

## **Barrierebeschichtungen für die Rückseite von Faltschachtelkartons auf der Basis wässriger Dispersionen**

M. Kleebauer

### **Zusammenfassung**

Zielsetzung des Projekts war es, Formulierungen auf der Basis von Barriredispersionen für die Rückseitenbeschichtung von Faltschachtelkartons zu entwickeln, die bei minimierter Auftragsmenge maximale spezifische Barriereigenschaften gegenüber Wasser, Wasserdampf, Öl und Fett aufweisen. Darüber hinaus sollten die Verarbeitbarkeit des Packstoffs und die Verwertbarkeit im Altpapierrecycling sichergestellt werden. Die Formulierungen sollten mit in der Papiertechnik gängigen Streich- und Beschichtungsaggregaten aufgetragen werden können.

Anhand von Laboruntersuchungen wurden zunächst die reinen Grunddispersionen als auch Formulierungen mit gängigen Pigmenten (Kaolin, Talkum und Calciumcarbonat) und Additiven hinsichtlich ihrer Barriewirkung bewertet. Mit Formulierungen auf der Basis von linearen Polyurethanen und Acrylat-Copolymeren konnten die besten Resultate erzielt werden. Tendenziell ließ sich feststellen, dass mit plättchenförmigen Pigmenten (Kaolin, Talkum) häufig bessere Resultate erzielt werden konnten als mit Calciumcarbonat.

Mit den aus der Laborphase gewonnenen Erkenntnissen wurden Beschichtungsversuche an einer schnelllaufenden Versuchsstreichmaschine durchgeführt. Trotz Schwierigkeiten bei der Trocknung konnten Wasserdampfdurchlässigkeiten von ca. 40 g/(m<sup>2</sup> d) bei Auftragsgewichten von nur 4-6 g/m<sup>2</sup> erreicht werden. Die positive Wirkung von Formulierungen, die bereits bei den Laborversuchen gute Resultate erbracht hatten, konnte im Wesentlichen bestätigt werden. Die mit der Pilotanlage hergestellten Muster zeigten insgesamt Eigenschaften, die eine Verarbeitung mit üblichen Methoden und Mitteln erlauben. Die Rezyklierbarkeit der erzeugten Versuchskartons wurde erfahrungsgemäß vor allem durch die Zusammensetzung der Grunddispersionen bestimmt. Zieht man für eine abschließende Bewertung Bilanz, so wiesen die wirksamsten Beschichtungen ein Störpotenzial eher im unteren Bereich auf.

### Danksagung

Das Forschungsvorhaben AiF 13842 wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) gefördert. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

### **Abstract**

The aim of the project was to develop formulations for the backside coating of folding box board on the basis of barrier dispersions which exhibit a maximum of specific barrier effects against water, water vapour, fat and oil by a minimum of coating weight. Beyond barrier properties convertability and recyclability of these packaging materials should be ensured. The formulations should be applied by conventional coating units used in paper technology.

With investigations on laboratory scale pure basic dispersions as well as formulations with common pigments (kaolin, talc and calciumcarbonate) and additives were ranked in respect to their barrier properties. Best results were achieved with formulations based on linear polyurethane and acrylic copolymers. In tendency it was observed that with platy pigments (kaolin, talc) better results could be achieved than with calciumcarbonate.

Based on the results of the investigations on laboratory scale coating trials with a fast running pilot plant were performed. Despite some difficulties in drying water vapour transmission

rates of about 40 g/(m<sup>2</sup> d) were obtained with coating weights of only 4-6 g/m<sup>2</sup>. The positive effects of formulations which had already produced good results in the laboratory trials could be largely confirmed. Overall the samples produced with the pilot plant showed properties which allow converting with common methods and means. According to experience the recyclability of the produced board samples were mainly affected by the composition of the basic dispersions. Taking stock of all results for a final assessment of recyclability the most effective coatings exhibited troublesome properties only at a rather low rate.

### Acknowledgement

The AiF 13842 research project was sponsored by the German Federal Ministry of Economics and Technology BMWi and carried under the umbrella of the German Federation of Industrial Co-operative Research Associations (AiF) in Cologne. We would like to express our warmly gratitude for this support.

## **1 Einleitung**

An Packstoffen aus Papier und Karton werden heute hauptsächlich folgende Anforderungen gestellt [1]:

- Gute Weiterverarbeitbarkeit, wie z.B. Verklebbarkeit, Rillbarkeit, Falzbarkeit,
- hohe Werbewirksamkeit durch ansprechende Optik wie z.B. Weiße, Glätte, Bedruckbarkeit,
- gute Alterungsbeständigkeit,
- gute Barrierewirkung gegenüber Feuchtigkeit, Wasserdampf, Öl und Fett, in einigen Fällen auch gegenüber Luftsauerstoff,
- gute mechanische Eigenschaften wie Reißfestigkeit, Berstfestigkeit etc., sowie
- physiologische Unbedenklichkeit, Geruchs- und Geschmacksfreiheit.

Im Veredelungsprozess werden die Produkte auf der Basis von Papier, Karton und Pappe daher oft mit anderen Materialien kombiniert, um die Eigenschaften des so gewonnenen Fertigproduktes „additiv“ zu optimieren. Bei Verpackungskartons wird häufig die Rückseite mit einer Barrierschicht versehen. Der Zweck solcher Barriere-Rückseitenbeschichtungen ist die Reduzierung der Permeation (auch Penetration, Migration) von Bestandteilen des verpackten Gutes in den Packstoff einerseits, und von Inhaltsstoffen des Rohkartons in das verpackte Gut andererseits. Daneben sollen schädliche Einflüsse von außen minimiert werden. Dazu zählen vor allem Feuchtigkeit und Wasserdampf.

Die Anwendungsgebiete für Packstoffe aus Papier und Pappe, die mit Barriermaterialien versehen sind, liegen hauptsächlich im Bereich der Lebensmittelverpackungen [2], wie zum Beispiel Pizzaschachteln, Tiefkühlverpackungen, Tierfutter-, Keks- und Fleischverpackungen. Aber auch außerhalb des Lebensmittelbereiches werden solche Materialien beispielsweise für Postkarten und Tapeten, aber auch für Rieseinschlagpapiere oder Waschpulververpackungen eingesetzt.

Als Folge der nationalen und europäischen Gesetzgebung werden bevorzugt Lösungen angestrebt, bei denen hohe Barrierewirkungen mit sehr geringen Mengen an papierfremden Bestandteilen erzielt werden können. Eine Möglichkeit ist der Einsatz von Barrierebeschichtungsmitteln, die auf wässrigen Dispersionen basieren und spezifische Sperreigenschaften

des Packstoffs bewirken. Solche Veredelungsmittel sind bereits seit ca. 20 Jahren verfügbar [3, 4], dennoch konnten wirklich gute Barriereigenschaften erst in letzter Zeit durch die Entwicklung spezieller Emulsionspolymere verwirklicht werden [5-7]. Grob vereinfacht kann festgehalten werden, dass stark polare Polymere oft Schichten mit sehr guten Sperreigenschaften gegenüber Luftsauerstoff ausbilden, unpolare dagegen nicht. Dafür eignen sich unpolare Polymere für Barrierschichten gegenüber Feuchtigkeit und Wasserdampf. Für universelle Barriereigenschaften ist es stets erforderlich, einen Kompromiss zwischen unpolaren und stark polaren Polymeren zu finden [8].

Die Dispersionen können laut den Angaben der Hersteller mit den gängigen Strichauftragswerken, d.h. mit Blade und Rollschaber, sowie mittels Leim- und Filmpresse auf die Kartorrückseite aufgebracht werden. Die Streichtechnologie ermöglicht auf ausgesprochen kostengünstige Weise den Auftrag dünner Schichten in sehr hoher Gleichmäßigkeit.

Die Inhaltsstoffe der Beschichtungsmittel können in vielfältiger Weise variiert werden. Die Auswahl der chemischen Stoffklasse, der Grad der Modifizierung mit funktionellen Gruppen, die Partikelgröße der Emulsion, sowie die Polymerarchitektur (Molekulargewicht, Vernetzungsgrad) können zu Verbesserungen der Barriere oder bei unveränderter Barriere zur Verringerung der notwendigen Schichtdicke führen. Um die Kosten für Beschichtungsdispersionen zu senken, bieten sich ebenfalls vielfältige Modifizierungsmöglichkeiten an, beispielsweise die Beimischung von Pigmenten oder von speziellen Additiven, wie z. B. Vernetzern oder Hydrophobierungsmitteln. Insbesondere die Beimischung von Pigmenten sollte im Rahmen des Projektes ausführlicher untersucht werden.

## **2 Zielsetzung**

Ziel dieses Projekts war es, Formulierungen auf der Basis von Barrieredispersionen und Pigmenten für die Rückseitenbeschichtung von Faltschachtelkartons zu entwickeln, die bei minimierter Auftragsmenge maximale spezifische Barriereigenschaften gegenüber Wasser, Wasserdampf, Öl und Fett aufweisen. Darüber hinaus sollten die Dispersionen die Verarbeitbarkeit des Packstoffs z.B. hinsichtlich Rillen und Kleben nicht beeinträchtigen und die Verwertbarkeit im Altpapierrecycling sollte ebenfalls erhalten bleiben. Die Dispersionen sollten mit gängigen Streichaggregaten applizierbar sein und direkt on-line z.B. in der Karton- oder Papiermaschine aufgetragen werden.

## **3 Durchführung der Untersuchungen und Diskussion der Ergebnisse**

### **3.1 Vergleich von Grunddispersionen verschiedener Zusammensetzung**

Nach einer ausführlichen Literatur- und Marktrecherche wurden 14 verschiedene Grunddispersionen für Vergleichsuntersuchungen ausgewählt. Die wichtigsten Auswahlkriterien waren:

- eine möglichst große Vielfalt der Stoffklassen,
- eine hinreichend hohe kommerzielle Bedeutung.

Im Anschluss daran erfolgte eine Kurzcharakterisierung der einzelnen Produkte. Dazu wurden von jeder Grunddispersion der Feststoffgehalt und der pH-Wert bestimmt. Die Ergebnisse sind zusammen mit den für die einzelnen Grunddispersionen verwendeten Abkürzungen in Tabelle 1 zusammengestellt.

Anschließend wurde die Barrierewirkung der Produkte vergleichend geprüft. Um gute Voraussetzungen für eine geschlossene Filmbildung zu schaffen und somit die Barrierewirkung ohne negative Einflüsse testen zu können, wurde ein sehr glattes, gestrichenes Silikonroh-

papier als Standardsubstrat verwendet, das über einen guten Holdout für wässrige Beschichtungsmittel verfügt. Dieses Papier wies folgende Eigenschaften auf:

- Flächenbezogene Masse: 137 g/m<sup>2</sup>
- Claystrich mit hohem Binderanteil (> 40 Teile Binder)
- Oberflächenspannung: 45,48 mN/m
- Wasserdampfdurchlässigkeit: 206 g/(m<sup>2</sup> d)
- Cobb60-Wert: 14,5 g/m<sup>2</sup>
- Kit-Wert: 3
- Luftdurchlässigkeit: 0 µm/Pas
- Sauerstoffdurchlässigkeit > 5.000 cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> d)

Tabelle 1: Zusammenstellung der verwendeten Grunddispersionen

Code	Chemische Basis	Feststoffgehalt [%]	pH-Wert	Sonstiges
D1	Galaktomannan-Phosphorsäureester	11,3	7,9	---
D2	Styrol-Acrylat	49,7	7,8	heissiegelfähig
D3	modifiziertes Styrol-Butadien	49,3	6,7	heissiegelfähig
D4	anionische modifizierte Acrylat-Styrol-Copolymere	47,3	8,7	heissiegelfähig
D5	lineares Polyurethan	40,5	7,4	heissiegelfähig
D6	Perfluoroalkyl-substituierte Carboxylsäure	39,7	9,5	---
D7	Vollverseiftes Vinylalkohol-Ethylen	13,1	7,9	---
D8	anionische Wachsdispersion	39,9	9,5	---
D9	vollverseifter Polyvinylalkohol	13,8	7,0	---
D10	Tridecylpoly(ethylenoxy)ethanol	49,2	7,9	---
D11	Vinylidene-Chlorid-Copolymere	47,8	2,5	---
D12	Ethylen-Acrylsäure-Copolymere	24,6	9,0	heissiegelfähig
D13	Styrol-Acrylat-Copolymere	44,2	8,3	heissiegelfähig
D14	Diethanolammonium-Perfluoralkyl-Phosphat	28,8	8,1	---

Die Dispersionen wurden mit einem halbautomatischen Drahttrikel jeweils unter gleichen Bedingungen mit konstantem Auftragsgewicht (15 g/m<sup>2</sup> ± 1 g/m<sup>2</sup>) auf das Rohpapier aufgetragen. Die Muster wurden 20 h lang bei 23 °C und 50 % rel. Luftfeuchtigkeit getrocknet und anschließend hinsichtlich ihres Wasseraufnahmevermögens sowie ihrer Wasserdampf-, Fett- und Öldurchlässigkeit geprüft. Zusätzlich dazu wurde die Oberflächenspannung an den be-

schichteten Seiten bestimmt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 – Abbildung 4 grafisch dargestellt.

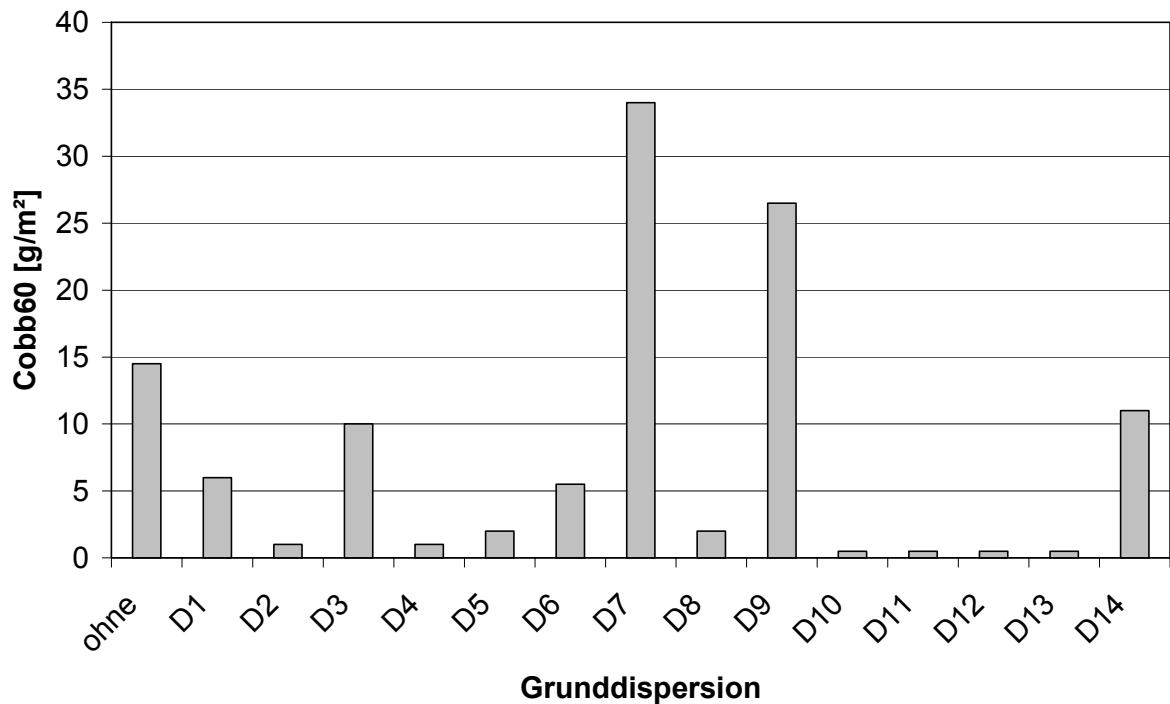


Abbildung 1: Wasserabsorptionsvermögen (Cobb<sub>60</sub>-Werte) verschiedener Grunddispersionen auf Standardsubstrat (gestrichenes Silikonrohpapier)

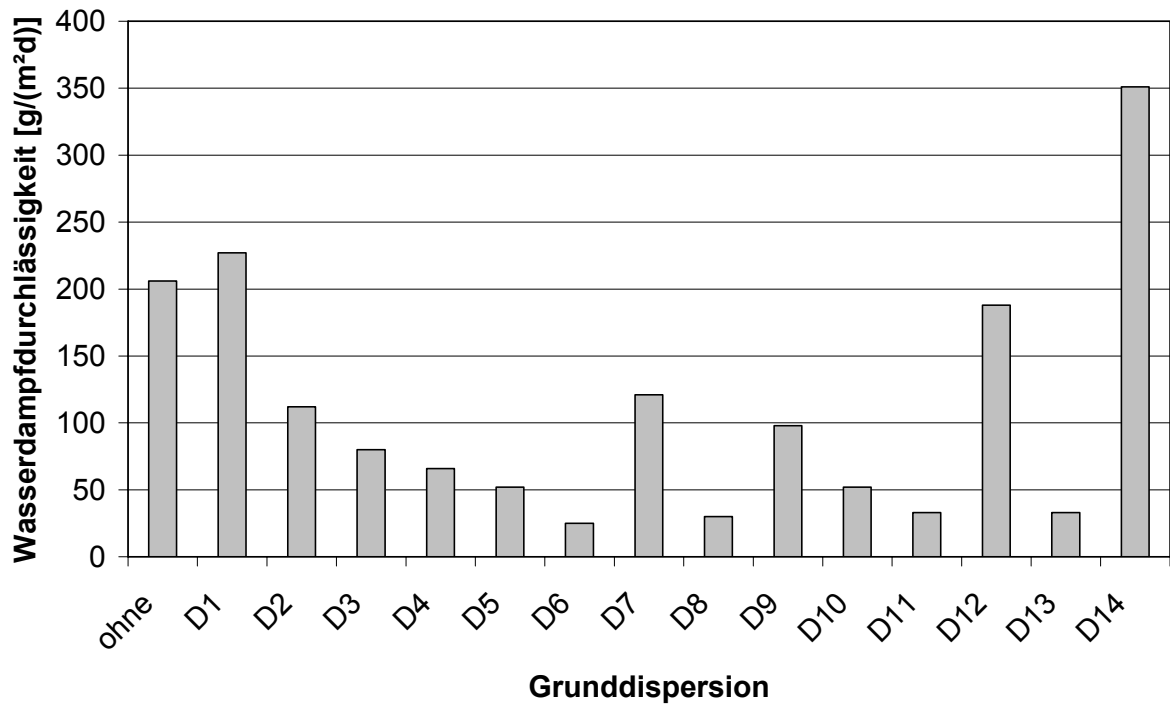


Abbildung 2: Wasserdampfdurchlässigkeit (WDD) verschiedener Grunddispersionen auf Standardsubstrat (gestrichenes Silikonrohpapier) – gemessen bei 23 °C, 85 % Luftfeuchtigkeit

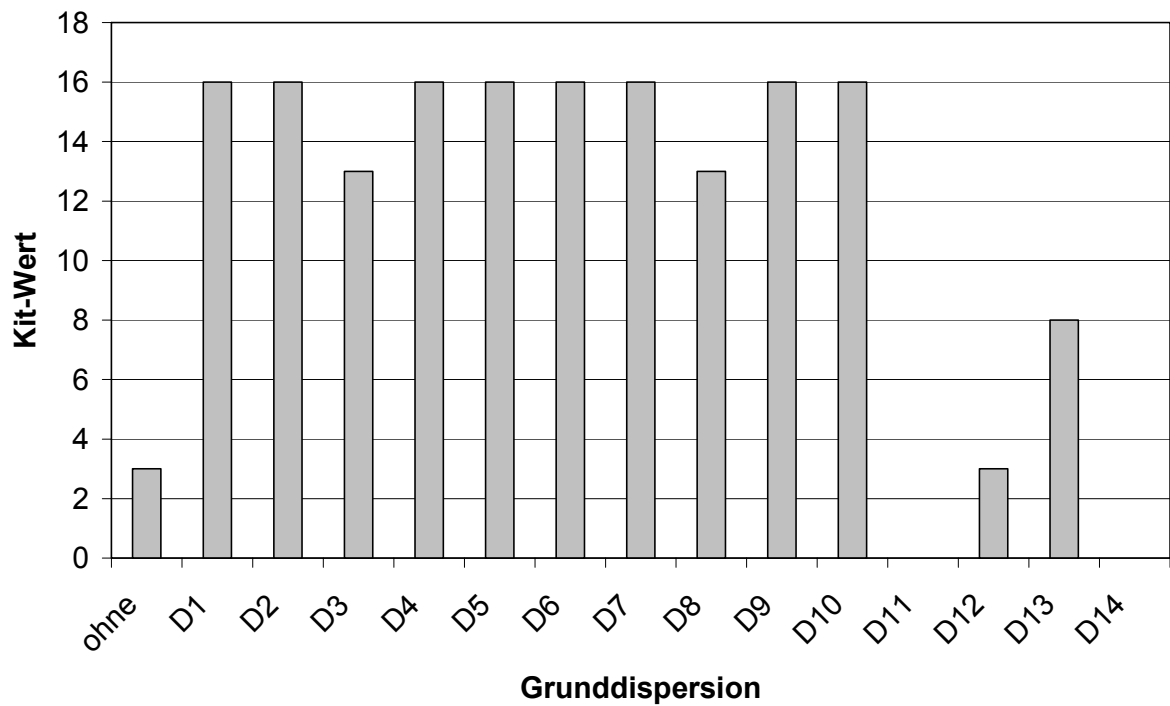


Abbildung 3: Öl- und Fettresistenz (Kit-Test) verschiedener Grunddispersionen auf Standardsubstrat (gestrichenes Silikonrohpaper)

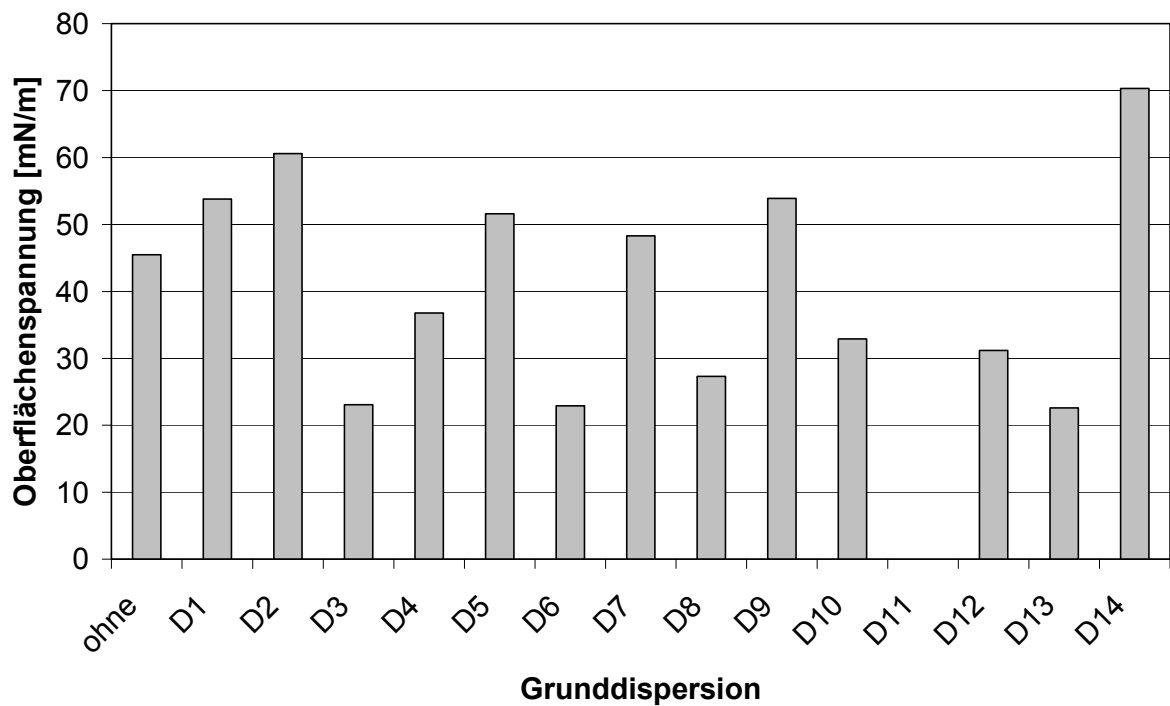


Abbildung 4: Oberflächenspannung von Beschichtungsfilmen verschiedener Grunddispersionen auf Standardsubstrat (gestrichenes Silikonrohpaper)

Aus den in den Abbildungen dargestellten Messwerten lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Außer bei Grunddispersion D7 und D9 ergibt sich für alle anderen beschichteten Muster ein kleinerer Wert für das Wasseraufnahmevermögen im Vergleich zum unbeschichteten Standardsubstrat (siehe Abbildung 1). Die beiden nicht wirksamen Filme von D7 und D9 haben sich in Kontakt mit Wasser angelöst und zeigten nach dem Cobb<sub>60</sub>-Test ein deutliches Aufquellen. Die Beschichtungen mit den Dispersionen D10, D11, D13 und D14 ergeben mit Cobb<sub>60</sub>-Werten von 0,5 g/m<sup>2</sup> bereits eine gute Barriere gegen das Eindringen von Wasser.
- Die Wasserdampfdurchlässigkeit des Standardsubstrats von rund 200 g/(m<sup>2</sup>d) kann mit den Grunddispersionen D6, D8, D11 oder D14 um bis zu 85% reduziert werden (siehe Abbildung 2). D1 und D14 zeigten gegenüber dem Standardsubstrat eine Erhöhung der Wasserdampfdurchlässigkeit. Eine Erklärung dafür könnten leicht hygroskopisch wirkende Inhaltsstoffe der beiden Grunddispersionen sein. Die übrigen Beschichtungsmittel zeigen eine mehr oder weniger starke Senkung der Wasserdampfdurchlässigkeit.
- Das Eindringen von Fett und Öl wird mit allen getesteten Grunddispersionen stark verbessert (siehe Abbildung 3). Allein Dispersion D12 und D13 bewirken mit einem Kit-Wert von 8 bzw. 3 nur eine mittelmäßige bis gar keine Verbesserung der Fettbarriere.
- Von allen Beschichtungsfilmern wurde die Oberflächenspannung ermittelt, um erste Rückschlüsse auf die Verarbeitbarkeit, insbesondere die Verklebbarkeit zu ziehen. Für ein problemloses Verarbeiten ist in der Regel eine Oberflächenspannung der Papier- oder Kartonoberflächen von mindestens 35 mN/m erforderlich. Mit den verwendeten Grunddispersionen werden Oberflächenspannungen zwischen 22,6 mN/m und 70,3 mN/m erzielt (siehe Abbildung 4). Einige der Beschichtungsflächen wiesen somit eine geringere Oberflächenspannung als 35 mN/m auf, so dass es beim Verkleben zu Problemen kommen kann. Allerdings sind einige der Grunddispersionen (D3, D12 und D13) mit den niedrigen Oberflächenspannungen heißsiegelfähig, so dass damit die gewünschte Verbindung geschaffen werden kann.
- Generell konnte festgestellt werden, dass kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den verschiedenen Barriereigenschaften besteht. So verbessert sich z.B. durch eine Beschichtung mit den Grunddispersionen D7 und D9 die Wasserdampfdurchlässigkeit um rund 50 % und die Barrierewirkung gegen Fett und Öl um rund 80 %, der Cobb<sub>60</sub>-Wert verschlechtert sich jedoch bei beiden Beschichtungen signifikant. Dispersion D1 wiederum verbessert die Barriere gegen Wasserdampf kaum, der Cobb<sub>60</sub>-Wert ist dafür um rund 60 % besser als beim Standardsubstrat.

### 3.2 Zusatz von Pigmenten

Basierend auf den vorangegangenen Untersuchungen wurden nun vier der wirksamsten Grunddispersionen (D3, D4, D5 und D6) ausgewählt, um den Einfluss von Pigmenten auf die Barrierewirkung herauszuarbeiten. Es wurden dazu drei in der Papiertechnik sehr häufig eingesetzte Pigmente verwendet, nämlich Kaolin, Talkum und Calciumcarbonat. Sie wurden den Grunddispersionen jeweils mit konstantem Anteil beigemischt. Die wichtigsten Eigenschaften der verwendeten Pigmente sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: *Eigenschaften der eingesetzten Pigmente*

Code	Typ	Einsatzform	Beschreibung der Pigmentteilchen
P1	Kaolin	Slurry Feststoffgehalt: 69,6% Viskosität: 150 mPas* pH-Wert: 7,4	Teilchenform: plättchenförmig Größenverteilung: 92% < 2 µm 74% < 1 µm Aspect Ratio: 10-25
P2	Talkum	Pulver Schüttdichte: 300-800 kg/m <sup>3</sup>	Teilchenform: plättchenförmig Mittlere Teilchengröße: 2,2 µm Aspect Ratio: ca. 30
P3	Calciumcarbonat	Slurry Feststoffgehalt: 77,7% Viskosität: 312 mPas* pH-Wert: 8,7	Teilchenform: kugelförmig Größenverteilung: 60% < 2 µm 32% < 1 µm Aspect Ratio: ca. 1

\* Brookfield RVT, 100 rpm, 25 °C, Spindel 4

Kaolin und Talkum wurden aufgrund ihrer Plättchenstruktur mit relativ großem Aspect Ratio [9] verwendet, da diese besonders gut für eine Verbesserung der Barriereigenschaften geeignet sein sollte. Calciumcarbonat ist in Europa das am häufigsten verwendete Pigment in der Papiertechnik. Es ist sehr gut verfügbar und günstig in der Anschaffung. Im Gegensatz zu den beiden anderen Pigmenten besitzen die Teilchen eine eher kugelförmige Geometrie.

Tabelle 3: *Eigenschaften der Grunddispersionen D3-D6 nach Pigmentzugabe (P1, P2 und P3)*

Grunddispersion Code	Teile	Pigment		Feststoff- gehalt [%]	Viskosität	
		Code	Teile		Brookfield[mPas]	Spindel
D3	100	P1	75	58,8	105	5
D3	100	P2	75	57,4	39	6
D3	100	P3	75	57,4	124	4
D4	100	P1	75	58,1	310	5
D4	100	P2	75	56,3	6400	6
D4	100	P3	75	53,9	518	4
D5	100	P1	75	55,4	92	4
D5	100	P2	75	55,6	338	4
D5	100	P3	75	51,9	143	4
D6	100	P1	75	43,4	1650	4
D6	100	P2	75	42,6	10200	7
D6	100	P3	75	42,0	142000	5

Unter Verwendung der genannten Pigmente wurden Formulierungen mit den Grunddispersionen D3, D4, D5 und D6 hergestellt, wobei jeweils ein gleich bleibender Anteil an Pigment der Dispersion zugemischt wurde. Die Mengenverhältnisse sind in Tabelle 3 wiedergegeben, wobei das in der Papierstreichtechnik übliche System zur Wiedergabe der Mengenverhält-



nisse benutzt wurde. Allerdings wurde nun entgegen der in der Streicherei üblichen Praxis der Polymeranteil der Grunddispersion zu 100 Teilen festgesetzt und alle anderen Bestandteile dazu ins Verhältnis gesetzt. Die Angabe in Teilen bezieht sich jeweils auf trockenem Feststoff bzw. Wirkstoff. Zusätzlich zu den Angaben über die Mischungsverhältnisse sind in Tabelle 3 die sich ergebenden Grundeigenschaften der Formulierungen angegeben.

Die Formulierungen wurden auf das Standardsubstrat (gestrichenes Silikonrohpaper) aufgetragen. Das Auftragsgewicht betrug einheitlich  $(15 \pm 1)$  g/m<sup>2</sup>. Die Muster wurden anschließend bei 23 °C 20 h lang getrocknet. Es wurden wie im vorangegangenen Abschnitt die Barriereigenschaften und die Oberflächenspannungen ermittelt. Abbildung 5 - Abbildung 8 veranschaulichen die Ergebnisse graphisch.

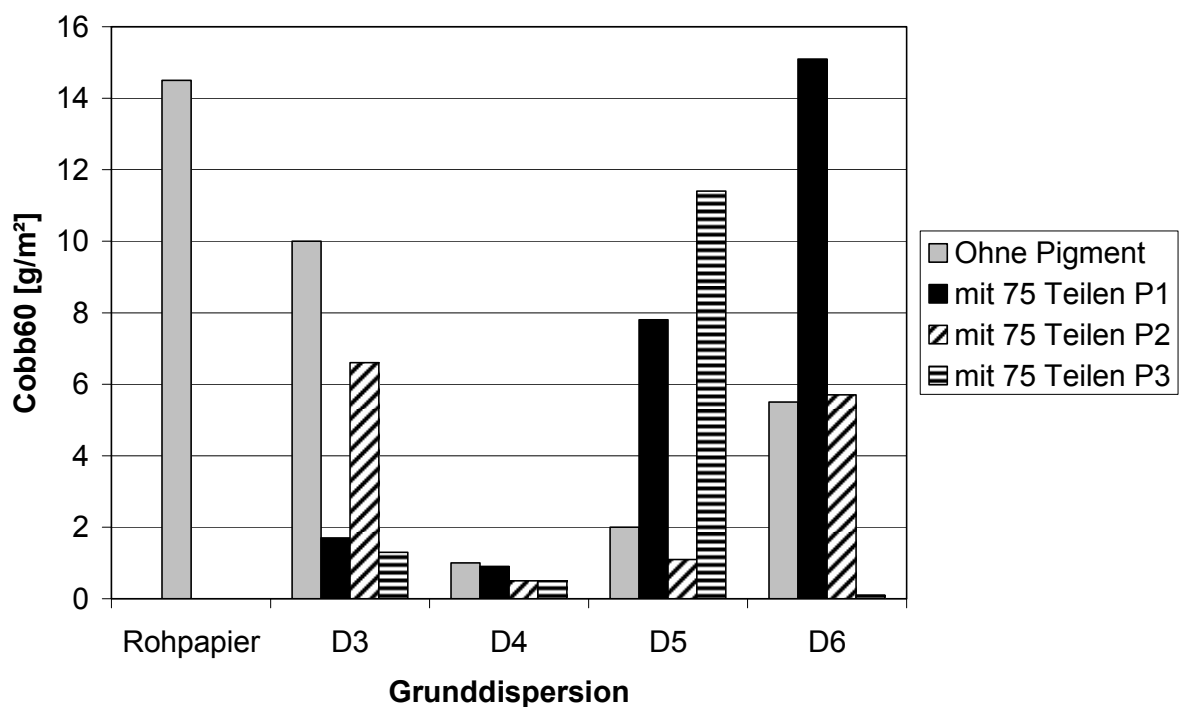


Abbildung 5: Wasseraufnahmevermögen ( $Cobb_{60}$ -Werte) ausgewählter Grunddispersionen nach Zugabe verschiedener Pigmente

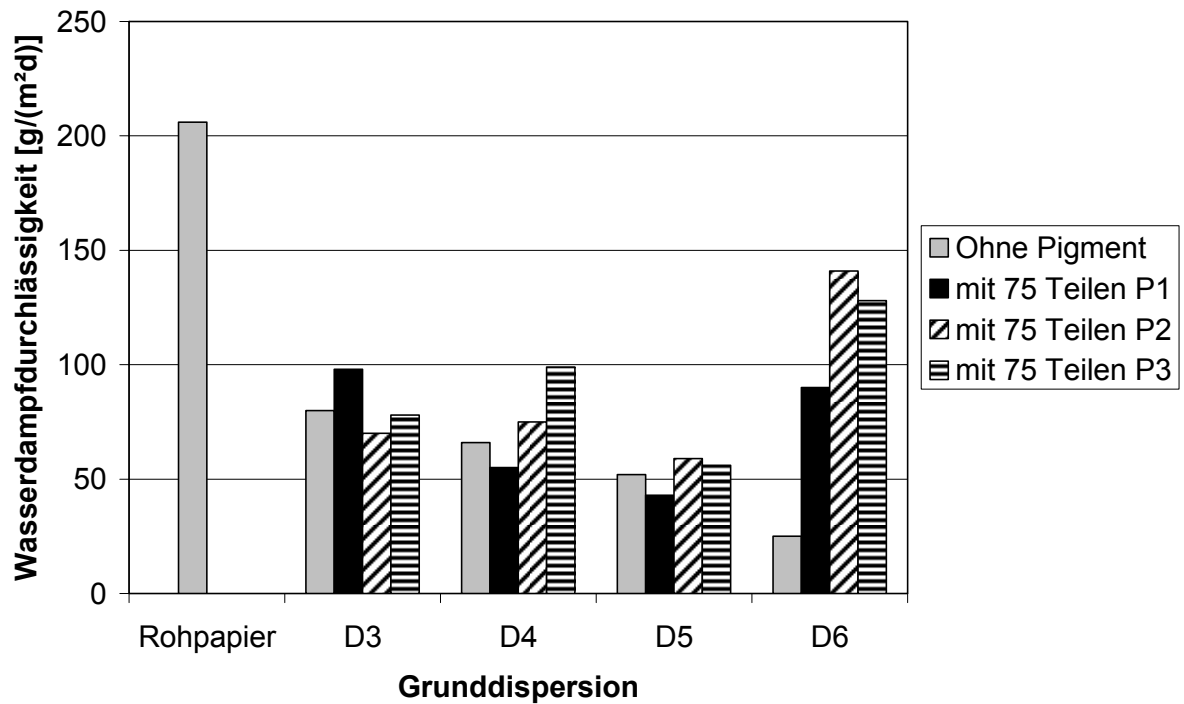


Abbildung 6: Wasserdampfdurchlässigkeiten ausgewählter Grunddispersionen nach Zugabe verschiedener Pigmente

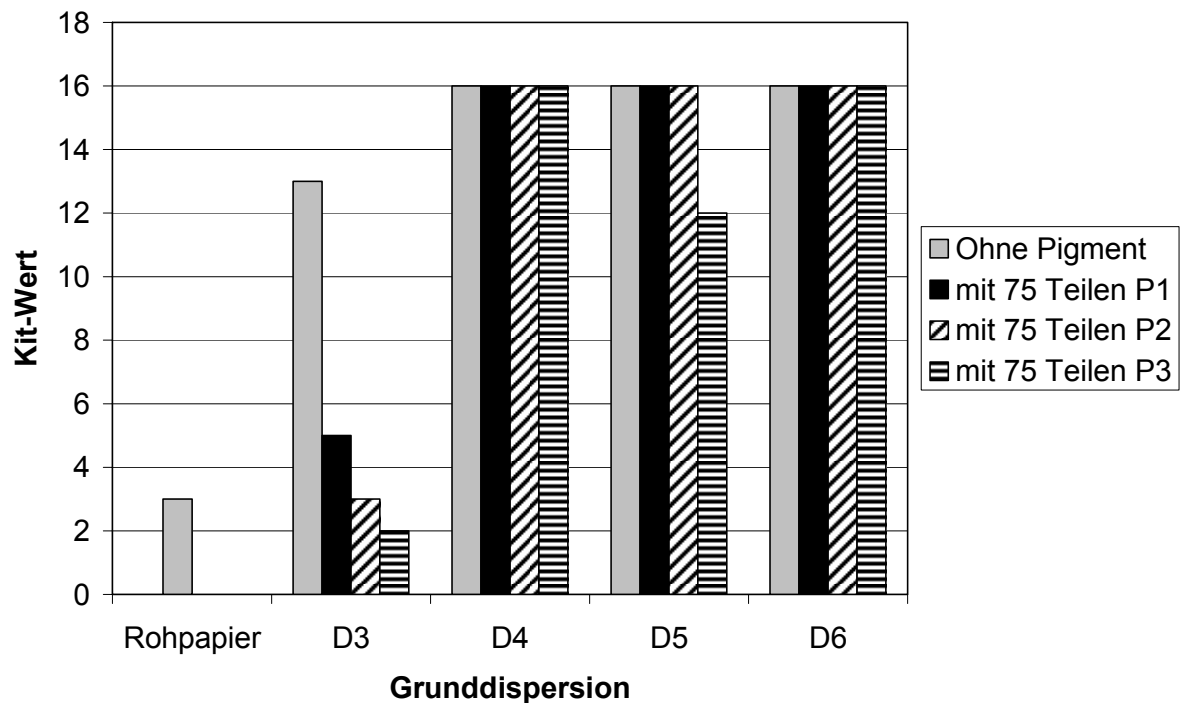


Abbildung 7: Öl- und Fettresistenz (Kit-Test) ausgewählter Grunddispersionen nach Zugabe verschiedener Pigmente

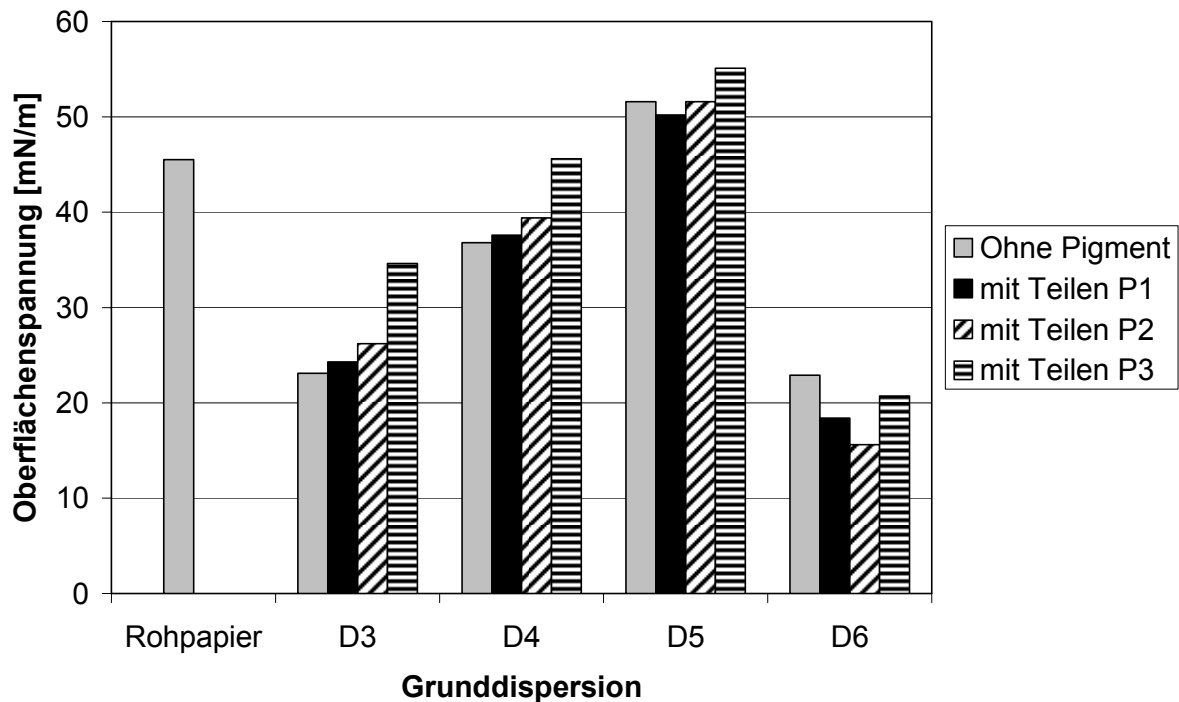


Abbildung 8: Oberflächenspannungen ausgewählter Grunddispersionen nach Zugabe verschiedener Pigmente

Folgende Schlussfolgerungen können aus den dargestellten Ergebnissen abgeleitet werden:

- Auffällig bei der Betrachtung des Wasseraufnahmevermögens (siehe Abbildung 5) ist, dass die Grunddispersion D4 durch alle drei Pigmentsorten erniedrigt wird. Bei den drei anderen Grunddispersionen ergibt sich ein differenzierteres Bild: In einigen Fällen konnte der  $Cobb_{60}$ -Wert durch einzelne Pigmentsorten noch deutlich erniedrigt werden. Es traten aber auch Fälle auf, bei denen eine Erhöhung der Wasseraufnahme festgestellt werden musste. Ein vorherrschender Trend trat dabei aber nicht zu Tage. Nur im Falle von P2 (Talkum) trat stets eine Verbesserung oder zumindest eine gleich bleibende Wirkung auf.
- Die Wasserdampfdurchlässigkeiten (siehe Abbildung 6) zeigen ein ähnlich uneinheitliches Bild wie die  $Cobb_{60}$ -Werte. Tendenziell lässt sich aus Abbildung 6 ablesen, dass D3 und D5 durch die Zugabe der Pigmente in der Wasserdampfdurchlässigkeit relativ wenig beeinflusst werden. Stärkere Effekte zeigen sich bei D4 und D6. Mit P1 (Kaolin) und P2 (Talkum) lassen sich in einigen Fällen geringfügige Verbesserungen erzielen. Insgesamt stehen die Ergebnisse weitgehend im Einklang mit der Vorstellung nach der sich plättchenförmige Pigmente zur Erhöhung der Barrierewirkung besonders gut eignen sollten.
- Die Fett- und Ölresistenz (siehe Abbildung 7) blieb bei zwei von vier Grunddispersionen unabhängig von der Pigmentzugabe auf dem Maximalwert. Bei D5 trat nur in Verbindung mit Calciumcarbonat eine Verschlechterung ein. D3 wurde hingegen durch Pigmentzugaben in ihrer Fettresistenz stark beeinträchtigt.
- Die Pigmentzugaben bewirkten in den meisten Fällen gegenüber der Grunddispersion eine Erhöhung der Oberflächenspannung (siehe Abbildung 8). Nur bei D6 wurde die ohnehin schon niedrige Oberflächenspannung weiter gesenkt.

### 3.3 Beschichtung der Kartonrückseite im Labormaßstab

Entsprechend der Zielsetzung des Projekts sollte die Barrierebeschichtung auf der Innenseite von Faltschachtelkartons aufgetragen werden. Es handelt sich dabei gegenüber dem bisherigen Standardsubstrat um ein deutlich saugfähigeres und raueres Substrat, welches die Filmbildung von Dispersionen eher erschwert. Es wurden deshalb zunächst Vorversuche mit Faltschachtelkartons unterschiedlicher Rückseitenausstattung durchgeführt. Schließlich wurde eine Sorte für die weiteren Untersuchungen ausgewählt, die mit einer Pigmentierung auf der Rückseite versehen war. Sie wies folgende Grundeigenschaften auf:

- Flächenbezogene Masse: 265 g/m<sup>2</sup>
- Oberflächenspannung: 34,1 mN/m
- Cobb<sub>60</sub>-Wert: 23,97 g/m<sup>2</sup>
- Wasserdampfdurchlässigkeit: 786 g/m<sup>2</sup>d
- Luftdurchlässigkeit: 0 µm/Pas
- Kit-Wert: 3

Tabelle 4: Verhalten von ausgewählten Formulierungen bei verschiedenen Trocknungsbedingungen auf der Rückseite von Faltschachtelkarton (Auftragsgewicht (15 ± 1)g/m<sup>2</sup>)

Trocknung	Grunddispersion (100 Teile)	Pigment (75 Teile)	Cobb <sub>60</sub> [g/m <sup>2</sup> ]	Wasserdampfdurchlässigkeit [g/(m <sup>2</sup> d)]	Kit-Wert	Oberflächenspannung [mN/m]
23°C/20 h	D4	ohne	0,4	225	16	34,7
100°C/90 s	D4	ohne	0,3	152	16	35,2
150°C/90 s	D4	ohne	0,4	166	16	34,6
23°C/20 h	D4	P1	0,3	168	15	34,2
100°C/90 s	D4	P1	0,4	89	16	33,5
150°C/90 s	D4	P1	0,4	79	16	31,8
23°C/20 h	D4	P2	0,4	110	16	32,8
100°C/90 s	D4	P2	0,2	121	16	33,4
150°C/90 s	D4	P2	0,2	128	16	33,2
23°C/20 h	D5	ohne	0,7	100	16	43,6
100°C/90 s	D5	ohne	0,7	94	16	47,4
150°C/90 s	D5	ohne	0,5	80	16	45,6
23°C/20 h	D5	P1	1,6	62	16	43,1
100°C/90 s	D5	P1	1,2	55	12	44,2
150°C/90s	D5	P1	1,6	63	13	43,4

Anschließend wurden ausgewählte Formulierungen auf der Rückseite des Kartons aufgetragen. Das Auftragsgewicht wurde gravimetrisch ermittelt und betrug einheitlich (15 ± 1) g/m<sup>2</sup>. Ausgewählt für die weiteren Arbeiten wurden die Grunddispersionen D4 und D5 zunächst in

reiner Form und dann mit Pigmentzusätzen, wobei auf die bislang erarbeiteten Ergebnisse zurückgegriffen wurde, und drei aussichtsreiche Formulierungen (D4+P1, D4+P2 und D5+P1, vgl. dazu auch Abbildung 5 - Abbildung 7) verwendet wurden.

Weitere Änderungen wurden bei der Trocknung vorgenommen. Bisher wurde nur bei Raumtemperatur getrocknet. Dies war für Vergleiche durchaus angebracht. Erwartungsgemäß sollte sich aber bei höherer Temperatur die Filmbildung gerade bei raueren und poröseren Substraten wie Kartonrückseiten noch verbessern lassen. Der Wasserentzug geschieht bei höherer Temperatur in einer kürzeren Zeitspanne und bietet dem Beschichtungsmittel weniger Zeit ins Substrat einzudringen.

Um den Einfluss der Trocknung näher zu untersuchen, wurde zunächst wie bisher bei 23 °C 20 h lang getrocknet. Anschließend wurden aber weitere Muster nun bei deutlich höheren Temperaturen (100 °C und 150 °C) getrocknet. Gleichzeitig wurde die Trocknungszeit praxisnäheren Bedingungen angepasst. Es zeigte sich bei Vorversuchen, dass 90 s ausreichen, um das Wasser den Beschichtungsmitteln vollständig zu entziehen.

Die nun von jeder Beschichtung bei drei unterschiedlichen Bedingungen getrockneten Muster wurden vergleichend geprüft. Dazu wurden wie bereits in den vorangegangenen Testreihen die Parameter zur Beurteilung der Barrierewirkung ermittelt. Zusätzlich wurde wiederum die Oberflächenspannung gemessen, um nachzuprüfen, ob sich durch die höheren Trocknungstemperaturen die Zusammensetzung des Beschichtungsfilms (z.B. durch thermische Zersetzung o.ä.) an der Oberfläche ändert.

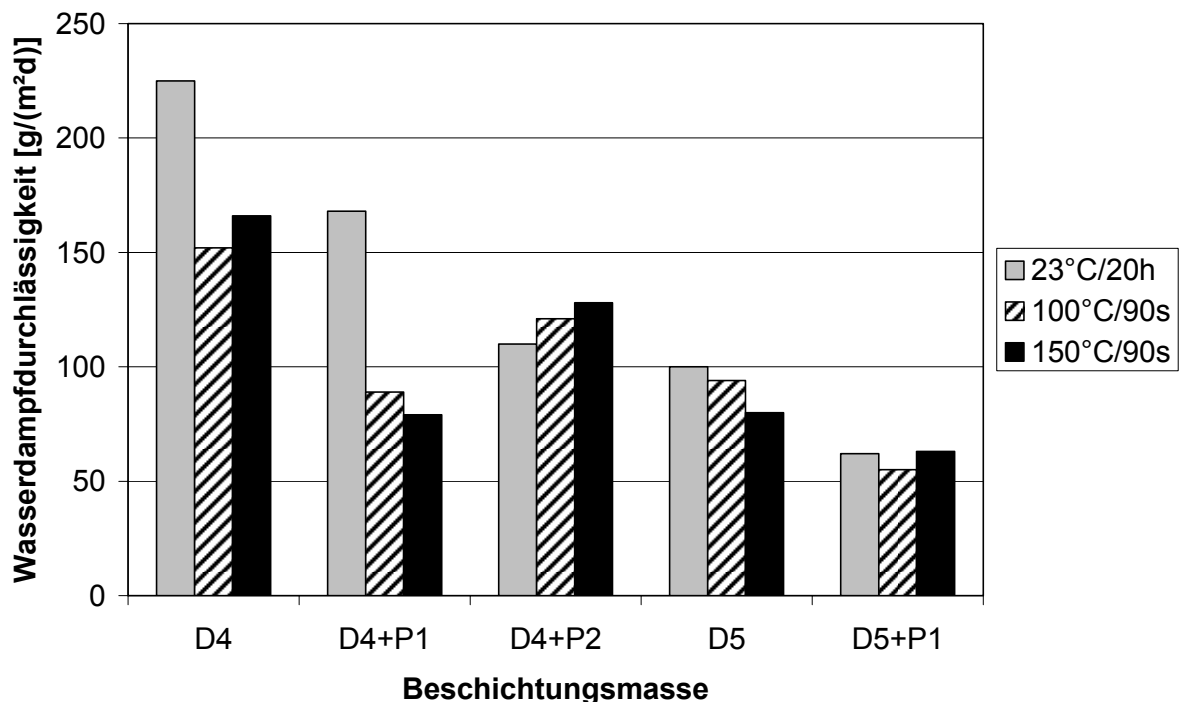


Abbildung 9: Veränderung der Wasserdampfdurchlässigkeit der Grunddispersionen D4 und D5 und ausgewählter Mischungen mit Pigmenten bei verschiedenen Trocknungsbedingungen

Aus den Ergebnissen, die in Tabelle 4 zusammengestellt sind, ließen sich für die weitere Bearbeitung des Projekts folgende Erkenntnisse gewinnen:

- Betrachtet man zunächst den Einfluss der Trocknung so stellt man fest, dass das Wasseraufnahmevermögen (Cobb<sub>60</sub>-Werte), die Fett- und Ölbarriere (ausgedrückt

durch die Kit-Werte) ebenso wie die Oberflächenspannungen weitgehend unbeeinflusst von den Trocknungsbedingungen bleiben. Auf eine graphische Darstellung wurde daher verzichtet.

- Die Wasserdampfdurchlässigkeit der Muster zeigte allerdings eine deutlich stärkere Abhängigkeit von den Trocknungsbedingungen (siehe Abbildung 9). Die bei höheren Temperaturen getrockneten Muster wiesen bis auf wenige Ausnahmen (z.B. D4+P1) eine kleinere Wasserdampfdurchlässigkeit auf. Zwischen den Temperaturen 100 °C und 150 °C war allerdings wenig Unterschied festzustellen. Die Trocknung bei 150 °C erbrachte lediglich tendenziell geringfügig bessere Resultate.
- Durch die Verbesserung der Trocknung wurde trotz der raueren und saugfähigeren Kartonrückseite in etwa das Barriereniveau erreicht, welches mit dem Standardsubstrat erreicht worden war.
- Mit den Pigmentzusätzen wurden gegenüber der Grunddispersion Verbesserungen bei der Wasserdampfdurchlässigkeit erzielt. Im Wesentlichen wurden dabei die Resultate bestätigt, die bereits mit dem Standardsubstrat erzielt worden waren. Die anderen Barrierekenneiwerte ( $Cobb_{60}$ -, Kit-Werte) blieben nahezu unverändert oder wurden wenig beeinflusst.

### 3.4 Versuche im Pilotmaßstab

Abschließend wurden Beschichtungsversuche unter Praxisbedingungen an der schnell laufenden Versuchsstreichmaschine [10-13] der Forschungsstelle durchgeführt, welche die folgenden technischen Möglichkeiten aufweist:

Arbeitsbreite:	580 - 600 mm
Betriebsgeschwindigkeit:	50 - 2500 m/min
Basispapier:	28 - 600 g/m <sup>2</sup>
Auftragsgewicht je Seite:	1 - 25 g/m <sup>2</sup>
Rollendurchmesser max.:	1500 mm
Hülseninnendurchmesser:	76/150 mm
Auftragswerke 1 und 2:	FILMPRESSE mit 2 Arbeitskreisläufen
Auftragswerk 3:	COMBI-BLADE mit Auftragswalze und Leitdüse F-NIP 2
Auftragswerk 4:	MODULAR COMBI-BLADE mit Querprofilierung PIANO
Trocknung:	Keramik-Gas-Infrarot- und Schwebetrockner - Freistrahldüse JETCOAT 2 (6-Uhr-Position)

Eine schematische Darstellung der Anlage zeigt Abbildung 10.

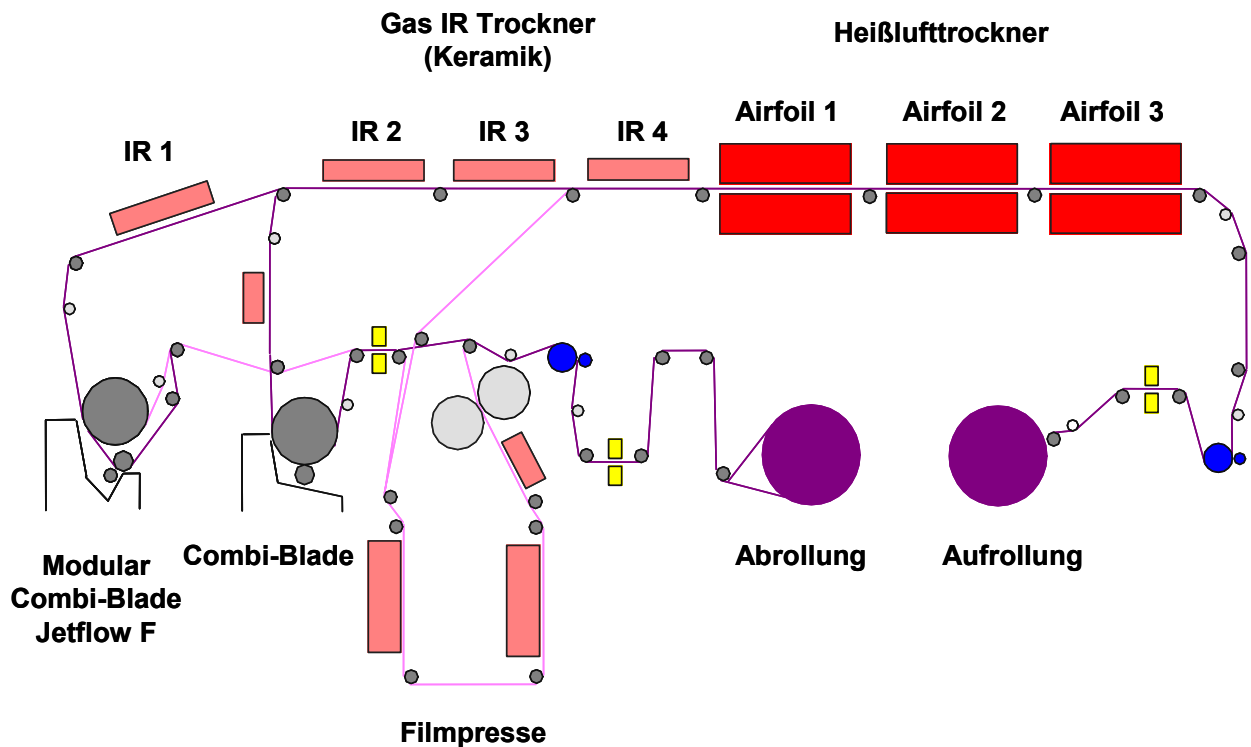


Abbildung 10: Schematische Darstellung der verwendeten schnell laufenden Versuchsstreichmaschine

Die eingesetzten Rezepturen beruhen auf den im Labor gemachten Erfahrungen und zwar wurden in zwei Versuchsserien insgesamt 11 Versuchskartons mit Rückseitenbeschichtung hergestellt. Neben den eingesetzten Formulierungen, die zwischen den beiden Versuchsreihen im Labor weiter optimiert worden waren, unterschieden sich die beiden Versuchsreihen in der Art des Dosierelements:

Serie 1: Versuchskartons V1 – V5: Düsenauftragswerk in Verbindung mit Bent-Blade

Serie 2: Versuchskartons V6 – V11: Düsenauftragswerk in Verbindung mit Rollraker

Je nach Art des Dosierelements bildet sich die Beschichtung im Querschnitt anders aus. Jede Papier- und vor allem Kartonoberfläche besitzt ein bestimmtes Mikroprofil mit Poren sowie erhabenen und vertieften Stellen. Beim Beschichten wird die Oberfläche mit dem Beschichtungsmittel bedeckt, aber je nach Verfahren bildet sich die Beschichtung anders aus (siehe dazu Abbildung 11).

Bei „Stiff Blade“ ist die Oberfläche nach dem Beschichten sehr glatt, die Variation in der Dicke des Beschichtungsfilms kann aber sehr groß sein. Sehr viel Beschichtungsmasse sammelt sich in den Poren und Vertiefungen, doch die erhabenen Stellen bleiben im Extremfall unbedeckt. Bereits deutlich besser an die Kontur des Substrats angepasst sind Beschichtungsfilme die mittels „Bent Blade“ aufgebracht wurden. Daher wurde zunächst dieser Methode für die Beschichtung der Versuchskartons der Vorzug eingeräumt. Ebenfalls besser an die Kontur des Substrats angepasst sind Beschichtungen, die mit Rollraker dosiert und egalisiert werden. Diese Methode wurde daher bei der zweiten Versuchsserie eingesetzt. Die beste Methode zur Anpassung des Beschichtungsfilms an die Kontur des Substrats stellen zweifelsohne Luftbürsten oder Luftmesser dar. Diese Methode wird in der Papierindustrie nur sehr selten eingesetzt. Auch die Pilotanlage war nicht damit ausgestattet, so dass diese Option aus technischen Gründen entfallen musste. Eine weitere Option wäre die Filmpresse gewesen, die aber in der Kartonindustrie nur sehr selten eingesetzt wird und daher für dieses Projekt ebenfalls nicht verwendet wurde.

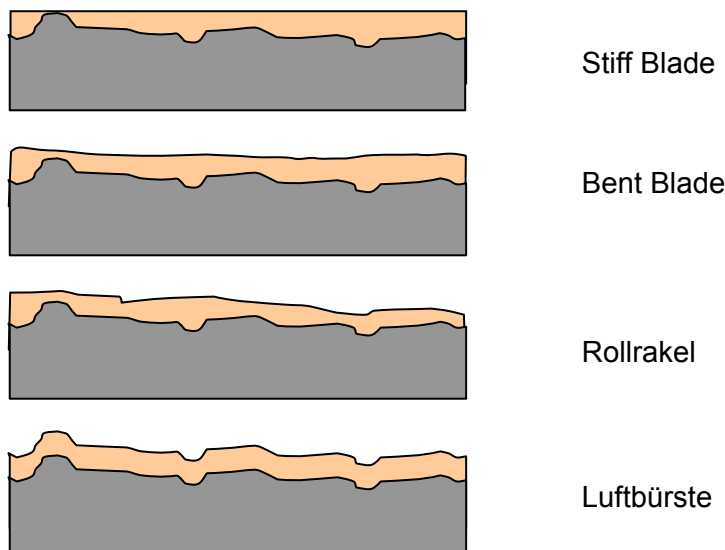


Abbildung 11: Zu erwartende Strichdickenprofile bei unterschiedlichen Dosierelementen

Die für die erste Versuchsserie angesetzten Formulierungen sind in Tabelle 5 zusammengestellt, die für die zweite Versuchsserie in Tabelle 6. Anstelle der Grunddispersion D4 wurde für die Pilotversuche die Grunddispersion D2 verwendet, da es Schwierigkeiten bei der Beschaffung von D4 gab. D2 entspricht in der Zusammensetzung weitgehend D4, hatte allerdings in den Laborversuchen etwas schlechter als D4 abgeschnitten.

Da gegenüber den Laborversuchen mit niedrigeren Auftragsgewichten gearbeitet wurde, wurde zunächst der Pigmentanteil in den Rezepturen zur Stärkung der Barrierewirkung der Dispersionen noch etwas erniedrigt. Verdicker wurden trotz der zum Teil niedrigen Viskositäten nicht zugesetzt, da dadurch eine Schwächung der Barrierewirkung befürchtet wurde.

Tabelle 5: Rezepturtabelle für die erste Versuchsserie auf dem Pilotcoater

Bestandteil	Formulierung Beschichtungsmasse									
	Nr. 1		Nr. 2		Nr. 3		Nr. 4		Nr. 5	
Grunddispersion	D5	100T	D2	100T	D2	100T	D2	100T	D5	100T
Pigment	-	-	-	-	P1	57T	P2	57T	P1	57T
Eigenschaften	Nr. 1		Nr. 2		Nr. 3		Nr. 4		Nr. 5	
Feststoffgehalt [%]	40		47		52		52		46	
Viskosität [mPas] (Brookfield 100)	72		310		300		120		80	
pH-Wert	8,0		7,9		7,8		8,1		7,1	

Die Kartonrückseiten wurden bei einer Geschwindigkeit von 300 m/min beschichtet. In der zweiten Versuchsreihe sollte gegenüber der ersten Versuchsreihe das Auftragsgewicht der



Beschichtungen angehoben werden. Gegenüber der ersten Versuchsreihe wurde außerdem der Pigmentanteil etwas angehoben, um die Rezepturen noch wirtschaftlicher zu gestalten.

Tabelle 6: Rezepturtabelle für die zweite Versuchsreihe auf dem Pilotcoater

Bestandteil	Formulierung Beschichtungsmasse											
	Nr. 6		Nr. 7		Nr. 8		Nr. 9		Nr. 10		Nr. 11	
Grunddispersion	D3	100T	D8	100T	D3	100T	D3	100T	D2	100T	D2	100T
Pigment	-	-	-	-	P1	100T	P3	100T	P3	100T	P1	100T
Additiv	-	-	-	-	-	-	-	-	D8	20T	-	-
Eigenschaften	Nr. 6		Nr. 7		Nr. 8		Nr. 9		Nr. 10		Nr. 11	
Feststoffgehalt [%]	50		40		50		50		50		50	
Viskosität [mPas] (Brookfield 100)	130		300		100		110		100		70	
pH-Wert	7,0		10,5		7,5		7,5		9,2		8,0	

Die Trocknung gestaltete sich während der Pilotversuche problematisch. An Trocknungselementen (siehe Abbildung 10) standen zur Verfügung:

- 4 IR-Strahler: IR 1, IR 2, IR 3 und IR 4 mit je 8 Reihen
- 3 Heisslufttrockner: Airfoil 1, Airfoil 2 und Airfoil 3

Zu starke Trocknung vor allem mit den Heisslufttrocknern führte in der Rollenaufwicklung zu Blockeffekten, die zum Teil so stark waren, dass eine Abrollung ohne Beschädigung der beiden Oberflächen nicht möglich war. Bei zu geringer Trocknungsleistung verschwand zwar das Blocken, die Restfeuchte im Karton blieb dabei aber sehr hoch. Dabei bestand die Gefahr, dass sich die Barrierewirkung des Beschichtungsmittels nicht optimal ausbilden konnte. Als Kompromiss wurde nach verschiedenen Probeläufen folgende Konstellation gewählt: Trocknung nur mit IR 1 und IR 2 (IR 3 und IR 4 blieben ausgeschaltet). Die Heisslufttrockner wurden nur mehr bei sehr geringer Temperatur betrieben. Im Wesentlichen wurde ihr Gebläse verwendet, um die noch vorhandene Feuchtigkeit zu entfernen. Mit Hilfe dieser Maßnahmen konnte Blocken verhindert und gleichzeitig eine vernünftige Barrierewirkung erzielt werden. Dennoch muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass aufgrund der begrenzten Versuchszeit die Optimierung nicht für alle Rezepturen vollständig gelingen konnte. Insbesondere bei der zweiten Versuchsreihe mit den höheren Auftragsgewichten sind wie einzelne, noch zu besprechende Befunde zeigen werden, die optimalen Bedingungen für einige Rezepturen verfehlt worden.

### Barriereigenschaften der Versuchskartons:

Nach den Pilotversuchen wurden die Kartonmuster zunächst wiederum auf die erzielte Barrierewirkung hin untersucht. Die Ergebnisse sind für beide Versuchsreihen (V1-V5 und V6-V11) in Abbildung 12 - Abbildung 15 graphisch dargestellt.

Die ermittelten Ergebnisse der einzelnen Muster lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Die Barrierewirkung ist bei den Versuchskartons der ersten Versuchsreihe (V1-V5) trotz des niedrigeren Auftragsgewichts deutlich besser ausgefallen als bei der zweiten. Die erste Versuchsreihe (Egalisierung mit Bent Blade) wies Auftragsgewichte

von ca. 5-6 g/m<sup>2</sup> auf, die zweite Versuchreihe (Egalisierung mit Rollraker) etwa 12-14 g/m<sup>2</sup>. Ursächlich hierfür dürften vor allem die Probleme bei der Trocknung gewesen sein. Die Barrierewirkung der Beschichtungsmittel hat für das schlechtere Abschneiden der Muster der zweiten Versuchreihe nur eine untergeordnete Rolle gespielt.

- Niedriges Wasseraufnahmevermögen (Cobb<sub>60</sub>-Werte, siehe Abbildung 12) haben sich vor allem mit Formulierungen basierend auf der Grunddispersion D2 (Basis: Styrol-Acrylat) und plättchenförmiger Pigmente (Kaolin, Talkum) ergeben (V2, V4, V11). Stark hydrophobierend wirken auch die Wachsdispersion D8 in reiner Form (V7) oder als Additiv zu einer mit Pigment vermischten Polymerdispersion (V10).
- Niedrige Wasserdampfdurchlässigkeiten haben sich vor allem bei der ersten Versuchreihe (V1-V5) ergeben. Hier haben vor allem Formulierungen auf der Basis von D5 (Basis: lineares Polyurethan) gute Resultate erbracht (vgl. Abbildung 13, V 1 und V5).
- Die Fett- und Ölresistenz der Versuchskartons wies nicht die hohen Kennwerte auf, die sich in den Laborversuchen vielfach ergeben hatten. Sie lagen mit Kit-Werten von 6-11 nur im mittleren Bereich (siehe Abbildung 14). Relativ gut schnitten Formulierungen auf der Basis von D2 (Basis: Styrol-Acrylat) ab.
- Wichtig für die später zu beurteilenden Verarbeitungseigenschaften der Kartons ist, dass bei Auftragsgewichten von 5-6 g/m<sup>2</sup> durch eine Rillung keine Beeinträchtigung der Wasserdampfdurchlässigkeit erfolgt (siehe V1-V5 in Abbildung 15). Die Messungen wurden an Mustern durchgeführt, die im Labor jeweils mit einer mit Proberillungen versehen wurden. Bei den Mustern der zweiten Versuchreihe (V6-11) wurde nach der Rillung eine deutliche höhere Wasserdampfdurchlässigkeit gemessen. Das höhere Auftragsgewicht sollte für die Verschlechterung nicht ursächlich sein. Die Ursache dürfte in der Beschaffenheit des Films zu suchen sein.

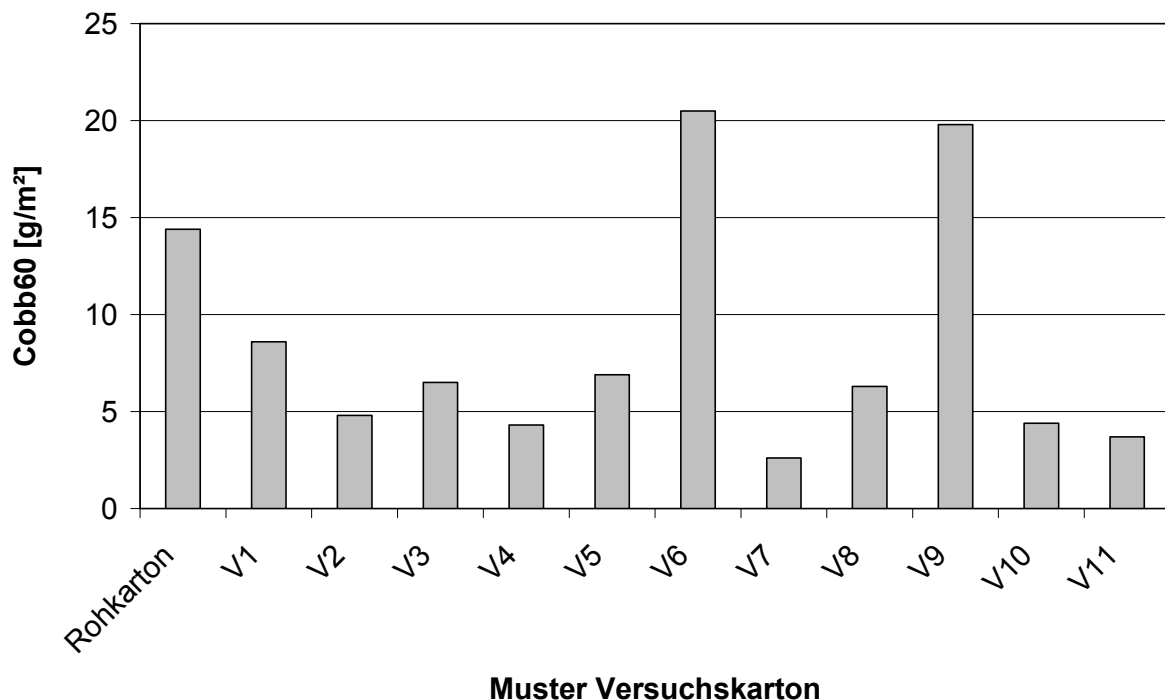


Abbildung 12: Wasseraufnahmevermögen (Cobb<sub>60</sub>-Werte) der beschichteten Versuchskartons im Überblick

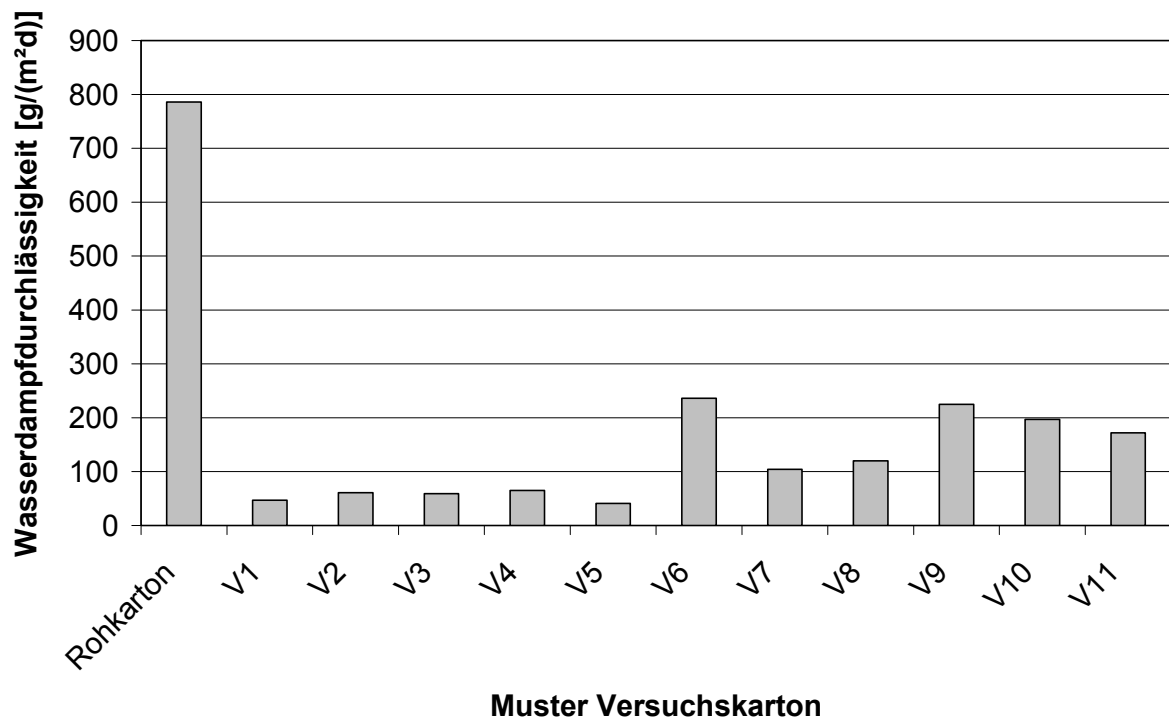


Abbildung 13: Wasserdampfdurchlässigkeiten der beschichteten Versuchskartons im Überblick

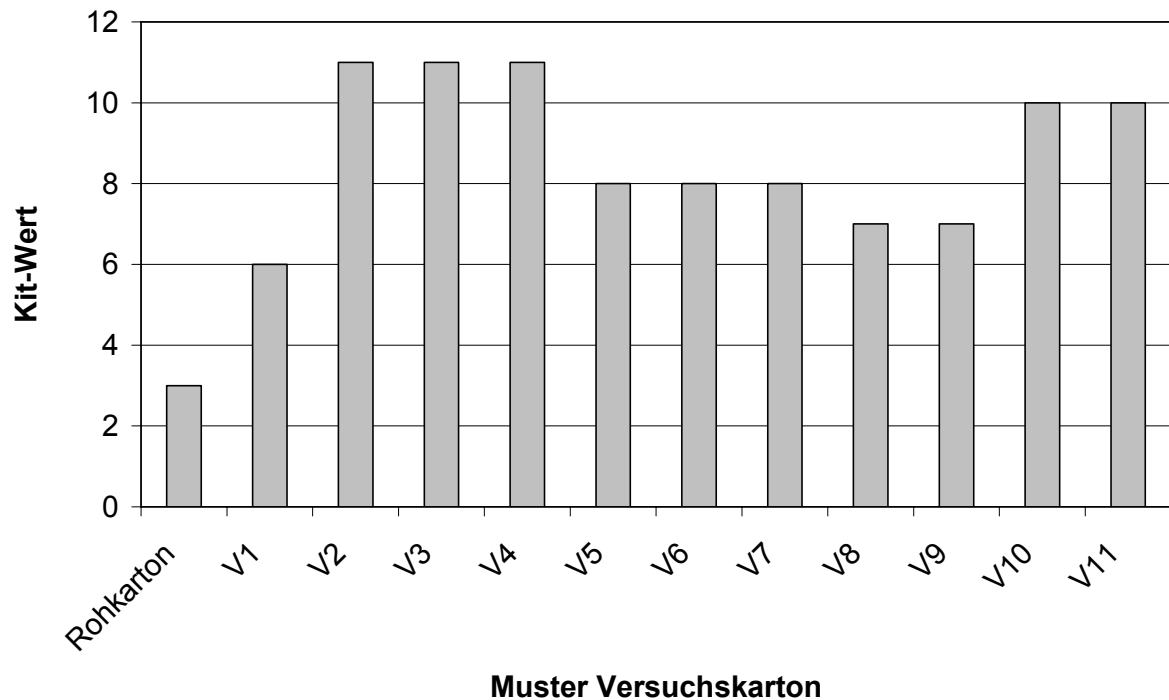


Abbildung 14: Öl- und Fettresistenz (Kit-Werte) der beschichteten Versuchskartons im Überblick

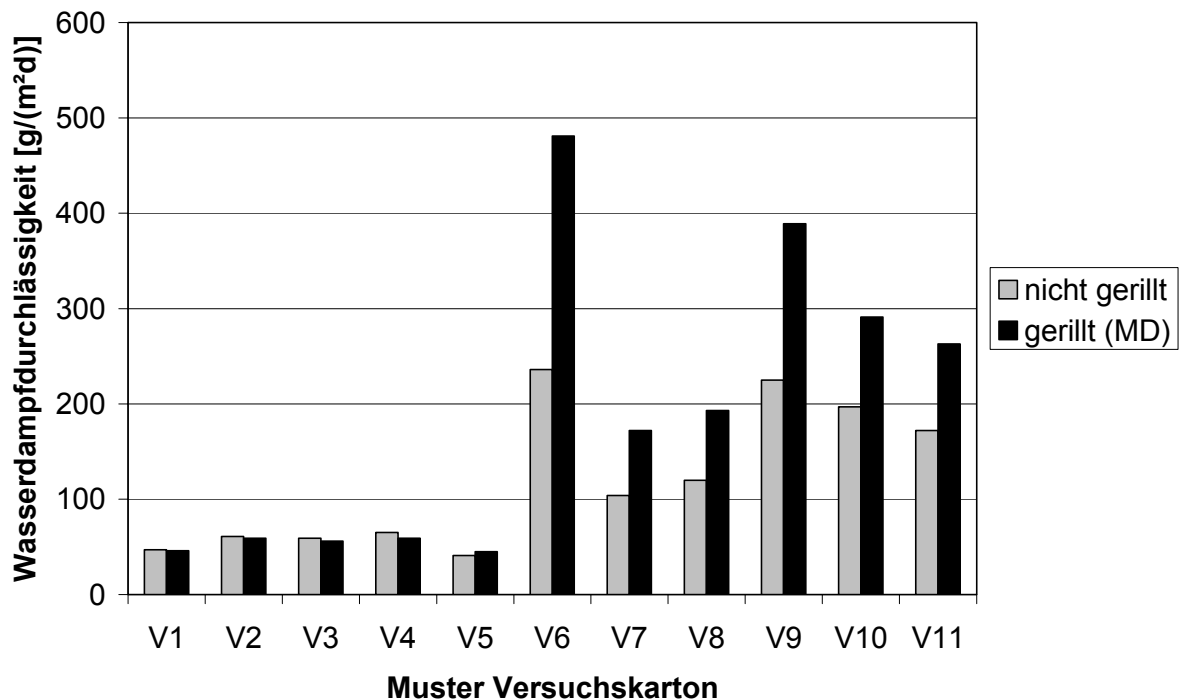


Abbildung 15: Vergleich der Wasserdampfdurchlässigkeiten vor und nach der Proberillung im Labor

### Verarbeitungseigenschaften der Versuchskartons:

Von den Versuchsmustern wurden die Basiseigenschaften bestimmt, die Rückschlüsse auf die Verarbeitbarkeit mit konventionellen Mitteln erlauben. Dazu gehören die Oberflächenspannung, die Siegeleigenschaften, die Blockneigung und das Verhalten beim Rillen und Falzen.

Ohne auf die Ergebnisse im Detail einzugehen, können zusammenfassend folgende Aussagen getroffen werden:

- Die Oberflächenspannungen der Muster V1-V5 sowie V10 und V11 liegen im Bereich von 35 mN/m oder darüber. Sie würden damit die Voraussetzungen für eine gute Verklebbarkeit und Bedruckbarkeit erfüllen. Beide Eigenschaften sind aber in den vorliegenden Fällen von untergeordneter Bedeutung. Die Beschichtungen liegen an der Innenseite von Kartons und werden daher nur in Ausnahmefällen bedruckt. Sie müssen darüber hinaus nicht verklebt werden, da die eingesetzten Beschichtung gute Heissiegeleigenschaften zeigen.
- Bei einigen Mustern ist durch die Beschichtung die Oberflächenspannung an der Kartorrückseite aber deutlich auf unter 35 mN/m reduziert worden. Dazu zählen die Muster V6-V9. Diese Rückseiten dürften nicht oder nur mit großem Aufwand bedruckbar und verklebbar sein. Problematisch ist in dieser Hinsicht vor allen V7, da die aufgebraute Beschichtung nicht heissiegelbar ist.
- Bei den Falzversuchen schnitten die Muster nur unbefriedigend ab. Alle Beschichtungen zeigten nach dem Falzen mehr oder weniger große Beschädigungen, durch die Farbstofflösung penetrieren konnte. An diesen Stellen wird die Barrierewirkung stark beeinträchtigt. Da Karton aber bei der Verarbeitung in der Regel gerillt und nicht gefalzt wird, bedeutet das schlechte Abschneiden der Muster kein Ausschlusskriterium.

Bei Rillungen hatten sich vor allem die Muster der ersten Serie als wenig anfällig erwiesen (siehe dazu Abbildung 15).

- Die Muster waren bis auf V7 (beschichtet mit Wachsdispersion D8) bei Nässe und höheren Temperaturen mehr oder weniger anfällig gegen Verblocken.
- Die Muster zeigten aber insgesamt Eigenschaften, die eine Verarbeitung mit üblichen Methoden und Mitteln erlauben. Lediglich die Blockneigung kann in der Praxis zu Verarbeitungsproblemen führen. Durch weitere Optimierung der Trocknung könnten aber auch hier noch Verbesserungen möglich sein.

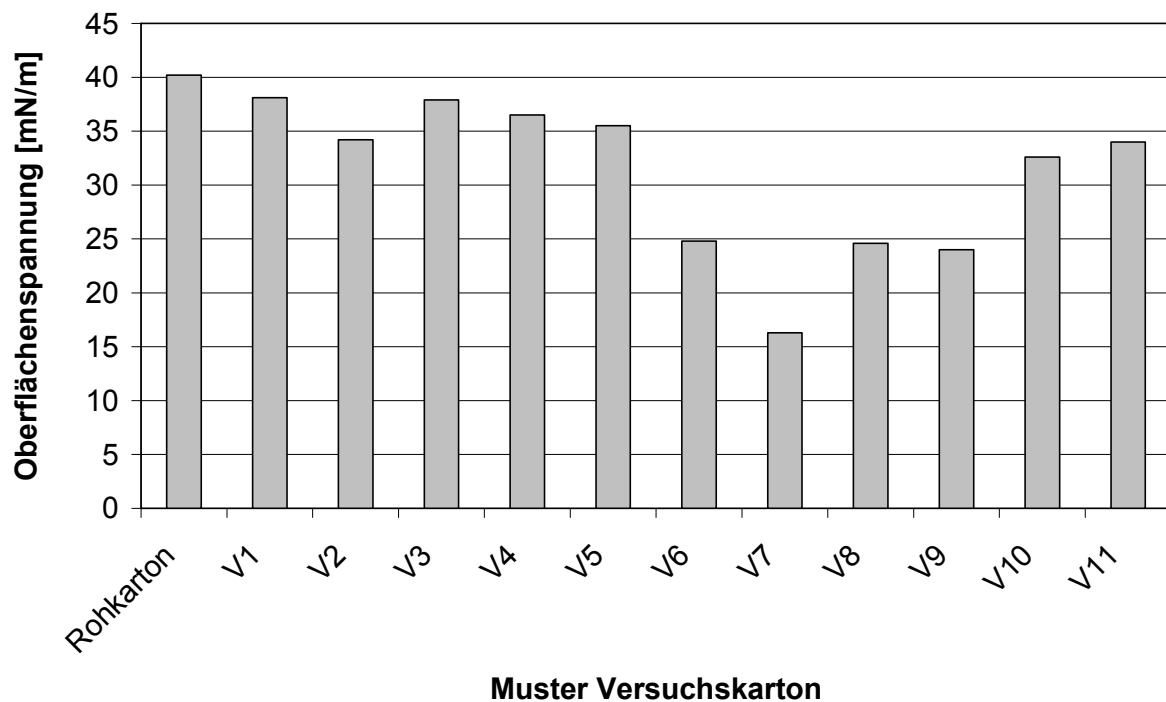


Abbildung 16: Oberflächenspannungen der Versuchskartons im Überblick

### Bewertung der Rezyklierbarkeit der Versuchskartons:

Die Rezyklierbarkeit der erzeugten Versuchskartons wird erfahrungsgemäß vor allem durch die Zusammensetzung der Grunddispersionen bestimmt. Von allen an der Pilotanlage produzierten Versuchskartons wurden daher zunächst die mit den Grunddispersionen beschichteten Muster (V1, V2, V6 und V7) für die Rezyklierbarkeitsuntersuchungen ausgewählt. Darüber hinaus wurde von jeder Grunddispersion noch ein Versuchskartonmuster mit Pigmentzusatz ausgewählt, so dass insgesamt eine repräsentative Auswahl an Mustern aus der 1. und 2. Versuchsreihe für die Untersuchungen getroffen wurde (siehe Tabelle 7).

Als Basis für die Untersuchungsmethodik diente die PTS-Methode PTS-RH 021/97: Kennzeichnung der Rezyklierbarkeit von Packmitteln aus Papier, Karton und Pappe sowie von grafischen Druckerzeugnissen. Bei der Aufbereitung der beschichteten Papiere werden im Rahmen dieser Methode die verfahrenstechnischen Prozesse der Altpapieraufbereitung im Labor simuliert [14, 15]. Angewandt werden dabei die Prüfkriterien für Produkte, die vorwiegend für die Herstellung von Verpackungspapieren oder Kartons eingesetzt werden.

Tabelle 7: Ausgewählte Versuchskartonmuster für die Beurteilung der Rezyklierbarkeit

Abk.	Dispersion Basispolymer	Teile	Pigment Chemische Bezeichnung	Teile
FS*	---	---	---	---
V1	D5 (lineares Polyurethan)	100	---	---
V2	D2 (Styrol-Acrylat)	100	---	---
V3	D2 (Styrol-Acrylat)	100	P1 (Kaolin)	57
V6	D3 (modifiziertes Styrol-Butadien)	100	---	---
V7	D8 (anionische Wachsdispersion)	100	---	---
V9	D3 (modifiziertes Styrol-Butadien)	100	P3 (Calciumcarbonat)	100
V10	D2 (Styrol-Acrylat) + D8 (anionische Wachsdispersion)	100 20	P3 (Calciumcarbonat)	100

\* FS = unbeschichteter Faltschachtelkarton

Tabelle 8: Gesamtbewertung der untersuchten Versuchskartons (Potenzial zur Stickybildung)

Muster Nr.	FS	V1	V2	V3	V6	V7	V9	V10
Niedriges Störpotenzial	■	■	■	■	■	■	■	
Mittleres Störpotenzial		■	■	■				
Hohes Störpotenzial								■

\* FS = unbeschichteter Faltschachtelkarton

Ohne auf alle Einzelergebnisse näher einzugehen, können zusammenfassen folgende Aussagen getroffen werden (vgl. dazu Tabelle 8):

- Muster V6, V7 und V9 weisen ein sehr niedriges Störpotenzial auf.
- Muster V10 weist hingegen ein hohes Störpotenzial auf. Mit hoher Wahrscheinlichkeit treten beim Rezyklieren Probleme auf.
- Die Muster V1, V2 und V3 besitzen ein geringes Störpotenzial, wobei dessen Niveau basierend auf den bisher vorliegenden Erfahrungen eher im unteren Bereich angesiedelt werden kann. Ein von den Beschichtungen beim Recyclingprozess ausgehendes Gefahrenpotenzial kann aber nicht ausgeschlossen werden.

#### 4 4 Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen des Forschungsprojekts lassen sich abschließend folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Es ist auf der Basis wässriger Polymerdispersionen unter Zusatz von kostengünstigen Pigmenten und Additiven möglich, wirksame Barrierebeschichtungen für Karton-

rückseiten zu formulieren, die ökonomisch und ökologisch konkurrenzfähig zu bisherigen Beschichtungen sind. Die Nachweise konnten unter Praxisbedingungen durch die erfolgreiche Herstellung entsprechender Versuchsmuster belegt werden.

- Wesentliche Fortschritte gegenüber früher konnten bei den Kosten erzielt werden. Durch Verwendung von plättchenförmigen Pigmenten mit einem hohen Aspect ratio ist es möglich, die Kosten für die Formulierungen auf ein gegenüber Extrusionsbeschichtungen konkurrenzfähiges Maß zu drücken.
- Die entwickelten Formulierungen können mit den in der Papier- und Veredelungstechnik benutzten Streich- und Beschichtungsanlagen aufgetragen werden. Dadurch ist gerade für kleine und mittelständische Unternehmen häufig eine Erweiterung des Produktportfolios ohne zusätzliche Investitionen möglich.
- Optimierungsbedarf besteht noch in der Trocknung einzelner Formulierungen. Da sich dadurch voraussichtlich die Barriereigenschaften noch deutlich verbessern lassen, besteht hier noch Bedarf an weiterführender F&E.
- Die beschichteten Kartons können weitgehend mit herkömmlichen Verfahren und Methoden verarbeitet werden.

Weitere Informationen: [m.kleebauer@ptspaper.de](mailto:m.kleebauer@ptspaper.de)

Autor:

Dr. Markus Kleebauer

PTS München

Heißstraße 134

80797 München

Tel. 089 – 12146-387

Fax 089 – 12146-36

### **Danksagung**

Das Forschungsvorhaben AiF 13842 wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) gefördert. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

## Verzeichnis der Abbildungen

- Abbildung 1: Wasserabsorptionsvermögen ( $Cobb_{60}$ -Werte) verschiedener Grunddispersionen auf Standardsubstrat (gestrichenes Silikonrohpapier)
- Abbildung 2: Wasserdampfdurchlässigkeit (WDD) verschiedener Grunddispersionen auf Standardsubstrat (gestrichenes Silikonrohpapier) – gemessen bei 23 °C, 85 % Luftfeuchtigkeit
- Abbildung 3: Öl- und Fettresistenz (Kit-Test) verschiedener Grunddispersionen auf Standard-substrat (gestrichenes Silikonrohpapier)
- Abbildung 4: Oberflächenspannung von Beschichtungsfilmen verschiedener Grunddispersionen auf Standardsubstrat (gestrichenes Silikonrohpapier)
- Abbildung 5: Wasseraufnahmevermögen ( $Cobb_{60}$ -Werte) ausgewählter Grunddispersionen nach Zugabe verschiedener Pigmente
- Abbildung 6: Wasserdampfdurchlässigkeiten ausgewählter Grunddispersionen nach Zugabe verschiedener Pigmente
- Abbildung 7: Öl- und Fettresistenz (Kit-Test) ausgewählter Grunddispersionen nach Zugabe verschiedener Pigmente
- Abbildung 8: Oberflächenspannungen ausgewählter Grunddispersionen nach Zugabe verschiedener Pigmente
- Abbildung 9: Veränderung der Wasserdampfdurchlässigkeit der Grunddispersionen D4 und D5 und ausgewählter Mischungen mit Pigmenten bei verschiedenen Trocknungsbedingungen
- Abbildung 10: Schematische Darstellung der verwendeten schnell laufenden Versuchsstreichmaschine
- Abbildung 11: Zu erwartende Strichdickenprofile bei unterschiedlichen Dosierelementen
- Abbildung 12: Wasseraufnahmevermögen ( $Cobb_{60}$ -Werte) der beschichteten Versuchskartons im Überblick
- Abbildung 13: Wasserdampfdurchlässigkeiten der beschichteten Versuchskartons im Überblick
- Abbildung 14: Öl- und Fettresistenz (Kit-Werte) der beschichteten Versuchskartons im Überblick
- Abbildung 15: Vergleich der Wasserdampfdurchlässigkeiten vor und nach der Proberillung im Labor
- Abbildung 16: Oberflächenspannungen der Versuchskartons im Überblick

## Verzeichnis der Tabellen

- Tabelle 1: Zusammenstellung der verwendeten Grunddispersionen
- Tabelle 2: Eigenschaften der eingesetzten Pigmente
- Tabelle 3: Eigenschaften der Grunddispersionen D3-D6 nach Pigmentzugabe (P1, P2 und P3)



- Tabelle 4: Verhalten von ausgewählten Formulierungen bei verschiedenen Trocknungsbedingungen auf der Rückseite von Faltschachtelkarton (Auftragsgewicht (15 ± 1)g/m<sup>2</sup>)
- Tabelle 5: Rezepturtabelle für die erste Versuchsserie auf dem Pilotcoater
- Tabelle 6: Rezepturtabelle für die zweite Versuchsserie auf dem Pilotcoater
- Tabelle 7: Ausgewählte Versuchskartonmuster für die Beurteilung der Rezyklierbarkeit
- Tabelle 8: Gesamtbewertung der untersuchten Versuchskartons (Potenzial zur Stickybildung)

## 5 Literatur

- [1] Placzek L.  
„Kunststoffbeschichtete Verpackungen“  
Coating, Nr. 1, 1984, S. 2-6
- [2] Langowski H.-C.  
Barriereigenschaften von beschichteten Packstoffen: Eine Übersicht  
Allgemeine Papierrundschau, Nr.5, 1996, S.107-113
- [3] Goetz K.  
Dispersionsbeschichtete Papiere für die Verpackungsindustrie  
Deutsche Papierwirtschaft, Nr. 3, 1986, S.T66 ff.
- [4] Cooper R.  
Barrier Coatings for Paper and Board  
Paper Technology, Nr. 4, 1990, S. 34-36
- [5] Dunlop-Jones N.  
Barrier Coatings - Performance Chemicals for the future  
IPW, Nr.4, 1997 S. 77-80
- [6] Kimpimaeki T., Santamaeki K.  
Barrier Dispersion Coating – New Feasibility for the packaging industry  
Paperi ja Puu 80, Nr. 4, 1998, S.249 – 256
- [7] Mika Vähä-Nissi, Antti Savolainen  
Filled Barrier Dispersion Coatings  
TAPPI Coating Conference 1999, S. 287-299
- [8] Santamäki K., Kimpimäki T.  
The key variables of repulpable barrier coatings for on-line applications  
In: Chemistry in papermaking, EUCEPA-Symposium 1998, S. 413-414
- [9] Gane, P.A.C.  
Mineralische Pigmente für Papier – Struktur, Funktion und Entwicklungspotential, Teil 1  
Wochenblatt für Papierfabrikation 129, S. 110-116, (2001), Nr. 3
- [10] Lex R.  
2. VESTRA-Meeting Point 1998 mit Inbetriebnahme des neuen Auftragsaggregates  
Modular-Combi-Blade  
Wochenblatt für Papierfabrikation 126, S. 676 (1998) Nr. 14/15
- [11] N. N.

- Maschinentechnische Voraussetzungen für das Hochgeschwindigkeitsstreichen mit dem Blade-Coater  
Wochenblatt für Papierfabrikation 124, S. 551-552 (1996) Nr. 11/12
- [12] N. N.  
Vestra nimmt neue Filmpresse in Betrieb  
Wochenblatt für Papierfabrikation 124, S. 705 (1996) Nr. 16
- [13] Däubner H., Schachtl M. und Weigl J.  
Münchner Streichereizentrum – Vorstellung der neuen Versuchsstreihanlage Vestra im Hause der PTS, München  
Wochenblatt für Papierfabrikation 124, S. 132-135 (1996) Nr. 4
- [14] J. Strauß  
Prüfung von Roh-, Halb- und Hilfsstoffen der Papiererzeugung – Kennzeichnung der Rezyklierbarkeit von Packmitteln aus Papier, Karton und Pappe sowie von grafischen Druckerzeugnissen  
PTS-RH 021/95, Januar 1995, S. 1-6
- [15] J. Strauß  
Untersuchungen zum Recyclingverhalten von barrierebeschichteten Packmitteln aus Papier, Karton und Pappe.  
Veröffentlichung auf der PTS-Homepage ([www.ptspaper.de](http://www.ptspaper.de))  
zum AiF-Forschungsvorhaben Nr. 12568