem erleichtert den Farbwechsel und stellt den konstanten Zufluss der Farbe sicher. Die mit dem Anilox-Farbwerk ausgerüstete Speedmaster druckt jedoch im normalen Nassoffset-Druckverfahren ohne digitale Bebilderung der Druckplatten in der Maschine und stellt in ihrer Werbung heraus, dass man dadurch handelsübliche Druckplatten und Farben verwenden kann.

Dipl.-Ing. Boris Fuchs, Frankenthal
William H. Bullock, Erfinder der „Endlos-Rotation“

Wenn die erste, aus den Schnellpressen hervorgegangene „Endlos-Rotation“, d. h. die erste von Endlospapier druckende Rotationsdruckmaschine zu benennen ist, wird oft die von der MAN in Augsburg 1873 gebaute Maschine dafür angesehen. Allenfalls ist man bereit, als Vorgänger die Maschine des Londoner Verlegers John Walter III zu akzeptieren, die der Sohn von Friedrich Koenigs erstem Schnellpressen-Kunden, John Walter II, 1868 nach seiner Intuition von dem Mechaniker John Calvery bauen ließ. Dass die Urheberschaft im fernen Amerika liegt, wo der Außenseiter William H. Bullock schon 1859 die Idee zu eine solche Rotation entwickelte und selbst baute, wird sogar von manchen Fachleuten nicht wahrgenommen. Es mag deshalb angebracht sein, mit einem speziellen Artikel in diesem Jahrbuch die Geschichte dieses Teils der Druckmaschinenentwicklung in Erinnerung zu rufen.

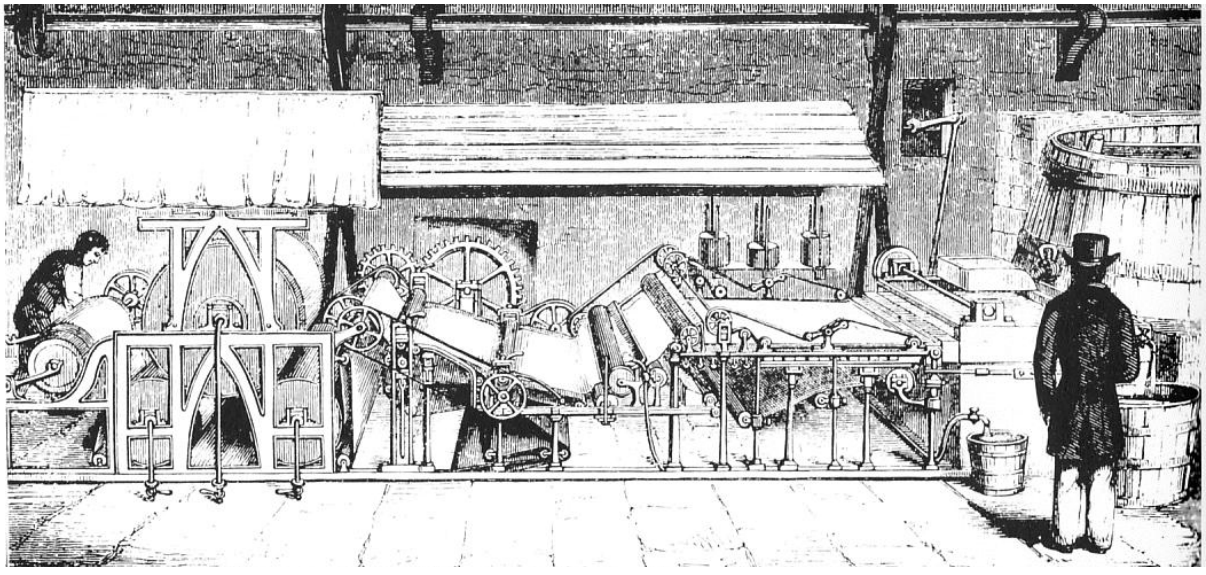
Für den Übergang vom Bogen- zum Rollendruck waren zunächst drei Vorbedingungen zu erfüllen, die hier an den Anfang zu stellen sind. Es sind dies:

- das Vorliegen von Rollenpapier statt der handgeschöpften Papierbogen,
- die Erfindung der Stereotypie zur Herstellung von Rund- statt Flachformen,
- die Unzufriedenheit mit der begrenzten Leistung von Bogendruckmaschinen.

Übergang vom Bogen- zum Rollenpapier

Der Franzose Nicolas-Louis Robert (1761-1828) gilt als der Erfinder der ersten Papiermaschine. Er wurde dafür in den letzten Jahren, besonders 1999 beim 200jährigen Jubiläum seiner Patentanmeldung, zwar vielerorts hoch gefeiert, doch dabei wurde kaum erwähnt, welche Tragik sich mit dem Verkauf seines Patentes an seinen Arbeitgeber Didot Saint-Léger, Sohn des Pariser Druckereikönigs Pierre-Francois Didot, einstellte, und er dadurch, im doppelten Sinne des Wortes zu einem „verkauften“ Erfinder wurde.

Wie Ernst Völker in „Der große Traum“ (Firmenveröffentlichung der Gebr. Bellmer, Niefern) eindrücklich berichtet hat, war Robert



Fourdrinier-Papiermaschine: Frühe Fourdrinier-Langsieb-Papiermaschine, die nach ihrem wahren Erfinder eigentlich Robert-Papiermaschine heißen müsste.

ursprünglich Korrektor in der Druckerei des alten Didot in Paris, und wurde nach dessen Ableben 1793 Betriebsleiter der Papierfabrik des Sohnes Didot Saint-Léger in Essonnes, wo trotz gutem Absatz des handgeschöpften Papiers die Geschäfte schlecht gingen, weil die Arbeiter im Vorfeld der Revolution ständig in Bummelstreiks traten. Robert sann deshalb auf Abhilfe und kam so auf die Idee, eine mechanisierte Bütte, die erste Papiermaschine zu bauen.

1798 war es soweit, dass er ein Patent einreichen konnte, zu dessen Finanzierung er sogar vom Minister eine Geldprämie bekam. Am 19. Januar 1799 wurde ihm das Patent erteilt. Da ihm jedoch die Mittel zur Realisierung seines Erfindungsgedankens fehlten, verkaufte er das Patent an Didot. Über den Verkaufspreis kam es zu jahrelangen Streitigkeiten, an deren Ende sich Robert mit einem Vergleich zufriedengeben musste. Wegen noch bestehender Mängel wurde die Maschine nur für Tapetenpapier eingesetzt, wo sich die längeren Bahnen gegenüber Büttenpapier-Bogen als besonders vorteilhaft erwiesen.

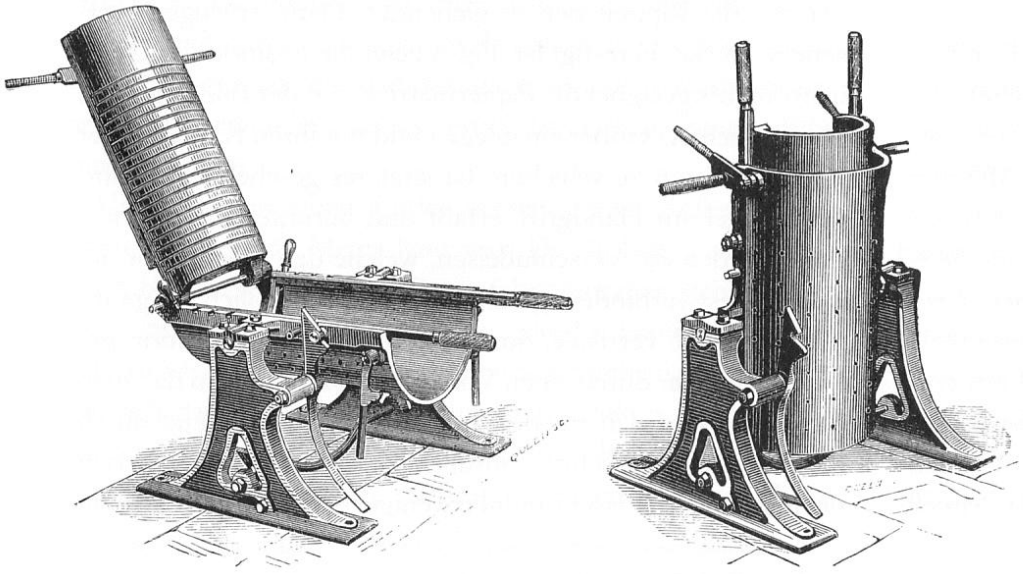
Im Gefolge der Friedensverhandlungen mit England kam Didots Schwager John Gamble 1801 von London nach Paris und sah als Geschäftsmann gleich die Marktchancen für Tapetenpapier dieser Machart in seiner Heimat England. Er luchste seinem Schwager das Patent ab, das diesem wegen nur geleisteter Anzahlung noch nicht gehörte, und verschwand damit samt der Konstruktionszeichnungen nach London. Dort bekam Gamble noch im gleichen Jahr ein englisches Patent zugesprochen, von dem er ein Drittel der Rechte an den Londoner Papiergroßhändler Fourdrinier verkaufte. Didot, der sich von seinem Schwager betrogen fühlte, reiste diesem sogleich nach, doch wegen eines erneuten Kriegsausbruches zwischen England und Frankreich wurden seine Bemühungen um Rechtsprechung zerschlagen.

1804 ging die erste so gebaute Papiermaschine in der Fourdrinier'schen Papierfabrik in Frogmore in Betrieb, die vom Mechaniker John Hull und dessen Gesellen und ehemaligen Lehrling Bryan Donkin erstellt wurde. Letzterer sammelte bei dieser Arbeit so viele Erfahrungen, dass er damit eine eigene, verbesserte Papiermaschine entwickeln konnte und damit zu einem sehr erfolgreichen Papiermaschinenbauer aufstieg. Als in Deutschland 1817 die ersten Papiermaschinen aufgestellt wurden, da kamen diese aus der Donkin'schen Fertigung – auch als Koenig & Bauer 1828 zusammen mit Cotta in Schwarzach eine Papierfabrik einrichtete, wurde dazu eine Donkin-Papiermaschine importiert.

1818 hatte sich Donkin zusammen mit dem Drucker Charles Brighly sogar an einer neuartigen Schnellpresse versucht, die mit zwei heb- und senkbaren Druckform-Fundamenten ausgestattet war. Wegen Mängeln, die sich erst in der Praxis zeigten, blieb es beim Prototyp. Das Geschäft mit Papiermaschinen versprach hingegen erfolgreicher zu werden.

Nicolas-Louis Robert hatte bei alledem das Nachsehen. Er war zwar Direktor der Papierfabrik in Essonnes geworden, die jedoch wegen schlechter Geschäftsgänge von Didot verkauft wurde, wodurch Robert 1810 arbeitslos wurde. Laut Vertrag hätte damit Didot das Patent an Robert zurückgeben müssen, doch stattdessen meldete dieser mit den in England erfahrenen Verbesserungen ein neues Patent auf seinen eigenen Namen in Frankreich an.

1814 versuchte Robert nochmals mit einer eigenen Papiermaschine bei Papierfabriken Fuß zu fassen, doch die zunehmenden Importe aus England zerschlugen seine Bemühungen. Enttäuscht verdiente er ab 1815 seinen Lebensunterhalt als Weinbau-Lehrer in Dreux, doch als 1826 auch noch in seiner Nachbarschaft zwei Donkin'sche Papiermaschinen aufgestellt wurden, machte ihn der Kummer darüber so krank, dass er darob am 8. August 1828 im Alter von 68 Jahren starb.



Durch solche Rundformen, Gießflaschen genannt, wurden statt Flach-, Rund-Stereotypieplatten und damit Rotationsmaschinen möglich.

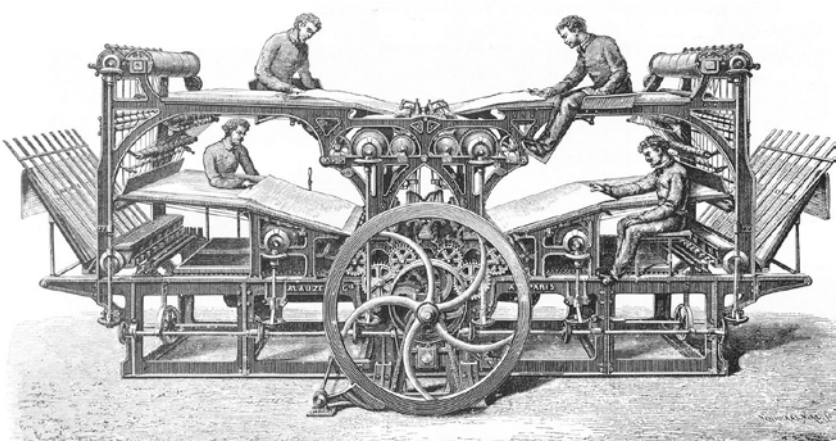
Der Übergang von der Flach- zur Rundstereotypie

Dem Hofbuchdrucker Heinrich Wilhelm Meyer (1812-1863) ist es zu verdanken, dass die Geschichte der Stereotypie 1838 niedergeschrieben wurde und Prof. Walter Wilkes zusammen mit Martin Borghardt gebührt der Dank, dieses Fachbuch uns als Faksimile-Ausgabe der Lehrdruckerei der TH (heute TU) Darmstadt 1986 zugänglich gemacht zu haben.

Meyer schreibt in seinem Handbuch der Stereotypie, dass bereits im zu Ende gehenden 17. Jahrhundert und beginnenden 18.Jahrhundert, der Prediger der deutschen reformierten Kirche zu Leyden, Holland, mit Namen Johann Müller eine erste metallische Ganzform erfunden haben könnte, bei der jedoch der stehende Satz nur durch Mastix oder einen Anguss unbeweglich gemacht wurde. Ob es sich damals schon um stereotypierten Satz gehandelt habe, sei nicht schlüssig nachweisbar. Auch in den Jahren 1710, 1715 und 1725 spürte er verschiedene Quellen auf, die ungesichert auf den Einsatz einer Metall-Ganzform hindeuten.

Erst für das Jahr 1735, gesichert für das Jahr 1750, fand Meyer Anzeichen dafür, dass in Frankreich bei einem Drucker mit Namen Valleyre Flachstereotypieplatten aus Messing zum Einsatz kamen. Die erste Patentanmeldung des Schotten Alexander Tilloch in Glasgow mit Unterstützung des Universitätsdruckers Fouls datiert jedoch nicht früher als das Jahre 1784, wobei ein Prioritätsstreit des Edinburgher Goldschmieds William Geds aus dem Jahre 1740 anstand. Es handelt sich bei Tillochs Erfindung um die Gipsabdruck-Methode, die Lord Stanhope (Erfinder der ersten eisernen, nach ihm benannte Handdruckpresse) bei den Universitätsdruckereien von Oxford und Cambridge verbesserte.

Der große französische Typograph und Schriftsteller Firmin Didot, Erfinder des typografischen Maßsystems, wandte zur gleichen Zeit ein eigenes Verfahren an, bei dem er den Satz in Metall prägte und so die Klassiker-Nachdrucke in der „Edition Stéreotypie“ herausbrachte. Er gab dem Kind auch den Namen „Stereotypie“, der später bei allen einschlägigen Verfahren zur Anwendung kam.



In Europa suchte man der steigenden Auflagen bei Zeitungen durch solche Mehrfach-Schnellpressen Herr zu werden.

Erst 1822 kam Lord Stanhopes Verfahren nach Deutschland (Leipzig), doch es dauerte noch eine geraume Zeit, bis man darin den Vorteil bei der Schonung der Schrift und der Einsparung von Schriftmaterial beim Stehsatz im Bücher- und Akzidenzdruck erkannte.

Für den Zeitungs- und Zeitschriftendruck ergaben sich neue Möglichkeiten für den Druck mit mehreren Nutzen und später auch für den Rotationsdruck, als der Franzose Jean Baptiste Genoux 1829 in Paris die flexible Mater aus verschiedenen Lagen dünnen Papiers mit einem Gemisch von Kleister und Kreide erfand. Da diese im feuchten Zustand auf dem Satz geprägt wurde, sprach man von der Nasssterotypie. 1894 erfand Hermann Schimansky zudem die gebrauchsfertige Stereotypie-Mater, die als Trockenstereotypie bezeichnet wurde.

In den USA baute man wahre Monster von Bogenrotationsmaschinen mit bis zu 10 An- und Ablagen für die Papierbogen.

Der Schweizer James Dellagana lernte das Genoux'sche Verfahren in Paris kennen und eröffnete 1855 in London mit seinem Bruder ein Geschäft zur Herstellung von Flachstereotypien. Dabei muss er auf die Idee des Rundbiegens der Mater gekommen sein, denn ab 1856 wurde auf der Applegath-Bogenrotationsmaschine (Kennzeichen vertikaler Plattenzylinder) bei der Zeitung „The Times" von halbrunden Stereotypieplatten gedruckt.

Über einen Charles Craske kam die Kunde von der Nassstereotypie auch nach USA und es gelang ihm 1854 bei der Zeitung „The New York Herald" halbrunde Stereotypieplatten für die HOE-Bogenrotationsmaschinen (Kennzeichen horizontaler Plattenzylinder) herzustellen.

Mit der Erfüllung dieser Voraussetzung konnte die von Papierrollenträgern statt von Bogenanlegern gespeiste Endlose-Rotation die aufwändigen Bogenrotationsmaschinen ablösen.

Natürlich hat auch die Stereotypietechnik eine weiter reichende Entwicklungsgeschichte, wobei im Mittelpunkt die automatischen Gießwerke standen, bei denen sich lange Zeit – eigentlich bis zum Ende der „Bleizeit“ zu Beginn der 1970er Jahre – zwei Verfahren diametral gegenüber standen: der stehende Guss mit zu entfernendem Anguss und der liegende Guss ohne Anguss. Die Lunkerfreiheit (Vermeidung von Einschlüssen durch nicht entwichene Luftblasen) wurde für die erste Bauart und die fertige Platte für die zweite Bauart ins Feld geführt. Die wesentlichen Repräsentanten der ersten Bauart waren die Firmen von Marinoni, Wood-Autoplate und Koenig & Bauer-Hydroplate auf der einen Seite und die MAN mit dem System Winkler und WIFAG selbst auf der anderen Seite.

Mit der Stereotypietechnik ist ein überaus interessantes Handwerk mit einem großen Schatz von Erfahrungswissen und tief greifendem metallurgischen Fachkenntnissen aus unserem Gesichtskreis entschwunden, dem in Druckmuseen viel zu wenig Beachtung geschenkt wird. Auch die vielfältigen Hilfsmaschinen (Maternprägepressen, Martern-Feuchter und -Trockner, Stereometall-Schmelzöfen, Plattenausbohr-Apparate, Facettenfräser und Rautierfräser) die dazu notwendig wurden und von den Druckmaschinenherstellern mitgeliefert werden mussten, sind weitgehend vergessen.

Die Unzufriedenheit mit der begrenzten Leistung von Bogendruckmaschinen

Die frühen Flugblätter und Zeitungen wurden auf mäßig verbesserten Gutenberg-Pressen gedruckt, dann auf eisernen Handpressen, wie der Stanhope-Presse, und schließlich auf Schnellpressen, deren erste von Friedrich Koenig beim Verleger John Walter II. der „Times“ in London aufgestellt wurde. Schon dieser geniale Druckmaschinenkonstrukteur hatte jedoch erkannt, dass nur das rotative Prinzip den Zeitungsdruck weiterbringen kann und trug sich deshalb mit dem Gedanken, eine Maschine in der Form eines Karussells, der „Round-about“, zu konstruieren, bei der sich ein konischer Druckzylinder über einer horizontal rotierenden Plattform mit acht Schließsetzrahmen drehen sollte. Es blieb jedoch bei der Idee.

Und noch ein weiterer Erfinder machte sich schon früh Gedanken darüber, die Leistungsfähigkeit von Schnellpressen durch Einführung des rotativen Prinzips zu erhöhen. Den Besucher des Science Museum in London, South Kensington, Exhibition Street, erwartete früher im 3. Stock, in der Abteilung Druck und Papier (sie musste inzwischen Lehrmodellen zu den Neuen Medien weichen), eine Besonderheit, die man sonst in anderen, gleichartigen Museen nicht zu sehen bekam. Es waren dies die fragmentarischen Teile einer allerersten Rotationsdruckmaschine, die dem englischen Schulreformer und späteren Generalpostmeister, Sir Rowland Hill, 1835 patentiert wurde.

Eine danebenstehende, perspektivische Maschinenzeichnung verdeutlichte, dass man mit ihr schon von Rolle auf Rolle zu drucken versuchte. Sie funktionierte jedoch noch nicht in der Praxis, weil die Rundstereotypie noch nicht erfunden war – dies geschah, wie wir wissen, erst um 1856 bei der Applegath-Maschine der „Times“ – und Sir Rowland deshalb die Idee von William Nicholson aus dem Jahre 1790 wieder aufgriff, indem er keilförmige Drucktypen erzeugte, die in Klemmleisten auf dem runden Formzylinder zu befestigen waren. Dies hatte natürlich seine Tücken, indem die relativ schweren Drucktypen sich unter der Zentrifugalkraft der Rotationsbewegung immer wieder lösten, da sie von den nur seitlich aufbringbaren Klemmkräften nicht in ihrer Position gehalten werden konnten.

Beim Anblick des Druckzylinders fiel auf, dass er mit Halbschalen aus Holz belegt war, um damit eine elastische Oberfläche für die Druckausübung zu schaffen. Auch

sahen die Papierrollenlager und der Farbwerkantrieb bereits sehr fortschrittlich aus.

Sir Rowland Hill (1795-1879) verlor schließlich, wie einst sein Vorgänger William Nicholson, die Geduld an den erfolglosen Experimenten und wandte sich ab 1837 einem anderen Metier zu, in dem er bleibende Meriten ernten konnte. Er wurde der Erfinder der ersten Briefmarke der Welt, der „Black Penny", die heute unter Briefmarkensammlern zu Höchstpreisen gehandelt wird. Wenn er auch nicht als Erfinder einer funktionsfähigen Druckmaschine reüssieren konnte, so ging er doch als Erfinder eines bedeutenden, bis heute gebräuchlichen Druckproduktes in die Annalen der Druckgeschichte ein.

Um höhere Auflagen bei kurzer Produktionszeit, wie es bei Zeitungen der Fall ist, bewältigen zu können, baute man Vielfach-Schnellpressen mit mehreren Anlegern und ebenso vielen Druckzylindern, wobei jedoch die hin- und hergehende Druckform weiterhin flach ausgeführt blieb. In Deutschland mit seinen Kleinstaaten und dadurch begrenzten Auflagen der Zeitungen war das Problem der mangelnden Leistungsfähigkeit nicht so gravierend, weshalb man mit den Mehrfach-Schnellpressen gut zurecht kam.

Anders lagen die Verhältnisse in England und den USA, wo Großstadt-Zeitungen mit ihren Auflagen immer weiter anstiegen. Der Engländer Augustus Applegath schuf 1856 in London, nachdem im gleichen Jahr die Rund-Stereotypie erfunden worden war, eine eigenartige Vielfach-Bogenrotationsmaschine mit einem vertikal angeordneten, runden Formzylinder und acht Druckzylindern nebst An- und Ablegern, die aber wegen ihrer komplizierten Bogenführung keine weite Verbreitung fand. Sie wurde jedoch bei „The Times" eingesetzt und ersetzte dort weitgehend die von Friedrich Koenig geschaffenen Schnellpressen, wie diese vorher die zahlreichen Stanhope-Handpressen abgelöst hatten.

In Amerika war das anders. Dort ordnete man den Formzylinder horizontal an und konnte so die Bogenführung einfacher gestalten. Die darauf spezialisierte, schon 1805 gegründeten Druckmaschinenfabrik war die von R. Hoe & Co. in New York, die ihre so genannte „Lightning Press" mit bis zu zehn Druckzylindern und der gleichen Anzahl von An- und Ablegern versah („Ten-Feeder") und trotz Monsterbauweise es auf die stattliche Anzahl von 175 verkauften Maschinen brachte. Diese Monster-Maschinen erstreckten sich denn auch über mehrere Stockwerke eines Gebäudes und benötigten mehr als 20 Drucker zu ihrer Bedienung. Natürlich war dies alles sehr aufwändig sowohl in den Investitions- als in den Betriebskosten.

Die Erfindung der „Endlos-Rotation" durch William H. Bullock

Da kam 1859 in Pittsburgh der krasse Außenseiter William H. Bullock (1813-1867) auf die Idee, die Rotation statt über Bogenanleger mit Papierrollen zu speisen, die es ja schon, wie wir wissen, seit 1804 gab. Das machte die Maschinen nicht nur kompakter, sondern benötigte auch weit weniger Personal. Die endlose Papierbahn führte sich selbsttätig zu und brauchte keine Anleger oder Anlegerinnen. Im Gegensatz zu den etablierten, auf mehrere Generationen zurückblickenden Druckmaschinenherstellern, kam Bullock aus ärmsten Verhältnissen.

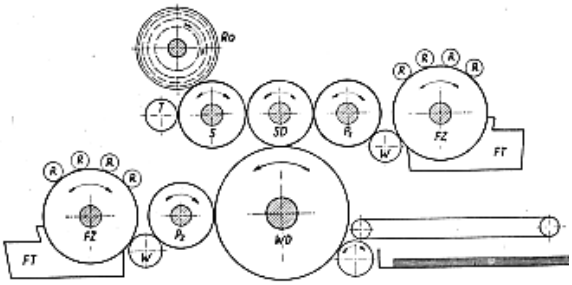
Er wurde 1813 in Greenville, New York, geboren und wurde bereits im Alter von 8 Jahren Vollwaise. Er wuchs bei seinem älteren Bruder im benachbarten Catskill auf, erlernte schon in frühen Jahren den Beruf des Eisengießers und Mechaniker, brachte sich in seinen freien Stunden das Schindelnschneiden bei und gründete mit 20 seine eigene Werkstatt in Prattsville, New York, wo er neben anderen Maschinen eine Schindel-Schneidemaschinen für Dachdecker herstellte. Nachdem er Letztere perfektioniert hatte, zog er nach Savannah, Georgia, wo er bessere Möglich-

keiten für seinen Geschäftszweig sah. Doch die Geschäftsgründung misslang. Er arbeitete eine kurze Zeit als Hilfsarbeiter in einem Zeitungsbetrieb, doch zog es ihn bald wieder zurück nach New York.

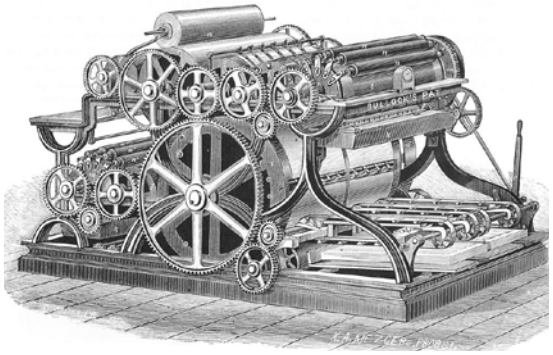
In New York angekommen, stellte er Heu- und Baumwollpressen nach seinen eigenen Plänen her, gab aber auch dieses Geschäft auf, um 1849 in Philadelphia eine neu gegründete Maschinenwerkstatt mit angeschlossener Patent-Agentur zu betreiben. Er entwickelte verschiedene landwirtschaftliche Maschinen, u. a. eine Pflanz- und Sämaschine, die er sich zwischen 1850 und 1853 patentieren ließ. In Verbindung mit seiner Patent-Agentur gab er eine Tageszeitung „The Banner of the Union“ heraus, was sein Interesse auf die Probleme des Zeitungsdrucks lenkte. Diese sollten ihn bis zu seinem Lebensende beschäftigen.

Bullock arbeitete 15 Jahre lang an den drei Problemkreisen: Speisung der Druckmaschine mit Papierrollen, Druck auf beiden Seiten der Bahn in einem Durchgang und schnelles Querschneiden der Bahn in der Maschine. Über seine Patent-Agentur war er immer gut über die Fortschritte und Mängel der Druckmaschinen der Firma R. Hoe & Co. in New York informiert und konnte Strategien entwickeln, wie eventuellen Patentstreitigkeiten zu begegnen sei. Schon in Catskill habe er, wie er sagte, ein Holzmodell mit Handkurbel seiner Idee zu einer Endlos-Rotation erstellt, das ihm nun als Grundlage dienen sollte. Wie Robert Hoe und andere, zögerte Bullock nicht bei der Übernahme von bereits bewährter Details von Vorerfindern. Als Patentanwalt kam ihm dabei eine Korrespondenz mit Arsene Legat in Paris zugute, der dort schon eine Flachform-Schnellpresse zum intermittierenden Druck von Tapetenrollen gebaut hatte.

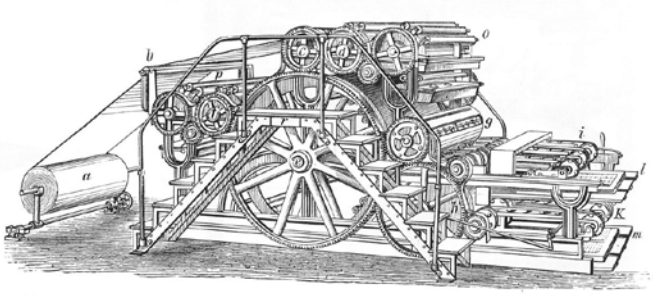
Wie Frank E. Comparato, der Biograf der Firmengeschichte der R. Hoe & Comp. und damit auch von William H. Bullock in seinem Buch „Chronicles of Genius and Folly“ (846 Seiten!), erschienen 1979 bei Labythos, 6355



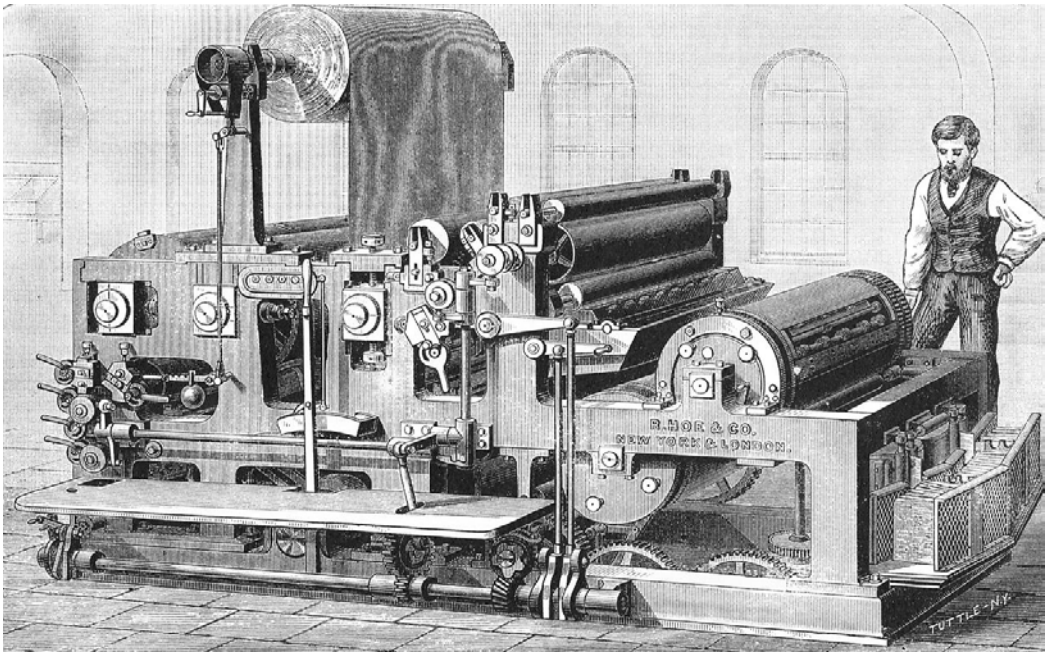
Das Schemabild der Bullock-Presse zeigt, dass die Papierrolle (Ro) auf der Druckeinheit oben aufliegt und die Farbzylinder (FZ) mit Reiterwalzen (R) versehen sind und den ausgewalzten Farbfilm über die Auftragwalzen (W) an die Plattenzylinder P1 und P2 übergeben.



Der Holzstich zeigt die Papierrolle oben frei aufliegend und unten links die Bandauslage für die quer geschnittenen Bogen. Der Schnitt erfolgte vor dem Druck.



Bei der verbesserte Bullock-Presse wanderte die Papierrolle nach links auf einen separaten Papierrollenträger. Der Schnitt erfolgte nach dem Druck.



Die Firma Hoe, die lange ihre Monster-Bogenrotationen verteidigt hatten, bauten schließlich 1873 ihre erste Endlos-Rotation mit integriertem Falzapparat.

Green Valley Circle in Culver City, California, Library of Congress Catalog Card No. 77-90647, beschrieben hat, gab es schon 1936 eine Rollendruckmaschine von Thomas Trench in Ithaca, Michigan, die sogar vom American Institute und New York Mechanics' Institute in deren Publikationen lobend hervorgehoben wurde, aber für kommerzielle Anwendungen ihrer Zeit zu weit voraus zu sein schien.

Trotzdem konnte Trench damit ganze Bücher einschließlich der Bibel mit der Geschwindigkeit von 1 Expl./min drucken. Auch Thomas Nelson jr. habe 1851 in England eine Rollendruckmaschine vorgestellt, die beide Seiten einer schmalen Papierrolle bei Geschwindigkeiten um 10 000 Umdr./h bedruckte, aber von den Fachleuten für nichts mehr als ein Spielzeug angesehen wurde. Auch ein 1851 von Thomas H. Dodge in New Hampshire vorgestellte Flachform-Schnellpresse zum intermittierenden Druck auf Rollenpapier (später Halb- oder Flachform-Rotation genannt) wurde von einem Kleiderfabrikanten nur für das Bedrucken von Textilien eingesetzt.

All diese Vorerfindungen liefen über Bullocks Schreibtisch in seiner Patent-Agentur, aber stießen bei ihm auf kein besonderes Interesse. Erst als 1854 die Rund-Stereotypie in die USA kam, wurde er hellhörig, denn sie versprach die Überwindung der Fallen, denen Nicholson, Hill in London, Wilkinson in den USA u. a. zum Opfer gefallen waren.

Nachdem er den Prototyp seiner ersten Endlos-Rotation zu seiner Zufriedenheit fertig gestellt hatte, siedelte Bullock 1859 nach Pittsburgh um und konnte die Maschine in der Druckerei der „Cincinnati Times" installieren. Zwei weitere Maschinen kamen ab 1863 bei der „New York Tribune" zur Aufstellung. Mit Letzteren wurden seine Maschinen erstmals bei einer auflagenstarken Großstadtzeitung getestet. Sie befriedigten jedoch alle drei nicht und mussten am Ende verschrottet werden. Er ging deshalb erneut an die Arbeit an seinem Reißbrett und in der Werkstatt.

Die verbesserte Version wurde ihm am 14. April 1863 patentiert und nach Fertigstellung

des neuen Prototyps 1865 gab er diesen für den Verkauf frei. Trotz der schlechten Konjunktur wegen des Bürgerkriegs wurde ihr Vorteil von den Zeitungsfachleuten sofort erkannt und gewürdigt. Bullocks Maschine erfüllte alle Anforderungen der Zeitungsverleger: Sie druckte von Papierrollen, bedruckte beide Seiten der Bahn und konnte die Bahn entweder vor dem Druck (zur Vermeidung von Papierspannungsproblemen) oder nach dem Druck quer schneiden. Darüber hinaus war ihre Produktionsgeschwindigkeit phänomenal hoch: 20 000 beidseitig bedruckte Bogen pro Stunde!

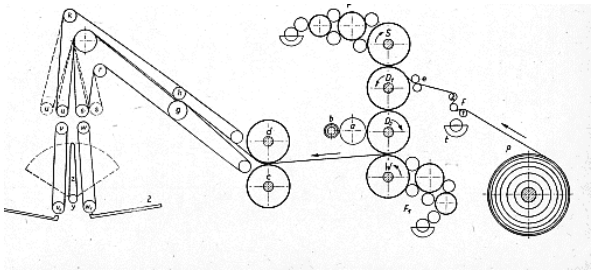
Die mit Rund-Stereotypieplatten bestückte Bullock-Rotation bei der „New York Sun" war 1865 die erste Endlos-Rotation der Welt und lief gleich auf Anhieb erfolgreich. Sechs weitere Maschinen folgten. In den nächsten zwei Jahren war Bullock unermüdlich damit beschäftigt, die große Nachfrage nach seinen Maschinen zu befriedigen – der Bedarf war in der Nach-Bürgerkriegszeit stark angestiegen. 1866 bestellte der „Philadelphia Inquirer" gleich drei Maschinen: zwei einfachbreite und eine doppelbreite. Bullock wurde in der Folge mit Aufträgen förmlich überschüttet.

In dieser Situation des schnellen Wachstums zeigte sich der Nachteil eines Familienbetriebs mit allein dem Prinzipal als „Alleskönner" an der Spitze. Bullock hatte nur eine Tochter und damit keinen Nachfolger vom eigenen Fleisch und Blute, den er beizeiten einarbeiten konnte. Die Bullock Printing Press Company prosperierte trotzdem, vielleicht nur deshalb, weil der eigensinnige Colonel Richard M. Hoe an der Spitze der mächtigen R. Hoe & Co. in New York weiterhin seine „Lightning Presses", diese Monster-Bogenrotationsmaschinen mit bis zu 10 An- und Ablegern favorisierten und vorerst nicht in den Markt der Endlos-Rotationen einsteigen wollte. Er verdiente sehr gut an den Monstermaschinen, denn die Preisfindung basierte damals weitgehend auf einer Gewichtskalkulation – Endlos-Rotationen erschienen bei diesem Vergleich als zu leicht und damit weniger profitabel.

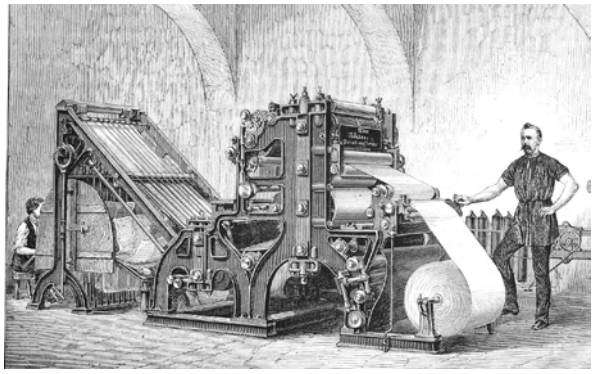
Im April 1867 hatte die Zeitung „Philadelphia Ledger" die Fachwelt und Geschäftsfreunde zur Einweihung ihrer neuen Bullock-Rotation eingeladen. Es war dies die Zeitung, die die erste Lighting Presse von Hoe in ihrem Betrieb aufgestellt hatte. Der miteingeladene Richard M. Hoe, der sich gern mit seinem militärischen Dienstgrad „Colonel" anreden ließ, war, womit man wohl gerechnet hatte, wegen wichtigeren Geschäftsangelegenheiten nicht gekommen. William Swain, der Verleger des „Philadelphia Ledger", hatte die Zeichen der Zeit erkannt und fühlte sich nicht in Loyalität zu Hoe verpflichtet, besonders nicht zu den Nachkommen des legendären Robert Hoe. Der Verleger wollte das Neueste und Beste und hatte deshalb eine Endlos-Rotation bei Bullock bestellt.

Die Einweihungsfeierlichkeiten sollten mit einem tragischen Unfall enden. Bullock hatte selbst die Installation der Maschine vor dem Einweihungs-Probelauf nochmals überprüft. Plötzlich, als der letzte Probelauf gerade begonnen hatte, verfing sich sein Fuß in einem Transmissionsriemen und wurde so stark verletzt, dass er nach neun Tagen daran starb. Er war nur 53 Jahre alt geworden. Sein Unternehmen bestand jedoch unter der Leitung von John W. Kelberg, einem schwedischen Emigranten, der Bullock schon vorher einige Zeit mit guten Vorschlägen zur Seite gestanden hatte, noch viele Jahre fort.

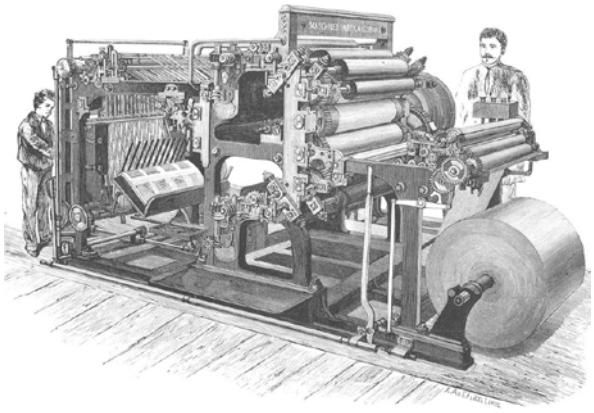
So ging bei der „New York Sun" am Ende eine Batterie von sieben Bullock-Maschinen in Betrieb, die 210 000 Zeitungen pro Stunde produzierten. Nachdem man einen zuverlässigen Falzapparat an die Bullock-Maschinen angeschlossen hatte, wurden auch der „New York Democrat" und in Philadelphia der deutschsprachige „German Democrat" und der „Evening Star" Kunden von Bullock. Ja, man konnte sogar eine Maschine an die „Daily



Die Walter-Presse stapelte die Druck- und Plattenzylinder übereinander und führte längere Farbwerke ein. Die Bogenauslage erfolgte über einen Rechenausleger.



Der Holzstich der Walter-Presse zeigt besonders deutlich die beidseitige Bogenauslage über den Rechenausleger, links im Bild.



Das Bild der ersten MAN-Rotationsdruckmaschine zeigt, dass diese gegenüber der Walter-Presse leichter und besser zugänglich gebaut ist.

Mail“ nach London exportieren. Man war sich mit der Funktionsfähigkeit sogar so sicher, dass man einem weiteren Londoner Kunden, dem „Daily Telegraph“ anbot, eine Maschine vor Ort aufzustellen und sie zurückzunehmen, falls sie die Anforderungen des Kunden nicht erfüllt. Der „Daily Telegraph“ hatte in den 1860er Jahren nur Hoe-Lightning-Pressen gekauft und griff nun bei dieser lukrativen Offerte zu. Auch die „Pall Mall Gazette“ schwenkte von Hoe- auf Bullock-Maschinen um. Das war ein Alarm-Zeichen für Richard M. Hoe, der bis dahin seine Monster-Bogendruckmaschinen überall für den Zeitungsdruck verteidigt hatte.

Die Firma Hoe trat deshalb 1873 doch in den Bau von Endlos-Rotationen ein, dann jedoch gleich mit Falzapparaten, die mit Sammel- und Falzzylindern ausgestattet waren, die der Hoe-Chefkonstrukteur Stephan D. Tucker ersonnen hatte (noch heute nennt man den 3. Falz = Rotationsfalz den „Tucker-Falz“). Waren die ersten Endlos-Rotationen nur mit Rechenauslegern ausgestattet, so wurde die erste Hoe-Rotation mit einem vollwertigen Falzapparat an „Lloyd’s Weekly Newspaper“ 1876 nach Glasgow, Schottland, ausgeliefert. Richard Hoe’s persönlicher Freund Edward Lloyd in London hatte dies so gewünscht, sonst wäre er zu Konkurrenzprodukten übergegangen. Richard Hoe gab seinem Freund sogar das Zugeständnis, in London ein Zweigwerk einzurichten, um den Service vor Ort sicherzustellen. Dieses Zweigwerk bestand noch lange fort und entwickelte ein gewisses Eigenleben, als die Unterstützung aus New York nachließ und schließlich ausblieb. Das Mutterhaus, die R. Hoe & Company in New York, ging im April 1978 in Konkurs.

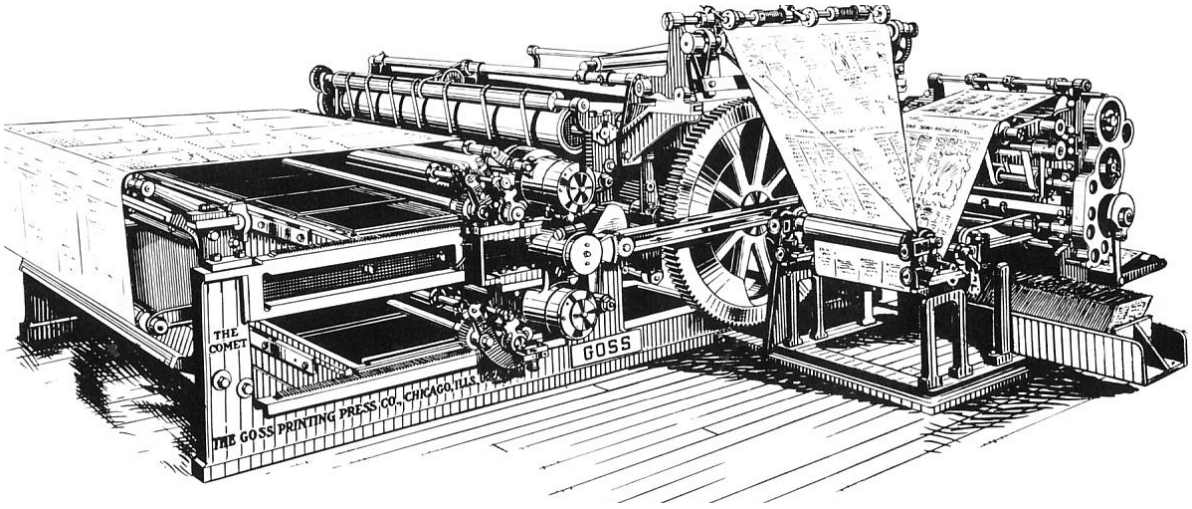
Wann die Firma Bullock ihren Betrieb einstellte oder eventuell von der Firma Hoe übernommen wurde, ist unbekannt. Es wird nur berichtet, dass Bullock 1887 in finanzielle Schwierigkeiten geriet und im Zuge einer Neuorganisation von Pittsburgh nach Chicago umzog. Präsident wurde J. G. Knapp, Vize-

Präsident Conrad Kahler, Finanz-Direktor Robert Tarrant und General Manager William H. Kerkhoff. „Ein starkes, kaum zu schlagendes Team“ kommentierte die Fachzeitschrift „Inland Printer“ diese Neuorganisation, was auf ein weiteres Überleben auch im immer breiter werden Bietermarkt schließen lässt. Gleichzeitig wird jedoch in der Fachzeitschrift berichtet, dass Hoe einige Patente von Bullock übernommen hat und davon profitierte. Außerdem habe Hoe im Zuge der finanziellen Probleme entlassenes Bullock-Personal mit offenen Armen aufgenommen.

Schon 1868 hatte John Walter III., der Sohn des Schnellpressen-Pioniers, von dem Erfolg der Bullock-Endlosrotation gehört und ließ nach seinen Vorstellungen vom Mechaniker John Calverly eine eigene Rotation bauen. Diese ging als „Walter Press“ in die Geschichte des Druckmaschinenbaus ein und wurde Vorbild für alle weiteren europäischen Rotationen: die von Derriey, Paris (1868), von Marinoni, Paris (1872), von Forster & Bond, Preston (1872), von Victory, Duncan & Wilson, Liverpool (1872), von MAN, Augsburg (1873), von B.W. Davis, London (1873), von G. Sigl, Wien (1873), von William Conisbee, London (1874), von Donnison & Sons, Newcastle (1874) und von Koenig & Bauer, Würzburg (1876). Albert in Frankenthal stieg 1889 und Goss in Chicago erst 1892 in den Bau von Endlos-Rotationen ein. Rund 200 weitere Typen sind in dem zweibändigen Sammelwerk von Prof. Walter Wilkes unter dem Titel „Buchdruck-Schnellpressen und Endlos-Rotationsmaschinen des 19. Jahrhunderts“ mit Bild (Holzstiche) und Text (992 Seiten im Landscape-Format)) aufgelistet, das 2004 unter ISBN 3-88607-152-9 an der Technischen Universität Darmstadt erschienen ist.

Weitere Entwicklung der „Endlos-Rotation“

Die kräftigste Weiterentwicklung ließ man der Zeitungsrotation wegen der enorm angewachsenen Großstadtzeitungen in USA angedeihen. Beteiligt waren dabei zwei Zeitungs-Tycoons, die noch heute von sich reden machen. Gemeint sind Joseph Pulitzer, einem Einwanderer aus Ungarn, der im Süden der USA mit einer deutschsprachigen Zeitung begann, und William Randolph Hearst, dessen Vater, ein angesehener US-Senator, ihm die erste Zeitung, den „San Francisco Examiner“ zum Start seiner Berufskarriere schenkte. Beide trafen in New York aufeinander, wo der eine (Pulitzer) die „New York World“ erwarb und der andere (Hearst) mit dem „New York



Für kleine Zeitungen entwickelte man in USA diese Zwitter von Schnellpresse und Rotation, genannt Halb-Rotationen.

Journal“ gegensteuerte. Sie schaukelten ihre Zeitungen 1898 im erbitterten Konkurrenzkampf gegenseitig zu Millionenauflagen hoch. Was für die Entwicklung des Zeitungsdrucks jedoch noch wichtiger war: sie überboten sich ständig in der Druckqualität bis zum Vierfarbendruck ihrer Comics-Beilagen. Schon 1897 hatte Hearst eine Vierrollenmaschine von HOE für den 1/4-Druck aufstellen lassen und 1923 folgte sogar eine Fünfrollenmaschine für den 4/4-Druck auf zwei Bahnen, die mit 24 sechsfach übereinander gestapelten Druckwerken die größte Endlos-Rotation in ihrer Zeit war.

Erstaunlich ist, dass auch kleine, so genannten Halb-Rotationen, bzw. Flachform-Rotationen ihren Anfang in USA genommen haben. Sie wurden für kleinere Zeitungen entwickelt, die sich keine teure Stereotypie-Anlage leisten konnten. Sie druckten endlose Papierrollen von Flachformen, indem die Papierbahn intermittierend über die Flachform auf einem hin- und hergehenden Karren einer Schnellpresse geführt wurde. Die erste dieser Maschinen entwickelten die Brüder Joseph und Paul Cox und ließen sie in der Maschinenfabrik von Irving L. Stone in Battle Creek, Michigan, bauen. Sie gaben ihr den Namen „Duplex“, wohl wegen des Zwittercharakters von zwei Verfahren (halb Schnellpresse, halb Rotation) und das Unternehmen nannte sich Duplex Printing Press Company. Unstimmigkeiten zwischen den beiden Brüdern mit Stone haben dazu geführt, dass sich diese 1907 mit einer eigenen Fertigung in Jackson, Michigan, autark machten. Doch finanzielle Probleme zwangen sie 1910 ihre Erfindung an die Goss Printing Press Co. in Chicago zu verkaufen, wo sie unter dem Namen „Comet“ und ab 1929 mit dem Namen „Cox-O-Type“ gefertigt wurden, nachdem Paul Cox noch einige Verbesserungen daran vorgenommen hatte.

In Europa baute die Heidelberger Druckmaschinen AG zu Beginn des 20. Jahrhunderts, kurz nach dem Umzug des Hamm’schen Unternehmens von Frankenthal nach Heidelberg, eine ähnliche Maschine unter dem Namen „Heureka“ mit der Besonderheit des indirekten Buchdrucks. 1924 wurde der Bau zu Gunsten der inzwischen aufgekommenen Heidelberger Tiegeldruckautomaten aufgegeben. Die Maschinenfabrik der Gebrüder Bühler in Uzwil, St. Gallen, übernahm in den 1920er Jahren eine Lizenz der „Duplex“ für den Vertrieb in der Schweiz, wodurch die Flachform-Rotation auch nach der Einstellung der „Heureka“ in Europa eine Heimstätte behielt.

Waren bis dahin die großen Endlos-Rotationen in Etagenbauweise ausgeführt worden, mit übereinander gestapelten Abrollvorrichtungen für die Papierrollen an den Enden der Rotation, so streckten sich diese in den 1930er Jahren immer mehr zur Reihenbauweise mit den Rollenträgern im Keller. Man erreichte dadurch den kürzesten Weg der Papierbahnen zu den Druckeinheiten. Diese Bauweise wurde auch nach dem Zweiten Weltkrieg beibehalten.

Die einfachbreiten Maschinen mit 2 Platten in der Breite wichen doppelbreiten Maschinen mit 4 Platten und in jüngster Zeit setzten sich die dreifachbreiten Maschinen mit 6 Platten in der Breite durch. Der „Jumbo“ von Koenig & Bauer hatte dazu schon 1973 den Weg gewiesen, dies jedoch noch im Buchdruck und mit 4 Platten am Umfang. Die neuen Jumbo-Maschinen kommen hingegen im qualitativ besseren Offsetdruck daher und tragen nur 2 Seiten am Umfang, was den Seitensprung bei der Wahl der max. Seitenzahl niedrig hält. Überhaupt wurde mit den Offset-Rotationsdruckmaschinen ein ganz neues Kapitel im Druckmaschinenbau aufgeschlagen, deren Vielfalt an Bauformen den Rahmen dieses Artikels sprengen würde.

Prof. Dr. Kurt Schläpfer
Möglichkeiten zur Erweiterung des Fabraums

Prof. Dr. Kurt Schläpfer, studierte Chemie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich und leitete später während fast 20 Jahren die Abteilung Reproduktion/Drucktechnik an der Empa St. Gallen. In dieser Funktion war er auch für die Koordination sämtlicher Projekte der Forschungsgemeinschaft Ugra zuständig. Ferner war er während 18 Jahren Dozent an der Hochschule St. Gallen, wo sein hauptsächlichstes Lehrgebiet die Kommunikationstechnik war. Während sechs Jahren amtierte Prof. Schläpfer als Vorsitzender der Internationalen Vereinigung der grafischen Forschungsinstitute (Iarigai). Sein persönliches Arbeitsgebiet war die Farbenlehre und die Anwendung der Farbmetrik in der grafischen Industrie. Er ist Verfasser von über 200 Publikationen auf dem Gebiet der Druck- und Reproduktionstechnik. Seit Dezember 2001 lebt Prof. Schläpfer im Ruhestand.

Quantifizierung des Farbumfangs

Wenn man sich mit der Erweiterung des Farbumfangs im Offsetdruck befasst, muss man zuerst in der Lage sein, den Farbumfang zahlenmäßig zu beschreiben. Der Farbumfang ist geometrisch gesehen ein Farbkörper in einem Farbraum. Als Farbraum wird in dieser Studie der CIELAB-Farbraum gewählt. Er ist nach Ansicht des Autors für die Darstellung von Farbumfängen zwar weniger gut geeignet als der CIELUV-Farbraum, aber er ist zur Beschreibung von Farben im allgemeinen und speziell zur Berechnung von Farbunterschieden sehr weit verbreitet. (Der CIELUV-Farbraum hat demgegenüber den Vorteil, dass in der u‘v‘-Ebene additive Farbmischungen durch geradlinige Verbindungen zwischen den Grundfarben dargestellt werden können.)

Im Vierfarbendruck ist der Farbumfang durch acht Eckpunkte definiert, die durch die vier Grundfarben C,M,Y,K, die Übereinanderdrucke C+M, C+Y, M+Y und das Papierweiss gebildet werden. Der Farbumfang lässt sich aufgrund der Koordinaten der acht Eckpunkte als Volumenwert berechnen. Trifft man die Annahme, dass eine Volumeneinheit einem eben noch erkennbaren Farbunterschied entspricht, kann man den Volumenwert der Anzahl unterscheidbarer Farben gleichsetzen. Auf diese Weise lässt sich berechnen, dass mit dem standardisierten Offsetdruck (nach ISO 12647-2) 334‘568 Farbtöne wiedergegeben werden können.

Wenn man beurteilen möchte, in welchem Bereich des Farbraums sich eine Erweiterung des Farbumfangs auswirkt, ist eine dreidimensionale Darstellung relativ unanschaulich. Es gibt zwar PC-Programme, die auf der Basis eines Farbprofils eine dreidimensionale Darstellung des Farbumfangs errechnen, wobei dann der Farbkörper auf dem Bildschirm in beliebiger Perspektive betrachtet werden kann. Trotzdem ist es nach Ansicht des Autors einfacher, wenn man Farbumfänge im Mehrfarbendruck zweidimensional, d.h. in einem a*b*-Diagramm, darstellt. Der Informationsverlust, den man sich auf diese Weise einhandelt, ist vergleichsweise gering, da das Papierweiss und der Schwarzpunkt in viel geringerem Masse variabel sind als die Buntheitswerte der Grundfarben und Sekundärfarben. Als Maß für den Farbumfang kann man in diesem Fall vereinfacht den Umfang betrachten, der sich durch die Eckwerte der Grundfarben und Mischfarben ergibt. Im

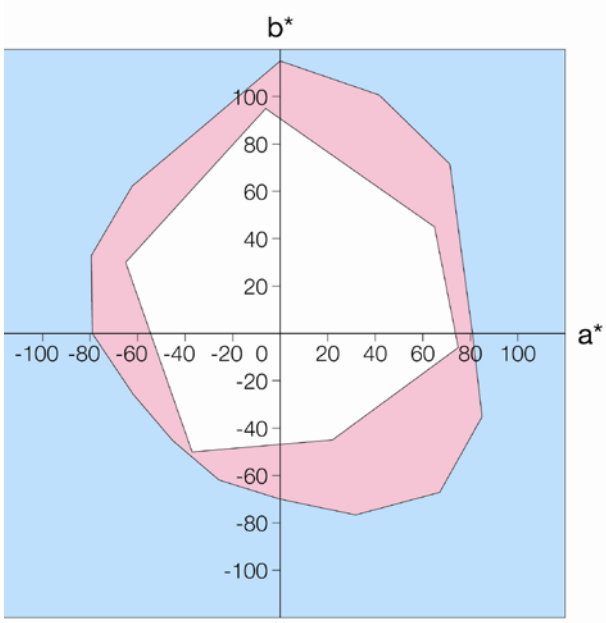


Abb. 1: Farbumfänge, dargestellt im a*b*-Diagramm: Rote Fläche: Gesamtheit aller Körperfarben, weißes Sechseck: Offsetdruck nach ISO 12647-2 auf gestrichenes Papier.

Vierfarbendruck ist dies ein Sechseck (siehe Abb. 1). Zur Vereinfachung sind die Ecken dieses Sechsecks in Abbildung 1 mit Geraden verbunden, obwohl die Mischfarben im CIELAB-Farbraum genau genommen leicht gekrümmte Verläufe aufweisen.

Ergänzend sei noch angefügt, dass das so genannte Farbendreieck, das auf den CIE-Koordinaten x und y basiert, für die Darstellung von Farbumfängen ungeeignet ist. Zwar lassen sich additive Farbmischverläufe als Geraden abbilden, aber die Farben sind nicht gleichabständig dargestellt. Konkret werden Farbabstände im Grünbereich, verglichen mit visuell gleich empfundenen Abständen im Blau- und Violettbereich, viel zu groß dargestellt.

Der Farbumfang des standardisierten Offsetdrucks

Der standardisierte Offsetdruck ist durch die ISO-Norm 12647-2 (Ausgabe 2004) für fünf Standardpapiere definiert. Die in dieser Norm festgelegten Werte bilden den Ausgangspunkt, an dem sich die Bemühungen zur Erweiterung des Farbumfangs orientieren müssen. Maßgebend sind dabei die Buntheitswerte C*ab der drei Grund- und der drei Sekundärfarben. Diese sind für das Standardpapier P1 (glanzgestrichenes Papier) und die Lichtart D50 wie folgt spezifiziert (siehe auch Tab. 1):

Eckfarbe	Buntheit C*ab
C	62
M	75
Y	95
C+M	50
C+Y	72
M+Y	79

Die Summe dieser Werte beträgt 434. Diese Summe ist fast identisch mit der Länge der Umfangslinie, durch welche das Sechseck im a*b*-Diagramm begrenzt wird (siehe Abb. 1). Diese beträgt 432.4.

Da der Umfang in erster Linie durch die Buntheitswerte der Grund- und Sekundärfarben bestimmt wird, kann man den Mittelwert der Buntheitswerte als Maß für den Farbumfang betrachten. Im hier betrachteten Fall beträgt der mittlere Buntheitswert für den Offsetdruck auf glanzgestrichenes Papier 72.3. Im Vergleich dazu erreicht der Zeitungsdruck nur einen Wert von 42.0.

In Abbildung 1 ist auch der Farbumfang der Gesamtheit aller Körperfarben (nach ISO 12640-3) als Fläche dargestellt. Die Länge der Umfangslinie beträgt hier 584. Wie man leicht erkennen kann, ist der Farbumfang des standardisierten Offsetdrucks vor allem in den Blau- und Orangetönen limitiert, da die Sekundärfarben C+M und M+Y eine zu geringe Buntheit ergeben. Die Bemühungen, den Farbumfang im Offsetdruck zu erweitern, müssen also darin bestehen, die Umfangslinie des Farbumfangs des Offsetdrucks näher an die maximal mögliche Umfangslinie anzunähern, die durch die Gesamtheit aller Körperfarben gebildet wird.

Anbieter von Verfahren zur Erweiterung des Farbumfangs operieren gerne mit einer Prozentangabe, die besagt, um wie viel der Farbumfang ihres Verfahrens gegenüber dem standardisierten Offsetdruck größer ist. Will man das Volumen des Farbkörpers, das dem standardisierten Offsetdruck entspricht, beispielsweise um 20% vergrößern, lässt sich errechnen, dass – bei gleichem Weiß- und Schwarzpunkt – der durchschnittliche Buntheitswert C*ab aller beteiligten Grund- und Mischfarben von 72.3 auf 77.7 angehoben werden müsste.

Möglichkeiten zur Erweiterung des Farbumfangs

Noch vor 25 Jahren hätte man sich gewünscht, dass der Offsetdruck den Farbumfang eines fotografischen Papierbilds erreichen würde. In der Zwischenzeit hat aber der standardisierte Offsetdruck nach ISO 12647-2 die Buntheit der fotografischen Grundfarben um 10% übertroffen. Nur die Mischfarbe Blau erreicht in der Farbfotografie auf Papier noch einen leicht höheren Buntheitswert als im Offsetdruck (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Typische Buntheitswerte im Offsetdruck mit 4, 6 und 7 Grundfarben

Grundfarbe/ Mischfarbe	Buntheitswert C^*_{ab}				
	Offsetdruck 12647-2 Papier 1	Zeitungs-druck 12647-3	Intensiv-skala Nova-space	Hexa-chrome gestr. Papier	7-Farben druck
C	61	36	63	64	61
M	72	44	80	79	69
Y	90	58	107	91	98
R(M+Y)	83	48	81	95	97
G(C+Y)	74	34	76	80	64
B(M+C)	54	23	62	67	65
Y+R				105	109
R+M				84	94
M+B					76
B+C					72
C+G				74	69
G+Y				87	94
Mittel-wert C^*_{ab}	72.3	40.5	78.1	82.6	80.6

Grundsätzlich kann man folgende Maßnahmen in Betracht ziehen, um die Buntheit der Grundfarben und Mischfarben im Offsetdruck zu erhöhen:

- Erhöhung der Pigmentkonzentration der Grundfarben
- Erhöhung der Farbfilmdicke im Druck
- Wahl von anderen Farborten für die Grundfarben
- Erweiterung der Zahl der Grundfarben

Erhöhung der Pigmentkonzentration

Dieser Maßnahme sind relativ enge Grenzen gesetzt, da man bei den Standard-Offsetfarben bereits heute schon an die obere Grenze der möglichen Pigmentkonzentration geht. Eine zu hohe Pigmentkonzentration kann bewirken, dass freie Pigmentteilchen an die Oberfläche des getrockneten Farbfilms gelangen, was zum unerwünschten Bronze-Effekt führt. In der Praxis stellt man fest, dass der Druckfarbenhersteller zwar die Pigmentkonzentration durch bessere Dispergierung und Optimierung der Bindemittel noch leicht steigern kann, dass aber eine deutliche Erhöhung der Farbsättigung auf dem Papier nur durch eine zusätzliche Erhöhung der Schichtdicke und eine geringere Wischwassermenge zu erzielen ist. Aber auch dafür muss der Druckfarbenhersteller die entsprechenden Voraussetzungen schaffen, indem solche Farben noch besser wegschlagen müssen, und die Wasseraufnahme niedriger sein muss.

Einen indirekten Einfluss auf die Farbsättigung übt aber auch der Glanz der gedruckten Farbe aus. Wenn Farbfilme unter Elimination des Oberflächenglanzes betrachtet (oder gemessen) werden, resultiert bei glänzenden Farbfilmen eine höhere Buntheit als bei matten Farbfilmen. Dies wirkt sich besonders substanziell in dunklen Farben wie Blau oder Violett aus. Hochpigmentierte Farben müssen daher darauf ausgelegt sein, einen hohen Glanzwert zu erzeugen, was natürlich nur auf entsprechend glänzenden Papieren möglich ist.

Erhöhung der Farbfilmdicke

Die Farbfilmdicke kann im Offsetdruck nicht beliebig erhöht werden. Da der Farbfilm von der Farbauftragswalze bis zur Übertragung auf das Papier zweimal gespalten wird, erreicht man nicht einmal die Schichtdicken, die im Buchdruck möglich sind. Zudem enthält der auf das Papier übertragene Farbfilm noch Wischwasser, wodurch die Pigmentkonzentration um diesen Wasseranteil verdünnt wird. Um diesen Einflussfaktor auszuschalten, kann heute im wasserlosen Offsetdruck gedruckt werden, was tatsächlich die erreichbare Buntheit erhöht. Allerdings kann man damit allein den Farbumfang noch nicht substanziell erweitern.

Schon früh kam man auch auf die Idee, jede Grundfarbe in zwei Durchgängen zu drucken, was rechnerisch eine Verdoppelung der Farbfilmdicke ergibt. Damit ergibt sich tatsächlich eine Steigerung der Buntheit in den Grundfarben, jedoch auf Kosten einer Verschwärzlichung der Sekundärfarben, und zwar vor allem der Farben Blau und Grün. Dies ist verständlich, da in den Sekundärfarben dann 400% anstatt 200% Farbdeckung resultiert. Ein doppelter Farbauftrag verschiebt ferner die Farbwerte der Grund- und Mischfarben, sodass damit auch die Basis des standardisierten Offsetdrucks verlassen wird. Zudem ist der zweimalige Druck der Grundfarben unwirtschaftlich. Trotzdem gab es immer wieder kommerzielle Anwendungen dieser Idee. Vor allem wenn man das Druckergebnis nur auf der Basis von Farbdichtewerten beurteilt, ist der erreichbare Effekt erstaunlich.

Mit entsprechend geeigneten Druckfarben kann man allerdings die Farbfilmdicke auch substanziell erhöhen, ohne dass die Farben zweimal gedruckt werden müssen. Der deutsche Bundesverband Druck und Medien e.V. hat 2005 eine Studie veröffentlicht, in welcher Farbsätze von sechs Druckfarbenherstellern verglichen wurden, die speziell für den Druck von höheren Farbdichten und damit zur Erweiterung des Farbumfangs konzipiert sind. Diese Farbsätze werden als Intensivskalen bezeichnet. Für den Druck dieser Skalen werden Richtwerte für die Volltondichte vorgegeben. Werden diese Dichtewerte eingehalten, entspricht dies etwa einer Erhöhung der Farbfilmdicke um 30% bis 50%. Nicht mit jeder der untersuchten Intensivskalen wurde eine nennenswerte Erweitung des Farbumfangs erzielt. Im erfolgreichsten Fall konnte aber die durchschnittliche Buntheit C*ab von 72.3 auf 78.1 gesteigert werden, was einer Erweiterung des Farbumfangs – ausgedrückt in der Anzahl von unterscheidbaren Farben – von gut 20% entspricht (siehe Tab. 2). Dies ist ein beachtliches Resultat. Damit im Blau- und Grünbereich eine Farbraumerweiterung möglich ist, muss jedoch das Cyan deutlich grünlicher und das Magenta deutlich blauer gewählt werden. Werden die Farborte von Cyan und Magenta bei den Intensivskalen dort belassen, wo auch die Standard-Offsetfarben liegen, muss in den Blau- und Violetttönen sogar eine Verminderung der erreichbaren Buntheit in Kauf genommen werden.

Tabelle 2: Volumen verschiedener Farbkörper im CIELAB-Farbraum (Lichtart D50)

	Anzahl Eckpunkte des Farbkörpers	Volumen in Tausend Einheiten
Alle Körperfarben		1141
Offsetdruck ISO 12647-2, Papier 1	8	345
Offsetdruck ISO 12647-2, Papier 5	8	104
Zeitungsdruck ISO 12647-3	8	59
Fotopapier Agfacolor	8	281
7-Farbendruck	14	496
Hexachrome	12	454
Offsetdruck mit Intensivkala (Novaspace)	8	415

Wahl von anderen Farborten für die Grundfarben

Die Farborte der Offsetskala nach ISO 2846-1 stellen einen Kompromiss dar, dem europäische, amerikanische und japanische Fach-

leute zugestimmt haben, um mit lichtechten und preisgünstigen Pigmenten Druckfarben zu ermöglichen, die auf der Basis des wasserbasierten Offsetdrucks einen ausgewogenen Farbumfang ergeben. Die Grenzen der Farbsättigung, die man dabei akzeptieren muss, sind bereits angesprochen worden. Sie sind dadurch begründet, dass die Farbfilmdicke im Offsetdruck nicht beliebig wählbar ist, und dass die Farben lasierend sein müssen. Man kann daher höchstens die Frage stellen, ob eine Änderung der Farborte der Grundfarben zu einem größeren Farbumfang in den Sekundärfarben führt. Eine Möglichkeit wurde bereits bei den Intensivskalen beschrieben, und sie ist in ähnlicher Form auch in der Silbersalz-Fotografie verwirklicht, nämlich die Wahl eines grünlicheren Cyans und eines blaueren Magentas zur Erschließung von weiteren Blau- und Violetttönen. Mit dem heutigen Normgelb führt dies aber zu einem reduzierten Farbumfang in den Grün- und Rottönen. Verschiebt man das Gelb in rötlicher oder grünlicher Richtung, vergrößert man den Farbumfang nur zugunsten der einen von beiden Mischfarben, und dies auf Kosten der jeweils anderen Mischfarbe. Eine Lösung wäre, das Normgelb allein in Richtung höherer Buntheit zu verschieben. Dies ist mit Intensivskalen möglich, aber im Standard-Offsetdruck nicht realisierbar.

Erweiterung der Zahl der Grundfarben

Wenn es darum geht, eine bestimmte Vorlagefarbe zu drucken, die mit dem standardisierten Offsetdruck nicht wiedergegeben werden kann, so kennt man schon seit langem die Möglichkeit, eine fünfte Farbe, z.B. eine Pantone-Farbe, zu drucken. Man kann aber in diesem Fall nicht von einem 5-Farbendruck sprechen, da diese fünfte Farbe keine Mischfarben mit den Skalafarben erzeugt. Um tatsächlich eine Erweiterung des Farbumfangs zu erreichen, ist es notwendig, dass jede weitere Grundfarbe mit ihren benachbarten Farben Mischfarben erzeugt. Wird beispielsweise als zusätzliche Grundfarbe ein Blau (B) eingesetzt, wird der Farbumfang im a*b*-Diagramm durch folgende Eckpunkte bestimmt:

C
C+Y
Y
Y+M
M
M+B
B
B+C

Es ergibt sich somit im 5-Farbendruck eine Fläche mit acht anstatt sechs Eckpunkten. Entsprechend resultieren mit zwei zusätzlichen Grundfarben 10 Eckpunkte und mit drei zusätzlichen Farben 12 Eckpunkte.

Betrachtet man speziell den Buntheitswert C*ab der Mischfarbe Blau (C+M) im Offsetdruck nach ISO 12647-2 (siehe Tab. 1), so stellt man fest, dass dieser Wert auf gestrichenem Papier nur 54 beträgt. Dies ist sehr niedrig, wenn man bedenkt, dass es Blaupigmente von gleichem Farbton gibt, die wesentlich höhere Buntheitswerte besitzen. Eine ähnliche Situation liegt bei der Mischfarbe Rot (M+Y) vor, wo mit einem farbtongleichen Rotpigment eine über 10% höhere Buntheit möglich ist. Wenn man daher ein Rot- und ein Blaupigment als weitere Grundfarben einsetzt, kann man in diesem Bereich der Farbtöne höhere Buntheitswerte erreichen, als wenn diese Farbtöne aus Cyan, Magenta und Gelb ermischt werden. Nach der gleichen Überlegung kann man zusätzlich auch ein Grünpigment als weitere Grundfarbe einsetzen, wobei allerdings farbtongleiche Grünpigmente keine sehr viel höheren Buntheitswerte aufweisen als die Sekundärfarbe Cyan+Gelb. Mit drei weiteren Grundfarben erhöht sich die Zahl der Grundfarben von vier auf sieben, sodass man in diesem Fall vom 7-Farbendruck spricht. Dieses Verfahren wurde erstmals vor knapp 30 Jahren von Harald Küppers vorgeschlagen und in Zusammenarbeit mit der Druckfarbenindustrie auch realisiert. Das große Problem war damals die Herstellung der für dieses Verfah-

ren benötigen sieben Farbauszüge. Küppers hat für „seinen“ 7-Farbendruck nie standardisierte Farbwerte publiziert. Es liegen verschiedene Farbtabellen vor, die aber bezüglich der Farborte der Grundfarben nicht identisch sind. Was Küppers interessanterweise nie speziell hervorgehoben hat, ist der Vorteil, dass mit sechs bunten Grundfarben auch sechs Sekundärfarben erzeugt werden können. Der größere Farbumfang im 7-Farbendruck kommt nämlich primär durch die zusätzlichen Mischfarben und weniger durch eine höhere Buntheit der Grundfarben zustande. So ergibt beispielsweise die Grundfarbe Rot im Übereinanderdruck mit Gelb eine Mischfarbe im Orangebereich, die fast an den maximal möglichen Buntheitswert herankommt, der mit Körperfarben überhaupt möglich ist. Da der 7-Farbendruck nicht standardisiert ist, repräsentieren die in Tabelle 1 und 2 aufgeführten Kennwerte nur ein Beispiel, konkret eines, das in einer Fogra-Studie (Forschungsbericht 50.026) dokumentiert ist. Mit dem 7-Farbendruck kann der Farbumfang – bezogen auf den standardisierten Offsetdruck – immerhin um fast 44% erweitert werden.

Auf einem ähnlichen Grundgedanken wie der 7-Farbendruck beruht der Pantone-Hexachrome-Prozess. Hier werden nur zwei der drei Sekundärfarben durch weitere Grundfarben ersetzt, nämlich Rot und Grün, während das Blau konventionell durch den Übereinanderdruck von C+M erzeugt wird. Daraus ergeben sich fünf bunte Grundfarben und Schwarz, was den Namen Hexachrome erklärt. Die Grundfarben stammen alle aus dem Pantone-Farbsystem. Anstelle eines roten Pigments wurde ein Orange gewählt. Gegenüber dem konventionellen Vierfarbendruck ergibt sich somit vor allem im Bereich der Rot- und Orange-Töne sowie im Bereich der Grüntöne ein erweiterter Farbumfang. Auch dieses Verfahren ist nicht standardisiert. Zwar werden die Farbwerte der Grundfarben durch den Pantone-Fächer vorgegeben, aber die im Auflagedruck produzierten Farbwerte können deutlich davon abweichen. Die in Tabelle 1 und 2 gegebenen Kennwerte beschreiben daher wiederum nur ein mögliches Beispiel. Die Erweiterung des Farbumfangs – bezogen auf den standardisierten Offsetdruck – beträgt hier gut 31%.

Man hat für die Gesamtheit aller Verfahren. die zum Ziel haben, den Farbumfang im Druck zu erweitern, den Begriff HiFi-Printing geschaffen. Im engeren Sinne bedeutet HiFi-Printing aber vor allem, dass man mit mehr als vier Grundfarben druckt. Ein spezielles Problem bei allen Varianten des HiFi-Printings war früher die Herstellung der Farbauszüge und die Proofherstellung. Heute gibt es spezielle Software für die Farbauszüge, und für die Proofherstellung gibt es digitale Printer, die den Druck von fünf oder sechs Grundfarben erlauben.

Der Druck mit mehr als vier Grundfarben wird aber immer eine eher seltene Kategorie von Druckaufträgen darstellen. Das hat damit zu tun, dass sich der Mehraufwand nur bei speziellen Druckvorlagen rechtfertigt. Damit sind in der Regel nicht-fotografische Vorlagen gemeint, da der heutige Standard-Offsetdruck auf gestrichenem Papier den Farbumfang einer fotografischen Papiervorlage (abgesehen von sehr gesättigten Violett-Tönen) mühelos abbilden kann. In die Kategorie „spezielle Vorlagen“ können beispielsweise Stoffmuster und damit Kleidungsstücke im gesättigten Orange-Bereich fallen. Bei einer ungeeigneten Vorlage oder auf dem falschen Papier ist es aber möglich, dass der Mehraufwand, den man sich mit dem 7-Farbendruck einhandelt, gar nicht sichtbar ist.

Literatur

Harald Küppers, Die neuen systematischen Farbtabellen für den alternativen Siebenfarbendruck, Sonderdruck Deutscher Drucker, Nr. 18, 4. Juni 1987

Andreas Paul, Steigerung der Druckbildqualität durch Variation des Offsetfarbraums, Forschungsbericht Fogra Nr. 50.026, München, November 1994

Kurt Schläpfer, Classification of colour gamuts or printing processes, Ugra Report 73/12, St. Gallen, April 2000

Kurt Schläpfer, Farbmetrik in der grafischen Industrie, 3. Auflage, Ugra St. Gallen, 2002, Seite 133-139

Beatrix Genest, Carolin Becker und Harry Belz, Farbraumerweiterung mit Intensivskalen, Bundesverband Druck und Medien, Wiesbaden, August 2005

Prof. Dr. Kurt Schläpfer
Geschichte des rasterlosen Offsetdrucks

Einleitung

Der Autor, der seinerzeit eine Doktorarbeit über Polyvinylalkohol und seine Anwendung als lichtempfindliche Schicht im Offsetdruck verfasst hat, hat die Entwicklung von Offsetplatten stets mit besonderem Interesse verfolgt. Als Ende der 1960er Jahre berichtet wurde, dass mit „gewöhnlichen" handelsüblichen Offsetplatten rasterlos gedruckt werden kann, hat der Autor der schweizerischen Forschungsgemeinschaft Ugra den Antrag gestellt, die Technologie des rasterlosen Offsetdrucks unter seiner Projektleitung untersuchen zu lassen. Basierend auf den Berichten in der Literatur konnte in der Folge rasch ein standardisierbares Verfahren zur Herstellung von rasterlosen Offsetdrucken entwickelt werden, und als ein Ergebnis dieses Projekts bot die Ugra sogar Kurse an, in welchen sich Fachleute in dieser Verfahrenstechnik schulen lassen konnten.

Es sei klar festgestellt, dass der rasterlose Offsetdruck in dieser Form stets nur eine Nischenanwendung war. Da die Plattenherstellung zwingend die Verwendung eines Films erfordert, ist auch im Zeitalter der digitalen Plattenbeschriftung nicht damit zu rechnen, dass dieses Verfahren wiederbelebt wird. Ist der rasterlose Druck somit nur eine historische Randnotiz in der Entwicklung des Offsetdrucks? Nein, denn dieses Verfahren ist als ein Beitrag zu betrachten, vom klassischen Rasterpunktbild wegzukommen in Richtung eines echten oder simulierten Halbtonbildes. Ein weiterer Beitrag zur Erreichung dieses Ziels ist der Druck mit frequenzmodulierten Rastern. In diesem Zusammenhang stellt sich aber auch die wichtige Frage, was für das menschliche Auge überhaupt ein „echter" Halbton ist.

Im folgenden Text liegt der Schwerpunkt auf der Anwendung von kommerziellen Offsetplatten für den rasterlosen Druck. Es sind aber auch die beiden klassischen rasterlosen Offsetverfahren, nämlich der Photochromdruck und der Lichtdruck, kurz beschrieben. Es geht dabei weniger um die Entwicklungsgeschichte dieser Verfahren als darum, den Mechanismus aufzuzeigen, wie die Halbtonbildung bei diesen Verfahren zustande kommt.

Photochromdruck

Der Photochromdruck arbeitet mit Asphalt als Kopierschicht. Die ersten Bilder, die mit Asphaltkopierschichten hergestellt wurden, sind um 1820 bekannt geworden, also noch vor der Erfindung der Silbersalzfotografie. Mit der Einführung der Silbersalzschichten verlor dann die Asphaltkopie ihre Bedeutung, wobei zu betonen ist, dass zu jener Zeit damit nur Unikate hergestellt wurden, d.h. es handelte sich nicht um ein Druckverfahren. Erst in den 1880er Jahren wurde vom Zürcher Lithografen Hans Jakob Schmid (1856–1924), der bei der Firma Orell-Füssli in Zürich arbeitete, ein eigentliches Druckverfahren entwickelt, dem man den Namen Photochromdruck gab. Der Verfahrensablauf wurde von Orell-Füssli nie beschrieben, und es gab auch keine Fach- oder Lehrbücher über den Photochromdruck. (Erst im Jahr 2006 erschien ein Buch unter dem Titel „Der Photochromdruck vom Lithostein", dessen Verfasser Peter Kunz ein ehemaliger Photochromdrucker war.) Vor allem die Zusammensetzung der Kopierschicht wurde als Betriebsgeheimnis betrachtet. Dass der Photochromdruck trotzdem in anderen Betrieben Eingang finden konnte, hat damit zu tun, dass Mitarbeiter von Orell-Füssli früher oder später den Arbeitgeber wechselten und ihr Wissen dann in den neuen Betrieb

einbrachten. Ferner gab Orell-Füssli selbst der Detroit Photographic Company 1888 das Exklusivrecht, Photochromdrucke in den USA zu produzieren. 1973 wurde bei Orell-Füssli das letzte Photochrombild produziert. Die meisten anderen Firmen stellten ihre Photochrom-Aktivitäten vor 1990 ein.

Asphalt ist eigentlich kein lichtempfindliches Material. Es kann auch nicht durch Zusätze wie beispielsweise Bichromatsalze lichtempfindlich gemacht werden. Wenn Asphalt, in einem Lösungsmittel gelöst, als Schicht aufgetragen und belichtet wird, verliert er durch den Lichteinfluss seine Löslichkeit. Mit einer entsprechenden Entwicklungsflüssigkeit können dann die unbelichteten Schichtteile weggelöst werden, während die belichteten Stellen gegenüber der Entwicklungsflüssigkeit resistent bleiben. Für das Photochromverfahren wurde ausschliesslich syrischer Asphalt verwendet, der für die Beschichtung in Chloroform aufgelöst wurde. Als Schichtträger dienten Lithografiesteine, die sehr gleichmässig gekörnt sein mussten. Die Belichtung der Schicht erfolgte durch ein Halbtonnegativ, das auf Glas montiert war. Eine Besonderheit des Photochromverfahrens ist die lange Belichtungszeit. Früher wurde hauptsächlich im Freien mit Sonnenlicht belichtet, wobei die Belichtungszeit je nach Sonneneinstrahlung bis über acht Stunden betragen konnte. Es wird berichtet, dass an trüben Wintertagen, wenn Nebel über Zürich lag, die Firma Orell-Füssli ihre beschichteten Lithografiesteine mit Pferdefuhrwerken auf den Uetliberg transportierte, um sie dort der Sonne auszusetzen. Selbst mit leistungsfähigen Metallhalogenlampen von 5000 W beträgt die Belichtungszeit bei einem Lampenabstand von 90 cm immer noch bis zu zwei Stunden. Die Schicht wird dann mit Terpentinöl entwickelt. Da der wiedergebbare Tonwertumfang bei der Asphaltkopierschicht limitiert ist, werden Farbbilder mit 10 oder mehr Einzelfarben gedruckt. Da man nicht mit Farbauszügen arbeitet, muss für den Druck jeder Farbe ein einzelner Stein entsprechend präpariert werden.

Der Mechanismus der Halbtonwiedergabe beruht darauf, dass das Korn des Lithographiesteins als feiner Kornraster wirkt. In den Bildtiefen füllt die farbführende Asphaltschicht die Korntäler bis zu den Kornspitzen aus (siehe Abb. 1), während in den hellen Bildstellen der Asphalt nur noch in den tiefsten Stellen der Kornstruktur vorhanden ist. Die Druckfarbe wird dann – genau gleich wie beim unten beschriebenen rasterlosen Druck ab Offsetplatten – aus den Korntälern heraus auf das Papier übertragen.

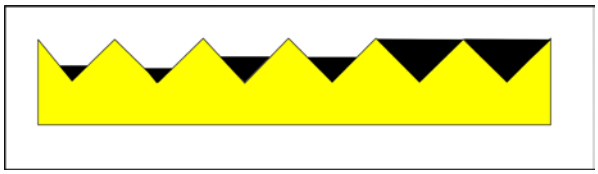


Abbildung 1: Mechanismus des Photochromdrucks: Das gelbe Relief zeigt schematisch die Kornstruktur auf dem Lithographiestein. Durch die Belichtung mit einem Halbtonfilm wird die Asphaltschicht (schwarz gezeichnet) unterschiedlich gehärtet. Die am stärksten gehärteten Schichtteile bedecken knapp die Kornspitzen. Dort, wo die Asphaltschicht weniger gehärtet wurde, befinden sich die gehärteten Schichtteile in den Tiefen der Korntäler. Die Druckfarbe wird nur von den gehärteten Schichtteilen angenommen. Die linke Seite der Abbildung zeigt die Asphaltschicht in den hellen Bildstellen, die rechte Seite jene in den dunklen Bildstellen.

Lichtdruck

Der Lichtdruck hat sich ab 1855 in verschiedenen Etappen entwickelt und erreichte um 1880 einen Entwicklungsstand, der etwa der Verfahrenstechnik entspricht, wie sie heute noch angewendet wird. Im Jahr 1900 soll es in Deutschland über 200 Lichtdruckereien gegeben haben. Nach Angaben der Online-Enzyklopädie Wikipedia gibt es heute weltweit nur noch drei Lichtdruckereien, je eine in Leipzig, in Florenz und in Kyoto. Als lichtempfindliche Schicht wird im Lichtdruck Bichromat-Gelatine verwendet. Die Schicht wird auf Glasplatten aufgebracht, einerseits, weil die Haftung auf diesem Substrat besser ist als auf Metall oder Stein, und anderseits, weil damit

eine Nachbelichtung von der Rückseite her möglich ist, die dazu dient, die Kopierschicht von unten zu härten und diese mit der von oben gehärteten Kopierschicht zu verankern. Bei der Belichtung mit einem Halbtonnegativ wird die Kopierschicht unterschiedlich tief gehärtet. Sie verliert durch die Härtung ihre Quellfähigkeit in Wasser, was beim Druckprozess den Grad der Farbübertragung bestimmt. Die belichtete Glasplatte wird dann während mehreren Stunden in ein Wasserbad getaucht, wo die nicht belichteten Chromsalze ausgewaschen werden. Anschliessend wird die Platte getrocknet, wobei sich ein Runzelkorn auf der Gelatineschicht bildet. Vor dem Druck muss die Gelatineschicht mit einem Gemisch von Wasser und Glyzerin gefeuchtet werden. Die unbelichteten Stellen quellen dabei stärker auf als die belichteten Stellen. Dabei tritt auch eine stufenweise Glättung des Runzelkorns ein. Für den Druck benötigt man eine hochviskose Farbe, die mit Handwalzen auf die Platte aufgetragen wird.

Die landläufige Erklärung für die Funktionsweise des Lichtdrucks ist, dass die nicht druckenden Stellen hydrophil und die druckenden Stellen lipophil sind. Würde dies zutreffen, müsste dies durch ein unterschiedliches Benetzungsverhalten nachweisbar sein. Randwinkelmessungen zeigen jedoch, dass es zwischen druckenden und nicht-druckenden Stellen keinen Benetzungsunterschied gibt. Untersuchungen haben gezeigt, dass allein die Kornstruktur der Gelatine die Farbübertragung bestimmt. In den hellen Bildstellen ist die Kornstruktur teilweise geglättet, d.h. es gibt kaum Korntäler, in welche die Druckfarbe eindringen kann (siehe Abb. 2). In den dunklen Bildstellen sind es hingegen tiefe Korntäler, die entsprechend mehr Farbe aufnehmen und auf das Papier übertragen können.

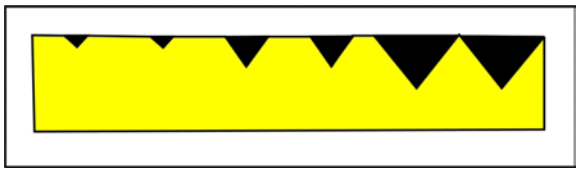


Abbildung 2: Mechanismus des Lichtdrucks: Das gelbe Relief zeigt schematisch die gehärtete Gelatineschicht mit dem Runzelkorn. Auf der linken Seite ist die Kornstruktur teilweise geglättet, da die Gelatine dort weniger stark gehärtet ist. Auf der rechten Seite gibt es hingegen tiefe Korntäler. Die Druckfarbe (schwarz gezeichnet) füllt die Korntäler auf, wobei je nach dem Füllungsgrad der Korntäler abgestufte Halbtöne entstehen.

Rasterloser Druck mit handelsüblichen Offsetplatten

Wenn man einen Halbtonkeil auf eine handelsübliche Offsetplatte kopiert, stellt man beim Drucken fest, dass einige Keilstufen auf dem Papier als echte Halbtöne wiedergegeben werden können, und dies mit einer gewissen Konstanz über eine grössere Auflage. Testet man verschiedene Offsetplatten auf dieses Verhalten, ergibt sich, dass zwar auf vielen Platten nur einige wenige Halbtonstufen mitdrucken, auf einigen Platten jedoch ein ganzer Halbtonbereich wiedergegeben werden kann. Auf der Basis dieser Erkenntnisse begannen in den 1960er Jahren die ersten Versuche, unter Verwendung von Halbtonfilmen rasterlose Drucke zu erzeugen.

Aufgrund der Untersuchungen des Autors und seiner Mitarbeiter eignen sich für den rasterlosen Druck nur Platten auf der Basis einer Diazobeschichtung, die positiv oder negativ kopierend sein können. Dies ist der Grund, weshalb vor der Markteinführung dieser Kopierschichten solche Versuche nicht möglich oder erfolglos waren. Vergleicht man verschiedene Platten dieses Typs, zeigt sich, dass der druckbare Halbtonbereich durch die Färbung der Kopierschicht beeinflusst wird und bei hellen Kopierschichten grösser ist. Dunkel eingefärbte Kopierschichten sind allerdings die Regel, da dann das Kopierergebnis nach der Plattenentwicklung besser beurteilt

werden kann. Eine Ausnahme war zu dieser Zeit eine Platte der Firma Howson-Algraphy, die eine goldgelbe Beschichtung aufwies und entsprechend „Alympic Gold“ hiess. Diese Platte erwies sich in der Folge für die Herstellung von rasterlosen Offsetdrucken als besonders geeignet. Dies wurde auch von der Herstellerfirma erkannt, und ihr Mitarbeiter Les Lawson beschrieb in verschiedenen Publikationen die Herstellung von rasterlosen Offsetdrucken und machte für diese Platte Werbung. Da diese Druckplatte in der Schweiz zeitweise nicht lieferbar war, wurde für die Druckversuche unter Leitung des Autors eine grünlich gefärbte Alympic-Platte gewählt, deren druckbarer Halbtonbereich ebenfalls genügend gross war. Als erstes galt es, diesen nutzbaren Halbtonbereich mit Hilfe von Parametern, die bei der Plattenherstellung einen Einfluss haben, zu maximieren. Es zeigte sich, dass eine Vorbelichtung und eine spezielle Rezeptur für die Entwicklungsflüssigkeit das Ergebnis begünstigten. Dann musste auch der Dichteumfang des Halbtonfilms entsprechend angepasst werden. Als optimal erwies sich ein Umfang von 1.2 bis 1.5, aber auch mit Dichteumfängen bis 1.8 wurden brauchbare Resultate erhalten. Beim Druck zeigte sich, dass der Spielraum beim Farbe-Wasser-Gleichgewicht wesentlich geringer ist als im konventionellen Offsetdruck. Aus diesem Grunde sind Flachbett-Andruckmaschinen für den rasterlosen Offsetdruck nicht geeignet, da sich auf diesen Maschinen wegen der geringen Druckgeschwindigkeit kein stabiles Farbe-Wasser-Gleichgewicht aufbauen kann. Ebenso ist die Alkohol-Feuchtung ungeeignet. Das Feuchtmittel sollte nicht mehr als fünf Prozent Alkohol enthalten, und die Feuchtwalzen müssen demzufolge mit einem hydrophilen Überzug versehen sein. Abgesehen von dieser Einschränkung können rasterlose Platten mit jeder Druckfarbe und auf jedes Papier verdruckt werden.

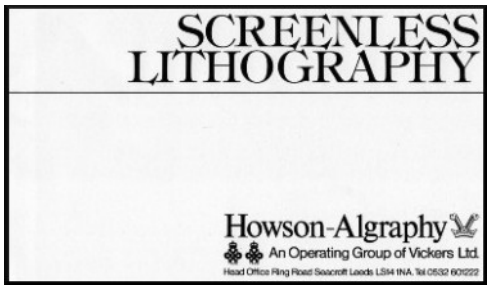


Abbildung 3: Der Druckplattenhersteller Howson-Algraphy veröffentlichte in dieser Broschüre Richtlinien, wie mit der Druckplatte „Alympic Gold“ rasterlose Offsetdrucke hergestellt werden können.

Viele Publikationen zum rasterlosen Offsetdruck befassen sich nicht mit der Druckherstellung selbst sondern mit dem Mechanismus des Druckprozesses. An sich könnte man vermuten, dass die druckende Kopierschicht in Abhängigkeit der eingestrahlten Lichtmenge eine abgestufte Farbannahme aufweist. Da der rasterlose Offsetdruck aber nur mit gekörnten Aluminiumplatten funktioniert, wird rasch klar, dass das Plattenkorn eine wichtige Rolle spielen muss. Nach Untersuchungen des Autors muss das Plattenkorn nicht speziell grob sein, aber eine hohe Gleichmässigkeit aufweisen. Der Idealfall wäre wohl eine streng geometrisch definierte Oberfläche – eine Idee, die auch Gegenstand einer Patentanmeldung wurde. Eine entsprechende Platte kam jedoch nie auf den Markt. Untersuchungen verschiedener Autoren zeigten, dass – bei positiv arbeitenden Kopierschichten – die Spitzen des Plattenkorns die wasserführenden Elemente sind, und die Kopierschicht in den Korntälern die druckenden Elemente bilden. In den dunklen Bildstellen bedeckt die farbführende Kopierschicht gerade noch die Kornspitzen, während in den hellsten Bildstellen die Kopierschicht tief in den Korntälern sitzt. Der Mechanismus der Halbtonwiedergabe ist somit der gleiche wie beim oben beschriebenen Photochromverfahren (siehe Abb. 1). Im Unterschied zum Photochromdruck wird hier die Kopierschicht durch die Belichtung löslich, sodass ab Positivfilmen kopiert werden kann. Die Vorbelichtung ohne Film erfüllt den Zweck,

die Kopierschicht bis auf die Ebene der Kornspitzen löslich zu machen, während die Filmbelichtung dann eine abgestufte Löslichkeit zwischen den Kornspitzen und den Korntälern bewirkt.

Was ist rasterlos?

Die Frage tönt zunächst akademisch, aber sie hat einen kommerziellen Hintergrund. Verleger von so genannten Faksimileausgaben wollen dem Anspruch, dass die drucktechnische Reproduktion möglichst ähnlich wie das Original aussieht, vor allem dadurch gerecht werden, dass die Halbtöne keine Rasterpunkte aufweisen dürfen. Der Begriff „rasterlos" könnte in dieser Form als ein Prozessmerkmal definiert werden, nämlich dass kein Rasterverfahren zur Anwendung gelangen darf. Würde man nur diese Definition anerkennen, wären vor allem frequenzmodulierte Rasterverfahren im Faksimile-Druck ausgeschlossen, obwohl einige dieser Verfahren speziell auf diese Anwendung hinzielen. Der Begriff „rasterlos" muss daher über die Wahrnehmung durch das Auge definiert werden. Vereinfacht könnte man sagen: „Rasterlos ist, wenn man keine Rasterpunkte (mehr) sieht." In der Tat ist es gerade diese Aussage, die für den Verleger von Faksimileausgaben relevant ist. Für den Verleger oder Hersteller von rasterlosen Drucken sollte diese Definition allerdings durch eine zahlenmässige Spezifikation präzisiert werden.

Bei den klassischen periodischen Rastern kann man relativ klar einen Grenzwert definieren, ab welchem das menschliche Auge die Rasterpunktstruktur nicht mehr wahrnimmt. Man geht dabei von der Tatsache aus, dass der Abstand der Lichtrezeptoren auf der Netzhaut für das Auflösungsvermögen des Auges massgebend ist. Daraus lässt sich ein Winkel ableiten, unter welchem das Auge gerade noch zwei Linien, oder im vorliegenden Fall Rasterpunkte, unterscheiden kann. Wenn dieser Wert in Linien/cm angegeben wird, ist er vom Betrachtungsabstand abhängig und beträgt für einen Abstand von 20 cm ziemlich genau 120 Linien/cm. Beim doppelten Abstand, nämlich 40 cm, ist es dann noch der halbe Wert, nämlich 60 L/cm. Bilder, die mit einem Feinraster von 120 Linien/cm gedruckt werden, werden aufgrund dieses Grenzwerts vom Auge nicht mehr als Rasterbilder erkannt. Allerdings ist bei mehrfarbigen Bildern noch zu berücksichtigen, dass durch die Rasterwinkelung eine Rosettenbildung eintritt, deren Struktur unter Umständen in einem Abstand von 20 cm noch sichtbar ist.

Da rasterlose Druckverfahren darauf beruhen, dass entweder die Kornstruktur der Offsetplatte oder das Korn einer gehärteten Kopierschicht eine Art von Kornraster erzeugen, haben diese druckenden Punkte für das Auge eine Ähnlichkeit mit Rasterpunkten, nur dass sie nicht periodisch angeordnet sind. Ob sie in einem Betrachtungsabstand von 20 cm noch sichtbar sind, hängt davon ab, wie gross die druckenden Elemente sind, und welchen Kontrast sie gegenüber den nicht druckenden Stellen aufweisen. Um dies zu beurteilen, wurden Drucke der drei oben beschriebenen rasterlosen Verfahren und ein fotografischer Halbton mikrodensitometrisch ausgemessen (siehe Abb. 4 bis 7). Für die Ausmessung wurde jeweils ein Tonwert mit einer optischen Dichte von etwa 0.3 gewählt, weil dieser Wert im Hinblick auf eine sichtbare Struktur als am empfindlichsten betrachtet wurde. Niedrigere Tonwerte weisen demgegenüber weniger druckende Elemente auf, während bei höheren Tonwerten diese Elemente zu grösseren Flächen zusammenwachsen. Mit dem verwendeten Mikrodensitometer wurde eine Strecke von 1.5 mm mit einer Messpunktgrösse von 3 Mikron abgetastet. Entlang dieser Messstrecke wurde die optische Dichte an 300 Messpunkten gemessen.

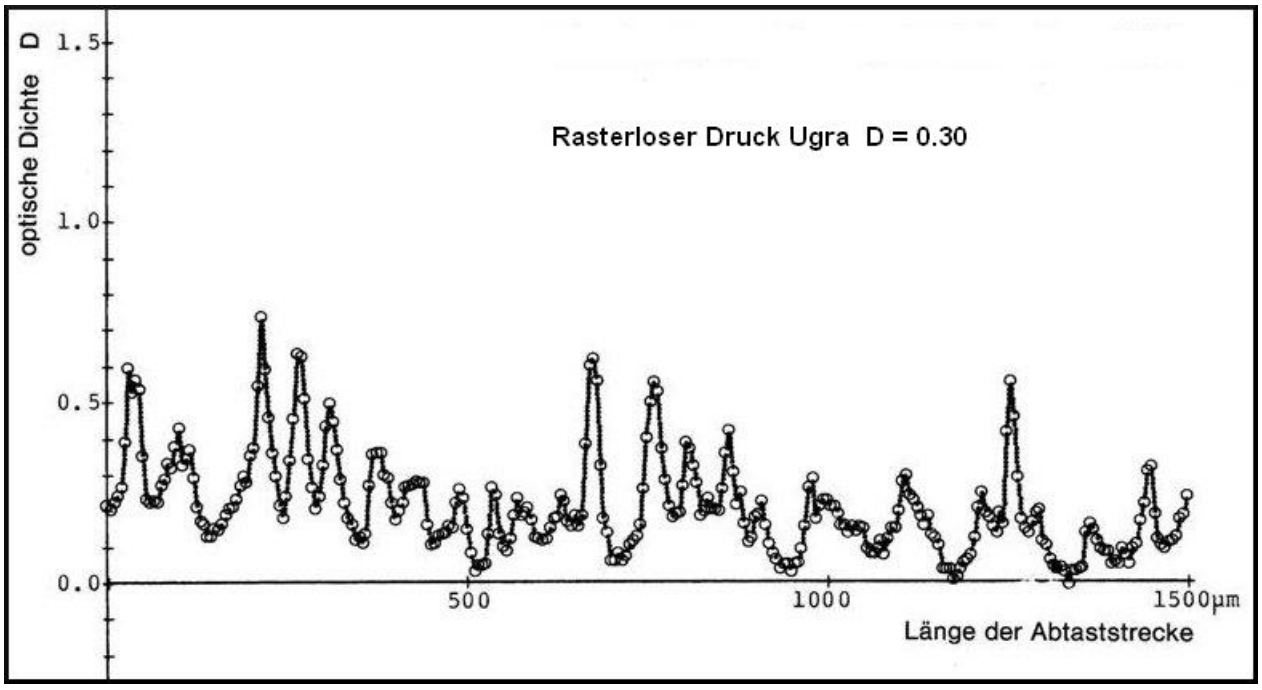


Abbildung 4: Mikrodensitometrisches Profil eines rasterlosen Drucks, der ab einer diazobeschichteten Offsetplatte an der Empa St. Gallen gedruckt wurde.

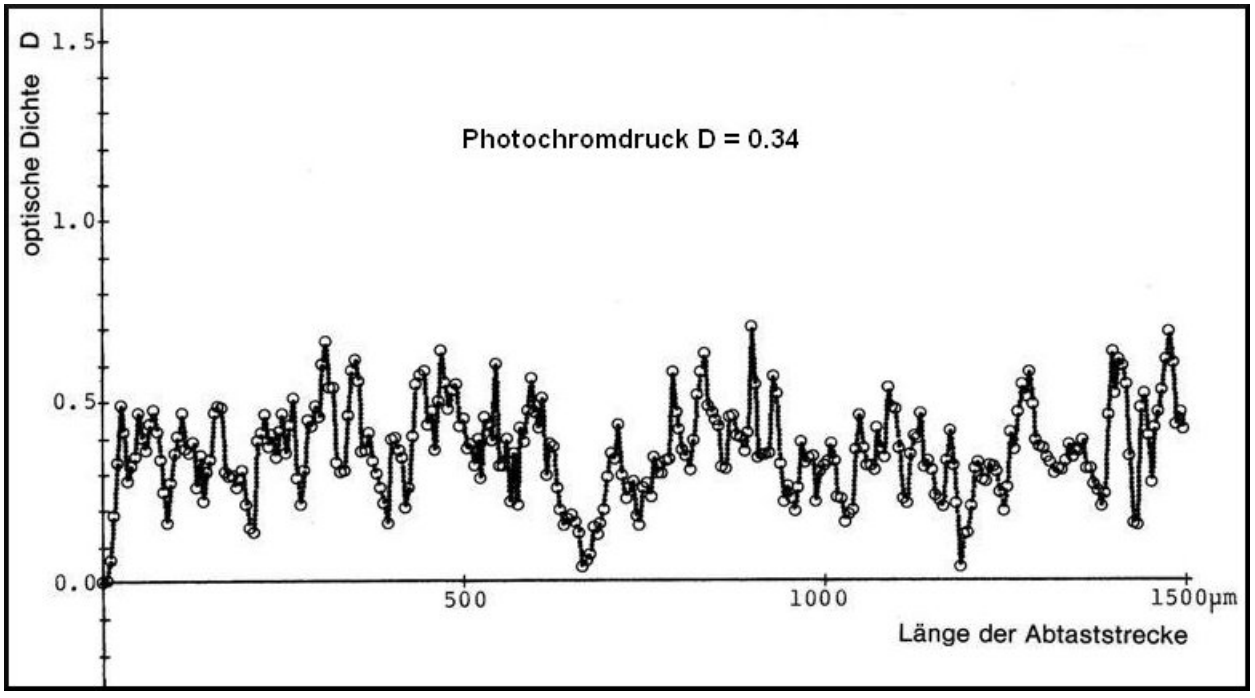


Abbildung 5: Mikrodensitometrisches Profil eines Photochromdrucks (Graukeil erhalten von der Firma Lichtdruck AG, Dielsdorf, Schweiz)

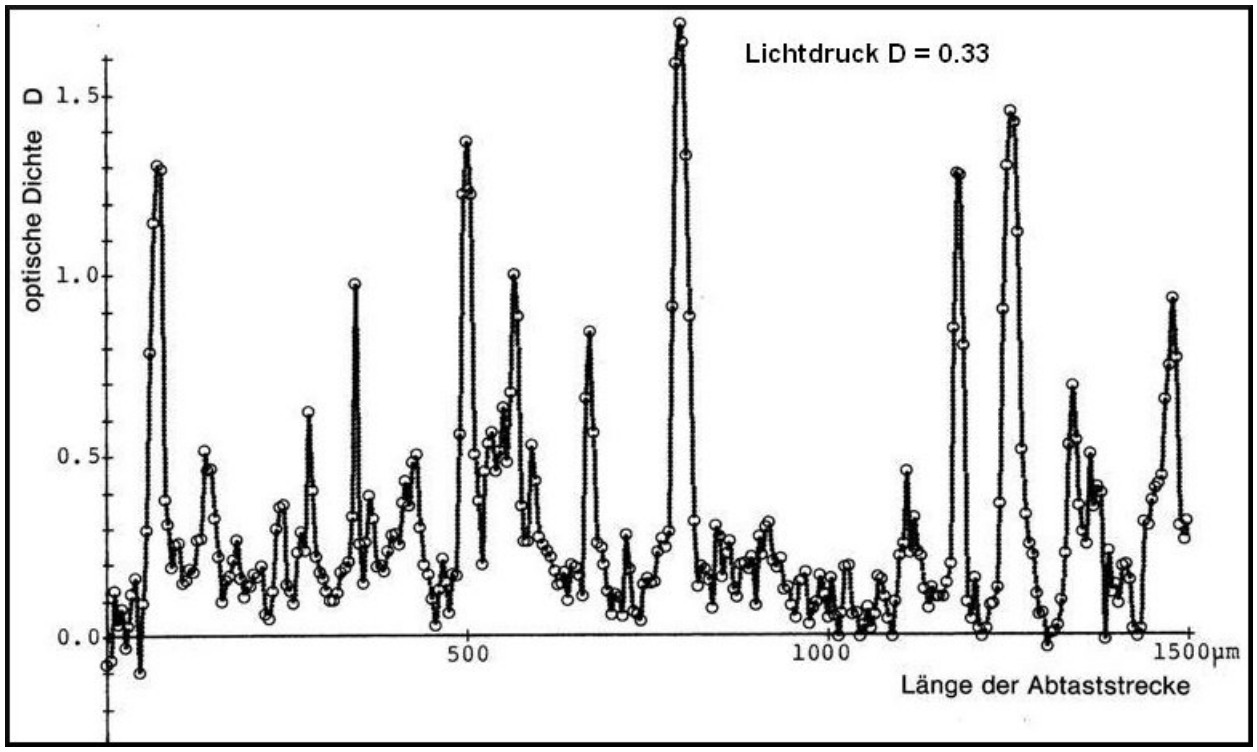


Abbildung 6: Mikrodensitometrisches Profil eines Lichtdrucks (Graukeil erhalten von der Firma Lichtdruck AG, Dielsdorf, Schweiz)

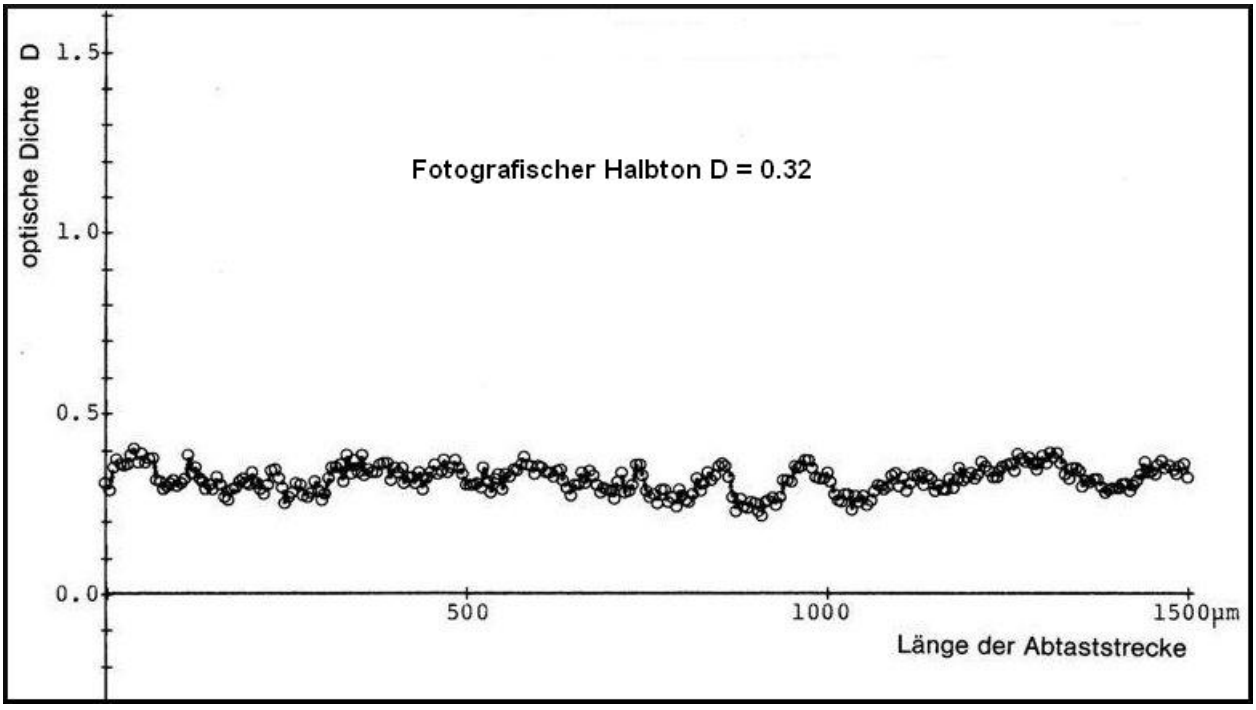


Abbildung 7: Mikrodensitometrisches Profil eines fotografischen Halbtons von geringer Körnigkeit, kopiert auf Fotopapier.

Um zu beurteilen, ob der untersuchte Tonwert visuell als rasterlos gelten kann, wurden aus den Dichteprofilkurven zwei Kennwerte ermittelt:

◆ Druckkontrast: Dieser wurde definiert als der dreifache Wert der Standardabweichung der gemessenen Dichtewerte.

◆ Anzahl druckende Punkte: Diese wurde ermittelt, indem die Zahl der Dichtemaxima gezählt wurde, die über dem Dichtemittelwert minus die halbe Standardabweichung liegen. Diese Zahl wurde auf 1 cm Abtastlänge umgerechnet.

Verfahren	**Druck-kontrast (Dichte-umfang)**	**Korn-struktur (Druckende Elemente pro cm)**
Lichtdruck	0.96	200
Photochromdruck	0.39	280
Rasterloser Druck Ugra	0.39	160
Fotografischer Halbton	0.12	nicht messbar
Vergleich: feiner Kornraster	1.02	167
Vergleich: Periodischer Raster 120 L/cm	1.38	120

Tabelle 1: Merkmale von rasterlosen Drucken bei einem Dichtewert von ca. 0.3

Aus Tabelle 1 erkennt man, dass bei allen drei rasterlosen Verfahren (Lichtdruck, Photochromdruck und rasterloser Druck Ugra) die Struktur der druckenden Elemente feiner und der Druckkontrast geringer ist als beim autotypischen Druck mit einem 120-Raster. Mikroskopisch gesehen weisen sie allerdings gegenüber einem echten fotografischen Halbton deutliche Strukturen auf, die sich unter einem Fadenzähler als Körnigkeit äussern können. Beim Lichtdruck, der sozusagen als Inbegriff des rasterlosen Drucks gilt, hätte man eher eine geringere Körnigkeit und einen geringeren Druckkontrast erwartet, als im vorliegenden Fall gemessen wurde. Tatsächlich liegen die hier ermittelten Kennwerte in einem Bereich, der auch von sehr feinen Kornrastern erreicht werden kann. (Als Beispiel dafür sei das Granolitho-Verfahren der Firma Lichtdruck AG erwähnt, das auf der Anwendung eines sehr feinen Kornrasters basiert.) Zu betonen ist, dass hier jeweils nur das Aussehen eines einzelnen Tonwerts beschrieben wurde. Messungen an anderen Tonwerten zeigen, dass die messbare Punktstruktur stark vom Tonwert abhängt, dass aber ein Tonwert von ungefähr D = 0.3 ein repräsentatives Bild der druckenden Struktur ergibt.

Was in diesem Zusammenhang nicht angesprochen wurde, sind die frequenzmodulierten Raster, da sie den Rahmen dieser Abhandlung sprengen würden. Der Autor hatte später auch die Möglichkeit, Muster solcher Rasterdrucke mikrodensitometrisch zu untersuchen. Dabei zeigte sich, dass diese bezüglich messbarer Kornstruktur näher beim Lichtdruck als beim fotografischen Halbton liegen.

Die Frage, wie der Begriff „rasterlos“ definiert werden kann. könnte man abschliessend wie folgt beantworten: Es sollten mehr als 120 druckende Elemente pro cm vorhanden sein, und der Dichteumfang zwischen druckenden Elementen und nicht druckenden Stellen sollte kleiner als 1.0 sein.

Literatur über den rasterlosen Druck mit handelsüblichen Offsetplatten

Die Literaturangaben beziehen sich auf die Zeitspanne von 1967 bis 1984, als dieses Verfahren aktuell war. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Wolfgang Walenski, Die Wiedergabe von Halbtönen ohne Raster im Flachdruck, Der Polygraph (1984) Nr. 20, 1728-1735

K. Schläpfer, Wie weit sind rasterlose Offsetdrucke wirklich rasterlos? Ugra-Mitteilungen (1981) Nr. 1, 17-27

K. Schläpfer, K. Fässler, Herstellung von rasterlosen Offsetdrucken, Ugra-Auftrag (1981) 72/1, St. Gallen

Stephen E. Martin, Plate Stability in Screenless Printing, Master Thesis, (1980) Rochester Institute of Technology

C.F. Nash, Practical experience of screenless offset photolithography, Professional Printer, 24, (1980) Nr. 1, 6-13

W.H. Banks, A theory of screenless photolithography, Professional Printer, 24, (1980) Nr. 1, 2-5

Screenless Lithography - Guide to Alympic Gold Contone Platemaking, compiled by L. Lawson, Howson-Algraphy, (1980) 12 Seiten

W.M. du Pont, J. de Weerd, Rasterloser Offsetdruck, Fachhefte (1979), Nr. 3, 118-121

Helmut Bernd, Jürgen Lauer, Rasterloser Offsetdruck heute - Aspekte zur Technik und zur Wirtschaftlichkeit, Deutscher Drucker, (1979), Nr. 26, 17-20

Clive F. Nash, Recent European experience of screenless offset photo¬lithography, Taga Proceedings, (1978), 238-261

L.E. Lawson, Tonal reproduction via unscreened positive printing plates, Journal of Photographic Science, 26, (1978), 111-119

L.E. Lawson, Exposing and processing screenless printing plates, Taga Proceedings (1978), 45-59

L.E. Lawson, Screenless photolithography, Professional Printer, 22, (1978), Nr. 3, 2-9

A.H. Smith, The theory of screenless lithography in relation to plate grain structure, Journal of Photographic Science, 26, (1978), 162-171

Screenless lithography, PIRA-Report, (specially founded project) November 1977

Improving on a 178-year-old invention, Printing Trades Journal, Tonbridge (1976) 1078, S. 15, 34. Arbeitsübersetzung U 132/3646 IGT Leipzig

Screenless Lithography, Graphic Arts in Japan, (1974/75), Vol. 16,49-51

V. Andreyeva et al., Investigations of a process for offset plate manufacturing without the use of conventional halftone screen systems, IARIGAI-Proceedings of the 12th International Conference (1974), 164-168

C.P. Chapman, Random dot printing „Topoprint“, TAGA-Proceedings (1972), 358-367

Die Technik des rasterlosen Offsetdruckes, Roland Nachrichten (1969), Nr. 28, 19-22

Tomoaki Ikeda, Hiroij Kumagai, Kiyoshi Masui, Tone reproduction in screenless lithography, Graphic Arts in Japan, (1968/69), Vol. 10, 41-46

Ewald A. Nömer, Offsetdruck in Halbtönen ohne Raster, Polygraph (1967), Nr. 2, 58

Irving Pobboravsky, Milton Pearson, Study of screenless lithography, TAGA Proceedings, (1967), 249-262

BESTIMMUNG VON VERZAHNUNGSSTEIFIGKEIT UND -SPIEL AUS MEßDATEN NICHTLINEARER DREHSCHWINGUNGEN IN BOGENOFFSETDRUCKMASCHINEN

DR.-ING. MARKUS MESSER

Geb. am 7.8.1975 in Lich, 1995 Abitur, 1995 - 1996 Grundwehrdienst, 1996 - 2001 Studium des Allg. Maschinenbaus an der TU Darmstadt (Abschluß: Dipl.-Ing.), 1999 - 2000 Studium an der University at Buffalo (NY, USA) im Department of Mechanical and Aerospace Engineering (Abschluß: Master of Science), 2001 - 2006 Wissenschaftlicher Mitarbeiter von Prof. Dr.-Ing. H. P. Wölfel (Fachgebiet Maschinendynamik, TU Darmstadt), 2007 Promotion zum Dr.-Ing., seit 2007 Entwicklungsingenieur und seit 2011 Leiter Fachgebiet Strukturdynamik bei der Heidelberger Druckmaschinen AG, seit 2008 nebenberuflich Lehrbeauftragter für Maschinendynamik 1 (Technische Schwingungslehre) an der TH Mittelhessen (FH Gießen - Friedberg), seit 2008 Mitglied des VDD.

1. Einleitung

Das Thema Schwingungen spielt im Druckmaschinenbau eine große Rolle. Schon Drehschwingungsamplituden in der Größenordnung von nur ca. 10 µm können zu nicht tolerierbaren Qualitätseinbußen des Druckprodukts führen. Zur Thematik Drehschwingungen in Druckmaschinen existiert eine Vielzahl von Arbeiten. Beispielhaft sei hier nur auf die Veröffentlichungen [1], [2], [3] verwiesen.

Für Beschreibung und Analyse vieler Drehschwingungsphänomene eignen sich oft lineare Simulationsmodelle, also Systeme von inhomogenen gekoppelten Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten (zeitinvariante Systeme).

$$\underline{M}\ddot{\underline{q}} + \underline{D}\dot{\underline{q}} + \underline{K}\underline{q} = \underline{f}$$

Solch diskrete Schwingungssysteme mit n Freiheitsgraden werden beispielsweise in [2] näher behandelt und zeigen gute Übereinstimmungen von Messung und Simulation.

Für die Massenmatrix $\underline{M}$ in obiger Gleichung können Drehträgheiten aus 3D-CAD-Modellen genommen werden. Aus gemessenen Drehschwingungsamplituden lassen sich modale Dämpfungsgrade bestimmen.

Die Kenntnis modaler Dämpfungsgrade ergibt mit der Steifigkeitsmatrix $\underline{K}$ und der Annahme Proportionaldämpfung eine Dämpfungsmatrix $\underline{D}$ ($\underline{D} = \alpha\underline{M} + \beta\underline{K}$). Auf das Thema Steifigkeitsmatrix soll im folgenden näher eingegangen werden.

Während die Massenmatrix von Null verschiedene Einträge nur auf der Hauptdiagonalen aufweist, besitzt die Steifigkeitsmatrix von Null verschiedene Einträge auch jenseits der Hauptdiagonalen. Daraus ergibt sich eine Kopplung der Drehfreiheitsgrade. Gleiches gilt aufgrund der Proportionaldämpfung auch für die Dämpfungsmatrix. Folglich hat die Bestimmung der Drehsteifigkeiten eine entscheidende Bedeutung für die Güte des Rechenmodells.

Wiese zeigt in [3] an einem Beispiel, daß sich für die Drehsteifigkeit eines Stirnradpaares nach DIN 3990, Teil 1, eine Verzahnungssteifigkeit von 11E7 Nm/rad ergibt. Wie Wiese weiter schreibt, werden bei dieser Vorgehensweise verschiedene Nachgiebig-

keiten nicht berücksichtigt („Biegung der Zylinderzapfen“, „Plattenbiegung der Stirnräder“). Unter Einbeziehung der genannten Nachgiebigkeiten ermittelt Wiese für das betrachtete Beispiel eine Verzahnungssteifigkeit von 1,4E7 Nm/rad, also ca. ein Achtel des nach DIN 3930 berechneten Wertes von 11E7 Nm/rad.

Sind die Drehträgheiten der Massenmatrix bekannt, so können Werte für die Verzahnungssteifigkeit aus Meßdaten linearer Drehschwingungen gewonnen werden, indem z.B. die Werte der Eigenfrequenzen abgeglichen werden. Ein alternativer Weg für die Bestimmung von Verzahnungssteifigkeiten wird in nachfolgenden Abschnitten dieses Artikels aufgezeigt.

Für die Simulation von nichtlinearen Schwingungsphänomenen (siehe beispielsweise [1]) ist das Verzahnungsspiel von entscheidender Bedeutung. Die folgenden Abschnitte zeigen, daß neben der Verzahnungssteifigkeit auch das Verzahnungsspiel aus Meßdaten nichtlinearer Drehschwingungen gewonnen werden kann.

2. Meßdaten

In diesem Abschnitt wird auf Meßdaten eingegangen, die an einer Bogenoffsetdruckmaschine vom Typ XL 162-5+L (Heidelberger Druckmaschinen AG) gewonnen wurden. Abbildung 1 zeigt das Maschinenschema solch einer Maschine mit fünf Druckwerken und einem Lackwerk. Für Versuchszwecke wurden die Drehschwingungen der Druckzylinder 1 bis 5 gemessen. Diese Zylinder sind in Abbildung 1 rot markiert.

Neben den bereits angesprochenen Drehschwingungsdaten, auf die weiter unten näher eingegangen wird, wurden noch weitere Daten aufgenommen. Abbildung 2 zeigt als Beispiel dafür das Antriebs- bzw. Bremsmoment (Hauptantrieb) vor und während eines Notstops über der Zeit. Vor Betätigung des Notstops lief die Maschine bei diesem Beispiel mit einer Produktionsgeschwindigkeit von 15000 Dr/h. Der zu Abbildung 2 gehörige Verlauf der Maschinengeschwindigkeit vor und während des Notstops ist in Abbildung 3 dargestellt.

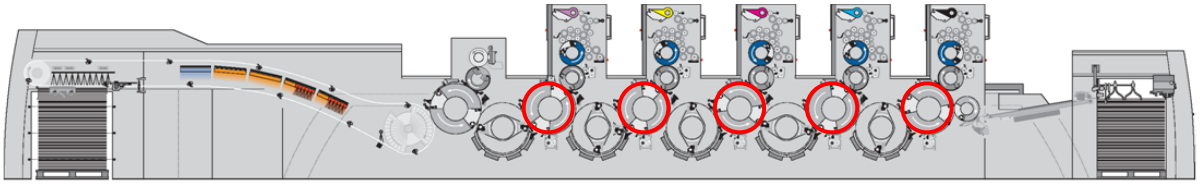


Abb. 1: Maschinenschema einer XL 162-5+L (Heidelberger Druckmaschinen AG)

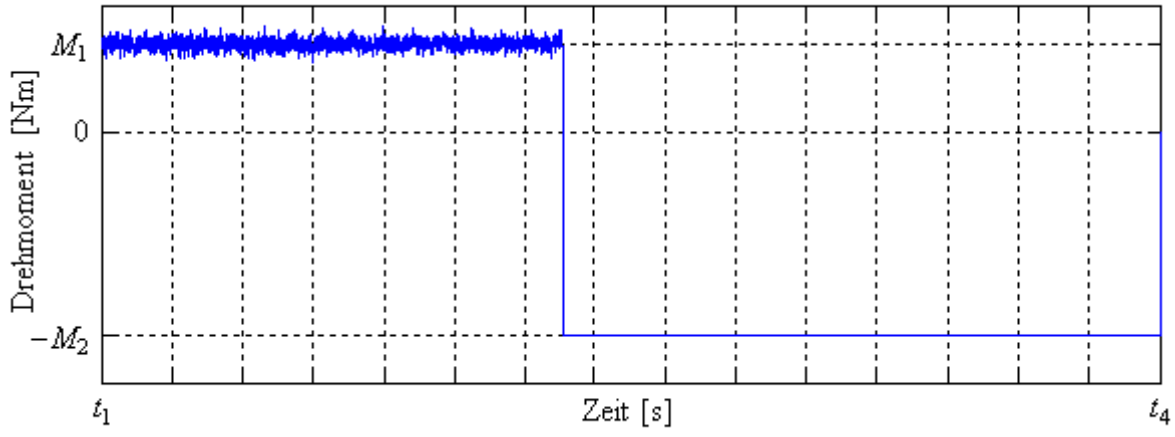


Abb. 2: Antriebs- bzw. Bremsmoment (Hauptantrieb) vor und während eines Notstops

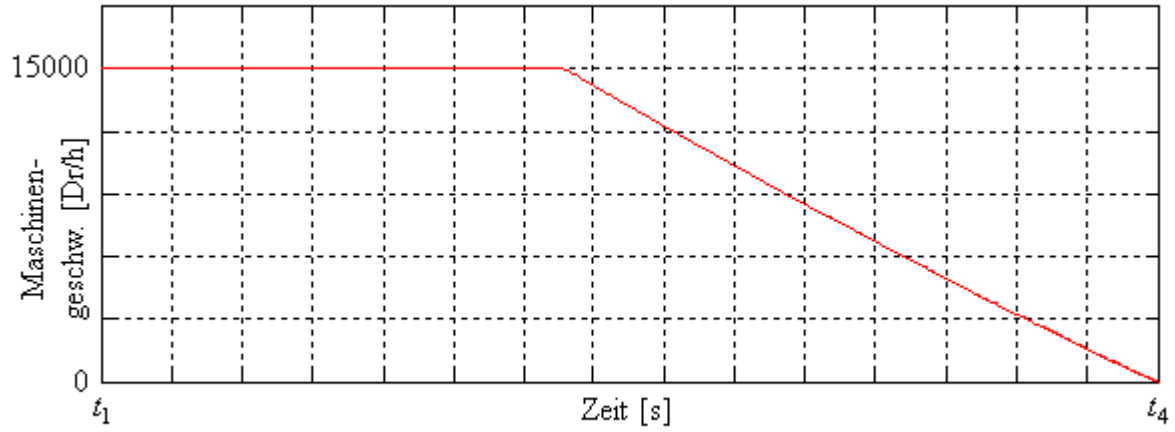


Abb. 3: Maschinengeschwindigkeit vor und während eines Notstops

Abbildung 4 zeigt die dazugehörige gemessene Differenzdrehschwingung $q_{DZ5} - q_{DZ1}$ (Differenz von fünftem und erstem Druckzylinder). Bei der Darstellung in Abbildung 4 wird nicht der gleiche Zeitbereich wie in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt, sondern es wird ein Ausschnitt dieses Zeitbereichs gezeigt. Zu sehen ist dabei das interessierende Zeitfenster um den Zeitpunkt, bei dem der Notstop betätigt wurde. Vor Betätigung des Notstops oszilliert das Signal $q_{DZ5} - q_{DZ1}$ um einen mittleren Wert Q_1. In diesem Zustand liegt eine stationäre periodische Drehschwingung vor. Einige Zeit nach Betätigung des Notstops treten wiederum stationäre Drehschwingungen auf, diesmal um einen mittleren Wert Q_2. Zwischen diesen beiden stationären Zuständen treten transiente nichtlineare Drehschwingungen auf, die sich nur bei Verwendung eines nichtlinearen Modells simulieren lassen. Für diese nichtlinearen Simulationen ist der Modellparameter Verzahnungsspiel von entscheidender Bedeutung. Die Differenz $Q_2 - Q_1$ setzt sich aus zwei Anteilen zusammen. Ein Anteil resultiert aus elastischer Verformung, und der zweite Anteil ergibt sich aus Verzahnungsspiel. Näheres dazu folgt weiter unten.

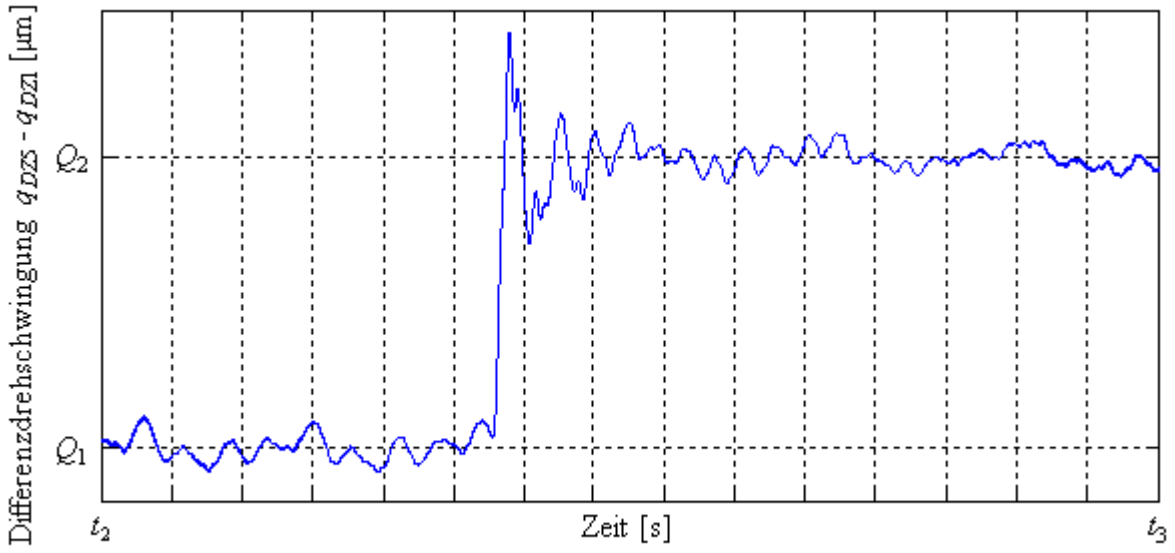


Abb. 4: Differenzdrehschwingung (Zeitfenster um Zeitpunkt der Notstopbetätigung)

Die Abbildungen 2 bis 4 zeigen exemplarisch Meßdaten für einen zu Versuchszwecken durchgeführten Notstop. Daten dieser Art liegen für Notstops aus verschiedenen Maschinengeschwindigkeiten vor. Je nach Maschinengeschwindigkeit vor Betätigung des Notstops, ergeben sich unterschiedliche Werte für das gemittelte Antriebsmoment M_1. Folglich liegen Daten für unterschiedliche Werte von M_1 vor. Außerdem wurden Versuche mit verschiedenen Bremsmomenten – M_2 durchgeführt.

Abbildung 3 zeigt, daß die Maschinengeschwindigkeit während des Notstops linear abnimmt. Folglich ist der Wert der Winkelbeschleunigung während des Notstops konstant. Dies läßt sich mit Hilfe einiger einfacher Rechnungen zeigen.

Das konstante Moment ΔM, welches die Maschine während des Notstops abbremst, läßt sich aus gemitteltem Antriebsmoment M_1 und Bremsmoment – M_2 näherungsweise wie folgt berechnen:

$$\Delta M = -M_1 - M_2$$

Aus Abbildung 3 kann die für den Notstop benötigte Zeit t_{brems} in Sekunden bestimmt werden. Bei dem in Abbildung 3 gezeigten Beispiel ist dies die Zeitdauer, während der die Maschinengeschwindigkeit linear von v_{Dr} = 15000 Dr/h auf 0 Dr/h abnimmt. Der konstante Wert der Winkelbeschleunigung in rad/s² während des Notstops kann damit folgendermaßen bestimmt werden:

$$\ddot{\varphi} = -\frac{2\pi v_{Dr}}{3600 t_{Brems}}$$

Damit ergibt sich aus abbremsendem Moment und konstanter Winkelbeschleunigung das Gesamtmassenträgheitsmoment Θ_{ges} der Maschine in kg m² wie folgt.

$$\Theta_{ges} = \frac{\Delta M}{\ddot{\varphi}}$$

Für 36 Versuche wurde Θ_{ges} nach obiger Formel aus den Meßdaten berechnet. Der über 36 Versuche gemittelte Wert von Θ_{ges} weicht lediglich 3 Prozent vom Wert des 3D-CAD-Modells ab.

3. Mechanisches Beispielsystem

Bevor im folgenden Abschnitt 4 aus Meßdaten die Parameter Verzahnungssteifigkeit und -spiel ermittelt werden, wird zunächst ein mechanisches Beispielsystem betrachtet. Einige der dabei entstehenden Gleichungen werden im nachfolgenden Abschnitt 4 eine wichtige Rolle spielen. Daher scheint es sinnvoll zu sein, diese Gleichungen zunächst an einem überschaubaren Beispielsystem herzuleiten. Zu diesem Zweck soll in diesem Abschnitt 3 das in Abbildung 5 abgebildete System näher untersucht werden.

Das in Abbildung 5 dargestellte ungefesselte Beispielsystem besteht aus 11 Massen m_i, die mit Federelementen gleicher Steifigkeit k verbunden sind. Dieses diskrete System besitzt 11 Translationsfreiheitsgrade q_i, die die Verschiebungen der einzelnen Massen m_i beschreiben. An den Massen angreifende äußere Kräfte werden mit f_i bezeichnet. Die Pfeile in Abbildung 5 geben die positive Richtung von q_i bzw. f_i an.

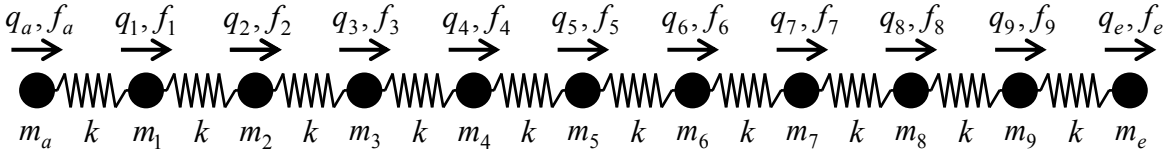


Abb. 5: mechanisches Beispielsystem

Die Bewegungsgleichung dieses ungedämpften Systems lautet in Matrixschreibweise:

$$\underline{M}\ddot{\underline{q}} + \underline{K}\underline{q} = \underline{f}$$

Dabei handelt es sich um ein System von inhomogenen gekoppelten Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten. Die einzelnen Terme der Bewegungsgleichung dieses linearen Beispielsystems sollen im folgenden kurz erläutert werden.

Punkte in der Bewegungsgleichung stehen für Ableitungen nach der Zeit. In den folgenden Zeilen werden der Verschiebungsvektor und der Beschleunigungsvektor für das Beispielsystem nebeneinander dargestellt.

$$\underline{q} = \begin{bmatrix} q_a \\ q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \\ q_5 \\ q_6 \\ q_7 \\ q_8 \\ q_9 \\ q_e \end{bmatrix} \qquad \ddot{\underline{q}} = \begin{bmatrix} \ddot{q}_a \\ \ddot{q}_1 \\ \ddot{q}_2 \\ \ddot{q}_3 \\ \ddot{q}_4 \\ \ddot{q}_5 \\ \ddot{q}_6 \\ \ddot{q}_7 \\ \ddot{q}_8 \\ \ddot{q}_9 \\ \ddot{q}_e \end{bmatrix}$$

Die Massenmatrix $\underline{M}$ und die Steifigkeitsmatrix $\underline{K}$ lauten:

$$\underline{M} = \begin{bmatrix} m_a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_e \end{bmatrix}$$

$$\underline{K} = \begin{bmatrix} k & -k & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k & 2k & -k & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -k & 2k & -k & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -k & 2k & -k & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -k & 2k & -k & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -k & 2k & -k & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -k & 2k & -k & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -k & 2k & -k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -k & 2k & -k & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -k & 2k & -k \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -k & k \end{bmatrix}$$

Da es sich bei dem Beispielsystem um ein sogenanntes ungefesseltes System handelt, liefert die Lösung des Eigenwertproblems als ersten Eigenwert den Wert 0 mit dazugehöriger Starrkörpereigenform. Bei Starrkörperverschiebungen treten keine Verformungen der Struktur auf.

Würde es sich bei dem Beispielsystem um ein sogenanntes gefesseltes System handeln, so ließe sich die Nachgiebigkeitsmatrix beispielsweise durch Invertierung der Steifigkeitsmatrix bestimmen.

$$\underline{H} = \underline{K}^{1}$$

Für ein ungefesseltes System gibt es allerdings keine Nachgiebigkeitsmatrix, da die Steifigkeitsmatrix ungefesselter Systeme singulär ist. Es gilt also für das betrachtete ungefesselte Beispielsystem:

$$\det \underline{K} = 0$$

Folglich läßt sich die Steifigkeitsmatrix nicht invertieren.

Betrachten wir nun für das Beispielsystem einen Vorgang, der einem Notstop entspricht (vergleiche mit Abschnitt 2). Hierzu führe das betrachtete mechanische Beispielsystem zunächst eine Starrkörperbewegung mit konstanter Geschwindigkeit aus.

$$\underline{\dot{q}}(t=0) = \begin{bmatrix} \dot{q}_a(t=0) \\ \dot{q}_1(t=0) \\ \dot{q}_2(t=0) \\ \dot{q}_3(t=0) \\ \dot{q}_4(t=0) \\ \dot{q}_5(t=0) \\ \dot{q}_6(t=0) \\ \dot{q}_7(t=0) \\ \dot{q}_8(t=0) \\ \dot{q}_9(t=0) \\ \dot{q}_e(t=0) \end{bmatrix} = \dot{q}_0 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Zur vollständigen Beschreibung des Anfangszustandes zum Zeitpunkt t = 0 ist zusätzlich zu dem angegebenen Geschwindigkeitsvektor noch die Angabe eines Verschiebungsvektors nötig. Legt man beispielsweise den Nullpunkt der einzelnen Freiheitsgrade auf den Anfangszeitpunkt t = 0, so gilt:

$$\underline{q}(t=0) = \begin{bmatrix} q_a(t=0) \\ q_1(t=0) \\ q_2(t=0) \\ q_3(t=0) \\ q_4(t=0) \\ q_5(t=0) \\ q_6(t=0) \\ q_7(t=0) \\ q_8(t=0) \\ q_9(t=0) \\ q_e(t=0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ab dem Zeitpunkt t = 0 wirke nun an der Masse m_1 eine konstante Bremskraft f_B in negativer Koordinatenrichtung. Die äußeren Kräfte an den übrigen Freiheitsgraden seien Null. Damit gelte für den Vektor der äußeren Kräfte für Zeiten $t \geq 0$:

$$\underline{f} = \begin{bmatrix} f_a \\ f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \\ f_5 \\ f_6 \\ f_7 \\ f_8 \\ f_9 \\ f_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -f_B \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Das beispielhaft betrachtete System wird somit durch eine Sprungfunktion zu Schwingungen angeregt. Die analytische Lösung

läßt sich für ein ungedämpftes oder proportional gedämpftes System mit Hilfe der modalen Berechnung relativ einfach herleiten. Für Details sei auf die Literatur verwiesen (siehe z.B. [4]). Die folgende Abbildung 6 zeigt einige Relativschwingungen, wie sie für das Beispielsystem während des Abbremsvorgangs auftreten, wenn das obige System mit Proportionaldämpfung betrachtet wird. Dies bedeutet für die Dämpfungsmatrix:

$$\underline{D} = \alpha \underline{M} + \beta \underline{K}$$

Damit lautet die Bewegungsgleichung:

$$\underline{M}\ddot{\underline{q}} + \underline{D}\dot{\underline{q}} + \underline{K}\underline{q} = \underline{f}$$

Für Abbildung 6 wurden die Parameter α und β so gewählt, daß die zur zweiten und dritten Eigenform (erste Eigenform = Starrkörpereigenform) gehörenden modalen Dämpfungsgrade jeweils den Wert 10 % hatten ($D_2 = D_3 = 0{,}1$). Da für die modalen Dämpfungsgrade folgende Gleichung gilt,

$$D_i = \frac{1}{2}\frac{\alpha}{\omega_i} + \frac{1}{2}\beta\omega_i$$

können die beiden Parameter α und β so gewählt werden, daß für zwei Eigenfrequenzen (ω_a, ω_b) vorgegebene modale Dämpfungsgrade (D_a, D_b) erreicht werden. Löst man die obige Gleichung nach α und β auf, so ergibt sich:

$$\alpha = 2\omega_a\omega_b \frac{\omega_b D_a - \omega_a D_b}{\omega_b^2 - \omega_a^2}$$

$$\beta = 2\frac{\omega_b D_b - \omega_a D_a}{\omega_b^2 - \omega_a^2}$$

Abbildung 6 zeigt für ein Zahlenbeispiel den Zeitbereich 0 bis 0,2 t_{Brems}.

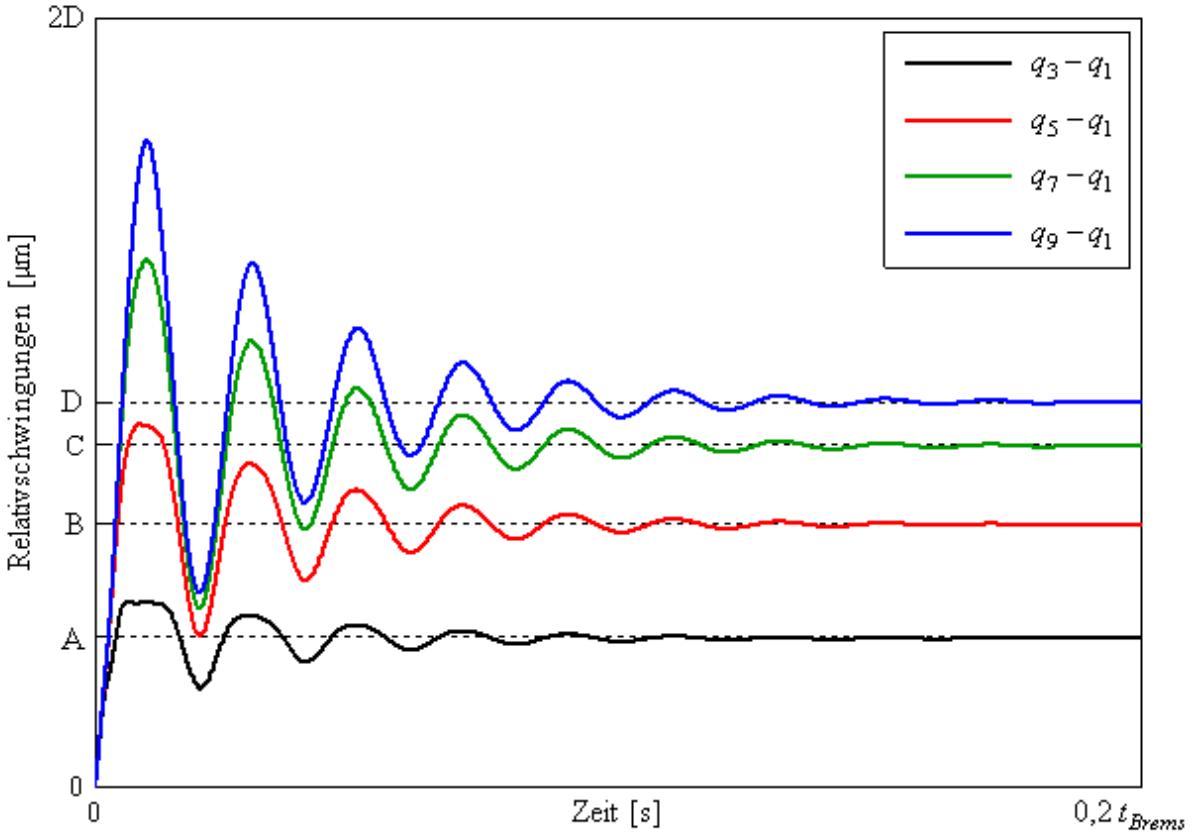


Abb. 6: Relativschwingungen des gedämpften Beispielsystems infolge von Notstop

Abbildung 6 zeigt, daß die Relativschwingungen nach relativ kurzer Zeit konstante Werte (A, B, C, D) annehmen. In den Relativschwingungen ist der Anteil der ersten Eigenform nicht enthalten, da die erste Eigenform des ungefesselten Systems eine Starrkörpereigenform darstellt und somit zu jeder der elf Absolutschwingungen des Beispielsystems den gleichen Anteil liefert. Bildet man die Differenz zweier Absolutschwingungen, so kürzt sich der Anteil der ersten Eigenform heraus. Aufgrund der Sprungfunktion setzen sich die modalen Lösungen der höheren Eigenformen jeweils aus einem statischen (partikulären) und aus einem dynamischen (homogenen) Lösungsanteil zusammen. Der homogene Anteil nimmt bei schwacher Dämpfung (0 < D < 1) mit der Zeit exponentiell ab. Zurück bleibt der partikuläre Anteil, der jeweils einer statischen Verschiebung entspricht (Kraft geteilt durch Steifigkeit). Im folgenden werden Gleichungen für den statischen Verformungszustand der Struktur hergeleitet. Es ergeben sich Terme für die in Abbildung 6 aufgetragenen konstanten Werte A, B, C und D.

Betrachtet man für die in Abbildung 5 dargestellte Struktur das Kräftegleichgewicht an der Masse m_e während des Abbremsvorgangs, so ergibt sich folgende Gleichung:

$$k(q_e - q_9) = -m_e\ddot{q}_e$$

Kräftegleichgewichte an m_9 bis m_1 liefern:

$$-k(q_e - q_9) + k(q_9 - q_8) = -m_9\ddot{q}_9$$

$$-k(q_9 - q_8) + k(q_8 - q_7) = -m_8\ddot{q}_8$$

$$-k(q_8 - q_7) + k(q_7 - q_6) = -m_7\ddot{q}_7$$

$$-k(q_7 - q_6) + k(q_6 - q_5) = -m_6\ddot{q}_6$$

$$-k(q_6 - q_5) + k(q_5 - q_4) = -m_5\ddot{q}_5$$

$$-k(q_5 - q_4) + k(q_4 - q_3) = -m_4\ddot{q}_4$$

$$-k(q_4 - q_3) + k(q_3 - q_2) = -m_3\ddot{q}_3$$

$$-k(q_3 - q_2) + k(q_2 - q_1) = -m_2\ddot{q}_2$$

Daraus ergeben sich folgende Gleichungen:

$$q_e = q_9 - \frac{m_e\ddot{q}_e}{k}$$

$$q_9 = q_8 - \frac{m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{m_9\ddot{q}_9}{k}$$

$$q_8 = q_7 - \frac{m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{m_8\ddot{q}_8}{k}$$

$$q_7 = q_6 - \frac{m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{m_7\ddot{q}_7}{k}$$

$$q_6 = q_5 - \frac{m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{m_7\ddot{q}_7}{k} - \frac{m_6\ddot{q}_6}{k}$$

$$q_5 = q_4 - \frac{m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{m_7\ddot{q}_7}{k} - \frac{m_6\ddot{q}_6}{k} \ldots - \frac{m_5\ddot{q}_5}{k}$$

$$q_4 = q_3 - \frac{m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{m_7\ddot{q}_7}{k} - \frac{m_6\ddot{q}_6}{k} \ldots - \frac{m_5\ddot{q}_5}{k} - \frac{m_4\ddot{q}_4}{k}$$

$$q_3 = q_2 - \frac{m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{m_7\ddot{q}_7}{k} - \frac{m_6\ddot{q}_6}{k} \ldots - \frac{m_5\ddot{q}_5}{k} - \frac{m_4\ddot{q}_4}{k} - \frac{m_3\ddot{q}_3}{k}$$

$$q_2 = q_1 - \frac{m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{m_7\ddot{q}_7}{k} - \frac{m_6\ddot{q}_6}{k} \ldots - \frac{m_5\ddot{q}_5}{k} - \frac{m_4\ddot{q}_4}{k} - \frac{m_3\ddot{q}_3}{k} - \frac{m_2\ddot{q}_2}{k}$$

Setzt man die letzte Gleichung für q_2 in die vorletzte Gleichung für q_3 ein, so ergibt sich q_3 in Abhängigkeit von q_1.

$$q_3 = q_1 - \frac{2m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{2m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{2m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{2m_7\ddot{q}_7}{k} \ldots - \frac{2m_6\ddot{q}_6}{k} - \frac{2m_5\ddot{q}_5}{k} - \frac{2m_4\ddot{q}_4}{k} - \frac{2m_3\ddot{q}_3}{k} \ldots - \frac{m_2\ddot{q}_2}{k}$$

Setzt man diese Gleichung für q_3 in obige Gleichung für q_4 ein, so läßt sich auch q_4 in Abhängigkeit von q_1 ausdrücken, usw. Es ergeben sich damit folgende Gleichungen:

$$q_4 = q_1 - \frac{3m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{3m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{3m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{3m_7\ddot{q}_7}{k} \ldots - \frac{3m_6\ddot{q}_6}{k} - \frac{3m_5\ddot{q}_5}{k} - \frac{3m_4\ddot{q}_4}{k} - \frac{2m_3\ddot{q}_3}{k} \ldots - \frac{m_2\ddot{q}_2}{k}$$

$$q_5 = q_1 - \frac{4m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{4m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{4m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{4m_7\ddot{q}_7}{k} \ldots - \frac{4m_6\ddot{q}_6}{k} - \frac{4m_5\ddot{q}_5}{k} - \frac{3m_4\ddot{q}_4}{k} - \frac{2m_3\ddot{q}_3}{k} \ldots - \frac{m_2\ddot{q}_2}{k}$$

$$q_6 = q_1 - \frac{5m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{5m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{5m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{5m_7\ddot{q}_7}{k} \ldots - \frac{5m_6\ddot{q}_6}{k} - \frac{4m_5\ddot{q}_5}{k} - \frac{3m_4\ddot{q}_4}{k} - \frac{2m_3\ddot{q}_3}{k} \ldots - \frac{m_2\ddot{q}_2}{k}$$

$$q_7 = q_1 - \frac{6m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{6m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{6m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{6m_7\ddot{q}_7}{k} \ldots - \frac{5m_6\ddot{q}_6}{k} - \frac{4m_5\ddot{q}_5}{k} - \frac{3m_4\ddot{q}_4}{k} - \frac{2m_3\ddot{q}_3}{k} \ldots - \frac{m_2\ddot{q}_2}{k}$$

$$q_8 = q_1 - \frac{7m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{7m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{7m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{6m_7\ddot{q}_7}{k} \ldots - \frac{5m_6\ddot{q}_6}{k} - \frac{4m_5\ddot{q}_5}{k} - \frac{3m_4\ddot{q}_4}{k} - \frac{2m_3\ddot{q}_3}{k} \ldots - \frac{m_2\ddot{q}_2}{k}$$

$$q_9 = q_1 - \frac{8m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{8m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{7m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{6m_7\ddot{q}_7}{k} \ldots - \frac{5m_6\ddot{q}_6}{k} - \frac{4m_5\ddot{q}_5}{k} - \frac{3m_4\ddot{q}_4}{k} - \frac{2m_3\ddot{q}_3}{k} \ldots - \frac{m_2\ddot{q}_2}{k}$$

$$q_e = q_1 - \frac{9m_e\ddot{q}_e}{k} - \frac{8m_9\ddot{q}_9}{k} - \frac{7m_8\ddot{q}_8}{k} - \frac{6m_7\ddot{q}_7}{k} \ldots - \frac{5m_6\ddot{q}_6}{k} - \frac{4m_5\ddot{q}_5}{k} - \frac{3m_4\ddot{q}_4}{k} - \frac{2m_3\ddot{q}_3}{k} \ldots - \frac{m_2\ddot{q}_2}{k}$$

Damit lassen sich Gleichungen für Schwingungen relativ zu Freiheitsgrad q_1 angeben. Folgendes Gleichungssystem enthält Gleichungen solcher Relativschwingungen.

$$\begin{bmatrix} q_2 - q_1 \\ q_3 - q_1 \\ q_4 - q_1 \\ q_5 - q_1 \\ q_6 - q_1 \\ q_7 - q_1 \\ q_8 - q_1 \\ q_9 - q_1 \\ q_e - q_1 \end{bmatrix} = \frac{1}{k} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 6 & 6 & 6 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 & 7 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 8 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -m_2\ddot{q}_2 \\ -m_3\ddot{q}_3 \\ -m_4\ddot{q}_4 \\ -m_5\ddot{q}_5 \\ -m_6\ddot{q}_6 \\ -m_2\ddot{q}_2 \\ -m_7\ddot{q}_7 \\ -m_8\ddot{q}_8 \\ -m_9\ddot{q}_9 \end{bmatrix}$$

Auf der linken Seite dieser Gleichung steht ein Relativverschiebungsvektor, auf der rechten Seite steht das Produkt einer 9x9-Matrix und eines Vektors, der jeweils Produkte von Trägheiten und Beschleunigungen enthält. Die 9x9-Matrix entspricht einer dimensionslosen Nachgiebigkeitsmatrix. Invertierung ergibt die dazugehörige Steifigkeitsmatrix.

$$\underline{\underline{H}}^* = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 6 & 6 & 6 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 & 7 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 8 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

$$\underline{\underline{K}}^* = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Es gilt also $\underline{\underline{K}}^* = (\underline{\underline{H}}^*)^{-1}$ und $\underline{\underline{H}}^* = (\underline{\underline{K}}^*)^{-1}$ ($\det \underline{\underline{K}}^* = \det \underline{\underline{H}}^* = 1$). Mit den Abkürzungen

$$\underline{q}_{rel} = \begin{bmatrix} q_2 - q_1 \\ q_3 - q_1 \\ q_4 - q_1 \\ q_5 - q_1 \\ q_6 - q_1 \\ q_7 - q_1 \\ q_8 - q_1 \\ q_9 - q_1 \\ q_e - q_1 \end{bmatrix} \qquad \underline{f} = \begin{bmatrix} -m_2\ddot{q}_2 \\ -m_3\ddot{q}_3 \\ -m_4\ddot{q}_4 \\ -m_5\ddot{q}_5 \\ -m_6\ddot{q}_6 \\ -m_7\ddot{q}_7 \\ -m_8\ddot{q}_8 \\ -m_9\ddot{q}_9 \\ -m_e\ddot{q}_e \end{bmatrix}$$

ergibt sich folgende Kraft-Verformungs-Beziehung:

$$k\underline{\underline{K}}^* \underline{q}_{rel} = \underline{f}$$

Angenommen, man möchte im folgenden ein Gleichungssystem betrachten, welches die Relativschwingung $q_e - q_1$ nicht enthält, so folgt das entsprechend reduzierte Gleichungssystem, indem die Gleichungen acht und neun addiert werden. Damit ergibt sich folgendes reduziertes Gleichungssystem:

$$k\underline{\underline{K}}^*_{red} \underline{q}_{rel,red} = \underline{f}_{red}$$

Darin vorkommende dimensionslose Steifigkeitsmatrix, Relativverschiebungsvektor und rechte Seite der Gleichung lauten:

$$\underline{\underline{K}}^*_{red} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\underline{q}_{rel,red} = \begin{bmatrix} q_2 - q_1 \\ q_3 - q_1 \\ q_4 - q_1 \\ q_5 - q_1 \\ q_6 - q_1 \\ q_7 - q_1 \\ q_8 - q_1 \\ q_9 - q_1 \end{bmatrix} \qquad \underline{f}_{red} = \begin{bmatrix} -m_2\ddot{q}_2 \\ -m_3\ddot{q}_3 \\ -m_4\ddot{q}_4 \\ -m_5\ddot{q}_5 \\ -m_6\ddot{q}_6 \\ -m_7\ddot{q}_7 \\ -m_8\ddot{q}_8 \\ -(m_9\ddot{q}_9 + m_e\ddot{q}_e) \end{bmatrix}$$

Man beachte das letzte Element von $\underline{f}_{red}$.

Die dazugehörige dimensionslose Nachgiebigkeitsmatrix ergibt sich aus Invertierung der entsprechenden Steifigkeitsmatrix.

$$\underline{H}^{*}_{red} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 6 & 6 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{bmatrix}$$

Damit läßt sich für $\underline{q}_{rel,red}$ schreiben:

$$\underline{q}_{rel,red} = \frac{1}{k} \underline{H}^{*}_{red} \underline{f}_{red}$$

Wie bereits erläutert wurde, bleibt nach dem Abklingen des homogenen Lösungsanteils nur der partikuläre Anteil übrig. Dieser partikuläre Anteil entspricht einer statischen Verformung der Struktur. Die dazugehörige statische Belastung ergibt sich aus der Beschleunigung (Abbremsung) der Struktur, wenn alle Massen die gleiche Beschleunigung (Abbremsung) erfahren. Dies ist nach Abklingen des homogenen Lösungsanteils der Fall, da die Struktur dann nur noch statisch verformt ist. Die weiterhin wirkende Bremskraft bewirkt, daß die gesamte Struktur mit konstanter Beschleunigung abgebremst wird, so daß alle Massen die gleiche Beschleunigung erfahren. Daraus folgt:

$$\underline{f}_{red} = \ddot{q}_0 \begin{bmatrix} -m_2 \\ -m_3 \\ -m_4 \\ -m_5 \\ -m_6 \\ -m_7 \\ -m_8 \\ -(m_9 + m_e) \end{bmatrix}$$

$\ddot{q}_0$ ergibt sich dabei aus der wirkenden Bremskraft - f_B geteilt durch die Summe aller Massen ($m_a + m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9 + m_e$, siehe Abbildung 5).

Für die statische Kraft-Verformungs-Beziehung gilt daher:

$$\underline{q}_{rel,red} = \frac{\ddot{q}_0}{k} \underline{H}^{*}_{red} \begin{bmatrix} -m_2 \\ -m_3 \\ -m_4 \\ -m_5 \\ -m_6 \\ -m_7 \\ -m_8 \\ -(m_9 + m_e) \end{bmatrix}$$

Betrachtet man die Zeilen 2, 4, 6 und 8 dieses Gleichungssystems, so ergeben sich folgende Terme für die in Abbildung 6 aufgetragenen konstanten Werte (Wert A: siehe die Zeile 2 ($q_3 - q_1$), Wert B: siehe die Zeile 4 ($q_5 - q_1$), Wert C: siehe die Zeile 6 ($q_7 - q_1$), Wert D: siehe die Zeile 8 ($q_9 - q_1$)):

$$\mathrm{A} = -\frac{\ddot{q}_0}{k}[m_2 + 2m_3 + 2m_4 + 2m_5 \ldots + 2m_6 + 2m_7 + 2m_8 + 2(m_9 + m_e)]$$

$$\mathrm{B} = -\frac{\ddot{q}_0}{k}[m_2 + 2m_3 + 3m_4 + 4m_5 \ldots + 4m_6 + 4m_7 + 4m_8 + 4(m_9 + m_e)]$$

$$\mathrm{C} = -\frac{\ddot{q}_0}{k}[m_2 + 2m_3 + 3m_4 + 4m_5 \ldots + 5m_6 + 6m_7 + 6m_8 + 6(m_9 + m_e)]$$

$$\mathrm{D} = -\frac{\ddot{q}_0}{k}[m_2 + 2m_3 + 3m_4 + 4m_5 \ldots + 5m_6 + 6m_7 + 7m_8 + 8(m_9 + m_e)]$$

Anhand des für die Erstellung der Abbildung 6 erzeugten Matlab-Codes, lassen sich diese Gleichungen verifizieren.

Die in diesem Abschnitt hergeleiteten Gleichungen für die statische Kraft-Verformungs-Beziehung können im folgenden Abschnitt verwendet werden, um Verzahnungssteifigkeit und –spiel aus den in Abschnitt 2 gezeigten Meßdaten nichtlinearer Drehschwingungen zu ermitteln.

4. Ermittlung von Verzahnungssteifigkeit und –spiel

Wie in Abschnitt 2 gezeigt wurde, läßt sich der während des Notstops näherungsweise konstante Wert der Winkelbeschleunigung mit ausreichender Genauigkeit aus den vorliegenden Meßdaten bestimmen. Die konstante Winkelbeschleunigung stellt dabei für die Druckmaschine einen statischen Belastungsfall dar (vergleiche auch mit Beispiel in Abschnitt 3). Es ergibt sich daher eine statische Kraft-Verformungs-Beziehung der Art:

$$k\underline{K}^{*}_{red}\,\underline{q}_{rel,red} = \underline{f}_{red}$$

Wie im vorangegangen Abschnitt 3 an einem mechanischen Beispielsystem gezeigt wurde, läßt sich diese statische Kraft-Verformungs-Beziehung in Relativkoordinaten folgendermaßen schreiben (siehe nächste Gleichung). Diese Gleichung wurde für das Beispielsystem in Abschnitt 3 hergeleitet, und kann nun für das dynamische Modell der betrachteten Bogenoffsetdruckmaschine verwendet werden. Das dynamische Modell enthält unter anderem Drehfreiheitsgrade für die sogenannten papierführenden Zylinder, wie beispielsweise Druck- und Umführzylinder (q_{DZ} bzw. q_{UZ}).

$$k\begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} q_{UZ2}-q_{DZ1} \\ q_{DZ2}-q_{DZ1} \\ q_{UZ3}-q_{DZ1} \\ q_{DZ3}-q_{DZ1} \\ q_{UZ4}-q_{DZ1} \\ q_{DZ4}-q_{DZ1} \\ q_{UZ5}-q_{DZ1} \\ q_{DZ5}-q_{DZ1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\Theta_2 \\ -\Theta_3 \\ -\Theta_4 \\ -\Theta_5 \\ -\Theta_6 \\ -\Theta_7 \\ -\Theta_8 \\ -(\Theta_9+\Theta_e) \end{bmatrix}\ddot{\varphi}$$

Für die Relativverschiebungen wurde in obiger Gleichung als Bezugsgröße jeweils der Drehfreiheitsgrad von Druckzylinder 1 gewählt (q_{DZ1}), da Antriebs- bzw. Bremsmoment an diesem Zylinder eingeleitet werden (vergleiche mit Beispiel in Abschnitt 3). Die einzelnen Terme dieser statischen Kraft-Verformungs-Beziehung in Relativkoordinaten werden im folgenden kurz näher erläutert.

Auf der rechten Seite obiger Gleichung der statischen Kraft-Verformungs-Beziehung in Relativkoordinaten taucht ein Vektor mit Massenträgheitsmomenten auf. Die Werte dieser Massenträgheitsmomente werden dem 3D-CAD-Modell entnommen. Dieser Vektor wird noch mit dem konstanten Wert der Winkelbeschleunigung multipliziert. Daraus ergibt sich folgender statischer Lastvektor (vergleiche mit Beispiel in Abschnitt 3):

$$\underline{f}_{red} = \begin{bmatrix} -\Theta_2 \\ -\Theta_3 \\ -\Theta_4 \\ -\Theta_5 \\ -\Theta_6 \\ -\Theta_7 \\ -\Theta_8 \\ -(\Theta_9+\Theta_e) \end{bmatrix}\ddot{\varphi}$$

Der statische Verformungsvektor in obiger Gleichung der statischen Kraft-Verformungs-Beziehung in Relativkoordinaten lautet:

$$\underline{q}_{rel,red} = \begin{bmatrix} q_{UZ2} - q_{DZ1} \\ q_{DZ2} - q_{DZ1} \\ q_{UZ3} - q_{DZ1} \\ q_{DZ3} - q_{DZ1} \\ q_{UZ4} - q_{DZ1} \\ q_{DZ4} - q_{DZ1} \\ q_{UZ5} - q_{DZ1} \\ q_{DZ5} - q_{DZ1} \end{bmatrix}$$

Dieser Vektor enthält statische Verdrehungen relativ zum ersten Druckzylinder. Das letzte Element dieses statischen Verformungsvektors ($q_{DZ5} - q_{DZ1}$) entspricht für die in Abbildung 4 gezeigten Meßdaten der bereits erwähnten Differenz $Q_2 - Q_1$. Auf der linken Seite obiger Gleichung der statischen Kraft-Verformungs-Beziehung in Relativkoordinaten wird der Verformungsvektor mit folgender Steifigkeitsmatrix multipliziert:

$$\underline{K}_{red} = k \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Die dimensionslose Steifigkeitsmatrix lautet:

$$\underline{K}^*_{red} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Diese dimensionslose Steifigkeitsmatrix läßt sich invertieren. Die resultierende dimensionslose Nachgiebigkeitsmatrix lautet (vergleiche mit Beispiel in Abschnitt 3):

$$\underline{H}^*_{red} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 6 & 6 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{bmatrix}$$

Damit folgt die Gleichung (siehe unten):

$$k \begin{bmatrix} q_{UZ2} - q_{DZ1} \\ q_{DZ2} - q_{DZ1} \\ q_{UZ3} - q_{DZ1} \\ q_{DZ3} - q_{DZ1} \\ q_{UZ4} - q_{DZ1} \\ q_{DZ4} - q_{DZ1} \\ q_{UZ5} - q_{DZ1} \\ q_{DZ5} - q_{DZ1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 6 & 6 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\Theta_2 \\ -\Theta_3 \\ -\Theta_4 \\ -\Theta_5 \\ -\Theta_6 \\ -\Theta_7 \\ -\Theta_8 \\ -(\Theta_9 + \Theta_e) \end{bmatrix} \ddot{\varphi}$$

Mit oben verwendeten Formelzeichen läßt sich diese Gleichung auch wie folgt schreiben:

$$k\underline{q}_{rel,red} = \underline{H}^{*}_{red}\,\underline{f}_{red}$$

Die letzte Zeile dieses Gleichungssystems lautet ausgeschrieben:

$$k\,(q_{DZ5} - q_{DZ1}) = -\ddot{\varphi}[\Theta_2 + 2\Theta_3 + 3\Theta_4 + 4\Theta_5 \ldots + 5\Theta_6 + 6\Theta_7 + 7\Theta_8 + 8(\Theta_9 + \Theta_e)]$$

Mit

$$Q = q_{DZ5} - q_{DZ1}$$

und

$$F = -\ddot{\varphi}[\Theta_2 + 2\Theta_3 + 3\Theta_4 + 4\Theta_5 \ldots + 5\Theta_6 + 6\Theta_7 + 7\Theta_8 + 8(\Theta_9 + \Theta_e)]$$

läßt sich diese Gleichung auch wie folgt schreiben:

$$k\,Q = F$$

Die rechte Seite dieser Gleichung kann für jeden der durchgeführten Notstop-Versuche aufgestellt werden, indem die Massenträgheitsmomente aus dem 3D-CAD-Modell verwendet werden und entsprechend mit der Winkelbeschleunigung multipliziert werden. Wie oben beschrieben kann die Winkelbeschleunigung aus den Meßdaten ermittelt werden.

Auf der linken Seite der Gleichung steht ein Produkt aus Verzahnungssteifigkeit k und statischer Relativverformung Q.

Für die beispielhaft in Abbildung 4 gezeigten Meßdaten ergibt sich mit der bereits erwähnten Differenz $Q_2 - Q_1$ für die gemessene statische Relativverformung:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1$$

Diese gemessene statische Relativverformung ΔQ setzt sich wie bereits erwähnt aus zwei Anteilen zusammen, einem Anteil aus elastischer Verformung (= Q) und einem zweiten Anteil aus Verzahnungsspiel (= Q_{Spiel}). Folglich läßt sich schreiben:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 = Q + Q_{Spiel}$$

Trägt man F über ΔQ auf und bestimmt mit der Methode der kleinsten Fehlerquadrate die Gleichung der dazugehörigen Ausgleichsgeraden (Regressionsgeraden oder auch lineare Regression), so ergibt sich folgendes Bild (siehe Abbildung 7). Das Bestimmtheitsmaß weist hierbei einen sehr guten Wert von mehr als 98 Prozent auf (R^2 = 98,3 %).

Die Gleichung der Ausgleichsgeraden liefert einen linearen Zusammenhang zwischen F und ΔQ. Mit der Geradensteigung m und dem Achsenabschnitt b ergibt sich:

$$F = m\,\Delta Q + b$$

Die Geradensteigung m entspricht dabei direkt der Verzahnungssteifigkeit k. Für den gesuchten Parameter Verzahnungssteifigkeit k gilt also:

$$k = m$$

Am Schnittpunkt der Ausgleichsgeraden mit der x-Achse (F = 0) ist der Anteil der elastischen Verformung Null (Q = 0). Damit ergibt sich:

$$0 = m\,Q_{Spiel} + b$$

Und so ergibt sich das gesuchte Verzahnungsspiel Q_{Spiel} mit den Parametern m und b der Ausgleichsgeraden zu:

$$Q_{Spiel} = -\frac{b}{m}$$

Beispielhaft wurden in den obigen Gleichungen die Differenzdrehschwingungen zwischen erstem und fünftem Druckzylinder betrachtet (q_{DZ5} - q_{DZ1}). Folglich beinhaltet das so ermittelte Verzahnungsspiel Q_{Spiel} das gesamte auftretende Spiel zwischen erstem und fünftem Druckzylinder, also das Spiel zwischen den folgenden papierführenden Zylindern: DZ1 / UZ2 / DZ2 / UZ3 / DZ3 / UZ4 / DZ4 / UZ5 / DZ5. Für die betrachtete Maschine liegen für jeden der durchgeführten Notstop-Versuche auch Drehschwingungsdaten von zweitem, drittem und viertem Druckzylinder vor. Entsprechend lassen sich die obigen Gleichungen auch auf die vorliegenden Daten der Differenzdrehschwingungen q_{DZ2} - q_{DZ1}, q_{DZ3} - q_{DZ1}, q_{DZ4} - q_{DZ1} anwenden, bzw. man kann diese Vorgehensweise natürlich auch ganz analog auf Drehschwingungsdaten anderer Zylinder (z.B. Umführzylinder anwenden).

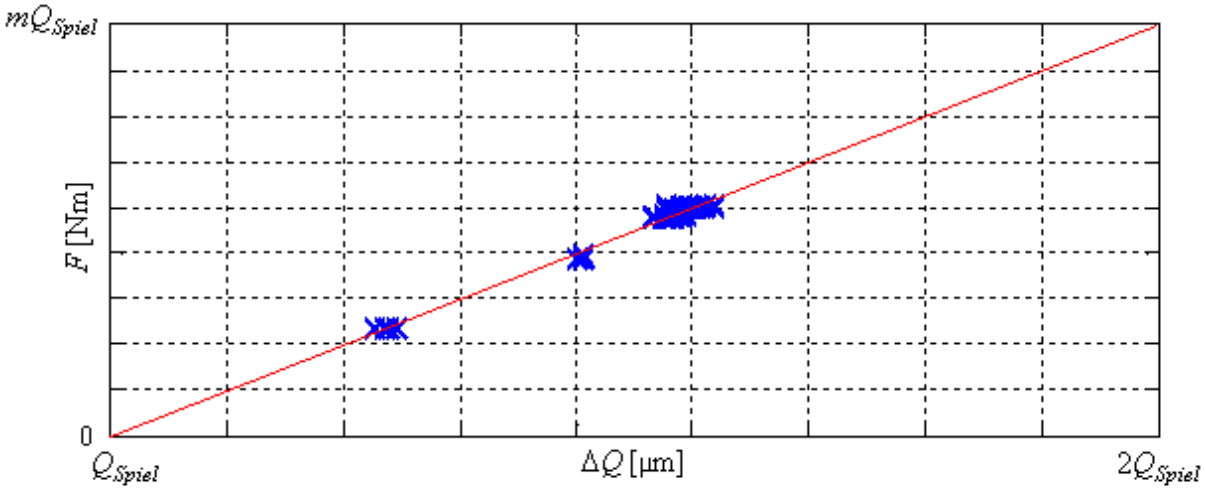


Abb. 7: Ermittlung von Verzahnungssteifigkeit und –spiel (Beispiel: q_{DZ5} - q_{DZ1})

5. Zusammenfassung und Fazit

Das Thema dieses Artikels ist die Bestimmung von Verzahnungssteifigkeit und –spiel aus Meßdaten nichtlinearer Drehschwingungen. Die in diesem Artikel vorgestellte Vorgehensweise stellt eine Kombination von Berechnung und Messung dar, so daß es sich um ein sogenanntes hybrides Verfahren handelt. Die Anwendung hybrider Verfahren in der Maschinendynamik macht es möglich, daß Vorteile von Berechnung und Messung erzielt werden, wodurch hybride Verfahren große Möglichkeiten und wachsende Bedeutung aufweisen. [4]

Für die Ergebnisse dieses Artikels werden Rechenmodell und Meßdaten einer Bogenoffsetdruckmaschine vom Typ XL 162-5+L (Heidelberger Druckmaschinen AG) kombiniert.

Bei den in diesem Artikel vorgestellten Meßdaten handelt es sich unter anderem um Drehschwingungsdaten verschiedener Druckzylinder der genannten Bogenoffsetdruckmaschine. Neben diesen Drehschwingungsdaten wird auch das Hauptantriebsmoment (Antriebs- bzw. Bremsmoment) vor und während eines Notstops verwendet. Auch der dazugehörige Verlauf der Maschinengeschwindigkeit wird ausgewertet. Während der verschiedenen Notstop-Versuche wurden diese Daten von Hauptantriebsmoment und Maschinengeschwindigkeit gewonnen, indem auf die Logdaten des Antriebs der Maschine zugegriffen wurde. Selbstverständlich steckt die Information Maschinengeschwindigkeit

auch in den mit Inkrementaldrehgebern gemessenen Drehschwingungssignalen.

Die Ergebnisse dieses Artikels zeigen, daß sich der während der Notstops näherungsweise konstante Wert der Winkelbeschleunigung mit ausreichender Genauigkeit aus den vorliegenden Meßdaten bestimmen läßt, und daß die konstante Winkelbeschleunigung für die Druckmaschine einen statischen Belastungsfall darstellt.

An einem mechanischen Beispielsystem werden die entsprechenden Gleichungen für die statische Kraft-Verformungs-Beziehung in Relativkoordinaten hergeleitet. Mit Hilfe dieser Gleichungen, die einem linearen Rechenmodell entstammen, ist es möglich Verzahnungssteifigkeit und –spiel aus den Meßdaten nichtlinearer Drehschwingungen zu ermitteln. Hier ist die Rede von nichtlinearen Drehschwingungen, da nach Betätigung des Notstops transiente nichtlineare Drehschwingungen auftreten, deren Charakteristik maßgeblich durch das vorhandene Spiel beeinflußt wird. Die auftretenden nichtlinearen Drehschwingungen lassen sich gut mit einem nichtlinearen Rechenmodell mit Spiel simulieren. Auf die Darstellung nichtlinearer Simulationsergebnisse wird hier in diesem Artikel verzichtet. Für entsprechende Vergleiche von Messung und Simulation (mit und ohne Zahnspiel) für den Fall Notstop wird auf die Veröffentlichung [1] verwiesen.

Die hier in diesem Artikel vorgestellten Meßdaten zeigen, daß vor bzw. einige Zeit nach Betätigung des Notstops stationäre periodische Drehschwingung um mittlere Werte Q_1 bzw. Q_2 vorliegen. Folglich können die am mechanischen Beispielsystem hergeleiteten Gleichungen für die statische Kraft-Verformungs-Beziehung in Relativkoordinaten verwendet werden.

Bestimmt man für die resultierenden Daten mit der Methode der kleinsten Fehlerquadrate die Gleichung einer Ausgleichsgeraden, so ergeben sich schließlich die Parameter Verzahnungssteifigkeit und -spiel aus Geradensteigung und Achsenabschnitt der Ausgleichsgeraden.

Literaturverzeichnis

[1] Buck, B., Knopf, E., Schreiber, S., Seidler, M.: Nichtlineare Schwingungsphänomene in Bogenoffsetdruckmaschinen. In VDI-Berichte Nr. 1887, VDI-Schwingungstagung, Leonberg, 26.-27. April 2005, S. 345-361, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2005.

[2] Messer, M., Schwingungen in Bogenoffsetdruckmaschinen: Ergebnisse experimenteller und rechnerischer Drehschwingungsanalysen, Jahrbuch 2011 des Vereins Deutscher Druckingenieure e.V., S. 59-70, 2011.

[3] Wiese, H.: Der Beitrag antriebsdynamischer Untersuchungen im Entwicklungsprozeß von Bogenoffsetdruckmaschinen. In Vortragssammelband VVD 2000 Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik, S. 66-79, Dresden, 30.-31. März 2000.

[4] Wölfel, H. P.: Umdruck zur Vorlesung Maschinendynamik. Wintersemester 2004 / 2005, Fachgebiet Maschinendynamik, Fachbereich Maschinenbau, TU Darmstadt, 2004.

Dipl.-Ing. Thomas Walther, Krefeld
Technologielebenszyklusbetrachtungen am Beispiel der Offsetdrucktechnologie

Geboren 1964 Neustadt an der Weinstraße, Studium an der Hochschule für Druck Stuttgart, 1990 Abschluß als Druckingenieur, 1996 Abschluß im Aufbaustudiengang „Total Quality Management“ an der Universität Kaiserslautern, 1990 - 2008 beschäftigt bei der manroland Druckmaschinen AG, zuletzt als Leiter Neue Technologie. Von Oktober 2008 bis März 2011 Leiter Technik der Steinemann Technology AG, St. Gallen. Seit März 2011 technischer Leiter der Baumer hhs GmbH, Krefeld.
Aktuell nebenberuflich Masterstudent im Hagener Masterstudiengang Management (HIMS e.V. Fernuniversität Hagen).

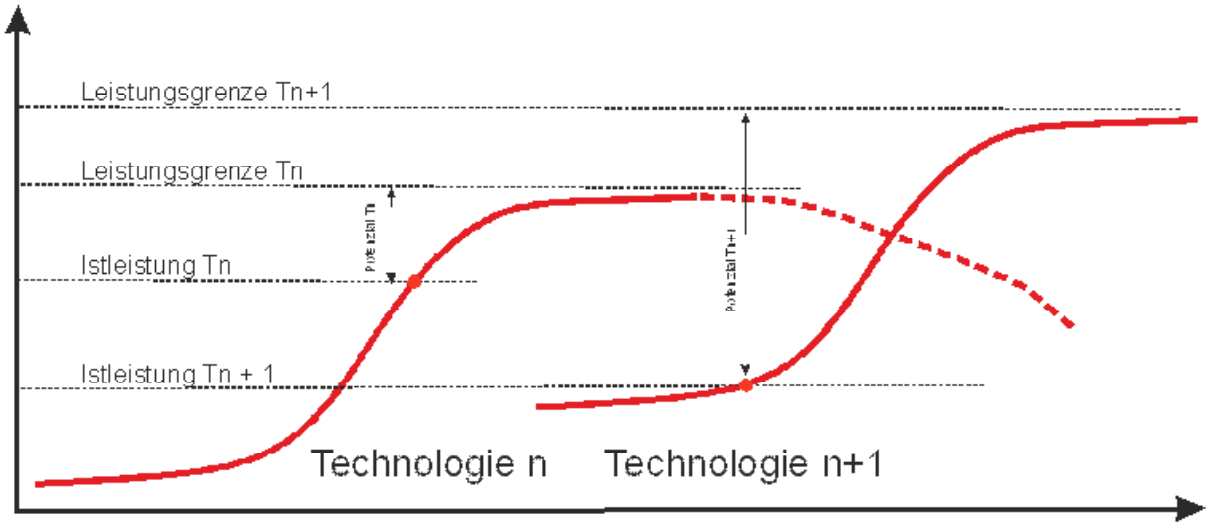
Technologiegeschichte und Technologielebenszyklen lassen sich aus deskriptiven Daten öffentlicher und kostenfreier Patentdatenbanken ableiten. Diese auch als Patent-Infometrie bezeichnete Analysetechnik verzeichnet ein steigendes Interesse in der Wissenschaft. Aufgrund des hohen Wettbewerbsdrucks und der ausgeprägten lokalen Konzentration bieten die Patente rund um den Offsetmaschinenbau eine besonders geeignete Datenbasis für diese Analysetechniken. Dieser Artikel soll einen kleinen Einblick in die Analysemöglichkeiten geben und das Interesse an weiterführenden Analysen wecken.

1. Kennzeichen von Technologielebenszyklen

Technologien sind einem typischen Technologielebenszyklus unterworfen. Prinzipiell lässt sich ein Technologielebenszyklus in die Phasen Einführung / Ursprung, Wachstum, Reife und Verfall unterteilen. Die bekannteste Darstellung eines solchen Technologielebenszyklus stammt von dem Beratungsunternehmen McKinsey. Die X - Achse beschreibt dabei den Zeitverlauf und die Y-Achse die wie immer geartete Leistung. Die Einführungsphase streckt sich über einen relativen langen Zeitraum geringen Wachstums, dem sich eine Phase eines steilen Wachstums anschließt. Das Wachstum verlangsamt sich bei der Annäherung an die technologische Leistungsgrenze und wird letztendlich gestoppt. Man spricht in diesem Fall auch von reifen Technologien. Nach einer langen stabilen Phase kommt es zum Abschwung, die Technologie verliert an Bedeutung, die Marktanteile verringern sich. Häufig verschwinden die Technologien nicht vom Markt, sondern existieren eine lange Zeit parallel zu neu entstehenden Technologien weiter.

Typisch ist, dass in der Reifephase alter Technologien neue Technologien entwickelt werden, deren Leistungsfähigkeit in der Startphase erkennbar geringer ist als die der Vorgängertechnologien. Dennoch haben diese neuartigen Technologien das Potential höhere Leistungsgrenzen zu erreichen und lösen sukzessive die älteren Technologien ab.

Hier drängt sich dem Druckingenieur bei Betrachtung des Marktes spontan die Frage auf, ob es sich bei dem Offsetdruckverfahren um eine reife Technologie handelt, die zum Beispiel durch die digitalen Drucktechnolo-



gien abgelöst wird. Der rasante Wachstum des Digitaldrucks und die stagnierenden Umsätze im Offsetdruckverfahren lassen diese Hypothese auf dem ersten Blick ohne weiteres zu.

Eine andere Klassifikation wendet das Unternehmen Arthur D. Little an: In dieser Klassifizierung werden folgende Stufen unterschieden:

Neue Technologien:
Die wirtschaftliche Realisierung ist noch nicht erkennbar oder sehr unsicher.

Schrittmachertechnologien:
Erste Auswirkungen der Nutzung auf das Marktpotenzial und die Wettbewerbsdynamik sind bereits erkennbar.

Schlüsseltechnologien:
Sie beeinflussen signifikant die gegenwärtige Wettbewerbsfähigkeit.

Basistechnologien:
Diese werden von den Wettbewerbern in etwa gleichem Maße beherrscht.

Verdrängte Technologien:
Diese Technologien sind bereits durch neue verdrängt worden.

Das Offsetdruckverfahren würde spontan von den meisten Fachkundigen den Basistechnologien zugeordnet werden. Der Wettbewerb der großen deutschen Druckmaschinenhersteller spielt sich nur noch zu einem geringen Teil in dem eigentlichen Offsetdruckverfahren ab, sondern vielmehr werden Automatisierungs- und andere Leistungsgrößen zur Differenzierung herangezogen.

Haupt et. al[1] führt an, dass der geschilderte idealtypische und modelhafte Verlauf des Technologielebenszyklus selten in seiner Reinform nachgewiesen werden kann. In der Realität können Lebenszyklen sehr unterschiedlich verlaufen. Insbesondere die Dauer der einzelnen Phasen kann variieren.

2. Patentanalysen als Instrument der Reifegradbewertung

Technologien können durch vergleichende Betrachtungen, Beobachtung der Entwicklung der Märkte oder andere sekundäre Merkmale bewertet werden. Diese Merkmale sind aber nur bedingt geeignet den Reifegrad einer Technologie zu bewerten. Die Marktentwicklung einer Technologie kann zum Beispiel aufgrund anderer externer Faktoren stagnieren, obwohl die Technologie an sich noch ein großes Entwicklungspotential aufweist.

Archibugi und Pianta[2] schlagen Technologien mittels Patentanalysen zu bewerten. Patente als Indikator haben wie alle anderen Indikatoren Vor- und Nachteile. Die wesentlichen Vorteile, die für Patente als Indikator für eine Reifegradbewertung sprechen, sind nach Archibugi et al. folgende:

• Sie sind direkte Ergebnisse eines Innovationsprozesses. Patente werden in der Regel für die Erfindungen angemeldet für die ein großer wirtschaftlich positiver Effekt erwartet wird. Sie können daher als ein signifikanter Indikator für einen technologischen Wandel dienen.

• Es ist zeit- und kostenintensiv den Patentschutz aufrecht erhalten. Deswegen kann davon ausgegangen werden, dass Patentschutz nur für solche Erfindungen angestrebt wird, bei denen im Durchschnitt die Vorteile des Patents dessen Kosten übersteigen.

• Patente liegen zu mindestens als teilstrukturierte Daten vor. Sie geben daher nicht nur Auskunft über die Erfindungsaktivitäten, sondern auch über deren Richtung Auskunft.

• Patent-Statistiken beruhen auf großen Datenbeständen. Daten sind für lange Zeiträume verfügbar.

• Patente sind öffentlich zugänglich. Alle darin enthalten Informationen, einschließlich der Anmelder-Informationen sind zuverlässig.

Die Nachteile sind:

• Nicht alle Erfindungen können patentiert werden. Dies ist zum Beispiel der Fall bei Software, die durch das Urheberrecht geschützt wird. (Anm.: Bestimmte Softwareverfahren sind erst seit einem kurzen Zeitraum patentierbar).

• Nicht alle Erfindungen werden patentiert. Firmen schützen teilweise ihre Erfindungen durch andere Methoden, zum Beispiel die Geheimhaltung von Produktionsverfahren.

• Firmen haben unterschiedliche Neigungen in ihrem Heimatmarkt und anderen Ländern zu patentieren. Dies hängt in einem hohen Maße von Ihren Erwartungen der kommerziellen Verwertbarkeit der Patente ab. In jedem nationalem Patentamt existieren mehr nationale Patente im Vergleich zu Anmeldungen aus anderen Ländern.

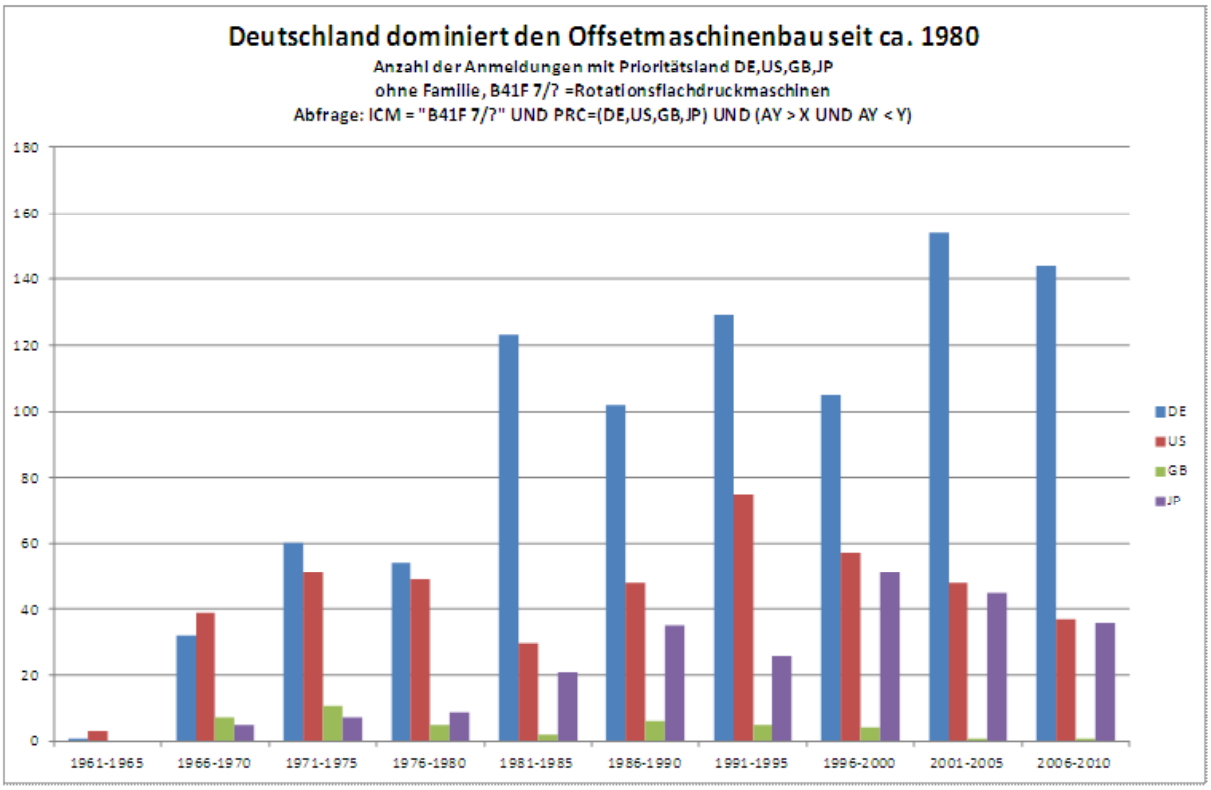
3. Der Offsetdruckmaschinenbau als ein besonders geeignetes Forschungsgebiet

Der Offsetdruckmaschinenbau ist durch eine hohe Wettbewerbsintensität gekennzeichnet, die im weltweiten Maßstab besonders in Deutschland ausgeprägt ist. Die drei größten Offsetdruckmaschinenhersteller (Heidelberger Druckmaschinen AG, Koenig & Bauer AG und manroland Druckmaschinen AG) sind in Deutschland konzentriert. Außereuropäische Offsetdruckmaschinenhersteller, wie zum Beispiel der japanische Hersteller Komori, melden daher auch europäische oder deutsche Patente an.

Dies ermöglicht eine lokale Auswertung von Patenten am deutschen Patentamt, ohne dass zwingend auf Daten unterschiedlicher Patentämter zugegriffen werden muss. Die Datenbasis ist ausreichend repräsentativ für die Bewertung der Technologie. Die häufig auftretende Problematik unterschiedlicher Datenstrukturen an verschiedenen nationalen Patentämtern kann umgangen werden.

Die hohe lokale Wettbewerbsintensität spiegelt sich auch in einer hohen und konstanten Zahl von Patentanmeldungen wieder. Die folgende Grafik zeigt die Anzahl der Neuanmeldungen mit Prioritätsland DE (Deutschland), US (USA), GB (Großbritannien) und JP (Japan). Es wurden alle Anmeldungen gewählt, die der Hauptklasse B41F 7/?[3] (Rotationsflachdruckmaschinen) zugeordnet sind.

Aus jeder Patent-Familie wurde nur eine Anmeldung gezählt, um eine Verzerrung durch eine unterschiedliche Zahl von nationalen, vom Ursprungspatent abgeleiteten, Patenten zu vermeiden. Eine kleine Unschärfe besteht jedoch an den Jahresgrenzen. Die Bereinigung um die Familienmitglieder konnte hier nicht immer korrekt vorgenommen werden.



Zudem wurden alle Erstanmeldungen beim europäischen und dem internationalen Patentamt vernachlässigt. Aufgrund der hohen, mit der Anmeldung verbundenen, Kosten sind die direkten Erst-Anmeldung bei dem europäischen oder internationalem Patentämtern aber nur von geringer Anzahl und können aus Sicht des Autors vernachlässigt werden.

Das Ziel der folgenden Auswertungen ist es grundlegende Trends im Technologiewandel aufzudecken, wobei die einzelnen absoluten Werte durchaus einen geringen Fehler aufweisen können. Diese Fehler in der Datenbasis beeinflussen den Trend aufgrund der großen Datenbasis aber nur in einem geringen Maße.

Die Auswertung der Erstanmeldungen der IPC – Hauptklasse B41F 7/?[4] zeigt, dass Patentanmeldungen aus Deutschland repräsentativ für die Entwicklung im Offsetdruckmaschinenbau herangezogen werden können. Deutschland dominiert seit etwa 1980 den Offsetdruckmaschinenbau.

4. Der Patentlebenszyklus als Technologielebenszyklus

Nach Haupt et.[5] al beruht die Ableitung von Informationen bezüglich der Attraktivität einer Technologie aus dem Patentlebenszyklus basiert auf der den beiden, zu mindest implizit getroffenen Annahme, dass ein konstanter Zusammenhang zwischen der F&E Aktivität und der Anzahl der Erfindungen besteht und das zu mindest ein konstanter Anteil der Erfindungen zum Patent angemeldet wird.

Aufgrund der zuvor aufgeführten hohen Wettbewerbsintensität im Offsetdruckmaschinenbau kann davon ausgegangen werden, dass dieser Zusammenhang gegeben ist. Jede, noch so kleine Produktinnovation, wird genutzt um Wettbewerbsvorteile zu erlangen.

Der Zusammenhang zwischen der Attraktivität einer Technologie und der F&E – Aktivität ist offensichtlich. Aufgrund der hohen F&E – Aufwendungen und den daraus folgenden Patenten werden Firmen nur in solche

Bereiche investieren, die die Kosten der F&E – Aufwendungen zu mindestens im Mittel wieder einspielen.

Grundsätzlich werden Produktinnovationen eher zum Patent angemeldet als Verfahrensinnovationen. Im Zeitverlauf werden typischerweise mehr Produkt- als Verfahrensinnovationen erzielt und später mehr Verfahrens- als Produktinnovationen. Der Anteil der zum Patent angemeldeten Erfindungen muss daher in der Endphase des Technologielebenszyklus sinken.

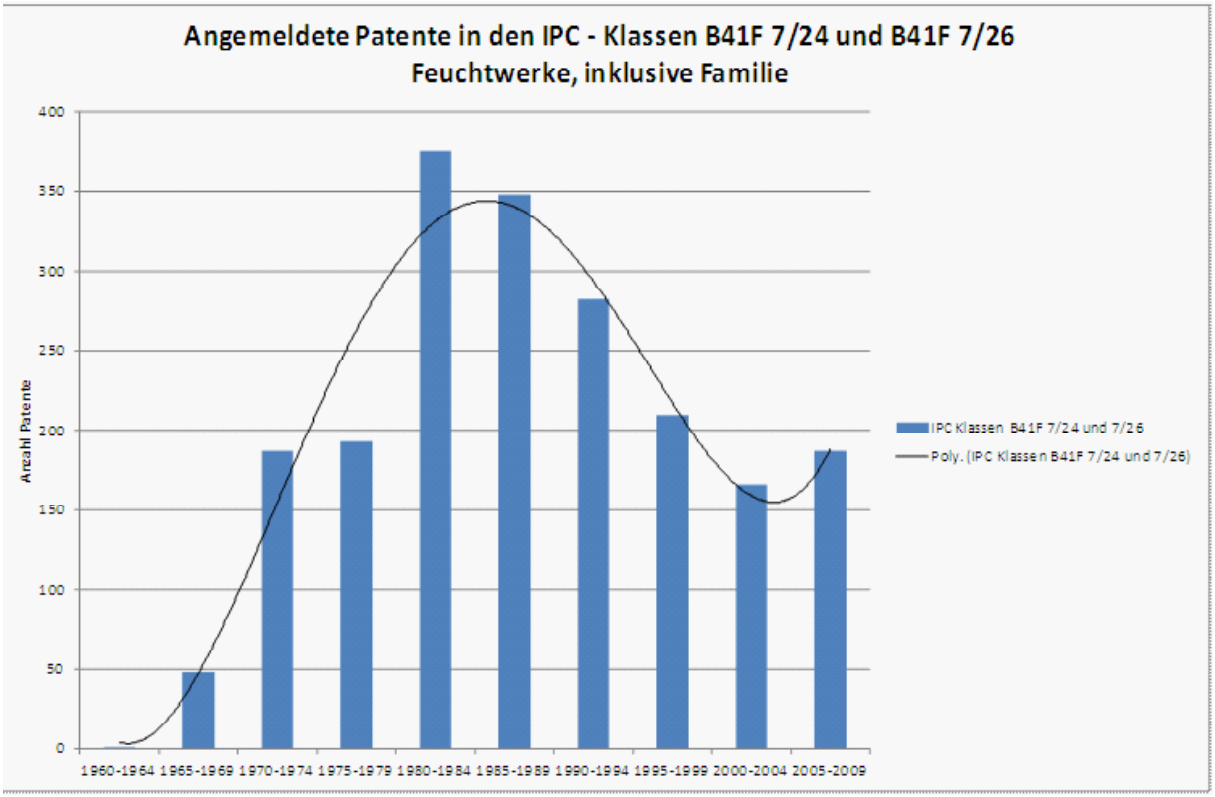
5. Beispiel Feuchtwerke

Feuchtwerke sind ein charakteristisches Bauelement einer Offsetdruckmaschinen, sieht man von dem Trockenoffset-Maschinen ab. Feuchtwerke mit Übertragwalzen, wie sie heute weitgehend den Stand der Technik repräsentieren, sind in der IPC – Klasse B41F 7/24 und B41F 7/26 kategorisiert. Feuchtwerke mit Bürsten, Sprüheinrichtungen, Schwämmen und ähnlichen wurden in den folgenden Auswertungen nicht berücksichtigt.

Die folgende Grafik zeigt die Anzahl der Anmeldung in den geclusterten 5-Jahreszeiträumen. Die Daten wurden nicht um die Familienmitglieder bereinigt.

Die Berücksichtigung der Familienmitglieder führt zu einer höheren Gewichtung bedeutender Patente gegenüber unbedeutenderen, da davon ausgegangen werden kann, dass im Sinne der Firmen gewichtigere Patente in mehr Ländern angemeldet werden als unbedeutendere. Zusätzlich werden erteilte Patente doppelt gezählt (einmal als Anmeldung und als erteilte Patentschrift), so dass diese automatisch höher gewichtet werden.

Die Grafik zeigt einen deutlichen Peak in dem Zeitraum 1980 – 1990, seitdem sind Anzahl der Patente auf dem Gebiet der Feuchtwerksentwicklung deutlich zurückgegangen. Die von vielen Autoren als idealtypisch bezeichnete Glockenkurve ist in einer Deutlichkeit zu erkennen, wie sie ansonsten selten zu beobachten ist. Aufgrund dieser in 5-Jahreszyklen aggregierten Daten kann angenommen werden, dass in der Feuchtwerksentwicklung mit Walzenfeuchtwerken keine großen tech-



nologischen Innovationen mehr zu erwarten sind, die eine Differenzierung im Wettbewerb erlauben.

Ein zweites Kriterium zur Beurteilung von Technologien ist das Verhältnis angemeldeter zu erteilten Patenten. Ein wichtiges Kriterium für die Patentfähigkeit ist der Neuigkeitsgrad und Erfindungshöhe einer Erfindung.

Aufgrund der hohen Wettbewerbsdichte im Offsetdruckmaschinenbau kann davon ausgegangen werden, dass die Firmen eine Patentprüfung mit dem Ziel der Patenterteilung anstreben. In der folgenden Auswertung wurde ausschließlich auf Patente beschränkt, die in Deutschland oder Europa zum Patent angemeldet wurden. Die Problematik wird damit umgangen, dass einzelnen Patentämter, zum Beispiel das USPTO, andere Anforderungen an Neuigkeit und Erfindungshöhe stellen. Aufgrund der hohen Konzentration der Offsetdruckmaschinenhersteller in Deutschland ist diese Beschränkung auf Europa und Deutschland vertretbar.

Zu beachten bei allen folgenden Auswertungen ist, dass zwischen Patentanmeldung und Patenterteilung einige Jahre vergehen können. In der folgenden Auswertung sind daher die Anmeldejahre aufgeführt, die später zu einem Patent geführt haben. Im Sinne der Technologiebetrachtung ist der Zeitpunkt der Innovation und nicht deren Patentierung relevant.

Erstaunlich ist, wie wenige Anmeldungen letztendlich zu einem Patent geführt haben.
Die neueren Patente beziehen sich auf Steuerungsaspekte und Automatisierungsaspekte des Feuchtwerks, nicht auf den eigentlichen Aufbau eines Feuchtwerks.

Beispiel aus der EP2111984B1 (Hummel et. al, 2009): „(2) des jeweiligen Druckwerks antreibt, dadurch gekennzeichnet, dass ein separater Direktantrieb (8) des Feuchtwerks (5) einer auf dem Formzylinder (1) abrollenden Feuchtauftragswalze des Feuchtwerks (5) zugeordnet ist, der die Feuchtauftragswalze im Fortdruckbetrieb eigenmotorisch und damit unabhängig vom Hauptantrieb (6) sowie vom Direktantrieb (7) des Formzylinders (1) antreibt.“ (nur kennzeichnender Anspruch)

Beispiel aus der EP2090431B1 (Boehm et. al, 2009) : „gekennzeichnet durch Aktoren zur Trennung des Feuchtmittelflusses und Stellelemente zur Einstellung des Drucks im Inneren der porösen Feuchtmittelwalze, wobei die Aktoren und die Stellelemente miteinander synchronisiert abhängig von Betriebszuständen der Rotationsflachdruckmaschine (1) steuerbar sind.“ (nur kennzeichnender Anspruch)

Beispiel aus der EP2082876B1 (Koppelkamm et. al, 2008): „dadurch gekennzeichnet, dass dem Feuchtwerk mehrere in Axialrichtung nebeneinander positionierte Blenden (23) zugeordnet sind um für jede Druckseite individuell Feuchtmittel auf eine dem Vorratsbehälter (22) nachgeordnete Feuchtwerkwalze (24.25) aufzutragen, wobei die Anzahl und die Breite der in Axialrichtung nebeneinander positionierten Farbzonenstellelemente (18) des Farbwerks (13) der Anzahl und der Breite der in Axialrichtung nebeneinander positionierten Blenden (23) des Feuchtwerks (14) entspricht, sodass einerseits Druckfarbe und andererseits Feuchtmittel für jede Farbzone jeder Druckseite individuell auftragbar ist.“ (nur kennzeichnender Anspruch).

Dagegen standen in den Anfangstagen die grundsätzliche Konstruktion und Verfahrensweisen im Feuchtwerkbau im Vordergrund:

Beispiel aus der DE1536961C2 (Schinke et. al, 1967): Feuchtwerk für Offsetdruckmaschinen, insbesondere Kleinoffsetdruckmaschinen, mit einem in das Maschinengestell einsetzbaren Flüssigkeitsbehälter, in welchen der

untere Teil der Hebewalze hineinragt, dadurch gekennzeich-net, daß der Flüssigkeitsbehälter (1) ein oben offenes, der Aufnahme des unteren Teils der Hebewalze (5) dienendes Abteil (1 b) und ein von diesem mittels einer Trennwand (1 c) abgeteiltes, geschlossenes Abteil (1 a) aufweist, das über eine in der Nähe des Behälterbodens in der Trennwand (1 c) angeordnete Öffnung (14) mit dem oben offenen Abteil (1 b) in Verbindung steht."

Beispiel aus der DE1536450B2 (Licht et. al, 1965): „dadurch gekennzeichnet, daß eine Dosierwalze (30) einen geschwindigkeitsveränderlichen, vom Oberflächenkontakt unabhängigen, zwangsläufigen Antrieb (45) besitzt, so daß der Schlupf zwangsweise zwischen der Reibwalze (28) und der mit nachgiebig elastischer Oberfläche versehenen Dosierwalze (30) vorgebbar ist, und daß eine Vorrichtung zur Einstellung des Druckes zwischen der Dosierwalze (30) und der Reibwalze (28) angeordnet ist."

Es lässt sich hier, wie in anderen Technologien auch, beobachten, dass in einer ersten Innovationswelle die grundlegenden Technologien entwickelt wurden, während zu einem späteren Zeitpunkt Automatisierungsaspekte aufgegriffen werden.

Die grundsätzliche Kritik an dem reinen Betrachtung einer Patenterteilung als Maßstab einer Wertigkeit einer Innovation, wird von vielen Autoren geäußert. Patente werden unabhängig von der wirtschaftlichen Verwertbarkeit und ihrer technischen Bedeutung erteilt, sofern die grundlegenden Kriterien für eine Patenterteilung vorliegen.

Externe Gründe, wie mangelnde finanzielle Ressourcen des Patentanmelders, können dazu führen, dass eine Patentanmeldung nicht weiter betrieben wird, obwohl die zugrunde liegende Erfindung für die Technologie eine hohe Bedeutung aufweist.

Harhoff et. al schlägt daher vor, die Zitierungen von Patenten als Maßstab für deren Bedeutung heranzuziehen. Patente, die veröffentlicht werden, enthalten in der Regel Verweise auf frühere Patente, die in diesem Fachgebiet des Patentes vorliegen. Sie dienen dazu, die vorliegende Erfindung von früheren Erfindungen abzugrenzen und werden von dem Patenteinreicher oder durch das prüfende Patentamt zitiert.

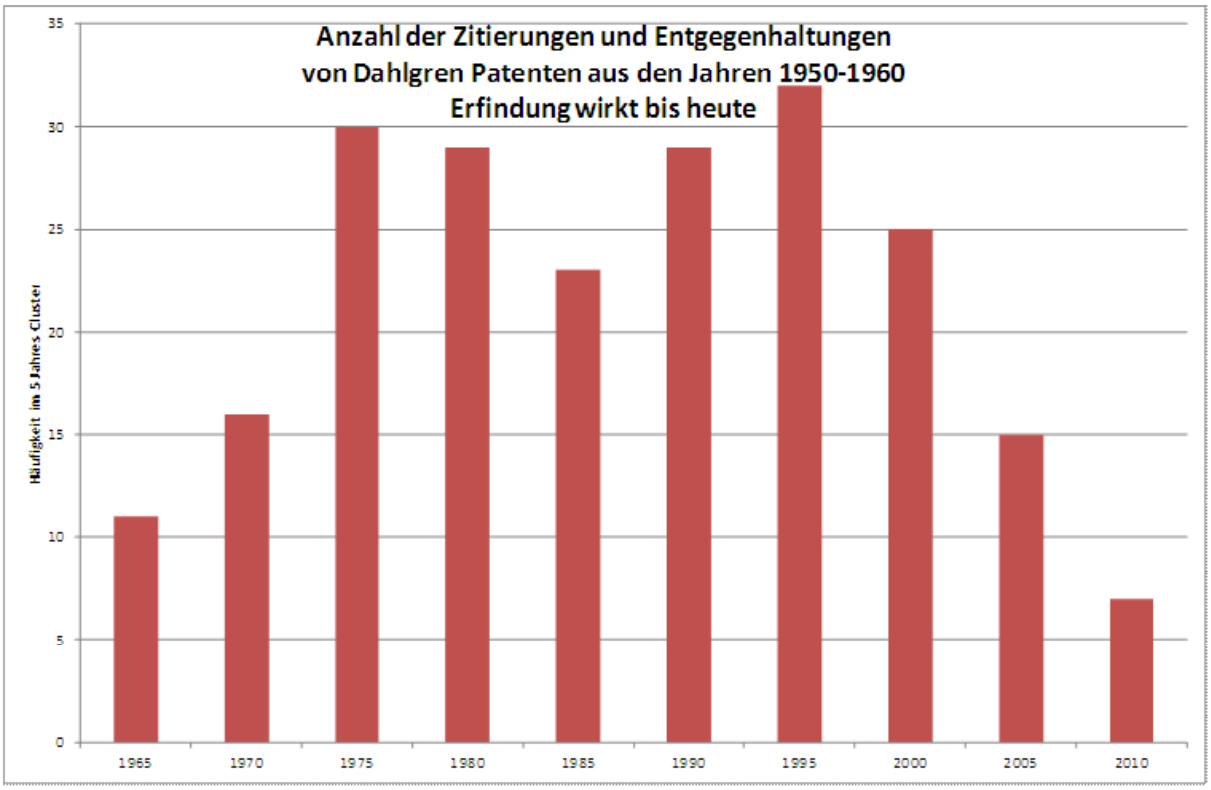
Es kann nach Harhoff et.[6] al davon ausgegangen werden, dass die bedeutenden Vorläuferpatente in neuen Patentschriften zitiert werden. Sie stellen den Stand der Technik dar. Je häufiger ein Patent zitiert wird, desto größer ist die Bedeutung für die zu untersuchende Technologie.

Es kann ferner angenommen werden, dass Patente, die keine Zitate früherer Patente aufweisen und häufig von anderen Patenten zitiert werden, eine Basistechnologie darstellen.

Alcácer et.al[7] kritisiert an diesem Bewertungsansatz, dass der Einfluss des Prüfers bei diesem Bewertungsansatz eine starke Rolle spielt. Jeder Prüfer hat ein Portfolio von Patenten aus einem Sachgebiet, mit dem er bestens vertraut ist. Auf dieses Portfolio wird er eher zurückgreifen als auf Patente, die im dem Prüfer weniger vertraut sind.

Die im Portfolio enthaltenen Patente werden daher tendenziell übergewichtet.

Um diesen Mangel auszugleichen, werden bei den folgenden Auswertungen nicht nur die zitierten, sondern auch die entgegengehaltenen Patente berücksichtigt. Aufgrund der hohen Wettbewerbsdichte im Offsetdruckmaschinenbau kann davon ausgegangen werden, dass jeder Wettbewerber ein hohes Interesse hat fehlende Schriften einer Neuanmeldung entgegenzuhalten, um eine Patentierung zu vermeiden.



Bei Betrachtung einiger Patente und deren Entgegenhaltungen zeigt sich schnell, dass Harold Dahlgren ein wesentlicher Erfinder des modernen Feuchtwerksbaus ist. Obwohl einige Patente von Harold Dahlgren nur in den USA angemeldet wurden, werden diese Patente oder daraus abgeleitete Patentfamilien in vielen Patenten zum Feuchtwerksbau bis in die Neuzeit zitiert. Die Grundlagen des modernen Feuchtwerksbaus wurden schon in den Jahren 1950-1960 in den USA gelegt.

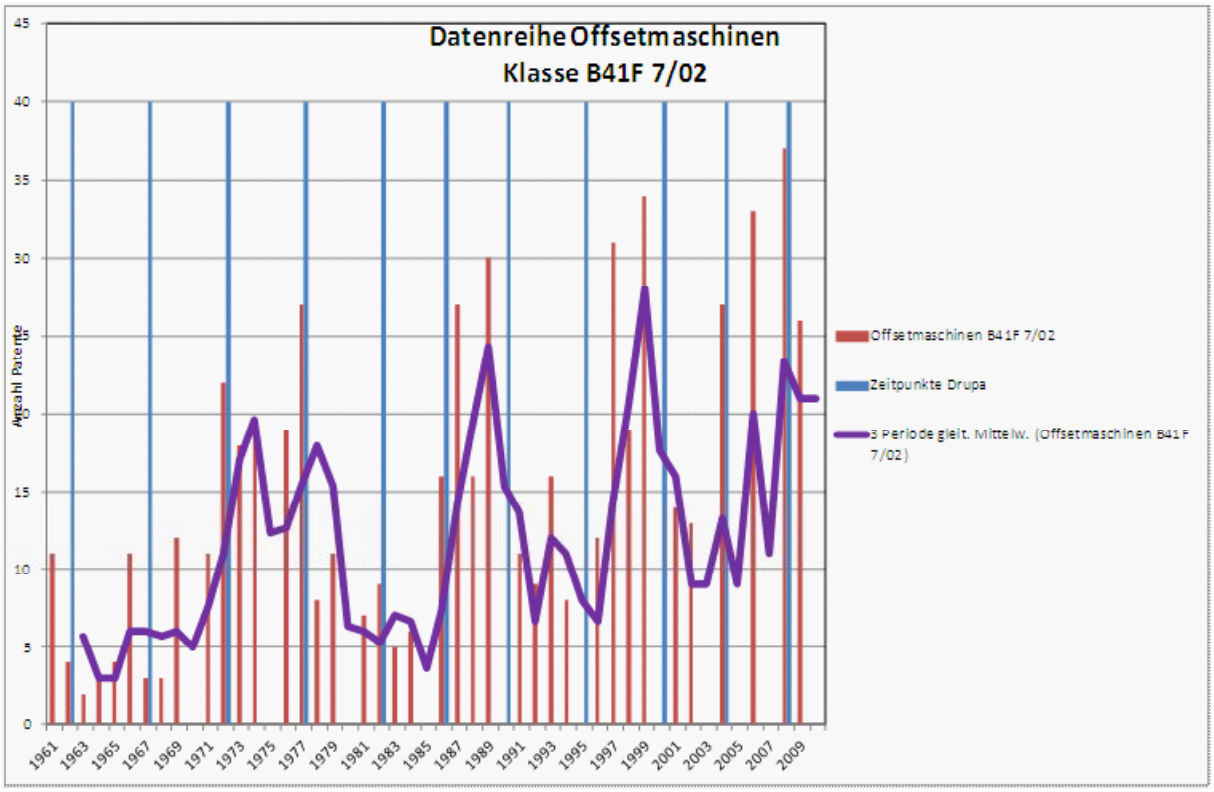
Die Schwäche der zuvor vorgenommenen Einteilung der Patente nach den ICP – Hauptklassen wird an den Dahlgren – Patenten ersichtlich. Leider sind einige Patente, die nur in den USA angemeldet wurden, nicht den entsprechenden Hauptklassen zugeordnet worden.

6. Bogen- und Rollenoffset

Die grundlegenden Technologien des Offsetdruckmaschinenbaus sind unter anderem in der IPC Klasse B41F 7/02 (unter anderem Farbwerksbau) klassifiziert. Dabei wurde die Klasse um Patente manuell erweitert, die in der Prüfstoff – IPC die Klasse B41F 7/02 aufführten, aber keine Hauptklasse zugewiesen bekamen. Dies war insbesondere bei sehr alten Anmeldungen der Fall.

Die folgende Grafik zeigt, dass die Entwicklung des Offsetdruckmaschinenbaus in Wellen verläuft. Dabei ist bis zum Ende des Beobachtungszeitraums ein tendenzielles Ansteigen des Patentvolumens zu beobachten, dass der Autor mehr auf eine verstärkte Patentaktivität zurückführt, als auf vermehrte F&E – Aktivitäten.

Die erste Welle (um das Jahr 1975) beschäftigte sich mit grundsätzlichen Fragen des Farbwerkaufbaus, Fragen der Bildbeeinflussung (Bildregler) und Druckwerksanord-

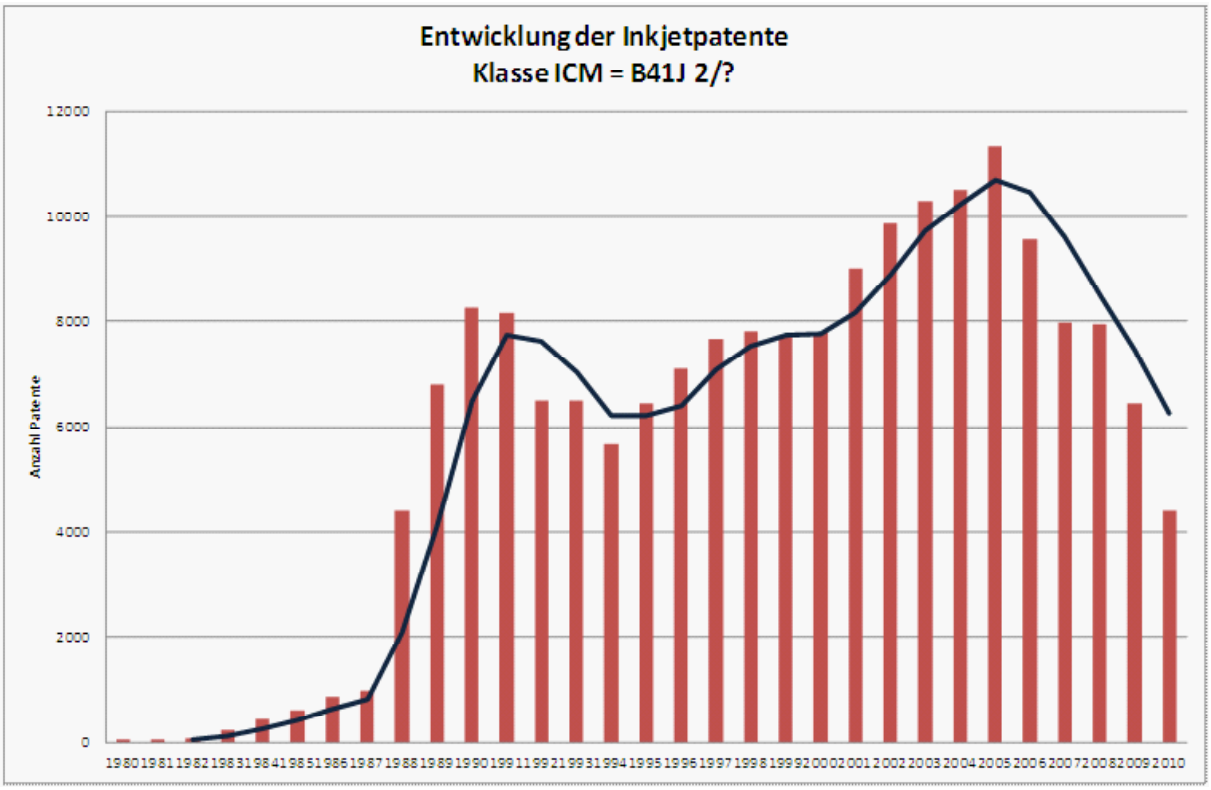


nungen. Die zweite Welle (um das Jahr 1990) beschäftigt sich mit Fragen des Plattenwechsels, Zylinderanordnungen (vielfache Rettungsversuche des 5-Zylinder Systems) und Fragen, die im Zusammenhang mit dem Mehrfarbendruck stehen. Die dritte Welle (um das Jahr 1998) beschäftigt sich um Rollenoffsetdruckanordnungen, modulare Drucksysteme, automatischen Plattenwechsel und Fragen der Veredelung. Die letzte Welle ist dem Einzelantrieben und Steuerungskonzepten geschuldet. Diese Aussagen sind nicht absolut zu werten, sondern sind durch Einsichten in jeweils mehrere Patente der jeweiligen Epochen gewonnen worden. Tiefere Einsichten in die Technologiezusammenhänge müssten durch Textmining – Methoden gewonnen werden. Zusätzlich wurden die jeweiligen Zeitpunkte der Drupa-Veranstaltungen eingetragen.

7. Inkjet:

Zum Vergleich werden die Datenreihen des Inkjets (ICM = B41J 2/?) angeführt. Aufgrund der extrem hohen Datenbasis wurde auf die Familienbereinigung verzichtet, da diese scheinbar nicht gewissenhaft funktioniert. Das grundsätzliche Verhalten der Firmen hinsichtlich der Patentanmeldestrategie erscheint vergleichbar, so dass dieses Manko zu keiner wesentlichen Verzerrung führt.

Interessant ist der extrem steile Anstieg der Anmeldungen zur Inkjettechnologie und die von vielen Autoren angeführten zu beobachtenden zwei Innovationswellen. Die erste Welle beschäftigt sich mit grundlegenden Technologien, während die zweite Welle im Wesentlichen aus Verfahrenspatente bestimmt wird. Die zweite Welle wird zusätzlich verstärkt durch Firmen, die den jetzt erkennbaren Erfolg einer Technologie nutzen wollen. Der beste Beleg für solche Zweiteffekte sind die klassischen Bogenoffsethersteller, die auf der Drupa 2012 Inkjettechnologien zeigten oder



zu mindestens ankündigen. In den letzten Jahren sind die Zahl der Patentanmeldungen seit 2006 zurückgegangen. Der extrem niedrige Wert für 2010 kann durch eine nicht vollständige Datenbasis beeinflusst werden (nicht alle Familienpatente wurden veröffentlicht). Als Anmeldeländer wurden US, JP, D und GB berücksichtigt.

Fazit:

Der Offsetmaschinenbau kann als fast ideales Forschungsgebiet für Technologietrendanalysen bezeichnet werden, da dieses Fachgebiet durch eine hohe Wettbewerbsintensität ausgezeichnet ist. Diese hohe Wettbewerbsintensität führt zu einer vergleichsweise hohen Anzahl von Patentanmeldungen in dem entsprechenden Fachgebiet.

In dem walzenbasierten Feuchtwerksbau sind keine wesentlichen Innovationen mehr zu erwarten. Die wesentlichen Grundlagen für diese Technologie wurden in den Jahren 1950 – 1965 gelegt.

Insgesamt ist noch eine hohe Patentaktivität zu erkennen (bis zum Jahr 2009), die sich aber im Wesentlichen auf dem Gebiet der Automatisierung, Steuerung, Verfahren und Antriebstechnik abspielt. Im Farbwerksbau sind in den letzten Jahren keine bedeutenden Erfindungen hinzugekommen, sieht man von einigen Anmeldungen in der Kurzfarbwerkstechnik ab.

Feucht- und Farbwerkstechnologie sind daher nach Ansicht des Autors den reifen Technologien zuordenbar.

Der Autor würde sich freuen, wenn diese Analysen aufgegriffen und weitergeführt werden. Sicher sind einige Aussagen diskussionswürdig, sie beruhen aber jeweils auf einer relativ hohen Zahl von Patenten. Neuere Methoden der Patentanalyse versuchen eine Neuklassifizierung von Patenten aufgrund von Textanalysen. Diese Methoden dürften sicher noch exaktere Ergebnisse liefern. Patentanalysen können einen Beitrag zur Technikgeschichte geben und bedeutende Erfindungen identifizieren, die den Offsetdruck auf den jetzigen, hochentwickelten Stand gebracht haben.

Quellenhinweise

[1] R. Haupt, K. Jahn, M. Lange, W. Ziegler, „Der Patentlebenszyklus: Methodische Lösungsansätze der externen Technologieanalyse“, Arbeits- und Diskussionspapier der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena, 24/2004, ISSN 1611-1311

[2] D. Archibugi, M. Pianta, „Measuring technological change through patents and innovation surveys“, Technoation, 16(9) 1996, pp 451-468

[3] Das Fragezeichensymbol ist in der von dem deutschen Patentamt verwendeten Abfragesprache ein Platzhalter für beliebige Zeichen. Die Abfrage umfasst in diesem Fall alle Unterklassen.

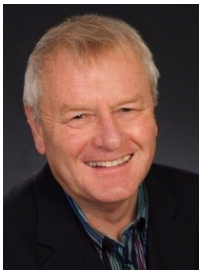
[4] dito

[5] Haupt et. al, Universität Jena

[6] D. Harhoff, F. Scherrer, „Citations, Family size, Opposition and the value of rights“, LMU München 1999

[7] Vgl. J. Alcácer, M.Gittelmann, “Patent citations as a measure of knowledge flows: The influence of examiner citations“, The Review of Economics and Statistics, Nov. 2006: 88(4): 774-779

Prof. Dr.-Ing. Karl Haller, Zorneding
Die Armseligkeit eines Rasterpunktes - Aus dem Fundus der Rastertechnologie



Geboren 1938, Lehre als Schlosser in der Eisenhüttenindustrie, praktische Tätigkeit in der Elektroindustrie, Studium Maschinenbau am damaligen Polytechnikum Würzburg, dann Studium Allgemeiner Maschinenbau an der TH München, langjährige Forschungstätigkeit in der Fogra, Bereichsleiter Zeitungsdruck, neben Berufstätigkeit Promotion an der TH München, Auszeichnung durch die Internationale Senefelder Stiftung, von 1980 bis 2004 Professor im Studiengang Druck- und Medientechnik der Hochschule München, langjähriges VDD-Mitglied.

1. Einleitung

Die Frage nach der Größe eines Rasterpunktes stellt sich eher für Reproduktioner und weniger für den Druckmaschinenbauer. Will man aber z. B. Passer- und Registerfehler bewerten, dann kann sich auch für den Druckmaschinenbauer die genannte Frage ergeben. Sie ist im Grunde ganz einfach zu beantworten: Der Rasterpunkt ist sehr klein, beim 60er Raster höchstens 166,7 µm groß. Das ist der Kehrwert der Rasterfrequenz, wobei der Faktor 10 000 für die Umrechnung der Längeneinheit cm in µm zu beachten ist. Wenn diese Antwort reicht, dann ist man glücklich dran; im anderen Fall ist man arm dran und muss gut aufpassen, dass man sich nicht im mathematischen Gestrüpp verheddert.

In diesem Beitrag werden amplitudenmodulierte Raster (AM-Raster) betrachtet. Beim frequenzmodulierten Raster (FM-Raster, stochastischer Raster) ist der Rasterpunkt identisch mit dem Druckpunkt, der typischerweise zwischen 10 µm bis 30 µm groß ist. Die Bezeichnung FM-Raster ist ein Widerspruch in sich, ein „schwarzer Schimmel“. Nach Prof. Scheuter sollte man besser vom „frequenzmoduliertem Bildaufbau“ sprechen. Die Bezeichnung FM-Raster hat sich aber eingebürgert. Betrachtet man das Marktgeschehen, so ist man etwas enttäuscht, dass sich der FM-Raster trotz seiner spezifischen Vorteile nach einem gewissen Boom nicht stärker durchgesetzt hat. Der Anteil dürfte im mittleren Teil des einstelligen Prozentbereiches angesiedelt sein. Offensichtlich ist es so, dass die Computer-to-Plate-Technologie nicht nur den FM-Raster beflügelt hat, sondern auch den AM-Raster, durch Übergang auf feinere Raster; im Akzidenzdruck z. B. auf 70, 80 bis 100 1/cm, vereinzelt bis 120 1/cm.

Die Frage nach der Größe des Rasterpunktes ist bei der AM-Rasterung immer mit der Frage nach der Rasterpunktform verknüpft. Schon bei der fotografischen Rasterung sprach man von runden, quadratischen, elliptischen, kettenförmigen Rasterpunkten usw. Die analoge Plattenkopie ließ kompakte Rasterpunkte vorteilhaft erscheinen; jedoch sollte nach allgemeiner Ansicht der vierseitige Punktschluss wegen des gefürchteten Tonwertabrisses vermieden werden. Die Überlegungen führten zur Empfehlung einer „optimalen Punktform“, die im Bereich der Flächendeckungsgrade (Rastertonwerte) von etwa 40% bis 60% kettenförmig sind, darunter und darüber schwache Ellipsen. Diese Empfehlung findet sich auch in der einschlägigen Norm ISO 12647-1.

Es ist sicher von Vorteil, wenn auch die Rasterpunktform standardisiert ist, zumindest in groben Zügen. Wenn Reproduktion und Druck unter einem Dach erfolgen, wie häufig im Zeitungsdruck, dann kann bei sorgfältiger Abstimmung der Belichterkennlinie auf die Druckkennlinie auch eine exotische Rasterpunktform zum Einsatz kommen. Ein Beipiel dafür ist der Raster SandyScreen der gleichnamigen Schweizer Firma, der seit etwa dem Jahre 2000 in einigen Zeitungsbetrieben im Einsatz ist, vorrangig in der Schweiz und in Deutschland. Zeitungen aus diesen Anwendungsbetrieben finden sich regelmäßig bei den *Color Quality Club* Auszeichnungen des Zeitungsforschungsinstituts WAN-IFRA. Dieser Raster hat das Merkmal, dass der Punktschluss theoretisch erst bei 100% erfolgt, siehe Abbildung 1.

Abbildung 1: Die Rasterpunktform des Rasters SandyScreen. Draufsicht auf den „Rasterberg“.

Die Praxis sieht etwas anders aus: Besonders bei groben Rasterzellen (im Zeitungsdruck arbeitet man aus Zeitgründen oft mit Rasterzellen von nur 10*10 statt mit 16*16), kann die Kontur nach Abbildung 1 nur grob angenähert werden; besonders grob in den Lichtertönen. Aus dem gleichen Grund erfolgt der Punktschluss nicht erst bei 100% sondern schon wesentlich früher. Je nach Rasterzelle und –winkelung kann es schon bei knapp über 70% zur Berührung mit dem Nachbar-Rasterpunkt kommen. Aber immerhin kann gezeigt werden, dass auch mit bizarren Rasterpunktformen gut gedruckt werden kann. Die Frage stellt sich aber, ob das Merkmal „theoretischer Punktschluss bei 100%“ – wenn erstrebenswert – nicht auch anders dargestellt werden kann. Dazu später.

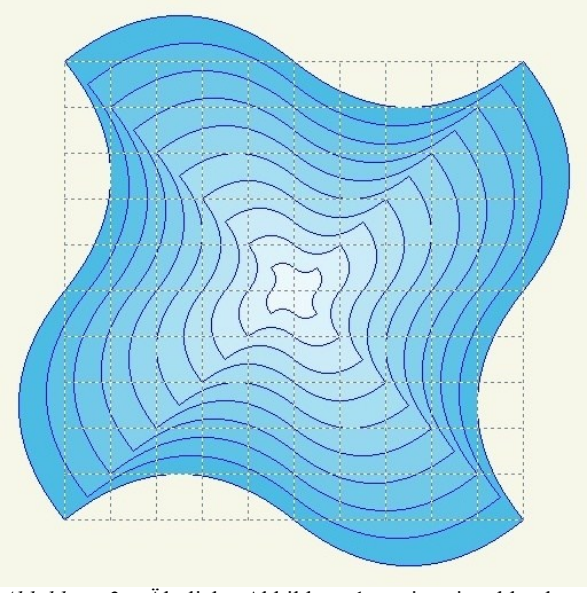


Abbildung 2: Ähnlich Abbildung 1, mit eingeblendeter Gitterstruktur für eine Rasterzelle mit 10*10 Druckpunkten (Pixeln).

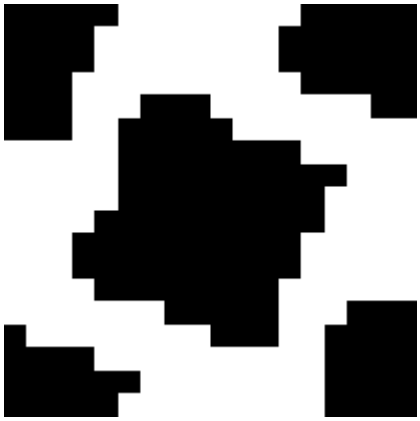


Abbildung 3: Rasterpunkt von SandyScreen gemäß TIFF-Datei.

Die Abbildung 3 zeigt den in einer TIFF-Datei definierten Rasterpunkt des gleichen Herstellers. Man sieht, dass durch die Diskretisierung nicht mehr sehr viel von der Eleganz der mathematisch definierten Kontur übrig geblieben ist. Dieser Effekt tritt natürlich bei anderen Rasterpunktformen auch auf. Bei Rasterzellengrößen von 16*16 ist der Sägezahneffekt fast vernachlässigbar. Schnellere Prozessoren reduzieren den Rechenzeitbedarf. Bei der Plattenbebilderung müssen Laserspots gesetzt werden, die etwas größer als die theoretischen Druckpunkte sind. Je nach Belichtertechnologie kommt es noch zu einer mehr oder weniger starken Randverrundung. Der ausgefranste Rasterpunkt im Druck lässt oft nicht mehr viel von seiner mathematisch definierten Form erkennen.

Der „reine“ Rundpunkt ist rechnerisch so einfach, dass er an dieser Stelle nicht behandelt werden muss. Zu beachten ist, dass der „reine“ Rundpunkt nicht für die ganze Tonwertskala gilt. Bei 78,5% (= π/4*100%) berühren sich die Punkte und die Berechnung wird dann etwas schwieriger für die dann entstehenden kissenförmigen weißen Löcher. Man kann zeigen, dass zwischen 21,5% (= 100% - 78,5%) kreisförmige Rasterpunkte sowohl als geschwärzte Kreise, als auch als weiße Löcher dargestellt werden können, so z. B. Umstellung bei 50% von geschwärzten Kreisen auf weiße Löcher. Aber weder bei der fotografischen Rasterung noch bei der digitalen Rasterung kann dieses realisiert werden.

Der „reine“ Quadratpunkt ist ebenfalls mathematisch trivial. Man muss sich aber entscheiden, ob das Quadrat 45° quer zur Rasterrichtung liegen soll (Punktschluss bei 50%), oder in Rasterrichtung. Im letzteren Falle liegt der Punktschluss theoretisch bei 100%, wie beim Raster von SandyScreen. In der digitalen Rasterung sind beide Varianten möglich, nicht aber bei der fotografischen Rasterung.

Der Autor will eine Referenz-Rasterpunktform vorschlagen, die nicht praxisfern ist und durchgängig mathematisch (möglichst einfach?) definiert ist. Diese Referenz-Rasterpunktform kann für Fragestellungen wie z. B. eingangs erwähnt dienen und nicht etwa als Anwendungsempfehlung. Einschränkende Faktoren wie unglatte Rasterpunkträndern können bei einer Referenz-Rasterpunktform natürlich nicht berücksichtigt werden.

Diese Überlegungen führen zur Reaktivierung der „klassischen Rasterpunktform“, die schon von den Anfängen der fotografischen Rasterung bekannt ist und auch häufig in der digitalen Rasterung Anwendung findet. Die klassische Rasterpunktform ist der Stammvater aller Rasterpunktformen oder auch der kleinste gemeinsame Nenner.

Die mathematische Beschreibung der klassischen Rasterpunktform soll mit *Rasterpunktmodell*, kurz *RPM*, bezeichnet werden.

2. Die klassische Rasterpunktform

Merkmal dieser Punktform: In den Lichtern nahezu kreisrund, mit zunehmenden Tonwert immer „eckiger“, Punktschluss bei 50% mit Quadratform, danach inverse Formen.

Es zu hat Zeiten der fotografischen Rasterung nicht an Versuchen gefehlt, durch beugungstheoretische Berechnung der Lichtverteilung hinter einem Glasgravurraster eine mathematische Beschreibung der Rasterpunktform zu erstellen, siehe [2]. Da dies offensichtlich nicht gelang, hat der Autor vor vielen Jahren eine Modellvorstellung entwickelt, ohne Rücksicht auf die tatsächlichen physikalischen Gegebenheiten bei der Rasterung, siehe [3].

Für die modellhafte Beschreibung bietet sich die Potentialtheorie an, für einen Maschinenbauer naheliegend ein Modell aus der Elastostatik. Man betrachte eine quadratische Platte, die an den Rändern frei aufliegt und die mit einer Flächenlast gleichmäßig belastet wird. Die Platte wird sich durchbiegen, an den Rändern wird die Durchbiegung null sein, in der Plattenmitte am höchsten. Die Höhenlinien der Durchbiegung haben dann die genannten Merkmale der klassischen Rasterpunktform.

Der Ansatz sei kurz skizziert. Mit $w = w(x, y)$ sei die Durchbiegung an einer beliebigen x/y-Stelle innerhalb der Platte bezeichnet. Die Platte habe die Dicke h, die normierte Kantenlänge ±1, die Belastung sei mit p_0 bezeichnet, der Elastizitätsmodul mit E und der Querkontraktionszahl mit ν. Bei den späteren Normierungen entfallen die Größen h, p_0, E und ν.
Die Potenzialtheorie liefert:

$$\frac{\partial^4 \boldsymbol{w}}{\partial \boldsymbol{x}^4} + 2\frac{\partial^4 \boldsymbol{w}}{\partial \boldsymbol{x}^2 \partial \boldsymbol{y}^2} + \frac{\partial^4 \boldsymbol{w}}{\partial \boldsymbol{y}^4} = \frac{\boldsymbol{p}_0(1-\nu^2)}{12\boldsymbol{E}\boldsymbol{h}^3} \qquad (1)$$

Die Lösung dieser partiellen Differenzialgleichung ist eine unendliche zweidimensionale trigonometrische Reihe, für das angestrebte Ziel nicht gerade erfreulich. Da aber die absoluten Werte der Plattenbiegung nicht interessieren, auch nicht die Biegemomente oder Spannungen, erhält man schon beim Abbrechen nach dem ersten Reihenglied der schnell konvergierenden Reihe eine brauchbare Lösung für die Linien gleicher Durchbiegung. Nach Normierungen und Umformungen ergibt sich schließlich die Lösung für die Kontur des Rasterpunktes wie folgt:

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{X}_{45°}) = \frac{\sqrt{2}}{2}\arccos\frac{\cos\frac{\pi}{2}\sqrt{2}\,\boldsymbol{X}_{45°}}{\cos\frac{\pi}{2}\sqrt{2}\,\boldsymbol{x}} \qquad (2)$$

Diese Lösung soll zur Unterscheidung von einer weiteren Lösung mit „trigonometrische Version“ des Rasterpunktmodells RPM bezeichnet werden.

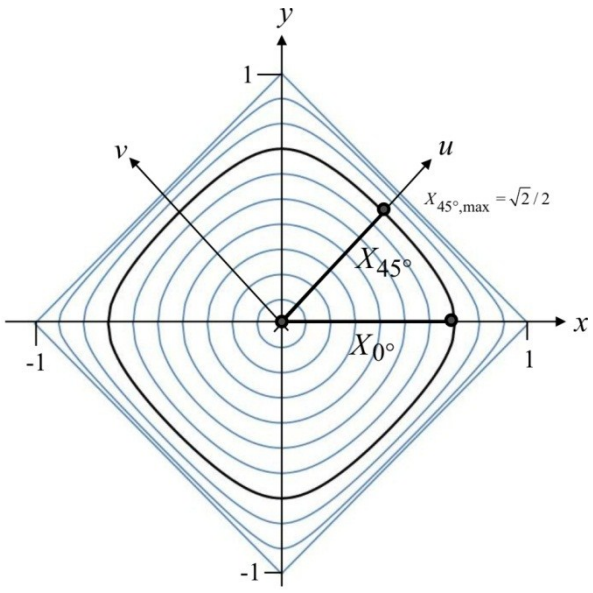


Abbildung 4: Das Rasterpunktmodell RPM nach der klassischen Rasterpunktform.

Die Gleichung (2) gilt für die um 45° gedrehte Rasterzelle. In der Abbildung 4 sind diese gedrehten Koordinaten nur zur Verdeutlichung mit u und v bezeichnet; in den Gleichungen werden aber weiter x und y benutzt. Es genügt die Betrachtung eines Quadranten.

$X_{45°}$ Normierter Rasterpunktdurchmesser, 45° quer zur Rasterrichtung

$$\boldsymbol{X}_{45°} = 0 \ldots . \sqrt{2}/2$$

$$\boldsymbol{y},\ \boldsymbol{x} = 0 \ldots \boldsymbol{X}_{45°}$$

Zur Normierung der Rasterpunktdurchmesser: Es sei d der Rasterpunktdurchmesser in µm und R die Rasterfrequenz in 1/cm. Dann gilt folgende Zahlenwertgleichung:

$$\boldsymbol{X} = \frac{\boldsymbol{d}\cdot\boldsymbol{R}}{10\,000} \qquad (3)$$

Der Faktor 10 000 steht für die Umrechnung der Längeneinheit cm in µm.

Mit (2) ist die Kontur des Rasterpunktes beschrieben. Für die eingangs genannte Fragestellung wird aber der Flächendeckungsgrad gebraucht, hier mit Φ bezeichnet[1]. Man kann ihn formal als Integral von (2) darstellen:

$$\Phi = \int_0^{\boldsymbol{X}_{45°}} \boldsymbol{y}\,\mathrm{d}\boldsymbol{x} \qquad (4)$$

Man kann unschwer feststellen, dass dieses Integral nicht im Sinne einer geschlossenen Formel lösbar ist.

[1] Bei theoretischen Abhandlungen wird der Flächendeckungsgrad oft mit φ bezeichnet. Dieses Zeichen wird hier aber später für einen anderen Zweck gebraucht. Deshalb das große Φ.

Man steht vor einem misslichen Problem: Man hat zwar eine brauchbare Lösung für die Differenzialgleichung (2), kann aber die eigentliche Fragestellung nicht beantworten. Natürlich kann man nummerische oder grafische Lösungen suchen, aber eine „Formel“ wäre doch praktischer.

Zur Trickkiste zum Finden von Näherungslösungen von Gleichungen wie (2) gehört folgende Vorgehensweise: Man verzichtet von Vorneherein auf eine exakte Lösung und sucht einen einfachen Ansatz, der zumindest die erste Randbedingung von (2) erfüllt, d. h. das *w*, die Durchbiegung, muss an den Rändern 0 sein. Im vorliegenden Fall bietet sich an, die Gleichung der vier Grenzgeraden in impliziter Form zu multiplizieren und das Produkt einer Konstanten gleich zu setzen. Man erhält nach einigen Rechnungen eine Alternative zu (2) wie folgt:

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{X}_{45°}) = \sqrt{\frac{\boldsymbol{X}_{45°}^2 - \boldsymbol{x}^2}{1 - 2\boldsymbol{x}^2}} \qquad (5)$$

Diese Lösung soll zur Unterscheidung von (2) mit „algebraische Version“ bezeichnet werden, auch wenn die Bezeichnung mathematisch nicht ganz korrekt ist.

Die Konturen von (5) unterscheiden sich nur ganz minimal von (2), so dass (5) im Sinne eines Modells geeigneter erscheint, da man meinen könnte, dass (5) integrierbar ist:

$$\Phi = \int_0^{\boldsymbol{X}_{45°}} \sqrt{\frac{\boldsymbol{X}_{45°}^2 - \boldsymbol{x}^2}{1 - 2\boldsymbol{x}^2}}\,\mathrm{d}\boldsymbol{x} \qquad (6)$$

Nach Umformung:

$$\Phi = \int_0^{\boldsymbol{X}_{45°}} \frac{1}{1 - 2\boldsymbol{x}^2} \sqrt{2\boldsymbol{x}^4 - \boldsymbol{x}^2(1 - 2\boldsymbol{X}_{45°}^2) + \boldsymbol{X}_{45}^2}\,\mathrm{d}\boldsymbol{x} \qquad (6a)$$

Leider kann auch (6) bzw. (6a) nicht integriert werden, das Integral ist ein elliptisches Integral[2], dazu später.

Die Trickkisten-Lösung von (5) bietet aber immerhin die Möglichkeit, statt der Begrenzungsgeraden, parabolische oder hyperbolische Begrenzungskurven zu wählen. Damit kann man kissen- oder tonnenförmige Rasterpunkte darstellen, die bei fotografischen Rasterungen leider häufig anzutreffen waren. Der Autor hofft, dass dafür heute keine Notwendigkeit mehr besteht. Interessanter ist die Möglichkeit, die Rasterpunkte in einer Rasterrichtung zu stauchen, damit erhält man elliptischen-ähnliche Rasterpunkte, die im mittleren Tonwertbereich sich zu Ketten verbinden. Die „optimale Rasterpunktform“ war so beschaffen, mit erstem Punktschluss bei 42,5% und zweitem Punktschluss bei 57,5% (gemäßigte Kette), siehe [5]. Digital hergestellte Präzisionsmessstreifen für die analoge Plattenkopie war so beschaffen. Dazu wurden mit den in [5] angegebenen Formeln auf Gravurfolien einzelne Rasterpunkte in 1000-facher Vergrößerung geschnitten, die dann im Mikrofilmverfahren zum einem Master zusammengesetzt wurden. Die Forschungsinstitute Fogra und Ugra haben derartige Messstreifen vertrieben. Natürlich musste für die Herstellung der Mastervorlage eine Ersatzlösung für das Integral gefunden werden. Die „optimale Rasterpunktform“ findet man auch bei der digitalen Rasterung, in mehr oder weniger guten Annäherung.

Für manche Betrachtungen ist es zweckmäßiger, die Kontur für die ungedrehte Rasterzelle anzugeben. Man erhält sie für die algebraische Version des RPM aus (5) durch Koordinatentransformation um 45° wie folgt:

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{X}_{0°}) = \sqrt{1 + \boldsymbol{x}^2 - \sqrt{4\boldsymbol{x}^2 + (1 - \boldsymbol{X}_{0°}^2)^2}} \qquad (7)$$

$\boldsymbol{X}_{0°} = 0 \ldots 1{,}0$ Rasterpunktdurchmesser in Rasterrichtung

Für die Beziehung zwischen den beiden Rasterpunktdurchmessern kann man ableiten:

$$\boldsymbol{X}_{0°}^2 = 1 - \sqrt{1 - 2\boldsymbol{X}_{45°}^2} \qquad (8)$$

3. Das Rasterpunktmodell und das elliptische Integral

Die Nicht-Integrierbarkeit der relativ einfachen Funktion (5) erstaunt zunächst. Das gesuchte Integral entpuppt sich nach einigen Umformungen als elliptisches Integral. Dafür gibt es zwar auch keine geschlossene Lösung, aber Tafeln [7], vergleichbar mit den früheren Logarithmentafeln; der Umgang damit ist nicht praktikabel, da sie für die anstehenden Zwecke viel zu grob abgestuft sind. Aber immerhin gibt es einige Mathematikprogramme, die Lösungen anbieten.

Elliptische Integrale kommen nicht nur beim namensgebenden mathematischen Problem vor, der Bestimmung der Umfangslänge einer Ellipse, sondern in vielen Bereichen der Physik und der Technik. Beispiele sind: Pendelschwingung mit großen Ausschlägen, Balkenbiegung und Balkenschwingung mit großen Amplituden, Hertzsche Pressung, Kreiselbewegung usw., siehe Literaturverzeichnis.

Alle Integrale der Form

$$\int \boldsymbol{R}\left(\boldsymbol{x}, \sqrt{\boldsymbol{P}(\boldsymbol{x})}\right)\mathrm{d}\boldsymbol{x}$$

in denen *R* eine rationale Funktion der beiden Parameter und *P*(*x*) ein Polynom dritten oder vierten Grades ist, sind elliptische Integrale. Wie man sieht,

[2] *Elliptisches Integral* ist ein mathematischer Begriff und steht nicht im Zusammenhang mit elliptischen Rasterpunkten, die mathematisch-streng keine Ellipsen sind.

trifft diese Form für (6a) zu. Elliptische Integrale umfassen eine große Gruppe von Integralen. Nur in wenigen Sonderfällen lassen sich geschlossene Lösungen angeben. Für die weitere Behandlung müssen die elliptischen Integrale in eine der drei LEGENDRES-Normalformen umgeformt werden. Dementsprechend spricht man vom elliptischen Integral der 1. Art, der 2. Art oder der 3. Art.

Nach einigen Umformungen kann man (6) bzw. (6a) in die LEGENDRES-Normalform der 2. Art bringen.

$$\Phi = \frac{X_{45°}}{\sqrt{2}} \cdot \int_0^{\varphi} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \Theta}\ \mathrm{d}\Theta \tag{9}$$

$$\text{Mit } k = \frac{1}{\sqrt{2}\ X_{45°}} \tag{10.1}$$

$$\text{und } \varphi = \arcsin(\sqrt{2}\ X_{45°}) \tag{10.2}$$

Das Integral in (9) wird elliptisches Integral 2. Art genannt und bezeichnet mit[3]: $E(\varphi, k)$

$$E(\varphi, k) = \int_0^{\varphi} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \Theta}\ \mathrm{d}\Theta \tag{11}$$

Für (9) wird zwingend vorausgesetzt: $k \le 1$ und das trifft für nicht zu. Aus (10.1) ergibt sich: $k \ge 1$.

Abhilfe schafft nach [12] folgende Transformation:

$$E(\varphi, k) = k\ E(\varphi_1, 1/k) - \frac{k^2 - 1}{k} F(\varphi_1, 1/k) \tag{12}$$

Durch die Transformation ist mit $F(\varphi_1, 1/k)$ noch ein elliptisches Integral 1. Art entstanden. Glücklicherweise ergibt sich für die transformierte Integrationsgrenze: $\varphi_1 = \pi/2$. Damit sind die beiden elliptischen Integrale in (12) vollständige Integrale; hier kurz: $E(1/k)$ und $F(1/k)$. In der Literatur wird für das vollständige elliptische Integral 1. Art häufig auch das Formelzeichen K benutzt. Mit den beiden elliptischen Integralen kann nun endlich der Flächendeckungsgrad für das RPM wie folgt angegeben werden:

$$\Phi = \frac{1}{2}\left[E(\sqrt{2}X_{45°}) - (1 - X_{45°}^2) \cdot F(\sqrt{2}X_{45°})\right] \tag{13}$$

und mit (8):

$$\Phi = \frac{1}{2}\left[E\left(\sqrt{X_{0°}^2(2 - X_{0°}^2)}\right) - (1 - X_{0°}^2)^2 \cdot F\left(X_{0°}^2(2 - X_{0°}^2)\right)\right] \tag{14}$$

[3] In der Literatur werden die beiden Parameter der elliptischen Integrale auch in der vertauschten Reihenfolge angegeben.

Für die beiden vollständigen elliptischen Integrale stehen die bereits erwähnten Tafeln zur Verfügung und damit wäre das Problem aus theoretischer Sicht gelöst. Aus praktischer Sicht ist das Problem absolut nicht gelöst, sondern nur auf eine andere mathematische Stufe gehievt worden.

4. Die Approximation des elliptischen Integrals

Bei der Suche nach einer brauchbaren Approximation der elliptischen Integrale wird man bei [10] fündig. Die dort angegebenen Approximationsformeln für die vollständigen elliptischen Integrale 1. und 2. Art sind hochgenau, die Fehler werden mit 10^{-8} angegeben. Die beiden Formeln sind aber sehr kompliziert. Für beide Formeln zusammen benötigt man 18 Approximationskonstanten, jede mit 10 Stellen. Dennoch hat der Autor die Formeln geprüft und für diesen Zweck die Rasterpunktformel nach (7) mit einem eigenen Computerprogramm nummerisch integriert und dafür eine noch höhere Genauigkeitsschranke vorgegeben. Es zeigt sich, dass die bei [10] angegebene Genauigkeit tatsächlich gegeben ist.

Kurz zusammengefasst: Die erwähnten Formeln sind zwar hochgenau, aber für die hier anstehenden Zwecke nicht tauglich. Noch schwerwiegender: Mit diesen Formeln kann nur in einer Richtung gerechnet werden, $\Phi = f(X_{0°})$. für die Umkehrung $X_{0°} = f(\Phi)$ können die Formeln nicht aufgelöst werden. Es wurde dafür auch keine Approximation gefunden.

Vom Autor wurde bereits in [4] eine Approximation vorgestellt, sowohl für die algebraische als auch für die trigonometrische Version des Rasterpunktmodells. Aus gegebenem Anlass wurde diese Approximation reaktiviert und mit den jetzigen Rechenmöglichkeiten optimiert. Das Ergebnis:

$$\Phi = f(X_{0°}) = C_3\left\{1 - \left[1 - \frac{X_{0°}^2}{C_1}\left(2 - X_{0°}^2\right)\right]^{C_2}\right\} \tag{15}$$

$$\Phi = f(X_{45°}) = C_3\left\{1 - \left[1 - \frac{2X_{45°}^2}{C_1}\right]^{C_2}\right\} \tag{16}$$

Diese Formeln lassen sich auch umkehren:

$$X_{0°} = f(\Phi) = \sqrt{1 - \sqrt{1 - C_1\left[1 - \left(1 - \frac{\Phi}{C_3}\right)^{1/C_2}\right]}} \tag{17}$$

$$X_{45°} = f(\Phi) = \sqrt{\frac{C_1}{2}\left[1 - \left(1 - \frac{\Phi}{C_3}\right)^{1/C_2}\right]} \tag{18}$$

Die Gleichungen (15) bis (18) enthalten mit C_1 und C_2 nur zwei Approximationskonstanten. C_3 ist keine weitere Konstante, sondern eine Abkürzung wie folgt:

$$C_3 = \frac{1}{2\left[1-\left(1-\frac{1}{C_1}\right)^{C_2}\right]} \qquad (19)$$

Für die algebraische Version des Rasterpunktmodells nach (7) wurden nach Optimierung folgende Werte gefunden:

$C_1 = 1{,}0119$ (20)
$C_2 = 0{,}7765$ (21)

Das C_3 errechnet sich nach (19) zu:

$C_3 = 0{,}51639$ (22)

Die Approximation ist mit einem Fehler kleiner 0,06% für ein Referenz-Rasterpunktmodell extrem genau und kann auch als allgemeine Approximation für elliptische Integrale der beschriebenen Art bei sonstigen technischen Aufgabenstellungen eingesetzt werden, vor allem, weil sie auch umkehrbar ist. Für mathematische Anwendungen ist diese Approximation nicht gedacht.

Die stark ausgezogene blaue Kurve in Abbildung 5 zeigt den Fehlerverlauf. Man sieht, dass der Fehler unter ±0,06% bleibt.

Für die trigonometrische Version des Rasterpunktmodells nach (5) gilt die gleiche Approximationsformel, lediglich die optimalen Approximationskonstanten sind geringfügig anders. Auf eine zahlenmäßige Angabe wird verzichtet. In der Abbildung 5 ist aber mit der dicken braunen Kurve der Fehlerverlauf angegeben. Man sieht, dass der Fehler bei der trigonometrischen Version unter ±0,10% läge.

Damit wäre das Problem der Integration bzw. Approximation gelöst.

Die Formeln (17) bis (18) können im Prinzip auf einfachen Taschenrechnern ausgewertet werden, vorausgesetzt sie besitzen eine Taste y^x für die Potenzfunktion, was schon bei vielen Taschenrechnern in der untersten Preisklasse zutrifft. Der Autor würde im gegebenen Fall doch eher mit einer Tabellenkalkulation arbeiten. Vielleicht besteht der Wunsch nach noch einfacheren Formeln, mit nur *einer* Approximationskonstanten.

Wenn man einen Fehler vom maximal ±0,37% zulässt, und das ist für praktische Zwecke in der Rastertechnik immer noch besser als ausreichend, dann kann man nach einer weiteren Optimierung angeben:

$C_1 = 1$, $C_2 = 0{,}8133$, $C_3 = 0{,}5$, bzw. $C = 2\,C_2 = 1{,}6266$.

Somit:

$$\Phi = f(X_{0°}) = \frac{1}{2}\left[1-\left(1-X_{0°}^2\right)^{C}\right] \qquad (23)$$

$$\Phi = f(X_{45°}) = \frac{1}{2}\left[1-(1-2X_{45°}^2)^{C/2}\right] \qquad (24)$$

$$X_{0°} = f(\Phi) = \sqrt{1-(1-2\Phi)^{1/C}} \qquad (25)$$

$$X_{45°} = f(\Phi) = \sqrt{\frac{1}{2}\left[1-(1-2\Phi)^{2/C}\right]} \qquad (26)$$

$C = 1{,}6266$ (27)

Beipiel: $X_{0°} = 0{,}8$. Aus (23): $\Phi = 0{,}4051 \approx 40{,}5\%$

In dieser Approximation verschwinden die Unterschiede zwischen den beiden RPM-Versionen. Die Kurvenverläufe in Abbildung 5 zeigen, dass auch im worst-case die Fehler unter ±0,37% bleiben.

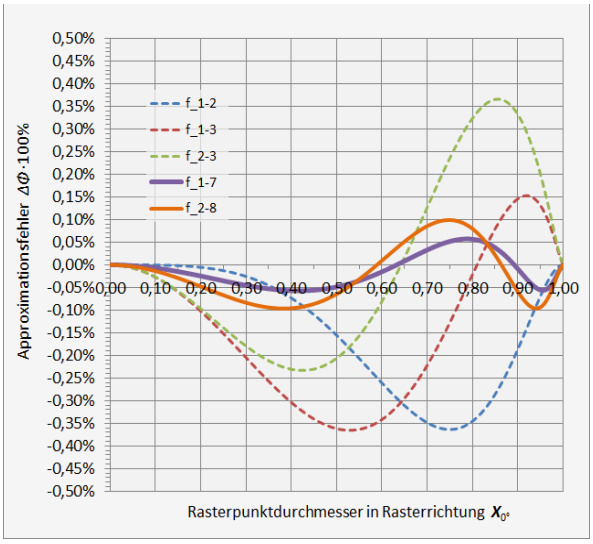


Abbildung 5: Fehlerverläufe der Approximationen

In der Abbildung 6 ist die Abhängigkeit des Flächendeckungsgrades von den Rasterpunktdurchmessern $X_{0°}$ und $X_{45°}$ dargestellt, und zwar für alle Berechnungsmethoden: Hochgenaue nummerische Integration, hochgenaue Approximation nach [11], Approximation nach Formeln (15) und (16) und Approximation nach Formeln (23) und (24). Alle Verläufe wurden übereinander gezeichnet. Man sieht, dass die Unterschiede nicht über die Strichdicke hinausgehen. Damit ist das Problem befriedigend gelöst.

Für die Anwendung bei der Rastertechnik können die Formeln (23) bis (27) empfohlen werden; die Formeln (15) bis (22) sollten nur bei anderen technischen Anwendungen mit dem elliptischen Integralen eingesetzt werden, wenn eine höhere Genauigkeit gewünscht wird.

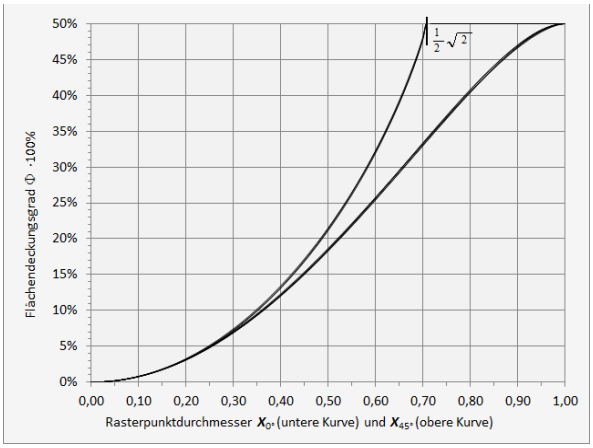


Abbildung 6: Berechnung des Flächendeckungsgrades mit verschiedenen Berechnungsmethoden. Die Unterschiede verschwinden in der Strichdicke.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass der geometrisch definierte Flächendeckungsgrad im Druck nicht identisch ist mit der optischen Wirkung des Tonwertes, berechnet aus der Farbdichte im Rasterton D_R und der Farbdichte D_V im Vollton nach der bekannten Formel von MURRAY-DAVIES:

$$\Phi_D = \frac{1-10^{-D_R}}{1-10^{-D_V}} \qquad (28)$$

Beispiel: $D_R = 0{,}47$, $D_V = 1{,}55$: $\Phi_D = 0{,}6803 \approx 68\%$

Wegen der Lichtstreuung im Papier (Lichtfang), ist der „Rastertonwert“ nach (28) stets höher als der (geometrische) Flächendeckungsgrad. Eine alte Faustregel besagt, dass zwei Drittel der Tonwertzunahme zwischen dem Flächendeckungsgrad der Platte und dem Rastertonwert im Druck nach (28) auf das Konto des Lichtfangs gehen und der Rest auf die mechanische Punktverbreiterung beim Druck. Hat man z.B. im Mittelton eine Tonwertzunahme von 18%, dann entfallen 12% auf den Lichtfang und 6% auf die mechanische Punktverbreiterung. Der Lichtfang ist immer noch Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen.

5. Zur digitalen Rasterung

Für die digitale Rasterung definiert man mathematisch ein dreidimensionales Gebilde, den so genannten Rasterberg, durch den je nach gewünschtem Tonwert quasi ein Höhenschnitt gelegt wird. Wählt man als Rasterberg einen Kreiskegel oder eine Halbkugel (mit Kugelradius größer $\sqrt{2}$) entstehen kreisförmige Rasterpunkte, wählt man eine Pyramide, entstehen Quadratpunkte. Die Rasterberechnung findet im Raster Image Processor statt, kurz mit RIP bezeichnet. Der Jargonausdruck „Die Daten werden gerippt“ erklärt sich so. In [6] wird die digitale Rastertechnologie ausführlich und anschaulich dargestellt. Neben der AM-Rasterung mit verschiedenen Rasterpunktformen wird auch die FM-Rasterung behandelt. Weiter auch die Problematik der Rasterwinkelung. Die Autoren mussten aber mit Rücksicht auf den angesprochenen Interessentenkreis auf eine mathematische Behandlung verzichten. Trotz dieser Einschränkung und der herstellerbezogenen Auswahl der Beispiele ist der Beitrag empfehlenswert.

Bei der weit verbreiteten PostScript-Rastertechnologie von Adobe wird der Rasterberg über die so genannte Spotfunktion definiert. Das erledigt üblicherweise der RIP-Hersteller, der in der Software verschiedene Spotfunktionen implementiert. Bei bestimmten RIPs können kundige Anwender selbst in die Software eingreifen und (mit fundierten PostScript-Kenntnissen) Rasterpunktformen nach eigenen Vorstellungen generieren. So geschehen auch beim Raster SandyScreen. Die Spotfunktion dieses Rasters ist für sich betrachtet ein kleines PostScript-Kabinettstückchen, allerdings zu Lasten der Rechenzeiten.

PostScript enthält Grundelemente einer Programmiersprache, wie Stack-Manipulation, Schleifen, Fallunterscheidungen, mathematische Funktionen, usw., wenn auch in einer sehr eigenwilligen Notation. Somit können alle mathematisch eindeutig definierbaren dreidimensionalen Gebilde als Rasterberg Verwendung finden. Eindeutig heißt in diesem Zusammenhang, dass zu jedem beliebigen x,y-Punkt der auf ±1 normierten Rasterzelle ein $z = f(x, y)$, der Spotfunktions-Wert, berechnet werden kann. Der z-Wert muss nicht normiert sein, aber häufig normiert man auf ±1 oder auf 0 bis 1. Der PostScript-Aufsatz Adobe Acrobat enthält die Programmierelemente nicht mehr.

Neben der Definition von Rasterbergen ist in PostScript auch die direkte Belegung des Rasterberges über Schwellwertmatrizen möglich. Damit macht man sich frei von mathematischen Zwängen und kann im Grunde jede beliebige Rasterpunktform realisieren, z. B. mit stochastisch verteilten Druckpunkten. Einen FM-Raster damit zu realisieren ist ein hoffnungsloses Unterfangen, denn die „zufälligen“ Strukturen wiederholen sich bei jeder Rasterzelle und treten somit stark störend in Erscheinung.

Die folgenden Abbildungen zeigen beispielhaft einige Rasterberge. Die Abbildungen stammen zwar von einem Grafikprogramm, aber alle gezeigten Rasterberge wurden vom Autor in PostScript realisiert. Darüber hinaus auch noch PostScript-Spielereien wie z. B. herzchenförmige Rasterpunkte. Der Autor ist aber der Ansicht, dass man die Praxis nicht mit unnötig vielen Rasterpunktformen verunsichern soll.

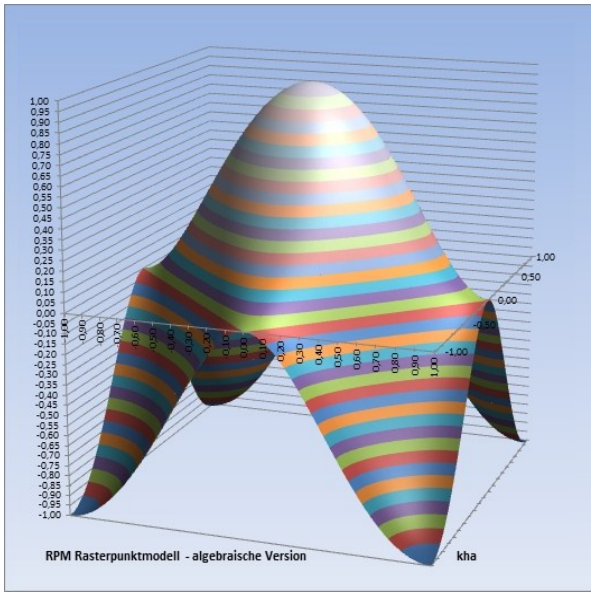


Abbildung 7: Rasterberg für die klassische Rasterpunktform nach dem RPM. Punktschluss bei 50%.

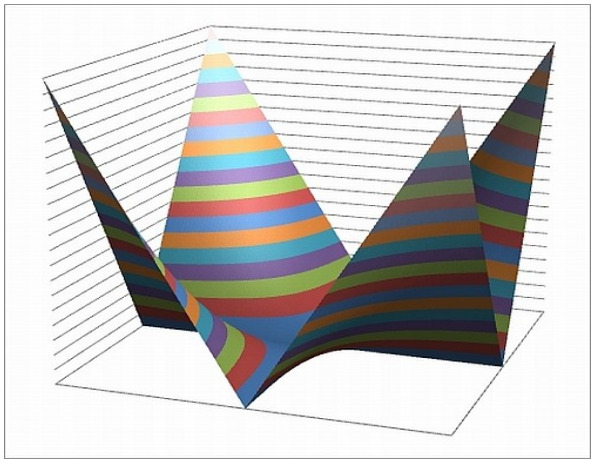


Abbildung 10: Rasterberg bestehend aus vier Teilen, die sich erst mit Nachbarzellen zu Rasterbergen ergänzen. Zuerst quadratische Punkte unter 45°, dann „verrundete“ Quadrate und Punktschluss bei 100% mit Quadratform unter 0°. Von allen denkbaren Rasterbergen ist dieser unter PostScript am schnellsten zu berechnen. Siehe auch Abbildung 14.

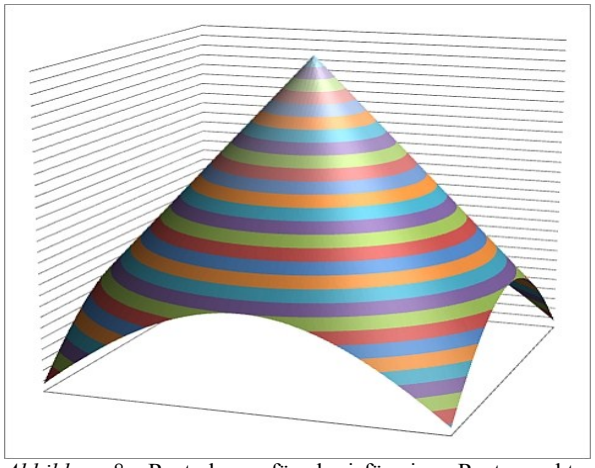


Abbildung 8: Rasterberg für kreisförmige Rasterpunkte. Punktschluss bei 78,5%.

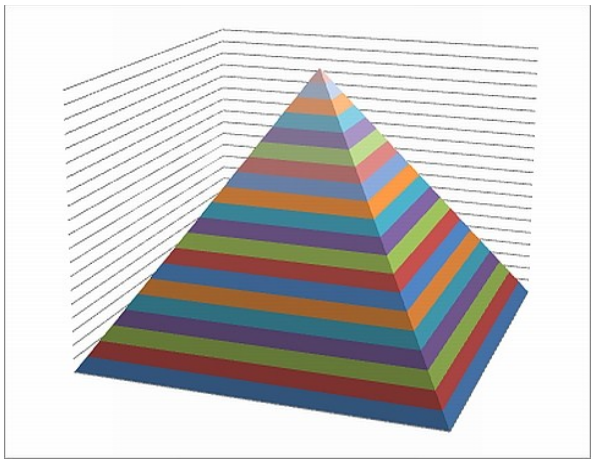


Abbildung 11: Rasterberg für quadratische Rasterpunkte mit Koordinatenlage 0°. Punktschluss bei 100%.

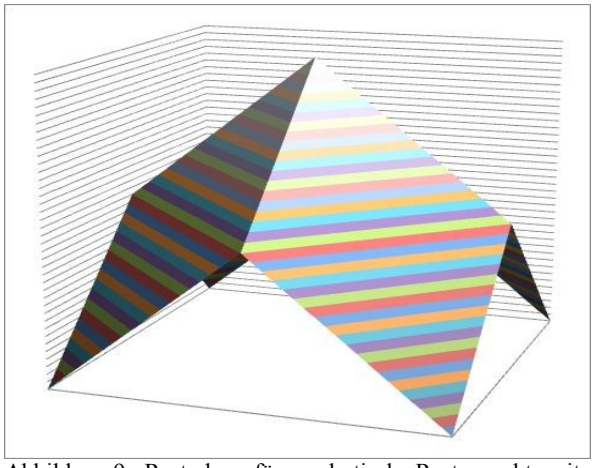


Abbildung 9: Rasterberg für quadratische Rasterpunkte mit Koordinatenlage 45°. Punktschluss bei 50%.

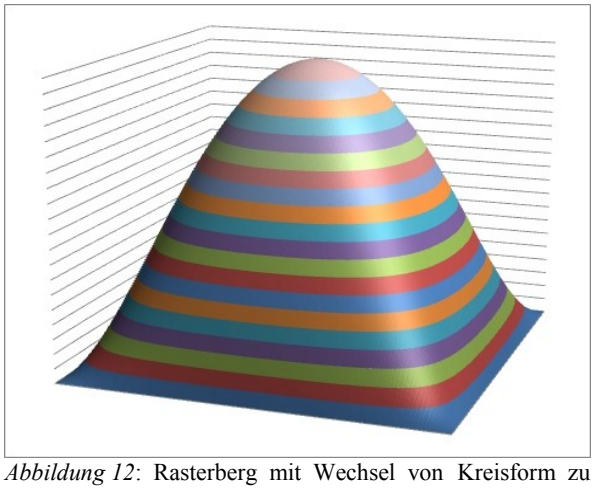


Abbildung 12: Rasterberg mit Wechsel von Kreisform zu Quadrat ähnlich RPM, jedoch Quadrat unter 0° und Punktschluss bei 100%. Relativ schnelle PostScript-Berechnung.

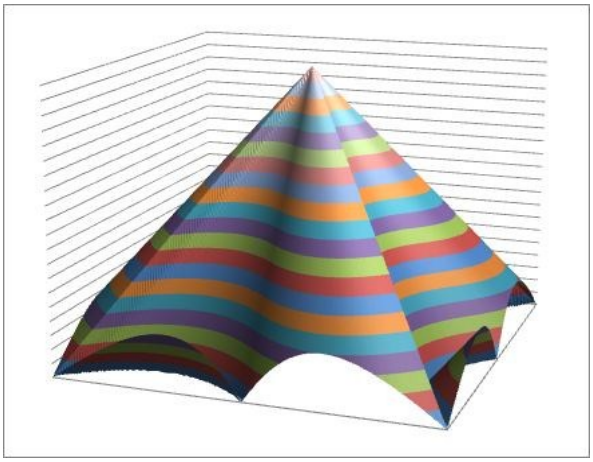


Abbildung 13: Rasterberg für Raster SandyScreen. Punktschluss bei 100%. Aufwändige PostScript-Berechnung.

Abbildung 14: Aufsicht auf die zu *einem* Rasterpunkt zusammengesetzten Rasterpunktsegmente nach *Abb.* 10 (mit Punktschluss bei 100% und die Rasterpunktform mit der schnellsten PostScript-Berechnung).

	40 1/cm	60 1/cm	80 1/cm	100 1/cm	120 1/cm
0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1%	27,8	18,5	13,9	11,1	9,3
2%	39,4	26,2	19,7	15,7	13,1
3%	48,3	32,2	24,1	19,3	16,1
4%	55,9	37,3	27,9	22,4	18,6
5%	62,6	41,7	31,3	25,0	20,9
10%	89,5	59,7	44,8	35,8	29,8
15%	110,9	74,0	55,5	44,4	37,0
20%	129,8	86,5	64,9	51,9	43,3
25%	147,3	98,2	73,6	58,9	49,1
30%	164,1	109,4	82,0	65,6	54,7
35%	180,8	120,5	90,4	72,3	60,3
40%	198,2	132,1	99,1	79,3	66,1
45%	217,5	145,0	108,8	87,0	72,5
46%	222,0	148,0	111,0	88,8	74,0
47%	226,8	151,2	113,4	90,7	75,6
48%	232,1	154,7	116,0	92,8	77,4
49%	238,5	159,0	119,2	95,4	79,5
50%	250,0	166,7	125,0	100,0	83,3

	40 1/cm	60 1/cm	80 1/cm	100 1/cm	120 1/cm
0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1%	27,7	18,5	13,8	11,1	9,2
2%	39,1	26,1	19,6	15,6	13,0
3%	47,8	31,9	23,9	19,1	15,9
4%	55,2	36,8	27,6	22,1	18,4
5%	61,6	41,1	30,8	24,6	20,5
10%	86,6	57,7	43,3	34,6	28,9
15%	105,3	70,2	52,7	42,1	35,1
20%	120,7	80,5	60,4	48,3	40,2
25%	133,9	89,3	66,9	53,6	44,6
30%	145,3	96,9	72,7	58,1	48,4
35%	155,4	103,6	77,7	62,1	51,8
40%	164,1	109,4	82,1	65,6	54,7
45%	171,5	114,3	85,7	68,6	57,2
46%	172,8	115,2	86,4	69,1	57,6
47%	174,0	116,0	87,0	69,6	58,0
48%	175,1	116,7	87,5	70,0	58,4
49%	176,1	117,4	88,0	70,4	58,7
50%	176,8	117,9	88,4	70,7	58,9

Tabelle 1: Rasterpunktdurchmesser d in µm, in Abhängigkeit vom Flächendeckungsgrad und von der Rasterfrequenz. Berechnung nach dem Rasterpunktmodell RPM. Links $d_{0°}$ (in Rasterrichtung), rechts $d_{45°}$ (45° zur Rasterrichtung). Das RPM ist invers-symmetrisch zu 50%; die Kontur eines geschwärzten Rasterpunktes mit 30% Flächendeckungsgrad ist identisch mit der Kontur eines weißen Loches mit 70%.

Mit dieser Tabelle kann man die eingangs gestellte Frage nach der Größe eines Rasterpunktes besser beantworten als mit „*…beim 60er-Raster ist der Rasterpunkt höchstens 166,7* µm *groß*“.

Die Kommastellen in der Tabelle 1 haben nur rechnerische Bedeutung. Trotz aller Vorbehalte wegen der unscharfen Rasterpunktbegrenzungen, der Diskreditierungsfehler usw. kann man erkennen, dass es besonders bei Feinrastern doch noch auf µm ankommt. Sollte jemand vor der Notwendigkeit stehen, den Rasterpunkt nach dem RPM mit einem Messmikroskop zu messen (beim Druck ein fast hoffnungsloses Unterfangen), dann sollte man im mittleren Tonwertbereich die Messung von $d_{0°}$ vorziehen, denn bei $d_{45°}$ käme es auf Zehntel-µm an, nicht nur beim Feinraster.

6. Zusammenfassung

Es wurde mit dem Rasterpunktmodell RPM eine praxisnahe Rasterpunktform vorgestellt, die im Sinne einer über die ganze Tonwertskala durchgängige Referenz-Rasterpunktform dienen kann. Das RPM ist mathematisch eindeutig definiert. Die Probleme bei der Integration der RPM-Konturgleichung konnte durch die Entwicklung einer Approximationsformel umgangen werden. Die Formel ist einfach in der Anwendung und dazu noch umkehrbar; so kann sowohl der Flächendeckungsgrad als Funktion des Rasterpunktdurchmessers als auch der Rasterpunktdurchmesser als Funktion des Flächendeckungsgrades berechnet werden.

Als „Abfallprodukt“ kann die besagte Formel auch als Approximation für einen bestimmten Typ von elliptischen Integralen dienen. Die Genauigkeit genügt

nicht ganz mathematischen Ansprüchen, für technische Anwendungen dürfte sie aber immer ausreichen. Im Gegensatz zu bekannten und komplizierten Approximationen hat sie zudem den Vorzug der Umkehrbarkeit, was bei technischen Anwendungen häufig notwendig ist.

7. Literaturhinweise

[1] HARRISON, V. G. W., "The Theorie of the Halftone Screen", The Photographic Journal, Vol. 92 B, 1953, S. 74 – 91.

[2] SEIDEL, K., „Tonreproduktion im Rasterprozess", Dissertation ETH Zürich, 1971.

[3] HALLER, K. „Neue Möglichkeiten zur Berechnung und Messung von Rastertonwerten", Dissertation TU München, 1974 und FOGRA-Forschungsbericht 6.012, München, 1974.

[4] HALLER, K., „Ermittlung von Kennwerten autotypischer Druckverfahren", FOGRA-Forschungsbericht 6.017, München, 1979.

[5] HALLER, K., „Einfluß der Rasterpunktform auf die Übertragungsvorgänge bei autotypischen Druckverfahren", FOGRA-Forschungsbericht 6.029, München, 1982 und 1986.

[6] WALDE, BLUM, „Einführung in die Rastertechnologie", Heidelberger Druckmaschinen AG, Kiel, 2001. Eine Neufassung der Broschüre aus dem Jahre 2007 steht im Internet als PDF-Datei zur Verfügung:
`http://www.heidelberg.com/www/binaries/bin/files/dotcom/de/prinect/expert_guide_screening_tech.pdf`

[7] SZABO, I., „Höhere Technische Mechanik", Springer, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1964.

[8] JAHNKE, EMDE, „Tafeln höherer Funktionen", Teubner, Leipzig, 1952.

[9] MAGNUS, OBERHETTINGER, „Anwendung der elliptischen Funktionen in Physik und Technik". Springer, Berlin, 1949.

[10] ABRAMOWITZ, STEGUN, „Handbook of Mathematical Functions". National Bureau of Standards, USA, 1964. Das Handbuch ist vergriffen; im Internet ist es aber unter
`http://www.nr.com/aands/`
im vollen Umfang einsehbar. Die im Beitrag erwähnten Approximationsformeln für die „Vollständigen elliptischen Integrale" befinden sich auf den Seiten 591 und 592.

[11] OLVER, LOZIER, BOISVERT, CLARK, „NIST Handbook of Mathematical Functions". NIST National Institute of Standards and Technology, Cambridge Press, New York, USA, 2010. Das NIST Handbook ist der Nachfolger des in [10] zitierten Handbooks, enthält aber keine Approximationsformeln.

[12] BYRD, FRIEDMAN, „Handbook of Elliptic Integrals for Engineers and Scientists", Springer, Berlin, 1971.

[13] N.N., "PostScript Language Manual", Adobe Systems, 1990.

[14] Internet-Auftritt der Sandy Screen AG, Schweiz:
`www.sandyscreen.ch`
SandyScreen ist ein eingetragenes Warenzeichen der Sandy Screen AG.

Prof. Dr.-Ing. Edgar Dörsam
Nanografie - oder Indigo II?

Ein Kommentar zur Präsentation der Nano Technologie zur Drupa 2012

Inhaber des Lehrstuhls für Druckmaschinen und Druckfahren der Technischen Universität Darmstadt.
1978 Abitur in Michelstadt
1978 – 1983 Ausbildung und Tätigkeit als Werkzeugmacher
1983 – 1989 Studium des allg. Maschinenbaus an der TH Darmstadt
1989 – 1994 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Mechanik und Maschinenelemente, TH Darmstadt, Promotion zum Dr.-Ing.
1994 – 2002 Industrietätigkeit bei MAN Roland Druckmaschinen AG, Offenbach
seit 2003 Professor an der TU-Darmstadt

Keine Frage, das war eine beindruckende Drupa-Show von Landa. Das Publikum war begeistert, die Drupa hatte eine Story und in Fachkreisen wird immer noch diskutiert. Doch was steckt hinter dieser Nanografie-Story von Landa? Drei Aspekte sollen im Folgenden kritisch betrachtet werden.

Nano-Ink. Neu ist die wasserbasierte Nano-Ink, die im Vergleich zu herkömmlicher Offsetdruckfarbe nur mit der halben Schichtdicke aufgetragen werden soll. Das soll abriebfestere Schichten mit brillanteren, glänzenden Farben ergeben. Doch den Beweis ist Landa bisher schuldig geblieben und man muss skeptisch bleiben. Mit Nano-Druckfluiden haben wir bisher zweierlei Erfahrung gemacht: Zum einen sind alle Materialien die Nano im Namen führen teuer, und zwar richtig teuer. Die Preise gehen da von hundert Euro bis zu mehreren tausend Euro pro Kilogramm. Zum anderen werden sehr dünn aufgetragene Schichten mit Nanopartikeln, auch metallbasierte, mit abnehmender Schichtdicke zunehmend transparent. Auf der Drupa habe ich niemanden getroffen, der mir erklären konnte, wie durch Nanopigmente das Farbgamut größer werden kann. Diese Eigenschaften bei einem marktgerechten Preis umzusetzen ist also eine echte Herausforderung.

Druck-Prinzip. Betrachtet man das Prinzip des Nanographic Printing genauer, so stellt man eine Ähnlichkeit zur Arbeitsweise der hp Indigo fest, deren Entwickler bekanntlich Landa war. Im Grunde genommen handelt es sich bei dem neuen System um eine Indigo II. Statt der Elektrofotografie wird in der Indigo II Inkjet als Bebilderungstechnologie eingesetzt. Die Prozesse Auftragen des Druckmediums auf einen Zwischenträger, Bilden eines Films bei höheren Temperaturen und Übertragen dieses Films findet man auch bei der hp Indigo, das Prinzip des Offsetdrucks auch. Die Hinwendung zu Inkjet als Bebilderungstechnologie ist nachvollziehbar und konsequent.

Die Druckgeschwindigkeit bei der Elektrofotografie lässt derzeit keine großen Steigerungen erwarten. Verantwortlich dafür sind physikalische Grenzen beim Aufladen und Entladen der Bildtrommel. Die Inkjet-Technologie profitiert dagegen von den Fortschritten der Mikrosystemtechnik: Die Druckköpfe werden zunehmend mit höherer Dosiergenauigkeit, höheren Taktraten, größerer Lebensdauer und höherer Zuverlässigkeit produziert. Durch seitenbreite bzw. formatbreite Druckköpfe kann die Produktivität weiter gesteigert werden. Inkjet hat damit ein größeres Entwicklungspotential als die Elektrofotografie. Im Home- und Office-Bereich haben schon viele Inkjet-Drucker die Laserdrucker (auf Basis der Elektrofotografie) verdrängt. Wenn Landa den Commercial-Printing-Markt bedienen will, dann greift er neben dem Offsetdruck vor allem alle elektrofotografisch basierten Systeme von Xerox & Co an.

Kooperationen. Schließlich überrascht, dass Landa so früh strategische Kooperationen mit namhaften Druckmaschinenherstellern eingeht. Warum wohl? Nun, Landa hat aus der Entwicklung der Indigo gelernt. Landa ist ohne Frage ein begnadeter Tüftler und Entwickler. Aber erinnern Sie sich noch an die ersten von Landa vorgestellten Indigo 1000 mit Aluminiumseitenständer und Kunststofflagern? Viele Fachleute haben damals bezweifelt, dass eine so konstruktiv ausgelegte Druckmaschine jemals hochqualitative Drucke erzeugen kann. Schauen Sie sich heute eine HP Indigo an: Die Bebilderungseinheit ist in einer schweren Gusskonstruktion untergebracht, Seitenständer und Lager sind sehr stabil ausgeführt. Über die Druckqualität einer hp Indigo wird deshalb heute auch nicht mehr diskutiert. Das was eine hp Indigo heute ausmacht haben wir auch hp zu verdanken. Ja, Landa hat es selbst nie geschafft, seine Entwicklung in eine praxistaugliche und serienreife Druckmaschine zu überführen. Kooperationen mit Druckmaschinenherstellern machen daher durchaus einen Sinn.

Fazit. Landa hat das Indigo-Prinzip mit einem neuen Bebilderungssystem Inkjet weiterentwickelt. Die Indigo II könnte als Digitaldruckmaschine durch eine höhere Produktivität sowohl den etablierten elektrofotografischen Systemen als auch dem Offsetdruck Marktanteile abnehmen. Dazu wäre noch nicht einmal eine NanoInk notwendig, die vielleicht nur für das Marketing zur Drupa eingeführt wurde. Die spannendste Frage bleibt jedoch: Wie reagiert HP Indigo?

Dr. Kathrin Happel, Krefeld
LED-basierte Messung der Lichtstreuung in Papieren für Druckanwendungen

Dr. Kathrin Happel, Projektingenieurin Qualitätsicherung - Bereich Entwicklung Elektronik, Project Engineer Qualitycontrol - Electronics Development Division Baumer hhs GmbH

In der Dissertation „LED-Based Light Scattering Measurements on Papers for Printing Applications“ werden die nötigen Mittel bereitgestellt, um einen Messaufbau zu entwerfen, mit dem Lichtstreuung in Papier oder in anderen Bedruckstoffen erfasst werden kann. Ein solcher Messaufbau wurde realisiert und analysiert. Des Weiteren wurden repräsentative Messergebnisse vorgestellt.

Die wichtigsten Vorteile des ermittelten Messaufbaus sind die verbesserten Fokus-Werkzeuge, die Untersuchung über mögliche Ursachen von Messfehlern, und die winkelaufgelöste Messung um Anisotropie der Lichtstreuung feststellen zu können.

In einer theoretischen Studie auf Basis von amplitudenmodulierten Druckrastern wird gezeigt, dass die optische Tonwertzunahme vorhergesagt werden kann, ohne dass Testfelder gedruckt werden müssen. Wenn die Lichtstreuung durch eine Punktstreufunktion beschrieben wird, ist dafür lediglich die Messung eines einzelnen Parameters nötig, wenn Transmission der Farbe und Rasterfrequenz bekannt sind.

Eine Voraussetzung für diese Vorhersage der optischen Tonwertzunahme ist die akkurate und verlässliche Messung dieses Parameters. Der vorgestellte Messaufbau bietet die Möglichkeit hierzu. Dieser Artikel fasst die Dissertation im Wesentlichen zusammen. Für weitere Informationen sei auf die Online-Ausgabe verwiesen (siehe Quellenangabe).

Einleitung

Für die Druckproduktion ist eine Steuerung und daher eine akkurate Vorhersage des Reflexionsspektrums des Druckprodukts erforderlich, insbesondere, wenn hohe Anforderungen an die Qualität gestellt werden. Dieses Reflexionsspektrum hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter auch die Lichtstreueigenschaft des Bedruckstoffs, in den meisten Fällen Papier.

Der Aufwand, ein typisches Druckermodell anzupassen, ist erheblich, denn Testfelder müssen gedruckt und gemessen werden. Mit einer steigenden Zahl von Druckfarben wird dies umso entscheidender, da die Anzahl der möglichen Kombinationen von übereinander gedruckten Farben exponentiell zunimmt. Sogenannte „First Principle Models“ reduzieren den Aufwand, indem die verschie-

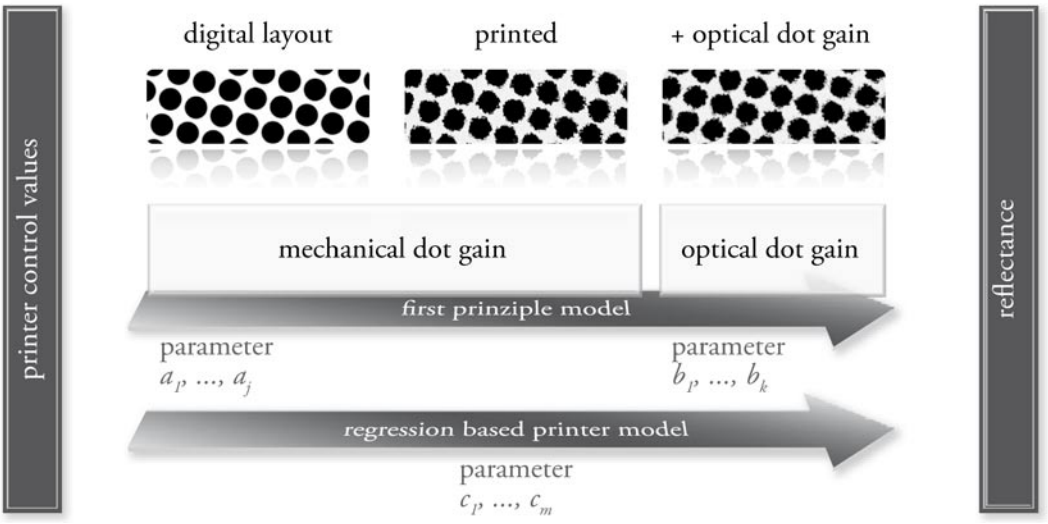


Abbildung 1: Druckprozess und zwei Arten von Druckmodellen:regressionsbasiertes Mode und „First-Principle-Model“.

denen physikalischen Effekte separat modelliert werden, siehe Abbildung 1. Ein typischer Ansatz ist hierbei die Trennung von optischer und mechanischer Tonwertzunahme.

Für die Modellierung der optischen Tonwertzunahme ist die Messung der Lichtstreuung im Bedruckstoff eines der zentralen Elemente.

Messaufbau

Die Messung der Lichtstreuung erfolgt in der Regel durch die Messung einer Reflexions- bzw. Transmissionsantwort der zu untersuchenden Probe auf eine bekannte Beleuchtungsverteilung. Auf die Probe wird also ein Lichtmuster, z.B. Streifen oder ein Punkt projiziert. Das, was zurückkommt, ist durch die Lichtstreuung im Material ein verschwommenes Bild des originalen Musters. Durch Vergleich des originalen Musters mit der verschwommenen Antwort kann auf die Lichtstreuung rückgeschlossen werden.

In der Arbeit wurde ein Messaufbau entwickelt, der sich an bekannte Konzepte anlehnt und diese weiterentwickelt. Insbesondere wurden die Fokussierung und die Referenzmessung verbessert.

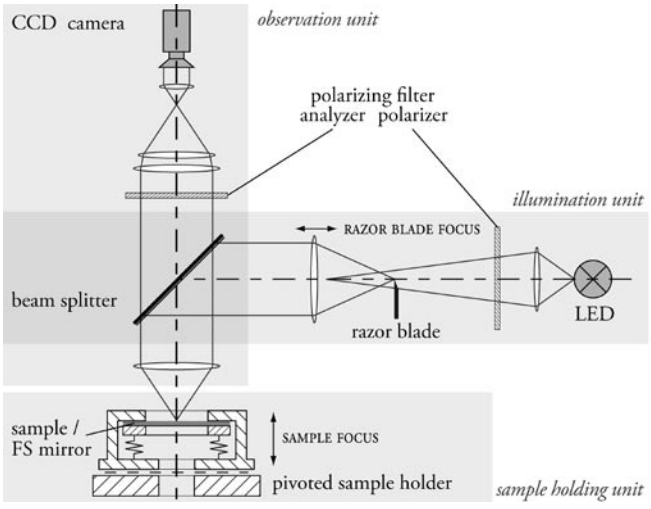


Abbildung 2: Schema des Messaufbaus

Abbildung 2 zeigt das Schema des Messaufbaus. Die LED-Lichtquelle strahlt gebündelt durch eine Linse eine geschwärzte Rasierklinge an, deren Projektion durch eine weitere Linse auf die Bildebene der Probe scharfgestellt werden kann. Der Strahl wird über einen Strahlteiler senkrecht auf die Probe gelenkt. Somit wird ein kantenförmiges Lichtmuster realisiert. Die Reflexion der Probe passiert den Strahlteiler und wird in einer CCD Kamera detektiert. Um ungewollte Oberflächenreflexionen auszuschließen, sind in Beleuchtungsgang und Beobachtungsgang gekreuzte Polfilter angeordnet.

Die Fokussierung erfolgt durch einen Oberflächenspiegel, der mit der Probe planparallel angeordnet ist und bei bedarf eingeschwenkt werden kann. Dieser Oberflächenspiegel dient auch zur Referenzmessung des Lichtmusters.

Die Beleuchtung kann entweder durch eine grüne, eine rote oder eine blaue LED erfolgen.

Die Probe kann um die optische Achse des Mikroskops gedreht werden, um mögliche Anisotropien festzustellen.

Zusammenfassung der Messergebnisse

Es wurden 33 Papiere verschiedener Hersteller untersucht. Darunter befanden sich matt und glänzend gestrichene Kunstdruckpapiere, ungestrichene Papiere sowie Inkjet-Papiere. Der Einfluss der Wellenlänge auf die Lichtstreuung konnte nachgewiesen werden, ist aber im Vergleich zu den Unterschieden zwischen den Papieren eher gering. Auch konnten keine Anisotropien der Lichtstreuung festgestellt werden, die über die laterale Inhomogenität des Papiers hinausgehen. Die untersuchten Papiere bildeten drei grobe Klassen. In der ersten Klasse fanden sich alle gestrichenen und ungestrichenen Papiere, die zweite Klasse wurde von mikroporösen und die dritte Klasse von schwellbaren Inkjet-Papieren gebildet.

Anhand der Messergebnisse konnten für die Papiere Punktstreufunktionen ermittelt werden. Diese beschreiben, wie sich eine punktförmige Beleuchtung im Papier ausbreitet. Mit Hilfe dieser Punktstreufunktionen ist es möglich, die optische Tonwertzunahme für jedes beliebige Druckpunktmuster zu simulieren. Verschiedene funktionale Ansätze für diese Punktstreufunktion wurden verglichen und der Ansatz nach Gustavson repräsentierte die Lichtstreueigenschaften am Besten. Mit Angabe dieser Ansatzfunktion genügt ein einziger Streuparameter , um die Lichstreueigenschaften ausreichend zu beschreiben.

Simulationsergebnisse

Für die Simulation der optischen Tonwertzunahme wurde zunächst ein Modell erstellt, in dem die ermittelte Punktstreufunktion bzw. deren Streuparameter einfloss. Abbildung 3 zeigt das Schema dieses Modells. Demnach fällt gemäß der Messgeometrie für densitometrische Messungen das Licht unter 45° ein. Durch die Druckpunkte wird ein Lichtmuster an der erzeugt, welches durch die Lichtstreuung, repräsentiert durch die Punktstreufunktion, verschwommen reflektiert wird. Mathematisch wird dieser Effekt durch die Faltung des Lichtmusters mit der Punktstreufunktion wiedergegeben. Dieses austretende Licht wird wiederum durch das Druckpunktmuster teilweise absorbiert und gelangt in den Detektor wird vom Auge wahrgenommen.

In den unteren drei Zeilen sind Beispiele für drei Fälle der Lichtstreuung dargestellt. Im ersten Fall ist der Streuparameter sehr viel geringer als die Rasterfrequenz des Druckpunktmusters. Dabei kommt es zu einer vernachlässigbaren optischen Tonwertzunahme und das Druckpunktmuster wird scharf wahrgenommen. In der mittleren Zeile ist der Streuparameter in der Größenordnung der Rasterfrequenz und es kommt zu den bekannten dunklen Höfen um die Druckpunkte. Im letzten Fall ist der Streuparameter sehr groß und

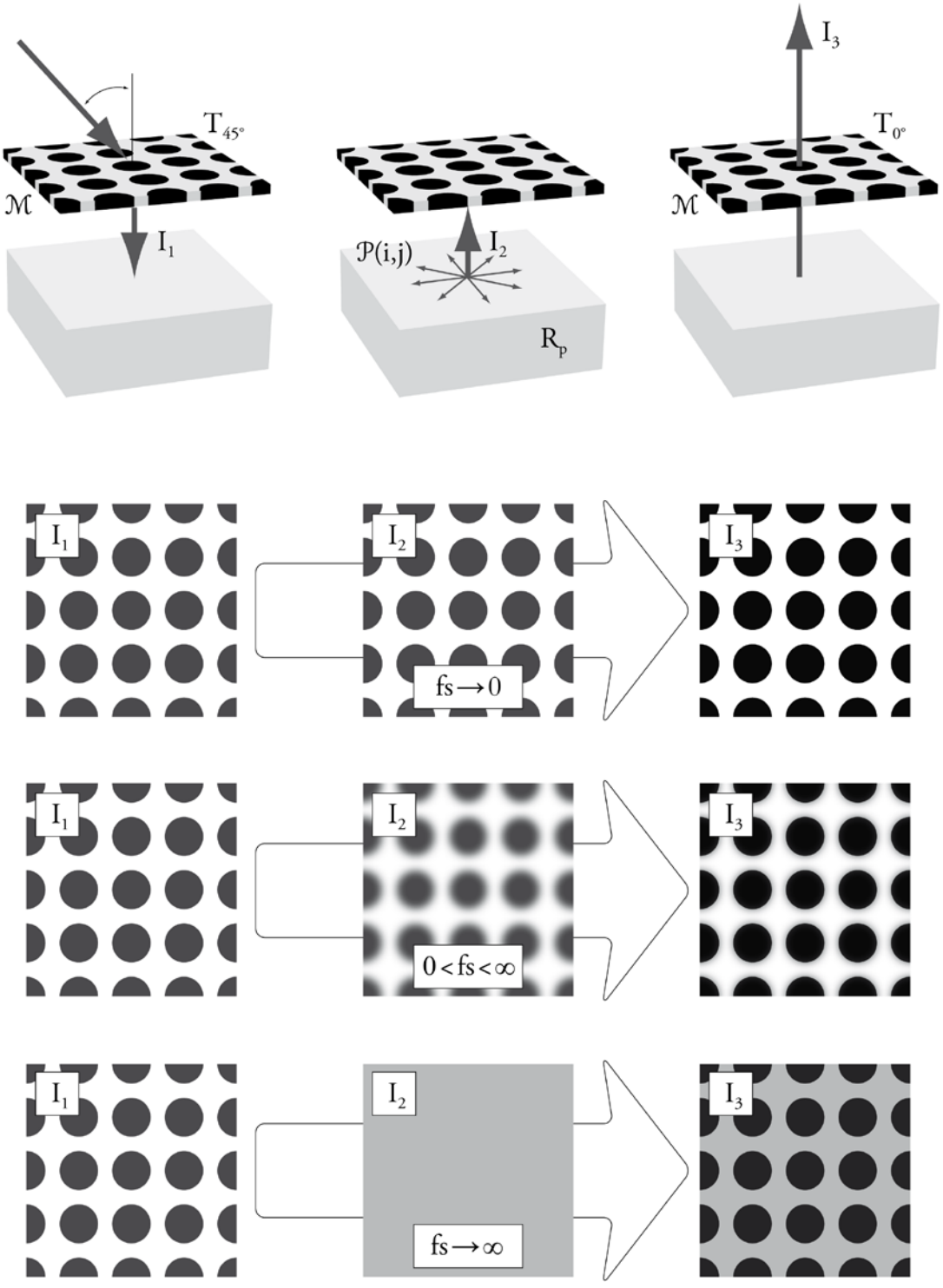


Abbildung 6: Modell zur Simulation der optischen Tonwertzunahme und Beispiele für nahezu keine Lichtstreuung (oben) mittlere Lichtstreuung (mitte) und sehr große Lichtstreuung (unten).

die Lichstreuung bewirkt, dass der Bedruckstoff zwischen den Druckpunkten gleichmäßig grau erscheint.

Die Simulationsergebnisse aus den Lichtstreumessungen wurden mit Ergebnissen verglichen, die durch densitometrische Messungen verglichen, bei dem ein Punktraster auf einem Film über die entsprechenden Papierproben gelegt wurde.

Abbildungen 4 und 5 zeigen exemplarisch die Ergebnisse für drei Papierproben und als Referenz für Opalglas. Es wird deutlich, dass die optische Tonwertzunahme anhand der Messergebnisse unterschätzt wird. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass für die Lichtstreumessung und die densitometrische Messung unterschiedliche Messgeometrien verwendet werden mussten. Auch können Vereinfachungen im Modell einen Einfluss haben.

In einer letzten Untersuchung wurde eine Parameterstudie anhand des Modells durchgeführt. Diese erzielte eine Gleichung, anhand der die optische Tonwertzunahme für beliebige amplitudenmodulierte Raster vorhergesagt werden kann, wenn die Lichtstreuung nach obigem Versuchsaufbau gemessen wurde. Hierzu ist die Kenntnis der folgenden Parameter ausreichend:

das Produkt aus Rasterfrequenz und Streuparameter die Transmission der Farbe (kann aus der Dichte berechnet werden) die tatsächliche Flächendeckung der Farbe auf dem Bedruckstoff
Eine Anfertigung von Druckmustern ist dann nicht nötig. Die Gleichung lautet:

$$\Delta A = \left(A_g - A_g^2\right) \cdot \left(p_1 \cdot T_i^{p_2} + p_3\right) \cdot \arctan\left[f(A_g) \cdot fs\right] \text{ where } f(A_g) = \left(p_4 \cdot \exp\left(p_5 \cdot A_g\right) + p_6 \cdot A_g^2 + p_7 \cdot A_g + p_8\right).$$

Für negative Raster muss die Flächendeckung durch ersetzt werden. Die Parameter bis wurden an die Ergebnisse der Parameterstudie gefitted:

p = (-0.242 0.255 0.761 5.99 -22.08 7.60 -5.05 4.77)

.

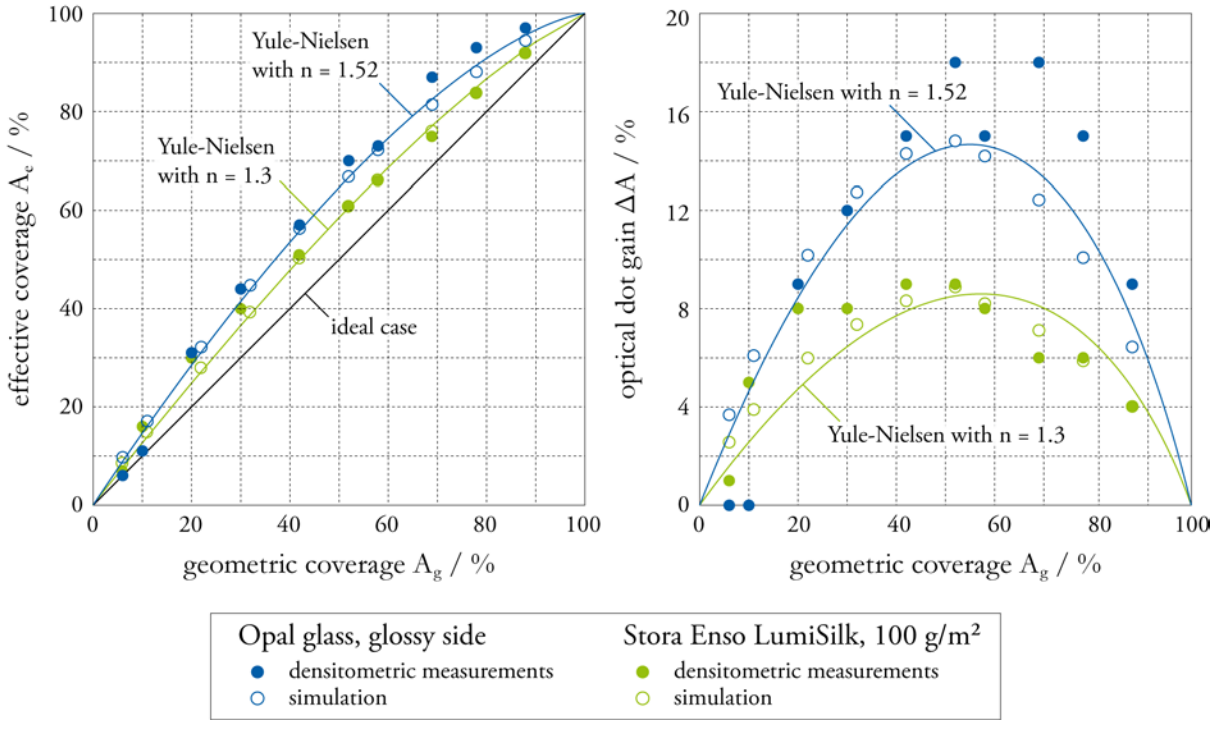


Abbildung 4: Vergleich von Simulationsergebnissen und densitometrischen Messungen für Opalglas und mattgestrichenes Kunstdruckpapier und Inkjet-Papier.

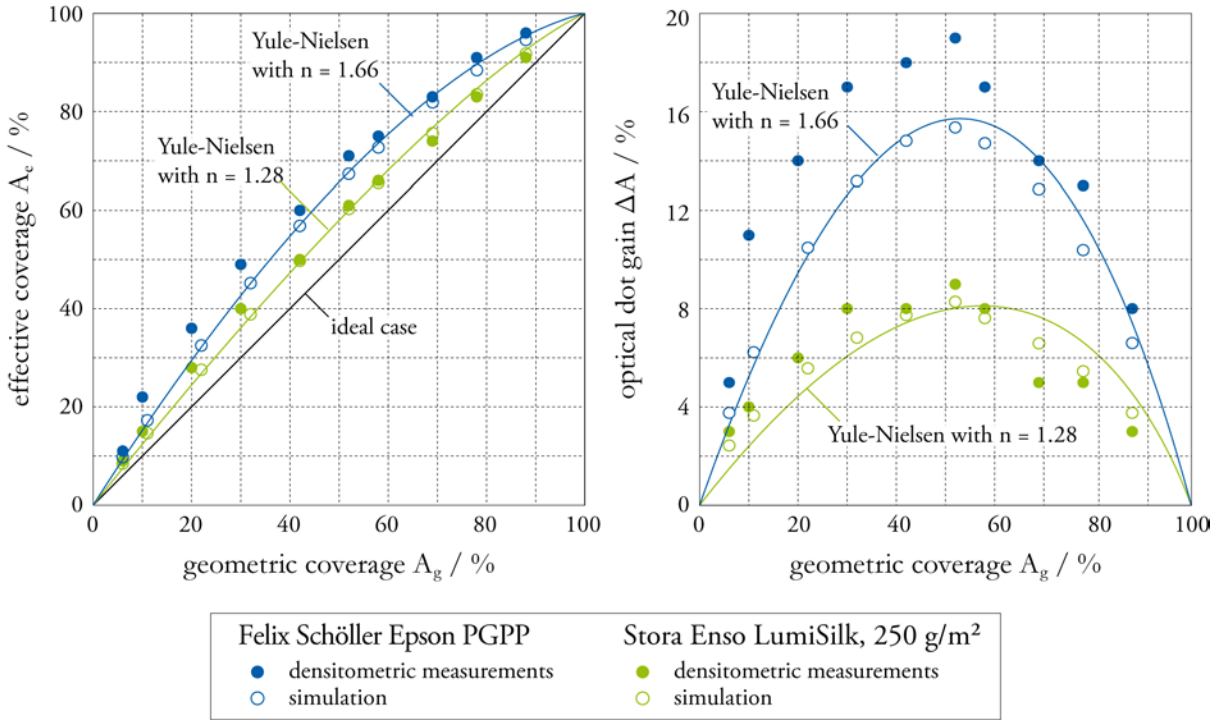


Abbildung 5: Vergleich von Simulationsergebnissen und densitometrischen Messungen für matt gestrichenes Kunstdruckpapier und Inkjet-Papier.

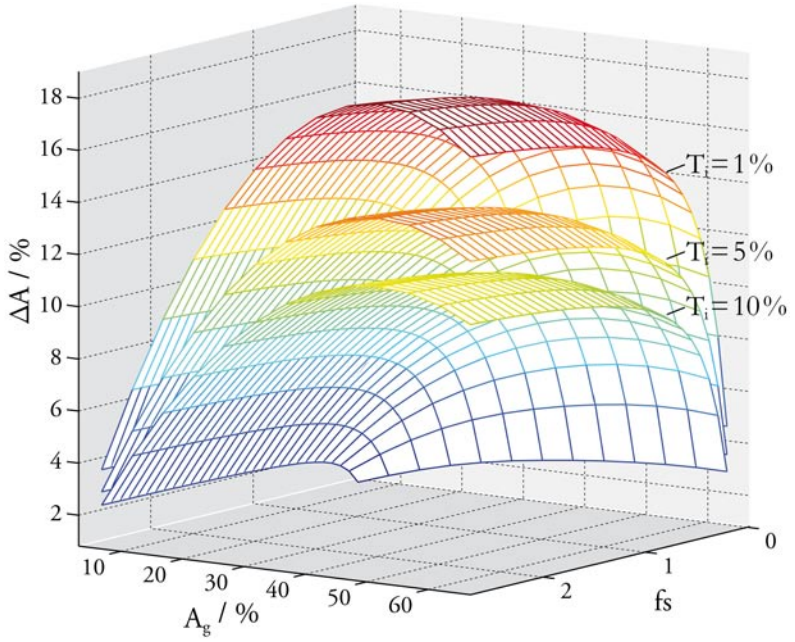


Abbildung 6: Vorhersage der optischen Tonwertzunahme.

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Messaufbau entwickelt, um eine reproduzierbare Messung der Lichtstreuung im Papier für Druckanwendungen zu ermöglichen.

Aus den durchgeführten Messungen wurde ein Modell entwickelt, um den gemessenen Streuparameter in einer einfache Vorhersage der optischen Tonwertzunahme einzusetzen. Daher ist diese Arbeit ein Beitrag für die Verbesserung von „First Principle Models“ durch die Entkopplung von optischer und mechanischer Tonwertzunahme.

Quelle

Happel, Kathrin: LED-Based Light Scattering Measurements of Papers for Printing Applications. Dissertation. Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren, Fachbereich Maschinenbau, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt, 2011.

Online-Edition:http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/2850/

Untersuchungen zum Verdrucken von Interferenzeffektfarben im Flexodruckverfahren

Dr.-Ing. Martin Haas

Geboren 1979 in Ingolstadt, 1998 Abitur, 1999 - 2004 Studium an der Technischen Universität München (Maschinenwesen), 2005 Weltreise, 2006 Entwicklungs- und Versuchsingenieur in München (bei EVA-Fahrzeugtechnik), 2007 - 2012 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren (IDD) der Technischen Universität Darmstadt, 2012 Promotion, seit 2012 im Bereich Monitoring und Analyse bei der DB Fernverkehr AG in Frankfurt am Main.

Die Veredelung von Druckprodukten gewinnt vor allem im Verpackungsdruck seit Jahren an Bedeutung. Dazu werden beispielsweise Interferenzeffektpigmente verwendet, die je nach Art und Betrachtungswinkel ihre Farbwirkung ändern und spezielle Glanzeffekte ermöglichen. Diese werden in einem Lack eingemischt häufig im Flexodruckverfahren aufgebracht. Da dieses Druckverfahren bei der Druckveredelung eine große Rolle spielt, ist es sehr oft in Form eines Lackwerks in Bogenoffsetdruckmaschinen standardmäßig integriert.

Leider sind Farben mit solchen Pigmenten im Vergleich zu gewöhnlichen Druckfarben relativ teuer und es existieren keine Messgeräte, die zu einer Prozesskontrolle in der Druckmaschine verwendet werden können. Eine Messung des Farbwechsels mit Mehrwinkelspektralfotometern findet in der Praxis nur in wenigen Fällen statt. Eine Bewertung erfolgt üblicherweise rein subjektiv durch eine visuelle Abmusterung. Des Weiteren besteht Unklarheit darüber, ob sich das Orientierungsverhalten der Pigmente nach dem Druckspalt ändert und inwieweit dadurch die optischen Effekte beeinflusst werden. Als entscheidend für optimale Effekte gilt unter anderem eine planparallele Orientierung der Pigmente zum Bedruckstoff [1]. Einerseits wird in der Literatur erwähnt, dass bei Druckprozessen diese Orientierung der Pigmente direkt nach dem Druckspalt durch die Kräfte im Walzenspalt vorliege [1], anderseits begünstige besonders bei dickeren Schichten erst das Verdunsten

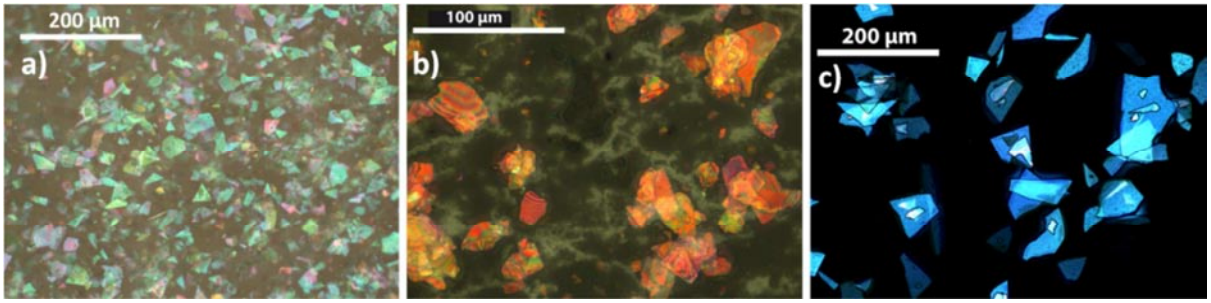


Abbildung1: *Mikroskopbilder verschiedener Effektpigmente in einem Lack.*
Es sind stark unterschiedliche Pigmentgrößen und -orientierungen zu erkennen.
a: Colorstream® Pigmente T10-02 Arctic Fire von Merck [3]
b: Iriodin® Pigmente 7215 Ultra Rot von Merck [4]
c: Firemist Blue 9G630L Pigmente von BASF [5]

des Lösemittels und der damit verbundene Volumenschrumpf eine solche Pigmentorientierung [2]. Da beim Drucken immer eine Farbspaltung nach dem Druckspalt auftritt, kann eine von Anfang an parallele Pigmentorientierung zum Substrat berechtigt in Frage gestellt werden.

In Abbildung 1 sind Mikroskopaufnahmen verschiedener Interferenzeffektpigmente dargestellt, die deren unterschiedliche Pigmentgrößen, -orientierungen und Farbeffekte verdeutlichen.

Die verfolgten Ziele der Forschungen sind,

1. die Potenziale industrieller Druckmaschinen beim Verdrucken der relativ teuren Interferenzeffektfarben zur Veredelung von Druckprodukten besser auszuschöpfen, um maximale optische Effekte bei moderaten Materialkosten zu erreichen und

2. die Nutzung eines kamerabasierten Druckinspektionssystems, wie es in Druckmaschinen zur Fehlererkennung verwendet wird, zur Überprüfung der Pigmentorientierung und zur Prozesskontrolle gedruckter Effektpigmentschichten.

Eruierung der Haupteinflussfaktoren mit Hilfe der statistischen Versuchsplanung

Bei allen bisherigen Empfehlungen zur drucktechnischen Applikation von Effektpigmenten fehlt eine gleichzeitige Betrachtung der Einflüsse der druck- und materialspezifischen Parameter auf die gewünschten Effekte und der damit verbundenen Kosten für den Anwender (siehe Abbildung 2). Eine Abschätzung der wichtigsten Einflussgrößen auf die optischen Effekte und die Druckqualität liegt bisher nicht vor.

Deshalb werden zunächst die wichtigsten Parameter identifiziert, die beim Verdrucken von Interferenzeffektfarben im Flexodruck für die größten Effekte und die beste Druckqualität verantwortlich sind. Dazu wurde mithilfe der Methoden der statistischen Versuchsplanung, die ein möglichst großes Nutzen-Aufwand-Verhältnis bei Versuchsreihen ermöglichen, ein umfangreicher Druckversuch (51 verschiedene Versuchskonfigurationen) auf einer Rollendruckmaschine konzipiert und durchgeführt.

Abbildung 3 zeigt die variierenden Einflussparameter der Versuchsreihe zum Verdrucken der Interferenzeffektfarben im Flexodruckverfahren auf der modularen Rollendruckmaschine Gallus

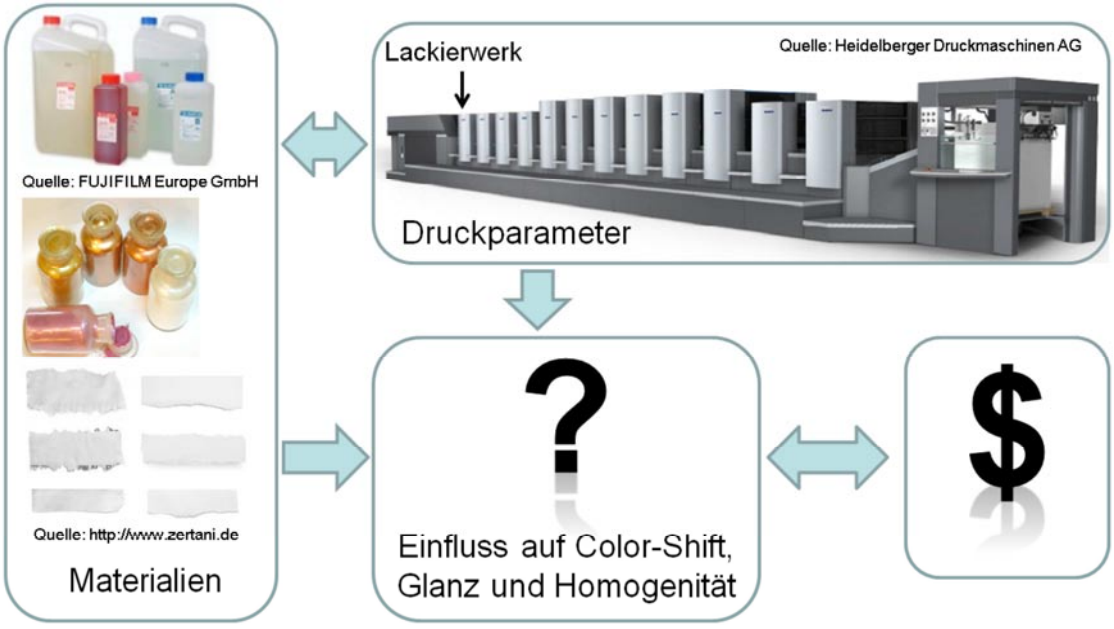


Abbildung 2: Beziehungen zwischen Materialien, Druckeinstellungen und Qualitätsmerkmalen mit Berücksichtigung der Kosten

Substrat	Pigmentart	Pigment-konzentration	Trockner 1 Heißluft	Trockner 2 Heißluft	Trockner 1 IR-Strahler	Trockner 2 IR-Strahler	Trockner-position	Druckge-schwindigkeit	Schöpf-volumen	nomineller Tonwert
OPP	Colorstream Arctic Fire (CS)	10 %	ein	ein	0	0	L2	20 m/min.	13 cm³/m²	50 %
Maxi Satin (MS)	Miraval Scenic Copper (MSC)	20 %	aus	aus	1	1	L3	30 m/min.	19 cm³/m²	70 %
	Iriodin Ultra Rot (IU)	30 %			2	2	L4	50 m/min.	25 cm³/m²	100 %
	Iriodin Rutil Feinrot (IF)									

Materialparameter

drucktechnische Parameter

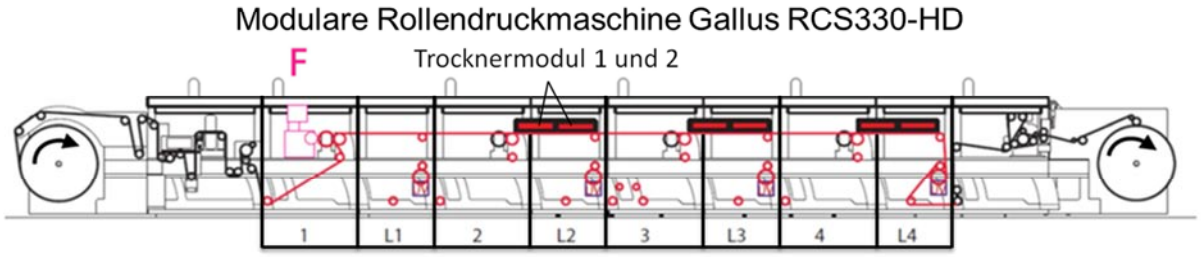


Abbildung 3: Maschinenkonfiguration zum Verdrucken von Effektpigmentfarben im Flexodruck. F steht für das Flexodruckwerk. Die Trocknermodule 1 und 2 befinden sich beide in der Leereinheit L2, L3 oder L4 über der Bedruckstoffbahn.

RCS330-HD sowie die dazugehörige schematische Maschinenkonfiguration.

Die produzierten Druckproben (495 Stück) wurden bezüglich der optischen Effekte Color-Shift (Farbflop) und Glanz vermessen, nach ihrer Homogenität bewertet und die Daten mithilfe von Regressionsanalysen ausgewertet. Die Ergebnisse der Effekte Color-Shift, Glanz und Homogenität der gedruckten Effektfarbschichten sind in den Abbildungen 4-6 in sogenannten Pareto-Diagrammen dargestellt, die mit der Software Cornerstone™ V5 erzeugt wurden. Sie zeigen die relativen Einflüsse der Größen auf eine Zielgröße in geordneter Reihenfolge. Ein negativer Einfluss auf eine Zielgröße kann dabei nur von einer kontinuierlichen Größe hervorgerufen werden. Dieser bedeutet bei einer linearen Regression eine indirekte Proportionalität zwischen der Einfluss- und Zielgröße.

Abbildung 4 zeigt, dass die Pigmentart und das Schöpfvolumen den größten Einfluss auf den Color-Shift haben. Bei der Pigmentart weist das Colorstream® Pigment T10-02 Arctic Fire mit seiner Farbänderung von grün nach rot den größten Color-Shift auf. Den größten negativen Einfluss hat „t bis Trocknerbeginn“, (die Verlaufszeit vom Druckspalt bis zu den Trocknermodulen) was mit einem steigenden Color-Shift bei kurzer Distanz bis zum Trocknermodul übereinstimmt. Lange Zeiten bis zum Trockner werden ebenfalls in [1] und [6] als negativ, durch eine mögliche Umorientierung der Pigmente, gedeutet.

Den größten Einfluss auf den Glanz hat laut Abbildung 5 die Pigmentkonzentration gefolgt vom Bedruckstoff. Mit steigender Pigmentkonzentration sinkt der Glanz. Je glänzender der Bedruckstoff ist, desto höher ist auch der Glanzwert nach dem Bedrucken mit Effektpigmentfarben zu erwarten.

Die Einflüsse auf die Homogenität der Druckproben sind in Abbildung 6 aufgezeigt. Bei hohen Schöpfvolumina sind die Druckpro-

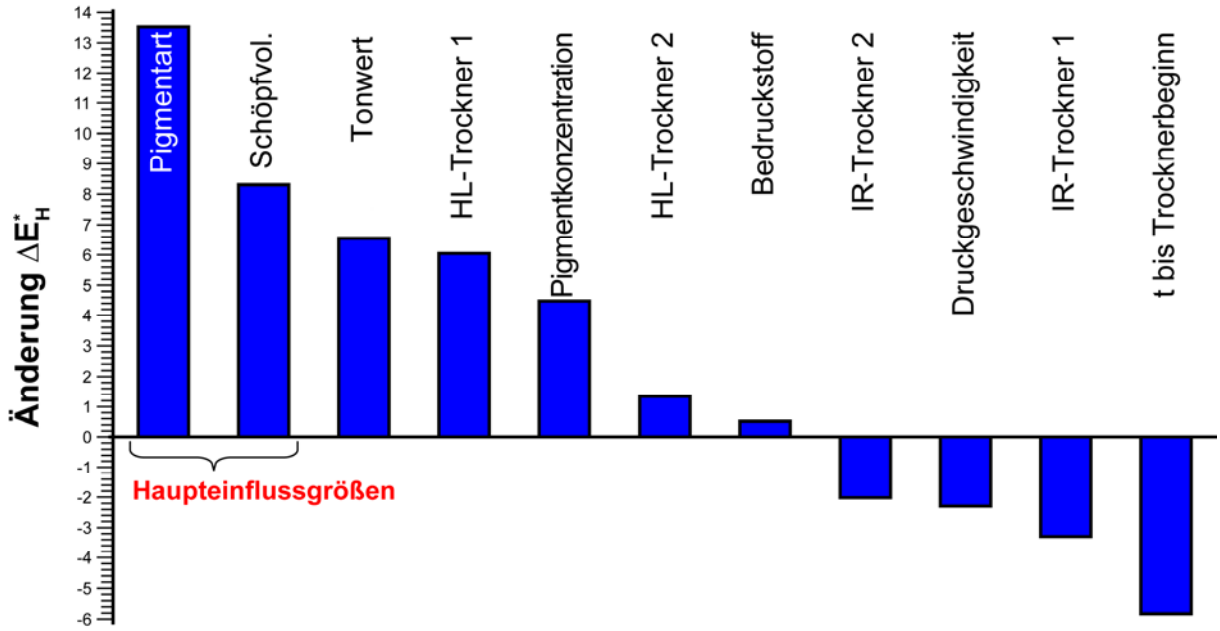


Abbildung 4: Einflüsse auf den Color-Shift (ΔE^*_H -Wert). Pareto-Diagramm der Einflussgrößen

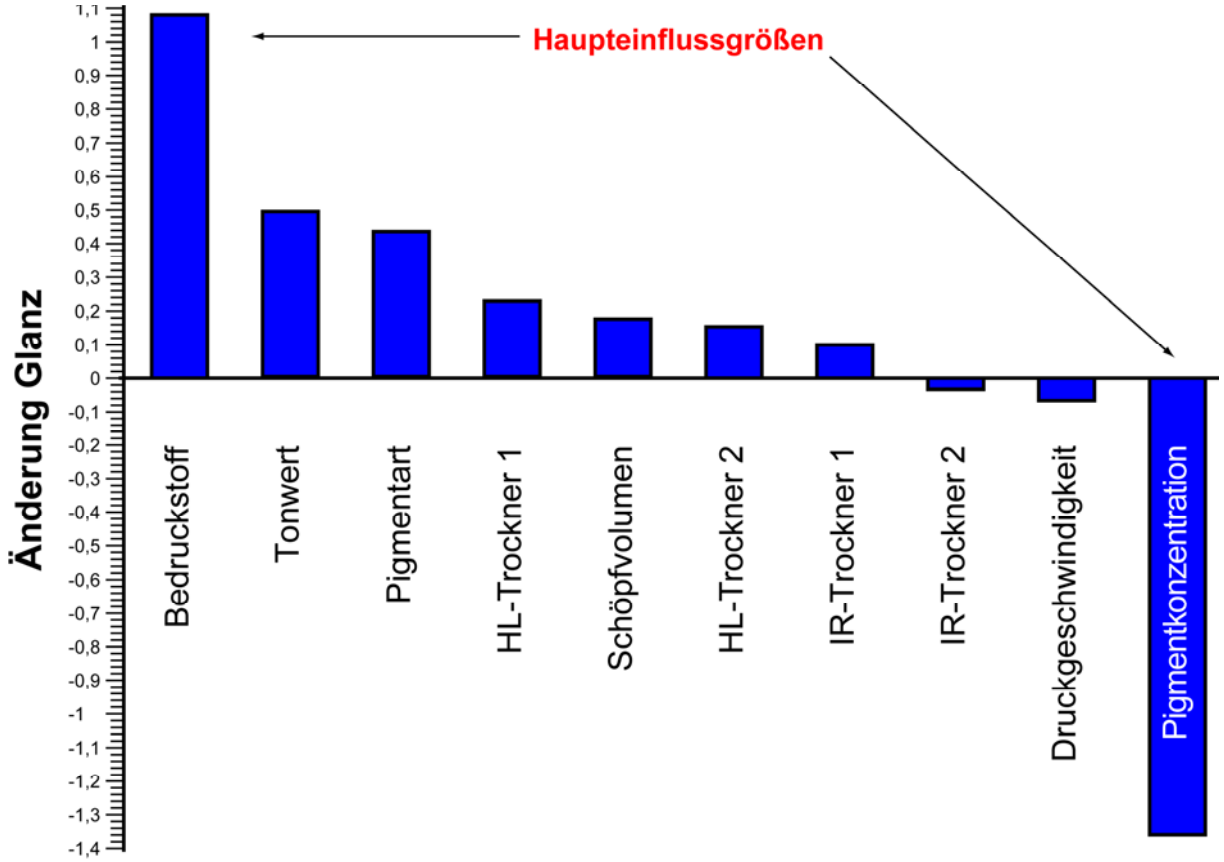


Abbildung 5: Einflüsse auf den Glanz. Pareto-Diagramm der Einflussgrößen

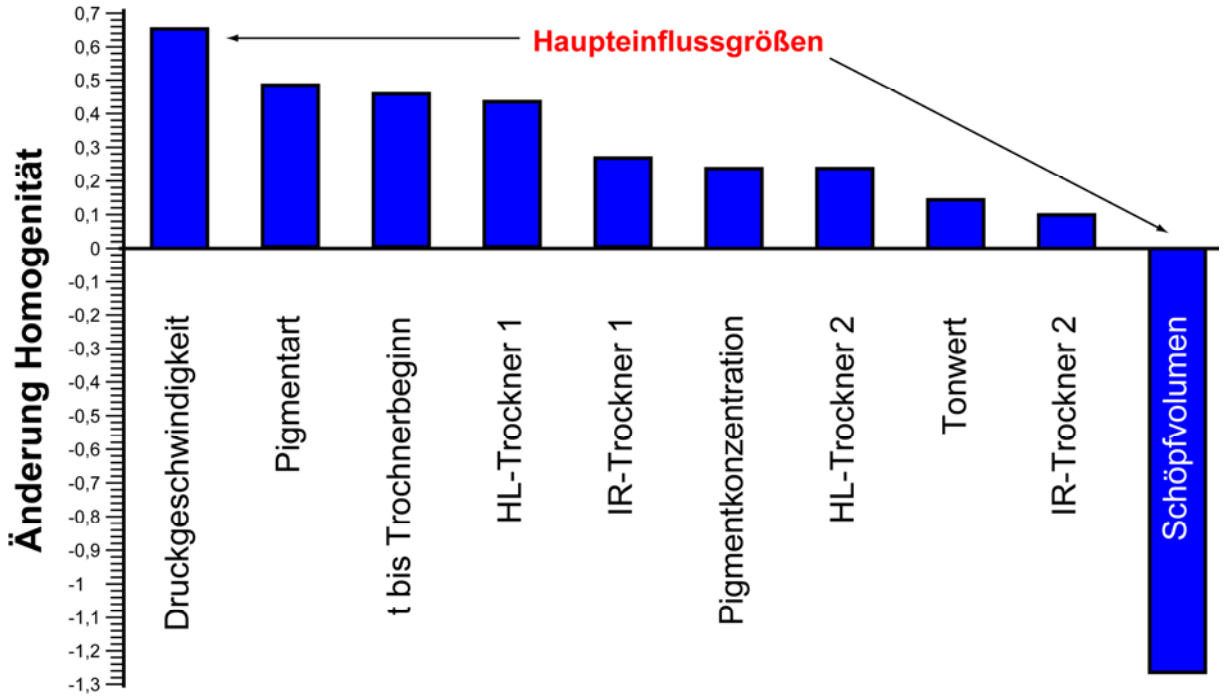


Abbildung 6: Einflüsse auf die Homogenität. Pareto-Diagramm der Einflussgrößen

ben am wolkigsten. Ein geringes Schöpfvolumen und eine hohe Druckgeschwindigkeit begünstigen die Homogenität der gedruckten Schichten.

Um beispielsweise einen hohen Color-Shift bei moderaten Kosten zu erreichen, werden hochwertige (relativ teure) Pigmente der 2. Generation empfohlen, die in relativ geringer Konzentration (bis ca. 10 Gew.%) in den Lack einzumischen sind. Dadurch kann bei gleichen Kosten tendenziell ein höherer Color-Shift erreicht werden, als bei preiswerteren Pigmenten und höheren Pigmentkonzentrationen.

Insgesamt stellte sich heraus, dass der Einfluss der verwendeten Materialien auf die optischen Effekte der Proben größer ist als der der drucktechnischen Einstellungen an der Druckmaschine. Durch eine Betrachtung der unterschiedlichen Materialkosten, konnte ebenfalls gezeigt werden, dass es möglich ist, bei der Veredelung Kosten zu sparen, ohne dabei die optischen Effekte zu schmälern.

Aus den gewonnenen Ergebnissen wurden qualitative Empfehlungen zur Steigerung der Effekte Color-Shift, Glanz und zur Erreichung einer möglichst homogenen Druckqualität abgeleitet, die dem Anwender helfen können möglichst gute Druckergebnisse zu erzielen. Die Wahl der Pigmentart und des Bedruckstoffs hat dabei eine besonders hohe Bedeutung.

Kamerabasierte Messung von gedruckten Effektpigmenten

Die weiteren Forschungsaktivitäten widmeten sich der Untersuchung frisch gedruckter Interferenzeffektfarben mit einem in der Druckbranche üblichen Druckinspektionssystem. Da eine parallele Orientierung der Pigmente zum Bedruckstoff als Grundvoraussetzung für gute Effekte gilt [1] und Versuche gezeigt haben, dass sich eine schnelle Trocknung positiv auf die Farbwirkung auswirkt, wurde untersucht, ob sich dies auf eine Umorientierung der Pigmente in der Farbschicht zurückführen lässt. Dazu wurde der in Abbildung 7 gezeigte Prüfstand verwendet.

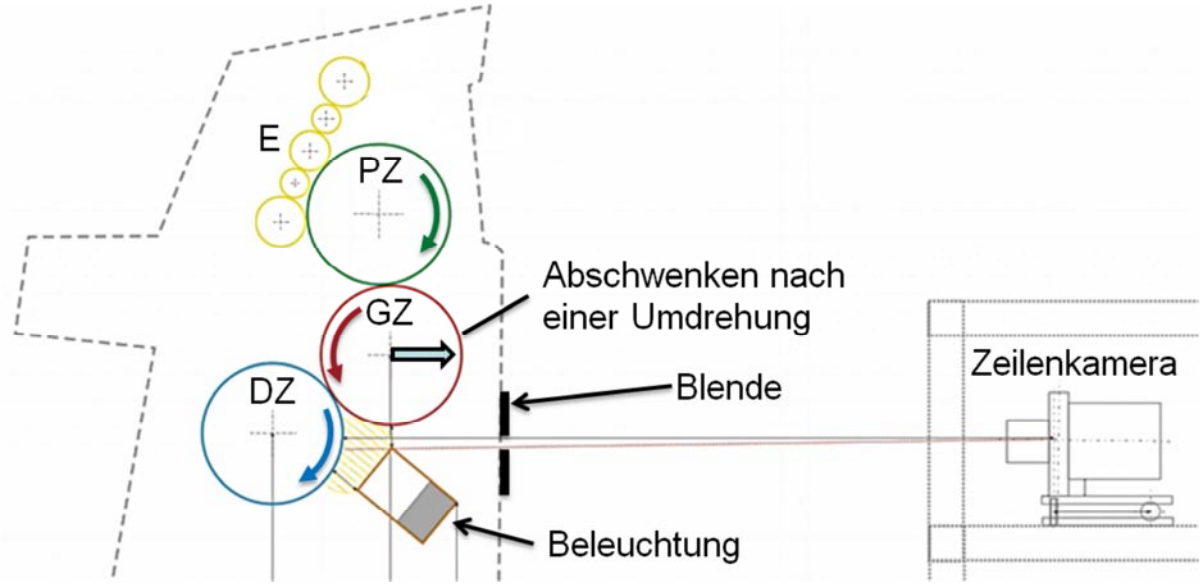


Abbildung 7: *Prüfstand zur Herstellung und Inline-Vermessung von Effektpigmentproben ([7] geändert). Die Zylinder der Bogenoffsetdruckmaschine Rotaprint R40 wurden an das Flexodruckverfahren angepasst.*
Einfärbung (E): *nur Farbwerk (Das Feuchtwerk wurde entfernt.)*
Plattenzylinder (PZ): *unbelichtete Offsetplatte (statt Rasterwalze im Flexodruck)*
Gummituchzylinder (GZ): *Flexodruckform*
Druckzylinder (DZ): *aufgeklebter Bedruckstoff*
Die Beleuchtung mit einer Leuchtstoffröhre erfolgt im 45° Winkel zum Detektionswinkel der Kamera.

Bei über 140 mit Effektfarben bedruckten Bogen wurden an je 10 Positionen unmittelbar nach dem Druckvorgang bis mehrere Minuten danach die RGB-Werte mit der Kamera aufgezeichnet. Je paralleler sich die Pigmente zum Bedruckstoff orientieren, desto größer sollte der Color-Shift und Glanz der Effektpigmentschichten sein und desto weniger Lichtreflexionen sollten von der Kamera detektiert werden (vergleiche Abbildung 8). Da erwartet wird, dass sich eine Orientierungsänderung der Pigmente am besten durch eine Helligkeitsänderung darstellen lässt, werden die RGB-Daten der Kamera mit MATLAB durch die Funktion colorspace [8] in den CIELAB-Farbraum transformiert und die Helligkeitsdifferenzen betrachtet.

Bei gleichmäßiger Pigmentverteilung wird durch eine stärkere gerichtete Reflexion ein dunkleres Kamerabild als bei einer ungleichmäßigeren erwartet. Ändert sich die Helligkeit über die Zeit nach dem Aufdruck, so kann das ebenfalls auf die Pigmentorientierung zurückgeführt werden. Mit der Zeilenkamera des Druckinspektionssystems konnte gezeigt werden, dass sich die Ausrichtung der Pigmente nach ungefähr 1,5 Sekunden nach dem Abdruck kaum mehr ändert.

Weiterhin wurde überprüft, ob ein kamerabasiertes Druckinspektionssystem für die Inline-Prozesskontrolle von gedruckten Interferenzeffektfarben geeignet ist. Dazu wurden zunächst die Helligkeitsdifferenzen L_H nach Hupp [9], die sich linear mit der gedruckten Schichtdicke ändern, aus den offline mit einem Mehrwinkelspektralfotometer gemessenen Werten berechnet. Diese wurden mit den inline aus den Kameradaten berechneten Helligkeitsdifferenzen $L_{H,K}$ verglichen. Obwohl dadurch konnte gezeigt werden, dass

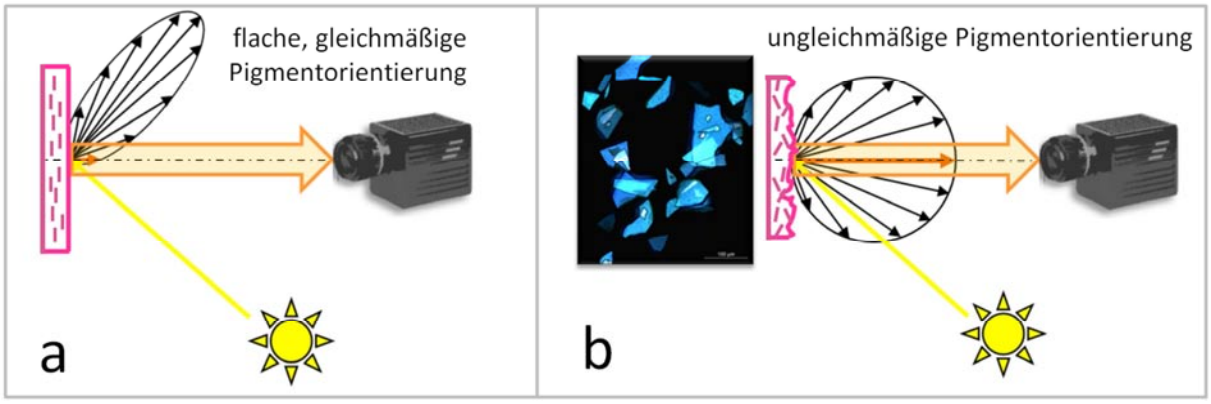


Abbildung 8: *Reflexion in Abhängigkeit von der Pigmentorientierung (in Anlehnung an [7]).*
a: gerichtete Reflexion bei paralleler Pigmentorientierung, nicht von der Kamera detektierbar
b: diffuse Reflexion bei ungleichmäßiger Pigmentorientierung, von der Kamera detektierbar

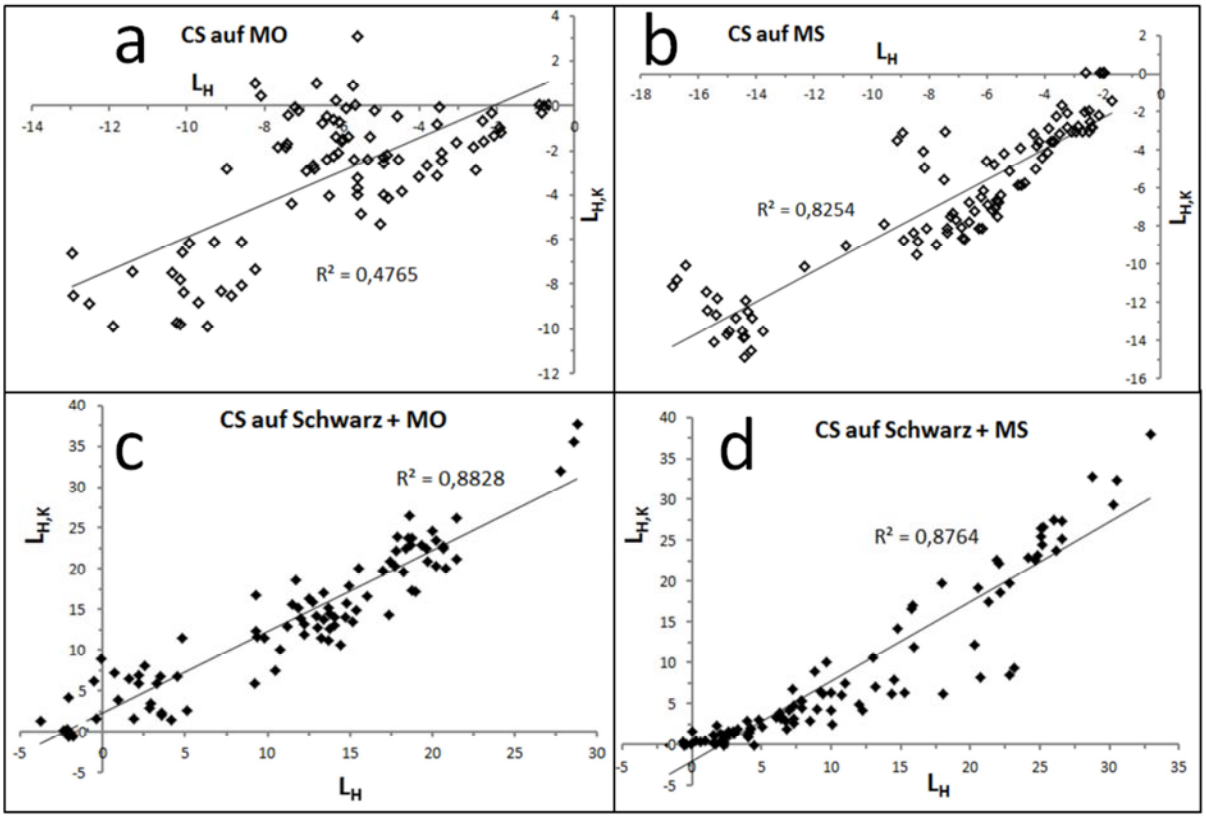


Abbildung 9: *Vergleich der mit dem Mehrwinkelspektralfotometer gemessenen L_H-Werte mit den aus den Kameradaten berechneten $L_{H,K}$-Werten bei Colorstream®Arctic Fire (CS) Effektpigmentfarben auf den Bedruckstoffen Maxi Offset (MO) und Maxi Satin (MS) ohne (a und b) und mit (c und d) schwarzem Unterdruck. Aufgetragen sind die $L_{H,K}$ -Werte über die L_H-Werte. Dargestellt sind die Geraden der linearen Regressionen der Messwerte zusammen mit ihren Bestimmtheitsmaßen R^2.*

sich ein Druckinspektionssystem generell zur Messung von L_H eignet (vergleiche Abbildung 9), ergab sich nicht die erwartete lineare Korrelation zu den ebenfalls mit einem Konfokalmikroskop gemessenen Schichtdicken. Dies kann auf eine nicht vollkommen homogene Beleuchtung der Detektionsstelle im Versuchsstand und auf die Messunsicherheiten bei der Schichtdickenmessung zurückgeführt werden.

Zusammenfassung

Es wurden die Faktoren ermittelt, die beim Verdrucken von Interferenzeffektfarben den größten Einfluss auf die Zielgrößen Color-Shift, Glanz und Homogenität der gedruckten Schichten haben. Zusammenfassend stellte sich die Materialwahl als weitaus wichtiger für die optischen Effekte heraus als die drucktechnischen Parameter. Um einen hohen Color-Shift und Glanz mit geringen Kosten und homogenen Schichten zu vereinen, können hochwertige Pigmente, ein glänzender Bedruckstoff, geringe Pigmentkonzentrationen, relativ hohe Druckgeschwindigkeiten und moderate Schöpfvolumina empfohlen werden.

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass sich die Lage der Pigmente in einem Zeitintervall zwischen 1,5 Sekunden und 2 Minuten nach dem Aufdruck nicht nachweisbar ändert. Die Ausrichtung der Pigmente erfolgt demzufolge unmittelbar nach beziehungsweise mit der Farbspaltung und ändert sich danach in so geringem Umfang, dass dies in dem Prüfstand aus den Kameradaten nicht sichtbar wird.

Da bisher keine Geräte zur Inline-Prozesskontrolle für gedruckte Interferenzeffektfarben existieren und die Qualitätsbewertung des Color-Shift in der Praxis rein visuell erfolgt, wurde untersucht, ob sich ein kamerabasiertes Druckinspektionssystem dafür eignet. Dazu wurde die von Hupp patentierte Helligkeitsdifferenz L_H aus den Kameradaten berechnet, die sich linear zur gedruckten Schichtdicke ändert. Als Referenz wurde für alle Proben der L_H-Wert aus Messungen mit einem Mehrwinkelspektralfotometer bestimmt und bei vielen Proben die gedruckte Schichtdicke konfokalmikroskopisch gemessen. Das Ergebnis war, dass sich ein in der Druckbranche übliches Druckinspektionssystem generell zur Inline-Messung der L_H-Werte und damit auch zu einer Prozesskontrolle eignet. Eine lineare Korrelation zu den gemessenen Schichtdicken konnte jedoch nicht bestätigt werden.

Die Dissertation steht unter http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/3011/ als PDF-Datei kostenlos zum Download bereit.

Literatur

[1] G. Pfaff. Spezielle Effektpigmente. Vincentz, Hannover, 2007.

[2] F. J. Maile, G. Pfaff und P. Reynders. Effect pigments - past, present and future. Progress in Organic Coatings, 54(3):150-163, 2005.

[3] Merck. Colorstream T10-02 Arctic Fire - Spezifikation, 2011.

[4] Merck. Iriodin 7215 Ultra Rot - Spezifikation, 2011.

[5] BASF. Effect Pigments - Firemist Blue 9G630L - Technical Data Sheet, 2009.

[6] S. Bühne, A. Woocker und A. Linzmaier. Orientierung von Effektpigmenten. Farbe & Lack, 114. Jahrgang:34-39, 11/2008.

[7] K. Pawlowski. Untersuchungen zur Bestimmung der Farbdichte druckfrischer Offsetfarben durch ein Druckinspektionssystem. Dissertation, Technische Universität Darmstadt, 2010.

[8] Colorspace Transformations. The MathWorks, Inc. Online, September 2010.<http://www.mathworks.com/matlab-central/leexchange/28790-colorspace-transformations> [Zugriff am 17.01.2012]

[9] H. Hupp und E. Dörsam. Verfahren zur messtechnischen Erfassung von einer auf einen Bedruckstoff aufgetragenen Farbschicht. DE102007061899B4. Patent, April 2011.

Dr.-Ing. Imadeddine Afara
Untersuchungen zur Erhöhung der Lichtechtheit eines mit sublimierbaren Druckfarben bedruckten Polyestersubstrates

Geboren 1978 in Homs (Syrien), 1996 Abitur, 1996 - 2001 B.Sc. (Chemieingenieurwesen) an der Albaath Universität, 2002 - 2003 Betriebsingenieur einer Textilweberei, 2004 - 2005 Dozent an der Albaath Universität, 2006 - 2008 M.Sc (Paper Science and Technology) am Fachbereich Maschinenbau der Technischen Universität Darmstadt, 2008 - 2012 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren. 2012 Promotion.

Der Schwerpunkt bei der Herstellung von technischen Textilien liegt auf ihren technischen Eigenschaften. Solche Textilien werden in der Automobilindustrie, Raumfahrt, Medizin, Bauingenieurwesen sowie auch bei der Herstellung von Sicherheitsbekleidung eingesetzt. Deshalb spielen ihre ästhetischen Eigenschaften nur eine sekundäre Rolle bei der Herstellung.

Die eingesetzten technischen Textilien in der Automobilindustrie sollen hohe Anforderungen an Feuerfestigkeit, Lichtechtheit, Bruchlast, Bruchdehnung, Schweißechtheit sowie auch Wasser- und Schmutzabweisung aufweisen. Die Toleranzen und Testverfahren sind streng definiert durch Normen, da es sich manchmal um Leben oder Tod handelt.

Heutzutage verlangen Kunden und Automobilhersteller neben den technischen Eigenschaften der technischen Textilien, die als Anschnallgurte, Sitzbezüge Tür- oder Dachbekleidung eingesetzt werden, auch ästhetische Eigenschaften. Für solche Anwendungen werden normalerweise farbiges natürliches oder künstliches Leder sowie farbiges Polyester verwendet.

Dieser Artikel ist eine Zusammenfassung meiner Dissertation, die sich mit Maßnahmen zur Erhöhung der Lichtechtheit eines mit sublimierbaren Druckfarben bedruckten Polyestersubstrates befasst hat [4]. Üblicherweise verblassen die Farben bedruckter Polyestersubstrate durch den im Tageslicht enthaltenden UV-Anteil mit der Zeit - sie weisen eine schlechte Lichtechtheit auf. Daher konnte der Thermo-Sublimationsdruck für technische Polyestersubstrate in der Automobilindustrie bisher nicht angewendet werden.

Abbildung 1 zeigt die Veränderungen des Farbspektrums der Druckfarben Cyan und Gelb durch die Einwirkung von Tageslicht.

Das Ziel der Dissertation [4] ist es, Maßnahmen und Verfahren zur Erhöhung der Lichtechtheit eines bedruckten Polyestersubstrates zu entwickeln. Diese sollen gleichzeitig die anderen Gebrauchsechtheiten wie z.B. Reib- und Waschechtheit, die Farbgebung der Druckfarben sowie auch die technischen Eigenschaften des Polyestersubstrates nicht beeinträchtigen. Die Druckfarben werden mit Inkjet- oder Tiefdruck auf das Polyestersubstrat aufgetragen.

In Zusammenarbeit mit einer deutschen Textilweberei werden in einem Forschungsprojekt am Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren Lösungsansätze zur Erhöhung der Lichtechtheit von bedrucktem Polyestersubstrat erarbeitet. Nähere Informationen zu diesem Thema können meiner Dissertation entnommen werden [4].

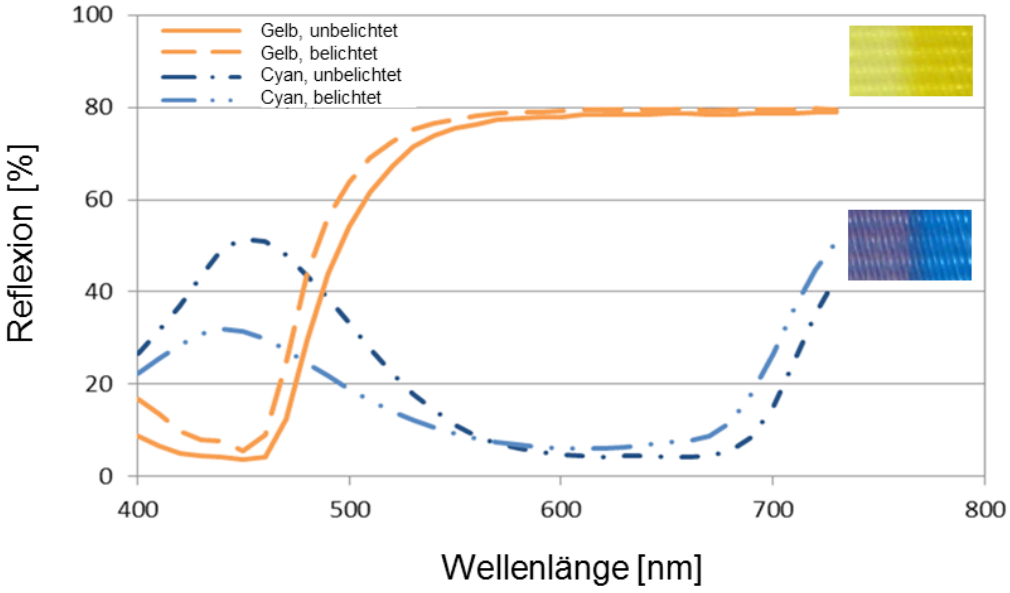


Abbildung 1: Änderung des Farbspektrums eines mit sublimierbaren Druckfarben bedruckten Polyestersubstrates infolge der Bestrahlung mit Tageslicht, Belichtungszeit: 60 h [4]

Methoden

Das Polyestersubstrat, welches für die Anwendung in der Automobilindustrie vorgesehen ist, basiert auf 100%-Polyestermaterial. Die Druckfarben in Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz, die für Tief- und Inkjet-Druck entwickelt werden, werden als wasserbasierende Druckfarben geliefert. Die Formulierung der Druckfarben wird am Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren durchgeführt.

Die untersuchten Transferpapiere werden von einem Papierhersteller in verschiedenem Flächengewicht geliefert. Papier-1 (70 g/m²), Papier-2 (95 g/m²) und Papier-3 (140 g/m²) sind für Inkjet-Druck produziert. Diese weisen den gleichen chemischen Aufbau auf und unterscheiden sich nur im Flächengewicht. Das Papier-4 (66 g/m²) ist ein speziell für Tiefdruckverfahren entwickeltes Transferpapier.
Zur Herstellung der Proben wird das Motiv spiegelverkehrt mit Tief- oder Inkjet-Druck

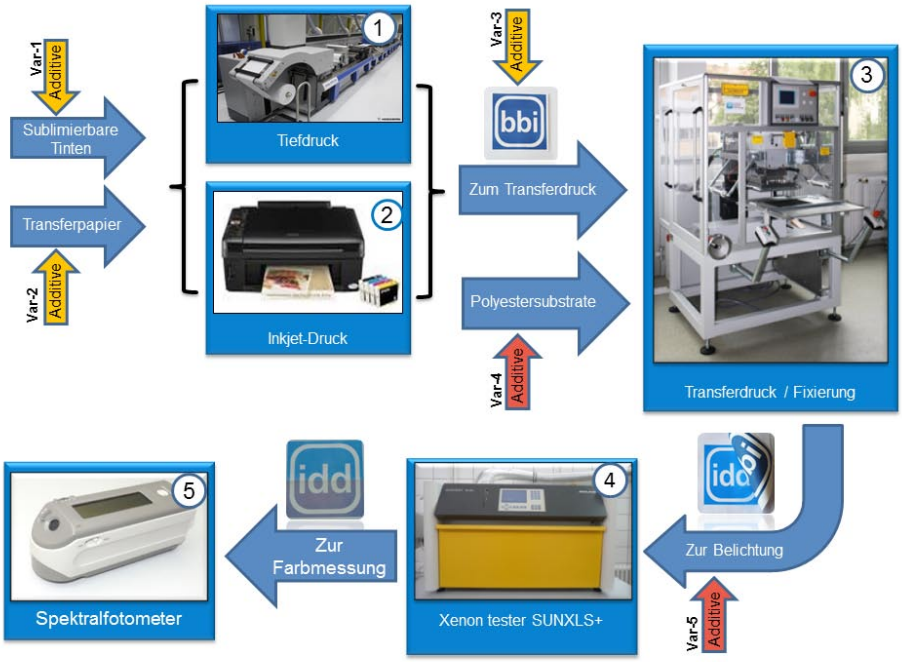


Abbildung 2 Schematische Darstellung des Versuchsablaufs [4]

gedruckt (Abbildung 2, Block 1 und 2). Das bedruckte Transferpapier trocknet bei Raumtemperatur und Feuchte für mehr als 24 Stunden. Unter definierten Transferbedingungen wird die sublimierbare Druckfarbe vom Transferpapier auf das Polyestersubstrat mit der Heißprägemaschine Baier Geba 6 (Abbildung 2, Block 3) übertragen.

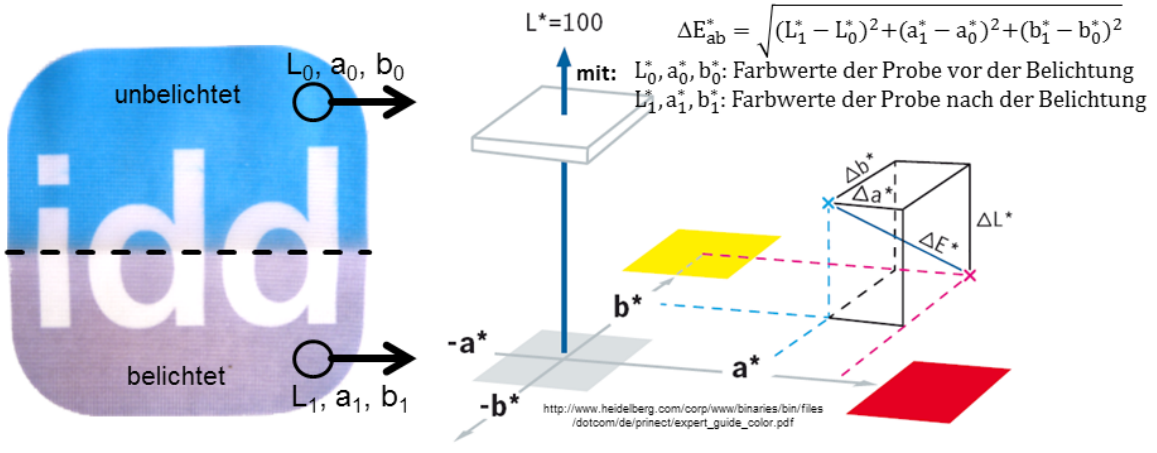
Ein Xenon-Tester SUNTEST XLS+ der Firma ATLAS Material Testing Technology ausgestattet mit einer luftgekühlten 1700W-Xenonlampe wird zur Simulation des Ausbleichens der Farbe unter Sonnenlicht (Abbildung 2, Block 4) eingesetzt. Ein Basisfilter aus Quarzglas mit IR-reflektierender Beschichtung wird zum Erreichen einer niedrigen Schwarzstandardtemperatur in der Prüfkammer durch reduzierte Wärmestrahlung verwendet [7]. Die Belichtungsparameter werden wie folgt festgelegt: Schwarz-Standard Temperatur: 100 °C, Kammertemperatur: 45-50 °C, Feuchte: 10-15 %, Bestrahlungsstärke: geregelt im Bereich 300-400 nm auf 60 W/m².

Die Lichtechtheit des bedruckten Polyestersubstrates wird durch Anwendung des CIELAB Farbabstandes ΔE*ab ausgewertet. Die Farbwerte eines Probensets werden vor und nach der Belichtung mit dem Spektralfotometer Konica Minolta CM 2600d (Abbildung 2, Block 5) vermessen. Die Einstellungen des Messgeräts werden wie folgt festgelegt: Messmodus SCE mit UV-Cut Filter ab 400 nm; Die Messblende MAV ø11 mm wird so groß gewählt, dass der Einfluss der Textur der Gewebe auf die Messwerte ausgeschlossen wird. Weiterhin wird - wie in der Textilbranche üblich - ein 10° Normbeobachter und Normlichtart D65 verwendet.

Der Farbabstand ist errechnet als Mittelwert von drei Messungen an verschiedenen Stellen des Textilsubstrates.

In dieser Arbeit werden Untersuchungen über den Einfluss der Farbkonzentration, Transferzeit, Transfertemperatur sowie auch des Einsatzes von speziellen Additiven in verschiedenen Varianten (Abbildung 2) auf die Lichtechtheit des bedruckten Polyestersubstrates durchgeführt.

Weiterhin wird in dieser Arbeit der Einfluss des Transferpapiers auf die Lichtechtheit des bedruckten Polyestersubstrates untersucht.



$$\text{Lichtechtheit} = f(1/\Delta E^*_{ab})$$

Abbildung 3 Messung der Farbwerte der belichteten und unbelichteten Flächen zur Berechnung der Farbabstand ΔE*ab, welcher als Maß für die Lichtechtheit verwendet wird [2]

Ergebnisse und Diskussion

Hersteller der sublimierbaren Druckfarben empfehlen definierte Transferparameter wie Farbkonzentration, Transferzeit und Transfertemperatur zu verwenden, um eine hohe Druckqualität zu erzielen und die Kosten niedrig zu halten.

In dieser Arbeit wird untersucht, welche Parameter zur Verbesserung der Lichtechtheit des bedruckten Polyestersubstrates verwendet werden können, wie die Additive bei dem Thermo-Sublimationstransferdruck eingesetzt werden sollen und wie die Eigenschaften des Transferpapier die Lichtechtheit des bedruckten Polyestersubstrat beeinflussen können.

● Farbkonzentration, Transferzeit und Transfertemperatur

Giles [5] berichtete, dass die Lichtechtheit eines gefärbten Textilsubstrates mit zunehmender Farbkonzentration im Färbebad zu einem Maximum steigt, dann abfällt und schließlich wieder ansteigt. Bell [6] hat in seiner Arbeit untersucht, wie sich ein kationischer Farbstoff in der Querrichtung einer Nylon-Faser verteilt. Er hat festgestellt, dass sich die Farbmoleküle nicht an der Faseroberfläche sammeln, sondern in der Querrichtung des Fasermaterials diffundieren. Durch Verlängerung der Färbungszeit können die Farbmoleküle tiefer diffundieren und die Menge des Farbmittels im Fasermaterial steigt.
Durch eine Reihe von Vorversuchen wird zu den experimentellen Parametern folgendes festgestellt:

- Der Einfluss der Farbkonzentration auf die Lichtechtheit ist von der Druckfarbe abhängig [1], [2], [4]

- Die Lichtechtheit des bedruckten Polyestersubstrates nimmt mit steigender Transferzeit und Transfertemperatur zu [1], [2], [4]

- Die Lichtechtheit des bedruckten Polyestersubstrates steigt mit dem steigenden Flächengewicht des Transferpapiers [3], [4]

Bei dem Thermo-Sublimationstransferdruck handelt es sich um einen Diffusionsvorgang. Die Farbmoleküle diffundieren von der Farbschicht auf dem Transferpapier, breiten sich in die Luftlücke zwischen dem Transferpapier und dem Polyestersubstrat aus, dann diffundieren sie in das Polyestersubstrat. Der chemische Aufbau der Druckfarbe kann diesen Vorgang begünstigen oder verhindern. Die Verlängerung der Transferzeit ermöglicht, dass mehr Farbmoleküle sublimieren und in das Polyestermaterial diffundieren können. Durch die Erhöhung der Transfertemperatur werden die Lücken zwischen den Polymerketten größer, was die Diffusion der Farbmoleküle vereinfacht. Deshalb können mehr Farbmoleküle in derselben Zeit in das Polyestermaterial diffundieren. Mit Erhöhung des Flächengewichts des Transferpapiers ändert sich der Wärmetransport bzw. die Temperatur auf die Rückseite des Transferpapiers und beeinflusst wiederum die oben genannten Diffusionsvorgänge.

Im Allgemeinen gilt die Regel: Je tiefer die Farbmoleküle in das Polyestermaterial diffundieren können und je größer die auf das Polyestersubstrat transferierte Farbmenge ist, desto höher ist die Lichtechtheit. Dies kann man durch die untersuchten Parameter zweckmäßig erreichen.

● Anwendung von speziellen Additiven

Es werden bereits bei der Textilfärbung und dem Textildruck spezielle Additive zur Erhöhung der Lichtechtheit eingesetzt. In dieser Arbeit werden für den Thermo-Sublimationstransferdruck geeignete Additive gesucht und ausgewählt. Nach einer Reihe von Vorversuchen wird entschieden, welche Additive ausgewählt und wie diese eingesetzt werden [4].
Die Additivmischung wird in einem Vor- oder Nachbehandlungsverfahren direkt auf das

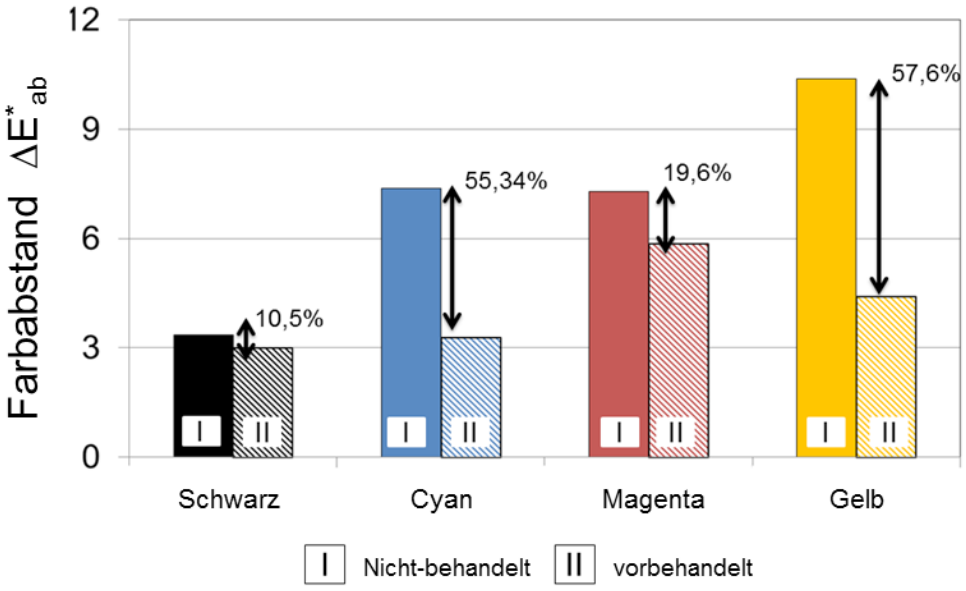


Abbildung 4: Reduzierung des Farbabstands ΔE*ab des bedruckten Polyestersubstrates durch Einsatz der Additivmischung in einem Vorbehandlungsprozess; Belichtungszeit: 120 h, Filter: Tageslicht. Kleinerer Farbabstand bedeutet höhere Lichtechtheit [4]

Polyestersubstrat aufgetragen (Abbildung 2, Var-4 und Var-5). Die experimentellen Untersuchungen der beiden Verfahren zeigen, dass der Farbabstand ΔE*ab des bedruckten Polyestersubstrates reduziert wird (Abbildung 4, Vorbehandlung). Die Wärmeübertragung von der Heizplatte zum Polyestersubstrat führt zunächst zur Diffusion der Farb- sowie Additiv-Moleküle in das Polyestermaterial. Die Moleküle betten sich in zwei Schichten ein, die sich überschneiden. Die Lichtechtheit wird durch Anwendung der Additivmischung in einem Nachbehandlungsverfahren weiter verbessert, da die Additive eine Schutzschicht oberhalb der Farbschicht bilden.

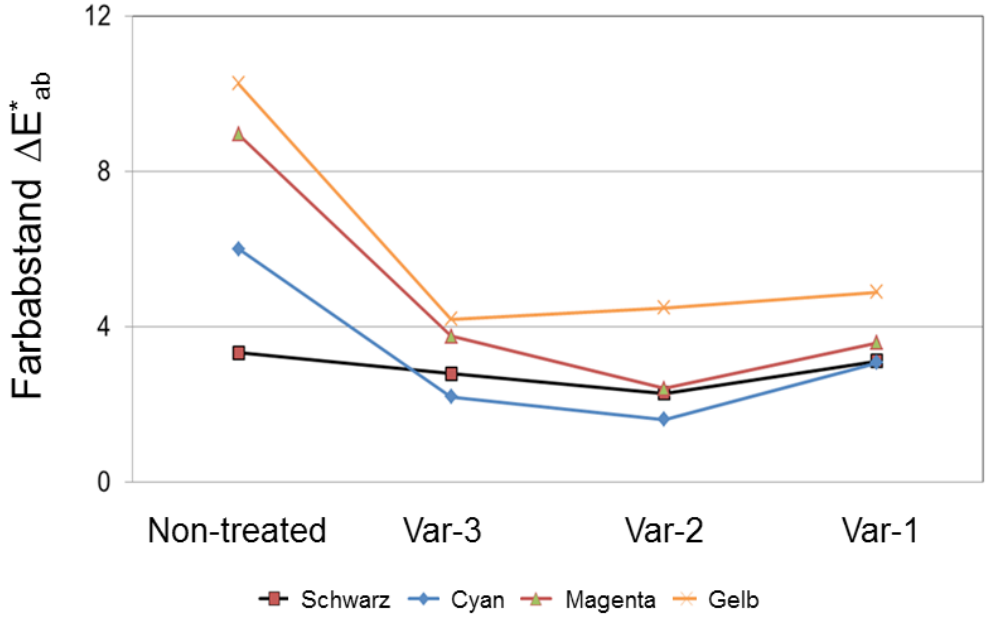


Abbildung 5: Reduzierung des Farbabstands ΔE*ab des bedruckten Polyestersubstrates durch Einsatz der Additivmischung nach den Varianten (Var-1, Var-2 und Var-3); Belichtungszeit: 120 h, Filter: Tageslicht [4]

In dieser Arbeit werden weitere Einsatzmöglichkeiten der Additivmischung (Abbildung 2, Var-1, Var-2 und Var-3) untersucht. Die Additive können in die Druckfarbe beigemischt werden (Var-1), vor der Druckfarbe (Var-2) oder nach der Druckfarbe (Var-3) auf das Transferpapier aufgebracht werden. Solche Additive sollten unbedingt unter den gewählten Transferparametern übertragbar sein um den Transfer von Additivmolekülen auf das Polyestersubstrat zu garantieren.

Wie Abbildung 5 zeigt, wird der Farbabstand ΔE*ab des bedruckten Polyestersubstrates bei allen Varianten reduziert. Die größte Erhöhung der Lichtechtheit ist durch Var-2 zu erhalten, da die Farbmoleküle unter den Transferparametern zuerst sublimierenund diffundieren tiefer in das Polyestersubstrat als die Additiv-Moleküle. Die Additive bilden eine Schicht oberhalb der Farbschicht. Beide Schichten überschneiden sich und die Additive können die Farbmoleküle schützen.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird untersucht, wie die Farbkonzentration, Transfertemperatur und Transferzeit zweckgemäß zur Erhöhung der Lichtechtheit verwendet werden können. Weiterhin wird der Einfluss des Einsatzes von speziellen Additiven sowie auch der Einfluss des Transferpapiers auf die Lichtechtheit des bedruckten Polyestersubstrates untersucht.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Erhöhung der Lichtechtheit eines mit sublimierbaren Druckfarben bedruckten Polyestersubstrates ist möglich.

2. Die Farbkonzentration, die Transferzeit, die Transfertemperatur sowie auch das Transferpapier beeinflussen den Transfer der Druckfarben auf das Polyestersubstrat, die Diffusion dieser Farbmoleküle in das Polyestermaterial und somit die Lichtechtheit des bedruckten Polyestersubstrates.

3. Die speziellen Additive können entweder auf das Transferpapier oder direkt auf das Textilsubstrat aufgetragen werden. Je nach Einsatzverfahren und Druckfarbe wird die Lichtechtheit um etwa 50-70 % verbessert.

Literatur

[1] I. Afara, Verfahren und Maßnahmen zur Verbesserung der Lichtechtheit im Textildruck,

Masterarbeit, Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren, Technische Universität Darmstadt, 2008

[2] I. Afara, A. Grumbach und E. Dörsam, Einfluss der Eigenschaften des Transferpapiers auf die Lichtechtheit eines bedruckten Polyestersubstrates, 13. Chemnitzer Textiltechnik-Tagung, Chemnitz 2012

[3] I. Afara, P. Urban und E. Dörsam, Improving the Light Fastness of Sublimation Transfer Printed Polyester Substrate, 38th International Research Conference of Iarigai, Budapest 2011.

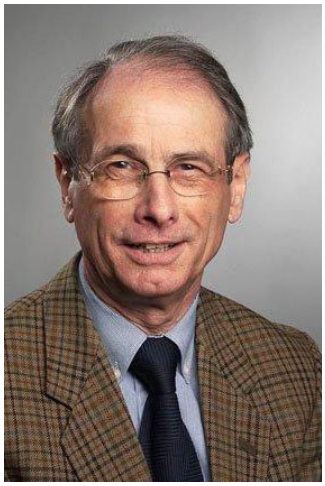
[4] I. Afara, Maßnahmen zur Erhöhung der Lichtechtheit eines mit sublimierbaren Druckfarben bedruckten Polyestersubstrates, Technische Universität Darmstadt, http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/3018/; 2012.

[5] C. Giles, A. Yabe and C. Shah, Anomalous Light Fastness in Disperse-Dyed Systems and its Significance in Studies of Fading Mechanism, Textile Research Journal, 1998.

[6] J. Bell, W. Charter and D. Felty, Dye Concentration Profiles Within Single Nylon Filaments, Textile Research Journal, 1967.

[7] Atlas-mts, Weathering Testing Guide book (Seminarskript), 2010.

Dipl.-Ing (FH) Klaus Todenhöfer, Bielefeld
Verpackungen – know- how ist gefragt



Geboren 1941. 1958 Ausbildung zum Reproduktionsfotografen und Fotografen. 1965 bis 1968 Studium an der damaligen Höheren Graphischen Fachschule mit Abschluss an der durch die Studienreform umbenannte Staatlichen Ingenieurschule für Wirtschafts- und Betriebstechnik, heute Hochschule der Medien, Stuttgart. 1968 K+E-Preisträger. 1968 bis 1974 Referent des Fachverbandes Tiefdruck und der Gesellschaft zur Förderung des Tiefdrucks, Wiesbaden. 1975 und 1976 Referent im Bundesverband Druck für Tiefdruck, 1977 bis 1979 Anwendungstechniker in der Druckfarbenfabrik Ramp & Co., Eppstein. Ab 1980 Assistent der Geschäftsführung der Verpackungsdruckerei Graphia H.Gundlach, Bielefeld. Ab 1988 Hauptabteilungsleiter bei Dr. A. Oetker Nahrungsmittel KG. Seit 2006 im Ruhestand. Lehrauftrag an der Fachhochschule für Gestaltung, Bielefeld.

.Die Bandbreite an Verpackungen ist immens groß. Der Bogen spannt sich von der „einfachen“ Kartonverpackung bis zur komplexen Zusammensetzung verschiedenster Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften.

Es hat den Anschein, dass ein Konsumgütertransport im Mikrobereich des Alltags, also im individuellen Gebrauch, wie im regionalen, überregionalen, als auch im globalen Bereich ohne geeignete Verpackung kaum mehr möglich ist.

Ein kurzer Blick auf die Aufgaben von Verpackungen soll zeigen, welche Vielzahl komplexer Funktionen erfüllt werden müssen. Ausgehend von dem zu verpackenden Produkt, hier als Füllgut bezeichnet, sind nachstehende Aspekte zu berücksichtigen, die bei weitem nicht vollständig darstellbar sind.

Verpackung dient:

- Dem Transportschutz und der Lagerlogistik
- Platz zu sparen
- Packschemata dienen der Optimierung
- Leichtes handling
- Schnelles Be-, Um- und Entladen
- Physikalische, chemische, klimatische Einflüsse mit negativen Auswirkungen beim Füllgut auszuschalten.
- Thermische Sicherheit zu gewährleisten (siehe Tiefkühlware)
- Bruchsicherheit zu gewährleisten - sogenannte Transportschäden sind nicht selten Anlässe für Reklamationen bis hin zu Versicherungsfällen.

Produktschutz:

Materialien, wie Papier, Karton, Kunststoff-Folien, Metall sowie die Art des Bedruckens und der Veredelung bewahren das Füllgut vor physikalischen oder chemischen Einflüssen von außen.

Gewährleistung, je nach Anforderung, bei empfindlichem Füllgut Schutz vor Lichteinwirkung.

Gewährleistung von Aromadichte, d.h. weitgehendste Geschmacksneutralität bei Nahrungsmittel. Des weiteren dürfen keine schädigende Bestandteile aus dem Material oder aus nachträglich aufgebrachten Stoffen oder Stoffkombinationen auf das Füllgut übergehen.

Verpackungsmaterialien und Füllgut sollen und dürfen in keiner Weise eine wechselseitige Reaktion eingehen.

Im Falle von Verpackungen im Nahrungsmittelbereich ist klar definiert, dass sämtliche Materialien, die direkten Kontakt zum Füllgut haben, müssen für die Verpackung und den Transport der jeweiligen Lebensmittel geeignet sein. Physiologische Unbedenklichkeit ist Grundsatz.

Alle eingesetzten Materialien, wie Papier, Karton, Kunststoff-Folien und Materialkombinationen müssen aus zugelassenen Ausgangsstoffen hergestellt sein. Es dürfen keine Bestandteile auf Lebensmittel übergehen, die gesundheitsbeeinträchtigend, gesundheitsgefährdend sind oder das Lebensmittel nachteilig beeinflussen. Das könnte sein : Geruchs- und / oder Geschmacksveränderung, Farbbeeinflussung oder Konsistenzveränderung .

Insgesamt gesehen dürfen vom Bedruckstoff ausgehend keinerlei organoleptische Veränderungen eintreten.

Es obliegt nicht etwa alleine dem Hersteller oder Verpacker von Lebensmitteln, dass die eingesetzten Verpackungsmaterialien lebensmittelrechtlich unbedenklich sind, sondern auch der beauftragte Drucker hat sicherzustellen, dass alle eingesetzten Stoffe - Papier, Karton, Folien, Folienkombinationen, Druckfarben, Lacke, und Druckhilfsmittel - diesen Anforderungen genüge leisten.

Es muss immer wieder darauf hingewiesen werden, dass eine enge Kommunikation zwischen Nahrungsmittelhersteller, Verpackungsmittelhersteller, d.h. Druckerei, sowie Materiallieferant unabdingbar ist. Hierzu gehört auch die Rückverfolgbarkeit jedes Verpackungsmaterials. Dies kann nur durch ein geeignetes und funktionierendes System sichergestellt werden.

Verpackungsdruckereien sind sich der Verantwortung bewusst. Neben der Druck-, Verarbeitungs- und Veredlungskompetenz gehört eine qualifizierte Qualitätsprüfung sowie Qualitätssicherung zur Standardausstattung der Verpackungsdruckerei. Beides sollte innerhalb der betrieblichen Organisationsstruktur den gleichen Stellenwert wie die Drucktechnik aufweisen.

Eine Zertifizierung gemäß ISO , Einhaltung der Hygieneverordnungen und ein systematisch gepflegtes HACCP – System sind Anforderungen, die gleichermaßen für Druckereien wie auch für Rohstofflieferanten gefordert sind.

Verpackungsdruckereien verfügen daher heute neben ihrer differenzierten Druck- und Verarbeitungstechnik über ein hochwertiges Qualitätsmanagement einschließlich moderner Prüflabore mit qualifiziertem Fachpersonal.
Beispielhaft soll hier aufgezählt sein, dass außer der reinen Materialprüfung bei der die technischen Spezifikationen getestet werden, um den optimalen technischen Ablauf wie Bedruckbarkeit, Laufeigenschaften, Farbwiedergabe, Verarbeitung (Stanzen, Kleben, Falzen) und Stabilität zu garantieren.

Gleichberechtigt daneben sind sensorische Prüfungen, wie Geruchs- und Geschmackstest (nach Robinson), Wechselwirkung mit Füllgut, Farb- und Lackechtheiten , Restlösemittelbestimmung mit Hilfe regelmäßiger gaschromatographischen Prüfung.

Insgesamt stellt dies lediglich ein begrenzter Ausschnitt aus den Prüfprogrammen dar.
Hinzu komm en noch eine Vielzahl von Prüffunktionen, die häufig vom Kunden als eigene Spezifikationen und Standards vorgegeben werden.

Eindeutig ist, dass jedes Druckverfahren für die Herstellung von Verpackungen spezifisch ausgerichtete Prüfkriterien aufweist. Beispiel-

haft ist hier aufzuführen, dass bei Druckverfahren mit Lösemitteleinsatz (Tief- und Flexodruck) Restlösemittelbestimmungen einen hohen Stellenwert haben.

Ein weiterer Gesichtspunkt für den Hersteller von Verpackungen ist das Wissen um die Art der Verarbeitung beim Abnehmer. Die Runability auf den Abpackautomaten kann nur durch den richtigen Einsatz von Material, Druck und Verarbeitung gewährleistet werden. Reklamationen auf Grund nicht eingehaltener Verarbeitungstoleranzen beim Stanzen, Veredeln oder Kleben sind teuer und gefährden die Zusammenarbeit.

Grundsätzlich sollte es möglich sein , im Idealfall ein Zusammenspiel zwischen Verpackungsmittelhersteller, d.h. Druckerei, Materiallieferant und Abpackbetrieb zu erzielen. Größere Unternehmen aus dem Bereich Konsumgüter verfügen häufig über eine sogenannte Verpackungsentwicklung. Hier sind Verpackungsmittelspezialisten angesiedelt, die die Kommunikation mit Druckereien sowie Materiallieferanten erfolgreich führen. Auf dieser Ebene wird ein sachbezogener Erfahrungsaustausch gesichert.

Der Verpackungstiefdruck nimmt hier in vielen Fällen eine Sonderrolle ein, da die Druckformherstellung häufig von externen Fachfirmen durchgeführt wird. Die Erfahrung hat gezeigt, dass ein frühes Zusammenspiel von Druckformher-steller , Druckerei und Endabnehmer den gesamten Fertigungsablauf sichzerer gestaltet und das Endergebnis optimiert. Speziell auf dem Sektor der flexiblen Verpackung, erstellt im Tief- oder Flexodruck , werden im hohen Maße Sonderfarben eingesetzt. Speziell im Fall vom Bedrucken verschiedenster Kunststoff-Folien oder Aluminiumfolien müssen von Fall zu Fall verschiedenste Farbsysteme und gegebenenfalls Lösemittelsorten eingesetzt werden.

Marketing

Verpackungen, insbesondere im Konsumgüterbereich stellen einen wesentlichen Baustein des Marketings dar. Sie sind ein „Aushängschild“ der Markenführung. Ein starkes und positiv besetztes Markenimage ist von zentraler Bedeutung für ein Unternehmen. Für den Konsumgüterhersteller ist eine konsistente und qualitativ hochwertige Ausführung ein wichtiges Präsentations- und Verkaufsinstrument.

Eindeutig ist am Markt zu erkennen, dass ein Trend zur optischen Aufwertung von Verpackungen Raum gewonnen hat. Veredelungen wie Glanz- und Mattlacke, Spotlackierungen, Einsatz von Metallicfarben, Iriodine, Gold- und Silberfarben, Strukturprägung, Heiß- und Kaltfolienprägung und Sonderfarben sind nur ein Ausschnitt aus der Palette der Möglichkeiten. Hinzu kommen auch haptische Effekte, erzeugt durch Prägungen und Materialstrukturen. Selbst sensorische Effekte, erzielt durch Duftlacke, sind anzutreffen.
Verkaufsverpackungen sollen sich abheben vom Wettbewerber; sie sollen Aufmerksamkeit beim potentiellen Käufer erregen. Und schließlich sind sie ein wichtiger Bereich des Unternehmensimages, das heißt sein Corporate Design.

Verpackungen sollen für und beim Käufer einen positiven Eindruck erzeugen. Gleichzeitig soll die Wiedererkennbarkeit der5 Marke gesichert sein. Äußere Form, Farbigkeit und Veredelung sollen eng mit dem verpackten Produkt gekoppelt sein.

Auch aus diesen, nur kurz dargestellten Argumenten stellt sich die Forderung an ein hohes Know-how beim Verpackungsdrucker und damit verbunden die passende maschinelle Ausstattung sowie betriebliche Ablauforganisation.

Dr. h.c. Dipl.-Ing. (FH) Siegbert Holderried
Das Letzte zur Branche

Geboren 1941 in Esslingen am Neckar, 1956 Lehre als Buchdrucker.1966-1969 Studium an der Staatlichen Ingenieurschule für Wirtschafts- und Betriebstechnik der graph Industrie; heute Hochschule der Medien, Stuttgart. 1969-1973 Abteilungs- und Betriebsleiter in Druckereien. 1973-2006 stellv. Geschäftsführer beim VDMA und der Forschungsgesellschaft Druckmaschinen e.V., Geschäftsführer der PRINTPROMOTION, Gesellschaft zur Förderung der Druck- und Papierverarbeitungsindustrie mbH, Frankfurt. 1982–1987 stellv. Bundesvorsitzender der Führungskräfte der Druckindustrie (FDI), Mitglied des VDD seit 1974 und Schriftführer 1976-2005. 2006 Verleihung der Ehrendoktorwürde der Moskauer staatlichen Universität. Ehrenmitglied des VDD und Eintritt in den Ruhestand.
Verleihung der Friedrich-Koenig-Medaille 2012.

2011 -2012
Die Druckmaschinenindustrie formiert sich neu - Das Ende der MAN Roland Druckmaschinen AG – Heidelberger mit neuer Führung und Einstein hatte doch recht

Die Roland Druckmaschinen AG, Offenbach ging 1979 aus der Verschmelzung der 1871 gegründeten „Roland Offset- und Maschinenfabrik Faber und Schleicher“ mit der „Augsburger M.A.N.-Druck- und Maschinenbau“ hervor. Im Juli 1990 wurde im Rahmen der deutschen Wiedervereinigung die Firma Plamag Plauen übernommen. Nach der 1985/86 erfolgten Umstrukturierung der GHH, Oberhausen zur MAN AG und der anschließenden Verlegung des Konzernsitzes nach München entstand die MAN-Roland Druckmaschinen AG mit Sitz in Offenbach.

Wie eigentlich jeder wusste oder zumindest ahnte, dass das auf Schulden basierte Kartenhaus des Weltfinanzsystems irgendwann einen Crash erleben wird, wusste auch jeder aus der Druckbranche, dass im Druckmaschinenbau irgendwann die Stunde der Wahrheit kommt.
Seit Jahren besteht im Druckmaschinenbau durch Überkapazitäten und den Strukturwandel ein brutaler Verdrängungswettbewerb, der letztlich den Unternehmen nur schwer erlaubte, die Produktionskosten gewinnbringend am Markt zu realisieren. Dennoch schlug die Nachricht vom Insolvenzantrag der manroland AG am 25. November 2011 wie eine Bombe ein.

Seit Jahre munkelte die Branche, dass es der MAN Roland Druckmaschinen AG nicht besonders gut geht. Die veröffentlichten Firmenverlautbarungen sprachen gerne von schwarzen Nullen und optimistischen Entwicklungen für die Zukunft. Im Jahr 2005 konnte MAN Roland nach umfangreichen Umstrukturierungen immerhin noch einen buchhalterischen Gewinn erwirtschaften. Im Januar 2006 veräußerte die Muttergesellschaft MAN dann die Mehrheit seines Tochterunternehmens MAN Roland Druckmaschinen AG an das Tochterunternehmen der Allianz AG, der Allianz Capital Partners GmbH (ACP) - Allianz Private Equity, die gleichzeitig den gesamte Geschäftsbetrieb und alle Tochtergesellschaften einschließlich der bestehenden Verbindlichkeiten umfasste. Die Aktien wurden von einem Beteiligungsunternehmen verwaltet, an dem die MAN AG zu 35 % und die ACP zu 65 % beteiligt waren. Das Management erhielt davon zwei Prozent Anteile und bekam den Auftrag, die in manroland AG

umbenannte Firma an die Börse zu bringen. Ein Aktiengang war jedoch, wie sich herausstellte, auf Grund der schwierigen Marktsituation und der seit 2007 anhaltenden Finanz- und Wirtschaftskrise vermessen und konnte nicht erreicht werden.

Nachdem eine Fusion mit der auch in Turbulenzen geratenen Heidelberger Druckmaschinen AG im Oktober 2009 scheiterte, suchte die Allianz weiter vergeblich nach Partnern. Da sich jedoch auch im laufenden Geschäftsjahr 2009/2010 keine Erholung abzeichnete, zog die Allianz im November 2011, um weitere Verluste zu vermeiden, die Notbremse. Immerhin hatte die Allianz seit dem Einstieg im Jahre 2006 manroland mit insgesamt 374 Millionen Euro alimentiert. Konkrete Zahlen über die Finanz- und G+V-Struktur von manroland waren auch noch zu Zeiten, als die MAN das Sagen hatte, schwer zu erhalten und man munkelte über einen Verlustvortrag bei der Muttergesellschaft in dreistelliger Millionenhöhe. Bemerkenswert war dennoch der Zeitpunkt.

Der Münchener Nutzfahrzeug- und Maschinenbauer MAN AG hielt unter seinem Aufsichtsratsvorsitzen Rudolf Rupprecht den Konzern mit Bussen, Lastwagen, Anlagen, Dieselmotoren und Druckmaschinen zusammen. Der im Jahr 2004 zum Vorstandsvorsitzenden berufenen Schwede Hakan Samuelsson sah die Zukunftsperspektiven des Unternehmens primär bei Transport, Antriebe und Energie und strebte konsequent die Trennung des Druckmaschinenbaus an. Dieser wurde ausgegliedert und für 856 Mill. Euro in das erwähnte Gemeinschaftsunternehmen der Allianz-Private-Equity-Sparte Allianz Capital Partners (ACP) und MAN eingebracht. Die Überführung wurde durch Eigenkapital von ACP und MAN in Höhe von 275 Mill. Euro entsprechend der Beteiligung an dem Joint Venture finanziert. Ein Bankenkonsortium unter der Führung der HVB stellte das restliche Kapital. Die “neue“ manroland AG war geboren.
Bereits zur Drupa 2000 veröffentlichte die Frankfurter Allgemeine Zeitung ein Interview, bei dem der Vorstandsvorsitzende eines Wettbewerbers von einem kannibalischen Wettbewerb im Druckmaschinenbau sprach und feststellte, dass dringend die Kapazitäten der Marktnachfrage angepasst werden müssen. Der Absturz der manroland AG ist für die Branche also nicht vom Himmel gefallen und der Zweckoptimismus, der jahrelang Investoren bei der Stange gehalten hat, hat letztendlich nicht dazu geführt, weiteres Kapital, das zum Überleben dringend erforderlich wurde, zu beschaffen.

Der Zeitpunkt der Insolvenz der manroland AG geht zeitgleich einher mit dem Wechsel des Allianz-Finanzvorstandes Paul Achleitner zum Aufsichtsvorsitzenden bei der Deutschen Bank. Der Ex-Goldman-Sachs-Banker hatte als für die ACP zuständiger Vorstand 2006 für den Kauf von manroland votiert und verhandelte exklusiv mit der Allianz über die Druckmaschinentochter. Seit dem ACP-Einstieg 2006 ging es jedoch mit dem Druckmaschinenbauer weiter wirtschaftlich bergab. Mit der Insolvenz verliert die Allianz die 65 Prozent der Anteile. Einschließlich der Schulden wurde die Transaktion manroland mit 856 Mio. Euro bewertet. Auch die 200 Mio. Euro, die die Allianz 2009 nach dem Scheitern der Fusion mit Heidelberger Druckmaschinen AG nachschoss, mussten voll abgeschrieben werden. Angesichts der Krise im Druckmaschinenbau und der Absage eines angeblich unbekannten Investors teilte die Allianz im Dezember 2011 mit, dass es „wirtschaftlich nicht mehr zu verantworten“ sei, mit Versichertengeld weitere Verluste zu übernehmen.

Bei dem ungenannten Investor handelt es sich, wie sich herausstellte, um die Schweizer Beteiligungsfirma Capvis. Diese wiederum stellte die Situation anders dar. Laut Capvis dauerte es von September bis Mitte November, bis ACP Zugang zu detaillierten Finanzzahlen

erhielt. Erst im November sei klargeworden, dass der Restrukturierungsbedarf - und damit auch die Kosten – wesentlich höher waren als ursprünglich veranschlagt worden war. Trotz der bekannten Schwierigkeiten waren von Achleitner öffentlich nie konkrete Informationen zu erfahren. Achleitner läutete mit dem Insolvenzantrag bei manroland die Schlussglocke nach der Devise„Besser ein Ende mit Schrecken, als ein Schrecken ohne Ende“ (Finanzial Times 27.11.2011).

Die Herbeiführung der Insolvenz kann aber auch so interpretiert werden, dass Achleitner, der im Mai 2012 als Aufsichtsratschef in die Doppeltürmen der Deutschen Bank umzog,, seinem Nachfolger bei der Allianz keine alte Baustelle hinterlassen wollte.

Die Bekanntgabe des Insolvenzantrages am 25. November 2011, verbunden mit der Nachricht, dass die Gespräche mit einem möglichen Investors gescheitert sind, war für die 6.500 Mitarbeiter der manroland ein herber Schlag. Als Insolvenzverwalter wurde der in Bayern ansässige Werner Schneider ernannt. Auch hier wurden bereits im Vorfeld dieser Insolvenz die Weichen gestellt und die Karten kräftig gemischt. Nach Angaben der IG Metall hätten die Offenbacher gerne den Gerichtsstandort Offenbach und die Heidelberger Kanzlei Wellensiek als Insolvenzverwalter gesehen. Doch das in Augsburg residierende manroland-Management drängte darauf, den Insolvenzantrag am bayerischen Standort zu stellen. Unter einem enormen Zeitdruck - das Insolvenzverfahren lief bereits am 31.Januar 2012 ab - wurde seit Anfang des Jahres 2012 vehement ein Investor zur Rettung der Arbeitsplätz der manroland AG gesucht. Die Fachwelt spekulierte heftig über die Abwicklung der manroland AG und den Fortbestand der 6.500 Arbeitsplätze. Es wurde befürchtet, dass die chinesische Shanghay Electric, die sich 2011 auch die amerikanische Goss einverleibt hatte, zum Zug kommt und das Unternehmen ausschlachtet. Als weiterer Interessent outete sich der amerikanischen Finanzinvestor Platinum Equity. Weiter wurde spekuliert, ob Koenig & Bauer „den Hut in den Ring“ wirft. Was den Standort Offenbach betrifft, gab es Spekulationen über einen Einstieg des japanischen Konzerns Canon mit seiner Tochter Océ Printing Systems. Letztendlich entschied am 18. Januar 2012 der Gläubigerbeirat über den Zuschlag an den Lübecker Industrie-Mischkonzern L. Possehl & Co. mbH für das Werk Augsburg und den Rollenbereich. Possehl verkündete, dass eine neue Gesellschaft gegründet wird, an der das Management beteiligt werde. Ferner wurde angekündigt, eine langfristige Lieferbeziehung mit dem manroland-Werk in Plauen einzugehen, um dort eine Auslastung sicherzustellen.

Wer ist Possehl??
Die L.Possehl & Co. mbH ist ein Lübecker Mischkonzern mit mehr als 130 Gesellschaften. Der Kern des Unternehmens umfasst neun unabhängige Geschäftsbereiche. Weltweit werden mehr als 8.500 Mitarbeiter beschäftigt, davon rund die Hälfte im Inland. Die Führung legt Wert darauf, dass sich das Unternehmen weiter an ihrer mehr als 160-jährigen hanseatischen Tradition orientiert.

Zu diesem Zeitpunkt war noch geplant, die „manroland Sheedfed Sytems“ auf dem Weg eines Management-Buy-Outs (MBO) gemeinsam mit einem Investor zu sanieren. Das Konzept sah einen massiven Stellenabbau vor. Allein in Deutschland standen 2.200 der 4.700 Arbeitsplätze zur Disposition. Am härtesten traf es den Standort Offenbach, wo rund 1.000 Stellen gestrichen werden sollten.

Im letzten Moment tauchte dann die englische Langley Holdings plc. als Investor auf. Bei der Langley Holdings handelt es sich um einen Mischkonzern mit 2.300 Mitarbeitern und einem Umsatz von 495 Mio. Euro mit einem Gewinn von 76,3 Mio. im Jahre 2011.

Der Alleinhaber der Holding, Anthony Langley, der sich vor den verbliebenen Mitarbeitern in Offenbach als „Ich bin ein Rolander" outete, soll über ein Vermögen von 270 Mio. Pfund verfügen. Die Erlöse des Konzerns werden dabei schon seit langem zum großen Teil in Buxtehude oder Osterode erwirtschaftet. Offiziell nahm die „neue" manroland sheetfed GmbH am 10. Februar 2012 die von 1.800 auf noch 850 Beschäftigten geschrumpft wurde und mehr als 2.000 Mitarbeitern in weltweit über 40 Tochtergesellschaften, den Geschäftsbetrieb auf. In der Branche wird laut Financial Times Langley ironischerweise bereits auch der „englische Possehl" genannt. Langley blickt optimistisch in die Zukunft und erwartet für das Jahr 2012 bereits einen Gewinn.

Und das Werk Plauen

Als Folge der Insolvenz der manroland AG ist bis heute unklar, wie die Zukunft für das manroland Werk in Plauen (Sachsen) aussehen soll. Bereits im Januar war die Hälfte der rund 700 Mitarbeiter im Vogtland entlassen worden. Die Possehl-Gruppe plante ursprünglich gemeinsam mit der Berger-Holding, Werk (Passau) Plamag zu übernehmen. Im März erklärte der Automobilzulieferer Berger allerdings, dass er nicht mehr in Plauen einsteigen wolle und somit kam auch die Possehl-Gruppe nicht zum Zug. Der Verkauf war damit gescheitert. Wie ein Sprecher des Insolvenzverwalters, Alexander Görbing, gegenüber dem MDR 1 Radio Sachsen Mitte April 2012 bestätigte, könne ein Vertrag in Kürze unterschrieben werden. Wer den Standort übernimmt und andere Details, wollte Görbing allerdings noch nicht mitteilen. Einen weiteren Stellenabbau solle es aber nicht geben, heißt es weiter. Wie einige Zeitungen berichteten, handelt es sich bei dem Käufer möglicherweise um das Maschinenbauunternehmen MN aus Niederwürschnitz (Sachsen). Mitte März war bekannt geworden, dass das Unternehmen Interesse an einer Übernahme bekundet hatte. Doch noch vor der Drupa war keine Entscheidung gefallen und es wurde auch mit Ex-Porsche-Chef Wendelin Wiedeking über einen Einstieg verhandelt. Inzwischen hat Wiedekind sein Angebot jedoch zurück gezogen. Insolvenzverwalter Werner Schneider steht derweil nach Angaben eines Sprechers weiterhin in Verhandlungen mit „mindestens einem Interessenten".

Die Heidelberger Druckmaschinen AG

Im Ende März 2012 abgelaufenen Geschäftsjahr hatte Heideldruck das Gewinnziel wegen der Insolvenz von Eastman Kodak und einer höheren Risikovorsorge nicht erreicht. Nach vorläufigen Zahlen wird der Konzern nun einen Betriebsgewinn zwischen 0 und 5 Mio. Euro ausweisen.

In der Folge trennt sich Heideldruck von weiteren 2.000 der 15.400 Beschäftigten. Allein 800 Stellen fallen im weltweiten Vertrieb, der weltweit neu strukturiert werden soll, weg. Die Heidelberger Druckmaschinen AG hat in Rochester in den USA ein Verwaltungs- und Produktionsgebäude an Kodak vermietet und befürchtet, wegen der Insolvenz von Kodak Mietausfälle und sah sich zudem gezwungen, die Risikovorsorge um einen niedrigen zweistelligen Millionen Euro-Betrag zu erhöhen. Dieser Betrag hätte ein niedriger zweistelliger Gewinn sein können.

Das Ergebnis der betrieblichen Tätigkeit ohne Sondereinflüsse lag im Geschäftsjahr 2011/12 zwischen Null und fünf Millionen Euro, teilte Heidelberger Druck am 25. Mai 2012 auf Basis vorläufiger Zahlen mit.

„Die Manroland Insolvenz war eine Gelegenheit, Gespräche über Kooperationen mit Wettbewerbern zu führen", sagte derVorstandsvorsitzende Schreier rückblickend. Nach dem Verkauf seien diese Bemühungen aber wieder zum Erliegen gekommen. Gleichzeitig habe Heideldruck von der Manroland-Pleite profitiert: „Wir werden 50 bis 100 Mio. Euro an Jahresumsatz abschöpfen", sagte der Konzernchef.

Führungswechsel bei der HDM

Am 19.Juli 2012 überraschte die Presse die Öffentlichkeit mit der Eilmeldung, daß Bernhard Schreier, Vorstandsvorsitzender der Heidelberger Druckmaschinen AG, seinen Mitte 2013 auslaufenden Vorstandsvertrag nicht verlängern und das Unternehmen zum Jahresende 2012 verlassen wird. 37 Jahre war Bernhard Schreier bei der Heidelberger Druckmaschinen AG beschäftigt, davon 13 Jahre an der Spitze.

Als Nachfolger im Amt des Vorstandsvorsitzenden hat der Aufsichtsrat mit Wirkung zum 1. September 2012 einstimmig Gerold Linzbach (56) berufen. Gerold Linzbach promovierte nach dem Universitätsabschluss als Diplom-Chemiker an der Universität Dortmund 1985 im Bereich Chemieingenieurwesen. Die weiteren Stationen waren: Dechema, McKinsey, Höchst AG, Celanese Acetate Gruppe USA, Holzmindener Symrise AG. Zuletzt war Gerold Linzbach Vorstandsvorsitzender und Geschäftsführer die D+S Europe, beziehungsweise deren Folgegesellschaften in Hamburg.

„Nachdem in den vergangenen Monaten wichtige strategische Weichenstellungen eingeleitet und zum Teil bereits umgesetzt wurden, um Heidelberg wieder auf einen profitablen Wachstumskurs zu bringen, und die Branchenmesse drupa im ersten Quartal des Geschäftsjahres 2012/13 zum höchsten Quartalsauftragseingang seit vier Jahren geführt habe, hätten Aufsichtsrat und Schreier jetzt den richtigen Zeitpunkt gesehen, um auch an der Unternehmensspitze neue Impulse zu setzen," so die Version des Aufsichtsrates.

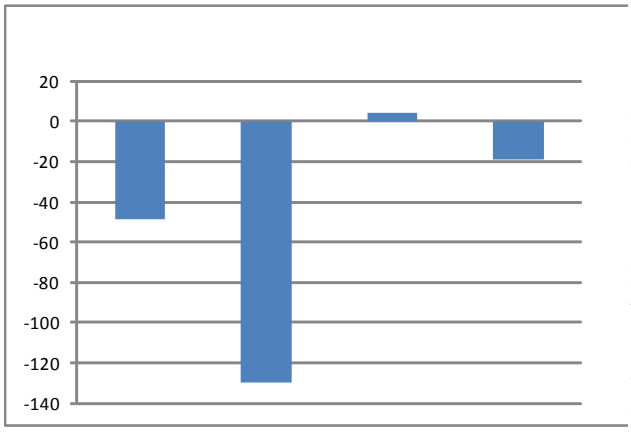
Anlässlich der Hauptversammlumg im Juli 2012 wurde mitgeteilt, dass im gesamten Geschäftsjahr 2011/12 (31. März) der Fehlbetrag bei Heidelberger Druck bei 230 Millionen Euro, nach 129 Millionen Euro im Vorjahr gelegen habe und der Umsatz um 1,3 Prozent auf rund 2,6 Milliarden Euro gesunken sei.

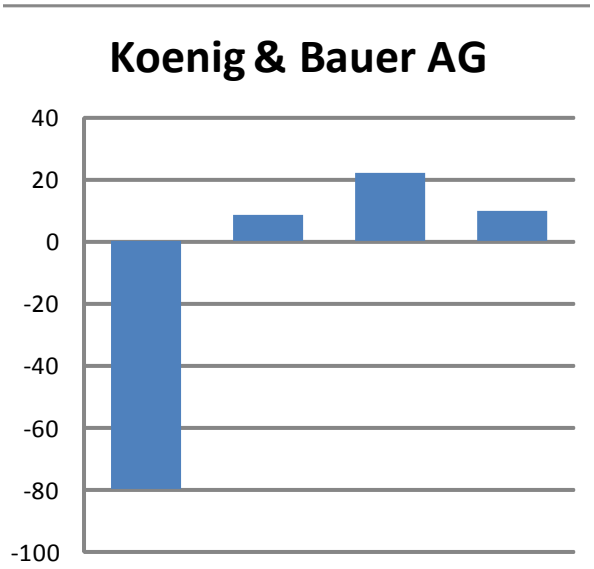
Kodak am Ende

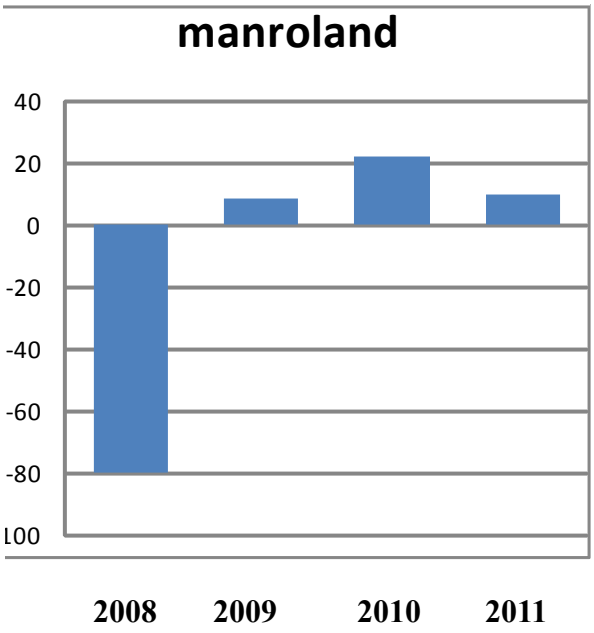
Nach einem langen und schmerzhaften Überlebenskampf hat der Fotopionier Kodak Gläubigerschutz beantragt. Zuletzt hatte das 130-jährige Unternehmen vergeblich versucht, einen Käufer zu finden. Am 19. Januar 2012 stellte die Eastman Kodak wegen der drohenden Insolvenz in New York einen Antrag auf Gläubigerschutz nach dem Chapter eleven des amerikanischen Konkursrechtes. Schon seit geraumer Zeit hatte sich abgezeichnet, dass diesem Traditionsunternehmen die Zahlungsunfähigkeit droht. Offensichtlich war die Strategie des Unternehmens ungeeignet, auf technologischer Augenhöhe mit der vornehmlich japanische Konkurrenz zu bleiben.

Wolken über Kodak. Die Eastman Kodak Zentrale in Rochester N.Y: Hier arbeiten noch 7.000 Menschen, z. Zt. des VDD Besuchs bei Kodak im Jahr 1974 waren es noch 60.000 und das Unternehmen Kodak war ein gesicherter Stadtteil von Rochester.

In Amerika ist es nicht so unüblich, sich unter den Schirm des chapter eleven zu stellen und schon andere bedeutende Unternehmen, wie z. B. auch GOSS, haben sich hiermit gefangen bzw. neu formatieren können. Kodak setzte im Überlebenskampf vor allem darauf, frisches Kapital aus dem Verkauf von Patenten beschaffen zu können. Immerhin umfasst der Stock von Kodak rund 1.100 Schutzrechte. Mit einer Reihe von Klagen, wie an die renommierten Unternehmen Apple, Samsung, den Smartphone-Spezialist HAC und den Erzrivalen Fujifilm wird versucht, die Potenziale des Patentportfolios zu nutzen. Die Erfindung des Fotofilms und des Kleinbildformats hatten den Eastman Konzern einst reich gemacht. Kodak war zudem an den Anfängen der digitalen Fotografie beteiligt und hält deswegen auch dort diverse grundlegende Patente. Allerdings hatte im Laufe der Zeit insbesondere die japanische Fotoindustrie am Renommee von Kodak genagt.







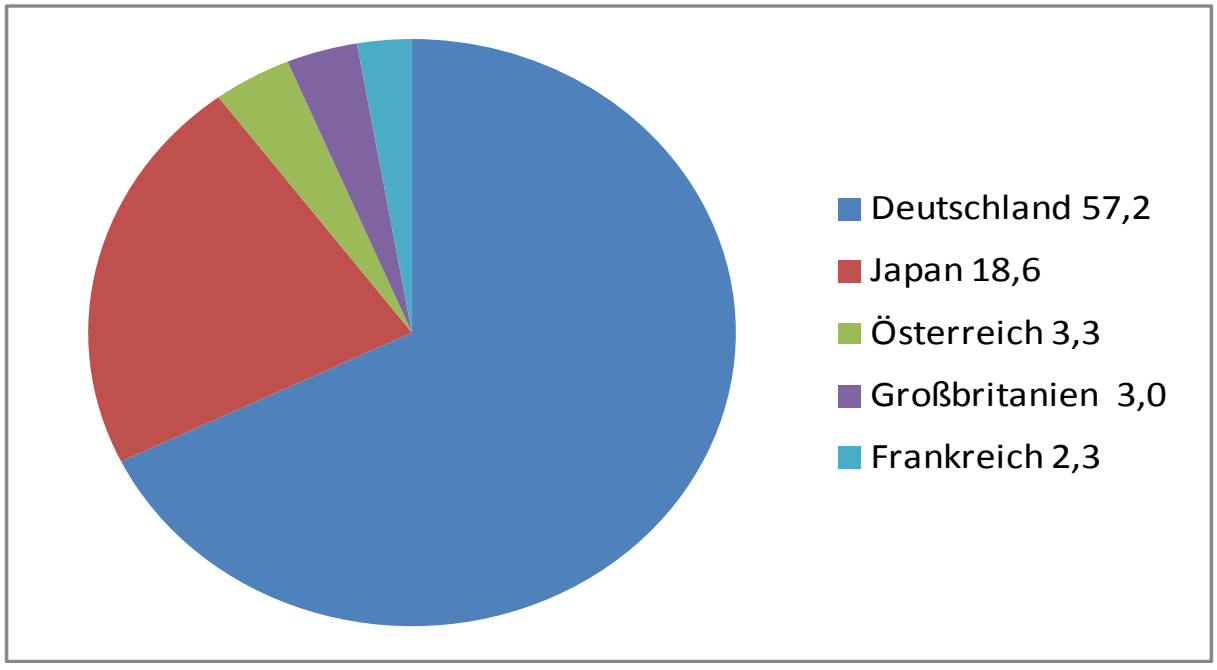
Ein Deal kam jedoch trotz monatelanger Gespräche nicht zustande. Nach Einschätzung von Experten versuchte Kodak mit den Patentklagen, potenziellen Kaufinteressenten die Schlagkraft seines Patentportfolios zu demonstrieren.

Die deutsche Kodak ist von der Insolvenz nicht betroffen. Kodak Deutschland hat seinen Sitz in Stuttgart-Wangen, wo das Marketing, der Vertrieb und das Management mit etwa 120 Mitarbeitern angesiedelt ist. Am Produktionsstandort im niedersächsischen Osterode im Harz sind etwa 900 Mitarbeiter beschäftigt

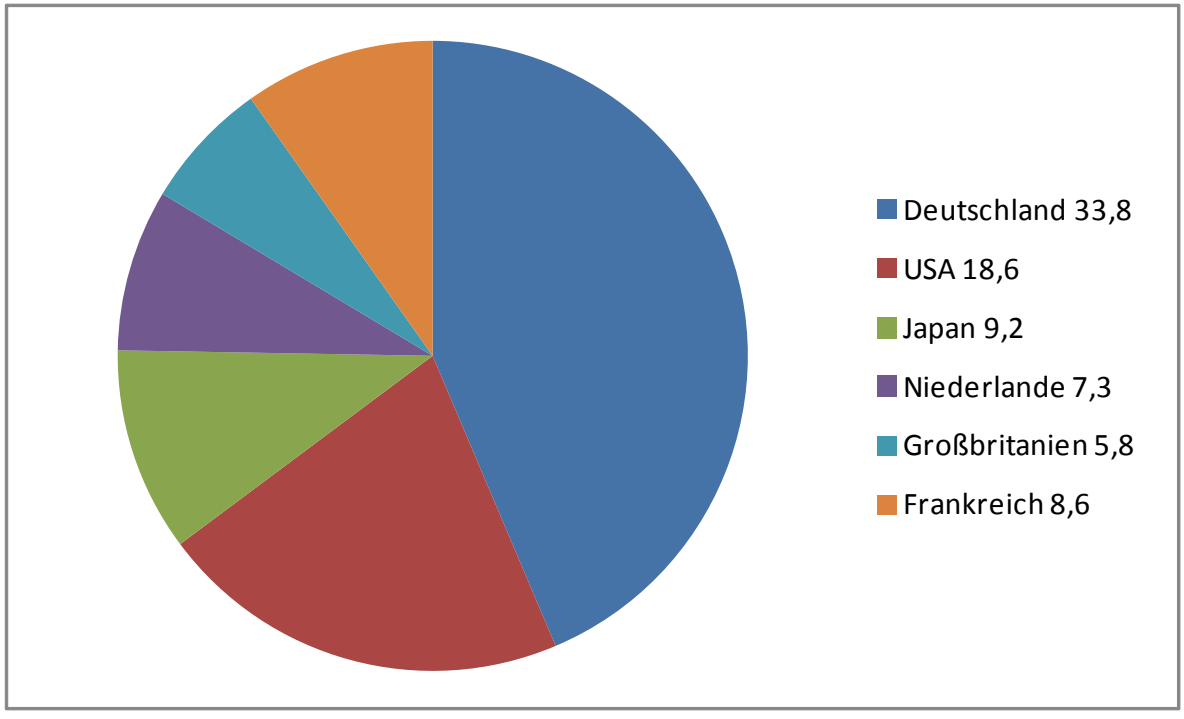
Und die Drupa 2012

Die Finanzial Times schrieb im Vorfeld zur Drupa vom „Erschlaffen der Druckbranche“ und stellte fest, dass vor der Finanzkrise Druckmaschinenhersteller global 9 Mrd. Euro umsetzten und heute auf rund die Hälfte geschrumpft sind. 314.500 Fachleute aus über 130 Ländern sind zur drupa nach Düsseldorf gekommen, um die 1.850 Aussteller zu sehen. Das waren 75.500 weniger Besucher als im Jahr 2008. „Dieser Rückgang kommt für uns und die gesamte Branche nicht überraschend. Allein in Deutschland hat die Druckindustrie in den Jahren 2000 bis 2011 rund 3.900 Betriebe mit über 61.000 Beschäftigten verloren. In den USA haben im gleichen Zeitraum über 7.700 Druckereien geschlossen“, erläutert hierzu Werner Matthias Dornscheidt, Vorsitzender der Geschäftsführung der Messe Düsseldorf. Noch vor der Messe wurden ca. 350.000 Besucher erwartet. Nach Einschätzung des Vorstandsvorsitzenden der Heidelberger Druckmaschinen AG, waren „vor einer Drupa noch nie die finanziellen Rahmenbedingungen so schwierig und die Aussichten für die Branche so volatil“.

Die Strukturkrise, verursacht durch das Internet einerseits und die digitale Herausforderung andererseits, und die Finanzierungsprobleme unter der die meist mittelständischen Drucke-



Produktion Bogendruckmaschinen 2011



Produktion Rollendruckmaschinen 2011

reien besonders zu leiden haben, waren nicht die besten Rahmenbedingungen für Investitionen.

In der Vergangenheit sprach man gerne vor einer Drupa und von einem Drupa-Loch und verstand darunter die Investitionszurückhaltung der Kunden vor Beginn der Messe.

Doch dies war offensichtlich - wie übrigens auch in der Vergangenheit - eher ein Wunschdenken als Realität.

Dennoch hat sich auf der Drupa alles getroffen, was Rang und Namen hatte. Ein Großteil der Besucher war sich einig, dass wieder einmal der Israeli Benny Landa die größte Aufmerksamkeit geschafft hat. Benny Landa, bekannt als Erfinder der mittlerweile an HP verkaufte Indigo-Druckmaschine, hat - wie bereits 1995 - mit missionarischem Eifer eine Indigo2 mit thermoplastischen Nano-Druckfarben vorgestellt.

Der Knaller zur Drupa: Nanografie – Kleiner kann man nicht drucken

Benny Landa hat auf der drupa 2012 einen neuen Sack für die Druckbranche geöffnet. Mit einer Präsentation im schon gewohnten Landa-Stil wurde, missionarisch wie einst die Indigo, eine Technik und die dazugehörigen Maschinen vorgestellt, die es eigentlich noch gar nicht so richtig gibt. Das Herzstück der Nanografie bilden die NanoInk-Tinten aus dem Hause Landa. Die Pigmentpartikel sollen im zweistelligen Nanometerbereich liegen und damit Vorteile gegenüber den im Mikrobereich liegenden Farbpigmenten bieten. Diese Nanopigmente sollen, nach Landa, zu sehr reinen Farben führen und den Pigmentbedarf wesentlich reduzieren

Im Gegensatz zu den meisten auf Leinöl basierten Druckfarben werden die Nanopigmente in der Druckmaschine mit Wasser zu Tinten aufbereitet. In der Maschine wird aus den Tintentröpfchen ein ultradünnes „Abziehbild“ gebildet, das auf den Bedruckstoff übertragen wird.

Es bleibt abzuwarten, wie sich diese Technik in der Praxis durchsetzen wird und ob dieses Verfahren wirkliche wirtschaftliche und qualitative Vorteile bietet. Aus dem Fall Indigo und der Angst, den Anschluss an die digitale Druckwelt erneut zu verpassen, haben die Heidelberger Druckmaschinen AG, manroland sheetfed und Komori bereits Kooperationen mitBenny Landa vereinbart. Diese dürften kurzfristig insbesondere der Firma Landa einen Nutzen bringen. (s. auch Beitrag von Prof. Dr. Edgar Dörsam „Nanografie oder Indigo II“)

Die Druckindustrie schrumpft weiter

Im Juli 2012 vermeldet Rolf Schwarz, Präsident des BVDM erstmals seit zwei Jahren wieder eine Steigerung des Umsatzes um 0,2 Prozenz auf 20,7 Milliarden Euro. „Wirtschaftlich deute sich, wenn auch auf niedrigem Niveau, eine Erholung an“ stellte der Präsident fest. Für das Jahr 2012 erwartet der Verband, dass sich der Umsatz um 1,5 Prozent erhöht. Allerdings sind die Erlöse von Januar bis April um 0,1 Prozent gesunken. Obwohl die Erzeugerpreise für Druckleistungen seit 2003 erstmals mit 1,3 Prozent wieder gestiegen seien, konnte dies die höheren Energie- und Rohstoffkosten laut Schwarz nicht decken. Im Vergleich konnte die deutschen Industrie Ihren Umsatz im vergangenen Jahr um 10,9 Prozent steigern.

Nach den Zahlen des BVDM sank die Zahl der Druckereibetriebe um 3 Prozent auf 9746 Unternehmen, die der Mitarbeiter um 2,7 Prozent auf 154.524. Im vergangenen Jahr meldeten 202 Druckunternehmen Insolvenz an und damit 12 mehr als im Vorjahr. Sorgen bereitet der konjunkturabhängigen Branche vor allem die wirtschaftliche Lage Deutschlands infolge der Schuldenkrise einerseits, und wie auch die Drupa zeigte, der digitale Wandel in der Druckproduktion andererseits.

Neckermann macht nichts mehr möglich

Das Unternehmen Neckermann, vor 62 Jahren von Josef Neckermann gegründet, schrumpfte im April 2012 auf eine Plattform für den Online-Handel. 1.400 der 2.000 Beschäftigten werden entlassen und der Neckermann Katalog, ein Stück deutscher Nachkriegsgeschichte, verschwindet ein Jahr nach dem Aus der Quelle mit ihrem Katalog. Auch dies eine direkte Auswirkung des Internet.

Papierproduktion insgesamt auf hohem Niveau

Die Zahlen zur Papierproduktion sind stets ein Indikator auch für die Druckindustrie, da sich die Papierhersteller sehr schnell dem Papierkonsum anpassen.

Nach Angaben des VDP ist 2011 das hohe Niveau des Vorjahres weitgehend gehalten worden. Der Absatz von Papier, Karton und Pappe war mit -1,9 % auf 22,6 Mio. t leicht rückläufig. Die Produktion verringerte sich um 1,6 % gegenüber dem Vorjahreszeitraum. Wie der Präsident des Verbandes Deutscher Papierfabriken (VDP), Moritz J. Weig, bei der Jahresbilanz seines Verbandes mitteilte. Die Branche steigerte den Umsatz um 7 % auf 15,3 Mrd. Euro. Strukturell belasteten hohe Rohstoff- und Energiekosten weiterhin die Ergebnisse der Unternehmen.

Noch ein Kommentar zur aktuellen Physik - Neurinos und Higgs

Bereits in den von mir besuchten Physikvorlesungen, hatte ich dann Schwierigkeiten, wenn Dinge erklärt wurden, die man nicht sehen und greifen konnte und ich frage mich bis heute, wer sich ein seit dem Urknall expandierendes Universum und dunkle Materie und Energien vorstellen kann. Auch der Vorgang einer quantenmechanischen Messung und was dabei wirklich passiert, ist für mich nur schwer nachvollziehbar. Aber wie so oft, ist gerade das unvorstellbare besonders interessant und die Physik insbesonders, da die Gesetze der Naturwissenschaften im Gegensatz beispielsweise zu der Politik und den Geisteswissenschaften wirklich alternativlos sind. Faszinierend ist auch die Schnittstelle von Philosophie und den Naturwissenschaften. Bereits Immanuel Kant hat in seiner „Kritik der reinen Vernunft“ darauf hingewiesen, dass wir zwangsweise in unserem Denken auf Widersprüche stoßen müssen, wenn wir unser Verstehen auf das unendlich Kleine und Große zu richten versuchen. Im Mikro- und Makrokosmos stecken die Entdeckungspotentiale und wer träumt nicht von der finalen Weltformel, um zu erfahren, woher wir letztendlich kommen.

Einstein hatte doch recht

Ende 2011 hat eine Forschergruppe im italienischen Untergrundlabor in der Nähe von Rom gemessen, dass die fast masselosen Neutrinos die Strecke Genf - Gran Sasso von 730 Kilometern sechzig Milliardstelsekunden (Nanosekunden) schneller zurückgelegt hätten als Licht. Die Diskrepanz ist zwar sehr gering, hätte aber im Falle, dass sich der die Messung als richtig herausgestellt hätte, einen Umsturz der Physik bedeutet. Denn die Neutrinos hätten damit den absoluten Geschwindigkeitsrekord gebrochen und ein bisher unerschüttertes Dogma verletzt, denn nach Einsteins Relativitätstheorie ist die Lichtgeschwindigkeit das Maß aller Dinge und absolut. Danach bewegt sich nichts schneller als Licht, das im Vakuum eine Geschwindigkeit von 299 792 458 Meter/Sekunden erreicht. Ein Gegenbeweis gibt es bisher nicht, denn dies würde gegen das Kausalitätsprinzip verstossen.

Ende Februar 2012 legte sich dann die Aufregung, als das Team von Fehlerquellen bei der Messung berichtete – ein defektes Glasfaserkabel war schuld. Es ist beruhigend, dass auch Physiker sich irren können. Es kann einfach nicht sein und dabei bleibt es, dass sich nur Nichts schneller fortbewegen kann als Licht.

Und was ist mit dem Gottesteilchen

Dagegen erregten die Schlagzeilen in den Gazetten am 5. Juli 2012 von der Ankündigung, dass endlich das „Gottesteilchen gefunden wurde, Aufmerksamkeit. Anlässlich des 62. Treffens der Nobelpreisträge in Lindau im Juli war das Higgs-Teilchen das Thema Nummer eins. Mit hoher anzunehmender Wahrscheinlichkeit ist es den den vielen tausenden Teilchenjäger weltweit endlich angeblich gelungen, die Existenz des Higgs-Teilchen nachzuweisen. In Experimenten an der Urknallmaschine LHC (Large Hadron Collider) bei Genf ist mit sehr hoher Signifikanz ein Teilchen mit einer Masse von etwa 126 Gigaelektronenvolt entdeckt worden, das immerhin einer Masse von 130 Protonen entsprechen soll. Es ist seit Jahren die zentrale Aufgabe des im Jahr 2008 in Betrieb gesetzten LHC, das letzte Puzzlestück im etablierten Teilchenmodell zu finden. Aber auch die Physiker geben zu, mit diesem Gottesteilchen nicht nicht in der Lage zu sein, die Welt nachzubauen und die Suche nach Anti- und dunkler Materie geht weiter. Selbst Physiker stellen fest, dass es schön ist, dies alles zu wissen und fragen sich gleichzeitig, was für einen praktischen Nutzen die Welt davon hat. Aber man weiß ja nie und zuviel Wissen kann ja auch nicht schaden. Sicher bin ich, dass es den Forschern nicht langweilig werden wird, denn sollte das Higgs gefunden sein, ist sicher interessant, wie dies mit den Elementarteilchen und mit Gott und den Quarks wechselwirkt. Fest steht, allzu schnell kann man aus dieser Entdeckung kein Produkt erwarten das man bei Ebay ersteigern kann.

Jahrestagung 2011

Energieeffizienz in der Druckindustrie Bericht von der VDD-Jahrestagung am 30.09.2011 in Solms.

Nachdem man im vorigen Jahr zu Gast bei einem Großbetrieb des Druckmaschinenbaus, der Heidelberger Druckmaschinen AG, gewesen sei, habe man diesmal bewusst die Einladung eines mittelständischen Betriebes, der Firma Baumann Maschinenbau GmbH & Co. KG in Solms-Niederbiel im Lahntal südlich von Wetzlar angenommen, um damit das breite Spektrum unserer Branche und die Vielfalt der technischen Herausforderungen zu demonstrieren, denen wir uns stellen müssen, sagte der Vorsitzende des VDD, Prof. Dr.-Ing. Edgar Dörsam, bei der Begrüßung der rund 100 Teilnehmer, die den Weg in dieses etwas abgeschieden liegende Tal des Tagungsortes gefunden hatten. Dem VDD-Mitglied, Dipl.-Ing. Christian Baumann als Gastgeber und Geschäftsführender Gesellschafter in der 3. Generation, dankte er für die Einladung und gab ihm und dem Geschäftsführer des Werkes Solms, Dipl.-Ing. Volmar Assmann, gleich eingangs Gelegenheit ihr Unternehmen vorzustellen.

Die Baumann Maschinenbau Solms GmbH & Co. KG in Solms-Niederbiel

Im Jahre 1930 hat Heinrich Baumann ein Handelgeschäft für grafische Maschinen in Frankfurt am Main gegründet, das von seinem Sohn, Bernhard Baumann, zu einem Grafischen Zentrum, einem Vertriebs- und Serviceunternehmen für Druck- und Verarbeitungsmaschinen mit namhaften Vertretungsfirmen ausgebaut wurde und nun in der 3. Generation von seinem Sohn Christian Baumann, Absolvent der TU Darmstadt, mitgeführt wird. Als Folge der Hereinnahme der Vertretungen in die größeren Firmen selbst, baute Baumann sich ein zweites Standbein im Maschinenbau auf, indem man sich besonders der Papierschneidetechnik zuwandte. Die Baumann Maschinenbau GmbH & Co. KG beschäftigt heute rund insgesamt 500 Mitarbeiter, aufgeteilt auf die Werke in Solms (Schneidesysteme, Stapelwender, Sondermaschinen), in Verden an der Aller (Klebebindestrecken), Hannover (Wohlenberg-Schneidemaschinen) und Bautzen (Perfecta-Schneidemaschinen).

Herr Volkmar Assmann nannte als Kernkompetenz seines Werkes das schnelle Umsetzten von Ideen in praxisgerechte Produkte, was sich besonders im Sondermaschinenbau für fremde Branchen, besonders die optische und Automobil-Branche, niederschlägt. Aber auch bei den Schneidesystemen zeige man sich innovativ, arbeite mit kurzen Entwicklungszeiten aufgrund flacher Management-Strukturen und kurzer Entscheidungswege. Den Umsatz des Werkes bezifferte er mit 13 Mio. € bei rund 100 Mitarbeitern. Durch die Diversifizierung in andere Bereiche des Maschinenbaus (30% des Umsatzes) sei man relativ gut durch die Rezession gekommen. Mit dem Systemansatz beim Schneiden habe man die Produktivität der Schneidemaschinen um das Zehnfache, von 4 000 auf 40 000 Bogen/h steigern können. Die Geschäftsleitung musste sich dabei

entscheiden, ob manuelles Schneiden und automatisiertes Beschicken oder automatisiertes Schneiden und manuelles Beschicken besser zum Ziel führt. In Zusammenarbeit mit der Ruhr-Universität in Duisburg ließ man schon im Februar 2001 die beiden Varianten eingehend untersuchen und wählte danach die erste Variante, die man zur „Baumann-Philosophie“ erhob. 2006 waren die so gestalteten Schneidesysteme serienreif und bis heute konnten bereits 100 Anlagen davon ausgeliefert werden.

Folgende Innovationen hat Baumann Maschinenbau Solms in den letzten 24 Monaten auf den Markt gebracht:

1. Belader mit Wiegen und Zählen
2. Vollautomatische Schneideanlagen in modernster Bauweise
3. Stapelwender mit integrierter Zählung
4. Präzisionsablader für den Papierhandel
5. Press-Stationen in allen Formatgrößen
6. Glattstoßschüttler BASA 10 für Großformate
7. Glattstoßschüttler BASA 3L professional für randlose Verarbeitung
8. Palettenwechsler mit mittiger Ausrichtung des Stapels auf der Palette.

Die Werkbesichtigung am Vortag vor der VDD-Mitgliederversammlung hatte schon die gute Ausstattung der drei Fertigungshallen des Werkes Solms mit Bearbeitungszentren von bis 5 m Tischlänge, sowie die große Zahl an CNC-gesteuerten Dreh-, Fräs- und Bohrmaschinen gezeigt. Besonders beeindruckte in der Montage, dass alle Glattstoßschüttler vor Auslieferung einem 24 Stunden-Probelauf unterzogen werden. Es beeindruckte ebenso die hohe Präzision mit der man z. Bsp. Teile für im Automobil- und Flugzeugbau eingesetzte Messmaschinen herstellt. Auch richtet man ganze Messräume ein und baut alle elektronischen Steuerungen selbst. Im Parterre des Hauptgebäudes ist ein großer „Show-Room“ der in Solms hergestellten Maschinen untergebracht und neben den Büroräumen im Obergeschoss ein gut ausgestattetes und weiträumiges Schulungs-Zentrum, in dem die VDD-Tagung stattfand.

Die Leitung und Moderation der Tagung in Solms lag wie in früheren Jahren in den bewährten Händen von Prof. Dr. Karl Schaschek, Mitglied des VDD-Vorstands.

Vergleich von Druckmedien mit elektronischen Medien unter ökologischen Gesichtspunkten

Dr. Markus Heering, Geschäftsführer des VDMA-Fachverbandes Druck- und Papiertechnik in Frankfurt-Main hatte es übernommen, über ein Gemeinschaftsprojekt zu sprechen, das noch nicht abgeschlossen ist und zum Ziel hat, Aufklärung darüber zu verschaffen, wieweit sich Druckmedien und elektronische Medien in ihren ökologischen Bilanzen unterscheiden.

Hintergrund für die Studie war die landläufige Meinung, dass Druckprodukte schon durch das verwendete Papier nicht umweltfreundlich sein können, da sie damit Raubbau an unseren Wäldern treiben. Dagegen werden E-Books von 60% der Befragten einer GfK-Untersuchung als umweltfreundlich eingestuft. Im Überblick der letzten 20-30 Jahre nahmen diese subjektiven Meinungen einen wellenförmigen Verlauf ein.

Die Zielsetzung der Studie will einen objektiven Vergleich ermöglichen, die den gesamten Lebenszyklus der untersuchten Produkte einschließt, Nutzungsäquivalente berücksichtigt und die Minderung der Umweltbelastung durch das individuelle Verhalten aufzeigt. Um eine größtmögliche Sicherheit und Neutralität bei der Erstellung der Studie zu gewährleisten, wurden zwei voneinander unabhängige Institute damit beauftragt: das Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung in Berlin und das Fraunhofer Institut für Umwelt, Sicherheits- und Energietechnik in Oberhausen. Die Koordination übernimmt ein Steuerungs-Komitee des VDMA. Untersucht werden vier Medienpaare:

- die Tageszeitung im Rollenoffset-druck gegenüber dem Apple-iPad
- der im Tiefdruck/Rollenoffset gedruckte Katalog gegenüber dem Online-Vertrieb
- der im Rollenoffset gedruckte Roman gegenüber dem Kindle-E-Book
- das im Rollenoffset gedruckte Lehrbuch gegenüber dem Kindle-E-Book.

Die vielfältig ermittelten Daten werden einem Berechnungsmodell zugeführt. Dabei traten eine Vielzahl von Fragen auf, die langwierig entschieden werden mussten, z. Bsp. ob ein in China unter Umwelt-belastenden Verhältnissen gefertigtes E-Book mit in die Studie aufgenommen werden soll, und dass ein Großteil der E-Books nicht ordnungsgemäß entsorgt wird. Aus diesem Grund hat die Studie länger gedauert als die 6 Monate, die man dafür veranschlagt hatte. Bis Jahresende will man jedoch den Abschlussbericht vorlegen können.

Ein erstes Ergebnis, das Dr. Heering präsentieren konnte, zeigt in der CO2-Emission und im Primärenergieverbrauch bei beiden Alternativen vergleichbare Ergebnisse – die Tageszeitung liegt dabei sogar etwas im Vorteil gegenüber dem Apple-iPad. Man wolle jedoch mit der Studie keineswegs beweisen, dass Print-Produkte unter ökologischen Gesichtspunkten besser abschneiden - bei den vielen Unwägbarkeiten in den Eingangsgrößen wäre das auch kaum zu halten. Man sei schon zufrieden, wenn dabei heraus komme, dass die Druckmedien und die elektronischen Medien sich in dieser Beziehung auf dem gleichen Niveau bewegen.

Die Berechnung des CO2-Aussstoßes in der Druckproduktion

Andreas Brandt vom Bundesverband Druck- und Medien (bvdm) in Wiesbaden stellte ein Berechnungsprogramm zur Ermittlung der CO2-Emission bei verschiedenen Druckprodukten vor. Die Klima-Initiative unterscheide dabei die drei Schritte: Vermeiden, Ermitteln und Kompensieren. Unter Letzterem wird dabei der Kauf von Klima-Zertifikaten verstanden. Was das Vermeiden anbelange, so könne der bvdm Beratungen durch unabhängige Beraterpools vermitteln, die zu 85% durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) gefördert werden.

Zur Ermittlung der CO2-Emission dient der bvdm ein webbasiertes Berechnungstool entsprechend dem Bilanzrahmen nach DIN/160, 14040 und 14044. Die Bestätigung erfolgte durch einen Critical Review von unabhängigen Wissenschaftlern. Die Kontrolle wird durch Berater der einzelnen Landesverbände des bvdm vorgenommen, die auch die Audits durchführen.

Für das Kompensieren kann die Druckerei Zertifikate online kaufen, wobei der Gold Standard von FirstClimate als anerkannter Anbieter gilt. Danach wird für das beantragte Druckprodukt ein Logo „PrintCO2geprüft“ vergeben, dessen ID-Nummer sich im Internet kontrollieren lässt. Aktuelle Förderprojekte der Klima-Initiative sind große Windparks. Die Kompensation ist dabei ein globales Thema.

Faktoren zur Berechung des CO2-Ausstoßes sind das Material, die Energie, die Entsorgung und die Mitarbeiter im äußeren Kreis, der Transport im mittleren Kreis und die Vorstufe, der Druck und die Weiterverarbeitung im inneren Kreis. Herr Brandt zeigte zur Verdeutlichung des Gesagten eine Eingabe-Maske des PC.

In 2010 wurden Druckprodukte von 300 Druckereien mit Hilfe des CO2-Rechners kompensiert, was 6400 t CO2 und einem Wert von 140 000 € entspricht. 2011 will man
10 000 t erreichen. Partner bei diesem Projekt sind namhafte Hersteller, Branchenverbände und Hochschulen/Universitäten. Deutschland hat hier eine Vorreiterrolle mit Multiplikatorfunktion übernommen.

Förderung von Innovationen zur Verbesserung der Material- und Energieeffizienz

Dr. Michael Schwanke von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (BDU) in Osnabrück war der nächste Referent. Den Teilnehmern der VDD-Jahrestagung 2009 ist die Organisation bereits bekannt, als man im Zentrum für Umweltkommunikation (ZUK) der BDU in Osnabrück zu Gast war. Die Daten zur Gründung und die Auflistung der Aufgaben und Mittel der BDU, die Dr. Schwanke seinem Vortrag voranstellte, brauchen deshalb hier nicht wiederholt werden, zumal sie auch im VDD-Jahrbuch 2010 auf Seite 165 nachzulesen sind.

Als Förderkriterien von Projekten zur Verbesserung der Material- und Energieeffizienz nach dem modifizierten EU-Beihilfenrecht nannte Dr. Schwanke: Innovation, Modellcharakter, Umweltentlastung, Priorität Produktionstechnik und Mittelstandsförderung. Die Themenwahl ist offen, jedoch gilt eine Anwendungsnähe als Voraussetzung. Typische Förderprojekte sind: Verbesserung der Stoff- und Energiekreisläufe und die Substitution problematischer Materialien, KMU-Beteiligungen und Kooperationsprojekte. Das Gesamtfördervolumen liegt pro Projekt zwischen 150 000 und 500 000 €, die Laufzeit zwischen 12 und 24 Monaten.

Die Förderung wird bei folgenden Zielsetzungen verweigert: Erfüllung gesetzlicher Auflagen, Markteinführung, Projekte ohne wesentliche Innovation, Aufstockung anderer Fördermittel, institutionelle Förderung, reine Grundlagenforschung und bereits begonnene Projekte. Für die Antragstellung ist ein zweistufiges Verfahren vorgesehen mit folgenden Schritten:

1.1 Einreichen einer Projektskizze
1.2 Bewertung mit evtl. Besuch vor Ort oder telefonisch

2.1 formlose Antragstellung mit Kostenplan
- 2.2 Begutachtung innerhalb von 4 Wochen

- 3. Entscheidung.

Liegt die Fördersumme unter 125 000 € entscheidet der Generalsekretär, liegt sie darüber, muss das Kuratorium eingeschaltet werden.

Aus dem Druckbereich sind in letzter Zeit bei der BDU nur wenige Anträge eingegangen. Frühere Projekte betrafen die Galvanik bei der Tiefdruck-Zylinderherstellung und die UV-Trocknung im Rollenoffsetdruck (40% weniger Energieverbrauch), sowie die Optimierung der Fotoinhibitoren beim Tubendruck mit gleicher Zielsetzung.

Energieeffizienzsteigerung in Druckereien mittels moderner Verfahrenstechnik und Abluftreinigung

Nichtthermische Plasma Aktiengesellschaft Dlpl.-Ing. Bemd Hansel Volta strasse 5 Verfahrenstechnik 0-63225 Langen (Hessen) Telefon: +49/6103 / 30 09 78 Telefax: +49/6103/280665 E·Mail: nipag@envisolve.com Horne: www.envisolve.com

Dipl.-Ing. Bernd Hansel von der Nichtthermische Plasma AB (NIPAG) in Langen zeigte Wege auf, wie Energie beim Betrieb von Trocknern in Druckereien eingespart werden kann.

Als Grundsatz dabei gelte, dass Temperaturdifferenzen auf das kleinstmögliche Maß reduziert werden, Überdimensionierungen zu vermeiden sind und die Abluftwärme genutzt wird. Als Vorbereitungsmaßnahme ist ein Energiekataster (Ist-Zustand) zu erstellen mit Anfangsenergiebedarf, Energiebedarf beim stationären Betrieb und Spitzenenergiebedarf. Als Maßnahmen zur Reduzierung stehen grundsätzlich zur Verfügung: Modernisierung der Regelungstechnik, Mehrfachnutzung der Energieströme durch Umluftbetrieb oder Kaskaden-Schaltung, Nutzung alternativer Energiequellen (z. Bsp. Kühlung mit Grundwasser) und Blindstromkompensation durch Lastabwurf bei Spitzenbelastung.

Als ausgewählte und empfohlene Maßnahmen in der Praxis nannte Herr Hansel: Einsatz katalytischer oder regenerativer Abluftreinigungsanlagen, Betrieb von Kesselhäusern zur Wärmeerzeugung mit Primärenergie, Bezug der Wärme für Trockner aus der Abluftreinigung. Bei der Abluftteilrückführung kann mit Festeinstellung (kleiner 25% UEG) oder konzentrationsgeregelt gearbeitet werden. Weiter sind die Benutzung von frequenzgeregelten Ventilatormotoren und die Nutzung geeigneter Kältespeicher (Grundwasser) geeignete Maßnahmen bei der Steigerung der Energieeffizienz.

Bei der Abluftreinigung geht es darum, die Emissionsganglinien zu glätten, denn Emissions-Spitzen beeinträchtigen die Effektivität der Abluftreinigung. Es werden dazu so genannte Molekularsiebpufferstufen eingesetzt, die die Feuchtigkeit speichern und danach wieder abgeben und so die Zugabe von Frischluft vermeiden. Der Molekularsiebpufferstufe wird ein Rotationsadsober nachgeschaltet, der rotierend in seinen Segmenten die Aufnahme und Abgabe von Störstoffen erlaubt. Der Rotationsadsorber dreht dabei mit einer mäßigen Geschwindigkeit von 1 bis 2 Umdrehungen pro Minute. Näheres dazu ist unter www.envisolve.com zu erfahren. Die neuste Technik sieht eine konzentrationsabhängige Schaltung der Abluft vor, d. h. eine Klappensteuerung entsprechend der Farbauftragmenge im Druck. Als Beispiel führte Herr Hansel ein Lackierwerk in Dortmund an.

Effiziente Maschinenkühlung und Möglichkeiten zur Wärmerückgewinnung

Statt des angekündigten Technischen Leiters der Technotrans AG in Sassenberg hielt Herr Dr. Hesenkamp vom Vertrieb diesen Vortrag. Er erklärte zunächst in einem Schaubild die verschiedenen Kühlstellen und das Temperaturniveau an einer Bogenoffsetdruckmaschine.

Mit der üblichen Kühlung mittels Außenluft wird eine Kühlleistung von 0,05 KW el. erreicht, während es bei adiabatischer Kühlung 0,08 KW el. sind. Wird jedoch eine mechanische Kühlung mit Kompressor eingesetzt steigt die Kühlleistung auf 0,4 KW el. Es besteht somit eine Optimierungspotential bei kombinierter Freikühlung des Farbwerk-Kreislaufs mit drehzahlgeregelter Glykolpumpe. Im Dreischichtenbetrieb lassen sich dadurch bis zu 44% an Energie und 20 t CO2 einsparen.

Ansonsten verwies Herr Dr. Hesenkamp auf den Ausstellungsstand der Firma Technotrans auf der kommenden Drupa 2012 in Halle 2. Zum Abschluss seines Vortrags zeigte er noch zwei Beispiele, wo die zurückgewonnene Wärme zum Beheizen des Papierlagers im Winter und die Abluft der UV-Trocknung für die Farbwerkkühlung benutzt werden.

Richtlinie zur Energiemessung von Druckmaschinen

Dipl.-Ing. Roger Starke vom VDMA Fachverband Druck- und Papiertechnik in Frankfurt-Main. Herr Starke ist auch Mitglied im Vorstand des VDD und hielt diesen Vortrag über ein weiteres Gemeinschaftsprojekt des VDMA. Motivation zu dieser Richtlinie sei die große Unsicherheit in der Branche gewesen, nachdem schon viele Messungen nach unterschiedlichen Methoden durchgeführt worden waren.

Der VDMA-Fachverband hat deshalb in einer Arbeitsgruppe das VDMA-Einheitsblatt 8873 (ähnlich einer VDI-Richtlinie) verfasst, das die einheitlichen Rahmenbedingungen zur Messung an einer Bogenoffsetdruckmaschine festlegt. Die Richtlinie ist ein überbetriebliches Werk, soll später in eine ISO-Norm überführt werden, doch die Anwendung soll freiwillig und in Eigenverantwortung erfolgen. Sie soll insbesondere die Eigenverantwortung der Hersteller stärken.

Die Leistungsaufnahme ist grundsätzlich abhängig von der Maschinenkonfiguration und der Formatklasse, vom Betriebszustand, dem Druckauftrag (Bedruckstoff, Farbe, Farbdeckung), der Maschinengeschwindigkeit, den angeschlossenen Peripheriegeräten und den Einstellungen des Bedieners. Deshalb wurde ein Standard-Druckauftrag definiert mit einer Testform (Bilderdruck auf 135 g/m²-Papier und fester Farbdeckung). Auch die Testzyklen wurden mit 5000, 1000 und 1500 Bogen festgelegt – bei Maximalgeschwindigkeit. Gemessen werden Stromstärke und Spannung als Verlaufgrößen und die Wirkleistung. Als Messgerät wird ein Netzanalysegerät eingesetzt. Hauptenergieverbraucher sind die Maschine mit Antrieb, Steuerung, Leitstand, Mess-Regel-Systemen etc., die Luftversorgung, die Kühlung und der Trockner. Alles wird auf einem Messblatt festgehalten und danach ausgewertet.

Die Richtlinie ist noch nicht veröffentlicht und befindet sich noch in der Testphase. Für

die Weiterentwicklung hat man jedoch schon viele Kommentare und Anmerkung – auch aus dem Ausland – erhalten. Dies sei ein erster Schritt, schloss Herr Starke seinen Vortrag. Weitere Einheitsblätter für den Rollenoffsetdruck und den Verpackungs-Flexodruck sollen folgen.

Energieeffiziente Druckmaschinen

Dipl.-Ing. Frank Gunschera von der Windmöller & Hölscher KG in Lengerich stellte unter diesem Aspekt die Verpackungs-Flexo- und Tiefdruckmaschinen seines Unternehmens vor. Auch hier kann bei den Unternehmensdaten, die Herr Gunschera im Vorspann seines Vortrags nannte, auf die VDD-Jahrestagung 2009 verwiesen werden, der ein Besuch und Besichtigung in Lengerich voran ging.

Herr Gunschera stellte seine Berechnungsgrundlagen vor, die den Auftragswechsel, die Produktion, den Performance-Level und den Referenzkunden berücksichtigen. Trotz fehlender Vergleichskennzahlen müssen die Verbrauchszahlen an den einzelnen Stellen wie Farbrührwerk und Lösungsmittelabsorber nach definierten Referenz-Jobs ermittelt werden.

Man konnte so ermitteln, dass allein schon bei den Rüstzeiten 46% Energie bei der Farbabstimmung und 5% beim Farbwechsel eingespart werden können. Bei der Farbabstimmung hilft das W+H-Programm EASY COL durch Messung des Farbortes und der Farbkorrektur nach festgelegten Rezepten. Ebenso hilft das W+H-Programm EASY SET/REG für die kamerabasierte Einstellung der übrigen Parameter beim Jobwechsel.

Durch diese neuen Mittel lassen sich bei einer Maschine über das Jahr hinweg 2,6 Mio. KWh, 1 600 t CO2, 585 000 € und 2600 h Maschinenzeit einsparen, fasste Herr Gunschera seine Ausführungen zusammen.

Konzept-Energiemanagement in Druckereien

Statt der erkrankten Dipl.-Ing. Claudia Weyandt von der Heidelberger Druckmaschinen AG, hielt Dipl.-Ing. Joachim Sonnenschein vom gleichen Unternehmen diesen Vortrag. Auch Herr Sonnenschein ist Mitglied im VDD-Vorstand und dort für die Finanzen zuständig. Mit dem Motto und Logo „HEI-Eco“ verfolgt die Heidelberger Druckmaschinen AG zwei Ansätze:

- Energieeffizienzberatung
- Energiemanagement.

Dabei ist das gesamte Umfeld mit einzubeziehen. Die Ziele sind:
- Erzeugte Energie sinnvoll nutzen
- Energieverbrauch minimieren.

Erschwerend kommt in Betracht, dass keine größeren Temperaturdifferenzen in der Maschine auftreten, aber große Mengen anfallen. Die Wärmerückgewinnung aus der Trocknerabluft betrifft 12% Wasser, 26% Strahlung und Konvektion und 62% Abluft.

Absaugung an allen Druckwerken und Vorwärmen der Luft sind Mittel, die bei den Heidelberger Bogenoffsetdruckmaschinen zum Einsatz kommen und zu den Konzepten „Combi-Star“ mit und ohne Filter und „Air-Star“ für die Luftversorgung führten. Bei der Wirksamkeit dieser Systeme sind länderspezifische Gegebenheiten zu berücksichtigen. An CO2-Rechnern verwendet man verschiene Systeme. Mit dem „Combi-Star“ konnte man schon eine jährliche Energieeinsparung von 185 000 KWh nachweisen, was einer Kosteneinsparung von 19 300 € entspricht, und mit dem „Air-Star“ ließen 106 t CO2 p.a. einsparen.

Bei der UV-Härtung der Farbe hat man mit dem „DryStar LE UV“ eine Low-Energy-Lösung als Einstiegslösung geschaffen, die wahlweise 1 bis 4 Lampen einsetzt und neben

der Investitionseinsparung zu Energieeinsparung und weniger CO2-Emission führt. Die Verbrauchswerte liegen nämlich bei 4 Lampen (UV 4) bei 381 024 KWh und 238 t/a CO2, bei 2 Lampen (UV 2) bei 264 600 KWh und 165 t/a CO2 und bei nur einer Lampe (UV 1) bei 105 840 KWh und 66 t/a Co2. Dabei ist zu bedenken, dass in der Papierherstellung sich weit mehr Energie und CO2 einsparen lässt.

Was das Energiemanagement anbelangt, so setzt man in Heidelberg auf ein aktives Lastgangmanagement durch Reduzierung von Stromspitzen und Drosselung oder Abschaltung von Verbrauchern der Gebäudetechnik. Mit der Änderung von Verträgen mit den Energieversorgern betrete man noch Neuland, doch verspreche auch dies einen Effekt im Bestreben, die Energiekosten in den Griff zu bekommen.

Noch nachzutragen ist, dass am Vorabend der VDD-Tagung ein geselliges Zusammensein mit gemeinsamen Abendessen auf der Laneburg in Löhnberg im Lahntal stattfand. Die Burgruine aus der Zeit der Ottonen und Nassauer bot mit weißen Tüchern prächtig dekoriert und mit einem Plexiglasdach versehen, ein zünftiges und doch höfisch-festliches Ambiente für diese alljährliche Wiedersehensfeier der VDD-Mitglieder. Kurz nach Gründung des VDD in den 1950er und 1960er Jahren hießen diese Feiern noch Stiftungsfeste – ein Grund mehr, ihnen in der Traditionsverbundenheit einen festlichen Rahmen zu geben.

Boris Fuchs, 04.10.2011

VDD-Seminar zur HP Latex Drucktechnologie

Ein thermisches Inkjet-Drucksystem mit Latex-Tinten wurde 2008 erstmals durch Hewlett-Packard auf der Drupa vorgestellt. Zum VDD-Seminar am 20. Oktober in Darmstadt erläuterte Herr Michael Henkies, der seit vielen Jahren als Technischer Berater für Hewlett-Packard tätig ist, diese Technologie, deren Vorteile und Anwendungen.

Gründe für diese HP-eigene Entwicklung waren die bisher begrenzte Farbstabilität von wasserbasierten Tinten im Außenbereich (max. 6 Monate) und die gesundheitlichen Bedenken bei lösemittelbasierten Drucksystemen,.

Die Latex-Tinte ist eine wasserbasierende Polymerdispersion. Da keine Lösemittel enthalten sind, wird das Drucksubstrat nicht angegriffen. Die Trocknung und Härtung erfolgt in zwei Heizzonen: Die erste Heizzone mit Belüftung dient dem Wasserentzug bei ca. 40 bis 55 °C, wobei noch kein fester Film entsteht. In einer zweiten Heizzone erfolgt die Aushärtung bei 70 bis 120 °C. Das Resultat ist eine wischfeste UV-beständige Oberfläche und die Drucke sind sofort weiterverarbeitbar. Die Haltbarkeit im Außenbereich beträgt bis zu 3 Jahre (unlaminiert) und bis zu 5 Jahre mit Laminat.

Die Druckköpfe enthalten jeweils zwei Farben, z.B. Magenta und Light-Magenta. Jeder Druckkopf ist im Druckkopfschlitten zweimal vorhanden, wobei die Druckköpfe gegeneinander versetzt sind. Die Druckauflösung beträgt 1200 x 1200 dpi. Über Lichtschranken (Optical drop detector) werden ausgefallene Düsen detektiert. Bis zu 12% der insgesamt 12672 Düsen können bei Ausfall durch die Steuerung kompensiert werden. Damit ist auch bei Ausfall von Düsen ein streifenfreier Ausdruck möglich und der Druckkopf kann länger eingesetzt werden.

Der Anwender wird darüber informiert, ob der Druckkopf gereinigt oder ausgetauscht werden muss. Im Gegensatz zu lösemittelbasierten Tinten können die Druckköpfe auch durch den Anwender ausgetauscht werden. Der Farbverlust beim Reinigen ist wesentlich geringer als bei herkömmlichen Systemen.

Neu ist eine optische Überwachung von Vorschub und Schräglauf. Dabei werden mittels Kamera die mikroskopischen Strukturen der Oberfläche erfasst und ausgewertet. Ein eingebautes Spektralfotometer ermöglicht eine geschlossene Kalibrierung (Linearisierung) im Drucksystem. Die Profilierung mittels ICC-Profilen erfolgt extern.

Der Farbumfang ist ähnlich dem bei der Verwendung von Eco-Solvent-Tinten. Eine Contract-Proof-gerechte Farbgenauigkeit kann mit den derzeitigen Systemen jedoch nicht erreicht werden. Neue Tinten, insbesondere für den Textilbereich, werden entwickelt – diese sind mit der Einführung der L26500 verfügbar.

Angeboten werden derzeit Systeme der L-Serie mit Druckbreiten bis 1,54 m und einer Druckgeschwindigkeit von 10 bis 14 m2/h für eine gute Qualität (maximal 22,8 m2/h). Die LX-Serie umfasst Druckbreiten von 2,64 bis 3,20 m und reale Druckgeschwindigkeiten von 45 bis 50 m2/h (max. 90 m2/h).

Bedruckbar sind flexible,beschichtete und unbeschichtete Substrate.

Für die Vielzahl von Anwendungen ergeben sich Vorteile gegenüber lösemittelbasierten Drucken:

- Bei Drucken für Lichtkästen tritt kein Transfer von Stoffen auf das Glas auf.
- Die Ausdrucke sind geruchsfrei.
- Gardinen sind ohne Nachbehandlung UV-beständig.
- Kein Reißen der Farbe bei Dehnung der Folien in der Fahrzeugbeschichtung
- Das Arbeitsumfeld kommt ohne Abluftsyteme aus.

Insgesamt lassen sich die Folien einfach und schneller verarbeiten. Die Betriebskosten sind bis zu 24 Prozent günstiger als bei lösemittelbasierten Systemen. Ursache hierfür sind preiswertere Tinten niedrigerer Verbrauch. Der Druckkopfwechsel erfordert kein Servicepersonal des Herstellers.

Wettbewerber mit konventionellen Systemen kritisieren den angeblich höheren Energiebedarf. Obwohl beim Hochheizen der 2 Heizkreise mehr Energie benötigt wird, ist insgesamt betrachtet der Energieaufwand geringer. Die Haltbarkeit der Druckköpfe ist für 1 Liter Tinte garantiert. Je nach elektrostatischen Einflüssen halten die Druckköpfe in der Praxis teilweise bis zu einem Verbrauch von 12 Liter Tinte.

Die Umweltfreundlichkeit wird durch viele Zertifizierungen bestätigt: u.a. AgBB, GreenGuard, ÖkoTex. Ohne zusätzliche Kosten werden bestimmte HP-Drucksubstrate zurückgenommen und recycelt. Dies ist neben den Umweltaspekten eine sehr gute Form der Kundenbindung.

Aus Sicht von Herrn Henkies gibt es keinen Grund bei Großformatdrucken auf flexiblen Materialien an der lösemittelbasierten Technologie festzuhalten.

Die vielen Fragen während der Presentation und die angeregte Diskussion nach dem Vortrag zeigen das hohe Interesse der Anwesenden an dieser noch relativ neuen Technologie. Man ist gespannt, was HP hierzu auf der nächsten drupa präsentieren wird.

Seminarreihe Inline-Farbmessung: (3) BST-International

Am 17. November wurde die Vortragsreihe zur Inline-Farbmessung mit einen Vortrag von Dr. Michael Dattner, seit 2011 Projektleiter für das Thema „Inline-Spektralmessung“ bei der BST-International GmbH Bielefeld, fortgesetzt. BST International, bekannt als Anbieter von Systemen zur Bahnüberwachung, Bahnlauf- und Registerregelung, entwickelte einen ersten Prototyp für die spektrale Inline-Farbmessung. Das System mit einem traversierenden Messkopf ist für die punktuelle Messung von Sonderfarben in Druckkontrollstreifen oder in homogenen Flächen im Druckbild konzipiert.

Das Einsatzgebiet ist der flexible Verpackungsdruck auf der Basis von Flexodruck und ggf. auch Tiefdruck. Schwerpunkte der Entwiclung sind die spektrale Farbmessung, neutrale Farbkommunikation und die Ansteuerung der „Farbküche“. Herr Dattner erklärte, dass sich viele Prozessparameter in den Spektraldaten wiederspiegeln, u.a. auch die Schichtmorphologie. D.h. bei entsprechender Auswertung, ist auch eine Aussage möglich, ob im UV-Druck die Schicht trocken ist. Auch die Veränderung der Randlänge der Rasterpunkte spiegelt sich in den Spektren wieder.

Die Anforderungen an die Inline-Farbmessung bei Bahngeschwindigkeiten bis 800 m/min sind hoch. Zur Mittelwertbildung müssen die Messfelder mehrfach hintereinander reproduzierbar getroffen werden und dies bei unvermeidlichen Mikroverschiebungen im Druckbild. Die notwendige hohe Beleuchtungsstärke wird durch eine Blitzlampe (30 Hz) erzeugt, wobei jeder Blitz mittels eines Referenzsensors überprüft wird. Der Gegenmesszylinder muss mindesten 200 mm Durchmesser besitzen. Die Messung erfolgt unter einem Winkel von 45 Grad. Mittels Matrixkamera wird die Messfläche überwacht und die Homogenität und Positioniergenauigkeit überprüft. Durch ein intelligentes Auswertesystem werden Messausreißer eliminiert. Der Abstand zur Bahn darf nicht zu stark schwanken und wird überwacht. Die Kalibrierung erfolgt gegen den Messhintergrund (weiße Walze) und Farbkachel während des Laufs. Verschutzungen der Messwalze werden berücksichtigt. Die Messwerte werden so weit wie möglich an Standards angeglichen, um kompatibel zu den Datenworkflows zu sein.

Entwickelt wurde das System mit einem Kernentwicklerteam von 5 Fachleuten und in Zusammenarbeit mit Hochschulinstituten. Ein erster Feldtest war Ende 2011 in einer Druckerei vorgesehen.

Seminarreihe Inline-Farbmessung: Heidelberger Druckmaschinen

Das letzte VDD-Seminar im Jahr 2011 fand am 15. Dezember wie gewohnt am Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren in Darmstadt statt. Die Vortragsreihe endete mit dem Vortrag „Heidelberg´s Color Solutions“ der Firma Heidelberger Druckmaschinen AG.

Jürgen Mittmann, Abteilungsleiter Produktmanagement Prinect Press, stellte die innovativen Prinect-Lösungen von Heidelberg im Bereich Farbe und Qualität im Überblick vor, sowie die aktuelle Marktsituation und die Anforderungen der Kunden. Das heutige Produktportfolio deckt die weltweiten Kundenanforderungen vom Standard-Farbmess-System bis hin zum Inline-Farbmess-System ab. Neben den Prinect Farbmess-Systemen sind aber auch optimal abgestimmte Prozesse und Dienstleistungen wichtig, um konstant kurze Rüstzeiten und deutlich weniger Makulatur zuverlässig bei jedem Auftragswechsel zu erreichen. Zur Produktivitätsoptimierung bietet Heidelberg z. B. die modulare Performance Dienstleitung „Print Color Management“ an. Das automatisierte Anpassen der Farbvoreinstelldaten vom Prinect Pressroom Manager auf die aktuellen Produktionsbedingungen, sprich Papier, Farbe, Färbungsstandards usw., erfolgt am Maschinenleitstand Press Center durch das Modul „Color Assistent“.

Die Vorstellung der Farbmess-Systeme Prinect Image Control und Prinect Inpress Control übernahm Manfred Schneider, Leiter Entwicklung für die Farbmess-Systeme bei Heidelberg. Die Prinect Image Control Baureihe wurde 1998 auf dem Markt gebracht und ermöglicht bis heute als weltweit einziges System die vollflächige spektrale Erfassung des gesamten Druckbogens sowie eine automatische Steuerung der Farbzonen aller Druckwerke. Die Besonderheit des Systems ist die Farbregelung auf Basis von Bildelementen, Farbtönen oder des gesamten Druckbilds. Zudem basiert dieses System auf dem von der Heidelberger Druckmaschinen AG patentierten Verfahren, das die Farbkontrolle nach Lab-Sollwerten direkt aus den spektralen Messwerten ermöglicht.

Das Prinect Image Control der neuesten Generation besitzt einen Messsystem aus zwei Modulen, einem High-end Scan-Spektrometer für das Lesen des Druckkontrollstreifens und einem High-end Bild-Spektrometer, das das Einscannen des gesamten Druckbogens in wenigen Sekunden mit einer sehr hohen Bildauflösung ermöglicht. Dadurch können Druckkontrollstreifen mit sehr kleinen Messfeldern für die detaillierte Prozess-Information zum Einsatz kommen sowie eine besonders zuverlässige Bildregelung.
Die Beleuchtung der beiden Spektrometer erfolgt jeweils mit einer langlebigen LED-Beleuchtung. Besonderes Augenmerk wurde auch auf eine einfache Bedienung gelegt. Dies wird durch den Einrichte-Assistenten sowie der vollautomatische Analyse der CIP4-Vorstufendaten nach sinnvollen Bildregelfunktionen erreicht. An ein Prinect Image Control können bis zu vier Druckmaschinen angeschlossen werden. Lückenlose Qualitätsreports und eine effiziente Color Management-Anbindung machen Prinect Image Control zur Qualitätszentrale für höchste Ansprüche. Zusätzlich bietet das System aufgrund seiner

Manfred Schneider (li.), Entwicklung Farbmesssysteme - Jürgen Mittmann (re.) Produktmanagement Prinect Press - Heidelberger Druckmaschinen AG

technischen Möglichkeiten ein großes Weiterentwicklungspotenzial für funktionale Erweiterungen.

Als zweites stellte Manfred Schneider das spektralfotometrische Inline-Farbmesssystem für höchste Produktivität Prinect Inpress Control vor. Dieses System misst und regelt automatisch die Farbe und den Passer bei laufender Maschine und dies bei Druckgeschwindigkeiten von bis zu 18.000 Bogen/h. Dies ist besonders in der Einrichtephase eines Auftrags vorteilhaft, da Register und Farbführung ohne Anhalten der Druckmaschine geregelt werden. Damit können in der Einrichtephase mehrere Minuten sowie Makulatur eingespart werden. Das Messen und Regeln bei laufender Produktion sorgt zusätzlich für eine durchgängige Fortdruckkontrolle.

Die wassergekühlte Messeinheit ist hermetisch abgeschlossenen und beinhaltet mehrere Spektralfotometer. Die Messeinheit wird im letzten Druckwerk eingebaut, bei Maschinen mit Wendung zusätzlich vor der Wendung. Die Farbregelung erfolgt nach dem gleichen Prinzip wie bei Prinect Image Control auf spektraler Basis nach Lab-Werten.

Die Vorstellung des Inline-Bild-Inspektionssystems Prinect Inspection Control übernahm wieder Jürgen Mittmann. Das integrierte Inspektionssystem richtet sich hauptsächlich an Druckereien im Verpackungsdruck und im hochwertigen Akzidenzdruck. Prinect Inspection Control erkennt durch den Einsatz von zwei hochauflösenden Kameras kleinste Druckfehler, wie zum Beispiel Butzen, fehlende Druckstellen, Spritzer und Streifen. Aber auch Papierfehler können frühzeitig und zuverlässig erkannt und abgestellt werden. So lassen sich hohe Makulatur- und Nachbearbeitungskosten bzw. die Rückweisung der gesamten Auflage durch den Auftraggeber vermeiden.

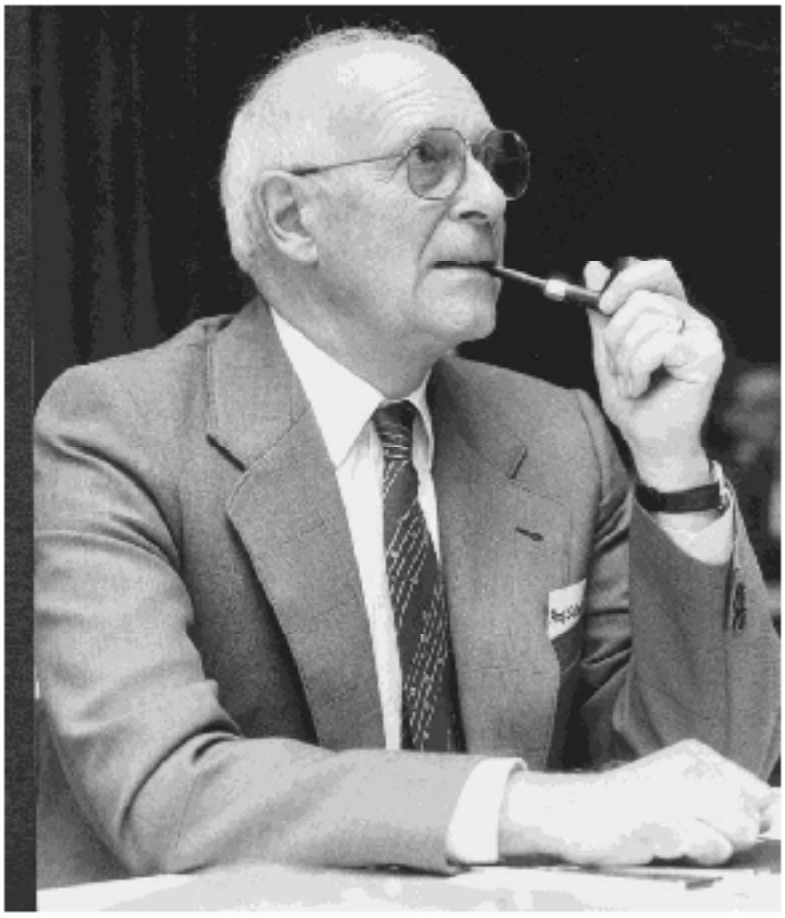
Die beiden Kameras sind vorzugsweise bei der Speedmaster CX 102 und XL 105 vollständig in das Lackierwerk integriert und somit so nah am Bogenlauf positioniert, dass die Inspektion in hoher Qualität ohne Qualitätseinbußen möglich ist- und dies bei maximaler Druckgeschwindigkeit beider Maschinen. Bei der Speedmaster XL 105 kann Prinect Inspection Control auch im Druckwerk eingebaut werden und ermöglicht somit bei einer Speedmaster XL 105 mit Wendung auch die Schön- und Widerdruckinspektion. Neben dem System mit zwei hochauflösenden RGB-Kameras bietet Heidelberg das Bogeninspektionssystem auch mit zwei hochauflösenden Schwarz-Weiß-Zeilenkameras an - Prinect Inspection Control / PDF. Damit kann zusätzlich schnell und sicher eine automatische und objektive Prüfung des ersten Gutbogens mit dem PDF aus der Druckvorstufe vor der Druckfreigabe erfolgen. Fehler auf der Druckplatte sowie Druckfehler werden somit sofort erkannt und können frühzeitig abgestellt werden. Das garantiert, dass mit Druckbeginn und im Fortdruck alle Druckbogen den Vorgaben des Kunden entsprechen. Es erweitert das Prinect Produktportfolio an Inline-Inspektionslösungen speziell für Druckereien, die Verpackungen und Packungsbeilagen für die Pharmaindustrie herstellen.

Während und am Ende des Vortrages wurden den Vortragenden immer wieder viele interessante und detaillierte Fragen zu den einzelnen Produkten gestellt. Dies zeigte, wie groß das Interesse an dem Thema „Farbmessung“ ist. Das Seminar endete traditionell mit einem fachlichen Austausch in kleinen Gruppen zusammen mit den Vortragenden.

Neue Mitglieder

Bei der Mitgliederversammlung am 29. September 2011 im Hause der Firme Baumann in Solms wurden acht neue Mitglieder aufgenommen. V.l.Prof. Dr.-Ing. Edgar Dörsam (Vorsitzender), Dipl.-Ing. Alexander Böddiger und Bapat Chaitanya, beide TU Chemnitz, Petra Hanke, Keppler Verlag Heusenstamm, Dipl.-Ing. Alexandra Lyashenko und Dipl.-Ing. Constanze Ranfeld, beide IDD/TU Darmstadt, Dipl.-Ing. Markus Jung, Diefenbach, Blechwarenfabrik Limburg, Dr. Ing. Michael Ebert, BG ETEM Wiesbaden und Anders Bjurstedt, BMC AB Stockholm. Im Hintergrund die Vorstandsmitglieder Dipl.-Ing. Karlheinz Mohn, Prof. Dr. Karl Schaschek und Dipl.-Ing. Joachim Sonnenschein.

VDD-Ehrenmitglied o. Professor Karl R. Scheuter verstorben



Karl Rudolf Scheuter
4. November 1919 - 24. Januar 2012

Am 24. Januar 2012 verstarb das Ehrenmitglied des Vereins Deutscher Druckingenieure e.V. (VDD), Herr em. o. Prof. Dipl.-Ing. Karl Rudolf Scheuter, im Alter von 92 Jahren in Thun, seinem Schweizer Wohnsitz. Professor Karl Scheuter war eine der bedeutendsten Persönlichkeiten für Forschung und Entwicklung in der Druckindustrie der Sechziger, Siebziger und Achtziger Jahre.

Karl Scheuter, geboren 1919 in Zürich, studierte von 1938-1944 Allgemeinen Maschinenbau an der ETH Zürich. Anschließend war er wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Professor Akeret am dortigen Institut für Aerodynamik. Nach verschiedenen Stationen in der Industrie, kam er im Jahre 1958 als Technischer Leiter im Rang eines Vize-Direktors zur Berner Druckmaschinenfabrik WIFAG, die er in eine neue technische Ära führte. U. a. initiierte er hier eine der ersten eigenständigen Forschungs- und Entwicklungsabteilungen im Druckmaschinenbau, wo Grundsteine für innovative Technologien gelegt wurden. Beispielhaft seien hier nur frequenzgesteuerte AC-Einzelantriebe und Trocknungsanlagen mit kaskadenförmig gestaffelten Windkammern erwähnt.

Diese erfolgreiche Arbeit sprach sich natürlich in der Branche herum und führte 1966 zu seiner Berufung als Institutsdirektor und Lehrstuhlinhaber für Druckmaschinen und Druckverfahren (IDD) der damaligen Technischen Hochschule Darmstadt, heute Technische Universität Darmstadt.

Dieser Berufung folgte Professor Scheuter und setzte neben dem klassischen Maschinenbau neue, auf die Praxis ausgerichtete Forschungsschwerpunkte. Ausgehend von informationstheoretischen Betrachtungen wurden unter seiner Leitung die Grundlagen für die frequenzmodulierte Rasterung und die nunmehr computerunterstütze Erarbeitung von Algorithmen für die druckerische Praxis gelegt. Er kann mit Fug und Recht als der Vater des FM-Rasters bezeichnet werden.

Dies blieb jedoch nicht sein einziges Forschungsfeld. Wiederum beispielhaft seien hier genannt: die messtechnische Erfassung der elektrostatischen Aufladung in Rotationsdruckmaschinen, die Wärmeübertragung bei turbulenten Prallstrahl-Düsentrocknern, die dynamische Deformation von Farbwalzen, die Berechnung des Farbflusses und die photoanalytischen Untersuchungen im Walzenspalt.

In Anerkennung seiner besonderen Verdienste um die Wissenschaft des Druckens wurde Herrn Prof. Dipl.-Ing. Karl R. Scheuter 1987 die Friedrich-Koenig-Medaille der Forschungsgesellschaft Druckmaschinen (FGD) verliehen.

Dr. Rolf Seißer, Geschäftsführer der Forschungsgesellschaft Druckmaschinen e.V. gratuliert Prof. Scheuter zu der Friedrich Koenig Medaille. Im Hintergrund der damalige Präsident der TH Darmstadt, Prof. Dr.- phil. Helmut Böhme.

Nach erfolgreichen 20 Jahren als Leiter des Instituts für Druckmaschinen und Druckverfahren (IDD) wurde er 1986 emeritiert und ging in den wohlverdienten Ruhestand, den er in seiner Schweizer Heimat verbrachte.

Der VDD und die gesamte Druckindustrie verlieren mit Professor Scheuter ein hoch geschätztes Mitglied und eine überaus innovative Persönlichkeit. Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Dipl.-Ing. Boris Fuchs Nachruf auf Professor Scheuter

Liebe Familien Scheuter, liebe Trauerversammlung,

als Zeitzeuge will ich meinen hoch verehrten Lehrer, Professor Karl Rudolf Scheuter, Ordinarius des Lehrstuhls für Druckmaschinen und Druckverfahren der TH (TU) Darmstadt, bei dieser Feierstunde ehren.

Als wir 1974 seinem 75. Geburtstag in einer akademischen Feierstunde im Darmstädter Schloss begingen, sagte ich, dass ich die Ehre, nach dem Präsidenten und dem Dekan sprechen zu dürfen dem Umstand verdanke, dass ich sein ältester Schüler im Saale sei.
Es war nämlich im Jahre 1961, als ich in die Dienste der Maschinenfabrik Winkler, Fallert & Cie. AG, kurz WIFAG genannt, in Bern eintrat, wo Karl Scheuter die technische Leitung im Rang eines Vize-Direktors innehatte und ich vorher seine in die Tiefe gehenden Prüfungsfragen beim mehrstündigen Einstellungsgespräch bestanden hatte.

Er hatte mir gesagt, dass er in der Konstruktion „alte Zöpfe abschneiden wolle“ – sein Lieblingswort – und um ihm dabei zu helfen, schien ich der richtige Mann zu sein. Es folgten dann auch viele Neuentwicklungen.

Schon vorher hatte er eine der ersten, wenn nicht die erste Forschungs- und Entwicklungs-Abteilung in einer Druckmaschinenfabrik eingerichtet. Deren Arbeitsziele waren von Anfang an auf konkrete und der Praxis dienende Entwicklungsfragen ausgerichtet.
Mich setzte er quasi als Übersetzer der in der Forschungsabteilung gewonnen wissenschaftlichen Erkenntnisse in die konstruktive Praxis ein. Das bewirkte, dass die Forschung kein Eigenleben führte und Forschungsergebnisse sofort in verkaufsfähige Produkte einflossen.
Der damit erreichte Erfolg im Markt sprach sich in der Branche herum, Und so war es nur folgerichtig, dass 1965 das Berufungsgremium an der TH Darmstadt auf ihn aufmerksam wurde, als die Professur am Lehrstuhl für Druckmaschinen und Druckverfahren neu zu besetzen war.
Er weihte mich als Ersten seiner Mitarbeiter in seine Pläne ein, nach Darmstadt gehen zu wollen, denn die Professoren, so sagte er, seien noch die einzigen freien Menschen – nur dem Kultusminister im fernen Wiesbaden verpflichtet, Dass diese Freiheit 1968 dann durch die 68er-Beweguung von unten bedrängte wurde war damals noch nicht abzusehen, doch bewahrte sich Professor Scheuter auch bei diesen neuen Rahmenbedingungen seinen helvetischen Freiheitsdrang.

Bei seiner Berufung hatte er, wie er später einmal sagte, die Wahl, seinen Forschungsschwerpunkt auf die Grenzflächenphysik zur Optimierung des Offsetdrucks oder auf informationstheoretische Betrachtungen zur Zukunftssicherung der Branche zu legen. Er entschied sich für das Letztere und erreichte damit als einen ersten Etappenerfolg die Erfindung der frequenzmodulierten Rasterung, kurz FM-Raster genannt, die schnell in die druckerische Praxis mit vielen Nachahmern Eingang fand – ja, es wurde sogar ein echter „Hipe“, wie man das im Sprachbebrauch der Jugend heute nennen würde.

Dass er mit seiner Wahl richtig lag, beweist die enge Verflechtung von elektronischen Medien und Druck, die heute vielerorts zu einer Substitution des konventionellen Drucks geführt hat – mit drastischen Einschnitten bei den Druckmaschinenherstellern, dort, wo man dies zu spät erkannt hatte.

Da ich Professor Scheuter über 50 Jahre beruflich begleiten durfte, entstand daraus eine echte Freundschaft, die jedoch mit dem gebotenen Respekt zwischen Schüler und Lehrer gehandhabt wurde. Eine oberflächliche Duz-Brüderschaft, wie sie heute in Instituten zwischen Lehren und Schülern üblich ist, entsprach nicht unserem Naturell.

Seine Frau Christel arrangierte mit ihren Raclette-Abenden am Kamin, dass die Geselligkeit dabei nicht zu kurz kam – und dies sogar in der Diaspora des Großen Kantons im Haus der Scheuters in DA-Eberstadt.

Und da wir in Bern im gleichen Vorort Ittigen wohnten – Professor Scheuter nannte es das geistige Zentrum von Bern – durften meine Frau und ich auch schon vorher an solchen Kaminabenden auf der Sonnhalde – so nannte man das bevorzugte Wohnviertel – teilnehmen.
Auch nach seiner Emeritierung und meiner Pensionierung hielten wir den Kontakt zueinander aufrecht. Er zeigte mir die Fortschritte an seinen Miniatur-Lokomotiven in seiner Werkstatt im Haus bei Hilterfingen, die neuen Beschläge an seinem Boot und erklärte mir auf der Terrasse des Hauses wie man Augen-Experimente an den über den See gespannten Stromkabeln über das Auflösungsvermögen der Augen durchführen kann.

Vor vier Jahren besuchte ich Professor Scheuter zum letzten Mal hier im Tertianum des Bellevue-Parks, und man fragt sich jetzt, warum dies nicht öfters geschehen ist. Ich versorgte ihn jedoch regelmäßig mit Lesestoff und Neuigkeiten aus der Branche, was er sehr genossen hat. Seine kritischen Anmerkungen bis zuletzt bewiesen es. So nehme ich mit Ihnen Abschied von einem guten Freund und verneige mich vor seiner menschlichen Größe.

Besondere Auszeichnung zur drupa 2012 vergeben

Siegbert Holderried wird für seine Verdienste um deutschen Druckmaschinenbau geehrt.

Friedrich-Koenig-Medaille

Die Friedrich-Koenig-Medaille wurde 1953 im Gedenken an den Erfinder der Druckmaschine Friedrich Koenig (1773 bis 1833) für besondere Verdienste auf dem Gebiet des Druckmaschinenbaus gestiftet. Bislang haben nur wenige führende Persönlichkeiten diese erhalten:

1953
Dr. phil. Dr. h.c. Dipl.-Ing.
Hans Bolza

1957
Dr.-Ing. E.h. Hubert A. Sternberg

1958
Dr. Dr.-Ing. E.h. Wilhelm Köhler

1974
Dr. Dr.-Ing. E.h. Dr. phil. h.c.
Kurt Werner

1981
Dipl.-Ing. Herrmann Thomas

1982
Dr. Rolf Seißer

1987
Prof. Dipl.-Ing. Karl R. Scheuter

1987
Senator Prof. Dr.-Ing.
Harry M. Greiner

2005
Dr.-Ing. Dipl.-Phys.
Hans Bernhard Bolza-Schünemann

2012
Dr. h.c. Dipl.-Ing.
Siegbert Holderried

Auszeichnungen sind etwas Besonderes, aber es gibt auch Auszeichnungen, die etwas ganz Besonderes sind. Eine davon ist die Friedrich-Koenig-Medaille.

Diese ist nach dem Erfinder der Druckmaschine benannt und wird an Persönlichkeiten vergeben, die sich um den deutschen Druckmaschinenbau verdient gemacht haben.

Seit fast 60 Jahren gibt es die Friedrich-Koenig-Medaille, anlässlich der drupa 2012 wurde sie zum 10. Mal vergeben.

Mit Dr. h.c. Dipl.-Ing. Siegbert Holderried trifft es eine Persönlichkeit, die ihr gesamtes Berufsleben in der Druckbranche verbracht hat. Claus Bolza-Schünemann, der Vorsitzende der Forschungsgesellschaft Druckmaschinen und Vorstandsvorsitzender der Koenig & Bauer AG, hob in seiner Laudatio hervor, dass „Herr Dr. Holderried die Gesamtbelange der deutschen Druckmaschinenindustrie in hervorragender Weise gefördert und … mit großem persönlichen Einsatz der industriellen Gemeinschaftsforschung entscheidende Impulse gegeben “ hat.

Dr. Markus Heering, Geschäftsführer des Fachverbandes Druck und Papiertechnik im VDMA, ergänzte, „Siegbert Holderried hat durch sein Wirken in zahlreichen Verbänden und Gremien unserer Industrie viel zur positiven Außenwirkung des deutschen Druckmaschinenbaus beigetragen“.

Herr Dr. Holderried erlernte den Beruf des Druckers von der Pieke auf und arbeitete an Druckmaschinen, bevor er an der heutigen Hochschule der Medien in Stuttgart das Ingenieurstudium der Drucktechnik erfolgreich absolvierte.

Anschließend kam Dr. Holderried zum VDMA nach Frankfurt, wurde dort stellvertretender Geschäftsführer der Forschungsgesellschaft Druckmaschinen (FGD) und später Geschäftsführer der PRINT PROMOTION GmbH.

Mehr als 30 Jahre engagierte er sich ehrenamtlich als Vorstand im Verein Deutscher Druckingenieure e.V. (VDD), dessen Ehrenmitglied er heute ist.

2006 wurde ihm von der Moskauer Staatlichen Universität für das Druckwesen die Ehrendoktorwürde verliehen.

Heute ist der kernige 70-Jährige, gebürtige Schwabe, zwar nicht mehr im aktiven Berufsleben, der Branche dennoch weiterhin sehr verbunden. Sowohl als Beobachter, aber auch als engagierter Unterstützer des VDD.

Karlheinz Mohn

Der FGD-Vorsitzende Claus Bolza-Schünemann (li.) ehrt Dr. Siegbert Holderied (re.) mit der Friedrich-Koenig-Medaille. (Quelle: VDMA)

Jahrbuch der Druckingenieure 2012

ISSN-Print 2194-9409
ISSN-Internet 2194-9425