

Verfahrensentwicklung zur objektiven messtechnischen Bestimmung der Variation von Strichgewicht und Bindemittelanteil und Korrelation mit der Mottlingneigung von Papieren für den Offsetdruck

P. Behnsen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Zusammenfassung	2
2 Abstract	3
3 Ausgangssituation	4
4 Forschungsziel	5
5 Gesamtvorgehen	5
6 Material und Methoden	5
6.1 Gestrichene Papiere	5
6.2 Geräte	6
6.2.1 Druckmaschine für Praxisandrucke	6
6.2.2 NIR - Mikroskop	6
6.3 Referenzuntersuchungen der Papiere	7
6.4 Auswertung von Messdaten	7
6.4.1 Quasilineare Modellierung	7
6.4.2 Berechnung von Profilkennwerten	7
7 Anpassung des NIR-Mikroskopes an die Messaufgabe	8
7.1 Generelle Einstellungen	8
7.1.1 Spektrenbewertung gestrichener Papiere	8
7.1.2 Einstellung der Messzeit	8
7.2 Spezielle Optimierungen	9
7.2.1 Festlegung der Auflösung	9
7.2.2 Festlegung der Messfläche	9
7.3 Fazit	10
8 Kalibration und Validation	10
8.1 Messung der Kalibrationsmuster	10
8.1.1 Spektrenaufnahme	10
8.1.2 Bewertung der Druckungleichmäßigkeit (DOMAS)	11
8.2 Durchführung der Modellentwicklung	11
8.2.1 Allgemein	11
8.2.2 Linearer Stufenalgorithmus	11
8.3 Validation	13
8.3.1 Muster zur Validation	13
8.3.2 Ergebnisse der Validation	14
9 Automatisierung der Auswertung	16
9.1 Erforderliche Vorgehensweise	16
9.2 Beschreibung der Software zur Berechnung der Mottlingneigung	16
10 Schlussfolgerungen	18
11 Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas	20
Literaturverzeichnis	22

1 Zusammenfassung

Zielstellung	Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines Messverfahrens, welches über die Bestimmung quantitativer stofflicher Strichcharakteristika an Offsetpapieren die Mottlingneigung bewertet. Durch die Entwicklung eines solchen Messverfahrens sollte es möglich sein, ohne vorangegangenen Probeandruck den Papieren eine Einstufung ihrer Oberflächenqualität zuzuweisen.
Ergebnisse	<p>Eine Vielzahl von Ursachen für Mottling (Backtrap) liegt auf der Materialseite, z.B. bestimmt vom Strich der Papiere. Aus diesem Grund wurde für eine primäre quantitative Strichbeurteilung das Nahinfrarot (NIR)-Verfahren als Basis eingesetzt. Darauf bauten alle erzielten Teilergebnisse auf:</p> <ul style="list-style-type: none">• Die Spektren konnten sowohl mit dem Mikroskop als auch mit der Glasfasersonde aufgenommen werden.• Die Entwicklung geeigneter Modelle setzte stets zuerst die quantitative Berechnung der Strichbinderauftragsmenge aus den NIR-Spektren voraus. Aus diesen Werten wurde deren Variation mit Hilfe bestimmter Kennwerte berechnet.• Die Parameter zur Beschreibung der Strichvariation korrelierten quasilinear mit dem Mottlingindex.• Die Variation der Strichbinderauftragsmenge ließ sich auch in eine lineare mehrstufige Modellierung überführen, die die Oberflächenqualität der Papiere in gut, mittel oder schlecht einordnete.• Mit dem Einsatz der Glasfasersonde ließen sich sehr stabile und reproduzierbare Ergebnisse erzielen.
Schlussfolgerung	Mit einem Fehler von 7% ist man bei Nutzung der Glasfasersonde und Anwendung des linearen Stufenalgorithmus in der Lage, die Qualität der gestrichenen Oberflächen, die Mottlingneigung von Offset-Papieren, ohne vorangegangenen Probeandruck sicher und objektiv zu bestimmen.
Zielerreichung	Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.
Danksagung	<p>Das Forschungsvorhaben IGF14699 BG der Forschungsvereinigung PTS wurde im Programm zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie über die AiF finanziert. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.</p> <p>Unser Dank gilt außerdem den beteiligten Firmen der Papier- und Zulieferindustrie für die Unterstützung der Arbeiten.</p>

2 Abstract

Objective

The goal of this research project was to develop a measuring procedure that evaluates the mottling tendency of offset paper by determining quantitative material characteristics of the coating layer. The development of such a measuring procedure was intended to make it possible to classify the surface quality of paper without having to make a press proof beforehand.

Results

Many causes of mottling (backtrap) are due to the material of the paper, caused for example by coating it. A near infrared (NIR) process was therefore used as the basis for a primary quantitative evaluation of the paper coating. All partial results were achieved using this basis:

- It was possible to record the spectra using a microscope as well as using a fibreglass probe.
 - The development of suitable models required the previous quantitative calculation of the coating binder thicknesses from the NIR spectra. These values were then used to calculate the coating variation with the help of specific indices.
 - The parameters for describing the coating variation exhibited a quasi-linear correlation with the mottling index.
 - The variations in the coating binder thickness could also be converted into a linear multistage model that allowed the surface quality of the papers to be classified into good, mediocre or poor.
 - The use of the fibreglass probe allowed very stable and reproducible results to be achieved.
-

Conclusion

Using a fibreglass probe and a linear stage algorithm, it is possible to reliably and objectively determine the quality of coated surfaces and the mottling tendency of offset papers without having to make a press proof beforehand and with an error rate of 7%.

Objective accomplished

The objective of the research project was achieved.

Acknowledgements

Research project IGF14699 BG of the PTS Paper Technology Research Association (FPT) was funded by the German Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi) through the German Federation of Industrial Cooperative Research Associations (AiF) within the scope of the "Industrial Co-operative Research" (IGF) promotion programme. We would like to express our sincere gratitude for this support.

We would also like to express our appreciation to the participating companies in the paper and supply industries for their support during the project.

3 Ausgangssituation

Allgemein	Die qualitativen Anforderungen an den Bedruckstoff Papier werden stets größer, während parallel dazu die Papierqualität nicht in dem Maße besser wird. Die häufigsten Reklamationen bei Druckpapieren sind auf „Mottling“ zurückzuführen [1]. Aufgrund der Vielschichtigkeit dieses Problems zählt Mottling auch in der Literatur zu den sehr umfangreich diskutierten Qualitätsmängeln. Überwiegend tritt dieser Effekt an gestrichenen Offsetpapieren auf.
Mottling - Definition	Mottling kann als ein ungleichmäßiges Erscheinungsbild im Druck, vornehmlich in Volltonflächen gestrichener Papiere, beschrieben werden. Die Farbabweckung ist an einigen Stellen unzureichend, so dass sich das Druckbild unruhig, fleckig, wolkig darstellt [2; 3].
Mottlingarten	<p>Mottling in Voll- bzw. Halbtönen beruht auf Ungleichmäßigkeiten im Glanz (Glanzmottling) und in der Farbdichte (Mottling in der Farbdichte). Das Backtrap-Mottling resultiert aus örtlichen Schwankungen des Druckfarbwegschlagens im Mehrfarben-Offsetdruck und ist oft auf unterschiedliches Penetrations- und Rückspaltverhalten von gestrichenem Papier zurückzuführen. Wischwasser-Mottling wird unter anderem auf das Wasseraufnahmevermögen des Strichs in sehr kurzen Zeiten zurückgeführt, aber auch auf oberflächenenergetische Eigenschaften des Strichs, die die Reaktionen der gestrichenen Oberfläche mit dem Wischwasser des Offsetdrucks bestimmen.</p> <p>Die möglichen Ursachen für Mottling sind vielfältig, jedoch wird in allen Fällen ein Hauptproblem auf der Materialseite, d. h. dem gestrichenen Papier gesehen. Dabei beeinflussen die inhomogene Strich- / Binderverteilung zu einem wesentlichen Teil das Wegschlagen der Druckfarbe, den Farbton und die Pigmentkonzentration [4].</p>
Bewerten von Mottling	<p>In der Regel erfordern derzeitige Methoden zur Bewertung des Mottlingeffektes vorangegangene Probeandrucke. In der Praxis werden dafür fast ausschließlich Probedruckgeräte der Firmen Prüfbau/Peißenberg und IGT eingesetzt.</p> <p>Im Anschluss an den Probeandruck folgt die visuelle Bewertung des Druckbildes. Es werden meist Bewertungsnoten vergeben, durch Vergleich der Proben untereinander. Die Bewertung entspricht also eher einem Ranking. Auch für die messtechnische Bewertung des Mottlingeffektes ist ein vorangegangener Probeandruck erforderlich. Von diesem erfolgt die Aufnahme eines Bildes z. B. mittels Scanner. Das erzeugte Bild kann auf verschiedenen Wegen ausgewertet werden.</p>
NIR-Spektroskopie	Schwingungsspektroskopische Methoden, wie die Infrarot (IR), Nahinfrarot (NIR)- und Raman-Spektroskopie sind besonders gut geeignet, Papiere und Papieroberflächen strukturchemisch zu analysieren. Mit entsprechenden Reflexionsmethoden können Papierproben direkt, ohne Probenvorbereitung und in hoher räumlicher Auflösung untersucht werden [5; 6; 7]. Die NIR-Spektroskopie findet seit einigen Jahren als qualitative und quantitative Analysemethode eine immer größere Verbreitung auch in der Papierindustrie [8, 9, 10, 11]. Ihre wesentlichen Vorteile, wie die Möglichkeiten der direkten Messung von festen Pro-

ben ohne weitere Vorhandlung und der online-Einsatz, machen dieses Verfahren besonders geeignet für die Bearbeitung von analytischen Fragestellungen.

4 Forschungsziel

Ziel Ziel des geplanten Projektes war es, ein Messverfahren zu entwickeln, welches mit Hilfe der quantitativen Bewertung stofflicher Strichcharakteristika einen Rückschluss auf die Mottlingneigung eines Papiers in Form einer Einstufung des Papiers zulässt.

5 Gesamtvorgehen

Übersicht Das FuE-Vorhaben untergliederte sich in 4 Hauptschritte, in denen dann die entsprechenden Arbeitspakete abgearbeitet wurden. Dabei konnten die Schritte 1 und 2 parallel abgearbeitet werden, da diese die Grundlage für die folgenden Arbeiten bildeten. Die nächste Abbildung veranschaulicht dies noch einmal.

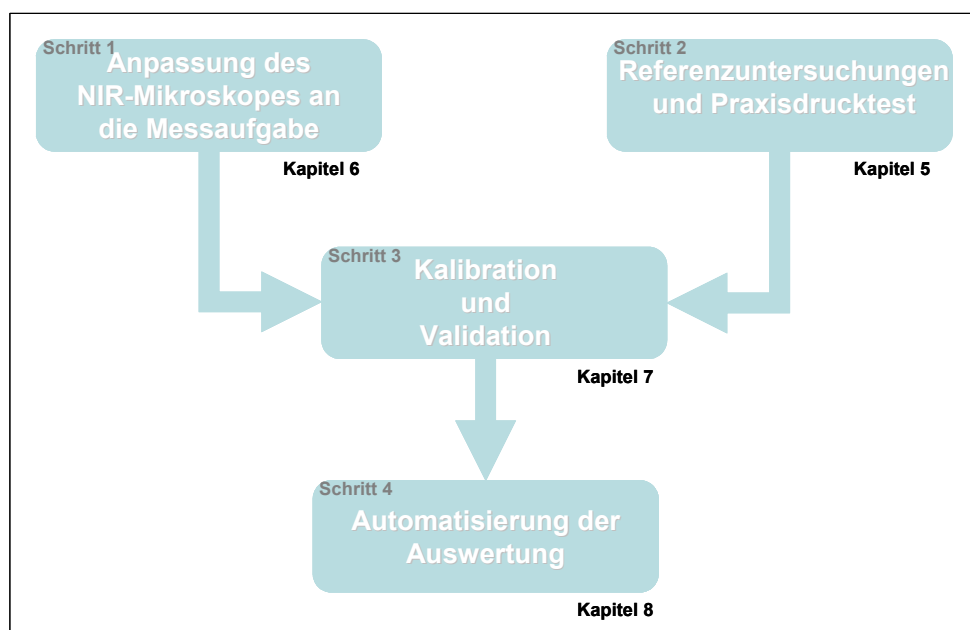


Abbildung 1: Vorgehen bei der Abarbeitung der FuE-Aufgaben

6 Material und Methoden

6.1 Gestrichene Papiere

Vorgehensweise Die für die Untersuchungen notwendigen Referenzpapiere wurden hinsichtlich der Strich- und Papiereigenschaften so ausgewählt, dass sie einen Querschnitt über die gebräuchlichen Papierqualitäten repräsentieren.

Es kamen dabei gestrichene Papiere zum Einsatz, von denen bekannt ist, dass der Strichauftrag vorwiegend mit einem Blade durchgeführt wurde, in einigen

Fällen kam jedoch auch die Filmpresse als Streichaggregat zum Einsatz. Nach dem Streichen wurden die Papiere satiniert.

Die Referenzmuster umfassten gestrichene Papiere, die unterschiedliche Strichrezepturen und -auftragsmengen aufwiesen. Dabei handelte es sich sowohl um einfach gestrichene Offsetpapiere im Flächengewichtsbereich von 105 g/m² als auch doppelt und dreifach gestrichene Offsetpapiere mit 110 bzw. 130 g/m² Flächenbezogener Masse.

6.2 Geräte

6.2.1 Druckmaschine für Praxisdrucke

Durchführung der Versuche

Zur Erstellung eines belastbaren Modells war es Voraussetzung, dass ein Praxisdruckergebnis für alle Papiere, die zur Modellbildung benutzt wurden, vorlag. Es wurden daher Versuche im Bogenoffsetdruck durchgeführt. Dazu kamen die Referenzmuster zum Einsatz. Die Druckmaschinenparameter, Druckfarbe und Feuchtmittelführung wurden konstant gehalten und die Papiere mit derselben Testform beidseitig bedruckt.

Technische Daten

- Maschine: Heidelberg Speedmaster SM 74,
 - Farbreihenfolge: Schwarz, Cyan, Magenta, Gelb,
 - Feuchtmittelzusatz: 3,5 %,
 - Alkoholzusatz: 6,5 %,
 - Druckgeschwindigkeit: 7.500 1/h.
-

6.2.2 NIR - Mikroskop

Allgemein

Die Forschungsaufgabe war mit dem FT-NIR-Spektrometer Vector 22/N der Fa. Bruker zu absolvieren. Dieser Arbeitsplatz ist mit einem zusätzlichen IR-Mikroskop ausgestattet. Zur Durchführung der avisierten Aufgabe wurden in den mikroskopischen Arbeitsplatz zwei Detektoren integriert.

Detektoren

Der mikroskopische Arbeitsplatz kann mit zwei Detektoren arbeiten:

- **Detektor 1 - ohne Kühlung**

Messbereich: 12.000 cm⁻¹ bis 5.300 cm⁻¹

- **Detektor 2 - mit Kühlung**

Messbereich: 8.500 cm⁻¹ bis 3.900 cm⁻¹

Die Kühlung des Detektors 2 ist für eine stabile Arbeitsweise in dem angegebenen Messbereich zwingend erforderlich. Zur Kühlung wird flüssiger Stickstoff eingesetzt.

Detektorflächen	Durch die Auswahl der geeigneten Blenden ist eine minimale Detektorfläche von 20*20 µm möglich. Noch kleinere Flächen verschlechtern das Signal- / Rauschverhältnis und führen damit zu nicht auswertbaren Spektren. Mottling findet in Größenordnungen zwischen 50 bis 100 µm statt. Insofern bestand die Aufgabe eher darin, größere Bereiche (bis 10 mm) abzuscannen.
x-, y- Tisch	Die Proben können auf einem automatisiertem x-, y- Tisch mit reproduzierbaren Einstellungen abgescannt werden. Die maximalen Flächen können Abmaße von 70 * 50 mm haben.

6.3 Referenzuntersuchungen der Papiere

Papierprüfung	Die für die Referenzuntersuchungen ausgewählten Papiere wurden durch eine Reihe von Prüfungen charakterisiert. Dies umfasste: <ul style="list-style-type: none">• Allgemeine Eigenschaften wie Flächengewicht und Dicke,• Optische Eigenschaften (Weißgrad, Opazität, Glanz),• Rauigkeit,• Bedruckbarkeitstests (Wegschlagtest, Wischtest, Mottling mittels DO-MAS). Außerdem erfolgte die spektroskopische Auswertung von NIR-Standardmessungen (Glasfasersonde) der Striche der Papiere mittels quantitativer Methoden.
----------------------	--

6.4 Auswertung von Messdaten

6.4.1 Quasilineare Modellierung

Allgemein	Bei der Entwicklung von mathematischen Korrelationen kann der Zusammenhang linearer Natur oder quasilinear sein. Ein lineares Regressionsverfahren ist die PLS-Methode. Die multivariate Datenauswertung erfolgte während der Projektbearbeitung sowohl mit dem PLS-Verfahren als auch mit nichtlinearen Ansätzen.
------------------	---

6.4.2 Berechnung von Profilkennwerten

Allgemein	Die Oberflächen von Papieren haben bestimmte Funktionen zu erfüllen. Diese Strukturen können messtechnisch erfasst werden. Zur Bewertung der Oberflächenprofile stellt das Normwerk (DIN) eine Vielzahl verschiedener Kenngrößen zur Verfügung. Die bekanntesten darunter sind das Welligkeits(W-) und Rauigkeits(R-)profil. Mit diesen Kenngrößen lassen sich die Oberflächenstrukturen mathematisch beschreiben. Auf Details soll im Zusammenhang mit der Forschungsaufgabe verzichtet werden.
Oberflächenkenngrößen	Unabhängig vom Maßstab zeigt jede Oberfläche dieselben Grundmerkmale. Zu ihrer Beschreibung nutzt man ihre Abweichung von einer geometrischen Form. Allerdings reicht eine Kenngröße allein nicht aus, um eine Oberfläche entspre-

chend zu beschreiben, sprich quantitativ zu bewerten. Beispielsweise werden in ISO EN DIN 4287 die aus dem Rauheitsprofil abgeleiteten Kenngrößen beschrieben [12; 13]. Die wichtigsten Senkrechtmaße zur Oberflächenkennzeichnung sind der arithmetische Mittenrauwert R_a sowie die gemittelte Rautiefe R_z . Neben den Senkrechtmaßen sollten auch Waagrechtmaße zur Profilbeschreibung in die Überprüfung einbezogen werden.

7 Anpassung des NIR-Mikroskopes an die Messaufgabe

7.1 Generelle Einstellungen

7.1.1 Spektrenbewertung gestrichener Papiere

Spektrenauswertung Für Strichbinder und das angegebene Strichpigment können folgende Spektralbereiche prinzipiell im nahen Infrarot für die Auswertung herangezogen werden:

- **Strichbinder**
 - ca. 6.000 cm^{-1} bis 5.850 cm^{-1}
 - ca. 4.700 cm^{-1} bis 4.550 cm^{-1}
- **Strichpigment (z. B. Kaolin)**
 - ca. 7.140 cm^{-1} bis 7.000 cm^{-1}
 - ca. 4.560 cm^{-1} bis 4.480 cm^{-1}

Da sowohl Detektor 1 als auch Detektor 2 die Möglichkeit bieten, Spektralbereiche für Strichbinder oder auch das ausgewählte Strichpigment für die Auswertung zu nutzen, sollten folgend die Spektrenqualitäten beider Detektoren an einem gewählten günstigen Material miteinander verglichen werden.

Auswahl des Detektors Deutlich wird, dass man bei Detektor 1 (ohne Kühlung) bereits ab ca. 5650 cm^{-1} keine Informationen mehr auswerten kann. Das Spektrum für Detektor 2 (mit Kühlung) zeigt sowohl im Messbereich zwischen 5950 cm^{-1} bis 5650 cm^{-1} als auch zwischen 4450 cm^{-1} bis 4250 cm^{-1} die markanten CH-Banden. Aufgrund des besseren Signal-/ Rauschverhältnisses sowie der Möglichkeit, verschiedene Messbereiche bei der quantitativen Auswertung heranziehen zu können, fiel die Entscheidung auf den Detektor 2 (mit Kühlung).

7.1.2 Einstellung der Messzeit

Allgemein Die Standardmessung wird mit einer Scanzahl von 16 Scans durchgeführt. Mit dieser Messzeit war ein auswertbares Spektrum mit dem NIR-Mikroskop nicht zu realisieren, da das Signal-/Rauschverhältnis schlechter ist. D. h. die Qualität des Spektrums konnte nur durch Erhöhung der Scanzahl optimiert werden. Hier galt es, einen vertretbaren Kompromiss zu finden zwischen:

- Spektrenqualität,
 - Ortsauflösung und
 - Gesamtmesszeit bei Abrastern einer Fläche.
-

Festlegung der Im Vergleich zur Standardmessung (16 Scans) sind alle untersuchten Messzeiten (100, 50, 32 Scans) im Messbereich zwischen 4450 cm^{-1} bis 4250 cm^{-1} gut

Messzeit

auswertbar. In dem Bereich der Oberschwingungen zeigt sich jedoch, dass die Messungen mit 50 und 100 Scans qualitativ besser abschneiden, als bei 32 Scans. Die CH-Bande ist jedoch auch bei einer Messzeit von 32 Scans noch gut interpretierbar. Ab einer Wellenzahl von 5550 cm^{-1} bis 4900 cm^{-1} wird bei dieser Messzeit allerdings das Signal-/Rauschverhältnis schlechter.

Aus den Ergebnissen von Modellentwicklungen (RMSECV, R^2) konnte sicher geschlussfolgert werden, dass **32 Scans** ausreichend sind, um für den Strichbinder und das Strichpigment auswertbare Spektren an gestrichenen Papieren zu erhalten.

7.2 Spezielle Optimierungen**7.2.1 Festlegung der Auflösung****Allgemein**

Zur stabilen mikroskopischen Aufnahme von Kalibrationsspektren war es Voraussetzung, die Praxisandrucke der gestrichenen Papiere mit einem optimalen Verhältnis zwischen Messfläche und Schrittweiten zwischen den Messpunkten (Ortsauflösung) zu vermessen.

Auswertung

Nachfolgende Abbildung (links) zeigt die auf der Messfläche gesetzten Messpunkte. Für die Aufnahme der 64 Spektren wurden Messzeiten zwischen 45 Minuten (50 Scans) und 90 Minuten (100 Scans) benötigt. In der rechten Abbildung ist das Ergebnis unter Anwendung von quantitativen Methoden grafisch dargestellt. Zu sehen ist die x / y-Verteilung der Beschichtung in g/m^2 .

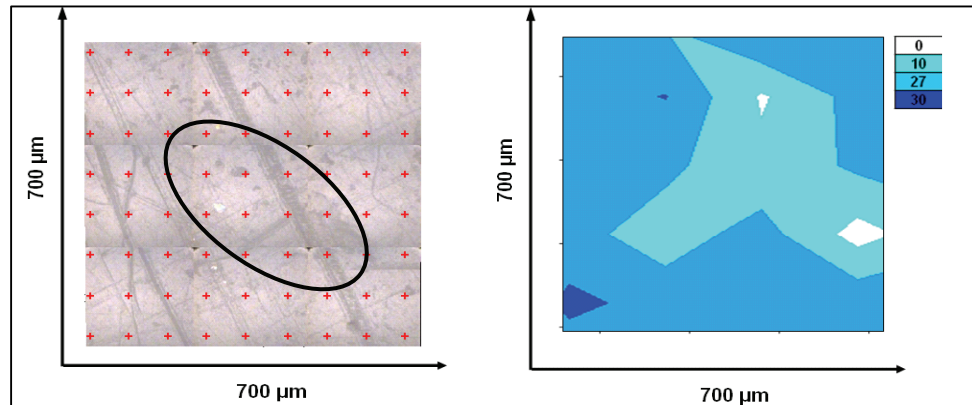


Abbildung 2: Quantitatives Ergebnis zur Polymerbeschichtung der Messfläche

Die fehlende bzw. geringere Menge der Beschichtung ist in den heller markierten Flächen zu finden. Die dunkel abgesetzten Bereiche wurden mit ca. 27 g/m^2 Beschichtung NIR-spektroskopisch analysiert (Referenzwert 28 g/m^2).

Die Identifikation der markierten Fehlstelle ist eindeutig möglich. Gleiches Ergebnis ergab sich auch bei Verdopplung der Auflösung. Insofern wurde eine Ortsauflösung von **100 µm** als sinnvoll betrachtet.

7.2.2 Festlegung der Messfläche**Allgemein**

Das Abscannen einer Fläche bringt dann Vorteile, wenn kleinere Messareale

mit hoher Auflösung untersucht werden sollen. Bei der Aufnahme der Kalibrationspektren war es jedoch wichtig, einen repräsentativen Querschnitt an Informationen, d. h. Spektren für jede Probe zu bekommen. Deshalb wurde in Zusammenarbeit mit den externen Partnern des Projektausschusses festgelegt, eher Linien mit entsprechender Auflösung abzuscanen, die dann aber eher im Bereich von mindestens einem Zentimeter liegen.

7.3 Fazit

Mikroskopische Spektrenaufnahme

Die Forderung, den Zeitaufwand für einen Messvorgang zu optimieren und trotzdem den Bedingungen, die das Mottlingphänomen stellt, gerecht zu werden, führte zu den folgenden Festlegungen für die Aufnahme der Kalibrationspektren:

- Zur Datenaufnahme wird der Detektor 2 (mit Kühlung) im Messbereich von 8500 cm^{-1} bis 3900 cm^{-1} eingesetzt.
 - Es sind Linien abzuscanen.
 - Eine solche Linie sollte mindestens 10 bis 15 mm lang sein.
 - Die Auflösung, d. h. die Schrittweite zwischen den Messpunkten, kann vergleichbar mit der aus der Bildverarbeitung sein, d. h. $100\text{ }\mu\text{m}$.
 - Die Messzeit pro Spektrum beträgt 32 Scans.
-

8 Kalibration und Validation

8.1 Messung der Kalibrationsmuster

8.1.1 Spektrenaufnahme

Allgemein

Die beschriebenen Praxisandrucke der Papiere waren spektroskopisch zu messen. Für jedes Muster lagen 3 Proben vor, so dass für die Entwicklung der Kalibrationsmodelle jeweils 2 dieser Proben genutzt wurden. In Summe lagen für die Modellentwicklung also 132 Papiere vor, die aufgrund verschiedener Strichrezepturen in drei Gruppen eingeteilt wurden:

- Gruppe 1: 24 Proben,
 - Gruppe 2: 52 Proben,
 - Gruppe 3: 56 Proben.
-

Mikroskop

Mit den festgelegten Einstellungen zur spektroskopischen Spektrenaufnahme wurden die genannten Muster gemessen. Es wurden pro Probe mit dem Mikroskop jeweils 2 Linien je 10 mm mit einer Ortsauflösung von $100\text{ }\mu\text{m}$ abgescannt. Für die Modellentwicklung lagen danach 26.400 Spektren vor.

Glasfasersonde

Vorteile bei diesem Messaufbau sind:

- ein stabiles Spektrum über die gesamte Messzeit,
 - ein optimales Signal-/Rauschverhältnis,
 - das direkte Aufsetzen der Sonde auf die Probe, d. h. stets gleiche Ab-
-

stände und keine Störung durch Fremdlicht.

Die Messfläche, über die während der Spektrenaufnahme integriert wird, beträgt ca. 7 mm². Es blieb zu beweisen, ob eine Mittelung über eine solche große Messfläche ausreichend sein konnte, um auf die Mottlingneigung zu schließen.

8.1.2 Bewertung der Druckungleichmäßigkeit (DOMAS)

Allgemein Mit verschiedenen Referenzverfahren wurden die Strichoberflächen der Kalibrationsmuster bewertet. Hintergrund war das Feststellen der Mottlingneigung der Papiere. Solche Referenzwerte sind zur Entwicklung der Korrelationsalgorithmen erforderlich. Aufgrund der einfachen, reproduzierbaren Durchführbarkeit sowie dem Praxisbezug wurde folgend ausschließlich die Druckungleichmäßigkeit bildanalytisch mit dem System DOMAS Version 2.7 absolviert.

8.2 Durchführung der Modellentwicklung

8.2.1 Allgemein

Vorgehen Hauptziel des FuE-Vorhabens war die Entwicklung eines Korrelationsmodells zur Bestimmung der Mottlingneigung gestrichener Papiere. Als Mittel dazu sollten die NIR-Spektren dienen, aus denen u. a. strichcharakterisierende Informationen abgeleitet werden können. Da dem Strich und dessen Homogenität ein großer Anteil an dem Auftreten des Phänomens Backtrap-Mottling eingeräumt wird, bestand der Schwerpunkt der Projektarbeiten darin, einen geeigneten mathematischen Ansatz zwischen spektroskopisch auswertbaren Strichparametern der Kalibrationsmuster und deren bildanalytisch bestimmten Mottlingindizes zu finden.

Es wurden mehrere Vorgehensweisen und Wege getestet. Folgend ist der Weg skizziert, der bei der Validation die besten Ergebnisse erzielte.

8.2.2 Linearer Stufenalgorithmus

Voraussetzung Um die weiteren Arbeiten zur Modellentwicklung durchführen zu können, wurden eine Reihe verschiedener NIR-Modelle zur quantitativen Berechnung von Strichauftragsmengen (in g/m²) für die Parameter:

- Gesamtstrich,
- Pigment,
- Strichbinder

entwickelt. Für die genannten Parameter wurden die Spektren anderer gestrichener Offsetpapiere herangezogen. D. h. für die Kalibrationsmuster konnten die Strichauftragsmengen für verschiedene Parameter aus den NIR-Werten berechnet werden.

Ermitteln von Variationsparametern Nach der Anwendung der quantitativen NIR-Modelle lagen die Auftragsmengen für bestimmte Strichparameter vor. Diese wurden dann als Änderung der Oberflächenbeschaffenheit betrachtet, unabhängig von Einheit und Maßstab. Diese

Daten gingen in die Berechnung verschiedener Profilkennwerte ein, folgend Variationsparameter benannt.

Die Variationsparameter wurden für jedes Muster ermittelt. Wiederum durch iterative mathematische Anpassung konnten Korrelationsmodelle entwickelt werden, die den Zusammenhang zwischen Mottlingindex und einer Summe an Variationskennwerten in einem Algorithmus beschrieben.

Definieren von Qualitätsbereichen

Die berechneten relativen Variationsparameter waren in diesem Schritt ein neuer Ausgangspunkt. D. h. diese Kennwerte wurden in Bezug auf den Mittelwert der quantitativen Strichauftragsmengen berechnet. Als Ergebnis erhielt man die relativen Variationsparameter, die nicht mehr von den Größenordnungen des Strichauftrages abhingen.

Die Einordnung der mit ihren Mottlingindices beschriebenen Kalibrationsmuster erfolgte außerdem nicht in drei, sondern in 4 Qualitätsbereiche.

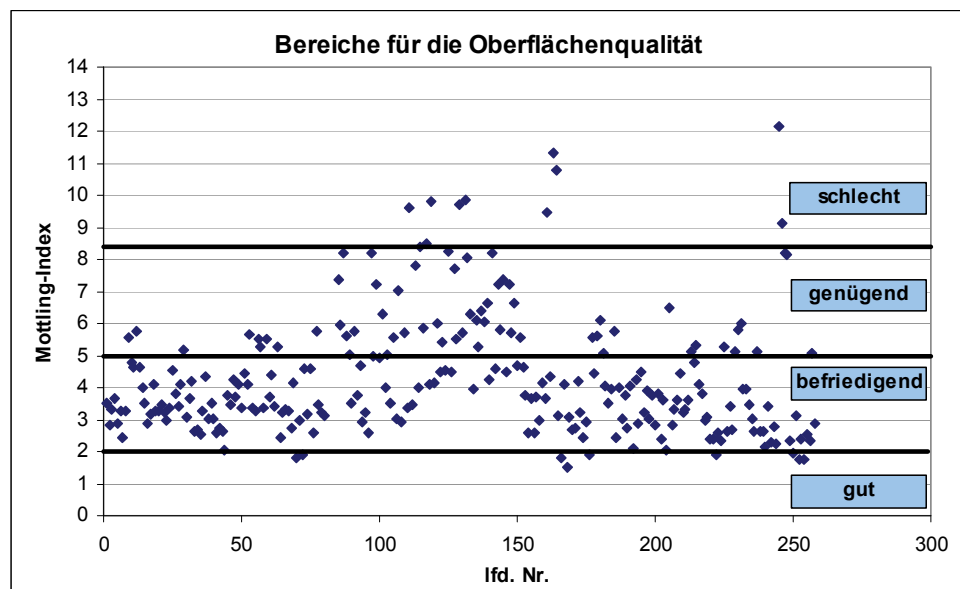


Abbildung 3: Gesetzte Bereiche für die Mottlingindices – 4-stufig

Modellentwicklung

Der Algorithmus ist 3-stufig aufgebaut. Für jedes Modell wurde die Gleichung $Y = X * B$ angesetzt. Die Matrix B wurde mit dem PLS-Ansatz ermittelt. Zur Modellentwicklung flossen jeweils mehrere Variationsparameter ein. Die Einstufung der Muster mit ihren entsprechenden Mottlingindices in die entsprechenden Modelle ist in der nächsten Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1: Stufencodes der Teilmodelle

	Modell 1	Modell 2	Modell 3
$0 \leq MI < 2$ (gut)	(1 0)	(1 0)	(1 0)
$2 \leq MI < 5$ (befriedigend)	(1 0)	(1 0)	(0 1)
$5 \leq MI < 8,5$ (genügend)	(1 0)	(0 1)	-
$8,5 \leq MI$ (schlecht)	(0 1)	-	-

Jedes Modell berechnet einen zweistelligen Vektor (y1 y2). Entsprechend der Ergebnisse werden die Modelle nacheinander durchlaufen.

Ergebnis - Mikroskop	Für jede Modellstufe lagen jeweils drei Modelle vor, d. h. eines für jede Rezeptur. Die durchschnittlichen Korrelationskoeffizienten bewegten sich zwischen 87% und 98%. Mit nur 24 Mustern schnitt die Gruppe 1 bei dieser Vorgehensweise mit einer 98 %igen Korrelation ab. Es folgten die Gruppen 3 und 2 mit jeweils 94% und 87 %. Damit lag die Qualität der Modelle über der zuvor beschriebenen.
Ergebnis - Glasfasersonde	Die 4-stufige Unterteilung der Oberflächenqualität brachte für die mit der Glasfasersonde aufgenommenen Spektren in der Modellierung eine Verbesserung für einzelne Gruppen. Die Modelle wiesen Korrelationen von 89% bis 96 % auf.
Fazit	Der beschriebene Algorithmus erwies sich aufgrund seiner stufenweisen Zuordnung der Papiere als qualitativ am Besten. Dieser Weg gestattete eine eindeutige Zuordnung der Ergebnisse. Als zusätzlich vorteilhaft trug die Unterteilung der Qualitätsbereiche zur Optimierung der Modellergebnisse sowohl für den Einsatz des Mikroskops als auch der Glasfasersonde bei.

8.3 Validation

8.3.1 Muster zur Validation

Allgemein	Allgemein sollten Proben, mit denen man Modelle überprüft, in ihren Eigenschaften den Mustern ähnlich sein, die in die Entwicklung der Modelle eingegangen sind. Dies betrifft im vorliegenden Fall <ul style="list-style-type: none">• die Strichauftragsmengen und Flächenmassen der Papiere,• die eingesetzten Strichbinder und –pigmente,• der Wertebereich, in dem Mottling auftritt.
Validationsset 1	Zu jedem Kalibrationsmuster lag eine A-, B- und C-Probe vor. Letztere wurde nicht zur Entwicklung der Modelle mit herangezogen, sondern für einen ersten Validationsschritt genutzt. Der Datensatz bestand aus 66 Mustern.
Validationsset 2	Bei den 42 Proben handelte es sich um Papiere, die <ul style="list-style-type: none">• mit ca. 22 g/m² Strich pro Seite versehen waren,• einen Styrolbutadien- bzw. Acrylsäureester-Binder mit ca. 1,9 g/m² enthielten,• im Mottlingindex (DOMAS) zwischen 2 und 7 lagen. Die Unterschiede der Indizes kamen durch die unterschiedliche Trocknungsführung an der Streichmaschine zu Stande.

Validationsset 3 Für die 10 Papiere waren keine näheren Angaben zur Strichzusammensetzung bekannt. Eigene Untersuchungen ergaben:

- Flächenmassen der Papiere von 160 g/m² bis 350 g/m²,
- einen Strichbinder auf Acrylat-Basis,
- Mottlingwerte zwischen 4 und 14.

Bei diesem Datensatz lagen Flächenmassen vor, die in den Kalibrationsmodellen nicht berücksichtigt wurden. Da auch die Gemeingültigkeit der Modelle überprüft werden sollte, wurden diese Muster ebenfalls in den Validationsprozess mit eingebunden.

8.3.2 Ergebnisse der Validation

Vorgehensweise Aufgabe des FuE-Vorhabens war es, die Oberflächenqualität gestrichener Muster zu beurteilen. Davon ausgehend sollte auf die Mottlingneigung unbedruckter Papiere geschlossen werden. Bei der Entwicklung solcher mathematischen Algorithmen war es jedoch nicht möglich, einen Mottlingindex quantitativ mit hoher Sicherheit vorherzusagen. Gute Resultate ließen sich jedoch erzielen, wenn die Kalibrationsmuster in den Modellen in festgelegte Qualitäts-Bereiche eingeordnet wurden. Selbe Bereichseinteilung wurde auch für die Validation übernommen und ist in der nächsten Abbildung dargestellt.

Mottlingindex	0 bis 2 =	gut
Mottlingindex	2 bis 5 =	befriedigend
Mottlingindex	5 bis 8,5 =	genügend
Mottlingindex	über 8,5 =	schlecht

Abbildung 4: Festlegung von Qualitäts-Bereichen

Nach Anwendung der Algorithmen wurden die Ergebnisse zu den einzelnen Validationssets nach Vergleich mit den Referenzwerten wie folgt beurteilt:

- **Korrekt** war das Ergebnis, wenn das gemessene Muster seinem richtigen Bereich zugeordnet wurde.
- Eine **Abweichung** trat auf, wenn Muster mit Referenzwerten in den Bereichen von „gut“ bis „genügend“ in ihrer Vorhersage zwar abweichen, aber innerhalb dieser drei Bereiche blieben. Hintergrund dafür war der Ausgangspunkt, dass Papiere aus diesen Bereichen noch dem Druckprozess zugeführt werden können, so dass hier Abweichungen tolerierbar waren.
- Ein **Fehler** trat dann auf, wenn Muster aus den Bereichen „gut“ bis „genügend“ als „schlecht“ eingestuft wurden bzw. schlechte Muster eine bessere Bewertung erfuhren.

Auswertung - gesamt

Die Ergebnisse der Validationen sind in der nächsten Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 2: Ergebnisse der Validation

	Lineare Stufenmodelle
Validationsset 1	
Mikroskop	7 / 1
Glasfasersonde	7 / 1
Validationsset 2	
Mikroskop	6 / 0
Glasfasersonde	7 / 0
Validationsset 3	
Mikroskop	30 / 20
Glasfasersonde	10 / 10

Abweichung/Fehler in Prozent (absolut)

Schlussfolgerung

Unter Betrachtung aller genannten Punkte ergaben sich für das **Lineare Stufenmodell** die besten Ergebnisse. Eine Eindeutigkeit für ausschließlich mikroskopisch bzw. makroskopisch aufgenommene Ausgangsdaten ließ sich nicht definieren. Für die Entscheidungsfindung waren deshalb zusätzliche Kriterien heranzuziehen.

Die folgende Tabelle fasst diese zusammen, wobei positive Eigenschaften jeweils farbig hervorgehoben sind.

Tabelle 3: Vergleich Mikroskop und Glasfasersonde

	Mikroskop	Glasfasersonde
spektrale Auflösung	6 cm ⁻¹	6 cm ⁻¹
Messbereich	8.500 – 3.900 cm ⁻¹	10.000 – 4.000 cm ⁻¹
auswertbarer Bereich	Pigmente: 7.200 – 4.200 cm ⁻¹ Binder: schwer, 4.800 – 4.200 cm ⁻¹	10.000 – 4.000 cm ⁻¹
Scans pro Spektrum	32 Scans	16 Scans
Spektrienstabilität	abhängig von Stickstoffkühlung	gewährleistet
Ortsauflösung	100 µm (optimiert)	minimal 1 mm
Messfläche bei Spektrenaufnahme	0,1 mm ²	7 mm ²
Rasterfläche auf Probe	50 mm * 70 mm	nicht begrenzt

Die Tabelle zeigt, dass die Vorteile bei Spektrenaufnahme mit der Glasfasersonde überwiegen, wenn auch ihre Fläche, über die bei Messung eines Spektrums integriert wird und die Ortsauflösung derzeit noch verbesserungsbedürftig sind, um die Mottlingneigung besser vorhersagen zu können.

Fazit

Da sich Mottling überwiegend in Volltonflächen und dort in größeren Flächen zeigt, wird bei weiteren baulichen Verbesserungen der **Glasfasersonde** der Einsatz selbiger bevorzugt. Die optimale Spektrenqualität, die unter Nutzung der Glasfasersonde eine sehr detaillierte Auswertung ohne zeitlich bedingte Informationsverluste gestattet, favorisieren diesen Messaufbau in Kombination mit dem **Linearen Stufenmodell** für einen zukünftigen Einsatz.

9 Automatisierung der Auswertung

9.1 Erforderliche Vorgehensweise

- Vorbereitungen** Die Software wurde in der MATLAB Version 7.1 geschrieben. Um dieses Tool nutzen zu können, sind folgende Voraussetzungen erforderlich:
- Die Spektren des Papiers sind in einer x-y-Matrix zeilenweise aufzunehmen.
 - Bei Festlegung der Spektrenbezeichnung ist zwingend darauf zu achten, dem Probennamen stets die Form „Name.0000“ zuzuweisen. Die laufende Nummer des jeweiligen Spektrums wird dann automatisch fortgezählt.
 - Das Spektrenformat ist in eine Datenpunkttabelle umzuwandeln, denn nur in dieser Form können die aufgenommenen Messwerte in die Software zur „Bewertung der Mottlingneigung“ eingelesen werden. Die in der Software OPUS Version 5.5 am FT-NIR-Spektrometer aufgezeichneten Spektren werden dazu in ein Programm eingelesen, welches bereits automatisiert das Spektrenformat in ein Datenpunktformat überführt. Die Umwandlung erfolgt noch im Rahmen der OPUS-Software.

9.2 Beschreibung der Software zur Berechnung der Mottlingneigung

- Schritt 1 - Öffnen** In der Softwareoberfläche MATLAB 7.1 wird unter dem Kommando-Fenster „mottling“ aufgerufen. Es öffnet sich die dargestellte Bedienungsoberfläche.

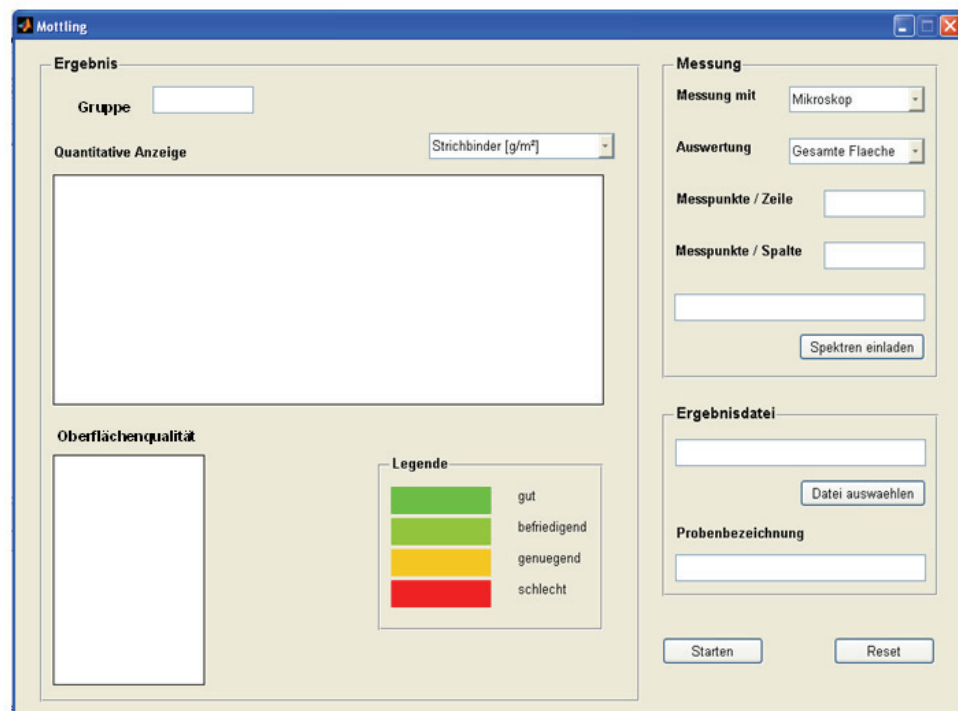


Abbildung 5: Oberfläche zur Bedienung der Software zur Bestimmung der Mottlingneigung

Schritt 2 - Messung

Als Erstes sind die Felder in der Group-Box „**Messung**“ auszufüllen. Unter „Messung mit“ kann zwischen der Messeinstellung Mikroskop und Glasfaser-sonde gewählt werden. Für die „Auswertung“ wird dem Nutzer die Möglichkeit geboten, sich das Resultat der Bewertung für jede einzelne Messzeile oder die gesamte Messfläche anzeigen zu lassen. Anschließend sind unter „Messpunkte/Zeile“ die gesetzten Messungen in x-Richtungen und in „Messpunkte/Spalte“ die Anzahl der gemessenen Zeilen einzutragen. Anschließend ist das Feld „Spektren einladen“ zu bedienen. Damit ist der Pfad wählbar, in dem die transformierten Spektren abgelegt sind.

Schritt 3 - Ergebnisdatei

Mit Bedienung des Feldes „Datei auswählen“ kann festgelegt werden, unter welchem Pfad die entsprechende **Ergebnisdatei** im Excel-Format gespeichert wird. In dieser Excel-Datei finden sich auf der ersten Tabelle die vorgenommenen Einstellungen, in der zweiten Tabelle die bestimmten Qualitätseinstufungen entsprechend der Legende und in der dritten Tabelle die berechneten Variationsparameter.

Im Feld „Probenbezeichnung“ kann ein Name festgelegt werden, unter dem dann die Ergebnisse in der Ergebnisdatei stehen.

Mit Bedienung des Feldes „**Starten**“ erfolgen die verschiedenen Berechnungen, die dann im Schritt 4 unter Ergebnis angezeigt werden.

Schritt 4 - Ergebnis

In der Group-Box „**Ergebnis**“ wird nicht nur die bestimmte Qualität der Oberfläche angezeigt, sondern auch Zwischenergebnisse, die auf dem Weg dahin erforderlich sind. Die „Quantitative Anzeige“ sowie die Anzeige der „Oberflächenqualität“ sind grafische Darstellungen. In erstgenannter sind die quantitativen Auftragsmengen des Strichbinders angegeben.

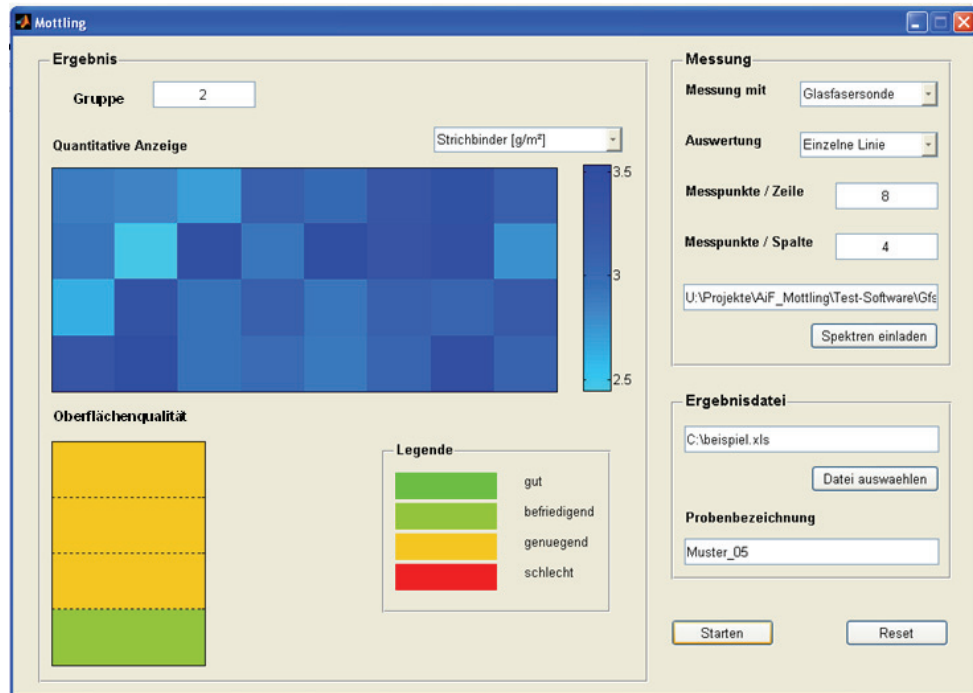


Abbildung 6: Anwendung der automatisierten Berechnung der Mottlingneigung eines Papiers

10 Schlussfolgerungen

Ziel

Die Bearbeitung der Forschungsaufgabe zielte darauf ab, ein Messverfahren zu entwickeln, welches über die Bestimmung quantitativer stofflicher Strichcharakteristika an Offsetpapieren deren Mottlingneigung bewertet. Da eine Vielzahl von Ursachen für das Mottling (Backtrap) auf der Materialseite, d. h. vornehmlich dem Strich der Papiere zu finden sind, sollte das NIR-Verfahren als Basis für eine solche Forschungsaufgabe Einsatz finden.

NIR-Messverfahren

Das angestrebte Ziel sollte unter Nutzung der NIR-Spektroskopie im mikroskopischen Maßstab erreicht werden. Das **NIR-Mikroskop** wurde in seinen technischen Spezifikationen schrittweise auf die Messaufgabe und die dafür vorliegenden Kalibrationsmuster angepasst. Notwendig waren die mit mikroskopischer Ortsauflösung gemessenen Spektren, da es sich bei dem Mottling um ein Phänomen im Bereich zwischen 0,05 bis 10 mm handelt.

Das Mikroskop wurde erfolgreich an die Aufgabe angepasst. Für die Aufnahme der NIR-Spektren, im für die Bewertung gestrichener Papiere relevanten Messbereich, war es zwingend erforderlich, den Detektor mit Stickstoffkühlung einzusetzen, um sowohl den für Papierstriche optimalen Spektralbereich auswer-

ten zu können als auch das Signal-/Rauschverhältnis der Spektren zu verbessern. Die auf die festgelegte Auflösung abzuscannden Linien konnten mit einer Messzeit von 32 Scans für jedes Einzelspektrum vermessen werden.

Aufgrund der erforderlichen Stickstoffkühlung bestand ein zeitliches Limit für die Aufnahme stabiler Messwerte mit dem Mikroskop. Dem stand die erforderliche Messzeit widersprüchlich entgegen. Aus diesem Grund wurden die NIR-Messungen zusätzlich unter Nutzung der **Glasfasersonde** aufgenommen. Bei diesen Messungen bewegte man sich ebenfalls im selben Messareal wie zuvor mit dem Mikroskop. Unterschiede waren hingegen

- die größere Messfläche (7 mm²) über die zur Einzelspektrenaufnahme integriert wurde,
- die schlechtere Ortsauflösung,
- die dadurch geringere Anzahl an Spektren pro Papier.

Vorteil war das gute Signal-/Rauschverhältnis sowie die zeitlich sehr hohe Stabilität der Spektren über den gesamten Spektralbereich des nahen Infrarots.

Modellentwicklung

Für die Entwicklung der geforderten mathematischen Modelle lagen in ausreichender Anzahl die Kalibrationspapiere mit den zu diesem Zeitpunkt noch unentbehrlichen Praxisandrucken vor. Für jedes dieser Papiere erfolgte, nach Durchführung und Vergleich einer Vielzahl an Referenzuntersuchungen, die bildanalytische Bestimmung der Druckungleichmäßigkeit (DOMAS) in Form eines Mottlingindex. Als problematisch sollte sich das Ungleichgewicht zwischen Papieren mit einem sehr hohen Mottlingindex (über 12) und den besseren Papieren (MI bis 5) herausstellen. Auf dem Weg bis zur Validation wurden für die Modellbasierende Berechnung einer Mottlingneigung verschiedene Wege eingeschlagen und weit über 800 Modelle entwickelt. Die wesentlichen Ergebnisse zur Bestimmung der Mottlingneigung bzw. Oberflächengleichmäßigkeit waren:

- Als Grundlage können sowohl Spektren mit dem Mikroskop als auch der Glasfasersonde aufgenommen werden.
 - Es existiert kein mathematischer Zusammenhang zwischen NIR-Spektrum und Mottlingindex.
 - Die Strichbinderauftragsmengen sind in keine stabilen linearen oder nichtlinearen Korrelationen zum Mottlingindex zu bringen.
 - Die Entwicklung geeigneter Modelle setzte stets zuerst die quantitative Berechnung der Strichbinderauftragsmenge aus den NIR-Spektren voraus. Aus diesen Werten mussten dann sogenannte Variationsparameter berechnet werden. Mathematische Basis dafür waren die aus der Topographie bekannten Profilkennwerte.
-

Validation

Sowohl mit dem NIR-Mikroskop als auch mit der Glasfasersonde lieferte der **lineare Stufenalgorithmus** die besten Bestimmungsergebnisse. Mit einem durchschnittlichen prozentualen Fehler von 7% kann mit Hilfe der entwickelten Vorgehensweise zwischen guter und schlechter Strichoberfläche unterschieden werden.

Aufgrund der höheren Spektrenstabilität und der reproduzierbaren Messbedin-

gungen bei Einsatz der **Glasfasersonde** zur Aufnahme der NIR-Spektren sollte selbige zukünftig für weiterführende Untersuchungen eingesetzt werden.

Automatisierung des Verfahrens

Die automatisierte Beurteilung der Oberflächenqualität nach Aufnahme von NIR-Spektren wurde erfolgreich in einem Softwaretool umgesetzt. Zur Anwendung sind keine besonderen Fähigkeiten erforderlich. Jedoch müssen bestimmte Voraussetzungen vorliegen:

- Die Spektrenaufnahme erfolgt an einem FT-NIR Spektrometer der Fa. Bruker.
- Die gemessenen Spektren sind in ein Datenpunktformat zu überführen.
- Die x- und y-Koordinaten (Messspektren) sind vorzumerken.

Als Ergebnis wird aus der Software sowohl die eigentliche Bewertung der Oberflächenqualität (Mottlingneigung) geliefert und zusätzlich die Strichbinderauftragsmenge in g/m² grafisch angezeigt.

Schlussfolgerung

Das gesetzte Ziel konnte erfolgreich umgesetzt werden. Es wurde gezeigt, dass den Strich charakterisierende Stoffwerte wie der Strichbinder mit dem Mottlingindex in Korrelation gebracht werden können. Nur die Beschreibung dessen Variation in der Auftragsmenge führte zu praktisch einsetzbaren mathematischen Modellen.

Trotz schlechterer Ortsauflösung und größerer Messfläche bilden die Standardmessungen mit der Glasfasersonde eine sehr gute Basis für die Fortführung dieser Ergebnisse. In diesem Zusammenhang wird vorgeschlagen, die Auflösung durch Verkleinerung der Messfläche zu verbessern und gleichzeitig einen für diese Messmimik geeigneten automatisierten x-y-Tisch aufzubauen, um die Schrittweiten dann noch zu verringern.

11 Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas

Bewertung der Mottlingneigung

Die Einschätzung des Mottlingeffektes erfolgt gegenwärtig hauptsächlich über die visuelle Beurteilung bzw. die durch bildverarbeitende Technik unterstützte Auswertung von Probedrucken. Diesen Prüfmethode ist gemein, dass ein unter definierten Bedingungen bedrucktes Muster vorliegen muss. Durch Einsatz der im Forschungsvorhaben entwickelten automatisierten Auswertungsalgorithmen können unbedruckte gestrichene Offsetpapiere nach ihrer spektroskopischen Messung sofort im Hinblick auf ihre Oberfläche und die daraus resultierende Mottlingneigung eingeschätzt werden. Erfahrungen sind bei Nutzung der Messtechnik nicht erforderlich. Es findet eine algorithmenbasierte Auswertung statt, die sich auf objektive Messwerte der Strichoberfläche stützt.

Erhöhte Prozesstransparenz

In Summe tragen die einzelnen Teilergebnisse dazu bei, die gestrichenen Papiere objektiv beurteilen zu können. Dazu gehört nicht nur der Rückschluss auf deren Mottlingneigung, sondern auch die im Auswertungstool angezeigte Visualisierung der aufgetragenen Strichbindermenge. Diese Aussagen gestatten eine bessere Beurteilung des Streichprozesses. Der Einsatz des entwickelten

Messverfahrens eignet sich demnach nicht nur in Druckereien zur Vermeidung von Reklamationen aufgrund von Mottling, sondern auch in Papierfabriken zur Optimierung des Streichprozesses.

Wertschöpfungskette

Die Bewertung von gestrichenen Papieroberflächen kann genutzt werden zur

- Optimierung des Streichprozesses und damit Verbesserung der Papierqualität.
- Beurteilung möglicher Druckungleichmäßigkeiten. Fehler können durch Anpassung des Druckprozesses auf das Papier minimiert und Reklamationen vermieden werden.

Letztlich führen die genannten Fakten zur Wertsteigerung des bedruckten Endproduktes. Davon können Papierhersteller und Drucker profitieren.

Nutzen für die Papierhersteller

Auch in den letzten Jahren hat sich der Trend fortgesetzt, hochwertigere Papiere für den Druck einzusetzen. Im Jahr 2006 entfielen ca. 4,7 Mio t auf grafische gestrichene Papiere, das sind ca. 21% der Gesamtproduktion in Deutschland. Die Kosten für doppelt gestrichene Formate lagen zu Beginn des 3. Quartals 2007 bei durchschnittlich 780 €/t, was bereits einer Preissteigerung um 10 €/t gegenüber dem vorangegangenen Quartal entsprach [14].

Die Zeit zwischen der Produktion und dem Druck liegt üblicherweise im Bereich von einer Woche bis zu mehreren Monaten. Der Produktionswert einer mittleren Papiermaschine (100.000 t/a) beträgt in diesem Zeitraum mehrere Mio Euro.

Das Vermeiden kostspieliger Reklamationen aufgrund einer schlechten gestrichenen Papieroberfläche und der daraus resultierenden ungenügenden Druckqualität spielt aus diesem Grund auch für Papierhersteller eine wichtige Rolle. Vorteile bringt die Bewertung der Strichqualität, um negative Veränderungen im Herstellungsprozess sofort erkennen und beseitigen zu können. Die entwickelte Verfahrensweise kann aus diesem Grund helfen, die Papierprüfungen in den Papierfabriken zu erweitern, in ihren Kosten zu optimieren und zusätzliche prozessrelevante Daten zu liefern.

Nutzen für die Drucker

In Deutschland gibt es ca. 11.500 Druckereien mit einem Jahresumsatz von 24 Mrd. €, von denen ca. 84% weniger als 20 Mitarbeiter beschäftigen. Gerade aber bei den kleinen und mittleren Unternehmen hängt die Wettbewerbsfähigkeit entscheidend von der termingerechten Auftragsabarbeitung ab, bei größeren Auflagen kann diese sogar existentiellen Charakter tragen, so dass

- die Zulieferung einer verlässlicher Papierqualität zwingend notwendig ist und
- die Bestimmung abgesicherter, objektiver, vergleichbarer Qualitätsparameter die Entscheidung für ein Produkt erleichtern.

Für den Drucker steht neben dem Laufverhalten in der Druckmaschine eine vorhersehbare Bedruckbarkeit der Papiere im Vordergrund.

Eine reproduzierbare und einfache Mottlingbewertung bereits in den Papierfabriken kann die Reklamationshäufigkeit durch das Erkennen und Ausschleusen mangelhafter Qualität senken und dadurch die Liefersicherheit bei Herstel-

lungsketten von Druckerzeugnissen erhöhen. Größere Druckereien können das Verfahren auch zur eigenen Qualitätsbeurteilung gestrichener Papiere einsetzen.

Die Forschungsergebnisse zeigen außerdem, dass die erforderliche NIR-Spektrenaufnahme nicht zwingend eines teuren und hochtechnisierten Mikroskops bedarf, sondern auch mittels Standardmessungen funktioniert. Somit ist man auch mit einem Standard-Labora Aufbau dieser Messtechnik in der Lage, die entwickelte Algorithmik für die Qualitätsbeurteilung der Papiere zu nutzen. Dies könnte auch für kleinere Druckereien interessant sein.

Ansprechpartner für weitere Informationen:

Dipl.-Ing. Petra Behnsen
Tel. 03529 / 551-685
Petra.Behnsen@ptspaper.de

Papiertechnische Stiftung PTS
Pirnaer Straße 37
01809 Heidenau
Tel. 03529 / 551-60
Fax 03529 / 551-899

www.ptspaper.de

Literaturverzeichnis

- [1] N.N.
ColorDruck- Leimen
Das Papier, 2004
- [2] FETSCO, J. M.
Factors affecting print gloss and uniformity in: NPIRI-Report 1960 No. 45
- [3] N.N.
Mottling – ein Druckfarbenproblem?
Mitteilungsblätter der Farbenfabriken
Das Drucklabor, Nr. 32 1983
- [4] FALTER, K.-A. u. U. SCHMIDT
Ermittlung des wolkigen Ausdrucks von Vollton- und Rasterflächen im Offsetdruck
FOGRA-Forschungsbericht 3.244
- [5] SIESLER, H. W.
Near-Infrared Spectroscopy. Principles, Instruments, Applications
Wiley VCH 2002
- [6] GÜNZLER; H.; HEISE, H. M.
IR-Spektroskopie

VCH Weinheim, 1995

- [7] McCREERY, R. L.
Raman Spectroscopy for Chemical Analysis
Wiley Interscience New York, 2000
- [8] PLEW, P.
Applikation der NIR-Reflexions-Spektroskopie zur Charakterisierung gebleichter Zellstoffe während der Refiner-Mahlung
Dissertation, TU Dresden, 2002
- [9] BEHNSEN, P.
Entwicklung eines spektroskopischen online-Messverfahrens mit räumlich verteilten Sonden zur gleichzeitige Ober- und Unterflurmessung von schnelllaufende LWC-Papierbahnen
Forschungsbericht AiF KF 0028201FK4, PTS Heidenau 2007
- [10] LUTZ, H.; BEHMER, D.
The use of NIR spectroscopy in the paper industry
Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 11th International Conference, 2004, 993-997
- [11] LAMPE, U.
Berührungslose Qualitätsbeurteilung von Faserstoffen und Papier durch onlin-fähige NIR-Spektroskopie
Pulp Technology Symposium, PTS München 2005, 8-1 bis 8-18
- [12] ISO 4287, Ausgabe:1997-04
Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren - Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit
Deutsche Fassung EN ISO 4287:1998
- ISO 4287 Technical Corrigendum 1, Ausgabe:1998-06
Geometrische Produktspezifikation und -prüfung (GPS) - Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren - Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit; Korrektur 1
- [13] ISO 4288, Ausgabe:1996-08
Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren - Regeln und Verfahren zur Prüfung der Oberflächenbeschaffenheit
Deutsche Fassung EN ISO 4288:1997
- [14] EUWID
Papier und Zellstoff, Nr. 41 v. 10.10.2007