

Untersuchung der Dimensionsstabilität von Papier im Bogenoffsetdruck mit Fokus auf die Wasseraufnahme

Vom Fachbereich Maschinenbau

an der Technischen Universität Darmstadt

zur

Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigte

D i s s e r t a t i o n

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Milena Petrova Niedernhuber

aus Kazanlak/Bulgarien

Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel
Mitberichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Edgar Dörsam
Tag der Einreichung:	15.08.2008
Tag der mündlichen Prüfung:	25.11.2008

Darmstadt 2008

D 17

MILENA NIEDERNHUBER
HRSG. SAMUEL SCHABEL

UNTERSUCHUNG DER DIMENSIONSSTABILITÄT VON PAPIER IM BOGENOFFSETDRUCK MIT FOKUS AUF DIE WASSERAUFNAHME

FORTSCHRITT-BERICHTE
PAPIERTECHNIK

5

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2008

Die Abbildung auf dem Umschlag wurde freundlicherweise von der Heidelberger Druckmaschinen AG zur Verfügung gestellt

Copyright Shaker Verlag 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8002-4

ISSN 1865-7419

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine fremden Hilfsmitteln außer den genannten verwendet habe. Ich habe bisher noch keinen Promotionsversuch unternommen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'MP' or 'Milena Petrova'.

Dipl.-Ing. Milena Petrova Niedernhuber

Heidelberg, im August 2008

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand am Fachgebiet für Papierfabrikation und mechanische Verfahrenstechnik der TU Darmstadt unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. S. Schabel. Für die Unterstützung dieser Arbeit sowie für das mir gegenüber stets entgegengebrachte Vertrauen möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. S. Schabel ganz herzlich danken.

Für die bereitwillige Übernahme des Koreferates danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. E. Dörsam (Leiter des Fachgebiets Druckmaschinen und Druckverfahren an der TU Darmstadt).

Besonders möchte ich Herrn Dipl.-Ing. W. Bartonitz vom Fachgebiet Druckmaschinen und Druckverfahren für die stetige Hilfsbereitschaft und Unterstützung während meiner gesamten Arbeit danken. Weiterhin bedanke ich mich bei meinem Kollegen Herrn Dipl.-Ing. K. Villforth, der mich ebenfalls bei meiner Arbeit unterstützt hat.

Für die tatkräftige Unterstützung bei der experimentellen Arbeit danke ich Herrn M. Laurenz. Danke an Herrn J. Latsch für die Werkstattarbeiten, Herrn Dipl.-Ing. M. Jakobi für die Elektroarbeiten und Frau und Herrn Seubert für die Laborarbeiten.

Für die Geduld, sowie für die Unterstützung und die Ratschläge während meiner Arbeit bedanke ich mich herzlich bei meinem Mann Matthias Niedernhuber.

Milena Petrova Niedernhuber

Heidelberg, im August 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Zielsetzung und Vorgehensweise	2
2	Feuchtung von Papier im Offsetdruck	4
2.1	Die Natur des Papiers	4
2.2	Dimensionsstabilität von Papier	5
2.3	Beanspruchungen in der Bogenoffsetdruckmaschine	7
2.3.1	Transport des Bogens in der Druckmaschine	7
2.3.2	Funktion der Farb- und Feuchtwerke in der Offsetdruckmaschine	8
2.3.3	Feuchtmittelaufnahme im Papier	10
2.3.4	Feuchtmitteldosierung an Offsetdruckmaschinen	13
2.3.5	Druckmaschinenfaktoren für die Dehnung des Bedruckstoffs	14
2.3.6	Druckmaschinenfaktoren, die die Wasseraufnahme im Papier beeinflussen	15
2.3.7	Probleme durch Wasseraufnahme in der Druckmaschine	16
2.3.8	Über den Passer	17
2.3.9	Maßnahmen zur Vermeidung von Passerdifferenzen	19
2.4	Die Wasseraufnahme aus physikalischer Sicht	20
2.4.1	Die hygroscopische Natur des Papiers	20
2.4.2	Der Trocknungsprozess bei der Papierherstellung	24
2.4.3	Transportmechanismen bei der Wasseraufnahme	26
2.4.4	Feuchtdehnung in Quer- und Längsrichtung bei Industripapieren	29
2.5	Papierbedingte Parameter, welche die Wasseraufnahme beeinflussen	32
2.6	Diskussion ausgewählter Literaturaufsätze	34
3	Laborblattbildung und Durchführung von Standardmessungen	44
3.1	Herstellung von Laborblättern	44
3.2	Industrielle Papiere	46
3.3	Durchführung von Standardmessungen	47
3.3.1	Zugversuch	47

3.3.2	Feuchtdehnung	51
3.3.3	Dynamische Nassdehnung	55
3.3.4	Interpretation der Ergebnisse aus der Feuchtdehnungs- und Nassdehnungsmessung	65
4	Entwicklung eines Feuchtdehnungs-Laborprüfstandes und Durchführung von Benetzungsversuchen	67
4.1	Konstruktion des Feuchtdehnungs-Laborprüfstandes	68
4.1.1	Auftrag der Wassermenge	68
4.1.2	Aufbau des Feuchtdehnungs-Laborprüfstandes	68
4.1.3	Funktionsweise des Feuchtdehnungs-Laborprüfstandes	69
4.1.4	Dosierung der Wassermenge	71
4.2	Messtechnik und bildanalytische Auswertung	72
4.2.1	Steuerung der Kamera	73
4.2.2	Prinzip der Digital Speckle Photography	73
4.2.3	Algorithmus der Digital Speckle Photography	75
4.2.4	Algorithmus zur Berechnung der Dimensionsänderungen	78
4.2.5	Visuelle Darstellung von Beanspruchungen nach Befeuchten	80
4.3	Versuchsdurchführung	86
4.4	Wiederholgenauigkeit der Messungen	86
4.4.1	Lagerung der Versuchspapiere	87
4.4.2	Aufgebrachte Wassermenge	88
4.4.3	Gleichmäßigkeit des Wasserauftrags	89
4.4.4	Gleichmäßigkeit in der Struktur der Papierprobe	90
4.4.5	Bedienung des Feuchtdehnungs-Laborprüfstandes	92
4.5	Ergebnisse aus den Messungen mit dem Feuchtdehnungs-Laborprüfstand ..	92
4.5.1	Einfluss des Anpressdrucks und der Zugbeanspruchung	93
4.5.2	Neigung zur Dimensionsänderung	93
4.5.3	Dimensionsänderung als Funktion des Feuchtauftrags	95
5	Durchführung eines industriellen Druckversuchs und Vergleich der Ergebnisse mit denen aus den Benetzungsversuchen	100
5.1	Konzept und Durchführung	100

5.2	Auswertung.....	102
5.2.1	Dimensionsänderung innerhalb eines Bogens	104
5.2.2	Dimensionsänderung nach jedem Druckwerk	107
5.2.3	Einfluss von Druckfarbe und Feuchtmittel auf die Dimensionsstabilität im Druck.....	110
5.2.4	Einfluss von Druckmaschinenparametern.....	114
5.3	Vergleich der Benetzungsversuche mit dem industriellen Druckversuch....	115
6	Qualitative Beschreibung der Dimensionsänderungen beim Benetzen	119
6.1	Qualitative Beschreibung der Dimensionsänderungen im Druck	119
6.2	Voraussage der Dimensionsstabilität von Papier im Offsetdruck durch Benetzungsversuche	124
6.3	Papiereigenschaften, welche den Feuchtdehnungskoeffizienten im Druck beeinflussen	126
6.4	Ermittlung der Dimensionsstabilität.....	128
7	Zusammenfassung	129
8	Literaturverzeichnis	132
	Anhang	140
	Lebenslauf	147

Formelzeichen

a	Abstand zwischen zwei Segmenten
A	Fläche
Δb	Breitenänderung des Bogens
D	Diffusionskoeffizient
f	Funktion
g	Segment
G	Gesamtbild
h	Eindringtiefe
j	Anzahl der Segmente im Gesamtbild
k, l	Zählvariablen in Zeilen- bzw. Spaltenrichtung
Δl	Längenänderung des Bogens
L	Papierdicke
m, n	Zählvariablen in Zeilen- bzw. Spaltenrichtung
$\bar{m}, \bar{n}$	Zählvariablen in Zeilen- bzw. Spaltenrichtung
m_c	Feuchtigkeitsgehalt
n	Anzahl der Wassermoleküle
N	Kantenlänge des Segments
p	Flüssigkeitsdruck
ΔP	Druckdifferenz
r	Kapillarradius
R	Kreuzkorrelationsfunktion
t	Penetrationszeit
T	Temperatur
u	Verschiebung in x-Richtung
U	Matrix der Verformungen in x-Richtung
v	Verschiebung in y-Richtung
V	Matrix der Verformungen in y-Richtung
ΔW	aufgetragene Wassermenge
x, y, z	kartesische Koordinaten, wobei z der Dickenrichtung von Papier

	entspricht
Z	Passermesselement
β	Feuchtdehnungskoeffizient
γ	Oberflächenspannung
$\hat{g}$	fouriertransformiertes Segment
$\hat{g}^*$	konjugiert komplexes fouriertransformiertes Segment
ε	Feuchtdehnung
ε_{wet}	Nassdehnung
κ	Kozeny Konstante
θ	Kontaktwinkel
η	Viskosität
σ	Spannung

Abkürzungen

CCD	Charge Coupled Device
CD	Cross Direction (Querrichtung)
DIP	Deinked Pulp
DSP	Digital Speckle Photography
FB	Farbbelegung
FDP	Feuchtdehnungsprüfstand
FM	Feuchtmittelmenge
FOGRA	Forschungsgesellschaft Druck e. V.
FS	Füllstoff
HS	Holzschliff
IPA	Isopropylalkohol
Iso	Isotrop
KKF	Kreuzkorrelationsfunktion
l	längs
MD	Machine Direction (Maschinenrichtung)

PMV	Fachgebiet für Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik
q	quer
RH	Relative Humidity (relative Feuchte)
TSI	Tensile Stiffness Index (Zugsteifigkeitsindex)
ZS	Zellstoff
SR	Shopper Riegler
OS	Oberseite
SS	Siebseite