

Druckkräfte und Druckverteilung im Berührgebiet der Zylinder einer Bogen-Offsetrotationsmaschine

(1960)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014173>

Lizenz:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Namensnennung

Publikationstyp: Report

Fachbereich: 16 Fachbereich Maschinenbau

Quelle des Originals: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14173>

1960

Druckkräfte und Druckverteilung
im Berührgebiet der Zylinder einer
Bogen-Offsetrotationsmaschine

Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der
Technischen Hochschule Darmstadt

Druckkräfte und Druckverteilung im Berührgebiet der Zylinder einer Bogen-Offsetrotationsmaschine

Einleitung

Mit den beachtlich gesteigerten Laufgeschwindigkeiten der Druckmaschinen und den erhöhten Ansprüchen an die Güte der Druckereierzeugnisse gewinnt das Studium der verschiedenen Einflussgrößen beim maschinellen Druckvorgang für die verschiedenen Druckverfahren immer mehr an Bedeutung.

Namentlich geben auch die speziellen drucktechnischen Anforderungen welche die verschiedenartigen Druckpapiere stellen, einen besonderen Anreiz, sich mit diesen komplexen Problemen zu befassen.

Die praktisch anwendbare, also die Druckqualität berücksichtigende Laufgeschwindigkeit einer Druckmaschine ist - neben den Einflüssen von Farbe und Papier - festgelegt durch den Gebrauchswert von Druckwerk, Farbwerk und gesamter Papierführung. Hinsichtlich des Druckwerks sei bemerkt, dass schon gewisse Forschungsergebnisse vorliegen, die zur Gütebeurteilung von Druckwerken dienen können, namentlich dynamische Stabilitätsuntersuchungen an Flachform-Hochdruckmaschinen.

Was die unter praxisüblichen Verhältnissen erforderlichen Anpressdrücke im Hochdruckverfahren anbelangt, so sind abgesehen von den neuzeitlichen Untersuchungsergebnissen verschiedener Forschungsinstitute insbesondere die Arbeiten von Nicolaus (1) und Hebsaker (2) bekannt geworden; ebenso orientierende Angaben über die Druckverteilung im Hochdruck durch Pihl und Olsson (3), Kosarowitzki (4) usw.

Die erforderlichen Anpressdrücke sowie die Druckverteilung in dem Kontaktbereich bei Offset-Rotationsmaschinen sind jedoch u. B. wissenschaftlich noch nicht ausreichend erfaßt worden; es liegen lediglich überschlagsmäßige, auf indirektem Weg erhaltene Zahlenangaben vor. (5) (6)

In Erkenntnis dieser Gegebenheit befaßt sich dieses Referat mit diesem Teilproblem des Druckwerkes und zwar werden entsprechende Untersuchungen angestellt an einer laufenden Bogen-Offsetrotationsmaschine Fabrikat ROLAND - PARVA R.Z. (61 x 86 cm).

Aufgabenstellung:

Die in der laufenden Offsetmaschine auftretenden Druckkräfte werden zur Kennzeichnung des Maschinenverhaltens in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren bestimmt:

a) Zunächst werden die unter praxisüblichen Verhältnissen zum einwandfreien Andrucken erforderlichen Anpressdrücke für Papiersorten verschiedener Glättezahlen gemessen.

b) Sodann werden die im Kontaktbereich der Druckzonen von Zylindern auftretenden Druckverteilungen experimentell festgestellt, namentlich auch die maximalen Druckamplituden und die Druckzonenbreiten in Abhängigkeit von der Druckkraft, der Aufzugsbeschaffenheit, der Zylinderdurchmesser und der Rollgeschwindigkeit.

Für die beiden Teilaufgaben wurden neuartige Messeinrichtungen nebst Eichvorrichtungen entwickelt.

Nur die dynamischen Messungen liefern die effektiven Zahlenwerte, da bei den statischen Messungen das geschwindigkeitsabhängige elastoplastische Verhalten der Aufzüge, das Schwingungsverhalten der Maschine und die Durchbiegungen,

ferner Masseeinwirkungen usw. unberücksichtigt bleiben.

Ermittlung der Druckkräfte

I.) Anpressdruck

Da über die Breite der Druckzonen eine ungleichförmige Kraftverteilung vorliegt, wird der in Offsetmaschinen auftretende Anpressdruck zweckmässig als Bruchteil des vorhandenen Gesamtdruckes in kg/cm wirksamer Zylinderbreite angegeben und gemessen.

a) Messverfahren:

Die Ermittlung von Kräften wird in der Regel auf Verlagerungsmessungen zurückgeführt. Rasch ablaufende Vorgänge erfordern die Registrierung und deshalb fast immer die Umwandlung der mechanischen Messgrössen in elektrische. Hierfür stehen ohmsche, induktive und kapazitive Methoden zur Verfügung. Für die Versuche wurde aus Zweckmässigkeitsgründen als Wandler der auf ohmscher Grundlage beruhende Dehnungsmeßstreifen verwendet. Seine Wirkungsweise beruht bekanntlich auf der reproduzierbaren Widerstandsänderung des Widerstandsdrahtes bei mechanischer Beanspruchung, die der Dehnungsmeßstreifen in der Regel in aufgeklebtem Zustand vom elastischen verformten Druckaufnehmer erfährt.

Das einwandfreie Übertragen der zu messenden Verformungen auf dem Messdraht erfordert das sorgfältige Aufkleben des Streifens und einen zuverlässigen Feuchtigkeitsschutz, z.B. durch Überzug aus mikrokristallinischem Wachs. Temperaturschwankungen wirken sich unmittelbar oder mittelbar auf den Widerstandswert des aufgeklebten Dehnungsmeßstreifens aus. Zur Eliminierung des Temperatureinflusses dient ein gleichartiger Kompensationsstreifen.

Das Erfassen rasch ablaufender Vorgänge mit Dehnungsmeßstreifen ist wegen der hohen oberen Grenzfrequenz der kleinen Masse des Meßstreifens und der Möglichkeit, auch bei dynamischen Vorgängen statische Eichungen verwenden zu können, besonders vorteilhaft. (7) (8) (9) (10) (11) (12).

Untersuchungen mit Dehnungsmesstreifen benötigen konstante Zuleitungswiderstände. Bei Messungen an umlaufenden Teilen ergeben sich hieraus Schwierigkeiten weil die Anwendung durchgehender Leitungsverbindungen nicht mehr möglich ist. Die Dehnungsmessungen an rotierenden Zylindern erfordern daher den Einsatz von geeigneten Schleifringgeräten.

Der apparativen Beeinflussbarkeit des Meßfehlers wurde durch Anwendung des hochqualifizierten Schleifringgerätes der Firma Brosa Rechnung getragen. Dieses Gerät ist gekennzeichnet durch die Anwendung einer für das Übertragen elektrischer Signale bestens geeigneten Edelmetall-Legierung. Die doppelten Schleifer für jeden Ring sind schwingungsgedämpft. Bei Messungen mit Dehnungsmeßstreifen sind aber einwandfreie und reproduzierbare Ergebnisse selbst mit besten Schleifringübertragern durch Anwendung der üblichen Brückenschaltung noch nicht zu erhalten. Die Auswirkungen der auf Schleifringgeräten verursachten schwankenden Übergangswiderstände auf den Meßwert werden aber belanglos bei einer dem Prinzip der Thomson-Brücke ähnlichen Schaltanordnung. Bei dieser Schaltung erfolgt die Speisung der Brücke über zwei besondere Schleifringe. Die Thomson-Schaltung erlaubt es daher die von den veränderlichen Übergangswiderständen verursachten Messfehler zu vernachlässigen.

b) Druckaufnehmer

Zur Bestimmung der zwischen den Zylindern der Offsetmaschine auftretenden Druckkräfte mit Hilfe von Dehnungsmeßstreifen ist es zweckmässig, einen brückenförmigen Druckaufnehmer in den Zylinderkörper des Gummizylinders einzubauen. Diese

Anordnung ermöglicht die Ermittlung der in beiden Druckzonen auftretenden Kräfte mit einem Meßelement und berücksichtigt weitgehend spezielle meßtechnische Erfordernisse, wie z.B. die Temperaturgleichheit und den Feuchtigkeitsschutz der Streifen.

Für die einwandfreie und optimale Arbeitsweise des mit der Zylinderoberfläche genau abschliessenden Druckaufnehmers (s. Bild 1^x) war eine entsprechende konstruktive Gestaltung Voraussetzung.

Besonderer Wert wurde dabei auf den sicheren Einbau des Meßkörpers gelegt, dessen Dimensionierung gewährleistete, dass der auf seiner Unterseite aufgeklebte Meßstreifen durch die Druckkräfte nur eine zwischen 0 - 3 ‰ liegende Dehnung erfuhr, so dass der feinste Meßbereich der Brücke verwendet werden konnte.

Zur Beurteilung des Aufnehmerverhaltens in Bezug auf die verzerrungsfreie Wiedergabe der aufzunehmenden Druckimpulse diente das Schwingungsverhalten des Druckaufnehmers bei Stosserregung. Die Ermittlung der Eigenschwingungszahl und des Dämpfungsverhaltens erfolgte im eingebauten Zustand bei aufzugsfreiem Zylinder. Das Oszillogramm dieser schwach gedämpften Schwingung gibt Bild 2a wieder. Den Verlauf eines unter Verwendung des modulierten Ausgangssignals der Dehnungsmeßbrücke erhaltenen Druckimpulses zeigt Bild 2b. Aus dem Vergleich beider Oszillogramme ergibt sich eine in Bezug auf die erzwungene Erregung genügend hohe Eigenfrequenz des Aufnehmers von 1075 Hz.

c) Eichung

Die den Dehnungswerten entsprechenden Druckkräfte werden am sichersten durch Eichung bestimmt. Bei einfachen Belastungsfällen besteht auch die Möglichkeit, aus der Dehnung die

^x Bilder siehe Anhang

Kraft auf rechnerischem Wege zu ermitteln. Wegen der komplizierten Form des Aufnehmers und der Druckverteilung ist es unter den gegebenen Verhältnissen jedoch unzweckmässig, das Eichen zu umgehen, da ausserdem die rechnerisch bestimmten Druckkräfte mit von der Meßanordnung herrührenden Fehlern behaftet sind.

Es wurde angestrebt, dass der Eichvorgang weitgehend den während der Druckmessung vorliegenden Verhältnissen entsprach. Daher blieb die gesamte Meßanlage unverändert; die Eichung des Druckaufnehmers fand also im eingebauten Zustand mit Hilfe einer geeigneten Belastungsvorrichtung statt. Außerdem erhielt der Druckkörper des Kraftmeßbügels eine zylindrische Form, um beim Eichen die Kräfteverteilung der beim Maschinenlauf vorliegenden anzugleichen.

Der schematische Aufbau der Eichanordnung geht aus Bild 3 hervor. Die Belastungsvorrichtung ist auf einem zur Achse des Gummizylinders parallelen Träger von quadratischem Querschnitt befestigt. Zur genauen Parallelstellung des zylindrischen Druckkörpers zur geschliffenen Zylinderoberfläche dienen die Stellschrauben am Gleitschuh. Der Druckkörper ist über einen der beiden zylindrischen Ansätze des Meßbügels, deren gemeinsame Achse die Belastungsrichtung anzeigt, mit dem Kraftmeßbügel verbunden. Die Druckkraft wird durch das über ein einfaches Schraubenge triebe erfolgende Verschieben des Druckkörpers in Belastungsrichtung erzeugt. Dadurch erfährt der geschlossene elliptische Bügel elastische Verformungen. Infolgedessen bewegt sich die Strichfläche eines am unteren Teil des Druckkraft-Meßbügels starr befestigten Präzisionsmaßstabes um eine gewisse Strecke, welche mit Hilfe des Ablesemikroskopes genau zu bestimmen ist. Zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Bügelverformung und Druckkraft wurde der Kraftmeßbügel Belastungen mit geeichten Gewichten unterworfen.

Als Kraftmeßbügel diente das Fabrikat der Firma ZWICK & Co. Dieses System weist bei der Höchstlast von 100 kg ungefähr 2100 Meßeinheiten auf und ist mit einer durchschnittlichen Meßunsicherheit von ± 2 Einheiten behaftet.

Obwohl wegen der ausgleichenden Wirkung des Gummituchs die kleinen Deformationen des unter Belastung elastisch nachgebenden Druckaufnehmers den Zahlenwert der zwischen Offsetzylindern auftretenden Druckkräfte nicht wesentlich beeinflussen, sind bei der Eichung Maßnahmen zur Korrektur dieses Fehlers ergriffen worden.

Der Eichvorgang verlief folgendermaßen: Zunächst wurde der Druckaufnehmer bis zum vorgesehenen Brückenwert belastet. Daraufhin erfolgten die Ugalisierung der Durchbiegung des Druckaufnehmers und die Korrektur der eingetretenen kleinen Lageänderung des Druckkörpers. Anschliessend wurde die vom Kraftmeßbügel angezeigte Druckkraft bestimmt und in Abhängigkeit vom ursprünglichen Sollwert der Dehnungsanzeige in ein Diagramm (Eichkurve) übertragen.

d) Druckmessung

Vor der Druckmessung wurde die gutgeerdete Meßanlage in betriebsbereiten Zustand gebracht und der Nullabgleich der bereits längere Zeit unter Strom stehenden Dehnungsmeßbrücke mit Sorgfalt vorgenommen. Voraussetzungen für den Meßbeginn waren außerdem einwandfreie Maschinenbedingungen, die Überprüfung der Gummituchspannung, welche mit Hilfe eines Momentenschlüssel konstant gehalten wurde, sowie eine genügend lange Einlaufzeit der Offsetmaschine.

Während des Druckvorganges erfährt der Aufnehmer pro Zylinderumdrehung die in kurzen Zeitabständen aufeinander folgenden Kraftwirkungen beider Druckzonen. Die dabei auftretenden Dehnungen werden, wie schon ausgeführt, auf elektronischem Wege mittels der PHILIPS-Meßbrücke GM 5536 in eine

elektrische Meßgrösse umgewandelt und als Spannungsschwankungen dem PHILIPS-Elektronenstrahloszillographen GM 3156 (Frequenzbereich 0,1 bis 40.000 Hz) zugeführt, welcher mit der aufgesetzten VOIGTLÄNDER-PHILIPS-Registrierkamera FE 106 gekoppelt ist (s. Bild 4). Zur Registrierung wird das Zeitablenkgerät im Oszillographen abgeschaltet. Während des Meßvorgangs bildet sich die amplitudenmodulierte Trägerfrequenz auf der Elektronenstrahlröhre als senkrechte Linie (mit 4.000 Hz schwingender Leuchtfleck) von wechselnder Ausdehnung ab. Die scharfe Abbildung dieses Leuchtflecks in der Bildfensterebene des Magazins erfolgt über einen unter 45° geneigten Spiegel mittels der Kameraoptik. In dieser Ebene wird der Registrierstreifen (35 mm breiter perforierter Kinofilm) quer zur Längsachse des Oszillographen mit einer dem Vorgang angepassten konstanten Geschwindigkeit bewegt. Da beim Eichen der Aufnehmer in der Mitte beansprucht wurde, ist zur Bestimmung der Druckkraft jeweils der maximale Dehnungswert maßgebend. Zur einwandfreien Herstellung der Beziehung zwischen dem registrierten Dehnungswert und dem Skalenwert der Brückenanzeige wurden verschiedene eingestellte Brückenwerte mitgefilmt. Zur Filmauswertung diente ein Vergrößerungsgerät.

e) Ergebnisse

Die in der Offsetmaschine vorhandene Gleichmässigkeit des Anpressdruckes ist von bestimmendem Einfluss auf den Grad der Druckanstellung. Die Höhe des zum Erzielen eines guten Druckergebnisses erforderlichen Anpressdruckes hängt im wesentlichen von speziellen Eigenschaften der Offsetmaschine, des Aufzugs, der Offsetplatte, des Papiers und der Druckfarbe ab. Die Druckanstellung kann infolge dieser variablen Einflussgrössen nur aufgrund der subjektiven Beurteilung des Druckausfalles auf Probefolien erfolgen. Dabei werden für den Auflagedruck von vornherein auch solche Umstände berücksichtigt, die eine erhöhte Druckeinstellung erfordern,

wie z.B. Papierstärkeschwankungen und Papierstaubansammlungen auf dem Gummituch. Die in der Praxis angewendeten Druckkräfte sind daher oft beträchtlich höher als notwendig. Dadurch wird aber die Qualität des Druckerzeugnisses unnötig beeinträchtigt. Die vom hohen Anpressdruck auf die fließfähige Druckfarbe ausgeübten Kräfte verursachen nämlich eine Vergrößerung der Halbtonpunkte. Die so hervorgerufenen Tonwertverschiebungen setzen die Qualität der Bildwiedergabe herab. Es ist daher notwendig, die aufzuwendenden Druckkräfte soweit wie möglich herabzusetzen, damit im Verein mit anderen optimal abgestimmten Faktoren Farbverlagerungen weitgehend entgegengewirkt wird. Außerdem verursacht eine zu starke Druckanstellung anormale Deformierungen des Gummituchs im Berührgebiet der Zylinder, die nicht nur die Qualität der Bildwiedergabe infolge auftretender Gleitbewegungen zusätzlich ungünstig beeinflussen, sondern auch für den vorzeitigen Verschleiß des Gummituchs verantwortlich sind.

d) Anpressdruck zwischen Gummi- und Druckzylinder

Die vorliegenden Ergebnisse über die in der Praxis auftretenden Druckkräfte wurden während des Auflagedrucks bei einwandfreien Maschinen- und Druckbedingungen ermittelt. Gedruckt wurde ein Halbtonmotiv von einer SCHOEMBS-Bimetallplatte mit hochkonzentrierten Farben und geringer Farbabgabe. Die Aufzugszusammensetzung entsprach der üblichen Normalausführung. Die Offsetmaschine wurde von versierten Versuchsdruckern bedient, welchen auch die entsprechende Druckeinstellung oblag. Die in Tabelle 1^x zusammengestellten Zahlenwerte geben die zwischen Druck- und Gummizylinder bei verschiedenen Papiersorten vorhandenen Druckkräfte für jeweils aufeinanderfolgende Vorgänge wieder.

^xDie Bestimmung der Glättezahlen erfolgte dankenswerterweise durch das INSTITUT FÜR PAPIERFABRIKATION der Technischen Hochschule Darmstadt

Diese Wertegruppen charakterisieren den von praxisüblichen Druckanstellungen hervorgerufenen Anpressdruck für Papiere verschiedener Rauigkeit. Die Schwankungen der Zahlenwerte innerhalb der Meßreihen sind im wesentlichen auf Unterschiede in der Papierstärke zurückzuführen. Sie kennzeichnen daher die Gleichmässigkeit des Papiers unter Druckbedingungen, und sind ein Kriterium für die gute Reproduzierbarkeit der Meßwerte.

Der von den gebräuchlichen Druckanstellungen verursachte Anpressdruck ist, wie schon ausgeführt, meistens höher als der zum einwandfreien Ausdrucken nötige. Es war daher von Interesse, für die angeführten Papiersorten mit Hilfe von feinstufiger Druckeinstellung den Anpressdruck zu ermitteln, der ein einwandfreies Druckergebnis gerade noch sicher gewährleistet. Diese Ergebnisse lassen sich anschaulich in Abhängigkeit von der Bekkschen Glättezahl wiedergeben.

(s. Bild 5) (13)

Der so erhaltene Kurvenzug orientiert über die mögliche Verringerung des Anpressdruckes bei abnehmender Papierrauigkeit.

Um die bei sehr glatten Papieren durch Verminderung des Anpressdruckes mögliche Steigerung der Qualität der Bildübertragung zu realisieren, ist es notwendig die Gleichmässigkeit des Aufzuges noch zu verbessern. Bei der Fertigung von Offset-Drucktöchern besteht jedoch die Tendenz, stärkere Gewebe zu bevorzugen, die sich während der Gummistuchherstellung unter hoher Belastung vorstrecken lassen. Dadurch wird erreicht, dass das Tuch in der Maschine ein dehnungsarmes Verhalten aufweist und daher beim Drucken ruhiger liegt.

B) Anpressdruck zwischen Platten- und Gummizylinder

Der während des Auflagedrucks gemessene Anpressdruck zwischen Platten- und Gummizylinder lag bei 5 kg/cm. Dieser

vom Drucker aus Sicherheitsgründen sehr ausreichend bemessene Wert konnte ohne weiteres unterschritten werden. Für die gegebenen Verhältnisse wurden als untere Grenze 2,5 kg/cm ermittelt. Auch hier wird die Verringerung des Anpressdruckes hauptsächlich durch Unebenheiten im Berührungsgebiet der Zylinder begrenzt, die von Dickenschwankungen des Aufzugs und der Offsetplatte verursacht werden. Der Einfluss von Gummituchrauigkeit und Plattenart ist von untergeordneter Bedeutung. Merklich höhere Anpressdrücke sind bei Zinkplatten nur dann nötig, wenn grössere Dickenunterschiede vorhanden sind, die meist von einer unsachgemässen Behandlung wiederholt verwendeter Platten beim Schleifen und Körnen herrühren.

II. Verteilung der Druckkräfte im Berührungsgebiet

a) Grundlagen

Bei Offset-Bogenrotationsmaschinen ist der Druckvorgang durch eine Rollbewegung unter Wirkung einer Normalkraft gekennzeichnet. Hierbei erfährt der Aufzug im Kontaktbereich der Zylinder Formänderungen, die u.a. von der Aufzugsbeschaffenheit, Druckkraft, Zylinderkrümmung und Rollgeschwindigkeit beeinflusst werden.

Das Beanspruchungsverhalten eines Offsetaufzugs kann durch die Koppelung einer Feder mit einer Kelvineinheit (Parallelschaltung von Feder und Dämpfer) angenähert identifiziert werden. (14)

Auf die, zeitlichen Änderungen unterliegenden Druckkräfte reagiert der Aufzug viskoelastisch, d.h. es sind von der stofflichen Beschaffenheit abhängige elastische Formänderungen und Nachwirkungen sowie andere Anomalien vorhanden.

Außerdem treten bekanntlich während des Druckvorganges Gleitbewegungen und daher auch Tangentialkräfte auf, die zur Wulstbildung am Rande der Druckzone beitragen.

Eine rein elliptische Druckverteilung, wie sie zwei gegeneinandergesetzte, sich ideal elastisch verhaltende Zylinder bei der Abwesenheit von Tangentialkräften, d.h. bei gewährleisteter Reibungsfreiheit, nach der Theorie von H e r t z aufweisen, ist daher bei Offsetmaschinen nicht mehr gegeben. F u n k (15) hat zur Ermittlung der in Hochdruck-Rotationsmaschinen auftretenden Rollwiderstände die beim Abrollen eines starren Zylinders auf einer elastischen, ebenen Unterlage im Kontaktbereich vorhandene Druckverteilung mit Hilfe der Hertzschen Formeln unter Berücksichtigung der elastischen Nachwirkungen berechnet. Demnach verursachen die von der Rollgeschwindigkeit abhängigen elastischen Nachwirkungen einen zunächst positiven, im Ablaufgebiet aber negativ werdenden Zusatzdruck, der die Druckverteilung im Berührungsbereich beeinflusst. (s. Bild 6)

Diese Ergebnisse haben aber nur orientierenden Charakter, da bei der theoretischen Behandlung des Problems vereinfachende Annahmen notwendig waren und eine Reihe von Einflussgrößen unberücksichtigt bleiben musste. Daher ist die Ermittlung der während des Druckprozesses in Offset-Bogenrotationsmaschinen tatsächlich auftretenden Druckverteilung nur auf experimentellem Wege möglich.

b) Meßanordnung

Zur meßtechnischen Erfassung der Druckverteilungskurve bei verschiedenen Betriebszuständen der Offsetmaschine konnte ebenfalls das DMS-Verfahren herangezogen werden. Die Registrierung der Meßgröße wurde mit Hilfe eines geeigneten in den Plattenzylinder eingebauten elektromechanischen Aufnehmers (s. Bild 7) und der entsprechenden elektronischen Apparatur

vorgenommen. Dieser Aufnehmer ist ein empfindliches Dynamometer mit vernachlässigbarer Meßbewegung. Bei laufender Maschine kommt während jeder Umdrehung die im Verhältnis zur Druckzonenbreite schmale Meßfläche des Aufnehmer-tastkopfes kurzzeitig in Kontakt mit dem Gummizylinder und nimmt dabei die auf das Flächenelement wirkende Normalkraft in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Zylinders auf. Tangentialkräfte beeinflussen den Meßvorgang nicht, da ihre Wirkungslinie die Drehachse des Hebelsystems schneidet. Das wesentliche Konstruktionsmerkmal dieses Systems ist der biegungssteife, aus einem Stück gefertigte Torsionshebel (Werkstoff: Titanlegierung). Der Torsionsstab des Hebels wird durch die beiden zapfenförmigen Übergangsstücke zwischen dem eigentlichen Hebelkörper und den Lagerklötzchen gebildet. Aus Stabilitätsgründen erhielten diese Eindrehungen nur eine Breite von 0,3 mm.

Die mit dem Zylindermantel oberflächengleiche Meßfläche des Tastkopfes wird umschlossen von dem der Zylinderkrümmung angepassten Deckelkörper. Der die beiden Oberflächen trennende Spalt ist - 0,01 mm. Der Aufnehmer besitzt Zusatzeinrichtungen zum Vorspannen des Meßstreifens und zum Eichen im eingebauten Zustand. Vor unerwünschten Temperaturschwankungen und anderen Störeinflüssen werden die Dehnungsmeßstreifen durch eine Plexiglashaube geschützt.

Die elektronische Meßapparatur zur Bestimmung der Druckverteilung bestand aus dem Meßverstärker KWS II/50 der Firma HOTTINGER und dem Gleichspannungssoszillographen GM 5166 von PHILIPS. Zur Registrierung diente die sehr variable ZEISS-PHILIPS-Kamera "Frequentophot". Diese Meßgarnitur (s. Bild 8) entspricht in der Wirkungsweise der bereits beschriebenen Einrichtung zur Dehnungsmessung, weist aber für den vorgesehenen Meßzweck gegenüber der alten Apparatur eine Reihe von Vorteilen auf.

Der verwendete KWS II/50 ist als eine für 120 Ohm DMS vorgesehene 50 KHz Trägerfrequenz-Meßbrücke von großer Meßempfindlichkeit geeigneter zur verzerrungsfreien Wiedergabe schnellablaufender Vorgänge und zur Erfassung sehr kleiner Dehnungen. Es ist möglich die Schleifringe aus der Brücken-anordnung durch das Unterbringen aller vier Brücken-zweige auf dem rotierenden Zylinder zu eliminieren und eine von veränderlichen Übergangswiderständen herrührende Beeinflus-sung des Meßergebnisses auszuschalten.

Um im Oszillogramm die Druckverteilungskurve direkt zu er-halten, wurde das qualitativ sehr gut demodulierte Ausgangs-signal des KWS II/50 dem Gleichspannungsozillographen zuge-führt.

Zur Charakterisierung der Funktionstüchtigkeit des elektro-mechanischen Aufnehmers können die Eichkurven, das Schwingungs-verhalten nach der durch schnelles Durchschneiden des be-lasteten Eichfadens erfolgten Stossbeanspruchung (Bild 9) und das einer Meßreihe entnommene gut reproduzierbare Oszillo-gramm einer Druckverteilungskurve (Bild 10) dienen.

Der Aufnehmer wurde im eingebauten Zustand geeicht. Der Eichkurve ist zu entnehmen, dass der Aufnehmer linear arbeitet und eine gute Nullpunktlage besitzt.

Mit dem bereits früher erwähnten induktiven Aufnehmer wurde die Gesamtverlagerung des stufenweise bis 1200 g belasteten Hebelastkopfes kontrolliert.

Es besteht die Tatsache, dass die nur einige Tausendstel Millimeter betragende Hebelverlagerung während des Meßvor-ganges sehr klein gegenüber der hierbei auftretenden Aufzugs-kompression von 1 bis 2 Zehntel Millimeter ist und innerhalb des Bereiches der Dickentoleranzen des Aufzuges liegt, so dass eine meßtechnisch mögliche weitere Verringerung der Meßbewegung nicht in Betracht gezogen werden braucht. Die

Feinjustierung des Hebels für die verschiedenen Belastungsstufen erfolgte durch Einschleifen.

c) Ergebnisse

Die Ermittlung der Druckverteilungskurve für verschiedene Betriebszustände der Offsetmaschine erfolgte mit Hilfe der beschriebenen Versuchseinrichtung unter Berücksichtigung aller notwendigen meß- und maschinentechnischen Erfordernisse. Von besonderem Interesse bei diesen Untersuchungen waren Aussagen über die Einflussnahme von Aufzugsart, Anpressdruck und Maschinengeschwindigkeit auf die Druckverteilung. Es wurden daher drei verschiedene Aufzüge folgender Zusammensetzung getestet:

- Gummituch + Untertuch (gebräuchlichster mittelharter Aufzug)
- Gummituch + Billardtuch (weicher Aufzug)
- Gummituch + Manilakarton (harter Aufzug).

Bei jeder Aufzugskombination wurden verschiedene, drucktechnisch vertretbare, Druckanstellungen vorgenommen. Die Festlegung des jeweils niedrigsten Anpressdruckes erfolgte unter Berücksichtigung der unterschiedlichen ausgleichenden Wirkung der verwendeten Aufzüge.

Da vom Druckverteilungsaufnehmer außerhalb des druckenden Bereichs der Zylindermantel teilweise durchbrochen wurde, ist das Farb- und Feuchtwerk der Offsetmaschine vor der Inbetriebnahme ausgebaut worden.

Die Gummituchspannung wurde mit Hilfe eines Momentenschlüssels bei allen drei Aufzügen konstant gehalten (Spannung 6kgm). Die Untersuchungsergebnisse kennzeichnen das Aufzugsverhalten der Versuchsmaschine im Betriebszustand und sind in Bild 11

sowie durch die in Tabelle 2 enthaltene zahlenmässige Auswertung der Druckverteilungskurven des Bildes 11 zusammengefaßt. Die im rechtwinkligen Koordinatensystem unter Berücksichtigung der Maßstabsfaktoren wiedergegebenen Druckverteilungskurven sind proportional den von der elektronischen Meßeinrichtung auf Film registrierten Kurven. Durch diese experimentellen Ergebnisse wird die Druckverteilung in funktioneller Abhängigkeit von verschiedenen variablen Einflussfaktoren erfasst. Bei der Kurvendiskussion kann zunächst festgestellt werden, dass sich die drei verschiedenen Aufzüge hinsichtlich des Einflusses der Maschinengeschwindigkeit ähnlich verhalten. Gegenüber dem quasistatischen Belastungszustand ($v = 1$ Uph) ist ein zunächst sehr ausgeprägter geschwindigkeitsabhängiger Druckanstieg vorhanden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich bei höheren Laufgeschwindigkeiten maschinenbedingte Sekundäreinflüsse (z.B. Achsenabstandsveränderungen infolge Zylinderdurchbiegungen und andere Ursachen) ebenfalls auf das Meßergebnis auswirken.

Ein weiteres Kennzeichen für das viskoelastische Verhalten der Offsetaufzüge ist die Verringerung der Druckzonenbreite bei dynamischer Beanspruchung des Aufzuges. Die hierbei auftretende Assymetrie der Druckverteilungskurve ist wesentlich geringer als bisher vielfach angenommen wurde. Die feststellbaren Unterschiede im viskoelastischen Verhalten der drei Aufzugskombinationen sind auf die ungleichartige stoffliche Beschaffenheit der Unterlagen zurückzuführen.

Die im Kontaktbereich der Zylinder auftretenden Druckkräfte können zahlenmässig auf verschiedene Weise charakterisiert werden. In Tabelle 2 sind daher die pro Zentimeter Zylinderbreite auftretende Belastung, sowie der Maximal- und Mittelwert der Druckamplitude einander gegenübergestellt. Die Maschinenbeanspruchung während des Druckvorganges ist durch die Gesamtbelastung gekennzeichnet, ihr Zahlenwert vermittelt jedoch keine Aussagen über die Druckverteilung. Aus dem

Mittelwert der Druckamplitude und der Druckzonenbreite ist die Gesamtbelastung errechenbar. Je mehr sich der Maximalwert der Druckamplitude von der Belastung pro Zentimeter Zylinderbreite unterscheidet, desto vorteilhafter sind die drucktechnischen Verhältnisse.

Aus den Druckverteilungskurven für die drei verschiedenen Aufzugsmaterialien geht nach Bild 14 anschaulich der Einfluss der Aufzugshärte auf die Druckzonenbreite hervor. Bei gleicher maximaler Druckamplitude hat der weiche Aufzug die grösste Druckzonenbreite und verursacht daher auch die grösste Gesamtbelastung.

Für die Übertragung der Druckfarbe ist in erster Linie die Höhe der maximalen Druckamplitude massgebend. Eine grosse Druckzonenbreite begünstigt die Farbübertragung infolge der längeren Kontaktzeit nur unwesentlich, verursacht aber ausgeprägtere, die Qualität der Wiedergabe vermindernde Gleitbewegungen im Berührungsgebiet. Es ist daher ein Aufzug vorzuziehen, der die maximal notwendige Druckamplitude bei geringster Druckzonenbreite, also bei niedrigster Gesamtbelastung der Maschine hervorbringt. Die zum Übertragen der Farbe notwendige maximale Druckamplitude hängt wesentlich von der Stabilität der Druckmaschine und der Gleichmässigkeit des Aufzuges ab. Obwohl theoretisch der harte Aufzug drucktechnisch am günstigsten ist, wird bei den derzeitigen Maschinenverhältnissen der mittelharte Aufzug wegen seiner besser ausgleichenden Wirkung die vorteilhaftere Druckanstellung ermöglichen. Das auch vom Zylinderdurchmesser abhängige Verhältnis zwischen dem Maximalwert der Druckamplitude und der vorhandenen Belastung pro Zentimeter Zylinderbreite wird natürlich mit steigendem Durchmesser drucktechnisch ungünstiger.

Zusammenfassung

Es wurde über die Messung der Druckkräfte und der Druckverteilung im Kontaktbereich der Zylinder einer Offset-Bogenrotationsmaschine berichtet. Das angewendete Meßverfahren und die verwendeten elektromechanischen Aufnehmer wurden näher beschrieben.

Die Messergebnisse wurden in Abhängigkeit von den einflussnehmenden Faktoren (Druckgeschwindigkeit, Aufzugsbeschaffenheit, Papierrauhigkeit usw.) dargestellt und kommentiert.

Für Papiere verschiedener Rauigkeit wurden die günstigsten Anpressdrücke sowie die Druckverteilung im Kontaktbereich bei verschiedenen Arbeitsbedingungen ermittelt.

Für die exakte Erfassung der Druckkräfte und die Verteilung dieser innerhalb der Druckzone sind neuartige Erkenntnisse gewonnen worden. Die Ermittlung der im Berührgebiet der Zylinder auftretenden Tangentialkräfte wird eine unserer nächsten Aufgaben bilden.

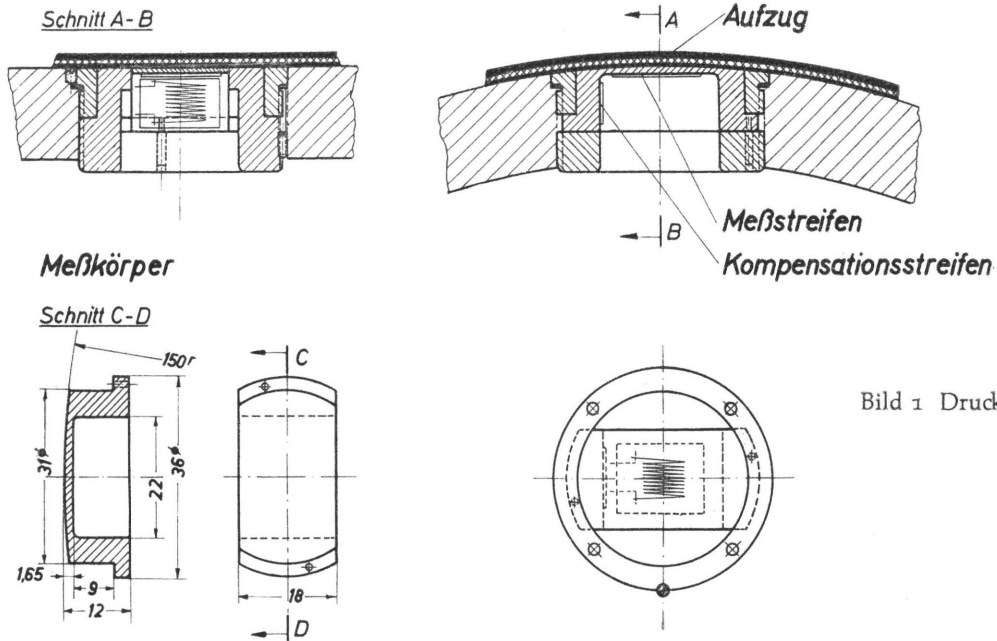


Bild 1 Druckaufnehmer



Bild 2a Schwingungsverhalten des Druckaufnehmers nach erfolgter Stoßbeanspruchung. Eingezeichneter Zeitmaßstab: Strichlänge = 10^{-8} s

Bild 2b Verlauf eines Druckimpulses b. 4000 Uph. Eingezeichneter Zeitmaßstab: Strichlänge = $5 \cdot 10^{-8}$ s

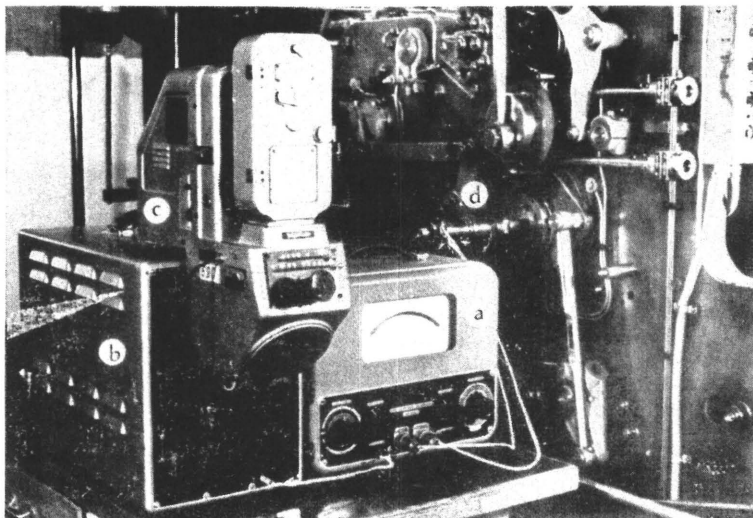


Bild 4 Meßplatz an der Versuchsmaschine (Anpreßdruckmessung)

- a Dehnungsmeßbrücke
- b Elektronenstrahloszillograph
- c Registrierkamera
- d Schleifringgerät

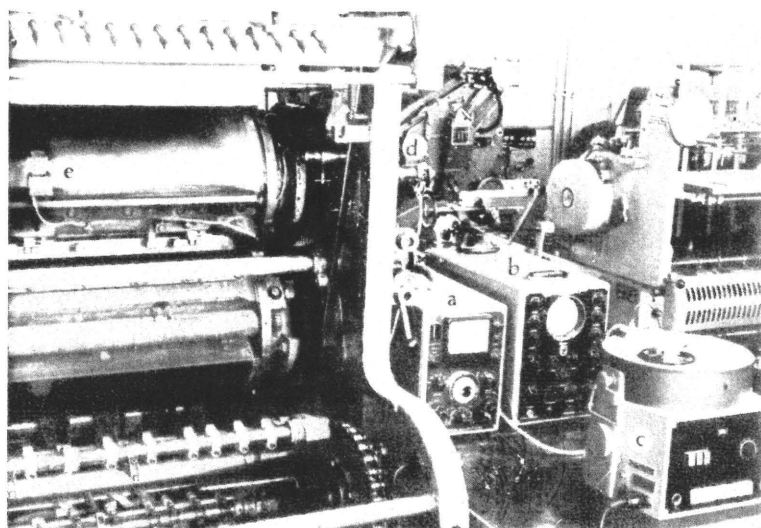
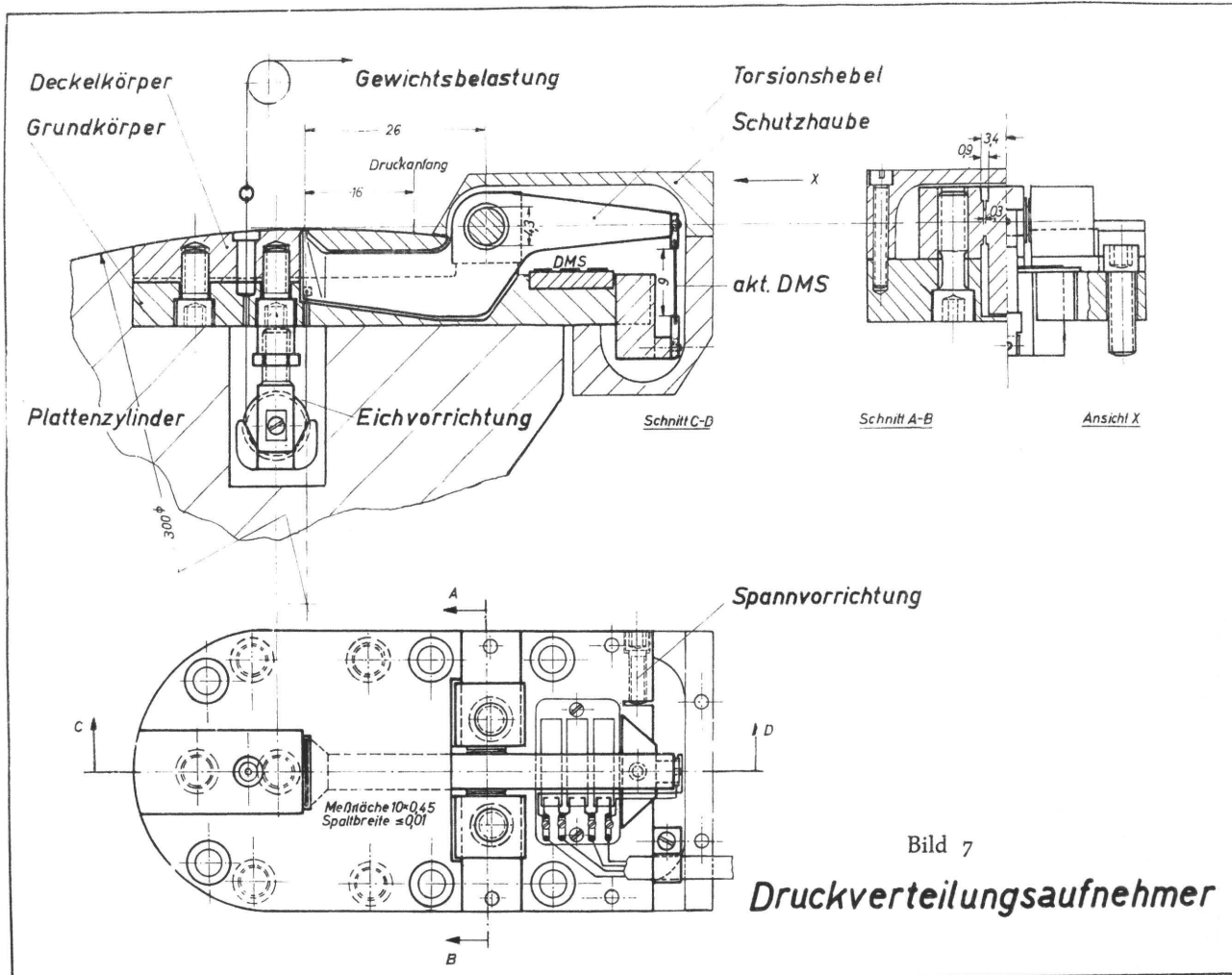


Bild 8 Meßanordnung zur Bestimmung der Druckverteilung

- a Trägerfrequenz-Meßverstärker
- b Gleichspannungszoszillograph
- c Frequentophot
- d Schleifringgerät
- e Druckverteilungsaufnehmer

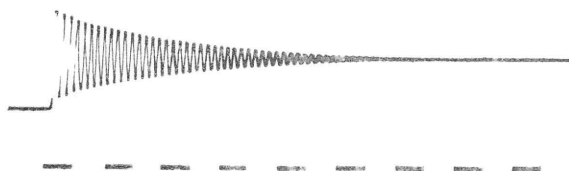


Bild 9 Schwingungsverhalten des Druckverteilungsaufnehmers nach Stoßbeanspruchung. Eingezeichneter Zeitmaßstab: Strichlänge = 10^{-3} s

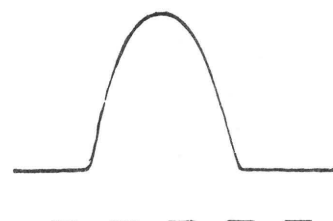


Bild 10 Oszillogramm einer Druckverteilungskurve. 4000 Uph. Eingezeichneter Zeitmaßstab: Strichlänge = 10^{-8} s

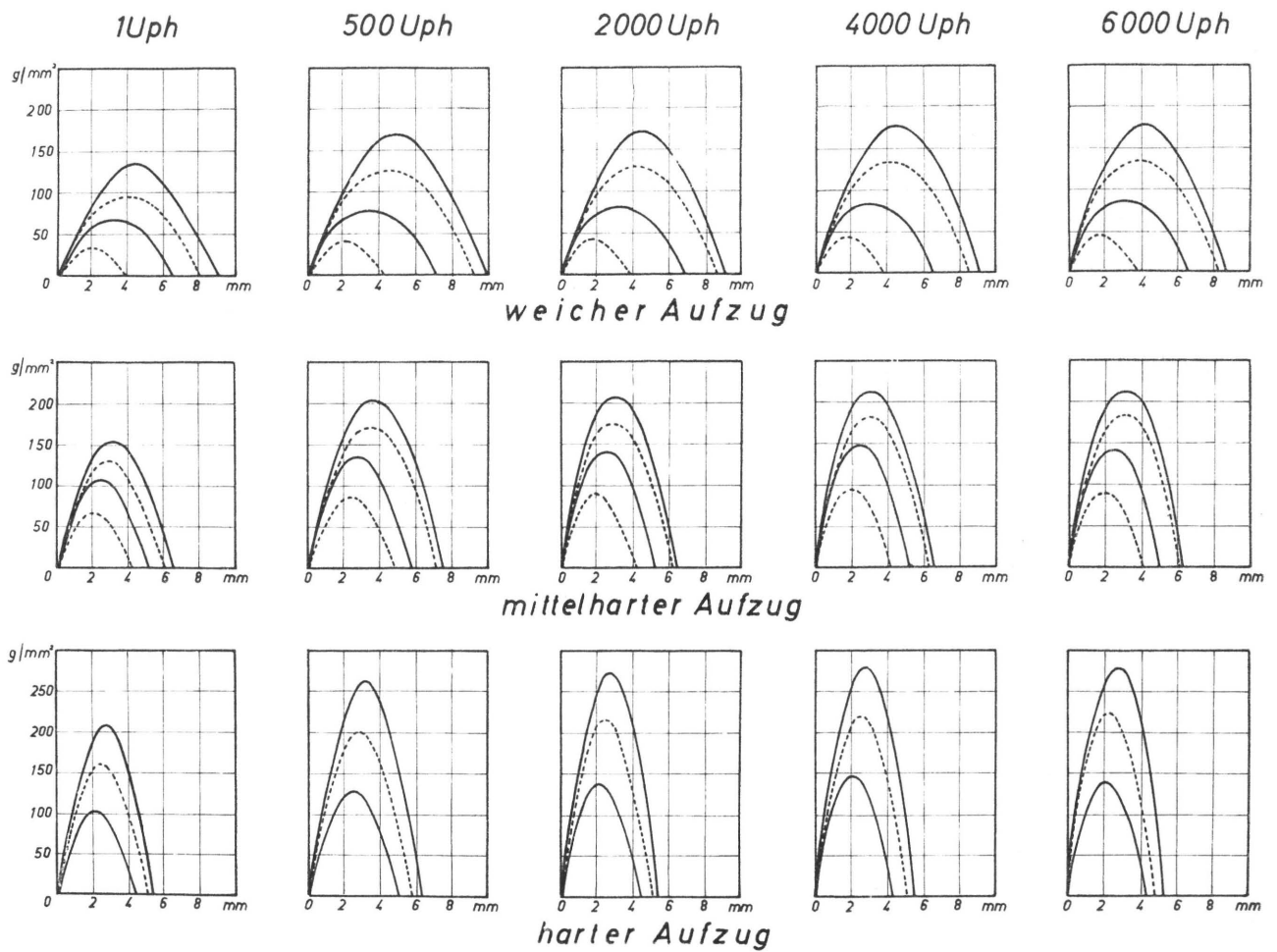


Bild 11 Druckverteilungskurven der Offset-Bogenrotationsmaschine

		weicher Aufzug				mittelharter Aufzug				harter Aufzug		
1 Uph	Maximale Druckamplitude $[kg/cm^2]$	3,4	6,8	9,7	13,4	6,7	10,7	12,9	15,5	10,3	16,1	20,8
	Mittlere Druckamplitude $[kg/cm^2]$	2,1	4,6	6,6	8,4	4,2	6,6	8,2	10,0	6,5	10,1	13,7
	Belastung pro cm Zylinderbreite $[kg/cm]$	0,8	3,0	5,3	7,5	1,8	3,4	5,0	6,5	2,8	5,1	7,3
	Kontaktzeit $[s]$	14,9	24,8	30,5	34,4	16,0	19,5	23,3	24,8	16,8	19,1	20,4
500 Uph	Maximale Druckamplitude $[kg/cm^2]$	4,2	7,8	12,7	16,9	8,5	13,4	16,9	20,4	12,8	20,2	26,2
	Mittlere Druckamplitude $[kg/cm^2]$	2,7	5,7	8,9	10,7	5,1	8,8	11,4	13,3	8,0	13,0	16,5
	Belastung pro cm Zylinderbreite $[kg/cm]$	1,2	4,0	8,1	10,6	2,5	5,1	8,0	10,0	4,0	7,5	10,4
	Kontaktzeit $[s]$	0,0329	0,0543	0,0695	0,0757	0,0370	0,0439	0,0538	0,0574	0,0382	0,0439	0,0482
2000 Uph	Maximale Druckamplitude $[kg/cm^2]$	4,2	8,1	13,0	17,1	8,9	14,0	17,5	20,7	13,7	21,5	27,2
	Mittlere Druckamplitude $[kg/cm^2]$	2,8	5,6	8,8	10,9	5,5	9,4	11,8	13,6	8,5	13,4	18,1
	Belastung pro cm Zylinderbreite $[kg/cm]$	1,1	3,8	7,5	9,8	2,3	4,9	7,3	8,7	3,8	6,9	9,8
	Kontaktzeit $[s]$	0,0073	0,0130	0,0164	0,0172	0,0080	0,0099	0,0117	0,0122	0,0086	0,0098	0,0103
4000 Uph	Maximale Druckamplitude $[kg/cm^2]$	4,3	8,3	13,4	17,6	9,4	14,8	18,2	21,3	14,7	21,9	27,8
	Mittlere Druckamplitude $[kg/cm^2]$	3,1	5,9	8,9	11,7	6,2	9,8	12,3	14,2	9,7	14,3	18,4
	Belastung pro cm Zylinderbreite $[kg/cm]$	1,2	3,8	7,6	10,5	2,6	5,1	7,8	9,3	4,2	7,3	10,3
	Kontaktzeit $[s]$	0,0035	0,0062	0,0081	0,0086	0,0040	0,0049	0,0060	0,0063	0,0041	0,0049	0,0052
6000 Uph	Maximale Druckamplitude $[kg/cm^2]$	4,4	8,7	13,4	17,8	9,0	14,1	18,3	21,1	13,9	22,2	28,0
	Mittlere Druckamplitude $[kg/cm^2]$	2,9	6,3	9,1	11,8	6,4	9,8	12,5	14,7	9,5	15,0	19,0
	Belastung pro cm Zylinderbreite $[kg/cm]$	1,1	4,1	7,5	10,1	2,6	4,9	7,7	9,3	4,1	7,2	10,1
	Kontaktzeit $[s]$	0,0024	0,0042	0,0052	0,0055	0,0025	0,0032	0,0039	0,0040	0,0027	0,0031	0,0034

Tabelle 2 Zahlenmäßige Auswertung der Druckverteilungskurven