

Aktuelle Probleme der Forschung an Rotationsmaschinen, namentlich für den Tiefdruck

W. ESCHENBACH, Prof. Dr., Lehrstuhl und Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren an der
Technischen Hochschule Darmstadt

Zusammenfassung

Die ständig zunehmende Industrialisierung in der graphischen Technik verlangt die kontinuierliche Weiterentwicklung, namentlich der Druckmaschinen und der Druckformenherstellung, im Hinblick auf die Qualitäts- und Leistungssteigerung. Dadurch werden entsprechende Probleme an die Forschung herangetragen. Im methodischen Streben nach Verbesserungen und Neuentwicklungen – wobei der Einsatz neuartiger Prüf- und Messmethoden von grosser Wichtigkeit ist – liefert die Forschung u. a. die Theorie der Funktionen für die verschiedenen Arbeitsabläufe. Dadurch werden eine Reihe von Plattformen geschaffen für die Arbeiten der Praktiker. Die auftretenden Probleme sind sowohl maschinentechnischer als auch drucktechnischer Natur. Im folgenden werden vorwiegend maschinentechnische Fragen angeschnitten und an verschiedenen durchgeführten Forschungsaufgaben aus den Gebieten Papierführung, Druckwerk, Farbwerk und Falzwerk demonstriert. Insbesondere wurde versucht, auftretende Störungserscheinungen zu skizzieren und Wege zur Beseitigung von Störungsquellen anzudeuten.

Résumé

L'accroissement constant de l'industrialisation des arts graphiques exige un développement continu de la qualité et de la capacité de production des presses et des rotatives ainsi que des formes d'imprimerie, entre autres. Ceci explique que l'étude de ces problèmes ait été confiée à des instituts de recherche. En cherchant méthodiquement à l'aide de méthodes d'essai et de mesure modernes – ce qui est important – toutes les améliorations et les nouveautés souhaitables, les chercheurs ont établi, entre autres, la théorie du fonctionnement des diverses opérations. Une série de programmes ont été créés qui répondent aux besoins de l'homme du métier. Les problèmes rencontrés sont de nature mécanique ou graphique. On relève surtout les aspects mécaniques des questions soulevées au cours de travaux de recherche sur le guidage du papier, l'impression en noir et en couleurs, le pliage etc. On a essayé, aussi d'esquisser les dérangements et les moyens d'y remédier en remontant aux causes.

Am Anfang dieser Ausführungen sei hervorgehoben, dass nur durch den regen Gedankenaustausch zwischen Druckern, Papierfabrikanten, Maschinenbauern und Forschern die befruchtende und unentbehrliche Zusammenarbeit in der graphischen Technik erreicht werden kann.

Die wachsende Industrialisierung in der graphischen Technik erfordert die kontinuierliche Weiterentwicklung namentlich der Druckmaschinen- und der Druckformenherstellung im Hinblick auf die Qualitäts- und Produktionssteigerung bei einem optimalen Ausgleich zwischen Herstellkosten und geforderter Qualität. Daraus erwachsen Probleme, die sowohl maschinentechnischer als auch drucktechnischer Natur sind. Es seien hier vorwiegend die maschinentechnischen Fragen angeschnitten. Was

fordert der heutige Drucker primär von einer modernen Rotationsmaschine, abgesehen vom günstigen Anschaffungspreis? Die Maschinen sollen bei hohen Leistungen und vielseitigen Produktionsmöglichkeiten hervorragende Druckqualitäten liefern, bei einfacher Bedienung – wozu auch die geringe Wartung und schneller Farbwechsel beim Mehrfarbendruck gehören –, und nicht zuletzt ein Höchstmass an Betriebssicherheit sowie ein Minimum an Raumbedarf haben. So sind heute vollautomatische Papierspannungsregelungen und Autopaster zwecks äusserster Intensivierung des Arbeitsablaufes Selbstverständlichkeiten geworden.

Der erfahrene Druckmaschinen-Konstrukteur ist bemüht, durch zweckmässige Konstruktionen allen Betriebsanforderungen gerecht zu werden. Die Abstimmung von Papier und Farbe, mit ihren vielen Schwierigkeiten, verbleibt dagegen stets dem Drucker. Doch von diesen Dingen sei hier nicht die Rede. Meistens wird die Produktionsgeschwindigkeit nicht durch den Mechanismus der Maschine begrenzt.

Der Konstrukteur hat vor allem die Funktionssicherheit der Maschinen im Auge zu behalten. Seine Konstruktion muss sowohl in der Gesamtanordnung als auch in den Hauptorganen und den möglichst klar gegliederten Einzelbauteilen alle vorliegenden Betriebsbedingungen optimal erfüllen. Dabei hat er ständig mit neuartigen Werkstoffen im Maschinenbau und mit Neuerungen in der Druckformenherstellung zu rechnen. Die Betriebssicherheit bildet bei seinen Festlegungen die Grenzen der materialmässigen Einsatzmöglichkeiten. Die Forschung liefert dem Konstrukteur die Theorie der Funktionen. Nicht selten ist es in unserem Fachgebiet mit seinen vielen Problemen komplexer Natur die experimentelle Forschung, welche die notwendigen Erkenntnisse und Unterlagen vermittelt. Beispielsweise forscht das Darmstädter Institut mit Erfolg auf diese Weise u. a. unter Einsatz hochgeschwindigkeitskinematographischer Geräte.

Um dem Konstrukteur später gewisse Unterlagen für die künftige Weiterentwicklung in die Hand zu geben, wurden im Darmstädter Institut in letzter Zeit auf dem Gebiete der Rotationsmaschinen, namentlich für den Tiefdruck, eine Reihe von praxiswichtigen Bearbeitungsthemen in Angriff genommen und zum Teil zum Abschluss gebracht. Es werden hier also vorwiegend maschinentechnische Fragen berührt, und zwar namentlich solche, welche die Papierführung, das Druckwerk, das Farbwerk und das Falzwerk betreffen. Einige Bemerkungen hinsichtlich der Hochgeschwindigkeits-Kinematographie seien vorausgestellt.

Erfolgreiche Forschungstätigkeit ist wesentlich abhängig vom Einsatz optimaler Untersuchungsmethoden.



Abb. 1.
Rupfvorgang im Papier
(IGT-Prüfgerät),
3 Phasen – 2800 Bilder/sec



Abb. 2.
Abziehen des Papierbogens
von der Druckzone
(Offset), 1500 Bilder/sec
(Schattenbild)



Abb. 3.
Papierschnitt in Papier-
schneidemaschine,
1500 Bilder/sec



Abb. 4.
Störungen in
der Bogen-
auslage bei
höheren
Arbeits-
geschwindig-
keiten

Durch Untersuchungen im Darmstädter Forschungs-
institut hat sich herausgestellt, dass die Hochgeschwindig-
keitskinematographie auch für unser Arbeitsgebiet eine
derartige vorteilhafte Methode ist, da sie die Anwendung
beliebiger Zeittransformationen ermöglicht – die Zeit
bildet eine Ergänzung zur bildlichen Zweidimensionalität
– und Bewegungsanalysen durchzuführen gestattet,
die vom zeitlichen Ablauf der Vorgänge praktisch keine
Einschränkungen erhalten.

Im Gebiet der Drucktechnik bildet u. E. das wichtig-
ste Einsatzgebiet der Hochgeschwindigkeitskinemato-
graphie das Erfassen der schnellen Bewegungsvorgänge
verschiedenster Maschinenmechanismen, ferner die Farb-
spaltung und das Bewegungsverhalten von Papier, bzw.
anderen Bedruckstoffen. Erst wenn alle die den idealen
Druckprozess störenden Faktoren bekannt sind, ist eine
optimale Abstimmung aller dieser beeinflussenden Fak-
toren möglich.

Ziel unserer hochgeschwindigkeitskinematographi-
schen Untersuchungen ist es somit, Erkenntnisse zu ge-
winnen, welche zur Verbesserung der Druckgüte und zur
Steigerung des Drucktempos führen.

Bereits seit einigen Jahren sind im Darmstädter Insti-
tut entsprechende Geräte im Einsatz. Die Kernstücke
dieser Ausrüstung sind: 1 Fastax 16-mm-Zeitdehner-
kamera (500–8000 Bilder/sec), 1 Blitzgerät Strobokin,
Xenonleuchten Molo–Richardson, u. a.

Um die Art der bisher vom Institut durchgeführten
Untersuchungen zu demonstrieren, seien im folgenden
einige Phasenbilder aus dem Gebiete der Drucktechnik
gezeigt, und zwar zunächst einige Modellversuche.

Obgleich die hier vorgelegten Phasenbilder grund-
sätzlich nicht den Erkenntniswert des Zeitdehnerbildes
haben, dürften sie demonstrieren, dass mit dem Einsatz
der Hochgeschwindigkeitskinematographie (HGK) auf
dem Gebiete der Drucktechnik, der zu visuell wahrneh-
baren Vorgängen führt, neue Möglichkeiten der For-
schung vorliegen.

Es sei hier eingeschaltet, dass an Produktionsmaschi-
nen bereits verschiedene HGK-Aufnahmen zur Durch-
führung gelangten, die den Zweck hatten, Störquellen in
bestimmten Maschinenkonstruktionen aufzufinden. Auf
Grund der Untersuchungsergebnisse konnten dann die
Fehlerstellen umgehend eliminiert werden. Da es sich
hier um vertrauliche Firmenaufträge handelte, können
die entsprechenden Filme natürlich nicht öffentlich ge-
zeigt werden.

Aus *Abbildung 1* ist eine Trennphase beim Rupfvor-
gang auf dem bekannten IGT-Prüfgerät ersichtlich (un-
tersucht wurde Kunstdruckpapier mittels Rupföl bei
Trenngeschwindigkeit etwa 1 m/sec; Bildzahl 2800/sec).
Die Aufnahmereihe soll einen kleinen Beitrag zur Auf-
klärung des Mechanismus des Rupfvorganges geben.
Beim Rupfen treten impulsartige Trennkräfte auf, welche
zum Herausreißen von Papierpartikeln führen. Auf einer
anderen Instituts-Versuchseinrichtung wurden unter
Einsatz eines Vibrators und eines Prismensystems Rupf-
phasen im Querschnitt bei einer Bilderfolge von 1/10 000
sec aufgenommen. Vorwiegend wird die Rupffestigkeit
von Papieren beeinflusst von den Eigenschaften des Pa-

piers, den Eigenschaften des Farbfilms und dessen Dicke, von der Druckspannung und der Zeit des Kontaktes in Verbindung mit der Art des Abhebens des Papiers von der Druckform [1]. *Abbildung 2* zeigt eine Phase beim Abziehen des Papierbogens von der Druckzone einer Bogenoffsetmaschine (Modellversuch; 1500 Bilder/sec; 4000 U/h). Wir finden, dass der Bogen nach Verlassen der Druckzone noch am Druckzylinder angeklebt ist. Es bildet sich ein mehr oder weniger grosser Papierknick, der abhängig ist u. a. von der Farbart, Papierbeschaffenheit und Druckgeschwindigkeit. Der Abziehvorgang ist von einer Gleitbewegung begleitet. Daraus resultiert u. a. eine Rollneigung des Bogenendes. Die Rollung führt zu Störungen beim Druckprozess, namentlich bei Passerarbeiten. Ursachen sind u. a. Querschneiden zu hart aufgerollter Papiere, einseitige Befeuchtung beim Offsetdruck und Ankleben des namentlich im Vollton bedruckten Papiers am Gummituchzylinder. Dadurch muss das Papier unter einem mehr oder weniger grossen Winkel abgezogen werden, denn es läuft über die Druckzone hinaus noch eine gewisse Strecke mit. In der Abhebezone wird es stark gedehnt und mechanisch gerollt. Die Länge der Anklebestärke ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Beschrieben wurde dieser Vorgang u. a. von R. F. Reed [2]. Gewisse Abhilfe kann bewirkt werden durch Verringerung des Anpressdruckes, Wahl eines härteren Gummituches und vor allem durch Anwendung von Farben geringer Zähigkeit.

Den Papierschnitt auf einer handelsüblichen Papierschnittmaschine (Messer mit Kurbelantrieb) verfolgt *Abbildung 3* (Papier 40 g/m²; aufgenommen mit 1500 Bildern/sec). Aus den Phasenbildern ersehen wir, dass die Messerschneide stets exakt senkrecht schneidet, ohne jede Störungen.

In einem weiteren Auswahlbeispiel wird durch *Abbildung 4* eine Phase an der Auslage einer bogenverarbeitenden Druckmaschine gezeigt (Papier 40 g/m²; etwa 5000 Druck/h; 1500 Bilder/sec). Die Störungen (rückwärts bewegende Auslegergreifer deformieren das Papier) traten deshalb auf, weil im Verhältnis zur hohen Maschinengeschwindigkeit die Sinkgeschwindigkeit der Bogen zu gering war (Luftpolster!). Durch eine einfache konstruktive Massnahme konnte diese Störquelle behoben werden.

In verschiedenen HGK-Untersuchungen wurde das Bewegungsverhalten des Papiers in Falzwerken von schnellaufenden Produktionsmaschinen verfolgt. So zeigt *Abbildung 5* eine Phase beim Entstehen unerwünschter Ecken (Eselsohren) am fertigen Exemplar während des Transportes zur Auslage. Durch Änderung des Standortes der betreffenden Bandwalze wurde diese Störursache rasch beseitigt.

Eines der im Institut vorliegenden Forschungsthemen lautet: *Untersuchung der Spannungsverteilung im laufenden Papierstrang von Rotationsmaschinen*. Zunächst sei kurz auf die wirtschaftliche Notwendigkeit solcher Messungen eingetreten. Seit vielen Jahren bildet die Regelung der Papierbahnspannung im Rotationsdruck ein besonders wichtiges Problem, da die im Papierlauf durch Mechanismen und durch wechselnde Betriebsbedingungen auftretenden mehr oder weniger erheblichen Spannungs-

Abb. 5.
Falzwerk: Umknicken von Ecken in der linken Hälfte des Druckexemplares.
20000 Umdrehungen/h –
3500 Bilder/sec (3 Phasen)



Abb. 6.
Springdale-
Tensiometer



Abb. 7.
General-
Electric-
Tensiometer

Abb. 8.
Beispiel eines Zugkraft-
diagrammes in der Versuchs-
maschine (die hohen Ampli-
tuden links sind vom Brems-
werk verursacht)



schwankungen sowohl niedriger als auch hoher Frequenzen neben anderen Faktoren sich massgeblich auf die Genauigkeit des Druckes, auf die Produktionsmenge und den Makulaturanfall auswirken. Beispielsweise sei bemerkt, dass die Firma Axel Springer & Sohn, Hamburg, bei der Untersuchung des Makulaturanfalles (etwa 10 000 Rollen) 17 Fehlermöglichkeiten festgestellt hatte, wobei der «Rollenwechsel» mit etwa 30% Häufigkeit auftrat («Tiefdruck 1959», S. 84–86. Schrift des AGV, Wiesbaden). Die bisherige sich speziell mit dieser Aufgabe befassende Literatur, die zahlreichen Patentschriften und insbesondere die mannigfaltigen Konstruktionen zur Bahnspannungssteuerung und -regelung zeigen eingehend, dass man über die Erfassung der wirklichen Bahnspannung und ihre Regelung bereits viele Überlegungen angestellt hat. Trotz vorhandener Bahnspannungsregler entstehen nicht selten, namentlich vor dem ersten Druckwerk, Schwierigkeiten, die sich insbesondere beim Mehrfarbendruck in die nachfolgenden Druckwerke fortpflanzen. Die Gefahr der Passerdifferenzen und Papierbahnrisse steigt naturgemäss mit den wachsenden Druckgeschwindigkeiten und mit dem Einsatz des automatischen Rollenwechsels (Autopaster). Die Konstanthaltung der betriebsnotwendigen und optimalen Paperspannung wird – unter Ausschaltung des Einflusses der Rollendurchmesserabnahme und unter Berücksichtigung der Forderung, auch während der Rollenwechsel die Spannung gleichbleibend zu halten – ermöglicht durch den Einsatz vorteilhafter Antriebe und zweckmässiger Steuer- und Regeleinrichtungen mechanischer, hydraulischer, pneumatischer und elektrischer Natur, bzw. kombinierter Vorrichtungen. Auf die einzelnen Konstruktionen möchte ich hier nicht eingehen. Eine Diplomarbeit des Instituts behandelt dieses Thema; hier werden auch die Einflussfaktoren für die Beanspruchung der Papierbahn bereits von der Papierherstellung ausgehend behandelt. Obgleich die Papiere in der Papiermaschine höheren Laufgeschwindigkeiten und grösseren Linien drucken als in der gleichfalls kontinuierlich arbeitenden Rotationsmaschine ausgesetzt sind, treten in der letzteren häufiger Störungen im Papierlauf ein, da hier das von der Rolle ablaufende Papier meist anders gearteten und strengeren Beanspruchungen ausgesetzt ist. (In diesem Zusammenhang sei auf die Dissertation *E. Führbeck*, Darmstadt, THD 17 «Über den Einfluss der Züge bei einer Versuchspapiermaschine» J.f.P. hingewiesen.)

Störfaktoren, die zu Längenänderungen (bis 0,5%) und damit zu Bild- und Falzregisteränderungen führen, sind u. a. der unterschiedliche relative Feuchtigkeitsgehalt des Papiers, dessen elastisches Verhalten beeinflussend, und die Hysterisis- und Verzögerungsauswirkung bei wiederholter Beanspruchung, ferner Schrumpfungsvorgänge durch scharfes Trocknen. Auf die Ursachen maschinentechnischer Art zu Paperspannungsschwankungen und Maschinenschwingungen sei hier nicht näher eingegangen. Es sei hier lediglich bemerkt, dass die Paperspannungen zwischen den Druckwalzen u. a. beeinflusst werden von der Höhe und Gleichmässigkeit des Anpressdruckes, von der Umfangsdifferenz der Zylinder und von den Abweichungen der Elastizität der Zylinder-

aufzüge, ferner von nicht synchron laufenden Maschinen gruppen. Das angewandte Bremssystem wirkt sich wesentlich auf die Gleichmässigkeit des Papierzuges aus.

Dynamische Paperspannungsmessungen unter verschiedenen Arbeitsbedingungen sind nicht nur über die Gesamtpapierbahnbreite, sondern auch partiell in den benachbarten Bahnstreifen durchzuführen, und zwar zwischen allen Organen der eine Arbeitseinheit bildenden Rotationsmaschine. Paperspannungsmessungen hat bereits *Schneiderer* 1940 in Form einer Dissertation durchgeführt. Er hat damals bei einer Zeitungsrotationsmaschine bei mässigem Drucktempo einen mittleren Papierzug von etwa 35 kg/m Bahnbreite ermittelt; beim Anfahren etwa 109 kg/m, wobei 66 Prozent der Bruchgrenze des vorliegenden Papiers erreicht war.

Auf der AGV-Tagung Tiefdruck im September 1958 hat *W. Huck* über Paperspannung berichtet. Auf der TAGA-Veranstaltung in Rochester im Jahre 1959 zeigten *Harvey und Kimball* [3] einige Messmethoden und Spannungsdiagramme an amerikanischen Rotationsmaschinen.

Seit einiger Zeit hat auch das Darmstädter Institut mit entsprechenden Forschungsarbeiten begonnen. Das Forschungsvorhaben wird etappenweise durchgeführt. Zunächst wurde das handelsübliche Springdale- und das General Electric-Teilspannungsrollen-Tensiometer erprobt (Teilflächen-Tensiometer; *Abb. 6 und 7*). Das Messprinzip beider Geräte beruht auf einer von der Kraftwirkung der Papierbahn hervorgerufenen Ortsveränderung der mit einer Blattfeder in Verbindung stehenden Messrolle. Gemessen wird die in eine elektrische Grösse umgewandelte Rollenverlagerung als Sekundärspannungsänderung des im Messgerät befindlichen Regeltransformators. Aus den Untersuchungsergebnissen, welche mit diesen Geräten erhalten wurden, war zu entnehmen, dass diese handelsüblichen elektromechanischen Wandler in bezug auf die Messempfindlichkeit, Erschütterungsempfindlichkeit und verzerrungsfreie Erfassung von Spannungsspitzen uns nicht ganz zufriedenstellten.

Es war daher notwendig, für spezielle Messaufgaben geeignetere Tensiometer zu entwickeln und zu fertigen. Angestrebt wurden relativ weich arbeitende Federsysteme von genügend hoher Eigenfrequenz und gutem Dämpfungsverhalten. Die endgültige Ausführungsform dieser Tensiometer ist gekennzeichnet durch eine die Messrolle ersetzende Gleitbahn und durch die Anwendung des Dehnungsmesstreifenverfahrens zur Erfassung der auftretenden Verlagerungen. Infolge des Wegfalls der Messrolle konnte die Masse des Systems reduziert und die Tensiometerherstellung vereinfacht werden. Die Erprobung dieser neuen Aufnehmertypen ist inzwischen erfolgreich abgeschlossen worden.

Um die an den verschiedensten Orten einer Rollen-Rotationsmaschine auftretenden Paperspannungen gleichzeitig messen zu können, erscheint es zweckmässig, Verfahren der Vielstellen-Messtechnik heranzuziehen. Mittels der vorteilhaft zu verwendenden elektronischen Aufnehmersysteme sind zu ermitteln: Ausgangspunkt, Grösse, Verlauf und Einflussbereiche der Störungen. Seit kurzer Zeit verfügt das Institut über eine Umschalt-

einrichtung, die es gestattet, kurzzeitig hintereinander 10 verschiedene, auf dem Dehnungsmesstreifenprinzip basierende Tensiometer mit dem Messverstärker zu verbinden. Wenn auch damit eine gleichzeitige Erfassung der Messwerte aller Tensiometer noch nicht exakt realisiert werden kann, sind jedoch die Auswirkungen der von verschiedenen Aggregaten der Maschinenanlage verursachten Bahnspannungsänderungen weitgehend zu verfolgen. Dadurch wird eine wesentliche Voraussetzung zur Eliminierung der Störungen geschaffen.

Es ist beabsichtigt die Messungen an Produktionsmaschinen, die ja mit einem Minimum von Verlustzeit und Makulatur arbeiten müssen, zu intensivieren.

Die Abbildungen 8, 9 und 10 zeigen die Spannungsverläufe an Versuchs- bzw. Produktionsmaschinen.

Von einer näheren Diskussion sei hier abgesehen.

Auf diesem Sondergebiet muss noch intensiv weitergeforscht werden. Wir sind uns darüber klar, dass wir mit unseren bisherigen Untersuchungen kein Neuland erschlossen haben. Insbesondere konnten die amerikanischen Forscher bereits interessante Untersuchungen über Spannungsverlauf, über den Einfluss papierelastischer Eigenschaften und über Spannungsstörungen vorweisen. Das Darmstädter Institut will sich mit eigenen Methoden selber Werte erarbeiten, u.a. unter Beobachtung der verschiedenen Antriebsarten und Systeme von Autopastern, zum Nutzen unserer Konstrukteure.

Die Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Druckwerken ist ein altes Anliegen des Institutes.

Schon im Jahre 1958 wurde vom Verfasser vor dem SVMT das heikle Thema «technische Kenngrößen für die Beurteilung von Druckmaschinen» angeschnitten und hervorgehoben, dass man bei Aufstellung solcher gleichzeitig dreierlei Leistungsgruppen mit unterschiedlicher Wirkung hinsichtlich Qualität und Leistung, nämlich Druckwerk, Farbwerk und Papierführung im Auge behalten müsse, von vielen anderen Bewertungspunkten

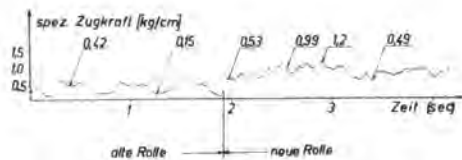


Abb. 9. Spannungsverlauf beim Rollenwechsel

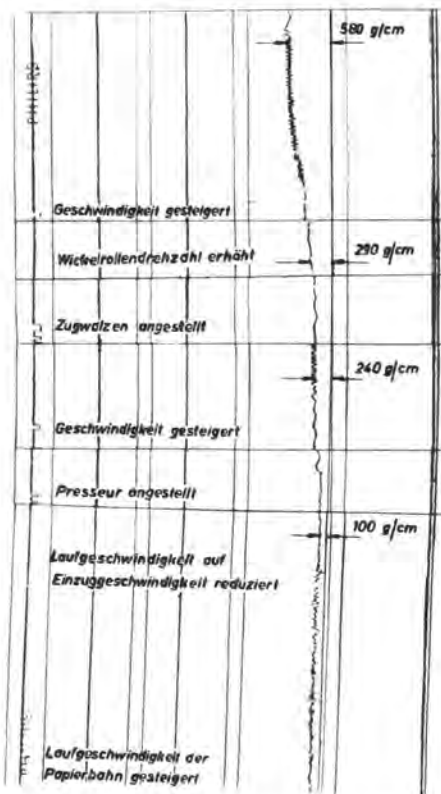


Abb. 10. Zugspannungsverlauf in einer Produktionsmaschine (vom Papiereinzug bis zum Vollauf. Gekürzter Montagestreifen)

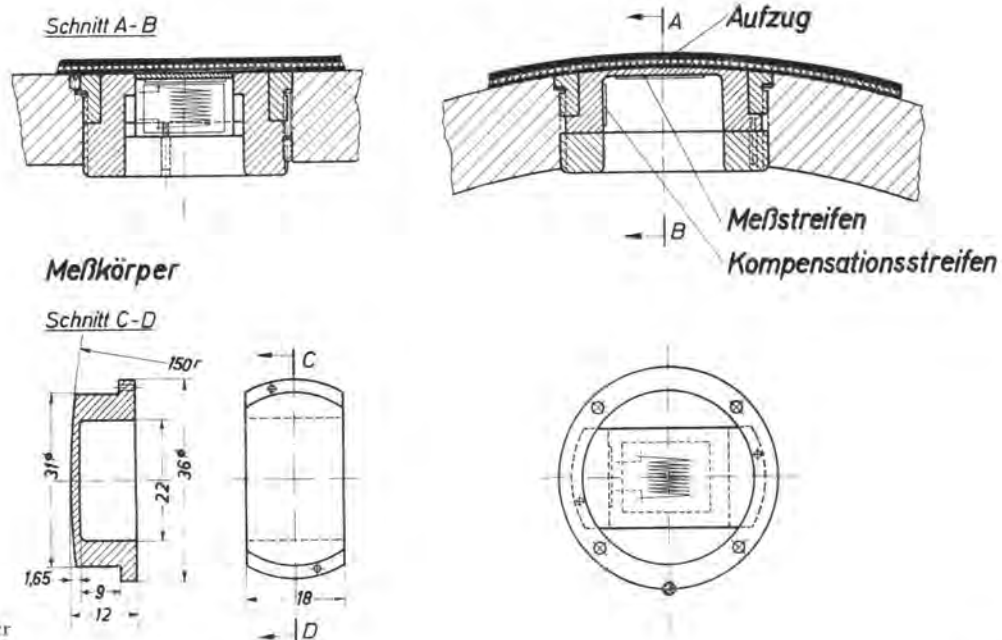


Abb. 11. Druckaufnehmer

abgesehen. Auf dem Gebiete der Beurteilung von Druckwerken nach ihrer statischen und dynamischen Stabilität ist auch in letzter Zeit in Industrielaboratorien und an den verschiedenen Forschungsinstituten lebhaft gearbeitet worden, namentlich auf dem Sektor Schnellpressen.

Die einschlägige Fachliteratur dürfte bekannt sein.

Der deutsche Druckmaschinenbau hat im Jahre 1959 mit den Druckerverbänden hinsichtlich der Abnahmebedingungen neuer Schnellpressen eine Einigung in der Festlegung der Vorspannkraft und Gesamtdurchbiegung erzielt. Vorläufig ist die folgende Faustformel verbindlich:

$$P = 10 \times B \times \sqrt{D}$$

P = Vorspannkraft in kg
 B = aktive Druckformbreite in cm
 D = Zylinderdurchmesser in cm

Die Formel basiert auf einem spezifischen Druck von 50 kg/cm²; Aufzugszusammenpressung von 0,1 mm. Maximale Durchbiegung in Maschinenmitte bis 0,1 mm zulässig, gültig für mittelgrosse Maschinen [4].

Der Genauigkeitsgrad obiger Formel wird zurzeit noch vom Darmstädter Institut untersucht.

Es handelt sich nunmehr auch darum, generelle Untersuchungen über das dynamische Verhalten von Rotationsmaschinen-Druckwerken durchzuführen. Zur Klarstel-

lung dieses Problems seien einige grundsätzliche maschinentechnische Bemerkungen ausgeführt.

Die Arbeitsgenauigkeit einer Druckmaschine hängt bekanntlich in erster Linie ab von ihrem Funktionsprinzip, ihrer Herstellgenauigkeit und Verschleissfestigkeit und namentlich von ihrer statischen und dynamischen Stabilität. Dazu kommen noch die Einflüsse durch die Druckformen (z.B. Form-, Mess-, Lage- und Oberflächenfehler eines Tiefdruckzylinders), die Aufstellungsart, durch Temperaturdifferenzen u. a.

Bei der Beurteilung des dynamischen Verhaltens einer Druckmaschine in bezug auf ihre Arbeitsgenauigkeit darf man die Druckmaschine nicht allein für sich betrachten, sondern man muss das ganze schwingungsfähige System einschliesslich Fundament in Betracht ziehen.

Hier seien zunächst lediglich Betrachtungen über die dynamische Starrheit (Widerstand gegen Verformung) des Druckwerkes, als das Herzstück einer Druckmaschine, angestellt. Es ist bekannt, dass die dynamische Starrheit, also die Starrheit gegenüber veränderlichen Beanspruchungen, von der statischen abweicht; bei den Eigenfrequenzen einer Maschine beträgt die dynamische Starrheit lediglich einen Bruchteil (etwa $1/10$ - $1/100$) der statischen. Durch Erhöhung der dynamischen Maschinenstarrheit, namentlich durch Steigerung der Maschinenämpfung, durch Verringerung der Störkräfte und Iso-

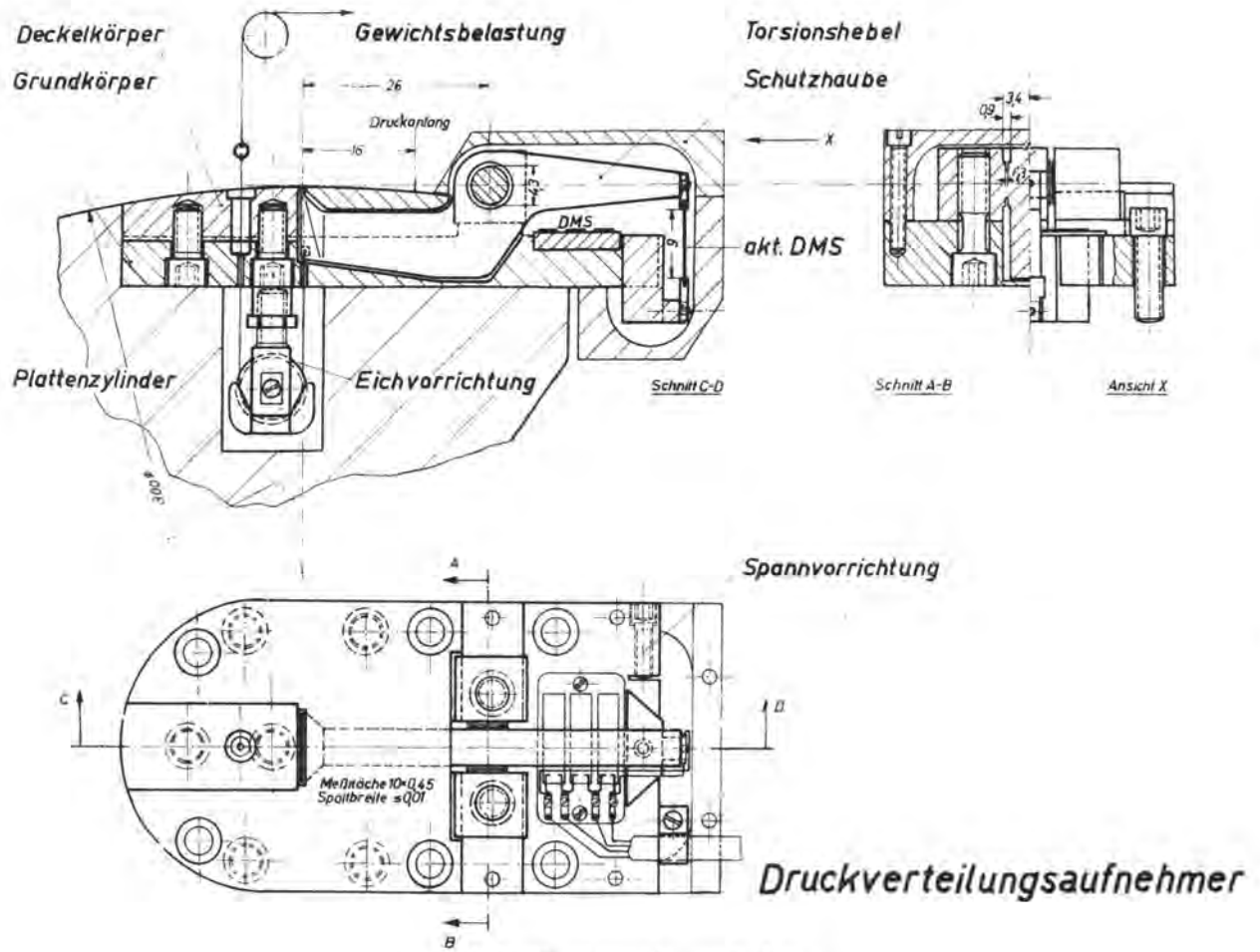


Abb. 12. Druckverteilungsaufnehmer

hi-
igt
in-
eit
en
die
lä-
rt,
ier
arf
zn,
em

lierung der Störquellen kann bekanntlich ein ruhiges Arbeiten der Maschine erreicht werden.

Bei den Druckwerken handelt es sich häufig um symmetrisch belastete Rechteckrahmen, also um die Berechnung von statisch unbestimmten geschlossenen Rahmen. Alle bewegten Maschinenelemente weisen Eigenfrequenzen auf; im allgemeinen sind die Schwingungsformen mit niedrigen Frequenzen bei den meisten Druckmaschinen von besonderer Bedeutung (Grundschwingungen), da die höheren Frequenzen kleinere Amplituden haben, letztere können u. U. aber auch durch Schallstrahlung sich störend auswirken.

Die Masse und deren Verteilung, die statische Starrheit und deren Verteilung, sowie die Dämpfung (Werkstoffdämpfung; Reibung in Führungen; Verschraubungen) und deren Verteilung beeinflussen die dynamische Starrheit, ausgedrückt durch den Quotienten einer Wechselkraft zur dynamischen Auslenkung (nach *Salje*).

Die mathematische Erfassung der Starrheitseigenschaften und namentlich die Vorausbestimmung der Eigenfrequenzen ist äusserst komplex, daher ist man auf die experimentellen Untersuchungen angewiesen. Es werden im folgenden zunächst Anpressdruck-Untersuchungen, die unter praxisüblichen Verhältnissen an einer Offsetbogenrotationsmaschine angestellt wurden, kurz behandelt. Der Druckvorgang ist hier gekennzeich-

net durch eine Rollbewegung unter Wirkung einer Normalkraft.

Um die zum Ausdrucken notwendigen Anpressdrücke für Papiere verschiedener Rauigkeit sowie die Druckverteilung in Abhängigkeit von der Aufzugsart, der Druckanstellung und der Maschinengeschwindigkeit festzustellen, mussten im Institut zunächst funktiontüchtige Mess- und Registriereinrichtungen entwickelt werden, solche, die den hohen Anforderungen der Problemstellung entsprechen konnten.

Abbildung 11 zeigt einen selbst entwickelten brückenförmigen und geeichten Druckaufnehmer, eingebaut im Mantel des Gummizylinders, der gestattet, mit einem Messelement die auftretenden Kräfte zu messen. Dabei kam ein geeignetes Schleifringgerät zum Einsatz. *Tabelle 1* kennzeichnet als Messbeispiel die zwischen Druck- und Gummizylinder gemessenen und erforderlichen Anpressdrücke für verschiedene Papiersorten unterschiedlicher Rauigkeit bei konstanter Güte des Druckproduktes. *Abbildung 12* stellt den Druckverteilungsaufnehmer dar, der es ermöglicht, die Verteilung der Druckkräfte im Berührgebiet Plattenzylinder-Gummizylinder während des Maschinenlaufes zu messen. Charakteristisch ist die schmale Messfläche des Aufnehmertastkopfes und der biegungssteife Torsionshebel; Tangentialkräfte können dabei den Messvorgang nicht beeinflussen. In *Abbildung*

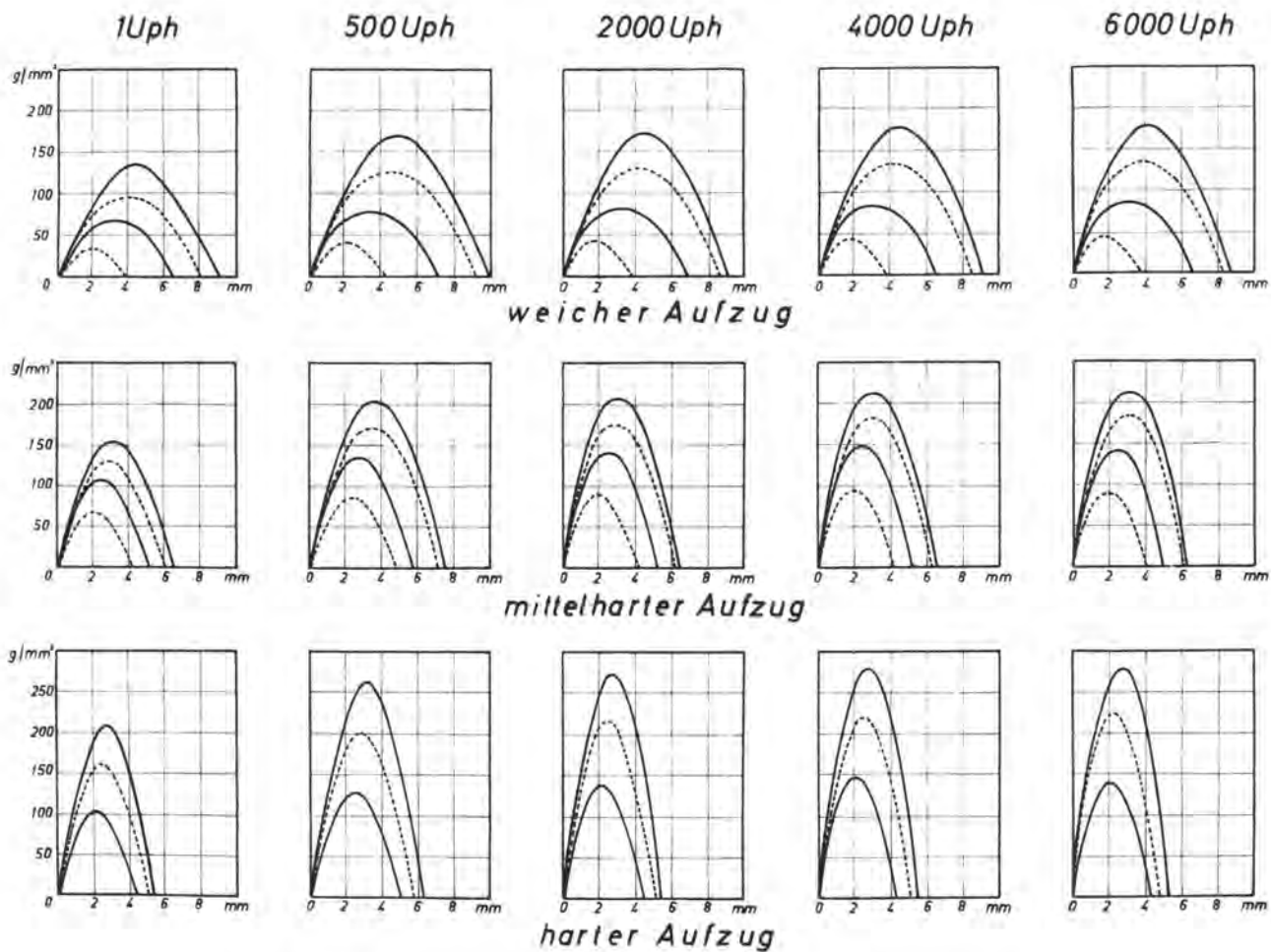


Abb. 13. Druckverteilungskurven in der Bogen-Offset-Rotationsmaschine

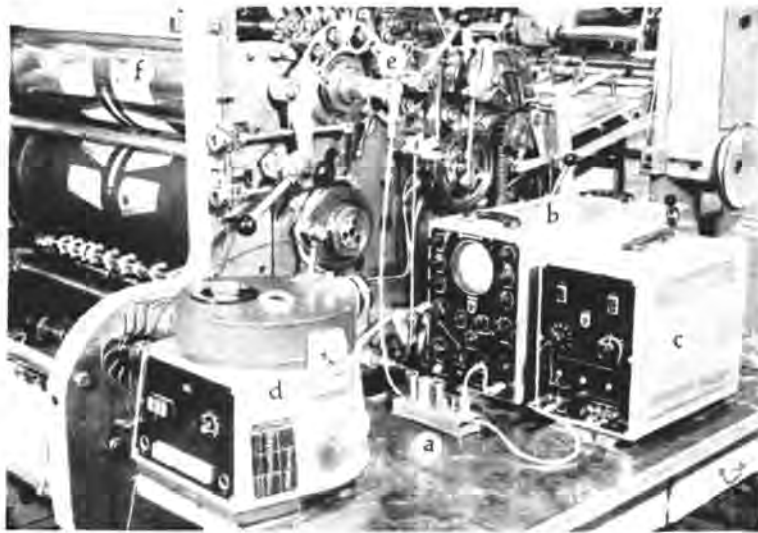


Abb. 14. Messanlage für die Farbspaltungs-Untersuchungen

- a) Vorverstärker
- b) Gleichspannungszillograph
- c) Gleichstromspeisegerät
- d) Frequentophot
- e) Schleifringgerät
- f) Aufnehmer

13 sehen wir beispielsweise das Verhalten verschiedenartiger Aufzüge bei zunehmenden Maschinengeschwindigkeiten. Kennzeichnend ist einerseits der stark geschwindigkeitsabhängige Druckanstieg und andererseits die mit der Umfangsgeschwindigkeit abnehmende Breite der Druckzone. *Abbildung 14* zeigt die Messanlage, die in ähnlicher Art auch für die Untersuchung der Farbspaltungsvorgänge verwendet wurde [5].

Die bei den Messungen an der Offsetbogenmaschine erworbenen grundlegenden Erfahrungen könnten bei der Entwicklung entsprechender Aufnehmer für Hochdruck-Flachformmaschinen verwertet werden. Für dieses Vorhaben wurden bisher drei verschiedene auf dem Dehnungsmesstreifenprinzip basierende Aufnehmer geschaffen und eingesetzt. Zur Erfassung der während des Druckvorgangs auftretenden Abstandsänderungen zwischen Druckzylinder und Formbett sowie zur Anpressdruckmessung dienten unkomplizierte elastische Systeme, deren Wirkungsweise durch das Übertragen der von den Kraftwirkungen verursachten Formänderungen auf den aufgeklebten Dehnungsmesstreifen gekennzeichnet ist. Zur Ermittlung von Druckverteilungskurven, die drucktechnisch von besonderem Interesse sind, wurde ein als empfindliches Dynamometer arbeitender elektro-mechanischer Aufnehmer geschaffen.

Der Beseitigung von apparativen und verfahrensbedingten Störquellen ist grosse Aufmerksamkeit gewidmet worden. Eine zusätzliche Einrichtung war für die Ermittlung der Formbettgeschwindigkeit notwendig.

TABELLE 1 Gemessener Anpreßdruck für verschiedene Papiersorten.

Anpreßdruck zwischen Platten- und Gummirollen ~ 5 kg/cm
Druckgeschwindigkeit 2000 U/min

| Papiersorte | Glättezahl nach Bekk [s] | Anpreßdruck (kg/cm) | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | | Mittelwert | | | | | | | | | | | |
| Hochglanz-kunstdruckpapier | 24,72 | 4,3 | 4,5 | 4,6 | 4,3 | 4,7 | 4,1 | 4,5 | 4,4 | 4,6 | 4,4 | | |
| Kunstdruckpapier | 518 | 7,7 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,7 | 7,8 | | |
| Chromopapier | 51 | 11,1 | 11,0 | 11,4 | 11,5 | 11,1 | 10,7 | 10,5 | 11,1 | 11,3 | 11,2 | | |
| Naturpapier | 17 | 12,4 | 12,2 | 12,2 | 12,4 | 12,0 | 12,3 | 12,3 | 12,4 | 12,0 | 12,2 | | |
| Aquarellpapier | 3 | 12,2 | 11,9 | 12,1 | 11,7 | 12,0 | 11,8 | 12,3 | 11,9 | 12,1 | 12,2 | | |

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse kennzeichnen das Verhalten verschiedener Maschinensysteme beim Druckprozess. Analysiert wurden die Grösse und Verteilung der auftretenden Kräfte, das Verhalten verschiedenartiger Aufzugszusammensetzungen sowie der Einfluss der Maschinengeschwindigkeit. Über die Stabilitätsverhältnisse konnten durch das Erfassen der wesentlichen Verformungen im Druckwerk wichtige Aufschlüsse erhalten werden.

Von besonderem drucktechnischem Interesse war die Ermittlung der Beziehung zwischen Druckzylinderdurchmesser und Druckzonenbreite, bei gleicher maximaler Druckamplitude und gleicher Aufzugsstärke. Untersucht wurden 4 Hochdruck-Flachformmaschinen mit den Zylinderdurchmessern 258, 342, 420 und 540 mm.

Hierbei wurde eine lineare Beziehung zwischen Druckzonenbreite und Zylinderdurchmesser ermittelt. Auch die Grösse des Einflusses der Aufzugsstärke auf die Druckzonenbreite nimmt annähernd linear mit dem Druckzylinderdurchmesser zu.

Aus *Abbildung 15* ist der Druckverteilungsaufnehmer für Messungen an Schnellpressen ersichtlich, *Abbildung 16*



ohne Schutzkappe

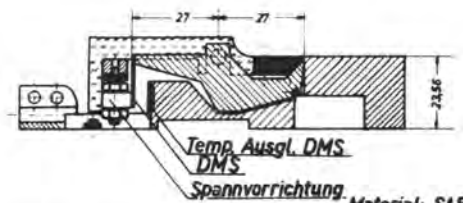


Abb. 15. Druckverteilungsaufnehmer bei Schnellpressen

Material: St 80.11 / Titan

zeigt die Messanordnung und *Abbildung 17* die bei verschiedenen Zylinderdurchmessern für die maximale Druckamplitude 50 kg/cm^2 gemessenen Druckzonenbreiten (Druckverteilungskurven). Aus *Abbildung 18* kann für $p = 50 \text{ kg/cm}^2$ die wirkende Gesamtkraft (entsprechend der vorliegenden «aktiven» Formbreite) für die verschiedenen Zylinderdurchmesser abgelesen werden.

Zur Erfassung der Zylinderdurchbiegung bei Rollentiefdruckmaschinen wurden drei Abstandsaufnehmer konstruiert. Es ist vorgesehen, diese Untersuchungen an den sehr breiten Maschinen eines Produktionsbetriebes durchzuführen. Diese Systeme werden in nächster Zeit erprobt. Die Messung des in laufenden Rollentiefdruckmaschinen auftretenden Anpressdruckes und der Druckverteilungskurven befindet sich im Stadium der Vorbereitung.

Die Ermittlung der Tangentialkräfte ist bei Hochdruck-Flachformmaschinen vorgesehen und wird ebenfalls unter Einbeziehung der bereits erarbeiteten Grundlagen vorbereitet.

Die im Bereich der Druckzone wirksamen Kräfte verursachen speziell bei den schnellaufenden Rollentiefdruckmaschinen Erwärmungseffekte. In schnellaufenden Tiefdruckrotationsmaschinen erwärmen sich die Gummipresseure infolge der Materialbeanspruchung während des Druckprozesses derartig, dass sie den Druckvorgang stören und die Lebensdauer der Presseure kürzen. Der Grad der Erhitzung ist abhängig namentlich von der Arbeitsgeschwindigkeit, von der Höhe des Anpressdruckes, Art und Schichtdicke des Walzenbelages und der Zahl der Walkstellen sowie dem Walzendurchmesser. Trotz Wasserkühlung wird u.a. eine unzulässige Erwärmung der Farbe im Farbbehälter und zuweilen ein Ausbrechen bzw. Platzen des Walzenbelages hervorgerufen (Wärmestau zum Walzenkern).

Das Institut beabsichtigt daher, das Temperaturfeld der Presseure während des Druckvorganges exakt zu erfassen (mit und ohne Kühlung) und die verschiedenen Einflussfaktoren zu ergründen. Auch hier soll eine Übertragung der Messimpulse über Schleifringe zu den Registriergeräten erfolgen.

Eine weitere Forschungsaufgabe des Institutes ist die Untersuchung von *Rakeln für Tiefdruckmaschinen*.

Das Tiefdruckfarbwerk ist zurzeit meist noch als eine schwache Stelle der Maschine anzusehen. Auch an die Tiefdruckrakel werden ständig erhöhte Ansprüche drucktechnischer und maschinentechnischer Natur gestellt. Auftretende Schwierigkeiten, die sich in Raketstreifen, Farbstreifen und Farbtonschwankungen äussern, gaben Veranlassung zu Neukonstruktionen, die sich u.a. unterscheiden in der Gestaltung der Rakelhalter, der Anwendung der Farbmesser und Stützrakel, der Belastungsart und namentlich im Antrieb der Rakel. Eine vergleichende Bewertung verschiedener Rakelsysteme hinsichtlich einer vorteilhaften Lagerung des Systems wurde vor 5 Jahren bereits im Institut durchgeführt. Weitere Forschungen sind geplant sowohl über Rakeldruck- und Anstellwinkel, Rakelstellung zur Drucklinie, Anpressdruckschwankungen, Rakelschwingungen, Regelung des Rakeldruckes, Rakelgeschwindigkeit und Rakelhub. Insbeson-

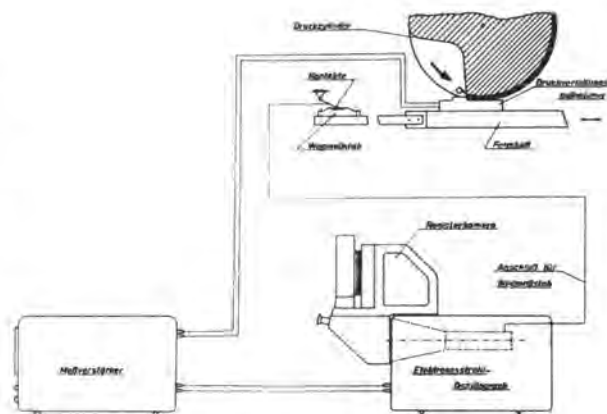


Abb. 16. Messeinrichtung zu *Abbildung 15*

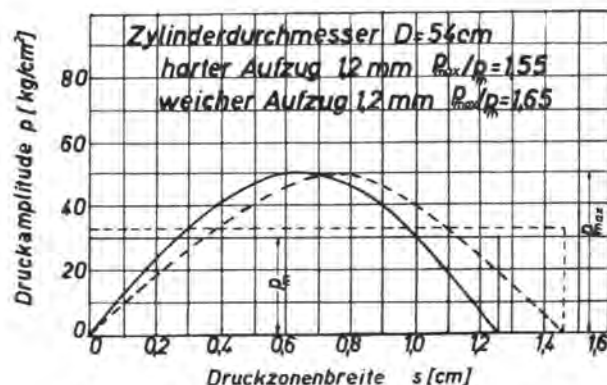
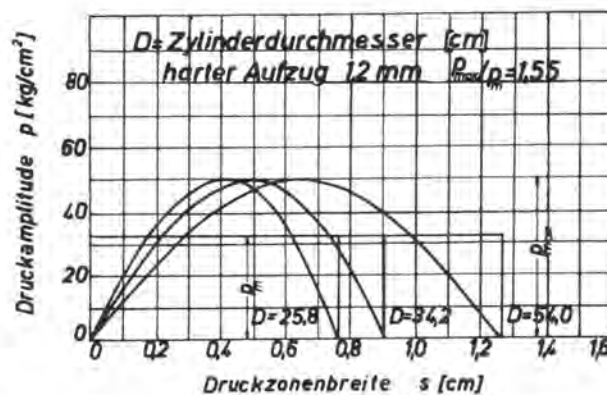


Abb. 17. Druckverteilungskurven bei Schnellpressen

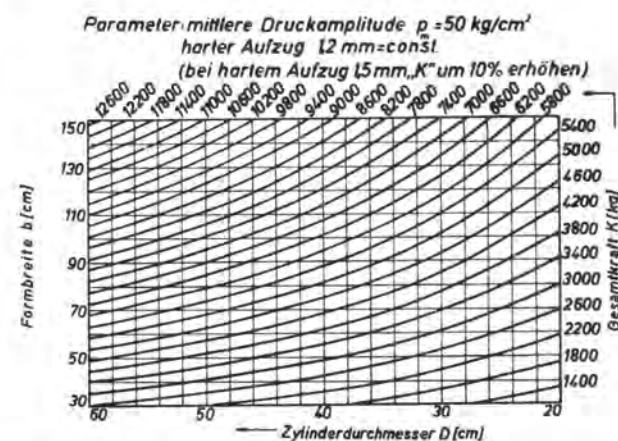


Abb. 18. Formbreite und Gesamtkraft bei Schnellpressen

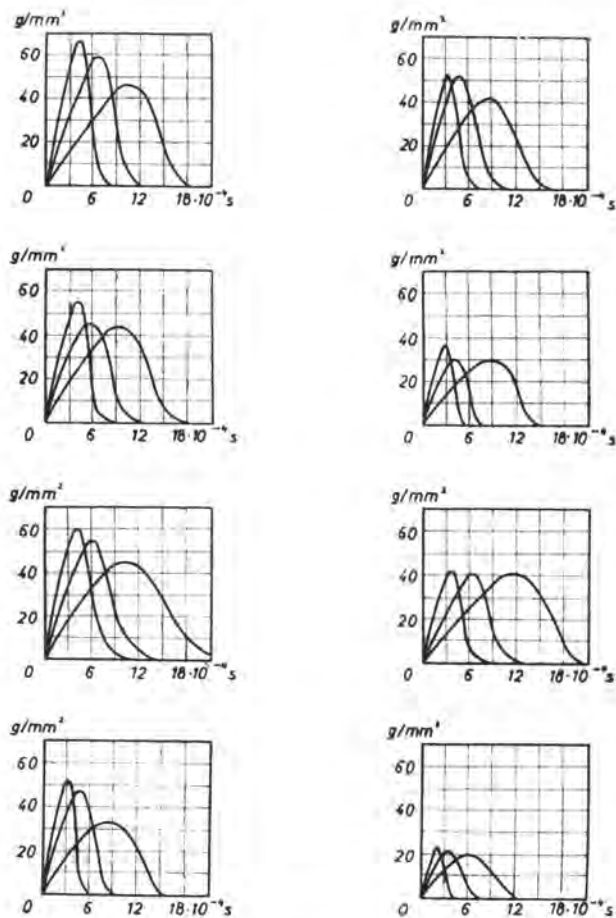


Abb. 19. Spannungsverlauf beim Spaltungsvorgang für verschiedene Offsetfarben. Farbübertragungssystem: Platten-/Gummizylinder. Maschinengeschwindigkeit: 2000, 4000 und 6000 U/min

dere ist für überbreite Maschinen (2 m Breite und mehr) von Wichtigkeit, das Verhalten langer Rakel und deren Lagerung zu studieren. Die Versuche sollen am Versuchsdruckwerk bzw. an Betriebsmaschinen durchgeführt werden.

Die Untersuchungen zielen nicht zuletzt auf eine Erhöhung der Standzeiten der Rakel hin, die u. a. nicht nur von der Höhe des Anpressdruckes, der Verschleissneigung der Rakelschneide und von den rheologischen Eigenschaften der Farbe abhängig ist.

Hierzu seien noch kurz einige Hinweise eingeschaltet: Die Anwendung der gegenläufigen Rakel wurde bekanntlich von *Rogge, Roehm und Lilien* vorgeschlagen, ein System, bei welchem sich mit besonders niedrigen Anpressdrücken arbeiten lässt, wobei kein Farbkeil zwischen Rakel und Zylinder auftreten kann. Auf diesen Punkt sei nicht weiter eingegangen. *F. Fuchs* hat in seinem Aufsatz «Das Rakelproblem und seine Lösung» (Polygraph 1957 Seite 975 ff.) die Anwendung einer elastischen Druckleiste, die ein gleichmässiges Aufliegen der Rakelschneide bei niedrigen Liniendruckern sichern soll, vorgeschlagen. Er bemerkt mit gewissem Recht, dass heute noch strenggenommen jede Tiefdruckauflage mehr oder weniger ein Sammelsurium von Darstellungen mit ständig variierender Gradation und Farbstärke und wechselnder Stichigkeit sei, aber m. E. mit Unrecht, dass mit seinen Vorschlägen das Rakelproblem gelöst sei.

Nebenbei sei erwähnt, dass das Darmstädter Institut plant, mit Hilfe verbesserter HGK-Einrichtungen den Vorgang des Abrakelns in der laufenden Maschine bildlich zu erfassen.

Im Blickpunkt der Institutsforschung steht gleichfalls die Untersuchung der *Farbspaltungsvorgänge*.

Das Verhalten von Druckfarben unter Druckbedingungen, also das dynamische Verhalten, wurde an dem Beispiel «Offsetfarbe» im vergangenen Jahre von einem Mitarbeiter des Instituts (Dissertation *Wagenbauer* [5]) experimentell untersucht. Diese Problemstellung erforderte zunächst auf die stoffliche Beschaffenheit der Druckfarbe, den Deformationsmechanismus und die bisher angewendeten Prüfmethode einzugehen. *Wagenbauer* bemerkt, dass die Druckfarben beim Spaltungsvorgang viskoelastisch reagieren und die Höhe des Farbzuges durch die geschwindigkeitsabhängigen Reaktionen des Pigment-Bindemittelsystemes bestimmt wird. Zur Charakterisierung des Beanspruchungsverhaltens wurden im Institut «Spannungszeitkurven» aufgenommen.

Von besonderem Interesse ist es, bei der schnellen Filmtrennung in Maschinen den Verlauf und die Wirkungsdauer der auftretenden Reaktionskräfte messtechnisch zu erfassen, wobei bemerkt sei, dass die Messung der von einem schmalen Flächenelement (Rasterpunkt) aufzunehmenden kleinen und sehr kurzzeitigen Zugkräfte während des Druckvorganges schwierig ist. Unter Einsatz einer selbst entwickelten elektronischen Messapparatur, bestehend aus einem Bariumtitanat-Aufnehmer und einem direkt angeschlossenen Oszillographenverstärker, gelang es u. a., die für verschiedene Zylinderumdrehungen beim Farbspaltungsvorgang auftretende Spannungsverteilung zu registrieren.

Die Filmspaltung ist begleitet von Kavitation, Blasenbildung, Verlängerung und Trennung der sich bildenden Farbfäden. Das Fadenziehen selbst ist eine Beanspruchungsreaktion des Systems der Bindemittel-Kettenmoleküle, wobei für die Ausziehbewegung in der Druckpraxis nur ein sehr kurzes Zeitintervall zur Verfügung steht.

Die Messung der Kräfteverteilung beim Farbspaltungsprozess erfolgte mittels piezo-elektrischem Aufnehmer. Die Spannung ergibt sich als Quotient «gemessene Zugkraft und Messfläche (0,2 mm²)». *Abbildung 19* zeigt den Spannungsverlauf beim Spaltungsvorgang für acht verschiedenartige Offsetfarben. Aus den Kurven sind zu entnehmen der maximal auftretende Zug (Tack), die Geschwindigkeitsabhängigkeit des Zuges und die Zeitdauer der Ausziehbewegung der betreffenden Druckfarben. Wir erkennen deutlich das unterschiedliche Verhalten der verschiedenen Farben. *Abbildung 20* gibt das Verhalten einer normalen Offsetfarbe wieder. Bei höheren Druckgeschwindigkeiten zeigen die Interferenzlinien eine geringe Asymmetrie und ein kleineres Farbvolumen.

Vor kurzem wurde im Institut versucht, den Vorgang der Farbtrennung hochgeschwindigkeitskinematographisch zu erfassen, und zwar zunächst jener Vorgang, wie er etwa beim Tiegedruck auftritt (Modellversuch). Der manuell eingefärbte druckende Punkt (Fläche $\frac{1}{10}$ mm²) war mit einem Vibrator verbunden; die entsprechende instrumentelle Ausrüstung wurde im Institut erstellt.

titut
den
bild-
falls
kbe-
dem
nem
[5])
for-
uck-
sher
auer
gang
iges
des
Cha-
im
llen
Wir-
ech-
ung
akt)
lug-
nter
ess-
reh-
ren-
den-
sen-
den
ru-
ten-
ick-
eht.
pal-
auf-
res-
; 19
für
ind
die
eit-
ck-
7er-
das
ren
ien.
ang
gra-
wie
Der
m²)
ide



Abb. 20. Farbvolumen $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3$ 2000 U/min $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3$ 4000 U/min $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3$ 6000 U/min

Die Abbildungen 21 bis 23 zeigen in Schattenaufnahmen Phasen der Farbspaltung (Frequenz 10 kHz).

Eine weitere Forschungsaufgabe des Institutes ist die Untersuchung der die Trocknung in Tiefdrucktrockenanlagen beeinflussenden Faktoren. Zunächst seien einige allgemeine Ausführungen hierzu gegeben.

Aus der Technik der Tiefdruckverfahren ergeben sich bestimmte Forderungen an Druckfarbe und Bedruckstoff, die ihrerseits für die Trocknungsarten bestimmend sind. Die Tiefdruckfarben sind im allgemeinen dünnflüssige, netzfähige Pigmentdispersionen.

Die Farben müssen sehr schnell trocknen und geschmeidig sein, damit sie sich durch die changierenden Rakelbewegungen leicht von den Stegen entfernen lassen. Meist werden als filmbildende Bindemittel Natur- und Kunstharze und Asphaltarten gelöst in Benzin, Xylol, Spiritus u. a. verwendet. Die meistbenutzten Lösungsmittel beruhen auf der Basis der aromatischen Kohlenwasserstoffe, ferner kommen Alkohole und Ester (für nichtsaugende Bedruckstoffe) in Anwendung. Das Lösungsmittel soll von der Druckfarbe selbst rasch und gleichmässig und möglichst vollständig abgegeben werden. An den Farbauftrag unmittelbar anschliessend setzt die Trocknung ein, die abgesehen von der sogenannten chemischen Trocknung der Bindemittelbestandteile eine ausgesprochene Verdunstungstrocknung ist. Unmittelbar nach der Verdunstungstrocknung verbleibt ein zäher klebender Farbfilm mit begrenzter Haftfähigkeit auf dem Bedruckstoff zurück. Die Verdunstungstrocknung muss innerhalb weniger Sekunden in der Druckmaschine stattfinden, damit ein stapelfähiges Fertigprodukt entsteht. Deshalb beeinflusst die Art der Trocknung die Führung des Druckprozesses und die Konstruktion der Druckmaschine massgebend. Die Trocknungszeit ist etwa proportional der Verdunstungszeit. Eine Kürzung der Verdunstungszeit kann lediglich durch Veränderung der Lösungsmittel bzw. der äusseren Bedingungen (Temperatur der Luft, Geschwindigkeit, Gasdruck) erreicht werden. Neben der Verdunstungszeit der Lösungsmittel spielt auch die Neigung eine Rolle, mit welcher das Bindemittel das betreffende Lösungsmittel abgibt. Kennt man das Optimum der Trockengeschwindigkeit, so lässt sich gegenüber ungünstigeren Verhältnissen die Druckgeschwindigkeit erhöhen, der Trockenweg des Papiers re-

duzierten und damit das Bauvolumen der Maschine verkleinern. Es sei hier bemerkt, dass die Trockentemperatur nicht beliebig gesteigert werden kann, sowohl wegen des Bedruckstoffes (thermische Schädigungen) als auch vom farbchemischen Standpunkt aus (zulässig etwa 60 bis 90°C). Die minimal einzublasende Luftmenge ist abhängig von der abzuführenden Luftmenge (entsprechend dem Farbauftrag) sowie der zulässigen Anreicherung der Luft mit Lösungsmitteldämpfen. Letztere muss einen genügenden Abstand zur Explosionsgrenze des Gemisches haben. Bei den geläufigen Konstruktionen (kalte, warme und kombinierte Trocknung) können der Anreicherungsgrad der Luft und die übrigen Trocknungsbedingungen entsprechend den vorliegenden Lösungsmitteln und Bedruckstoffen geregelt werden.

Vorteilhafter für die Trocknung im Tiefdruck, wo die Trockeneinrichtungen einen unentbehrlichen Bestandteil der Rotationsmaschine darstellen, wäre gegenüber der Kontakt- und der reinen Konvektionstrocknung bzw. kombinierter Trocknung die Trocknung durch Infrarot-Wärmestrahlung und Hochfrequenz. Weil aber, um die Lösungsmitteldämpfe abzuführen, immer ein genügender Luftstrom unter der Papierbahn vorhanden

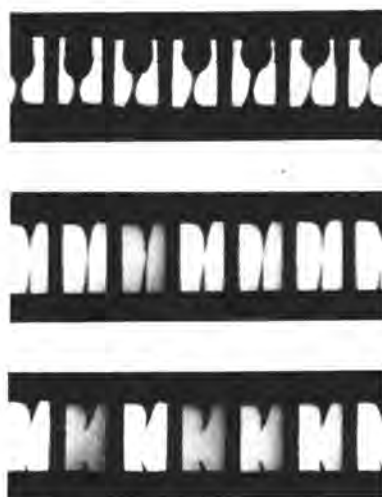


Abb. 21, 22 und 23. Modellversuch: Farbspaltung/Schattenbilder. Eingefärbter Druckpunkt ist oben, Gummiplatte unten (Aufnahmeabstand 1/10 000 sec)

sein muss, wird die kombinierte Heissluftventilations-trocknung in Verbindung mit der Trockentrommel im deutschen Tiefdruck im Vordergrund stehen; jedoch kann diese durch Infrarotstrahler oder durch eine Hochfrequenzanlage vorteilhaft und wirksam unterstützt werden. (Bei dicken Papieren ist die Trommelheizung fast wirkungslos, da die Durchdringungszeit der Wärme zur Farboberfläche zu kurz ist. Beim Arbeiten mit stark benzinhaltigen Farben ist eine Trommelheizung gleichfalls überflüssig, dagegen ist sie unentbehrlich bei Metallfolien und gewissen Kunststoffolien, da die zugehörigen Sonderfarben durch die Kontaktwärme fixiert werden müssen.)

Das Institut hat sich zunächst zur Aufgabe gestellt, die die Trocknung in Tiefdrucktrockenanlagen beeinflussenden Faktoren zu untersuchen, also die Verdunstungszeiten der Lösungsmittel aus den Farben und damit ihre Trockenzeiten in der Maschine selbst zu ermitteln.

Dazu mussten Einrichtungen getroffen werden zur Luftgemischentnahme im Druckwerk selbst und zur exakten Luftgemischuntersuchung, Verfahren, die räumlich sowie zeitlich gedrängt erfolgen. Für die Aufgabe die Lösungsmitteldämpfe in ihre Komponenten zu zerlegen und qualitativ sowie auch quantitativ zu erfassen, wurde der Gaschromatograph von Perkin-Elmer verwendet. Der Gaschromatograph stellt eine physikalische Trennmethode dar. Das Prinzip der gaschromatographischen Arbeitsweise, die sich immer neue Anwendungsgebiete erschliesst, dürfte bekannt sein.

Von besonderer Schwierigkeit war das Problem der Abnahme der Lösungsmitteldämpfe von der bedruckten Fläche. Die Lösungsmitteldämpfe müssen bei gleichbleibenden Druck- und Geschwindigkeitsverhältnissen kontinuierlich von der bedruckten Fläche abgezogen werden, am besten mit Hilfe eines tangential an der bedruckten Fläche entlang geführten Luftstromes. *Abbildung 24a* zeigt die Versuchsanordnung. Die Probeentnahme wurde mit Hilfe eines selbstkonstruierten Mehrkanal-Drehschiebers durchgeführt, der eine kontinuierliche Lösungsmittelbestimmung mittels des Gaschromatographen in Abhängigkeit von der Zeit gestattet. Für die Durchführung der Versuche wurde die Papierbahn in einem Druckwerk zunächst mit einem Lösungsmittel, später mit verschiedenen Farben bedruckt. Sofort nach dem Bedrucken einer bestimmten Bahnlänge wurde die Maschine stillgesetzt und die Probeentnahme mit Hilfe der vier Kammern und des Mehrkanalschiebers durchgeführt. Die Ergebnisse der Proben, die den kontinuierlich abgesaugten

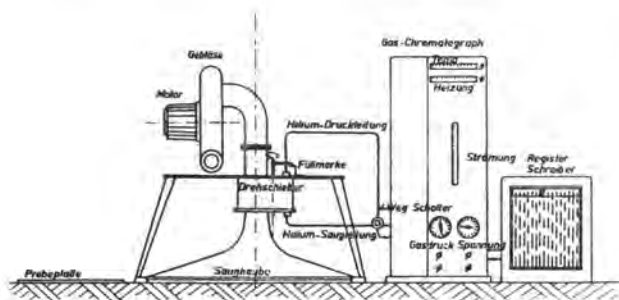


Abb. 24a. Versuchsanordnung

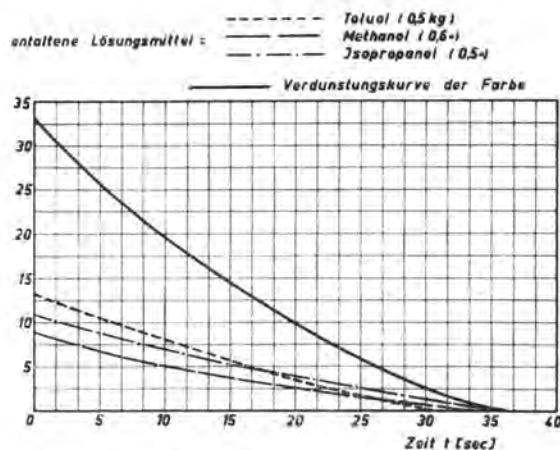


Abb. 24b. Gaschromatographisch ermitteltes Trocknungsverhalten einer Tiefdruckfarbe

Lösungsmitteldämpfen zu bestimmten Zeiten entzogen wurden, sind in Kurven dargestellt (21°C-65% r. L.). *Abbildung 24b* gibt eine der auf gaschromatischem Wege ermittelten Trocknungskurven wieder.

Die bisherigen Vorversuche liefern nur relative Ergebnisse, weil die Eingriffe in den normalen Trockenverlauf noch zu stark sind. Zur Füllung der Kammern war es notwendig, die Absaugluft zu drosseln, und dadurch verlaufen die Trockenprozesse wesentlich langsamer als beim normalen Druckprozess. Daher wird nunmehr ein neuer Weg beschritten, um praxisnähere Verhältnisse des Trockenverlaufs zu erfassen. Es soll dies erreicht werden durch Entnahme der Gasproben mit Hilfe von Vakuumgefässen. Die Füllzeiten müssen auf ein Minimum herabgedrückt werden*.

Die Versuche sollen unter veränderlichen Versuchsbedingungen (veränderliche Luftmengen und Temperaturen der Heiz- und Blasluft, verschiedenartige Luftführungen und Blasdüsenstellungen u. a.) weitergeführt werden, mit dem Endziel, die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten der Papierbahn bei den verschiedenen Trock-

* Beloserskij (A. A. Tjurin «Die Rotationsmaschinen» Band IV - 1954 Seite 330) hat bereits festgestellt, dass die Gesetzmäßigkeiten des Verdunstungsprozesses bei Benzol (in Deutschland verboten), das in Tiefdruckfarben enthalten ist, grundsätzlich den gleichen Charakter haben wie jene der Verdunstung bei normaler Zimmertemperatur und ohne Luftzufuhr und durch die Gleichung $dB/dt = -j(B+a)$ ausgedrückt werden können. $[dB/dt]$ = die momentane Verdunstungsgeschwindigkeit des Benzols, $-B$ = die Menge des nichtverdunstenden Benzols im gegebenen Zeitmoment, $-a, j$ = Konstanten, die die Verhältnisse des Verdunstungsprozesses (Temperatur, Luftstromgeschwindigkeit, Benzoldampfkonzentration in der Luft, verdampfendes Medium, usw.) charakterisieren.) Beloserskij bemerkt dabei, dass unter Annahme einer grössten Benzolmenge auf dem Abdruck (beim Drucken) von 2-2,2 mg/cm² eine Trockenzeit für diese reine Benzolmenge vom Papier weg (ohne «Bewegung» bei 20°C) von etwa 25 sec erforderlich ist. Für das Verdampfen aus der Farbe benötigt man ungefähr 40-50 sec. Damit beträgt die aktive Trockenzeit der Abdrücke in den Trockenapparaten der Maschine sehr viel weniger als die Dauer der Benzoltrocknung aus der Farbe. (Bei 4 m Bahnlänge im Trockenschrank und einer Druckgeschwindigkeit von 4 m/sec beträgt die aktive Trockenzeit nur 1 sec!) Daraus ergibt sich die zwingende Notwendigkeit, den Trockenprozess durch Luftzufuhr und Erhitzung zu beschleunigen.

nungssystemen zu ermitteln. (Bei Reihenmaschinen müssen die Trocknungsverhältnisse im letzten Druckwerk genau so günstig liegen wie jene im ersten Druckwerk.)

Hinsichtlich der Trockeneinrichtungen für andere Druckverfahren sei hier lediglich kurz bemerkt: Zu den noch nicht ausreichend gelösten Fragen der Trocknung im Hochdruck gehören die Probleme schnelltrocknender zäher Farben und der Erforschung der Verwendungsmöglichkeiten von Hochfrequenz, Ultraschall, Ozonifizierung u. a. bei der Trocknung.

Bei der Trocknung von Hochdruck- und Offsetrotationsmaschinenfarben geht man bis auf etwa 300°C, da unter anderem hier keine Explosionsgefahr vorliegt. In Europa sind die in den USA üblichen gasbeheizten Trockeneinrichtungen (Trommeltrocknungen bzw. offene Gasflammen über der Papierbahn) wegen der strengen gewerbepolizeilichen Vorschriften nicht ohne weiteres verwendbar.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass das Institut sich auch mit dem Gedanken befasst, Untersuchungen der MAK-Zahlen in Tiefdruckereien unter Einsatz eines Hydrocarbon-Detektors durchzuführen.

Als letztes seien die Versuche erwähnt, welche das Institut zurzeit an Falzwerken durchführt.

Die Produktionsgeschwindigkeit einer Rotationsmaschine ist abhängig vom störungsfreien Zusammenwirken aller zur Arbeitseinheit gehörigen Organe, in erster Linie vom einwandfreien Lauf des Papiers durch die Maschine. Dabei spielt die Funktionstüchtigkeit des Heftapparates eine besondere Rolle; namentlich stellen die Steigerung der Maschinengeschwindigkeit und die zunehmende Seitenzahl der Exemplare wachsende Anforderungen an deren verschiedene Mechanismen. Unter Einsatz der Verfahren der Hochgeschwindigkeitskinematographie und Kurzzeitphotographie wurde versucht, an den Schwachstellen handelsüblicher Heftapparate etwaige Fehlerquellen zu erfassen, um die Voraussetzungen für deren Beseitigung zu finden. Die experimentellen Untersuchungen sollten es also ermöglichen, dem Konstrukteur Massnahmen zur Verbesserung der Apparatur vorzuschlagen. (Am Versuchsapparat wurden auch willkürliche Veränderungen vorgenommen.)

Die Bildung der Heftklammer im Falzwerk von Rotationsmaschinen ist bei sehr hohen Produktionsgeschwindigkeiten schwierig, da für diesen Arbeitsprozess nur Bruchteile von Sekunden zur Verfügung stehen. Die Klammerbildung ist bekanntlich abhängig von der richtigen Wahl des Heftdrahtes, entsprechend der Papierstärke, der guten Wartung des Heftdrahtes sowie dem einwandfreien Drahttransport, vom scharfen aber gratfreien Abschneiden des Drahtes in richtiger Länge und vor allem vom exakten Umlegen des Drahtes bei der Klammerbildung. Eine erhebliche Rolle spielen hierbei die Ausbildung der Umlegerplatte (Apfelkern), Hub des Umlegerstempels und namentlich die Justage des Heftornes und Heftkopfes sowie die Geschwindigkeit des Prozesses, mit welcher die Klammer gebildet wird.

Die Kennzeichen fehlerhafter Klammerbildung sind: nicht glatt anliegende bzw. hochfedernde Klammer-

schenkel, unsymmetrische Schenkel, gestauchte Rücken, seitlich ausweichende Schenkel, Schenkelbrüche, usw.

Schwierigkeiten bei den Aufnahmen des entsprechend abgewandelten Heftapparates bestanden besonders in beleuchtungstechnischer Hinsicht (hohe erforderliche Lichtintensität, Überstrahlungsgefahr, schlechte Zugänglichkeit, Lichtführung über Spiegel und Prismen). Untersucht wurde u. a.: das Abschneiden des zugeführten Drahtes, der Mechanismus zum Vorbiegen der Klammer, die Vorgänge beim Schliessen der Klammer und die Arbeitsweise der Kurvensteuerungen. (Drahtstärke 0,5 mm; 2500 Bilder/sec; Drehzahlen 10 000–40 000/h.)

Die Hochgeschwindigkeitskinematographie erfasste erstmalig den Vorgang fehlerhafter Klammerbildungen. Diese konnten zum grössten Teil auf Justierfehler zurückgeführt werden. Bei hohen Geschwindigkeiten arbeiten gewisse Schneidsysteme infolge von Messerschwingungen und anderen konstruktionsbedingten Ursachen nicht mehr einwandfrei. Im Versuchsapparat waren der Vorbiege- und Schliessmechanismus kurvengesteuert. Bei hohen Drehzahlen springen die Kurvenrollen, so dass der durch die Kurvenform der Nocken vorgegebene Bewegungsverlauf nicht mehr erfolgen kann. Daher erfolgt nur ein unvollständiges Schliessen der Klammer und starker Kurvenverschleiss. Das Rückfedern des Heftdrahtes tritt auch nach dem Schliessen auf und ist für die endgültige Klammerform von Nachteil. Für den Konstrukteur ergibt sich die Forderung, Kurvenformen zu wählen, die nur mässige Beschleunigungen der rotierenden Rollenhebel bewirken und die Druckstellfedern für den mehr oder weniger engen Arbeitsbereich

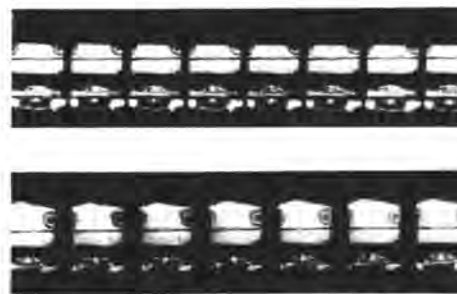


Abb. 25 und 26. Klammerbildung im Heftapparat einer Rotationsdruckmaschine (etwa 20 000 U/h – 2500 Bilder/sec, oben ohne Papier, unten mit Papier)

optimal so zu bemessen, dass auch die Trägheits- und Fliehkräfte ausreichend berücksichtigt sind. Dadurch wird der Kontakt zwischen Rolle und Kurvenscheibe ständig erhalten.

Abbildung 25 kennzeichnet eine ungenügende Klammerbildung (2500 Bilder/sec), bei etwa 20 000 U/h ohne Papiereinlage und Abbildung 26 eine nicht befriedigende Klammerbildung bei normaler Papierführung. Abbildung 27 zeigt, wie die Führungsrolle der Heftstösselsteuerkurve weit von der Kurvenkante abgeht, und Abbildung 28 wie die Führungsrolle zum Umleger die vorgesehene Kurvenbahnen verlassen hat. Dieses Verhalten bildet u. a. eine Ursache zur fehlerhaften Klammerbildung.

Zusammenfassend sei bemerkt:

Kein Wirtschaftszweig, auch die graphische Technik, die sich vorwiegend aus der Empirie entwickelt hat, ist heute mehr ohne Zusammenhang mit Forschungsproblemen denkbar. Auch hier befruchten sich Grundlagen- und angewandte Forschung gegenseitig.

Die Methoden ingenieurmässigen Denkens und Forschens sowie der wissenschaftlichen Rationalisierung sind heute bereits in alle Fertigungsphasen der Drucktechnik eingedrungen, insbesondere auch in den Druckmaschinenbau.



Abb. 27. Führungsrolle für Hefstössel springt von der Steuerkurve ab bei etwa 20 000 U/h (Schattenbild)

Die angeführten Forschungsbeispiele zeigen gewisse Möglichkeiten der Weiterentwicklung durch Einsatz neuzeitlicher Messtechniken und wissenschaftlicher Untersuchungsverfahren, ohne aber erschöpfende Auskünfte über die behandelten Probleme zu geben.

Zu späteren Zeitpunkten können die gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse dazu beitragen, die Arbeitsqualität und Leistungsfähigkeit der Maschinen zu verbessern.

Was den Druckmaschinenbau speziell anbelangt, so hat dieser eine Schlüsselstellung in der graphischen Technik, denn nur durch Druckmaschinen, die den hohen Qualitätsansprüchen und den strengen Forderungen

nach optimalem Leistungstempo genügen, kann in Verbindung mit den Fortschritten auf den anderen Teilgebieten der Drucktechnik eine rationelle Produktion in der graphischen Industrie erreicht werden.

Der deutschen «Forschungsgesellschaft Druckmaschinen» sei an dieser Stelle für ihre Unterstützung bei der Durchführung der grösseren Forschungsaufgaben besonderer Dank ausgesprochen. Es wäre zu wünschen, dass diese Ausführungen dazu beitragen, den erstrebenswerten Kontakt zwischen Forschungsstätten und Industrie bzw. Gewerbe zu vertiefen.



Abb. 28. Führungsrolle für Umlegerstössel springt von der Steuerkurve ab bei etwa 20 000 U/h (Schattenbild)

Literaturnachweis

- [1] *K. Wagenbauer*, Die Rupffestigkeit von Druckpapieren, Mitteilungen des Inst. f. Druckmaschinen und Druckverfahren TH Darmstadt. Der Polygraph H 2 (1955) 37.
- [2] *Robert F. Reed*, Lithographic Technical Foundation, Litho Printer (1958) 25.
- [3] *Harvey and Kimball*, Web tension research on Rotogravure Process. Taga, 11. Meeting, Rochester 1959.
- [4] *Fogra Mitteilungen*, 22 (1959) 16.
- [5] *K. Wagenbauer*, Beiträge zum Druckprozess bei Offset-Bogenrotationsmaschinen. Dissertation TH Darmstadt (1959) D 17.