

# Ermittlung von Farbspaltungsfaktoren in Walzenfarbwerken

Scheuter, Karl R.; Wiesner, R.

(1983)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014181>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Report

Division: 16 Department of Mechanical Engineering

16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14181>

---

Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren  
der Technischen Hochschule Darmstadt

Institutsdirektor: Prof. Dipl.-Ing. Karl R. Scheuter

Ermittlung von Farbspaltungsfaktoren  
in Walzenfarbwerken

R. Wiesner, K. R. Scheuter

Darmstadt 1983

Institutsbericht 1/1983

Der vorliegende Bericht schließt das 1980 unter Leitung von Prof. Dipl.-Ing. K.R. Scheuter begonnene Forschungsvorhaben "Ermittlung von Farbspaltungsfaktoren in Walzenfarbwerken" ab. Sachbearbeiter war

Dipl.-Phys. R. Wiesner

Finanzieller Träger des Forschungsvorhabens war die Forschungsgesellschaft Druckmaschinen e.V. mit Zuwendungen des Bundeswirtschaftsministeriums über die Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen A.I.F.

Dank gebührt den Mitgliedsfirmen der Forschungsgesellschaft Druckmaschinen e.V. für ihre Unterstützung durch Sachspenden.

I N H A L T

	Seite
1. Einleitung	1
1.1 Walzenfarbwerke	1
1.2 Farbspaltungszahl und Farbtransport- simulation	3
1.3 Betrachtungen zum Hochdruckverfahren	4
1.4 Betrachtungen zum Offsetdruckverfahren	4
2. Ziel und Aufgabenstellung	11
3. Vorentwicklung	13
4. Voruntersuchungen an der Versuchswalzenan- ordnung	17
4.1 Bemerkungen zum Versuchsaufbau	17
4.2 Kalibrierung der Meßwertaufnehmer	20
4.3 Ergebnisse der Voruntersuchungen	24
5. Aufbau des Meßsystems an einer Offsetdruck- maschine	38
6. Akustische Feuchtekontrolle - Integration der akustischen Aufnehmer in das Meßsystem	69
7. Simultane Kalibrierung der Farbschichtaufnehmer	82
8. Meßreihen	92
8.1 Vorgehensweise bei den Messungen und ihrer Auswertung	92
8.2 Meßergebnisse	104
9. Zusammenfassung	171
10. Literaturverzeichnis	173

Abschlußbericht  
Teil II

"Ermittlung von Farbspaltungsfaktoren in Walzenfarbwerken"

1. Einleitung

1.1 Walzenfarbwerke

Walzenfarbwerke sind beim Hoch- und Offsetdruckverfahren auf Grund der hohen Viskosität der dabei verwendeten Druckfarben erforderlich und dienen hierbei der Erzeugung einer relativ dünnen, gleichmäßigen Farbschicht auf den für die Farbannahme vorgesehenen Flächenelementen der Druckplatte. Abb. 1.1 zeigt einen typischen Vertreter solcher Walzenfarbwerke, ein sog. Heberfarbwerk, dessen Aufbau im folgenden näher begründet wird.

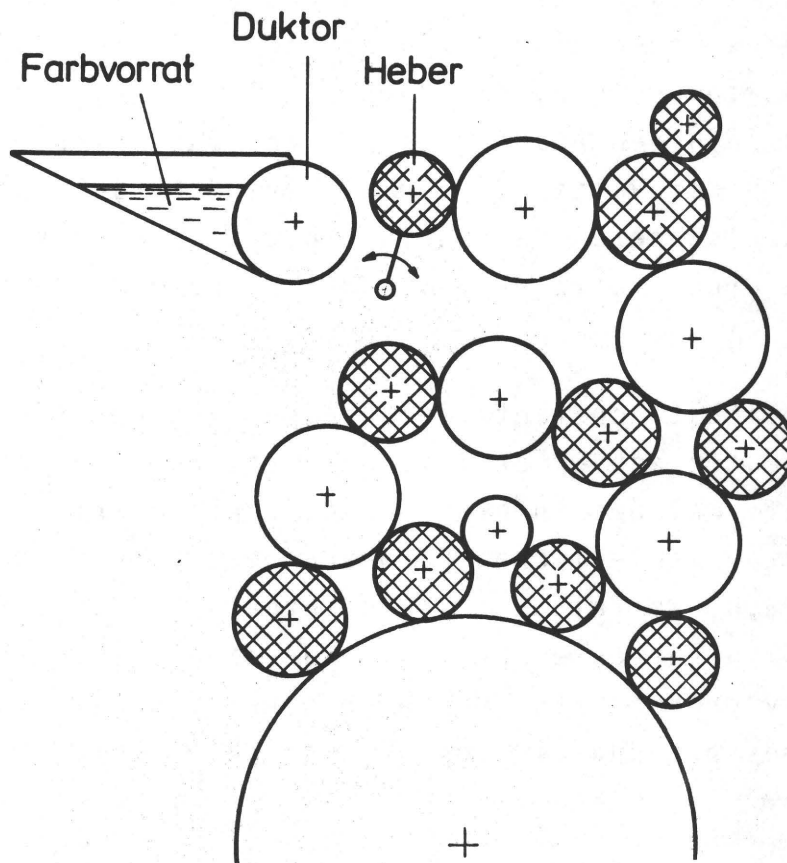


Abb. 1.1: Walzenfarbwerk mit Heberwalze.  
Die weichen Walzen sind schraffiert.

Damit ein Walzenfarbwerk seine Aufgabe erfüllen kann, muß zunächst einem Farbvorratsbehälter eine Farbschicht entnommen werden. Dies erfolgt dadurch, daß zwischen dem am Farbvorratsbehälter angebrachten Farbmesser und der Duktorwalze ein bestimmter Abstand eingestellt wird und die rotierende Duktorwalze mittels einer Schleppestromung eine diesem Abstand entsprechende Farbschicht fördert. Da dieser Abstand aber, verglichen mit den auf die Druckplatte zu übertragenden Farbschichtdicken, sehr groß ist und die Umfangsgeschwindigkeit des Duktors infolge der hohen Viskosität nicht ohne nachteilige Nebenwirkungen bis zu dem Wert der Druckgeschwindigkeit gesteigert werden kann, läßt man die Duktorwalze mit einer sehr kleinen Umfangsgeschwindigkeit schrittweise drehen und überträgt mittels einer hin- und herschwenkenden Heberwalze einen vom Farbduktor abgespaltenen Farbstreifen auf eine nachfolgende Farbwerkswalze.

Der weitere Transport der Druckfarbe zur Druckplatte erfolgt nun dadurch, daß abwechselnd harte und weiche Walzen, die mit der Druckfarbe bedeckt sind, aufeinander abrollen und dabei die in den Berührzonen, d.h. die in den Walzenspalten vorhandene Farbschicht an deren Ausgängen spalten. Dabei wird im allgemeinen Farbe von der Walze mit der dickeren Farbschicht auf die Walze mit der dünneren Farbschicht übertragen. Die Farbübertragung an die Druckplatte erfolgt über eine oder mehrere Farbauftragungswalzen.

Um eine möglichst konstante Farbschicht auf den farbannehmenden Flächenelementen der Druckplatte zu erzielen, muß das Farbschichtdickenrelief, welches infolge der diskontinuierlichen Farbzufuhr und der diskontinuierlichen Farbabnahme entsteht, weitgehendst geglättet, d.h. so fein abgestuft werden, daß es auf dem Druckbild visuell nicht erkennbar ist. Für diesen Zweck benötigt man eine relativ große Anzahl von Farbwerkswalzen mit unterschiedlichen Durchmessern und eine diesbezüglich optimierte Anordnung der Walzen.

## 1.2 Farbspaltungszahl und Farbtransportsimulation

Damit ein neu konstruiertes Farbwerk bereits vor seinem Aufbau und seiner Erprobung hinsichtlich der Gleichmäßigkeit des Farbschichtauftrages, d.h. hinsichtlich der Abstufungen des Farbschichtdickenreliefs auf den farbabnehmenden Flächenelementen der Druckplatte objektiv beurteilt werden kann, wurde am IDD (siehe /1/) ein Farbwerkssimulationsprogramm entwickelt.

Die Anwendung dieses Programmes setzt außer der Vorgabe der geometrischen Daten des Farbwerkes noch die Kenntnis einer Größe voraus, welche den Zusammenhang zwischen den Farbschichten vor und hinter einem Walzenspalt herstellt. Diese Größe wird Farbspaltungszahl oder Farbspaltungsfaktor genannt und durch den Buchstaben  $\alpha$  gekennzeichnet.

Sie wird mit der nebenstehenden Abb. 1.2 definiert zu

$$\alpha = \frac{S_{2a}}{S_{1e} + S_{2e}}$$

= aus dem Walzenspalt austretende Farbschichtdicke auf der dem Bedruckstoff näher liegenden Walze bezogen auf die Summe der eintretenden Farbschichtdicken.

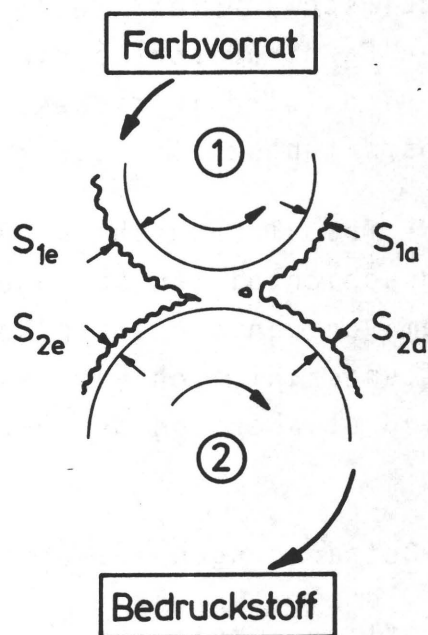


Abb. 1.2

Gemäß der einfachen Vorstellung, daß eine im Walzenspalt befindliche homogene Flüssigkeitsschicht am Spaltausgang in zwei gleich dicke Flüssigkeitsschichten gespalten wird, wurde bei der Anwendung des Farbwerkssimulationsprogrammes für die Farbspaltungszahl einfach der Wert 0,5 eingesetzt.

### 1.3 Betrachtungen zum Hochdruckverfahren

Da beim Hochdruckverfahren nur eine Flüssigkeit, nämlich die Druckfarbe verarbeitet wird, stellt der Wert 0,5 hierbei i.a. eine ausreichende Näherung für die tatsächlich auftretenden Farbspaltungszahlen dar. Daß dieser Wert aber selbst in diesem Fall nicht der Wirklichkeit entspricht, wurde bereits 1954 von Bradford /2/ experimentell gezeigt.

Die Abweichungen der Farbspaltungszahl vom Wert 0,5 lassen sich hier dadurch erklären, daß infolge der Rauigkeit der in den Walzenspalt einlaufenden Schichten Luft mit in den Walzenspalt transportiert wird und damit eine inhomogene Flüssigkeitsschicht entsteht, welche am Walzenspaltausgang an der im statistischen Mittel schwächsten Stelle gespalten wird. Da beim Vorliegen eines Farbtransportes die Schichtdicken am Spalteingang verschieden sind, wird in diesem Fall, wie von Bradford bestätigt, die Farbspaltungszahl  $< 0,5$  sein.

Die Farbspaltungszahl wird folglich von dem Verhältnis der Eingangsschichtdicken abhängen. Da die Rauigkeit der Farbschichten zudem von den einzelnen Schichtdicken abhängt, wird die Farbspaltungszahl auch von den Eingangsschichtdicken im einzelnen, zumindest aber von der mittleren Eingangsschicht abhängen.

### 1.4 Betrachtungen zum Offsetdruckverfahren

Wesentlich kompliziertere Verhältnisse als beim Hochdruckverfahren liegen beim Offsetdruckverfahren vor, da bei diesem zwei, in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften gänzlich verschiedene Flüssigkeiten, nämlich die Druckfarbe und das Feuchtmittel verarbeitet werden.

Aus dieser Sicht unterscheidet sich das Offsetdruckverfahren im wesentlichen dadurch vom Hochdruckverfahren, daß die nicht druckenden Flächenelemente durch einen dünnen Feuchtmittelfilm vor dem Einfärben durch das Farbwerk geschützt werden und demgemäß nur die druckenden Flächenelemente eingefärbt werden. Dies



wird im wesentlichen durch eine geeignete chemische Präparation dieser Plattenelemente erreicht, die auf den nicht druckenden Flächenelementen zu einer relativ starken chemischen Bindung des Feuchtmittels an die Plattenoberfläche führt. Zudem ist für den Transport des Feuchtmittels von einem Vorratsbehälter zur Druckplatte neben dem Farbwerk noch ein Feuchtwerk erforderlich. Das Feuchtwerk wird hierfür im allgemeinen so angeordnet, daß das Aufbringen des Feuchtmittelfilmes zeitlich vor dem Auftragen der Farbschicht erfolgt. Es gibt jedoch auch Feuchtwerksvarianten, bei denen das Feuchtmittel indirekt über die erste, dem Feuchtwerk in Umlaufrichtung folgende Farbauftragswalze in Form einer Druckfarbe-Feuchtmittel-Mischung der Druckplatte zugeführt wird.

Grundsätzlich läßt sich hierzu bemerken, daß dann, wenn die ordnenden Bindungskräfte auf der Druckplatte eine im Hinblick auf die Druckqualität ausreichende Zerlegung eines Druckfarbe-Feuchtmittel-Gemisches bewirken, auch Teile des Farbwerkes oder sogar das gesamte Farbwerk neben dem Farbtransport für den Feuchtmitteltransport eingesetzt werden können. Die Vorgabe einer Druckfarbe-Feuchtmittel-Emulsion anstelle der reinen Druckfarbe im Farbkasten würde hier beispielsweise dazu führen, daß die transportierte und von den Farbauftragswalzen auf die Druckplatte übertragene Feuchtmittelmenge proportional zu der übertragenen Farbmenge wäre.

In Anbetracht dessen, daß die diesem Bericht zugrundeliegenden Messungen an einer Einfarben-Offsetdruckmaschine durchgeführt wurden, bei welcher das Feuchtwerk räumlich getrennt vor dem Farbwerk angeordnet war, werden die folgenden Ausführungen auf diese Variante bezogen.

Um das Zusammenwirken der Druckfarbe und des Feuchtmittels beim Offsetdruckverfahren verstehen zu können, wird mit Bezug auf die Tatsache, daß die bekanntesten Störungen dieses Verfahrens, nämlich das sog. Tönen und die sog. Wassermarken, Störungen des Einfärbens der Druckplatte sind, zunächst dieser Vorgang näher beleuchtet.

Zu diesem Zweck zeigt Abb. 1.3 den Ausschnitt einer Offsetdruckmaschine, welcher den verfahrensbedingten Kern jeder Offsetdruckmaschine repräsentiert. Im einzelnen zeigt hierin Pos. 1 den Druckplattenzylinder, Pos. 2 einen Teil des Feuchtwerks und Pos. 3 einen Teil des Farbwerks mit den Farbauftragswalzen (4 und 5). Der radial schraffierte Teil der Druckplatte kennzeichnet die nicht druckenden Flächenelemente und der gekreuzt schraffierte Teil die druckenden Flächenelemente.

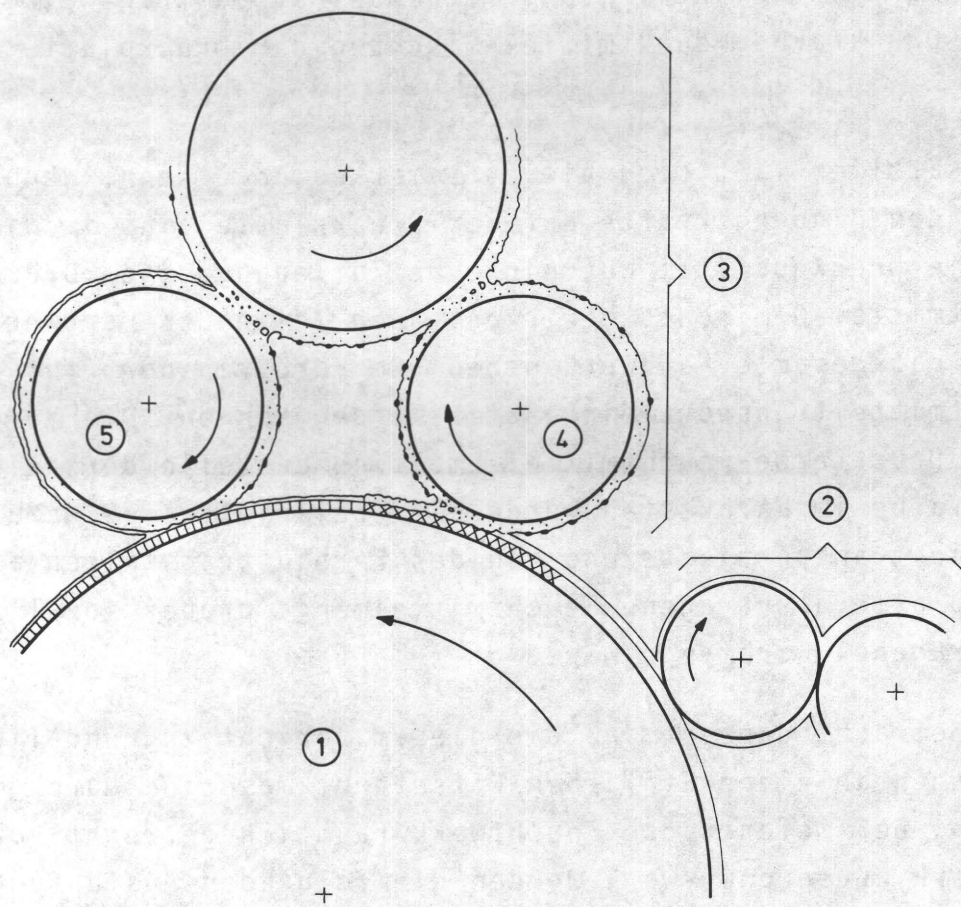


Abb. 1.3: Ausschnitt einer Offsetdruckmaschine

In diesem Ausschnitt der Offsetdruckmaschine sind nun die grundlegenden Umbenetzungs- und Spaltprozesse verdeutlicht, die zum ordnungsgemäßen Einfärben der Druckplatte notwendig sind:

1. Die Spaltung des Feuchtmittelfilmes im Walzenspalt zwischen der Druckplatte und der Feuchtauftragswalze nach erfolgter Umbenetzung. Hierbei entsteht auf den für die Farbannahme präparierten Oberflächenelementen ein dünner, grenzflächenphysikalisch instabiler Feuchtmittelfilm, welcher spätestens in den folgenden Walzenspalten zerstört wird. Auf den nicht für die Farbannahme präparierten Oberflächenelementen entsteht hingegen ein Feuchtmittelfilm, dessen unterste Moleküllagen über starke polare Kräfte und teilweise "Verwurzelung" in Gitterhohlräumen dieser Plattenteile so fest gebunden sind, daß die mechanische Einwirkung in den nachfolgenden Walzenspalten nicht zu ihrem Aufbrechen führt.
2. Die Spaltung der Druckfarbe-Feuchtmittel-Emulsion im Walzenspalt zwischen einem für die Farbannahme präparierten Oberflächenelement der Druckplatte und der Farbauftragswalze 4 nach erfolgter Umbenetzung, der die teilweise oder vollständige Zerstörung des Feuchtmittelfilmes vorausging. Infolge der rauhen Druckfarbenoberfläche und der um einen Faktor von etwa 1000 größeren Viskosität der Druckfarbe, verglichen mit der des Feuchtmittels, durchdringen die Rauigkeitsspitzen hierbei den ohnehin instabilen Feuchtmittelfilm und benetzen dieses Oberflächenelement. Das Feuchtmittel wird dabei in dem Walzenspalt, dessen "Quetschzone" etwa 1000 mal länger als hoch ist, in kleine Tröpfchen verrieben und in die Farbe emulgiert.
3. Die Spaltung des Feuchtmittelfilmes im Walzenspalt zwischen einem nicht für die Farbannahme präparierten Oberflächenelement der Druckplatte und der Farbauftragswalze 5. Hierbei entsteht auf der Farboberfläche ein instabiler Feuchtmittelfilm, der im nachfolgenden Spalt vollständig zerstört wird, soweit er nicht schon vorher zerfallen ist. Infolge der hohen Stabilität der Bindung der unteren Moleküllagen des Feuchtmittels können die Rauigkeitsspitzen der Druckfarbe nur mit

einer extrem geringen Wahrscheinlichkeit so tief in die Feuchtmittelschicht eindringen, daß es zu einer wahrnehmbaren Farbübertragung kommt.

4. Die Spaltung der Druckfarbe-Feuchtmittel-Mischung in den Walzenspalten zwischen den Farbwerkswalzen.

Aus der Beschreibung der Umbenetzungs- und Spaltvorgänge zwischen den Farbauftragswalzen und der Druckplatte geht zunächst hervor, daß ein erheblicher Teil des zugeführten Feuchtmittels von der Druckplatte in das Farbwerk transportiert wird. Das Feuchtmittel wird hierbei also entgegengesetzt zur Druckfarbe von den näher an der Druckplatte liegenden Farbwerkswalzen zu den weiter entfernten übertragen. Des weiteren geht aus der Beschreibung hervor, daß die Farbübertragung von den Auftragswalzen auf ein für die Farbannahme präpariertes Flächenelement der Druckplatte erst dadurch ermöglicht wird, daß das Feuchtmittel von der am Spalteingang vorliegenden Druckfarbe-Feuchtmittel-Grenzschicht her in die Druckfarbe eingerieben wird. Als Folge davon wird die Feuchtmittelmenge auch kurz vor dem Spaltausgang noch nicht symmetrisch verteilt sein über der Dicke der Flüssigkeitsschicht. Diese Verteilung wird sich jedoch beim Transport des Feuchtmittels in das Farbwerk mit zunehmendem Abstand der Walzenspalte vom Plattenzylinder einer symmetrischen Verteilung nähern.

Auf die Spaltung des Druckfarbe-Feuchtmittel-Gemisches hat diese Verteilung nun einen ganz entscheidenden Einfluß, da die Viskosität des Feuchtmittels etwa um den Faktor  $10^{-3}$  geringer ist als die Viskosität der Druckfarbe. Infolge dieses großen Viskositätsunterschiedes ist nämlich zu erwarten, daß dieses Gemisch am Walzenspaltausgang im statistischen Mittel zumindest in der Nähe der Stelle gespalten wird, wo die Verteilung der Feuchtmittelmenge kurz vor dem Spaltausgang ihr Maximum hat. Werden noch die bereits beim Hochdruckverfahren erwähnten Lufteinschlüsse mitberücksichtigt, so wird die schwächste Stelle der aus Druckfarbe, Feuchtmittel und Luft zusammengesetzten Schicht am Walzenspaltausgang i.a. irgendwo zwischen dem Maximum der Feuchtmittelverteilung und dem Maximum der Luftverteilung liegen.

Um nun zu ergründen in welcher Weise die Farbspaltungszahl beim Offsetdruckverfahren von dem Wert 0,5 abweicht, wird nun zunächst der Einfluß der Lufteinschlüsse zurückgestellt und ferner von einem Verlust des Feuchtmittels infolge Verdunstens abgesehen.

Die Spaltung des Druckfarbe-Feuchtmittel-Gemisches liefert dann jeweils Schichten, in denen die Feuchtmittelmenge von der Schichtoberfläche zur Kontaktfläche zwischen der Flüssigkeitsschicht und der Walzenoberfläche hin abnimmt. Da diese Flüssigkeitsschichten in die nächsten Walzenspalte wieder eintreten und ihre flächenbezogenen Farbmengen beim Vorliegen eines Farbtransportes unterschiedlich sind, wird eine Aufteilung der Gemischschicht in diesen Walzenspalten, bei welcher die flächenbezogenen Farbmengen im Verhältnis 1 : 1 geteilt würden, dadurch behindert, daß die unsymmetrische Feuchtmittelverteilung vom Spalteingang bis zum Spaltausgang nicht in eine symmetrische Feuchtmittelverteilung übergeht.

Die separate Betrachtung des Feuchtmiteleinflusses führt hier also ebenso wie die beim Hochdruckverfahren angestellte separate Betrachtung des Einflusses der Lufteinschlüsse zu einer Verkleinerung der Farbspaltungszahl unter den Wert 0,5. Beim Offsetdruckverfahren ist zu erwarten, daß sich diese beiden Einflüsse gegenseitig verstärken und zu einer größeren Abweichung der Farbspaltungszahl von dem Wert 0,5 führen als beim Hochdruckverfahren. Die Verwendung des Wertes 0,5 für die Farbspaltungszahl stellt somit bei der Anwendung des Farbwerkssimulationsprogrammes in der Konstruktion von Farbwerken für Offsetdruckmaschinen i.a. keine ausreichende Näherung dar.

Zur Klärung der Fragen, in welchem Maße die Wirkung der Lufteinschlüsse durch die hinzukommende Wirkung des Feuchtmittels auf die Farbspaltungszahl verstärkt wird und in welcher Weise sich diese Verstärkung in Offsetdruckmaschinen äußert, muß noch beachtet werden, daß an den Walzenspaltausgängen ein erheblicher Teil der im Walzenspalt vorhandenen Feuchtmittelmenge an die Farboberflächen gelangt und hier teilweise verdunstet. Der Feucht-

mittelanteil an dem Druckfarbe-Feuchtmittel-Gemisch wird folglich mit zunehmendem Abstand der Walzenspalte von der Druckplatte abnehmen. Zusammen mit der in derselben Richtung erfolgenden Annäherung der Feuchtmittelverteilung über der Schichtdicke des Gemisches an eine symmetrische Verteilung sollte dies zur Folge haben, daß der Einfluß des Feuchtmittels auf die Farbspaltungszahl von der Druckplatte zum Farbduktor hin abnimmt.

Bei der hier betrachteten, räumlich getrennten Anordnung des Farb- und Feuchtwerkes wird die gesamte zugeführte Feuchtmittelmenge vor einer ersten, dem Feuchtwerk folgenden Farbauftragswalze auf die Druckplatte übertragen. Der ins Farbwerk transportierte Anteil der zugeführten Feuchtmittelmenge wird hiernach vermutlich im wesentlichen über die erste Farbauftragswalze übertragen, so daß sich der Abnahme des Feuchtmiteleinflusses von der Druckplatte zum Farbduktor noch eine Abnahme des Feuchtmiteleinflusses auf die Farbspaltungszahl mit zunehmendem Abstand der Walzenspalte von dem Feuchtwerk überlagern wird. Die Änderung der Farbspaltungszahl mit dem Abstand der Walzenspalte von der Druckplatte und von dem Feuchtwerk wäre somit ein Maß für den reinen Einfluß des Feuchtmittels auf die Farbspaltungszahl.

## 2. Ziel und Aufgabenstellung

Mit der vorliegenden Arbeit sollten die Grundlagen für die Konstruktion von Walzenfarbwerken erweitert und ein Beitrag zur Automatisierung des Offsetdruckprozesses erbracht werden.

Bei der Konstruktion von Walzenfarbwerken wird einerseits im Hinblick auf die Druckqualität das Ziel verfolgt, die Störungen durch die diskontinuierliche Farbzugabe und Farbabnahme abzubauen. Andererseits wird im Hinblick auf eine Verringerung der "Anlaufmakulatur" und auf die Regelung das Ziel verfolgt, die Trägheit bei der Annäherung an stationäre Transportzustände zu verringern. Während man dem ersten Ziel umso näher kommt, je mehr Walzen mit unterschiedlichen Durchmessern eingesetzt werden, ist bei der Annäherung an das zweite Ziel eine Verringerung der Walzenanzahl erforderlich.

Ein weiteres Ziel besteht speziell beim Offsetdruckprozess darin, das Farbwerk und das Feuchtwerk so anzuordnen, daß die Druckqualität gegenüber Schwankungen der Feuchtmittelzugabe in einem gewissen Toleranzbereich unempfindlich ist.

Um zwischen diesen Zielen das Optimum zu finden, ist eine rechnerische Simulation des Farbtransportes in der Konstruktionsphase unumgänglich. Bei der Verwendung des Wertes 0,5 für die Farbspaltungszahl liefert sie jedoch eine wesentlich geringere Trägheit als die dann in der Praxis auftretende und enthält zudem keinerlei Anhaltspunkte für die Anordnung des Feuchtwerkes in Offsetdruckmaschinen.

Die Aufgabe bestand somit darin, die Farbspaltungszahl als Funktion der wichtigsten Einflußgrößen empirisch zu ermitteln.

Wie aus den einleitenden Betrachtungen zum Hochdruckverfahren zu entnehmen ist, wird die Farbspaltungszahl hierbei von den Schichtdicken vor dem Spalteingang und von der übertragenen Farbschichtdicke abhängen.

Gemäß den Betrachtungen zum Offsetdruckverfahren in der Einlei-

tung ist hierbei zu erwarten, daß die Farbspaltungszahl außer von den flächenbezogenen Farbmengen vor dem Spalteingang und der flächenbezogenen übertragenen Farbmenge in besonderem Maße noch von dem Anteil der Feuchtmittelmenge im Walzenspalt und von der Asymmetrie der Feuchtmittelverteilung über der Schichtdicke kurz vor dem Walzenspaltausgang abhängt.

Hiernach ist nun aber zu erwarten, daß die Farbspaltungszahl von der Lage des betrachteten Spaltes relativ zum Plattenzylinder und speziell beim Offsetdruckverfahren noch von der Lage des Spaltes relativ zum Feuchtwerk abhängt.

Nach diesen Überlegungen bestand die Aufgabe insbesondere bez. des Offsetdruckverfahrens darin, die Farbspaltungszahl an möglichst vielen Walzenspalten im Farbwerk einer gebräuchlichen Offsetdruckmaschine zu messen und durch kontrollierte Variation der Druckbedingungen die erwähnten Zusammenhänge zu ermitteln.

Mit der Durchführung der Messungen unter Praxisbedingungen sollte auch gewährleistet werden, daß zusätzlich zu den dabei auftretenden Farb- und Feuchtmitteltransportzuständen, die in vereinfachten Versuchs-Walzenanordnungen nicht ausreichend genau nachgebildet werden können, auch noch der Zusammenhang zwischen den Meßergebnissen und den Druckergebnissen hergestellt werden kann.

Für die Überprüfung der Frage, ob neben den bisher erwähnten Einflußgrößen noch weitere Größen einen merklichen Einfluß auf die Farbspaltungszahl ausüben, sollte es genügen, entsprechende Vorversuche an einer Versuchs-Walzenanordnung durchzuführen, die relativ problemlos mit den zur Erfassung bzw. Vorgabe dieser Größen notwendigen Meßwertaufnehmern bzw. Maschinenelementen ausgerüstet werden kann.



### 3. Vorentwicklung

Die meßtechnische Ermittlung der Farbspaltungszahl erfordert gemäß der Definition  $\alpha = S_{2a} / S_{1e} + S_{2e}$  (siehe Abb. 1.2) die Messung der beiden Farbschichtdicken am Eingang und einer Farbschicht am Ausgang des betrachteten Walzenspaltes.

Wie bereits in dem Forschungsantrag zu der vorliegenden Arbeit ausführlich dargelegt wurde, waren zu Beginn dieser Arbeit keine Meßwertaufnehmer zur Erfassung der Farbschichtdicke bzw. der flächenbezogenen Farbmenge verfügbar, die den gestellten Anforderungen genügten. Der erste Schritt zur Lösung der gestellten Aufgabe bestand somit in der Entwicklung und Anfertigung solcher Meßwertaufnehmer.

Von den im Forschungsantrag angeführten Möglichkeiten für die Schichtdickenbestimmung konnten zunächst die nicht berührungslos arbeitenden Meßverfahren von dem Einsatz bei dieser Arbeit ausgeschlossen werden, da die hierbei verwendeten Meßwalzen die Verteilung der Farbschichtdicken bzw. die Spaltprozesse selbst beeinflussen und zudem auf Grund ihrer Größe in einem gebräuchlichen Walzenfarbwerk nicht unterzubringen sind.

Wegen der strengen Sicherheitsvorschriften und dem damit verbundenen Aufwand konnten auch die mittels Röntgen- und Kernstrahlung arbeitenden Meßverfahren von vornherein ausgeschlossen werden.

Da die kapazitiven Meßverfahren ebenso wie das Elektronen-Rückstreuverfahren nur die Messung von Schichten auf metallischen Oberflächen erlauben, kamen diese Meßverfahren lediglich für die relativ uninteressante Bestimmung der Farbschichtdicke auf der Duktorwalze in Frage, da alle anderen Farbwerkswalzen entweder mit Gummi oder mit Kunststoff überzogen sind. Der hohe Preis der Meßgeräte, die auf der Elektronen-Rückstreuung beruhen, führte dann letztlich auch zu deren Ausschluß.

Hiernach kamen nur noch die optischen Meßverfahren zur Bestimmung der Farbschichtdicken in die engere Auswahl.

Da die Anfertigung von durchsichtigen Walzen für ein Farbwerk und der Einbau der Lichtquellen in diese Walzen innerhalb eines gebräuchlichen Walzenfarbwerkes sehr aufwendig ist, schieden unter diesen Verfahren die sog. Durchlichtverfahren ebenfalls aus.

Damit war die Entwicklungsarbeit auf ein sog. Auflichtverfahren festgelegt, bei welchem die Lichtquelle und der Empfänger so über der Walzenoberfläche angeordnet sind, daß das von der Lichtquelle abgestrahlte Licht an der Walzenoberfläche gestreut wird, bevor es den Empfänger erreicht. Für die hierbei erforderliche Abstimmung der Lichtremission des Walzenmaterials auf die Lichtremission der Farbe gibt es mit Rücksicht auf das gewählte spektrale Band des verwendeten Lichtes im wesentlichen zwei Möglichkeiten.

Einerseits kann auf dunklen Walzenoberflächen, d.h. auf Walzenoberflächen, welche das verwendete Lichtspektrum sehr stark absorbieren die Schichtdicke einer hellen Farbe infolge der mit ihr ansteigenden Remission gemessen werden. Andererseits kann auf hellen Walzenoberflächen die Schichtdicke einer dunklen Farbe infolge der Abnahme der Remission mit steigender Schichtdicke gemessen werden. Wie Vorversuche zeigten (siehe /3/) kann der Meßbereich durch die geeignete Abstimmung der Remissionsspektren und des gewählten Lichtspektrums in beiden Fällen bis zu Farbschichtdicken von etwa 20  $\mu\text{m}$  ausgedehnt werden und ist damit ausreichend groß, da dickere Schichten i.a. nur auf dem Farbduktor und dem Farbheber zu erwarten sind.

Die Messung der Farbschichtdicken über die Absorption von einfarbigem Licht gemäß diesen beiden Meßverfahren blieb jedoch auf reine Druckfarben beschränkt und konnte somit bei dem in dieser Arbeit besonders interessierenden Offsetdruckverfahren nicht angewendet werden. Der Grund hierfür lag darin, daß das Feuchtmittel - sei es in der Druckfarbe emulgiert oder auf der Farboberfläche - zu einer nicht vernachlässigbaren, zusätzlichen Änderung der Lichtintensität führt.

Für die Lösung des Problems, die flächenbezogene Farbmenge unge-

stört von dem Feuchtmittelanteil zu bestimmen, lieferte schließlich das im Fogra-Wasser-Kontrollgerät angewandte Meßprinzip den entscheidenden Hinweis (siehe /4/). Das in Analogie zu diesem neu entwickelte Meßverfahren basiert auf der Verwendung von zwei Lichtfarben deren Spektren sich praktisch nicht überlappen - einer sog. Meßlichtfarbe, welche in der verwendeten Druckfarbe stark absorbiert wird und einer sog. Referenzlichtfarbe, welche in der eingesetzten Druckfarbe praktisch nicht absorbiert wird. Entscheidend ist nun, daß beide Lichtfarben von dem Feuchtmittel um den gleichen Faktor geschwächt werden, da dieses durchsichtig ist und beide Lichtfarben bei der Abstimmung auf bunte Druckfarben im sichtbaren Spektralbereich gewählt werden können.

Der Einfluß des Feuchtmittels auf jede der beiden Lichtfarben konnte nun durch die Bildung des Verhältnisses von Meßlichtintensität zu Referenzlichtintensität auf elektronischem Wege soweit eliminiert werden, daß der Quotient praktisch nur noch von der flächenbezogenen Farbmenge abhing.

Es kann hier noch angemerkt werden, daß dieses Meßprinzip keineswegs auf die Verwendung von sichtbarem Licht angewiesen ist, sondern beispielsweise auch, ähnlich wie beim Fogra-Wasser-Kontrollgerät, in den infraroten Spektralbereich verlagert werden kann. Hierbei ist unter Bezug auf die Absorptionskurven der verwendeten Druckfarbe und des Feuchtmittels lediglich zu beachten, daß die beiden sich nicht überlappenden spektralen Bandbereiche der Strahlung vom Feuchtmittel um den gleichen Faktor, von der Druckfarbe aber stark unterschiedlich geschwächt werden. Beim Einsatz von bunten Druckfarben, deren Spektren im Sichtbaren neben einem Band starker Absorption noch ein Band guter Transmission aufweisen, bringt jedoch die Verwendung von sichtbarem Licht gegenüber der von Infrarotlicht u.a. den Vorteil, daß die Lichtquellen im sichtbaren Bereich wesentlich höhere Abstrahlintensitäten aufweisen.

Da die Untersuchungen in dieser Arbeit ohne Beschränkung der Allgemeinheit mit einer, hinsichtlich ihrer optischen Eigenschaften beliebigen Offsetdruckfarbe durchgeführt werden durften, wurde im

Hinblick auf den eventuellen Einsatz von Leuchtdioden, welche mit nicht überlappenden Spektren nur in den Farben rot und grün erhältlich sind, eine Druckfarbenmischung aus den Normfarben Gelb und Rot hierauf spektral abgestimmt. Ein insbesondere im Hinblick auf den Meßbereich befriedigendes Ergebnis lieferte die in allen folgenden Messungen benutzte Mischung von Gelb zu Rot im Verhältnis von 40 : 1. Mit grünem Licht als Meßlicht und rotem Licht als Referenzlicht erlaubte die Verwendung dieser Farbe auf weißen Walzenoberflächen die Messung der flächenbezogenen Farbmengen bis zu 18  $\mu\text{m}$  mit einer Standardabweichung  $\leq 5\%$ . Nach dem Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetz ist hiernach bei der Bestimmung der Farbspaltungszahl eine relative Standardabweichung  $\leq 6\%$  zu erwarten.

Die ersten Realisierungen der nach dem beschriebenen Zweifarben-Prinzip arbeitenden Meßwertaufnehmer wurden im wesentlichen aus Kaltlichtquellen, Lichtleitern, Spiegeln, Farbfiltern und Photozellen aufgebaut und für die im folgenden Abschnitt beschriebenen Messungen an der Versuchs-Walzenanordnung eingesetzt. Bezüglich weiterer Details, welche die Abstimmung der Spektren und den Aufbau des Prototypen dieser Meßwertaufnehmer betreffen, kann hier auf /3/ verwiesen werden.

#### 4. Voruntersuchungen an der Versuchs-Walzenanordnung

Um erste Hinweise zu erhalten über die Größenordnung der Abweichungen der Farbspaltungszahl von dem Wert 0,5 und neben den in der Aufgabenstellung erwähnten Einflußgrößen noch die eventuelle Beeinflussung durch weitere Größen untersuchen zu können, wurden entsprechende Voruntersuchungen an einem Walzenspalt einer Versuchs-Walzenanordnung durchgeführt.

##### 4.1 Bemerkungen zum Versuchsaufbau

Abb. 4.1 (siehe nächste Seite) zeigt den hierfür benutzten experimentellen Aufbau, bestehend aus der Walzenanordnung, zwei Drehzahl-Aufnehmern, einem IR-Strahlungsthermometer, zwei Zweikomponenten-Kraftaufnehmern und schließlich den Farbschichtdicken-Aufnehmern.

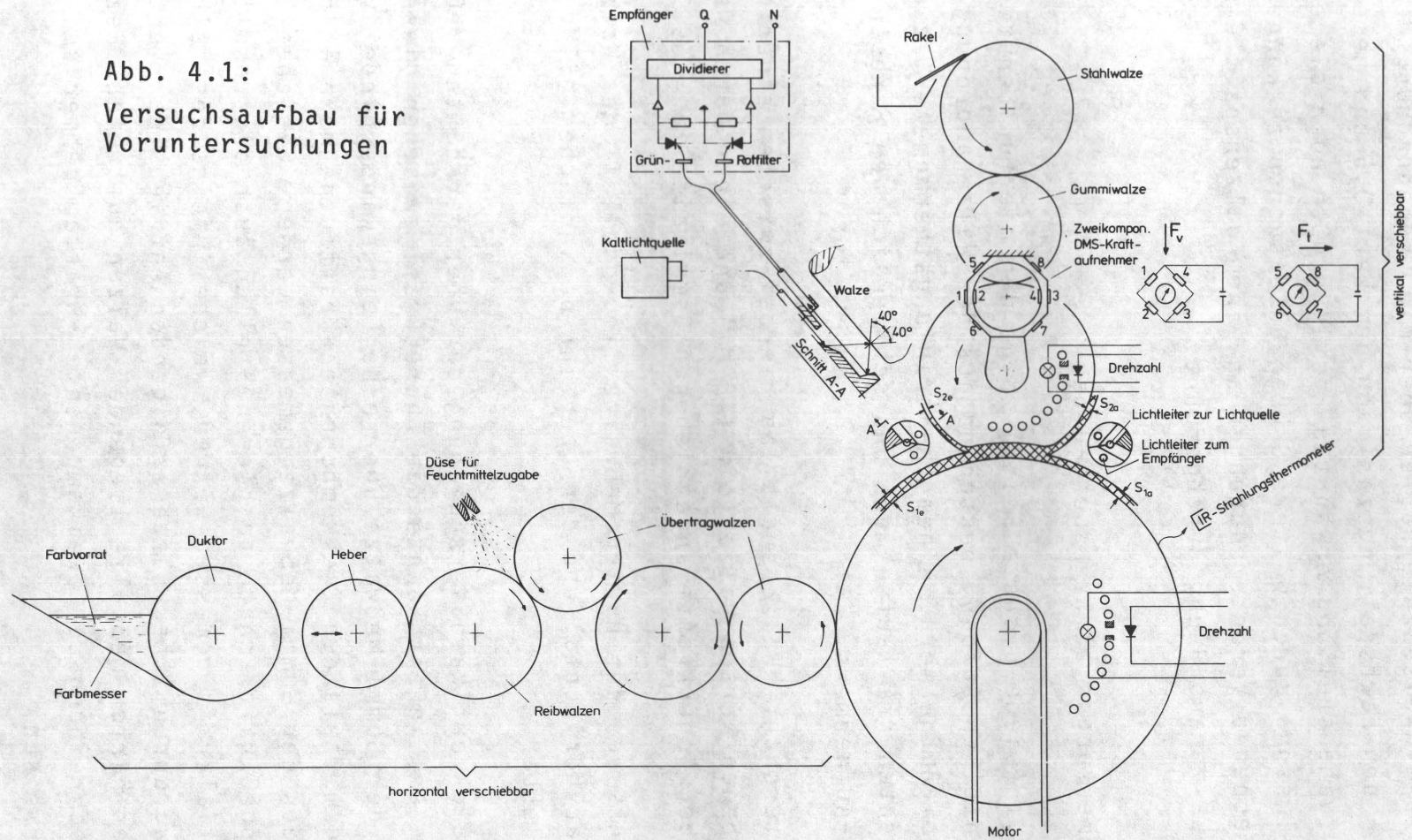
Der untersuchte Walzenspalt lag hierbei zwischen einer motorisch getriebenen harten Walze ( $\phi = 140$  mm) und einer durch Reibschluß bzw. über Scherkräfte angetriebenen Gummiwalze ( $\phi = 69,7$  mm).

Der links von der harten Meßwalze liegende Teil der Walzenanordnung war horizontal und der über ihr befindliche Teil vertikal verschiebbar.

Durch die vertikale Verschiebung der über der harten Meßwalze angeordneten Einheit konnte die Anpreßkraft zwischen dieser Meßwalze und der Gummi-Meßwalze über eine Feingewindespindel vorgegeben und mittels den Zweikomponenten-Kraftaufnehmern an beiden Achsenden der Gummi-Meßwalze gemessen werden. Gleichzeitig mit der Anpreßkraft konnte an diesen Stellen auch die resultierende Tangentialkraft gemessen werden, welche infolge des reibschlüssigen bzw. durch Scherkräfte erfolgenden Antriebs der vertikal über der harten Meßwalze liegenden Walzen auftraten. Bezüglich der Beschreibung der Zweikomponenten-Kraftaufnehmer sei hier auf /5/ verweisen.

Die Drehzahl der harten Meßwalze konnte mittels der Motorsteue-

Abb. 4.1:  
Versuchsaufbau für  
Voruntersuchungen



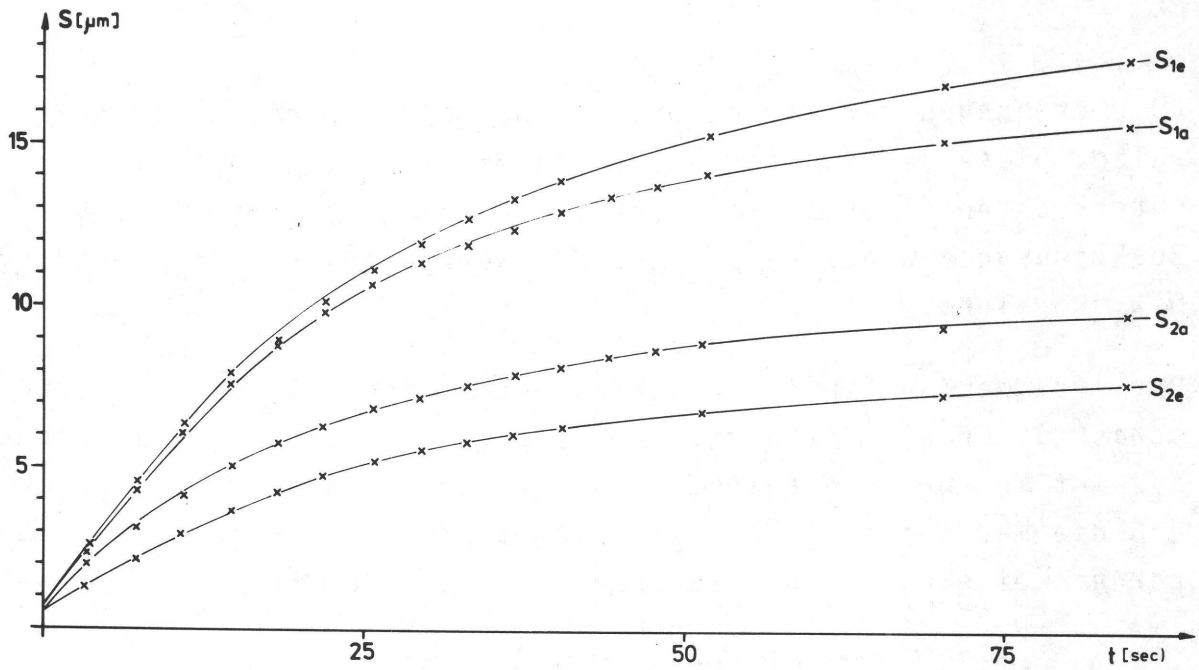


Abb. 4.2: Zunahme der Farbschichtdicken während des Einfärbevorganges

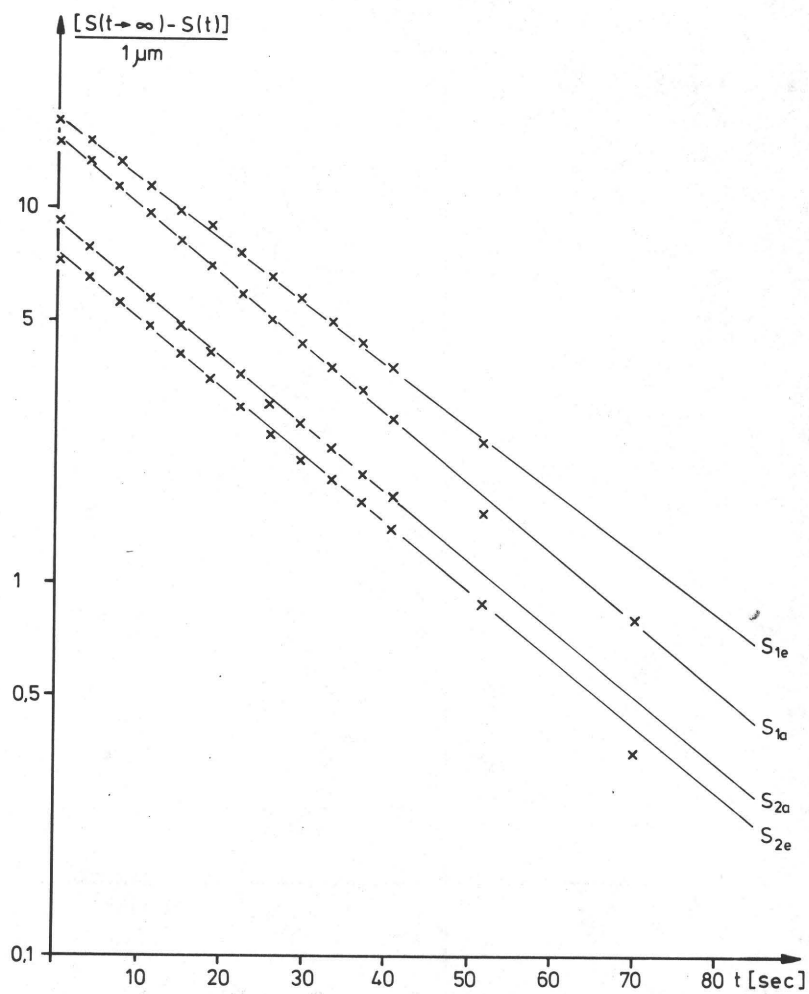


Abb. 4.3: Darstellung der Zusammenhänge in Abb. 4.2 im halblogarithmischen Maßstab

rungen auf die Farbspaltungszahl beschränkt.

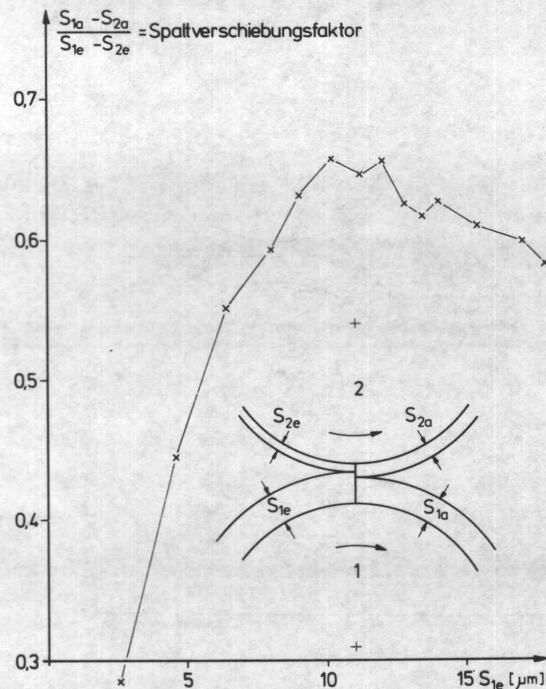


Abb. 4.8: Spaltverschiebungsfaktor in Abhängigkeit von der angebotenen Farbschichtdicke

Parallel zur Messung der vier Farbschichtdicken wurden bei diesen ersten Untersuchungen des Farbtransportes auch die Drehzahlen der beiden Meßwalzen, die Vertikal- und Tangentialkraft auf die Achse der Gummi-Meßwalze sowie die Temperatur der Gummi-Meßwalze aufgezeichnet.

Die Temperatur der Gummi-Meßwalze änderte sich hierbei während der relativ kurzen Meßzeiten und in Abhängigkeit von den Farbschichtdicken nicht merklich.

Des weiteren erfuhr auch die Vertikalkraft auf die Gummi-Meßwalze durch die Spaltung der verschiedenen Farbschichten im Meßwalzenspalt keine nachweisbare Änderung.

Die Tangentialkraft auf die Achse der Gummi-Meßwalze änderte sich jedoch mit zunehmender Farbschichtdicke. Die Abhängigkeit



somit noch drei weitere Spaltstellen. Die Anstellung des Rakels und der Abstand zwischen dem Farbmesser und der Duktorwalze wurden fest vorgegeben.

Bei den dann durchgeführten Meßreihen wurde die zugeführte Feuchtmittelmenge jeweils von dem Wert Null bis zu einem Wert erhöht, bei welchem der Eingang des Walzenspalt, vor dem das Feuchtmittel aufgesprüht wurde, überspült war. Bei der ersten Meßreihe wurde als Feuchtmittel destilliertes Wasser verwendet, in vier weiteren Meßreihen wurden jeweils 5 % Lösungen verschiedener Feuchtmittelzusatzstoffe eingesetzt. Als solche dienten Äthanol, Isopropanol, Glyzerin und Agfa-Befeuchtungsmittel, ein in der Druckereipraxis verwendetes Reagenz.

Als Ergebnis war hierbei festzuhalten, daß sich die Farbspaltungszahl am Meßwalzenspalt innerhalb dieser Meßreihen nicht veränderte. Da die im Walzenspalt vorliegende Schicht aus Druckfarbe, Feuchtmittel und Luft im statistischen Mittel stets an der schwächsten Stelle gespalten wird, läßt sich dieses Ergebnis damit erklären, daß das Maximum der Verteilung des Feuchtmittels über der Schichtdicke im Meßwalzenspalt mit dem entsprechenden Maximum der Luftverteilung zusammenfiel.

Dieses Ergebnis bestätigt somit die Vorstellung, daß erst die Asymmetrie der Feuchtmittelverteilung, welche z.B. beim Einreiben des Feuchtmittels von der Druckplatte in die Farbschicht auf den Auftragswalzen entsteht, zu einer Änderung der Farbspaltungszahl führt. Die bloße Zufuhr des Feuchtmittels in einer Weise, die dem Eindringen der Luft in den Walzenspalt äquivalent ist oder die Vorgabe einer Druckfarbe-Feuchtmittel-Emulsion im Farbvorratsbehälter hat jedoch keinen Einfluß auf die Farbspaltungszahl.

von 1 cm. Da der Durchmesser des beleuchteten Meßfleckes bereits etwa 0,5 cm beträgt, wäre ein Unterschreiten dieser Periodenlänge auch ohne die vorausgegangenen Einschränkungen sinnlos gewesen. Infolge der durch die Spaltvorgänge hervorgerufenen Rauigkeit der Farboberfläche auf den Farbwerkswalzen wäre auch eine weitere Verringerung der Größe des Meßfleckes nicht sinnvoll gewesen, da dies eine Verringerung des Signal/Rausch-Verhältnisses mit sich bringt.

Auf der Grundlage der vorangestellten allgemeinen Überlegungen, welche die Anforderungen an das Schicht-Meßsystem und seine Grenzen bestimmten, wurde das im folgenden detailliert beschriebene Meßsystem entwickelt.

Die Abb. 5.1. zeigt zunächst ein Blockschaltbild des Schichtmeßsystems, welches nun mit dem dazugehörigen Signalfolgeplan in Abb. 5.2 und Abb. 5.3 beschrieben wird. Die links von den Ordinaten der Signal-Zeit-Diagramme eingekreisten Zahlen beziehen sich hierbei auf die im Blockschaltbild an den entsprechenden Signalleitungen angegebenen Zahlen.

Wie das Blockschaltbild zeigt, besteht das Meßsystem aus einer Zentraleinheit an welche maximal 32 Schichtaufnehmer (AN) angeschlossen werden können. Die Zentraleinheit setzt sich zusammen aus dem Generator für die Steuersignale (CL), der Steuerung für die Synchrongleichrichter und dem Treiber für die Leuchtdioden (ST) sowie den Empfängern und Synchrongleichrichtern (E). Zu jedem Schichtaufnehmer gehört eine grüne- und rote Leuchtdiode, welche den Meßfleck auf der Walzenoberfläche abwechselnd (Umschaltfrequenz = 200 Hz) mit gepulstem Licht (Pulsfrequenz = 3,2 kHz) beleuchten. Die zugehörigen Pulsfolgen sind in den Diagrammen ① und ② der Abb. 5.2 dargestellt. Das aus der Farbschicht remittierte Licht wird in jedem Schichtaufnehmer von einer Photozelle empfangen und in ein elektrisches Signal umgewandelt, welches durch den nachfolgenden Verstärker etwa um den Faktor 20 000 verstärkt wird. Das in Diagramm ③ der Abb. 5.2 dargestellte Ausgangssignal des Verstärkers wird dann über ein Kabel zum Empfänger und Synchrongleichrichter (E) der Zentralein-

# Optischer Aufnehmer

AN

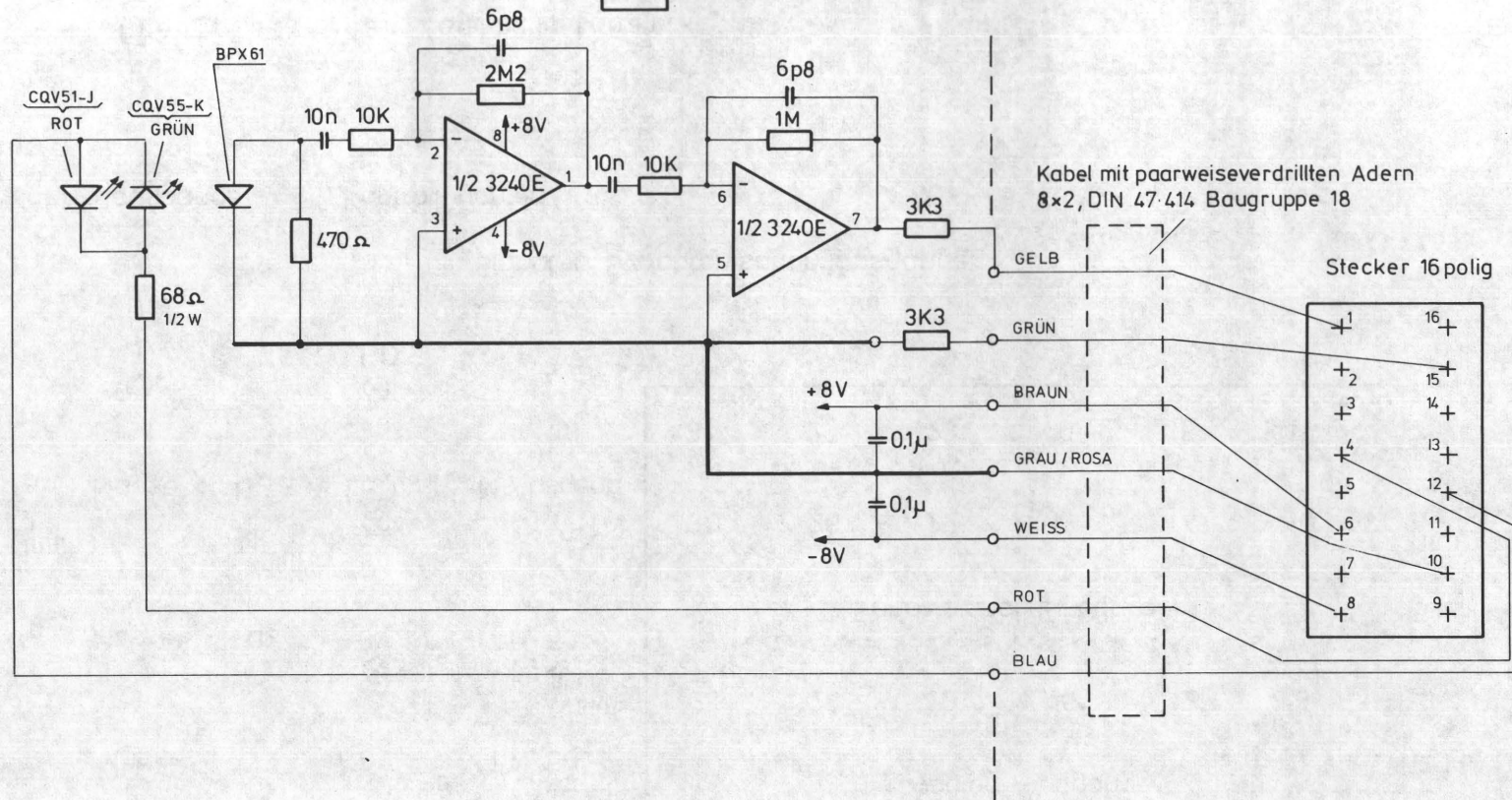
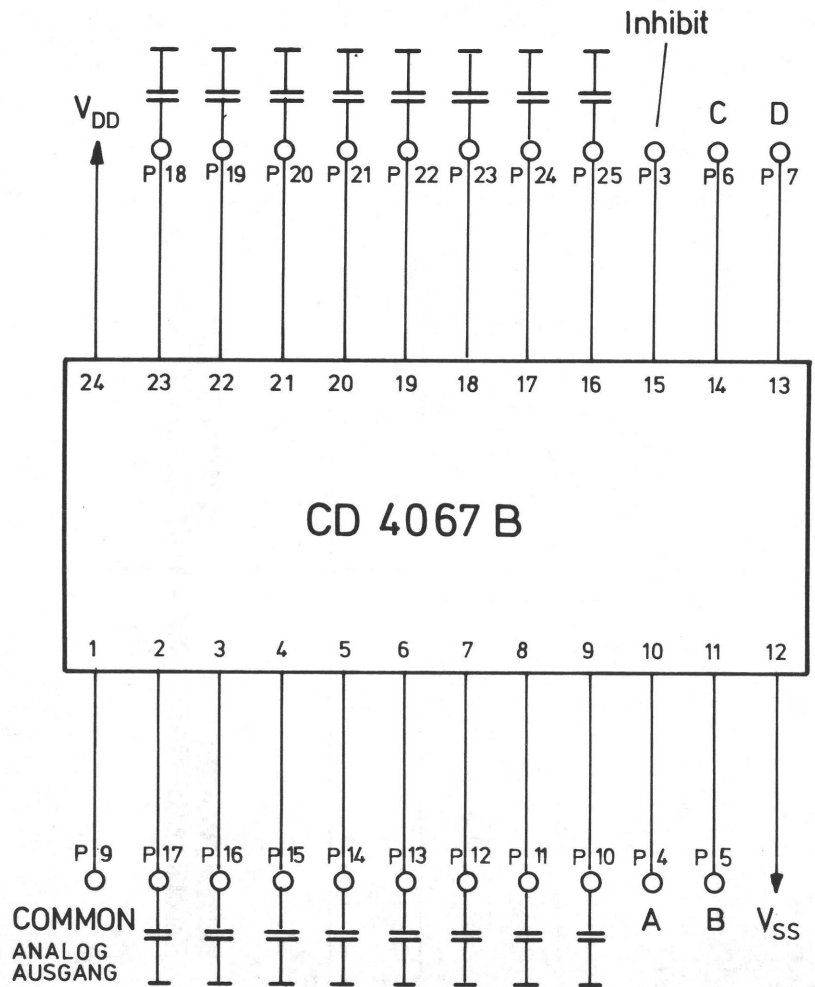


Abb. 5.5: Schaltbild der Farbschichtaufnehmer



## Multiplexer

M

alle Kondensatoren  $\mu 1$

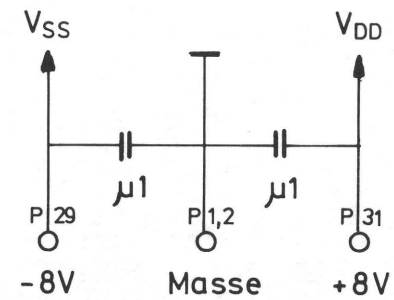


Abb. 5.9: Beschaltung der 16-Kanal-Multiplexer

aufnehmern sind bei der ersten Farbauftragswalze noch zwei Ultraschallaufnehmer eingezeichnet, die in derselben Ebene angeordnet wurden. Auf die Funktion dieser Aufnehmer wird im nächsten Abschnitt eingegangen.

Wie die Abb. 5.13 zeigt, konnten auf Grund der weitgehenden Miniaturisierung der Schichtaufnehmer insgesamt 19 dieser Aufnehmer in der beschriebenen Weise im Farbwerk der bereitgestellten Offsetdruckmaschine untergebracht werden. Damit war innerhalb der Meßebene die nahezu vollständige Erfassung der Farbschichten auf den verschiedenen Walzenabschnitten möglich. Es konnte also gemäß der Aufgabenstellung in Abschnitt 2 die Verteilung der Farbschichtdicken und der Farbspaltungszahlen im gesamten Farbwerk unter verschiedenen Druckbedingungen erfaßt werden. Da mehrere Walzenspalte zur Erfassung der beiden eintretenden und der beiden austretenden Farbschichten mit vier Farbschichtaufnehmern ausgerüstet wurden, war mit Hilfe der Kontinuitätsbedingung hierbei die Überprüfung der Meßgenauigkeit möglich. Die relativ hohe Anzahl und die Anordnung der Farbschichtaufnehmer lieferte damit eine solide Grundlage für die Anwendung statistischer Methoden zur Fehlerausgleichsrechnung bei der Auswertung der Meßergebnisse.

Damit die Farbschichten mit dem in Abschnitt 3 beschriebenen Meßprinzip im Farbwerk erfaßt werden konnten, mußte dieses zunächst mit weißen Farbwerkswalzen ausgerüstet werden. Zu diesem Zweck wurden die harten Walzen mit weißem Polyamid und die weichen Walzen mit einem weißen Synthetikgummi beschichtet. Die Shorehärte der weichen Walzen wurde hierbei auf einen gebräuchlichen Wert, d.h. auf 25<sup>0</sup> Shore eingestellt.

Zur Befestigung der Farbschichtaufnehmer dienten Vierkantrohre, welche parallel zu den Walzenachsen gelegt und an beiden Enden mit zwei Seitenwänden aus 10 mm dickem Stahlblech verbunden wurden. Jede der beiden Seitenwände wurde, wie die Abb. 5.13 zeigt, aus mehreren Teilen zusammengesetzt, um beim Einbau oder Auswechseln der Farbschichtaufnehmer nicht das gesamte Farbwerk zerlegen zu müssen. Diese Teile wurden daher so gestaltet, daß

chenbezogenen Flüssigkeitsmengen vor und hinter dem Walzenspalt waren wesentliche Hinweise bez. weiterer "Spalt-Kontrollgrößen" nur dann zu erwarten, wenn die beim Spaltprozeß entstehenden Zwischenprodukte und deren Umwandlung bzw. Zerfall untersucht werden. Solche Zwischenprodukte sind z.B. die im Walzenspalt entstehenden Kavitationsblasen und die am Ausgang des Walzenspaltendes entstehenden Flüssigkeitslamellen, welche in Flüssigkeitsfäden und Flüssigkeitströpfchen zerfallen. Änderungen bzw. Störungen der Flüssigkeitsspaltung werden sich in Änderungen dieser Zwischenprodukte, ihrer Entstehung und ihrem Zerfall zeigen.

Diese Zwischenprodukte sind also charakteristische Merkmale für die Erzeugung dünner Flüssigkeitsfilme durch die Spaltung zwischen aufeinander abrollenden Walzen. Berührungslos meßbare Größen, die mit diesen Merkmalen in einem festen Zusammenhang stehen, können daher zur Kontrolle der Flüssigkeitsspaltung herangezogen werden.

Eine derartige Größe ergab sich aus der Beobachtung, daß bei der Flüssigkeitsspaltung vom Ausgang des Walzenspaltendes Schallwellen ausgesandt werden. Die Entstehung dieser Schallwellen kann auf die Implosion von Kavitationsblasen und auf Schwingungen der Flüssigkeitslamellen und Flüssigkeitsfäden zurückgeführt werden. Die Eigenschaften der Flüssigkeit bzw. der Komponenten des Flüssigkeitsgemisches, welche den mechanischen Vorgang der Flüssigkeitsspaltung charakterisieren, kennzeichnen auch die dabei entstehenden und ausgesandten mechanischen Wellen.

Auf Grund des großen Konsistenzunterschiedes zwischen Offsetdruckfarben ( $\eta \cong 10$  Pas) und Feuchtmitteln ( $\eta \cong 0,001$  Pas) und der dämpfenden Wirkung des emulgierten, sowie des an der Farboberfläche haftenden Feuchtmittels auf die Schwingungen der Lamellen und Fäden, eignet sich die Erfassung des hiervon ausgehenden Schalls insbesondere für die Echtzeit-Kontrolle des Druckfarbe-Feuchtmittel-Verhältnisses in Offsetdruckmaschinen. Hierzu muß aber die bei der Flüssigkeitsspaltung entstehende und ausgesandte Schallintensität getrennt von anderweitig entstehenden

warninstrument" dar. Die Wiedereinstellung normaler Druckbedingungen benötigte nach dieser starken Überfeuchtung, welche bis zur Grenze der Feuchtmittelspeicherkapazität der Farbe im Farbwerk führte, sehr viel Zeit.

Nach diesen Tests der Ultraschall-Aufnehmer konnte bereits davon ausgegangen werden, daß sie zur Echtzeitkontrolle und Regelung des Farb- und Feuchtmittelflusses während des Auflagedruckes gut geeignet sind. Da die Farbzugabe vom Duktator über den Heber im Hinblick auf eine konstante Druckqualität während des Auflagedruckes nicht verändert werden sollte, kann das Ultraschallsignal in eindeutiger Weise zur Regelung der Feuchtmittelzugabe herangezogen werden.

Zu der Frage, in welcher Weise der Temperaturanstieg im Farbwerk während des Auflagedruckes das Ultraschallsignal beeinflusst, kann hier folgendes angemerkt werden: Der Temperaturanstieg wird einerseits die Viskosität der Druckfarbe herabsetzen und andererseits zu einer erhöhten Verdunstung des Feuchtmittels führen. Während nun infolge der Viskositätsverringerung eine Abnahme des Ultraschallsignals zu erwarten ist, ist infolge der erhöhten Verdunstung, d.h. des verringerten Feuchtmittelanteiles in der Druckfarbe eine Zunahme des Ultraschallsignals zu erwarten. Abnehmende Viskosität und zunehmende Verdunstung beeinflussen also gemäß den bisherigen Überlegungen das Ultraschallsignal in entgegengesetzter Weise. Kompensieren sich beide Einflüsse, d.h., bleibt das Ultraschallsignal unverändert und wird demzufolge die Feuchtmittelzugabe nicht nachgeregelt, so bedeutet dies, daß mit Druckfarbe geringerer Viskosität und etwas weniger Feuchtmittel gedruckt wird. Dies wird aber nach den in der Einleitung entwickelten Vorstellungen zur Funktionsweise des Offsetdruckverfahrens im allgemeinen keine nachteiligen Auswirkungen auf die Druckqualität haben. Überwiegt der Einfluß der Verdunstung, so wird das Ultraschallsignal zunehmen und demzufolge die Feuchtmittelzugabe erhöht werden. Damit wird der erhöhte Feuchtmittelverlust ausgeglichen und das infolge der Temperaturerhöhung bevorzugt auftretende Tönen vermieden. Des weiteren

ist, wurde zur Berechnung der Farbschichten auf den einzelnen Walzensegmenten der Ansatz gemacht, daß die Farbschichtdicken hinter einem Walzenspalt um den Faktor  $(1 - \epsilon)$  kleiner sind, als die Farbschicht davor, welche näher am Farbvorratsbehälter liegt. Wird nun die Farbschichtdicke gemäß Abb. 7.1 hinter der Spaltstelle zwischen der oberen Meßrolle und der Farbwerkswalze mit  $S_0$  bezeichnet, und liegen zwischen diesem und einem weiter vom Farbvorratsbehälter entfernten Walzensegment  $n$  Walzenspalte, so führt dieser Ansatz für die Farbschicht  $S_n$  auf diesem Walzensegment zu der Beziehung

$$(7.1) \quad S_n = (1 - \epsilon)^n \cdot S_0$$

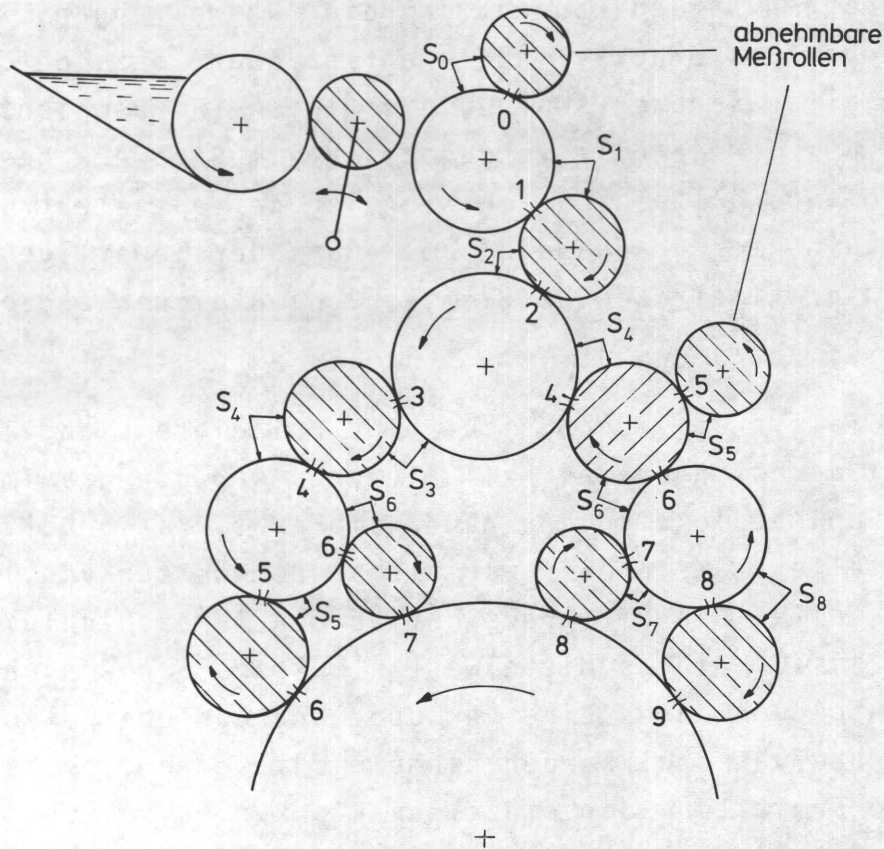


Abb. 7.1: Anordnung der Meßrollen und Nummerierung der Schichten zur Gleichung 7.1

Gemäß dieser Betrachtungsweise lag auf der oberen Meßrolle die Schichtdicke  $S_0$  und auf der unteren Meßrolle die Schichtdicke  $S_5$  vor, wobei jeweils die Schicht am Walzenspaltausgang heran-



## 8. Meßreihen

Die wichtigste experimentelle Aufgabe der vorliegenden Arbeit bestand darin, die Verteilung der Farbschichtdicken und damit die Farbspaltungszahlen im Farbwerk einer gebräuchlichen Offset-Druckmaschine unter verschiedenen Druckbedingungen zu messen. Im Hinblick auf die Regelung der Druckbedingungen ergab sich aus der in Abschnitt 6 behandelten Spaltprozeß-Kontrolle mittels Ultraschall noch die Aufgabe, diese Kontrollmöglichkeit parallel weiter zu untersuchen.

### 8.1 Vorgehensweise bei den Messungen und ihrer Auswertung

Nach dem Aufbau des Meßsystems und der Kalibrierung der Farbschichtaufnehmer waren die wesentlichen Voraussetzungen für die Lösung dieser Aufgaben erfüllt. Bevor mit den Messungen begonnen werden konnte, mußte aber noch die Frage beantwortet werden, wie die Druckbedingungen hierbei zu variieren seien. Aus der Forderung nach realitätsbezogenen Ergebnissen folgte zunächst, daß die verschiedenen Druckbedingungen den in der Druckereipraxis auftretenden Bereich weitgehend umfassen sollten. Zu diesem Zweck mußten die Druckbedingungen über verschiedene Größen beeinflußt werden, welche auch in der Druckereipraxis zur Steuerung der Qualität herangezogen werden. Diese Größen lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

Die erste Gruppe bilden die Größen, welche die am Druckprozeß beteiligten maschinellen und stofflichen Komponenten kennzeichnen, die bei der Druckvorbereitung bereitzustellen sind. Die Eigenschaften dieser Komponenten, also beispielsweise die Rauigkeit des Papiers, beeinflussen aber die Qualität des Druckproduktes nur insofern, als sie die Grenzen festlegen, innerhalb welcher die Qualität während des Druckens schwanken kann.

Die zweite Gruppe bilden die Größen, welche sich während des Druckprozesses ohne äußeren Einfluß ändern können, wie z.B. die Temperatur, und jene Größen, welche während des Druckens durch äußere Eingriffe variierbar sind, wie z.B. die zugeführte Feuchtmittelmenge.

korrekturen wieder verändert wurden, war die Kontinuitätsbedingung an der Anfangsspaltstelle hierdurch wieder verletzt worden.

- Diese von einer Anfangsspaltstelle ausgehende Korrektur wurde dann an den übernächsten Nachbarspaltstellen usw. fortgesetzt, bis schließlich die Kontinuitätsbedingung an den von der Anfangsspaltstelle am weitesten entfernten Nachbarspaltstellen im Farbwerk erfüllt war. Dabei wurde die Kontinuitätsbedingung jeweils an den zuvor korrigierten Spaltstellen wieder etwas verletzt.
- Die in der beschriebenen Weise sukzessive korrigierten Werte erfüllten die Kontinuitätsbedingung im Mittel über alle Walzenspalte des Farbwerkes jedoch mit geringeren Abweichungen als die unkorrigierten Werte.

Durch die mehrmalige Wiederholung der beschriebenen Korrekturrechnung konnten daher diese Abweichungen iterativ immer weiter verringert werden. Nach 200-facher Wiederholung waren diese Abweichungen an allen Walzenspalten des Farbwerkes kleiner als  $0,01 \mu\text{m}$ .

Bei dem beschriebenen Korrekturverfahren gingen alle Walzenspalte des Farbwerkes zwischen der dem Heber folgenden Verreiberwalze und den Farbauftragswalzen im Sinne der Statistik mit dem gleichen Gewicht ein. Bezüglich der Reduzierung der Standardabweichungen der korrigierten Schichtdickenwerte gegenüber den gemessenen Schichtmittelwerten entspricht dieses Korrekturverfahren einer Mittelwertbildung aus 19 einzelnen Werten, entsprechend der 19 Farbschichtaufnehmer. Die Abweichungen der korrigierten Schichtdickenwerte von den "wahren Farbschichtdicken" sind demgemäß etwa um den Faktor  $1/\sqrt{19}$  geringer als die Abweichungen der gemessenen Schichtmittelwerte.

Zur anschaulichen Beurteilung des angewandten Korrekturverfahrens sind nun in Abb. 6.2 die gemessenen Schichtmittelwerte und in Abb. 6.3 die hieraus ermittelten korrigierten Schichtdicken-

hier wieder in guter Näherung ein linearer Zusammenhang vor. Die Berechnung der eingezeichneten Ausgleichsgeraden für diesen Bereich erfolgte wiederum unter dem Gesichtspunkt der Regelung, weshalb die Feuchtduktoreinstellung als abhängige Größe betrachtet wurde.

Gemäß den in Abschnitt 6 geweckten Erwartungen nahm auch in der hier untersuchten Druckmaschine die zum Ultraschalldruck proportionale Ausgangsspannung ab, wenn die zugeführte Feuchtmittelmenge erhöht wurde. Die Steigung der Ausgleichsgeraden zeigt zudem, daß das Ultraschallsignal an der gewählten Meßstelle auf eine Änderung des Feuchtmitteltransportes sehr empfindlich reagiert und bestätigt damit die Überlegungen, welche zu der Wahl dieser Meßstelle führten. Bei unveränderter Farbduktoreinstellung (3 SKT) und unveränderter Druckform läßt sich somit die Feuchtmittelzufuhr nach dem Ultraschallsignal gemäß dem durch die Ausgleichsgerade gegebenen Zusammenhang regeln.

Wie der Abb. 8.5 zu entnehmen ist, trat bei den Messungen mit Feuchtduktordrehwinkeln  $\geq 8$  SKT keine weitere Abnahme des Ultraschallsignales auf. Dieses Ergebnis kann damit erklärt werden, daß die Feuchtmittelaufnahmekapazität der Druckplatte und der Farbe im Farbwerk nach dem Auftreten von Wassermarken erschöpft war, d.h. daß eine Sättigung eingetreten war. Des Weiteren ist hierzu zu bemerken, daß die flächenbezogene Farbmenge in dem betrachteten Walzenspalt mit zunehmender Feuchtmittelzugabe ebenfalls etwas zunahm, was wohl darauf zurückgeführt werden kann, daß die Farbübertragung von der betrachteten Auftragswalze auf die Druckplatte durch das Feuchtmittel behindert wird und folglich ein 'Farbstau' entsteht.

Abb. 8.6 zeigt noch den bei der dritten Meßreihe ermittelten Zusammenhang zwischen dem Ultraschallsignal und der Rasterflächendeckung. Hierbei fällt auf, daß das Ultraschallsignal von dem Wert bei 25 % zu dem Wert bei 50 % Rasterflächendeckung stark abnimmt und dann nur noch eine sehr geringe Abnahme mit zunehmender Flächendeckung zeigt. Der hohe Wert bei 25 % läßt

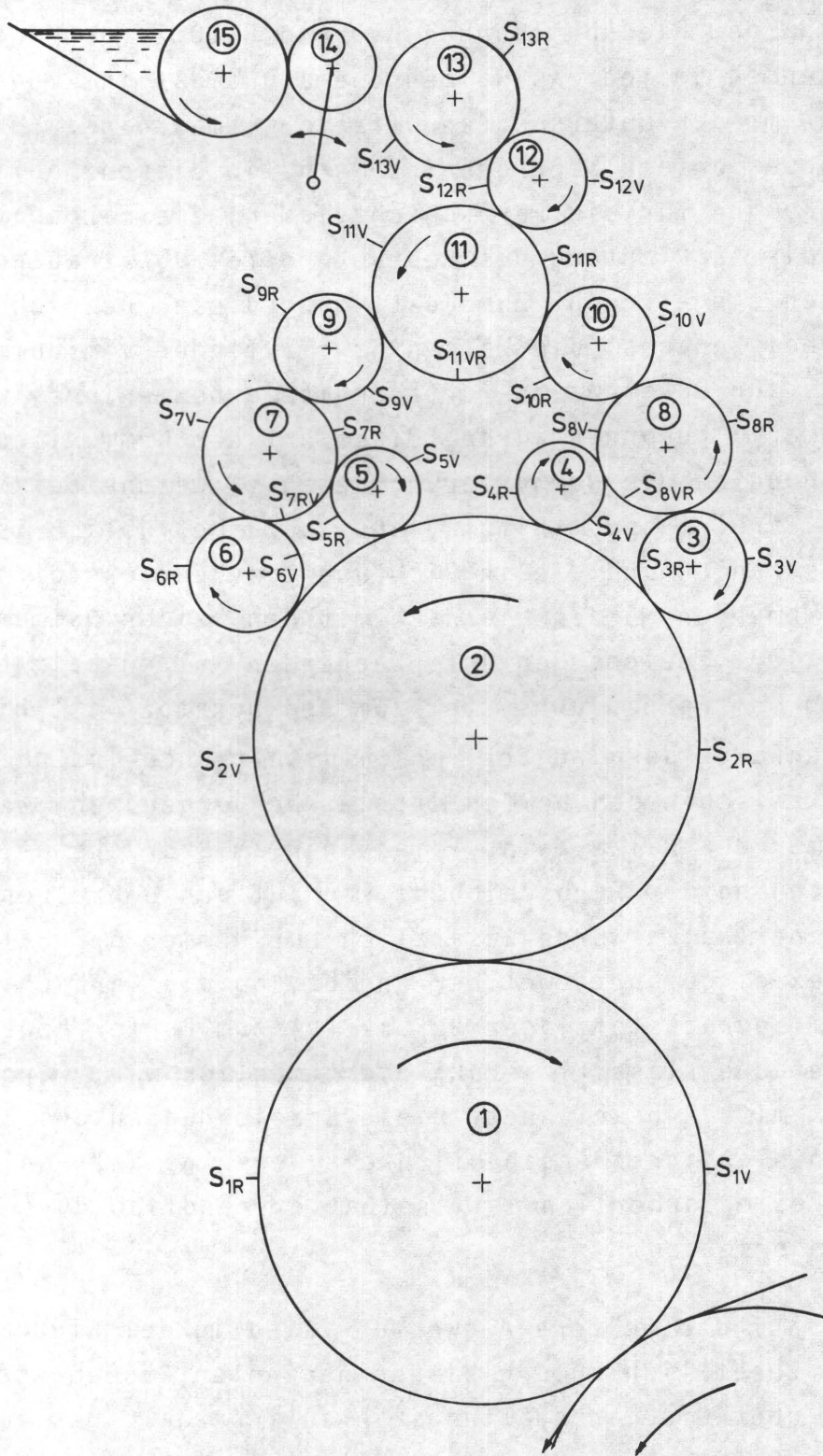


Abb. 8.9: Walzenschema der Versuchsdruckmaschine mit den Bezeichnungen der Farbschichten

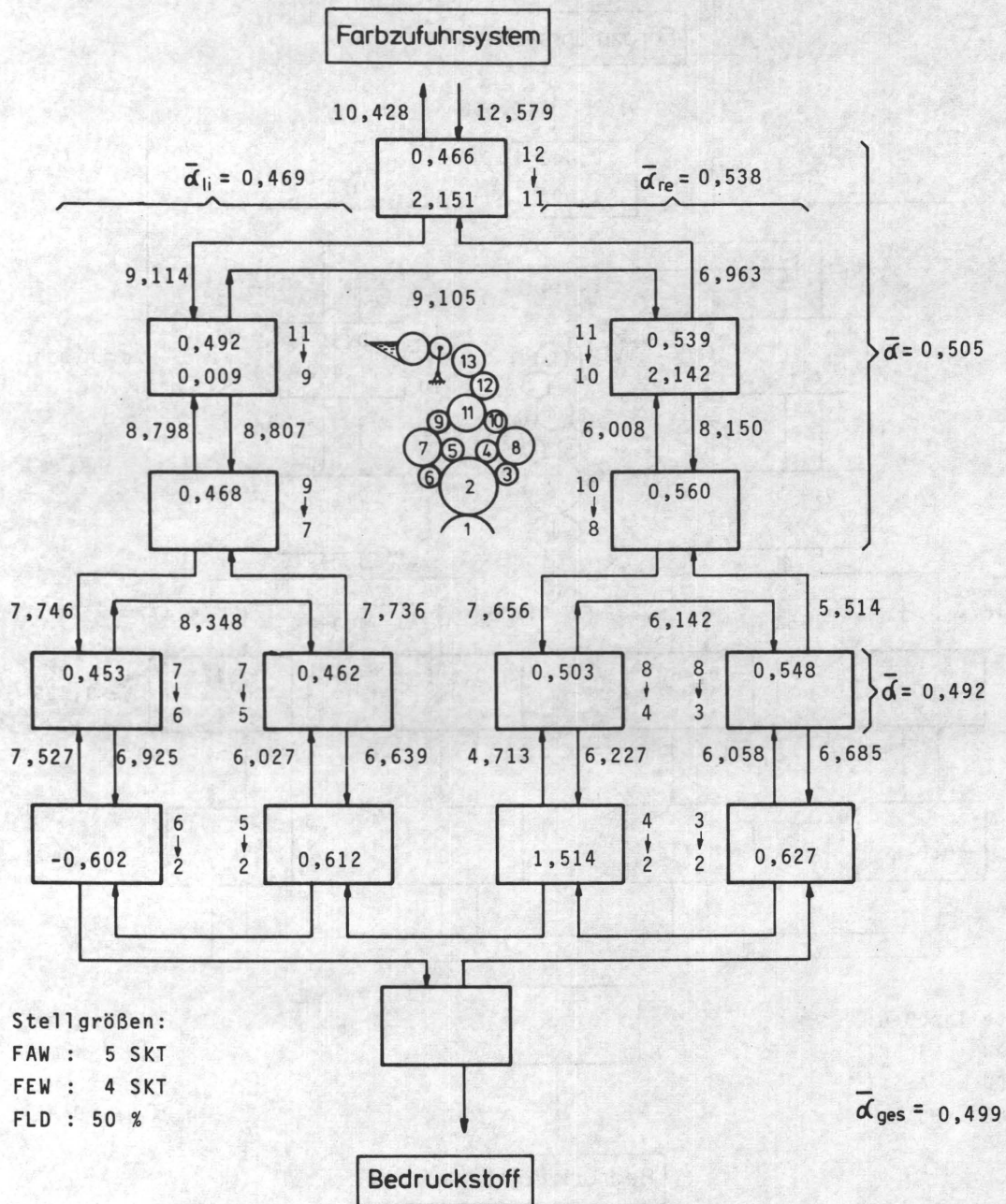


Abb. 8.14: Flußdiagramm zur 1. Meßreihe

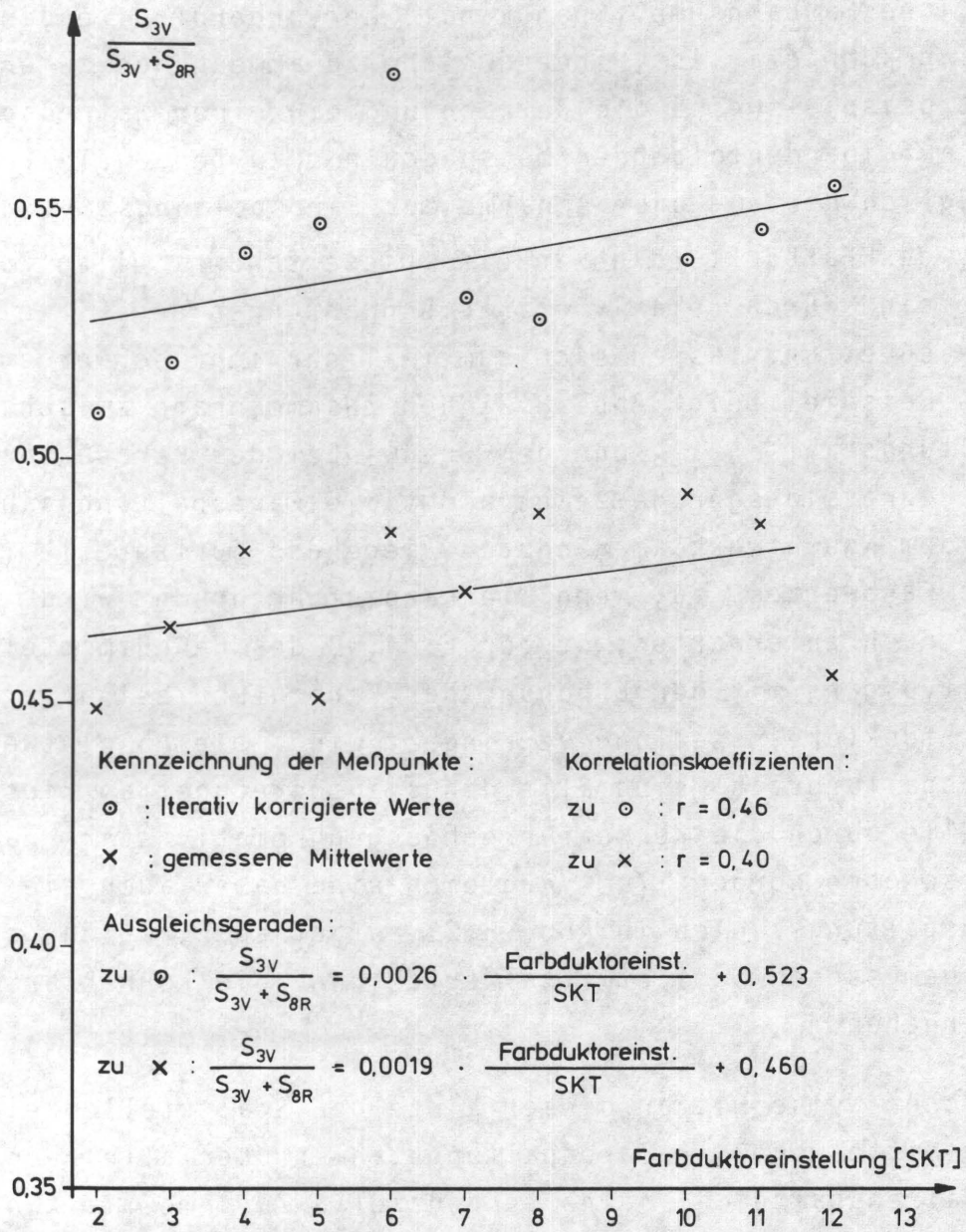


Abb. 8.21: Zunahme der Farbspaltungszahl mit der Erhöhung der Farbzufuhr an der Spaltstelle 8 → 3

Rechter Zweig				
Spalt	11 → 10	10 → 8	8 → 4	8 → 3
K [μm]	6,494	9,709	3,304	18,182
B [μm]	- 0,727	- 2,032	- 0,2256	0,513
r	0,86	0,65	0,91	0,52

Die Mittelwerte im rechten und linken Zweig sowie die Mittelwerte über sämtliche neun Spaltstellen ergeben sich hieraus zu:

$$\begin{aligned} \bar{K}_{re} &= 9,422 \text{ μm} & \bar{B}_{re} &= - 0,618 \text{ μm} \\ \bar{K}_{li} &= 11,395 \text{ μm} & \bar{B}_{li} &= - 0,824 \text{ μm} \\ \bar{K}_{ges} &= 9,794 \text{ μm} & \bar{B}_{ges} &= - 0,814 \text{ μm} \end{aligned}$$

Zu dem Achsenabschnitt B, welcher das erste Glied der Taylor-Entwicklung f (1) repräsentiert, das in Gleichung 8.2 Null gesetzt wurde, ist hier folgendes anzumerken: Die Tatsache, daß die Werte von B an den einzelnen Spaltstellen nicht verschwinden, ist wohl in erster Linie auf die Schwankungen der Meßwerte zurückzuführen. Gleichzeitig liefert aber das Ergebnis, daß mit einer Ausnahme alle Werte von B negativ sind und der Unterschied zwischen  $\bar{B}_{re}$  und  $\bar{B}_{li}$  einen deutlichen Hinweis darauf, daß zwischen den Schichten vor den Spalteingängen, doch gewisse Konsistenzunterschiede vorliegen, welche u.a. durch unterschiedliche Feuchtmittelkonzentrationen zustande kommen können.

Der allgemeinere Zusammenhang zwischen der Farbspaltungszahl und der übertragenen Farbschicht, bei dem auch Unterschiede in der Konsistenz der Schichten vor dem Spalteingang berücksichtigt sind, ergibt sich aus Gleichung 8.6, indem hierin  $\Delta S_{1,2}$  durch  $\Delta S_{1,2} - B$  ersetzt wird:

$$(8.8) \quad \alpha_{1,2} \cong \frac{\Delta S_{1,2} + S_{2e}}{S_{2e} \cdot [2 + (\Delta S_{1,2} - B)/K]}$$

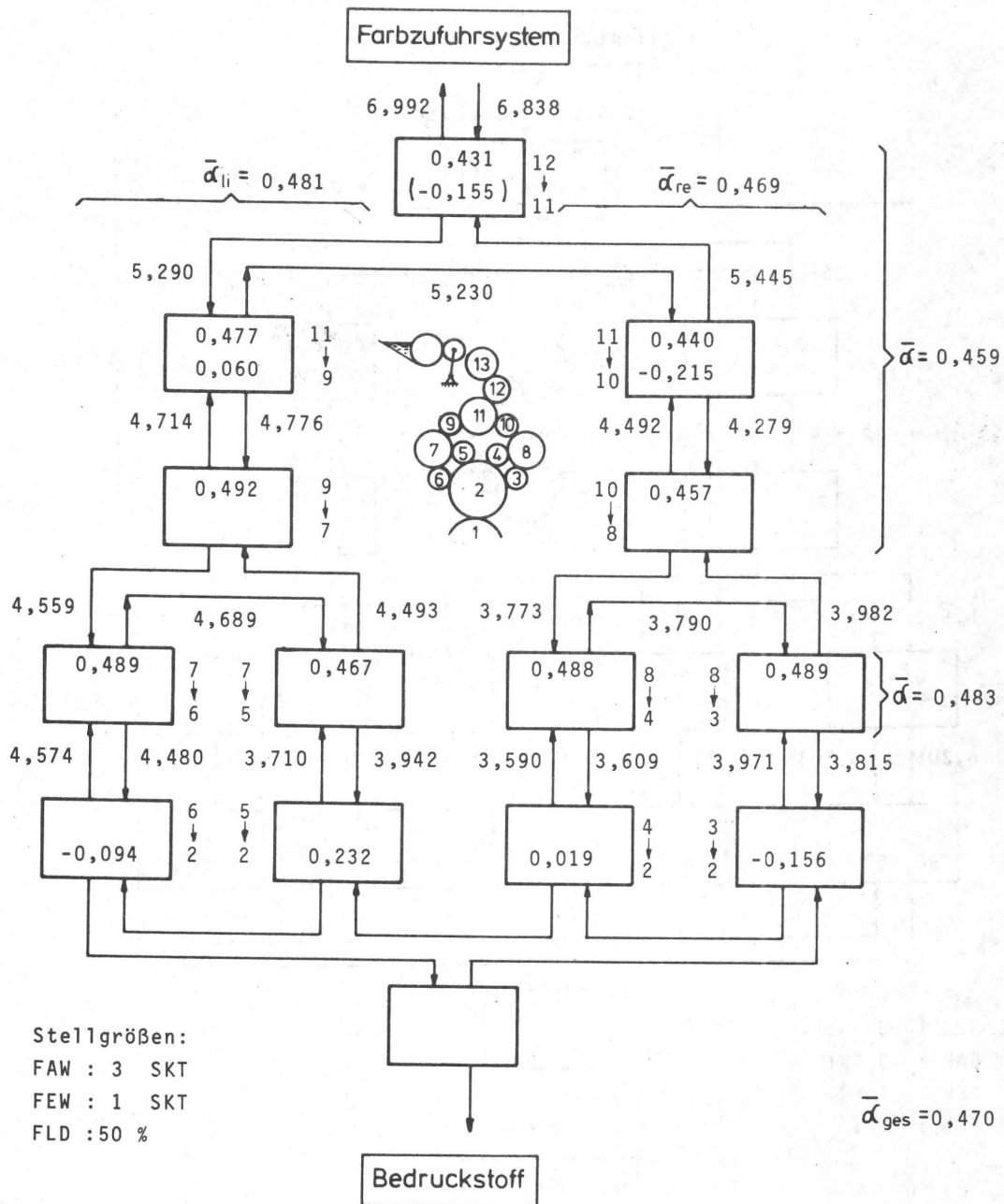


Abb. 8.24: Flußdiagramm zur 2. Meßreihe (Tonen)  
Bemerkung: Dem Wert in der runden Klammer kann keine reale Bedeutung beigemessen werden.



Diese drei Ergebnisse stehen im Einklang mit den, bei der entsprechenden Betrachtung zur ersten Meßreihe ermittelten Ergebnissen. Sie lassen sich folglich in der selben Weise wie bei der ersten Meßreihe begründen, so daß hier nicht näher darauf eingegangen werden muß. Selbst die Umkehrung der Verhältnisse mit dem Wechsel des Vorzeichens von  $\Delta S_{12} \rightarrow 11$  bei dem 2. und 3. Ergebnis läßt sich mit der zur ersten Meßreihe entwickelten Theorie, d.h. mit der Gleichung 8.8 beschreiben. Daher wurden auch bei der zweiten Meßreihe zur Bestimmung der Parameter K und B sämtliche Messungen für die Regressionsanalyse herangezogen. Ihre Werte sind zusammen mit den jeweiligen Korrelationskoeffizienten in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle 8.2: Zur Beziehung  $\frac{S_{1e}}{S_{2e}} \cong 1 + \frac{\Delta S_{1,2} - B}{K}$

Linker Zweig					
Spalt	12 → 11	11 → 9	9 → 7	7 → 6	7 → 5
K [ $\mu\text{m}$ ]	4,852	10,026	4,261	9,542	1,572
B [ $\mu\text{m}$ ]	- 1,004	- 2,534	+ 0,064	- 0,534	- 0,230
r	0,94	0,11	0,46	0,67	0,62
Rechter Zweig					
Spalt	11 → 10	10 → 8	8 → 4	8 → 3	
K [ $\mu\text{m}$ ]	9,894	38,567	2,155	11,077	
B [ $\mu\text{m}$ ]	- 3,077	- 1,499	- 0,158	- 0,113	
r	0,25	0,15	0,99	0,24	

Bezüglich der Werte des Regressionskoeffizienten K, des Achsenabschnittes B und des Korrelationskoeffizienten r zu den einzelnen Spaltstellen innerhalb des Farbwerkes gelten auch hier wieder die Bemerkungen zur Tabelle 8.1.

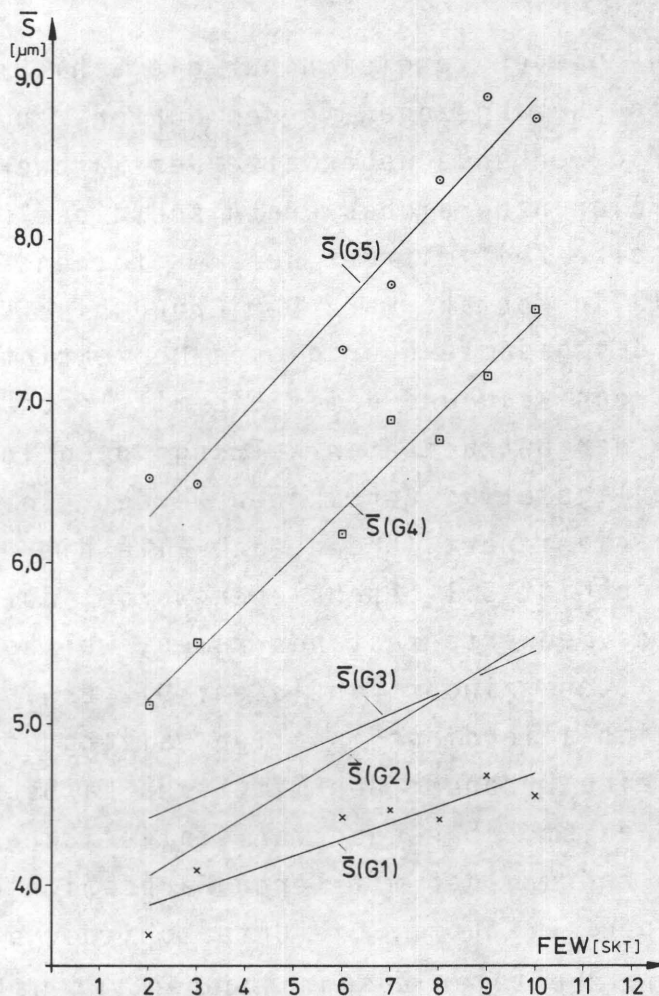


Abb. 8.30: Zunahme der flächenbezogenen Farbmengen mit der Erhöhung der Feuchtmittelzufuhr

pen gemittelten Farbschichtdickenwerte über dem Drehwinkel des Feuchtduktors zu diesen Farbflußdiagrammen aufgetragen. Wie diese Abbildung zeigt, tritt bei allen Walzengruppen in guter Näherung ein linearer Anstieg der Schichtmittelwerte mit der Erhöhung der Feuchtmittelzugabe auf. Da die noch vorhandenen Schwankungen der Schichtmittelwerte in der Größenordnung der zu erwartenden statistischen Schwankungen liegen, konnten die eingezeichneten Ausgleichgeraden gemäß dem Ansatz

$$(8.9) \quad \bar{S}(GJ) = a_{GJ} \cdot \frac{\text{FEW}[\text{SKT}]}{\text{SKT}} + b_{GJ}$$

wieder mittels der statistischen Regressionsanalyse berechnet werden, wobei  $\bar{S}(GJ)$  als Zielgröße, d.h. als abhängige Variable aufgefaßt wurde. Die folgende Tabelle 8.3 gibt die hierbei bestimmten Werte der Steigung  $a_{GJ}$ , des Achsenabschnittes  $b_{GJ}$  und

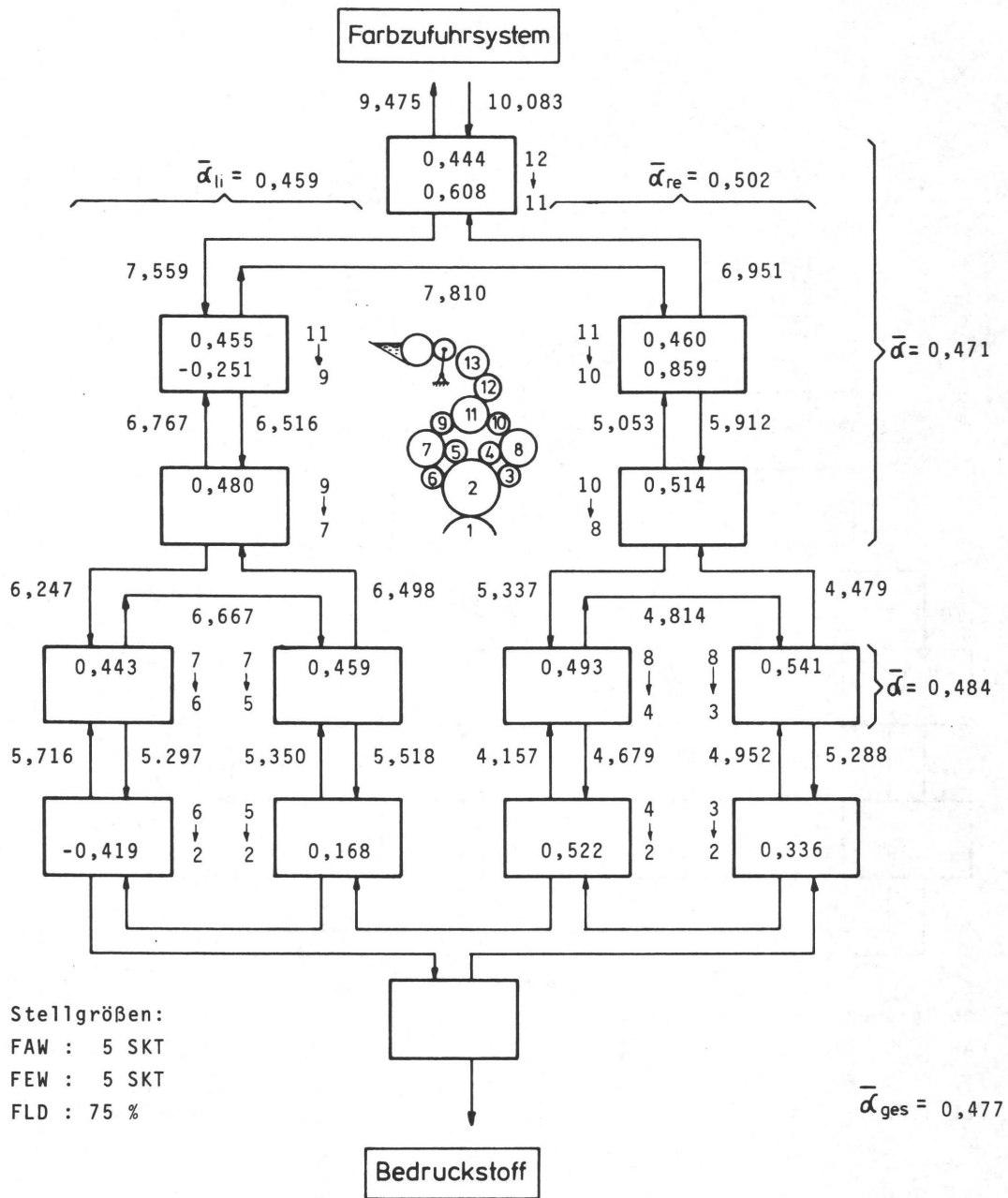


Abb. 8.36: Flußdiagramm zur 3. Meßreihe

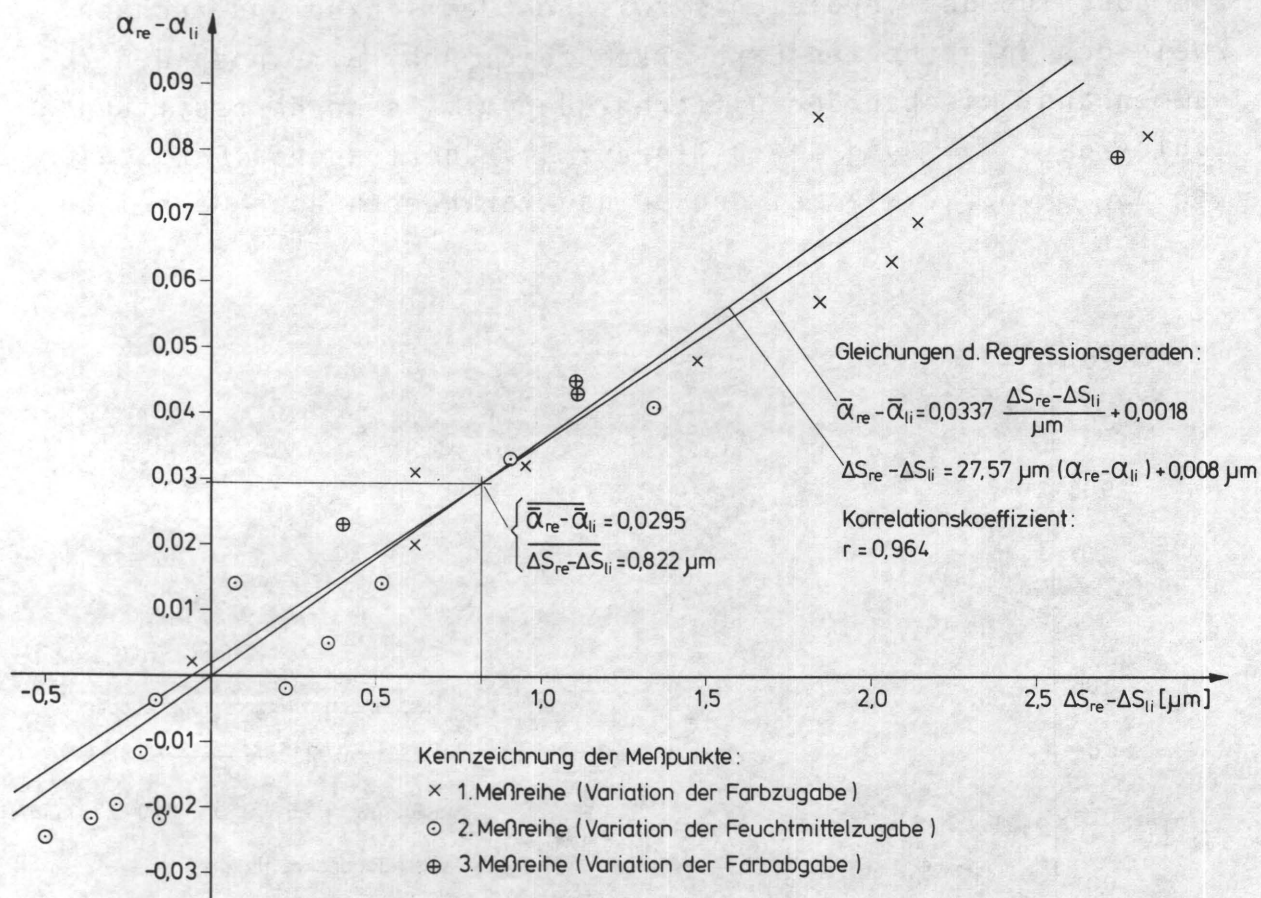


Abb. 8.40: Zur Verteilung der Farbspaltungszahlen und übertragenen Farbschichten

relationskoeffizienten die Linearität des betrachteten Zusammenhangs. Er darf demnach wohl als allgemein gültig angesehen und auf entsprechende Verzweigungen in anderen Walzenfarbwerken von Offsetdruckmaschinen angewendet werden.

Das weitere Interesse gilt nun der Änderung des Farbschichtgefälles zwischen dem Farbzufuhrsystem und der Druckplatte, welche durch die Änderung des farbführenden Flächenanteils der Druckplatte hervorgerufen wird. Wie bei der Diskussion der zweiten Meßreihe werden hiezu wieder die mittleren Schichtdicken innerhalb der Walzengruppen G 1 bis G 5 berechnet und untereinander verglichen. Sie sind in Abb. 8.41 über den zugehörigen Walzengruppen für sämtliche Messungen der dritten Meßreihe aufgetragen.