

Kuratorium für Forschung und Technik
der Zellstoff- und Papierindustrie im
Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP)



INFOR-Projekt Nr. 4

Barriere-Rückseitenbeschichtung von Karton

März 2000

Papiertechnische Stiftung
München

Ressortleiter:
Dipl.-Ing. Hubert Runge

Projektleiter:
Dipl.-Ing. Rainer Rauch

Schlussbericht

BARRIERE-RÜCKSEITENBESCHICHTUNG VON KARTON

RESSORTLEITER

Dipl.-Ing. Hubert Runge

PROJEKTLEITER

Dipl.-Ing. Rainer Rauch

FORSCHUNGSSTELLE: PTS MÜNCHEN

LAUFZEIT: 01.01.1999 - 31.12.1999

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
1.1	Allgemeiner Überblick	2
1.2	Beeinflussung des Permeationsprozesses durch Barrierschichten.....	6
2	Versuche	7
2.1	Zielsetzung der Untersuchungen.....	7
2.2	Verwendete Materialien.....	7
2.2.1	Karton	7
2.2.2	Untersuchte Dispersionen	8
2.2.3	Pigment / Hilfsmittel zur Modifikation der Dispersionen	8
2.3	Versuchsprogramm.....	9
2.4	PDA – Penetration Dynamic Analyzer	11
2.5	Handrakelversuche – Versuchsdurchführung.....	12
3	Ergebnisse	13
3.1	Vorversuche.....	13
3.1.1	Untersuchung der Reproduzierbarkeit der Messungen mit dem PDA.....	13
3.1.2	Genauigkeit der berechneten PDA-Cobb ₆₀ -Werte	13
3.1.3	Auswahl der Beschichtungsmedien.....	14
3.1.4	Festlegung des Strichgewichts für die Versuchsreihen.....	14
3.1.5	Festlegung der Zugabemengen an Zusatzstoffen	15
3.2	Ergebnisse der Laborversuche.....	17
3.2.1	Dispersionen auf Basis SB-Latex	17
3.2.2	Dispersionen auf Basis Acrylat-Latex	18
3.2.4	Dispersionen auf Basis Wachse/Paraffine (WPP)	21
3.2.5	Mit Flourcarbonharz modifizierte Streichfarbe	22
3.2.6	Auswahl der Beschichtungsrezepturen der einzelnen Stoffklassen	23
3.3	Praxisnahe Streichversuche mit dem Helicoater	24
3.3.1	Benennung der Probenmuster	26
3.3.2	An den Mustern durchgeführte Untersuchungen	26
3.3.4	Untersuchung der Wasserresistenz mit dem PDA.....	27
3.3.5	Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit nach dem gravimetrischen Verfahren (DIN 53 122 Blatt 1)	27
3.3.6	Bestimmung der Öl-Aufnahmefähigkeit nach Cobb-Unger	28
3.3.7	Bestimmung der Fettresistenz (3M-Kit-Test)	29
3.3.8	Bestimmung der Blockkraft nach DIN 53 366 – A.....	30
3.3.9	Untersuchung der Verblockungsneigung.....	31
3.3.10	Verklebbarkeitsprüfung	33
3.3.11	Bestimmung der Rezyklierbarkeit nach der PTS-Methode	33
4	Zusammenfassung	34
5	Ausblick	36
6	Literatur.....	36

1 Einführung

1.1 Allgemeiner Überblick

In Deutschland lag im Jahre 1998 die Gesamtproduktion von Papier, Karton und Pappe bei ca. 16,3 Millionen Tonnen. Für Verpackungszwecke werden hiervon ca. 6,1 Millionen Tonnen 37,4% eingesetzt [1]. In den letzten Jahren fand eine Substitution von Verpackungen aus Papierwerkstoffen, z. B. durch Kunststoffe statt. Da jedoch die Recyclingfähigkeit von Packmitteln aus Papier, Karton und Pappe weitaus besser ist als die von Kunststoffen, kann diesem Trend durch die Entwicklung hochwertiger Verpackungsprodukte mit Altpapier als Hauptbestandteil entgegengewirkt werden.

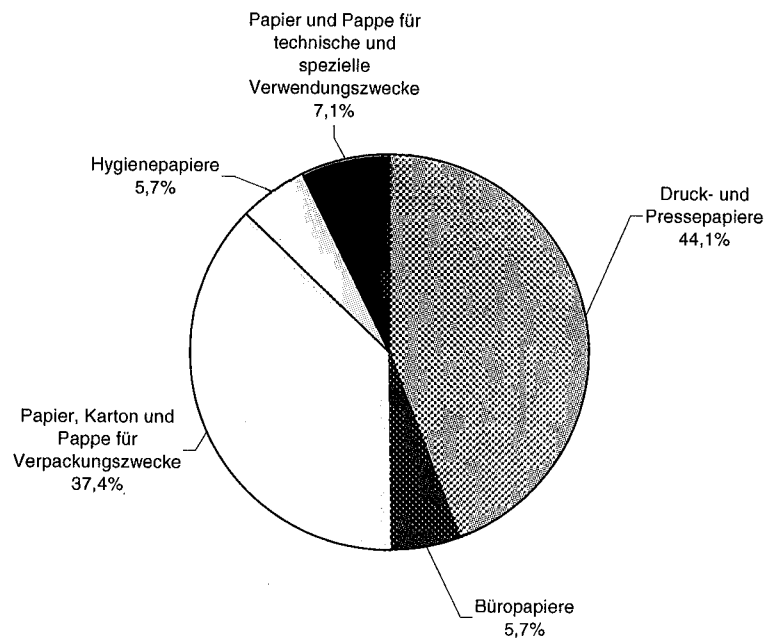


Abb. 1: Hauptproduktgruppen der Papier-, Karton- und Pappeproduktion in Deutschland im Jahre 1998

Für die Herstellung von 16,3 Millionen Tonnen Papier, Karton und Pappe wurden 1998 ca. 9,9 Millionen Tonnen Altpapier eingesetzt, was einer Altpapiereinsatzquote von 61 % entspricht [1]. Somit ist Altpapier zum wichtigsten Faserstoff für die Papiererzeugung in Deutschland geworden.

Im Weiterverarbeitungsprozess werden die Produkte auf Basis von Papier, Karton und Pappe oft mit anderen Materialien kombiniert, um die Eigenschaften des so gewonnenen Produktes „additiv“ zu optimieren.

An Verpackungsmaterialien aus Papier und Karton werden u. a. folgende Anforderungen gestellt [2]:

- Weiterverarbeitbarkeit, wie z. B. Bedruckbarkeit, Verklebbarkeit, Rillbarkeit, Falzbarkeit,
- Werbewirksamkeit durch ansprechende Optik wie z. B. Weiße, Glätte, Bedruckbarkeit,
- Alterungsbeständigkeit,
- mechanische Eigenschaften wie Reißfestigkeit, Berstfestigkeit, Rillbarkeit, Falzbarkeit etc. und
- gesundheitliche Unbedenklichkeit, Geruchs- und Geschmacksfreiheit

Diesen Anforderungen können Papier, Karton und Pappe alleine meist nicht gerecht werden. Sie werden deshalb oft mit anderen Materialien kombiniert.

Als papierfremde Stoffe werden dabei oft Kunststoffe oder Aluminium eingesetzt, um bestimmte Barrierewirkungen, die der poröse Werkstoff Papier nicht aufweist, zu realisieren. Es kommt sehr stark auf das jeweilige Einsatzgebiet des veredelten Fertigproduktes an, mit welchen Stoffen Papierprodukte modifiziert werden.

Es gibt drei Grundverfahren, um Verpackungspapiere zu veredeln [3]:

- Imprägnieren
- Kaschieren
- Beschichten bzw. Streichen

Die Entwicklung und der Einsatz von Barrierschichten im Bereich der Packstoffe aus Papier und Pappe bringen sowohl Vorteile für Hersteller und Vertreiber als auch für die Verbraucher mit sich. Derart veredelte Verpackungsgüter gewähren einen besseren Schutz für das Packgut im Bereich der Lebensmittel und verlängern so die Haltbarkeit bei minimalem Packmitteleinsatz. Somit wird auch die zentrale Forderung der Verpackungsverordnung erfüllt, nämlich die der Vermeidung von Verpackung.

Die Anwendungsgebiete für Packstoffe aus Papier und Pappe, die mit Barriermaterialien versehen sind, liegen hauptsächlich im Bereich der Nahrungsmittelverpackung, unter die zum Beispiel Pizzaschachteln, Gefrierpackungen, Tierfutter-, Keks- und Fleischverpackungen zählen. Auch außerhalb des Lebensmittelbereiches werden solche Materialien eingesetzt, z. B. bei Postkarten, Tapeten, Rieseinschlagpapieren, oder Waschpulververpackungen [4].

Zu den Einflussgrößen auf die Entwicklungstrends im Verpackungsbereich gehören die geänderten Lebensgewohnheiten, die Akzeptanz der Verbraucher, aber vor allem ökologische Gründe, denen die technischen Anforderungen angepasst werden müssen. Bei den Verbrauchern wird hierbei ein immer größeres Umweltbewusstsein festgestellt.

Im Jahre 1991 wurde das Duale System Deutschland ins Leben gerufen, das für die Trennung, Sammlung und Rückführung von Verpackungsmüll zuständig ist. Um das System zu finanzieren, wurden Lizenzgebühren eingeführt, die von den Verpackungsherstellern geleistet werden müssen („Grüner Punkt“).

Auch im Hinblick auf Verpackungen mit spezifischen Barriereigenschaften lassen sich folgende Trends erkennen:

- Substitution veredelter Verpackungspapiere durch Monopackstoffe auf Kunststoffbasis als Reaktion auf die Lizenzgebührenregelung der Dual System Deutschland (DSD),
- Substitution von Extrusionsbeschichtungen durch Beschichtungen auf Dispersionsbasis als Reaktion auf die DSD-Lizenzgebühren,
- Integration von Barrierefunktionen in Funktionsschichten des Papiers, insbesondere im Strich. Gründe hierfür sind die DSD-Lizenzgebühren und die bessere Akzeptanz „unbeschichteter“ Papiere, d. h. von Monomaterialien [5].

Durch die Gebühren werden die Hersteller von Packmaterialien dazu veranlasst, die Menge an eingesetzten Verpackungsmaterialien zu verringern bzw. zu vermeiden und mehr Monomaterialien als Verbundpackstoffe einzusetzen.

Um eine Müllvermeidung und die Rückführung bzw. Wiederverwertung von Verpackungsmüll innerhalb der Europäischen Union anzutreiben, wurde eine Verpackungsmüll-Richtlinie (94/62/EC) von der Europäischen Kommission herausgegeben. Die Richtlinie sieht vor, dass 50-60% der Verpackungen in Europa wiederverwertet (Rückführung in den Herstellungsprozess, energetische Wiederverwertung, Kompostierung) werden. Wie viele Europäische Richtlinien zieht auch diese Debatte bzgl. einer Übereinstimmung der Absichten und Ziele, welche dann in die jeweiligen nationalen Gesetze übertragen werden, nach sich.

Dieser umweltpolitische „Druck“ schafft Platz für Innovationen auf dem Verpackungsmarkt [4].

Eine Folge dieser Entwicklungen ist der zunehmende Einsatz von Barrierebeschichtungsmitteln, die auf Wasser basieren und spezifische Sperreigenschaften des Fertigprodukts bewirken. Solche Veredelungsmittel sind zwar bereits seit 15 Jahren verfügbar, dennoch konnten erst in letzter Zeit durch Entwicklung spezieller Emulsionspolymere die geforderten Barriereigenschaften verwirklicht werden. Diese Beschichtungen sind lösemittelfrei, benötigen keine speziellen Auftragsaggregate und können nach Gebrauch wieder mit dem Trägerwerkstoff zerfasert werden.

Sie können mit allen gängigen Strichauftragswerken (Blade, Rollschaber, Luftbürste bzw. -messer) sowie mittels Leim- und Filmpresse schnell und effizient aufgebracht werden.

Hinsichtlich der Inhaltsstoffe der Beschichtungsmittel können in vielfältiger Weise Modifikationen, z. B. von der Auswahl der (Co-)Monomere über die Einstellung der Partikelgröße der Emulsion, über die Polymerarchitektur (Molekulargewicht, Vernetzungsgrad) oder über die Beimischung von Pigmenten (zum Beispiel Kaolin, Calciumcarbonat) und Hilfsmitteln, erzielt werden. Als Polymere kommen vor allem Acrylate, Styrol-Butadiene, Vinylacetate und deren Copolymerisate sowie Polyvinylidenchlorid-Polymerisate zum Einsatz. Auch Flourchemikalien werden heute zur Erzielung bestimmter Sperr-Eigenschaften verwendet. Wachse, oberflächenaktive Substanzen (Tenside), Entschäumer, Viskositätsregler und Vernetzungsmittel werden als Hilfsstoffe eingesetzt.

Mit derartigen Beschichtungsmitteln lassen sich je nach Rezeptur Sperrwirkungen gegenüber Wasser, Wasserdampf, Fetten, Ölen, Gasen sowie Aromastoffen erzielen [6].

Von Produkten aus Papier, Karton und Pappe wird heute erwartet, dass sie nach dem Gebrauch stofflich wiederverwertet werden können. In diesem Zusammenhang ist die Rezyklierbarkeit der veredelten Packstoffe eine wesentliche Voraussetzung.

Die grundlegenden Aspekte für die Rezyklierbarkeit sind in Abbildung 2 dargestellt:

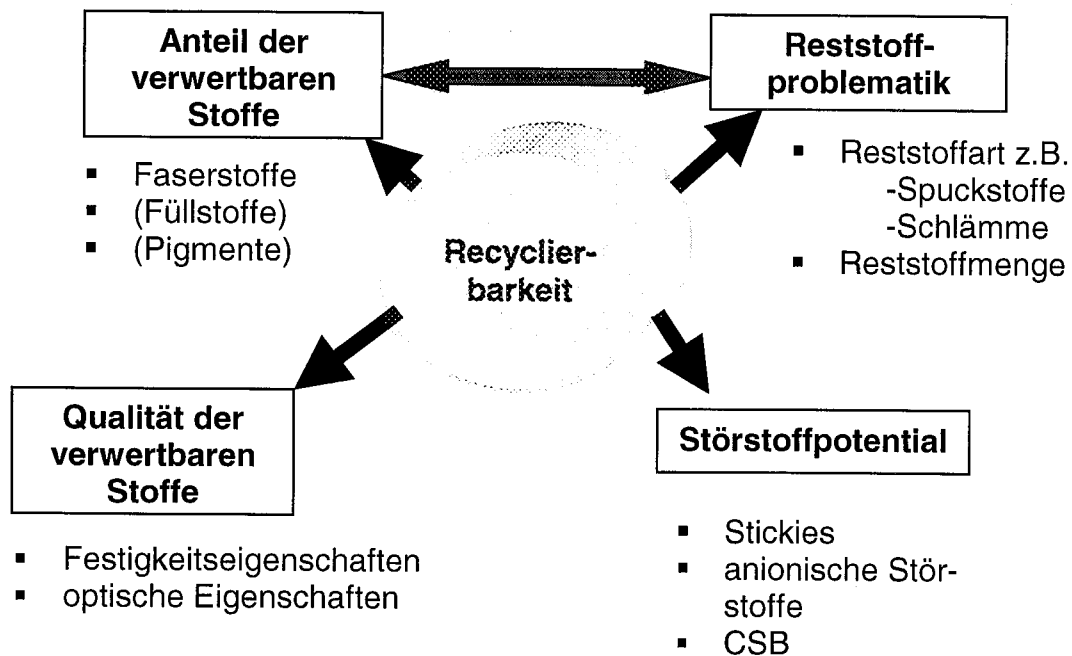


Abb.2: Bewertung der Rezyklierbarkeit von Papier-, Karton-, und Pappeerzeugnissen [6]

Das Altpapier muß mit den gängigen Recyclingmethoden verarbeitet werden können. Papierfremde Bestandteile dürfen somit die Verfahren der Altpapieraufbereitung und Papierherstellung nicht negativ beeinflussen, Kreislauf- und Abwässer nicht übermäßig belasten sowie die Qualität des aus dem aufbereiteten Stoff hergestellten Papiers nicht beeinträchtigen. Damit kommt der Bewertung des Störstoffpotentials der zu recycelnden Erzeugnisse aus Papier eine sehr große Bedeutung zu.

Die klebenden Verunreinigungen (Stickies) und/oder anionischen Störstoffe spielen hierbei die größte Rolle. So führen Stickies nicht nur zu Qualitätseinbußen bei den aus Altpapier hergestellten Papieren, sondern sind oftmals die Ursache für Produktionsstörungen. Klebende Verunreinigungen entstehen aus verschiedenen Werkstoffen der Papierverarbeitung, vor allem aber aus Klebstoffen. Auch synthetische Bindemittel aus der Papierveredelung sowie beschichtete, imprägnierte, lackierte oder anderweitig veredelte Papiere können für die Stickybildung verantwortlich sein [6].

Stickies waren und sind immer noch Grund für intensive Forschung. Die Forschungsbemühungen konzentrieren sich dabei überwiegend auf die unterschiedlichen Arten von Klebstoffen, die bei der Papierverarbeitung eingesetzt werden. Weniger Zuwendung haben in der Vergangenheit die Gruppe der Imprägnier-, Kaschier- und Beschichtungsmaterialien erhalten. Es ist somit wenig bekannt über das Recyclingverhalten von wasserbasierenden Beschichtungsmitteln, die zur Erzeugung einer Barrierschicht eingesetzt werden.

Diese Materialien werden in Produktbeschreibungen zwar oft als „repulpable“ bezeichnet und somit als recyclingfähig eingestuft, obwohl damit nur eine Aussage über die Zerkleinerbarkeit und nicht über das Störverhalten beim Produktionsprozess oder über eine Minderung der Papierqualität gemacht wird [6].

1.2 Beeinflussung des Permeationsprozesses durch Barrierschichten

Die Wanderung von Stoffen bzw. Stoffsystemen durch das Verpackungsmaterial wird als Permeation (auch Penetration, Migration) bezeichnet. Diese soll bei Verpackungsmaterialien durch Barrierschichten verhindert bzw. reduziert werden. Folgende Faktoren beeinflussen die Permeationseigenschaften von Substanzen in Packstoffen [7]:

- Packstoffmaterialien,
- Permeierende Substanzen,
- Umgebungsbedingungen (vor allem Temperatur und Luftfeuchtigkeit).

Bei homogenen Materialien (z. B. Polymere) findet der Stofftransport über die Prozesse Lösung und Diffusion statt [7]. Die durchtretende Stoffmenge pro Zeit- und Flächeneinheit ist eindeutig bestimmt durch:

- Das Konzentrationsgefälle von einer Seite zur anderen
- Diffusionskoeffizient und Löslichkeit
- Kehrwert der Filmdicke

Die Permeation durch heterogene Materialien wie Papier unterscheidet sich von der Permeation durch homogene Stoffe. Hierbei kommen unterschiedliche Transportmechanismen zum Tragen, die abhängig von der Zusammensetzung und Struktur des Materials sind. Hierzu sind hauptsächlich Leimung, Behandlung der Fasern, Pigmente in der Masse oder im Strichauftrag, Bindemittel oder weitere Beschichtungen zu erwähnen.

Permeationsvorgänge durch heterogene Materialien sind sehr produktspezifisch. Um reproduzierbare Barriereigenschaften zu erzielen, sind viele Hersteller auf polymerbeschichtete Papiere übergegangen. Wenn man eine Polymerschicht mit einer ausreichenden Dicke porenfrei auftragen kann, spielt das Trägermaterial (Papier oder Karton) bei Permeationsvorgängen eine untergeordnete Rolle und die Barriereigenschaften der Schicht gegenüber permeierenden Stoffen sind definiert eingestellt.

Auf Papier aufgedampfte dünne Schichten, zum Beispiel Aluminium, Silizium- oder Aluminiumoxid stellen einen Spezialfall von heterogenen Materialien dar.

Quantitative Voraussagen zur Permeation von Medien durch Verbunde aus heterogenen und homogenen Materialien (Beispiel Papier + Polymerdispersion) sind schwieriger als bei der Verwendung verschiedener homogener Materialien. Die Barrierewirkung kann nur durch Laboruntersuchungen hinreichend genau bestimmt werden.

Die Durchlässigkeit hängt sehr stark vom eingesetzten Polymer ab, das heißt von seiner Struktur und seinem chemischen Aufbau.

2 Versuche

2.1 Zielsetzung der Untersuchungen

Das Versuchsprogramm wurde in Absprache mit den Projektbegleitern so geändert, dass in den Untersuchungen ausschließlich Karton als Trägermaterial berücksichtigt wurde.

Barriere-Rückseitenbeschichtungen bei Verpackungskarton sollen die Permeation von Bestandteilen des verpackten Gutes in das Verpackungsmaterial einerseits, und von Inhaltsstoffen des Rohkartons in das verpackte Gut andererseits, verhindern.

Solche Barrierschichten werden heute hauptsächlich durch das Aufbringen von Kunststoffen auf das Basismaterial bzw. das Kaschieren mit Aluminiumfolien erreicht. Ein großer Nachteil des so entstandenen Verbundmaterials ist seine kostspielige bzw. unmögliche Rezyklierbarkeit.

Ziel dieser Untersuchungen war es, Barriere-Rückseitenbeschichtungen für Karton auf Dispersionsbasis zu untersuchen und zu optimieren. Die entstandenen Produkte sollten wiederauflösbar, rezyklierbar und mit gängigen Streichaggregaten applizierbar sein und gute Barriereigenschaften gegenüber verschiedenen Medien aufweisen. Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Wirtschaftlichkeit der Beschichtungen.

2.2 Verwendete Materialien

Als Trägermaterial für die Beschichtungsmedien kam ein Chromoduplex-Karton zum Einsatz. Die Auswahl der Dispersionen erfolgte nach chemischer Stoffklasse und Eignung für Barrierebeschichtungen nach Herstellerangaben. Die Dispersionen wurden sowohl unverändert als auch mit Hilfsmitteln und/oder Pigmenten modifiziert auf den Karton aufgetragen.

2.2.1 Karton

Der eingesetzte Chromoduplex-Karton hatte ein Fertig-Flächengewicht von 300 g/m². Auf der Oberseite ist der Karton zweifach gestrichen. Den schematischen Aufbau zeigt Abbildung 3.

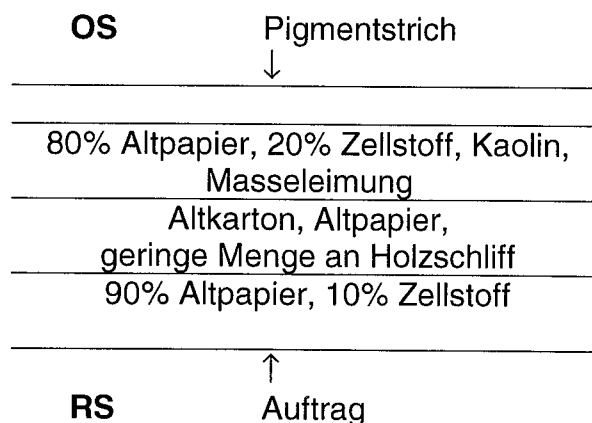


Abb. 3: Schematischer Aufbau des verwendeten Kartons

2.2.2 Untersuchte Dispersionen

Es wurden Dispersionen basierend auf unterschiedlichen chemischen Stoffklassen untersucht. Diese sind in der Folge nach Basismedium sortiert aufgeführt:

Dispersionen basierend auf Styrol-Butadien-Latex (SB):

- SB-Barrieredispersion 1 (Preis ca. DM 3,80/kg)
- SB-Barrieredispersion 2 (Preis ca. DM 4,20/kg)
- SB-Latex (Preis ca. DM 2,00/kg)

Dispersionen basierend auf Acrylat-Latex (Acrylat):

- Acrylat-Barrieredispersion 1 (Preis ca. DM 5,05/kg)
- Acrylat-Barrieredispersion 2 (Preis ca. DM 5,50/kg)
- Acrylat-Latex (Preis ca. DM 2,00/kg)

Dispersionen basierend auf nachwachsenden Rohstoffen (NWR):

- NWR-Barrieredispersion 1 (Preis ca. DM 3,20/kg)
- NWR-Barrieredispersion 2 (Preis ca. DM 2,90/kg)

Dispersionen basierend auf Wachsen/Paraffinen und Polymeren (WPP):

- WPP-Barrieredispersion 1 (Preis ca. DM 4,30/kg)
- WPP-Barrieredispersion 2 (Preis ca. DM 7,35/kg)
- WPP-Barrieredispersion 3 (Preis ca. DM 4,20/kg)

Flourcarbonharz:

- Flourcarbonharz (Preis ca. DM 40/kg)

Alle Preisangaben beziehen sich auf Kilogramm Handelsware.

2.2.3 Pigment / Hilfsmittel zur Modifikation der Dispersionen

Es wurden sowohl die reinen Dispersionen als auch mit Pigment und/oder Vernetzer und weiteren Hilfsstoffen modifizierte Dispersionen untersucht. Die eingesetzten Stoffe werden hier kurz vorgestellt:

Pigment:

- Kaolin-Slurry (Preis ca. DM 0,50/kg)

Vernetzer:

- Vernetzer 1: Glyoxalderivat (Preis ca. DM 3,30/kg)
- Vernetzer 2: Mischung von Epichlorhydrin und Glyoxalderivat (Preis ca. DM 2,25/kg)

Sonstige Hilfsmittel:

- CMC (Preis ca. DM 2,00/kg)
- Verdicker (Preis ca. DM 2,50/kg)

2.3 Versuchsprogramm

Ein schematischer Überblick über den Ablauf der Versuche wird in Abbildung 4 gegeben:

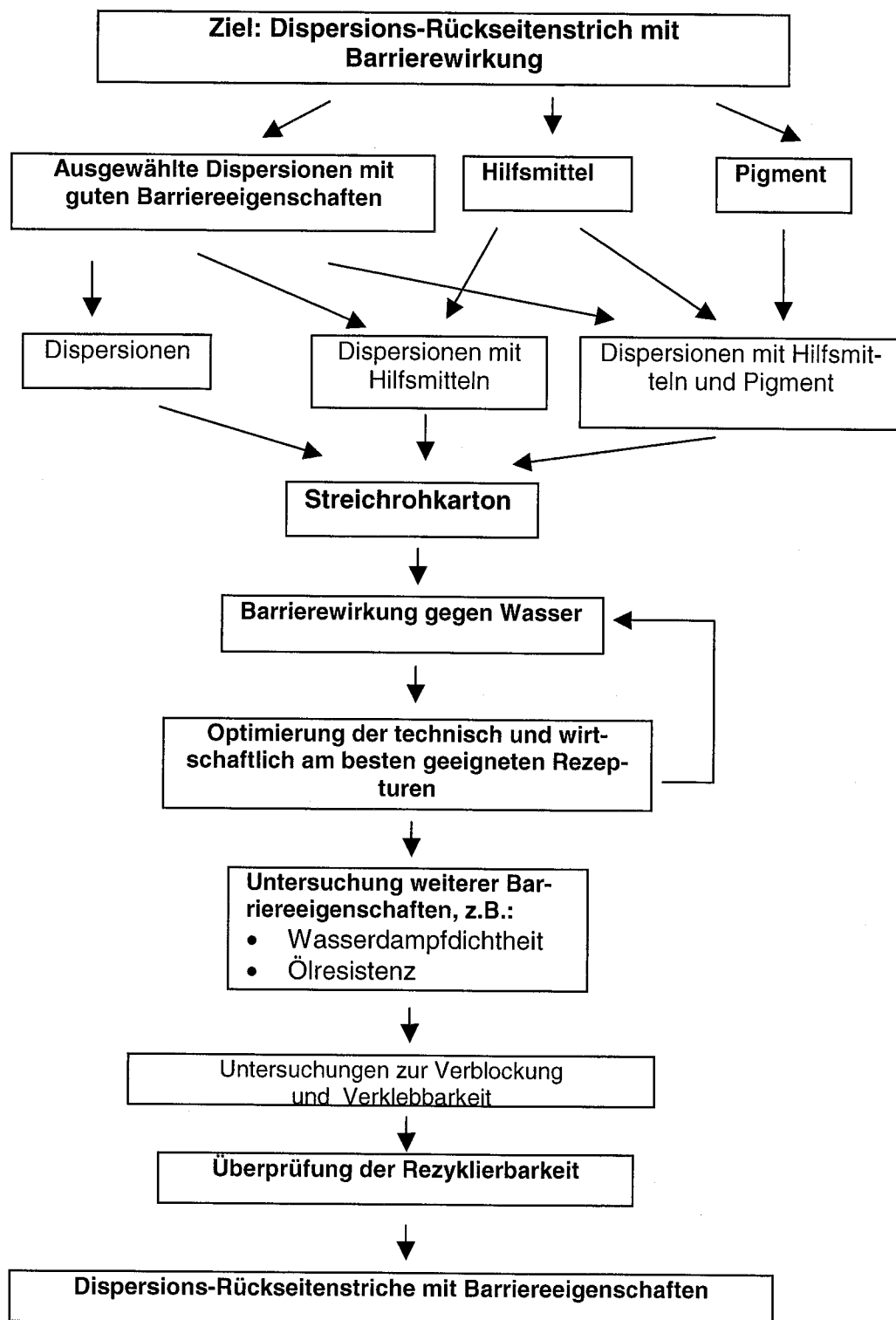


Abb. 4: Schematischer Ablauf der Untersuchungen

Die in den vorangegangenen Punkten genannten Medien wurden im ersten Teil der Untersuchungen in verschiedenen Kombinationen und Dosierungen mit einem Handrakel auf die Rückseite des Kartons aufgetragen (siehe Abbildung 5).

Rezepturen

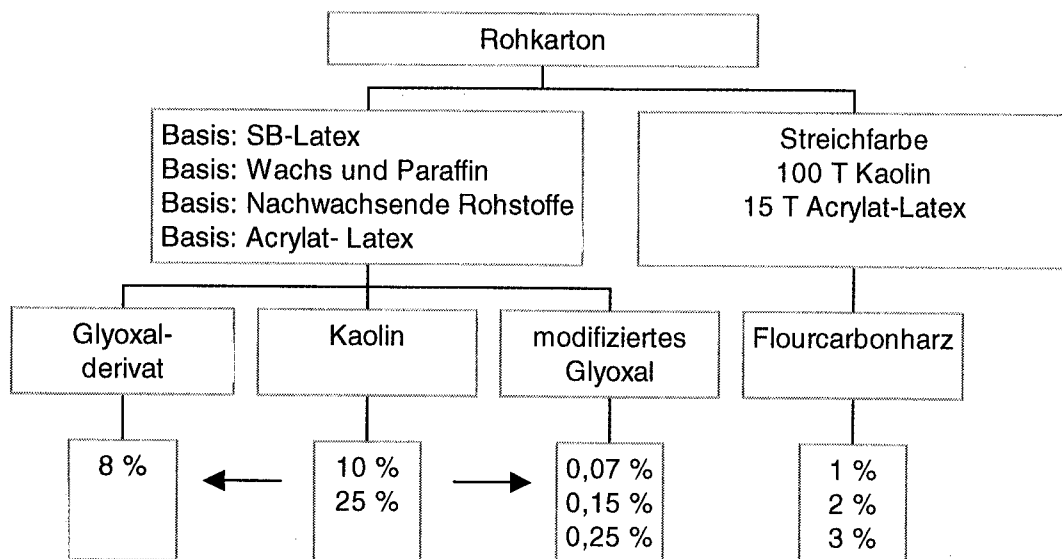


Abb. 5: Rezepturvariationen

Es wurden sowohl die Originalmedien als auch Kombinationen dieser Dispersionen mit Kaolin und/oder Vernetzern appliziert. Außerdem wurde eine Streichfarbe mit verschiedenen Mengen an Flourcarbonharz auf den Karton aufgetragen.

Angabe der Einsatzmengen (Feststoffmassen otro):

Barrieredisersionen:

- Dispersion (+ Kaolin) = 100 %
- Vernetzermenge bezieht sich auch Menge Dispersion (+ Kaolin)

Streichfarbe:

- Pigmente (Kaolin) = 100 % (Teile)
- Bindermenge bezieht sich auf Pigmentmenge
- Menge Flourcarbonharz bezieht sich auf die Gesamtstreichfarbe

Die Einsatzmengen wurden mit Hilfe von Vorversuchen festgelegt und orientieren sich überwiegend an den Angaben der jeweiligen Hersteller.

Die so erhaltenen Muster wurden auf ihre Wasserresistenz mit dem Penetration Dynamic Analyzer untersucht. Die hinsichtlich Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit geeigneten Rezepturen wurden im zweiten Teil der Untersuchungen mit dem Helicoater auf den Karton aufgetragen. Die erhaltenen Muster wurden auf die Barriereigenschaften Wasserresistenz, Wasserdampfdurchlässigkeit, Fettresistenz und Ölresistenz untersucht. Zusätzlich wurden Verblockungsneigung, Verklebbarkeit und Recyklierbarkeit getestet.

2.4 PDA – Penetration Dynamic Analyzer

Die Wasserresistenz der verschiedenen Muster wurde mit dem Penetration Dynamics Analyzer der Firma Emtec bestimmt.

Auf das Penetrationsverhalten gegenüber fluiden Medien können alle flächigen Materialien, die für Ultraschall durchlässig sind, untersucht werden. Für die Bestimmung des dynamischen Eindringverhaltens von Wasser in Karton ist der Penetrations-Dynamik-Analysator eine sehr gute Messmethode, um genaue und reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen. Die Handhabung des Gerätes ist einfach und die Messdaten können anschaulich aufbereitet werden.

Der schematische Aufbau des Messgerätes ist in Abbildung 6 dargestellt.

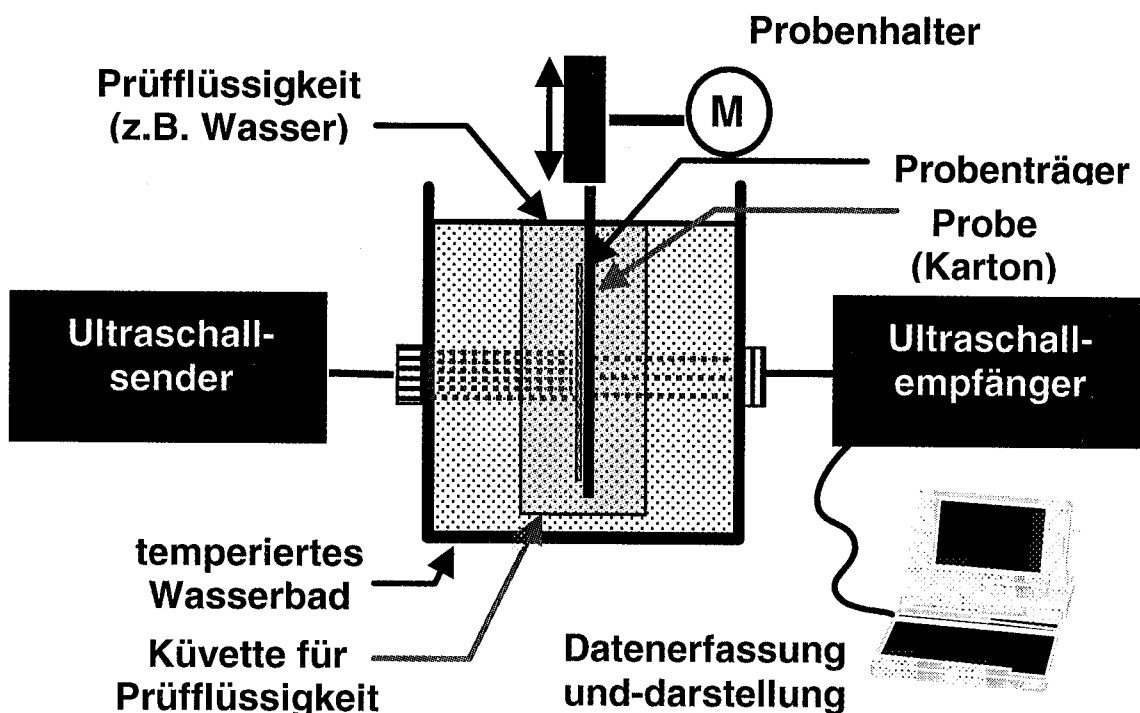


Abb. 6: Schematischer Aufbau des PDA-Gerätes

Eine 7,5 cm x 5 cm große Kartonprobe wird mit Hilfe eines doppelseitigen Klebebandes auf den Probenträger aufgeklebt. Dieser wird in die Haltevorrichtung eingespannt. Beim Start der Messung taucht der Probenträger in die Messkuvette, die bis zur oberen Markierung mit dem Prüfmedium gefüllt ist (hier Leitungswasser). Die Messung beginnt sofort nach Eintauchen der Probe in das Messmedium.

Die Ultraschallwellen durchdringen die Probe und werden während des Penetrationsvorganges reflektiert, gestreut und absorbiert.

Der Empfänger zeichnet die daraus resultierenden Signaländerungen auf. Die Daten werden über eine Software automatisch ausgewertet und angezeigt. Auf die Interpretation der so erhaltenen Messwerte wird später näher eingegangen.

2.5 Handrakelversuche – Versuchsdurchführung

Die einzelnen Beschichtungsmedien wurden unter Rühren jeweils 10 min vermischt. Anschließend wurden Brookfield-Viskosität, Feststoffgehalt und pH-Wert gemessen. Das Streichmedium wurde mit dem Handrakel auf den Karton aufgetragen. Nach dem Streichen wurde der Karton umgehend in den Trockenschrank gelegt. Die Trockenbedingungen wurden folgendermaßen gewählt:

- Temperatur: 100 °C
- Trocknungszeit: 60 s

Bei epichlorhydrinhaltigen Streichfarben wurde die Temperatur auf 110 °C eingestellt. Epichlorhydrin benötigt bei kurzzeitiger Erwärmung eine Mindesttemperatur von 105 °C um aushärten zu können.

Nach dem Trocknen stellte man das Auftragsgewicht fest. Hierzu wurden Kreisflächen von exakt 100 cm² sowohl aus der ungestrichenen als auch aus der gestrichenen Fläche des Kartonbogens herausgestanzt.

Diese Muster wurden bei einer Temperatur von 120 °C drei Stunden lang getrocknet, um die enthaltene Restfeuchte zu entfernen. Die Gewichts Differenz aus dem gestrichenen und ungestrichenen Karton in Gramm multipliziert mit 100 ergibt das Auftragsgewicht in g/m².

Die Messung der Wasseraufnahme wurde bei den Kartonproben durchgeführt, die sowohl das Kriterium „richtiges Auftragsgewicht“ als auch „gute Oberflächenbeschaffenheit des Striches“ (z. B. keine Rakelstreifen) erfüllten.

Am PDA wurden folgende Parameter gewählt bzw. eingestellt:

- Messdauer: 600 s
- Ultraschallfrequenz: 2 MHz
- Messdurchmesser: 10 mm
- Messung mit Küvette
- Befüllung der Küvette mit dem zu vermessenden Medium (Leitungswasser) bis zum oberen Niveau
- Befüllung des Temperierbades mit destilliertem Wasser

3 Ergebnisse

3.1 Vorversuche

3.1.1 Untersuchung der Reproduzierbarkeit der Messungen mit dem PDA

Es wurden von jedem Muster drei Penetrationskurven aufgenommen. Die Reproduzierbarkeit bei den Penetrationsmessungen war dabei sehr hoch.

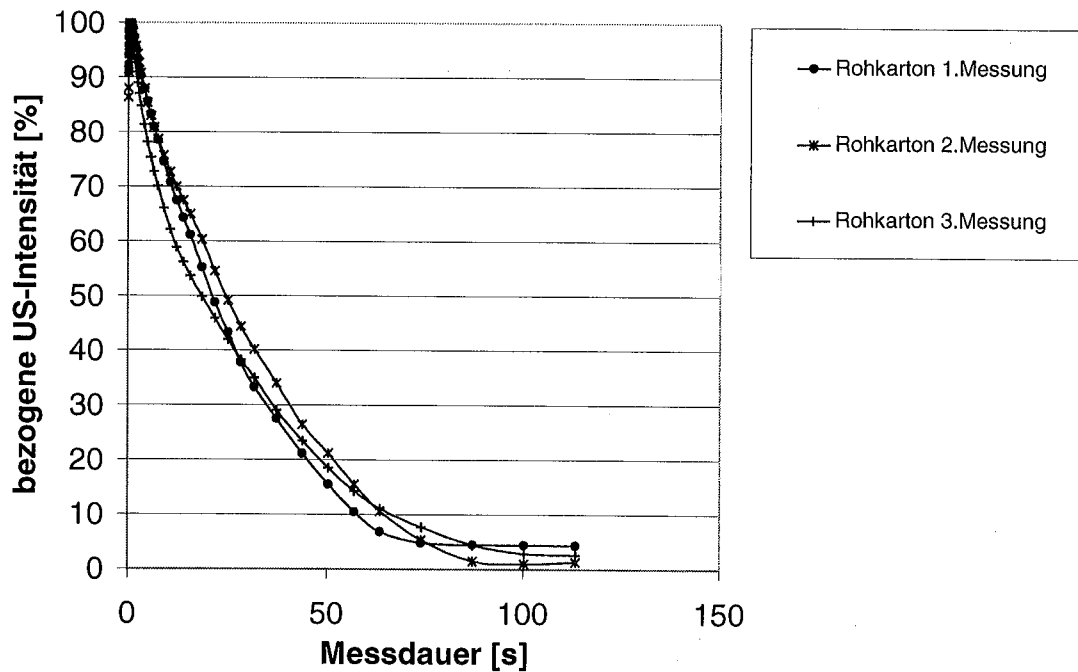


Abb. 7: Reproduzierbarkeit der Penetrationsmessungen mit dem PDA-Gerät

Abbildung 7 zeigt dynamische Penetrationskurven von Wasser in den Rohkarton. Die Steilheit des Abfallens der Signalkurve gibt hier die Eindringgeschwindigkeit der Prüf­flüssigkeit in das Muster wieder. Verläuft das Signal parallel zur X-Achse so hat die Prüf­flüssigkeit den Karton vollständig durchdrungen und Quellvorgänge sind abgeschlossen.

In den folgenden Diagrammen sind jeweils die Mittelwertkurven aus drei Messungen dargestellt.

3.1.2 Genauigkeit der berechneten PDA-Cobb₆₀-Werte

Die Bestimmung der Wasserresistenz mit Hilfe des PDA ist nicht so weit verbreitet wie die Messung der Wasseraufnahmefähigkeit nach Cobb. Anhand der PDA-Kurven lassen sich aber mit entsprechender Software „theoretische“ Cobb-Werte berechnen. Einen Vergleich der Cobb-Werte mit den aus den PDA-Kurven berechneten Werten zeigt Tabelle 1. Der Mittelwert wurde jeweils aus 3 Messungen gebildet.

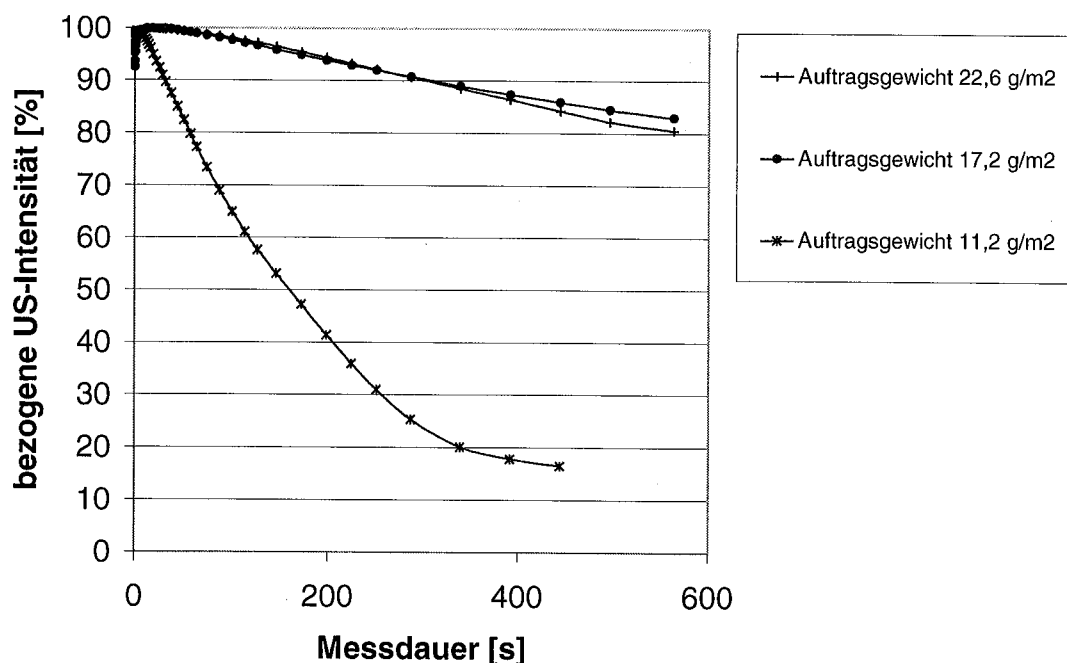
Tab. 1: Vergleich der gemessenen und der berechneten Cobb₆₀-Werte

Messung Produkt	Cobb60 (H ₂ O) Mittelwert [g/m ²]	Standard- abweichung [g/m ²]	PDA-Cobb60 (H ₂ O) Mittelwert [g/m ²]	Standard- abweichung [g/m ²]	Abweichung der praktischen und theoretischen Cobb60-Werte [g/m ²]
SB-Barrieredisersion 1	8,9	1,1	8,5	1,3	0,4
SB-Barrieredisersion 2	21,2	1,9	19,0	3,1	2,2

3.1.3 Auswahl der Beschichtungsmedien

Aus den insgesamt 9 zur Verfügung stehenden, auf 4 unterschiedlichen Stoffklassen basierenden Dispersionen wurden von jeder Stoffklasse für weitere Untersuchungen die besten Modifikationen hinsichtlich Wasserresistenz und Wirtschaftlichkeit ausgewählt.

3.1.4 Festlegung des Strichgewichts für die Versuchsreihen

**Abb. 8:** Einfluß des Strichgewichts auf die Wasserresistenz

In Abbildung 8 erkennt man, dass das Strichgewicht einen großen Einfluß auf die Penetration von Wasser in das gestrichene Muster hat. Der Karton wurde mit einer Dispersion, die auf SB-Latex basiert, beschichtet. Der Unterschied in der Wasseraufnahme zwischen den Auftragsgewichten 22,6 g/m² und 17,2 g/m² ist sehr gering. Bei einem Auftragsgewicht von 11,2 g/m² ist ein wesentlich schnelleres Eindringen des Wassers in den beschichteten Karton zu beobachten. Unterschiede zwischen verschiedenen Barrieremedien werden bei diesem Auftragsgewicht deutlich sichtbar.

Der Sollwert für das Auftragsgewicht für die weiteren Versuche wurde aufgrund dieser Ergebnisse auf 10 g/m^2 festgelegt. Es ergaben sich bei den Untersuchungen Toleranzen von ca. $\pm 2,5 \text{ g/m}^2$ im Auftragsgewicht, die auf die Dosierung der verschiedenen Medien (unterschiedliche Verarbeitungseigenschaften) mit dem Handraket zurückgeführt werden können.

3.1.5 Festlegung der Zugabemengen an Zusatzstoffen

Aus wirtschaftlichen Aspekten ist ein möglichst hoher Pigmentanteil in den Beschichtungsmedien anzustreben. Die Wasserresistenz verringert sich jedoch ab einer bestimmten Pigmentkonzentration. Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse von Karton, der mit einer Mischung von unterschiedlichen Anteilen von SB-Barrieredispersion 1 und Kaolin gestrichen wurde.

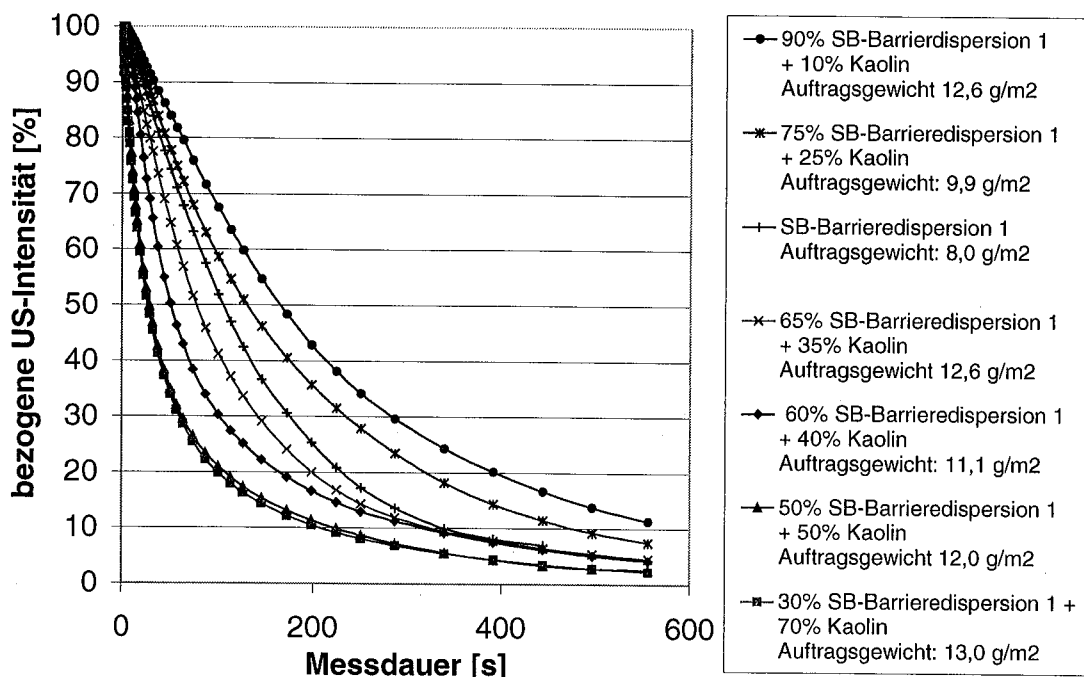


Abb. 9: Unterschiedliche Kombinationen von SB-Barrieredispersion 1 mit Kaolin

Mit einem Anteil bis zu 25% Kaolin im Beschichtungsmedium läßt sich die Barrierewirkung gegenüber Wasser hier etwas verbessern. Bei weiterer Erhöhung des Kaolinanteils verschlechtert sich jedoch die Wasserresistenz der Muster gegenüber der des Originalmediums.

Durch den Einsatz bestimmter Vernetzer sollten die Barriereeigenschaften der Dispersionen zusätzlich verbessert werden. Es wurden zwei verschiedene Vernetzer untersucht. Um geeignete Zugabemengen herauszufinden, orientierte man sich an den Herstellerangaben.

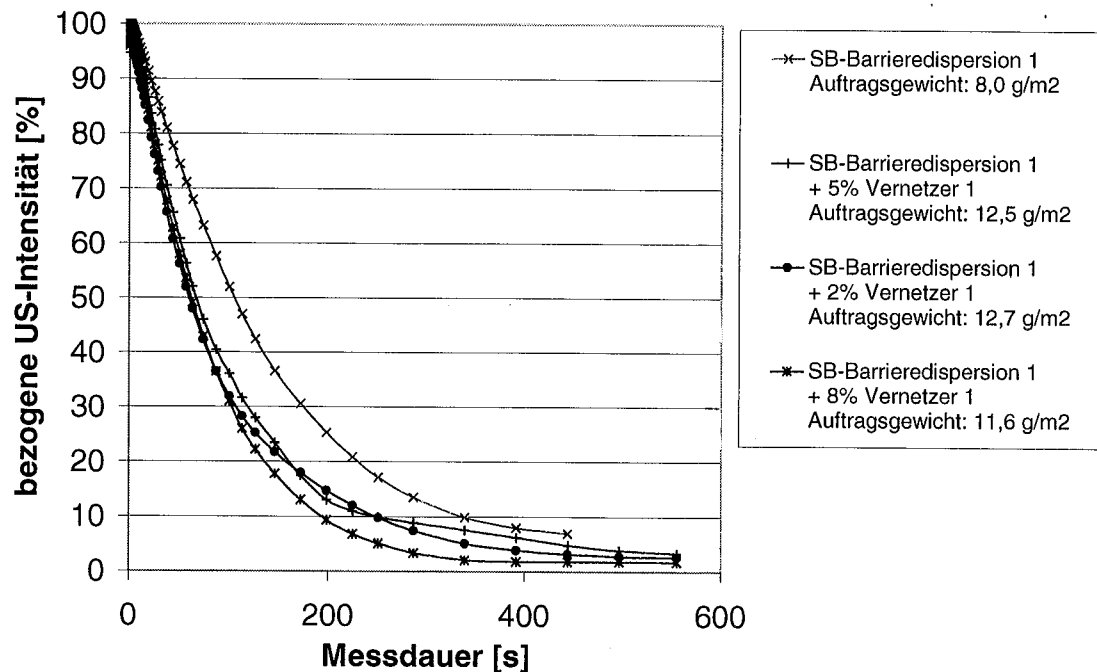


Abb. 10: Kombinationen von SB-Barrieredispersion und Vernetzer 1

Durch den Einsatz von Vernetzer 1 in Verbindung mit SB-Barrieredispersion 1 konnte die Wasserresistenz nicht verbessert werden. Dennoch wurde dieses Produkt weiter untersucht, da Verbesserungen in der Wasserresistenz bei Zugabe zu den anderen Dispersionen nicht auszuschließen waren. Für die weiteren Untersuchungen wählte man eine Zugabemenge von 8 %.

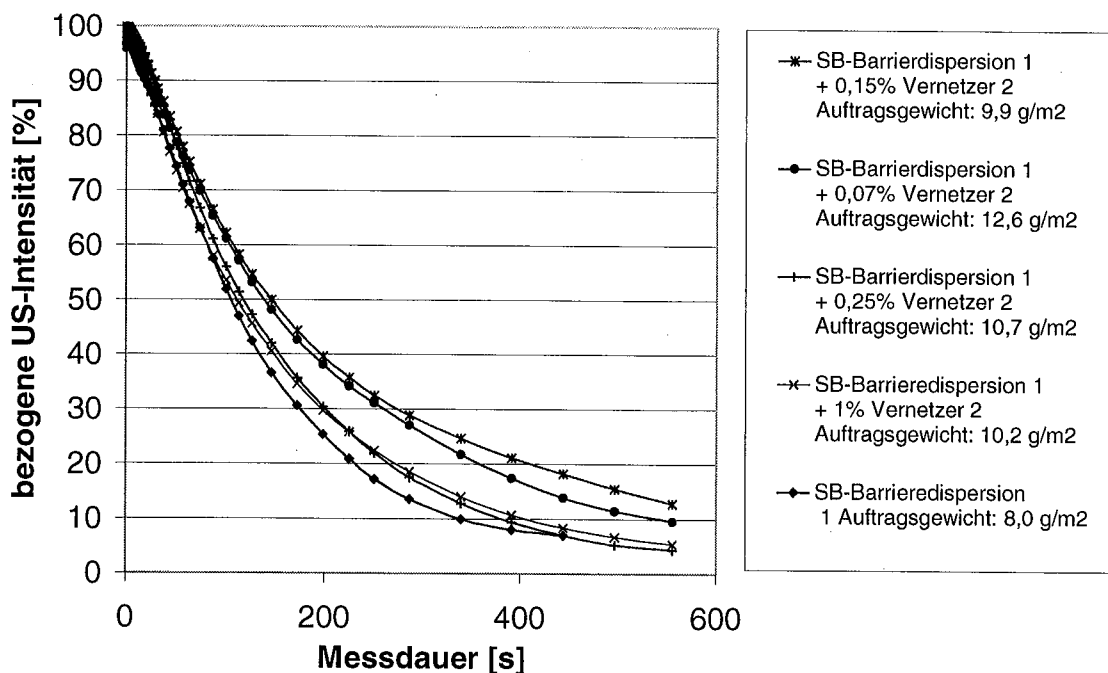


Abb. 11: Kombinationen von SB-Barrieredispersion und Vernetzer 2

In Abbildung 11 wird deutlich, dass durch die Zugabe von Vernetzer 2 zu SB-Barrieredispersion 1 die Wasserresistenz verbessert werden kann. Bei den Dosierungen von 0,25 % und 1 % sind kaum Unterschiede in der Wasserresistenz auszu-

machen. Für die weiteren Untersuchungen wählte man somit die Zugabemengen von 0,07 %, 0,15 % und 0,25 % an Vernetzer 2.

3.2 Ergebnisse der Laborversuche

3.2.1 Dispersionen auf Basis SB-Latex

Abbildung 12 zeigt die Penetrationskurven bei Kartonproben, die mit Beschichtungsmedien auf Basis von SB-Latex gestrichen wurden.

In den Diagrammen sind die Kosten für die jeweilige Beschichtung in Pf/g angegeben. Das Gewicht in g stellt hier die Trockenmasse dar. Multipliziert man diesen Wert mit dem gewünschten Auftragsgewicht in g/m^2 und der zu bestreichenden Fläche in m^2 , so erhält man die Beschichtungskosten.

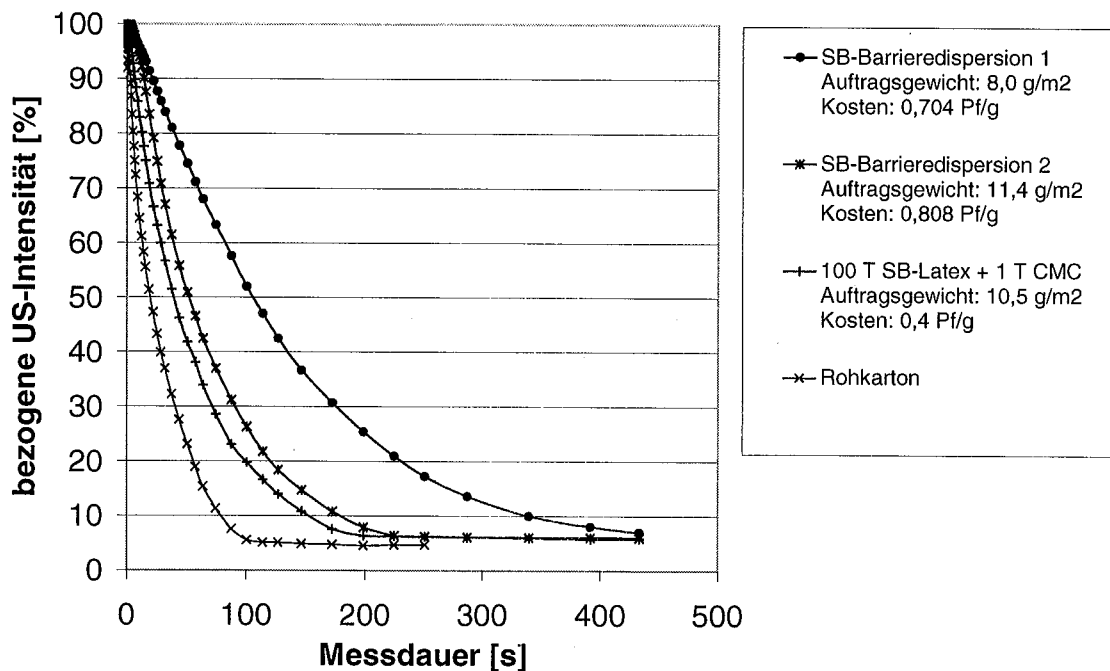


Abb. 12: Ergebnisse von PDA-Messungen: SB-Latex-Dispersionen

Die beste Wasserresistenz wurde hier bei Verwendung von SB-Barrieredispersion 1 erzielt. Aufgrund der Messergebnisse und des „günstigen“ Preises wurde diese Dispersion für weitere Untersuchungen ausgewählt. Die Beschichtung mit einem handelsüblichen Streichfarbenbinder auf Basis von SB-Latex brachte nur eine sehr geringe Verbesserung in der Wasserresistenz gegenüber dem Rohkarton.

SB-Barrieredispersion 1 wurde mit den in Abbildung 5 dargestellten Komponenten in den angegebenen Konzentrationen gemischt, um eine höhere Wasserresistenz und/oder eine verbesserte Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Die Ergebnisse der technisch und wirtschaftlich besten Rezepturvariationen sind in Abbildung 13 dargestellt.

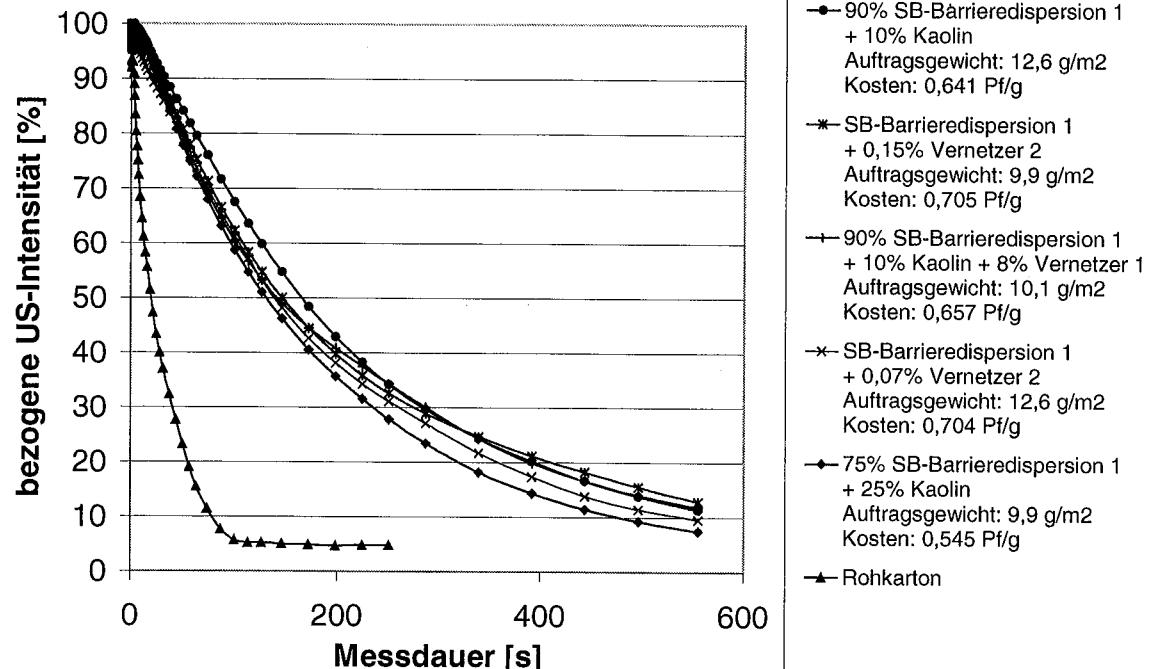


Abb. 13: Ergebnisse von PDA-Messungen: Kombinationen mit SB-Barrieredispersion 1

Die technisch besten Ergebnisse wurden hier bei einer Zugabe von 10 % Kaolin zum Originalmedium erzielt. Zugleich ergibt diese Zusammensetzung eine kostengünstige Variante.

3.2.2 Dispersionen auf Basis Acrylat-Latex

In der Folge sind Ergebnisse mit Beschichtungsmedien dargestellt, die auf Acrylat-Latex basieren.

Abbildung 14 verdeutlicht, dass bei den untersuchten Disperionen innerhalb dieser Produktgruppe, die beste Wasserresistenz bei Verwendung von Acrylat-Barrieredispersion 1 erzielt wurde. Die Beschichtungspreise liegen hier etwas höher als bei Medien, die auf SB-Latex basieren.

Die Beschichtung mit einem handelsüblichen Streichfarbenbinder auf Basis von Acrylat-Latex brachte keine Verbesserung in der Wasserresistenz gegenüber dem Rohkarton.

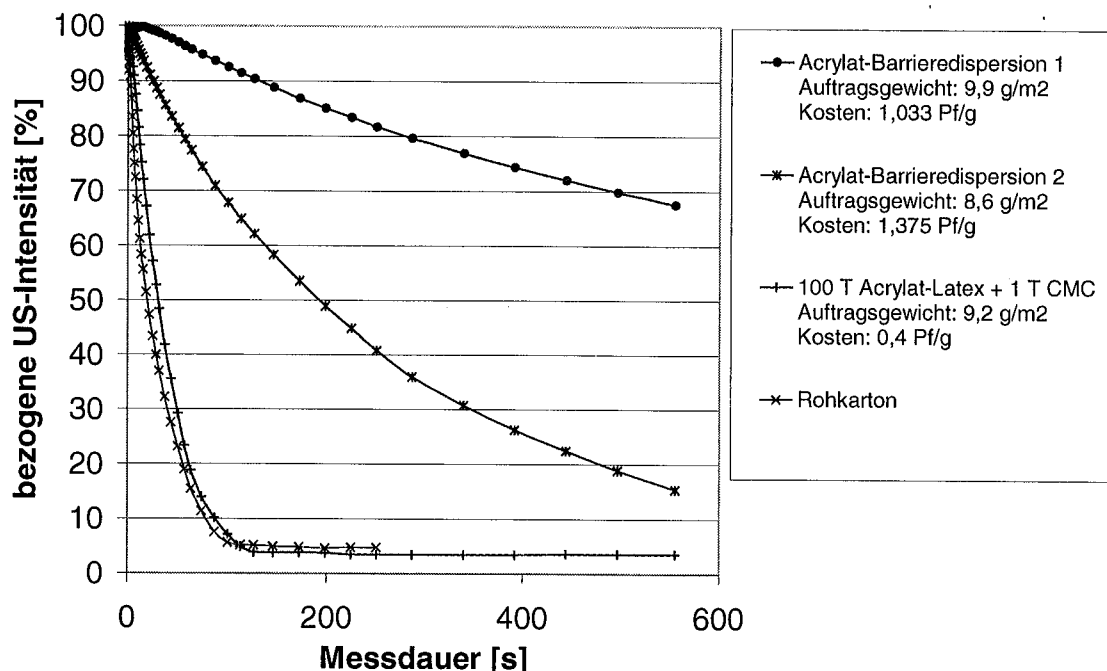


Abb. 14: Ergebnisse von PDA-Messungen: Acrylat-Latex-Dispersionen

Die in Abbildung 5 dargestellten Rezepturvariationen wurden in dieser Produktgruppe mit Acrylat-Barriere-dispersion 1 durchgeführt.

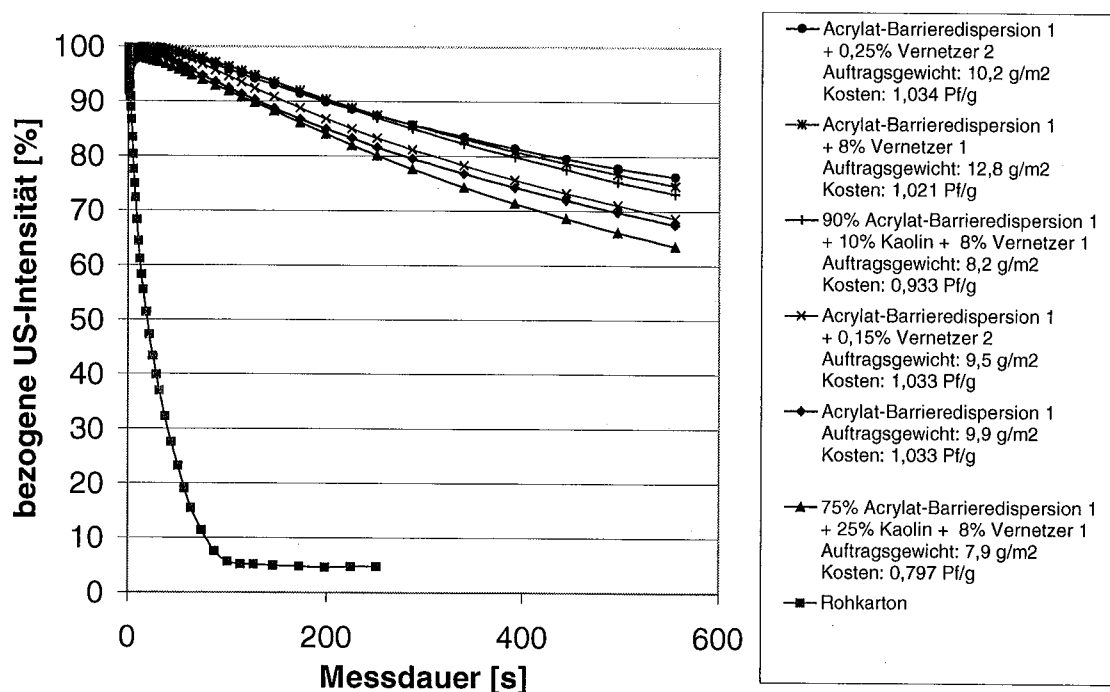


Abb. 15: Ergebnisse von PDA-Messungen: Kombinationen mit Acrylat-Barrieredispersion 1

Durch die Modifikationen konnte sowohl die Wasserresistenz als auch die Wirtschaftlichkeit der Beschichtungen verbessert werden. Die Ergebnisse einiger Modifikationen mit sehr guten Resultaten sind in Abbildung 15 ersichtlich.

3.2.3 Dispersionen auf Basis nachwachsender Rohstoffe (NWR)

NWR-Barrieredisersionen 1 und 2 sind lt. Hersteller als Kombination von Grundstrich (1) und Deckstrich (2) einzusetzen. Es wurden dementsprechend Versuche mit Zweifachstrichen durchgeführt. Leider konnten die geforderten niedrigen Strichgewichte beim Aufbringen des Deckstrichs mit dem Handrakel nicht erreicht werden. Deshalb wurden die beiden Dispersionen getrennt voneinander untersucht. Wie aus Abbildung 16 zu entnehmen ist, war die Wassereresistenz beim Einsatz von NWR-Barrieredisersion 1 deutlich besser als bei Verwendung von NWR-Barrieredisersion 2. Außerdem sind die Kosten dieser Beschichtung um ca. 35 % niedriger.

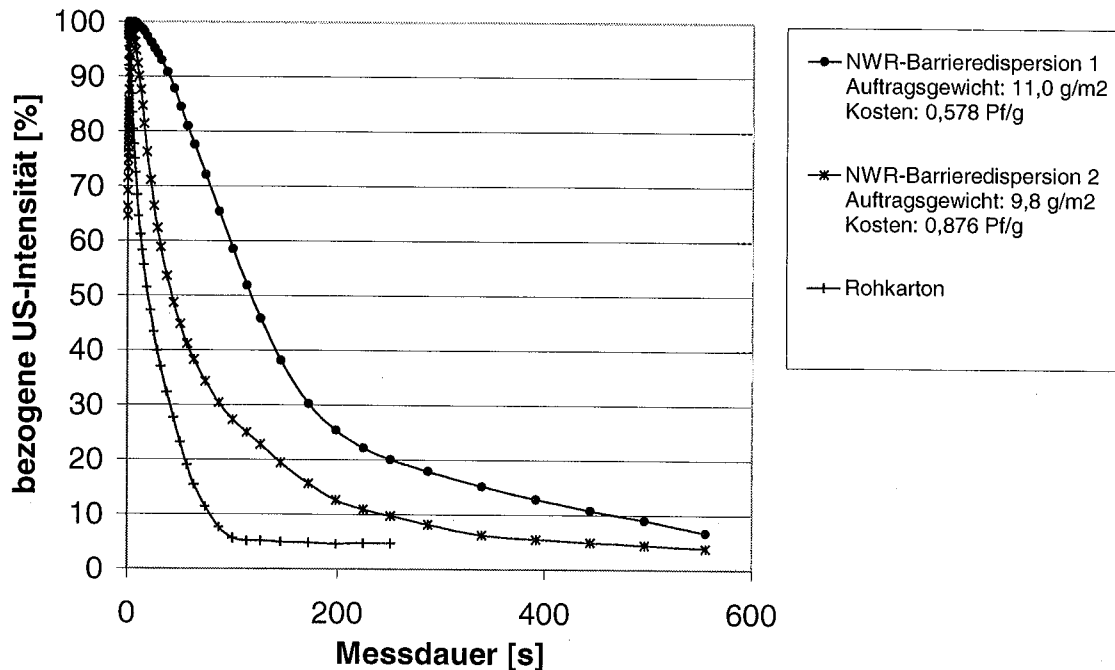


Abb.16: Ergebnisse von PDA-Messungen: NWR-Dispersionen

Obwohl die eingesetzten Medien hier nicht nach Herstellervorschrift verwendet wurden, erzielte man mit NWR-Barrieredisersion 1 ein gutes Preis-/Leistungsverhältnis im Vergleich zu den anderen untersuchten Produktgruppen. Aus diesem Grund wurden die Rezepturvariationen mit NWR-Barrieredisersion 1 durchgeführt. Abbildung 17 zeigt die Ergebnisse der PDA-Messungen einiger Kartonmuster, welche mit modifizierten Dispersionen beschichtet wurden.

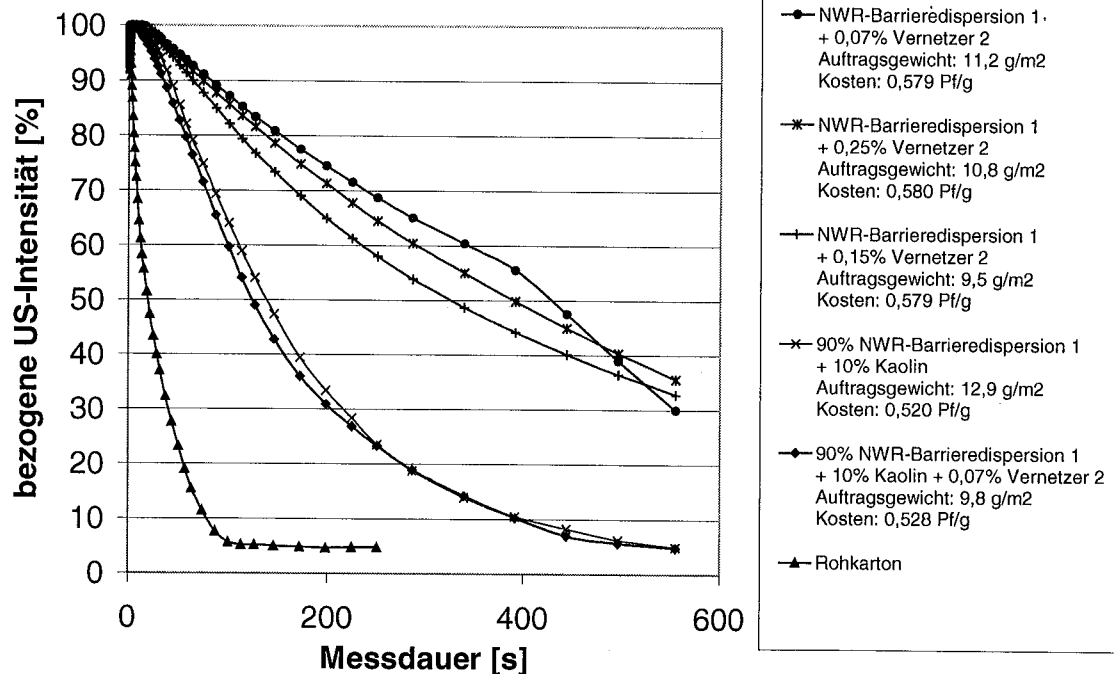


Abb. 17: Ergebnisse von PDA-Messungen: Kombinationen mit NWR-Barrieredispersion 1

Man erkennt in Abbildung 17, dass durch die Kombination mit Glyoxalderivat/Epichlorhydrinharz die Barrierewirkung erheblich verbessert werden konnte. Dabei erwies sich ein Zusatz von 0,07 % von Vernetzer 2 (trocken) bezogen auf Feststoff Barrieredispersion als am besten geeignet.

3.2.4 Dispersionen auf Basis Wachse/Paraffine (WPP)

Kartonmuster, die mit unterschiedlichen Dispersionen basierend auf Wachsen und/oder Paraffinen beschichtet wurden, werden hier näher betrachtet. Die Ergebnisse der Wasserpenetrationsmessungen sind in Abbildung 18 dargestellt.

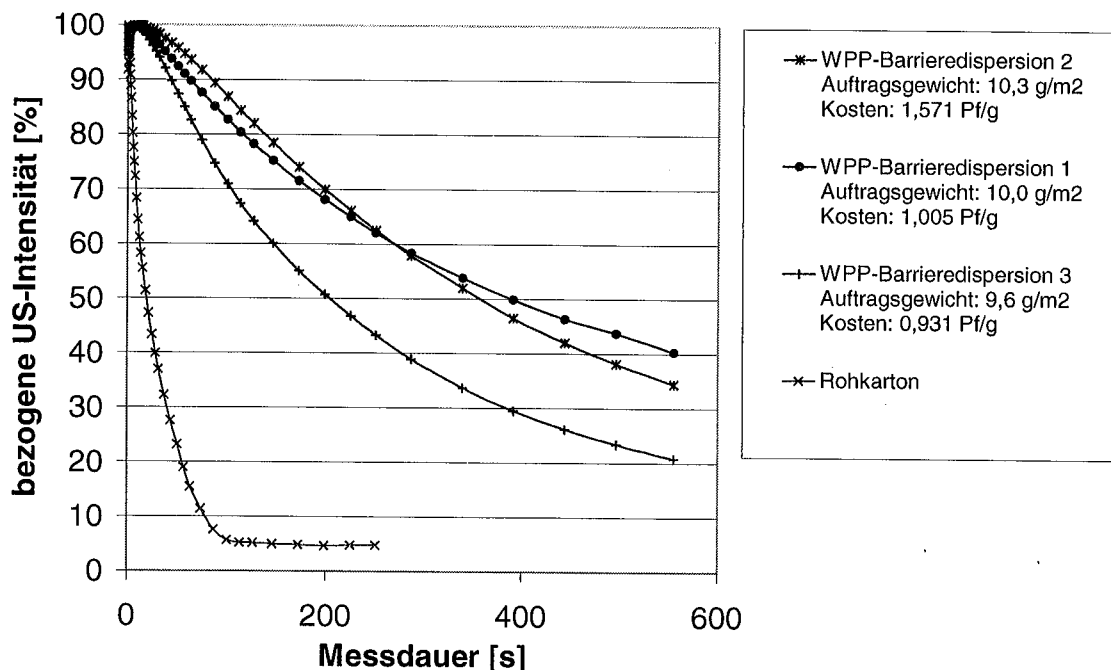


Abb. 18: Ergebnisse von PDA-Messungen: WPP-Dispersionen

Man erkennt in Abbildung 18, dass, bezogen auf die Wasserresistenz, die besten technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse mit WPP-Barrieredispersion 1 erzielt wurden. Dieses Produkt wurde in verschiedenen Modifikationen weiter untersucht.

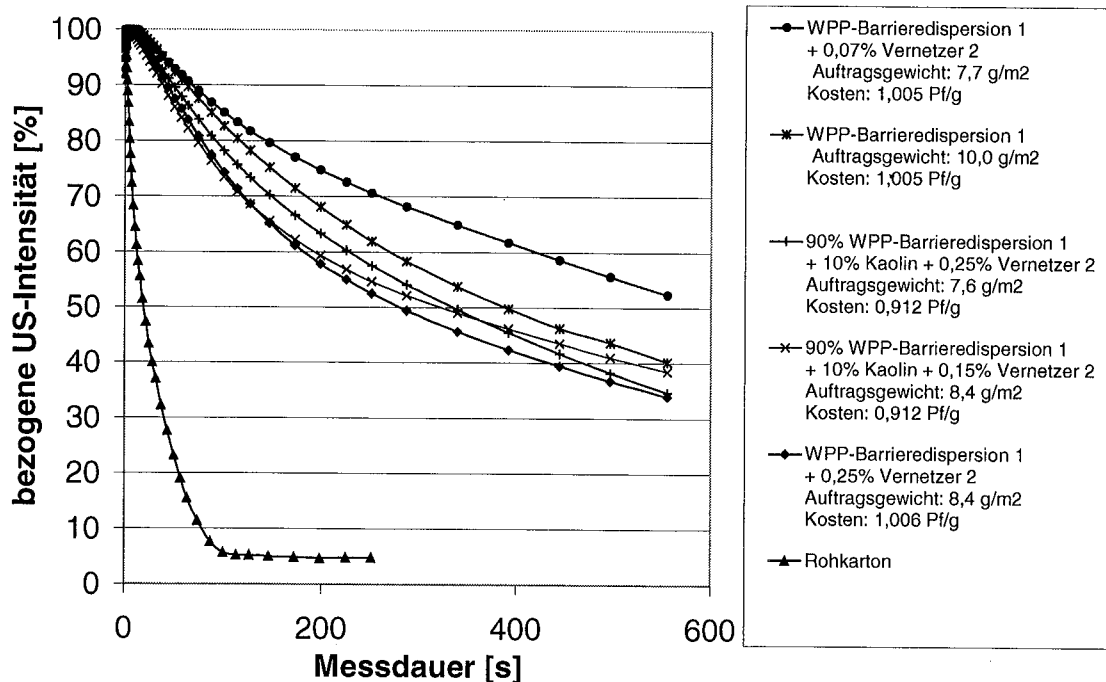


Abb. 19: Ergebnisse von PDA-Messungen: Kombinationen mit WPP-Barrieredispersion 1

Eine Verbesserung in der Wasserresistenz (Abbildung 19) konnte auch hier bei einer Zugabe von 0,07 % des Vernetzers 2 zur Dispersion erzielt werden. Die Kosten für die Beschichtung konnten dabei auf gleichem Niveau gehalten werden.

3.2.5 Mit Flourcarbonharz modifizierte Streichfarbe

Alternativ zur Beschichtung mit Barrieredispersionen wurde die Wasserresistenz bei einer mit Flourcarbonharz modifizierten Streichfarbe, bestehend aus 100 Teilen Kaolin als Pigment, 15 Teilen Acrylat-Binder und 1 % – 3 % Flourcarbonharz (lt. Herstellerangabe) untersucht. Die Bindermenge ist hier, wie bei Streichfarben üblich, auf 100 Teile Pigment bezogen. Die prozentuale Konzentration des Flourcarbonharzes bezieht sich auf die Gesamtstreichfarbe. Die Ergebnisse sind in Abbildung 20 dargestellt. Man erkennt, dass beim Zusatz von Flourcarbonharz zu dieser Streichfarbe die Wasserresistenz des gestrichenen Kartons nicht verbessert werden konnte. Diese Stoffgruppe wurde deshalb nicht weiter untersucht.

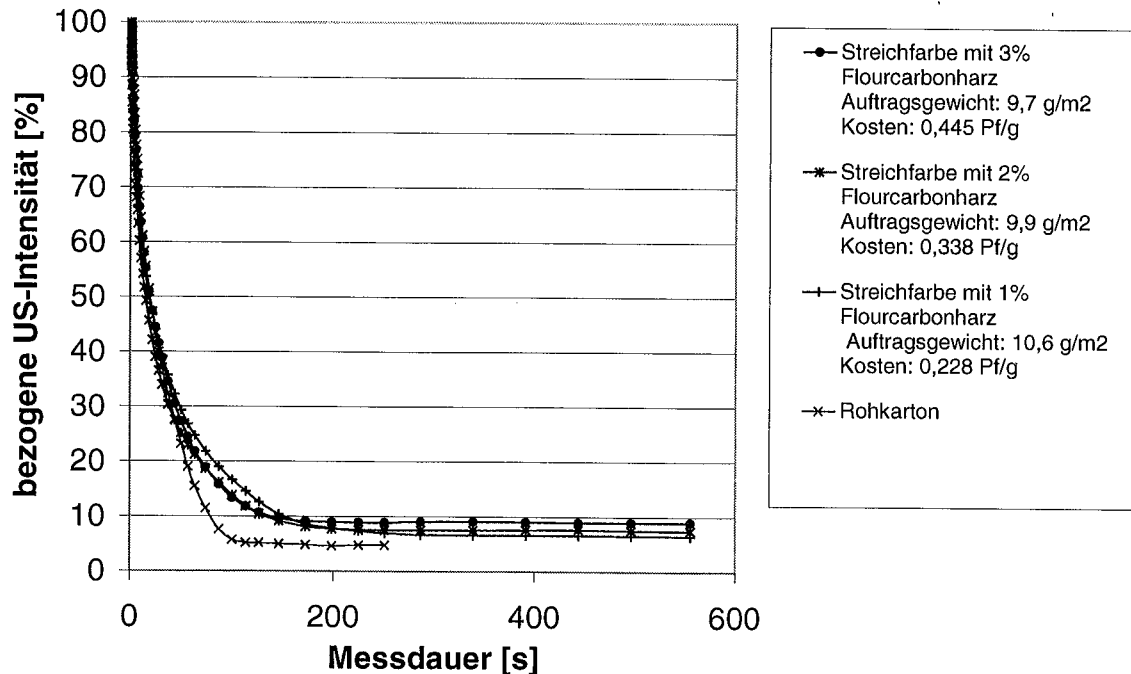


Abb. 20: Ergebnisse von PDA-Messungen: Streichfarbe mit Flourcarbonharz

3.2.6 Auswahl der Beschichtungsrezepturen der einzelnen Stoffklassen

Aus den verschiedenen, hier untersuchten Barrieremedien, wurden die mit den besten Ergebnissen bezüglich Wasserresistenz und Wirtschaftlichkeit für die weiteren praxisnahen Versuche mit dem Helicoater ausgewählt. Ein weiteres Auswahlkriterium war die Zugehörigkeit der Medien zu verschiedenen Grundstoffgruppen.

Die ausgewählten Rezepturen sind in Abbildung 21 dargestellt. Man erkennt in der Abbildung, dass die modifizierten Medien auf Basis von Acrylat-Latex (Acrylat-Barrieredisersion 1) bezüglich der Wasserresistenz die vergleichsweise besten Ergebnisse liefern. Die Dispersion auf Basis nachwachsender Rohstoffe (NWR-Barrieredisersion 1) ist in Hinsicht auf die Beschichtungskosten günstiger als alle anderen untersuchten Dispersionen. Die Wasserresistenz der Muster, die mit einer Kombination einer Paraffin-Polymer-Dispersion (WPP-Barrieredisersion 1), Kaolin und Glyoxalderivat/ Epichlorhydrinharz (Vernetzer 2) gestrichen wurden, liegt im mittleren Bereich. Die Strichkosten sind höher als bei den anderen Mustern. Das Streichmedium auf Basis von SB-Latex (SB-Barrieredisersion 1) schneidet bei der erzielbaren Wasserresistenz etwas schlechter als die anderen Muster ab, zeigt jedoch immer noch eine deutliche Verbesserung bei dieser Barriereeigenschaft gegenüber dem Rohkarton. Die Strichkosten liegen mit 0,64 Pf/g im unteren Bereich.

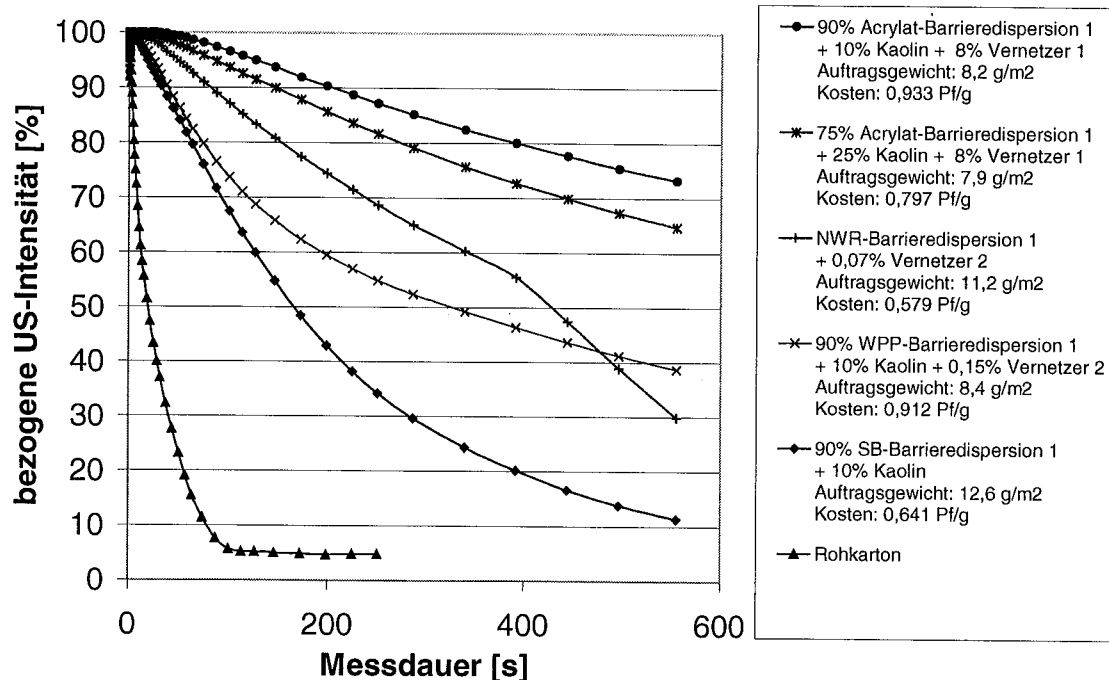


Abb. 21: Bzgl. Wasserresistenz und Wirtschaftlichkeit am besten befundene Modifikationen der verschiedenen Basismaterialien

3.3 Praxisnahe Streichversuche mit dem Helicoater

Mit den im vorangegangenen Punkt ausgewählten Medien wurden Streichversuche mit einem Helicoater der Firma Dixon durchgeführt, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Praxis zu überprüfen und weitere Eigenschaften der beschichteten Muster zu untersuchen.

Der Helicoater (siehe Abbildung 22) wird als schnellaufende Versuchsstreichmaschine zum Aufbringen von Einfach- und Doppelstrichen mittels Blade und zur Untersuchung von Streichfarben bzw. Beschichtungsmedien auf Verarbeitbarkeit eingesetzt. Mit Hilfe dieses Gerätes ist die Ermittlung der Eigenschaften der gestrichenen Papiere bzw. Kartons unter praxisnahen Bedingungen möglich.

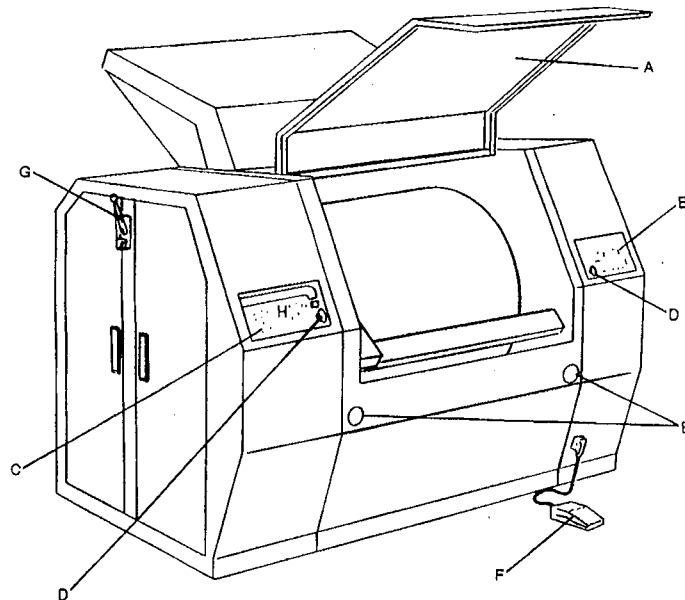


Abb. 22: Darstellung des Helicoaters (A-Frontklappe, B-Kontrollpanel 1, C-Kontrollpanel 2, D-Not-Aus-Taster, E-Transportösen, F-Fußschalter, G-Hauptschalter, H-Display)

Der zu streichende Karton wird auf die Gegenwalze aufgespannt, auf die gewünschte Geschwindigkeit beschleunigt, der Streichkopf an den Karton gepreßt, das Streichfarbenreservoir mit Druckluft beaufschlagt und der Streichkopf axial zur Walze bewegt. Kurz bevor der Streichkopf das rechte Walzenende erreicht, wird die Druckluft abgeschaltet und der Streichkopf wieder abgefahren. Bei den Beschichtungen, die im Rahmen dieser Untersuchungen durchgeführt wurden, wurde ein Reservoir-Kopf („Pond-head“, siehe Abbildung 23) mit einem Trailing Blade, dessen Klingenbreite 125 mm beträgt, eingesetzt. Die Bladefase hat einen Winkel von 45° .

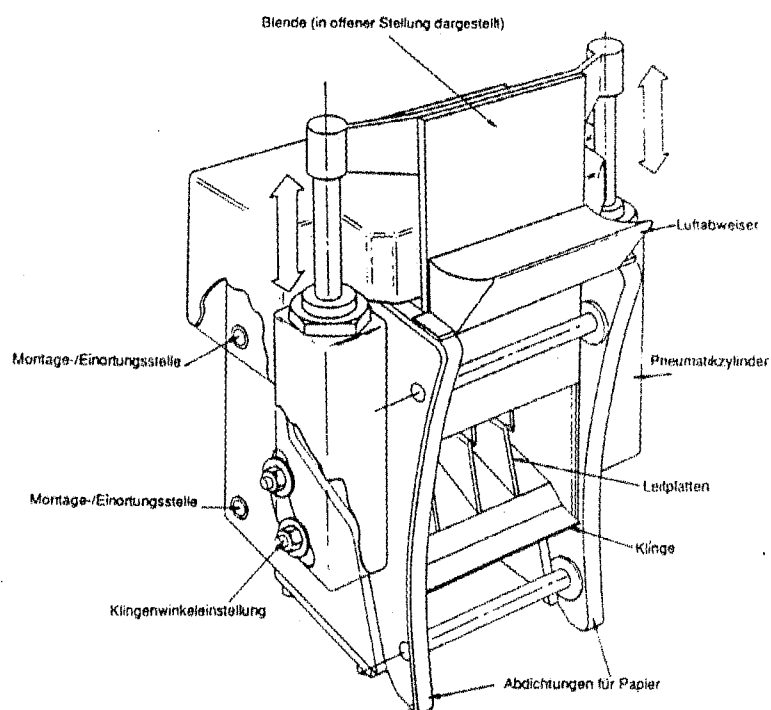


Abb. 23: Reservoir-Kopf

Die Trocknungszeiten von Kurzwellen-Infrarot, Heiß- und/oder Kaltluft können variiert werden. Somit können mit dieser Maschine praxisnahe Bedingungen im halbtechnischen Maßstab nachgestellt werden.

Das Auftragsgewicht sollte wie bei den Laborversuchen 10 g/m^2 betragen. Es kann über Verstellung des Schaberhalterwinkels und der Vorspannung reguliert werden.

Betriebsparameter des Helicoaters bei den Versuchen:

- | | |
|---------------------------|-----------|
| - Beschichtungskopf: | Pond-head |
| - Trommelgeschwindigkeit: | 500 m/min |
| - IR- Trocknungszeit: | 40 s |
| - Heißlufttrockner: | 30 s |
| - Kaltlufttrockner: | 20 s |

3.3.1 Benennung der Probenmuster

In den weiteren Ausführungen untersuchten Muster wurden wie folgt benannt:

- | | |
|-----------|---|
| Muster 1: | 90% Acrylat-Barrieredispersion 1 + 10% Kaolin + 8 % Vernetzer 1 |
| Muster 2: | 75% Acrylat-Barrieredispersion 1 + 25% Kaolin + 8 % Vernetzer 1 |
| Muster 3: | NWR-Barrieredispersion 1 + 0,07 % Vernetzer 2 |
| Muster 4: | 90% WPP-Barrieredispersion 1 + 10 % Kaolin + 0,15 % Vernetzer 2 |
| Muster 5: | 90% SB-Barrieredispersion 1 + 10 % Kaolin |

3.3.2 An den Mustern durchgeführte Untersuchungen

Mit den gestrichenen Mustern wurden folgende Tests durchgeführt, die Aussagen über die Barriereigenschaften, die Weiterverarbeitbarkeit und die Rezyklierbarkeit liefern:

- Wasserresistenz (PDA)
- Wasserdampfdurchlässigkeit (DIN 53122)
- Ölresistenz mit Rizinusöl (Cobb-Unger)
- Fettresistenz mit Kit-Test (ungerillte und gerillte Muster)
- Ermittlung der Blockkraft (DIN 53366)
- Verblockungsneigung
- Verklebbarkeit
- Rezyklierbarkeit (PTS-Methode)

3.3.4 Untersuchung der Wasserresistenz mit dem PDA

Die mit dem Helicoater gestrichenen Proben wurden mit dem PDA bezüglich ihrer Wasserresistenz untersucht.

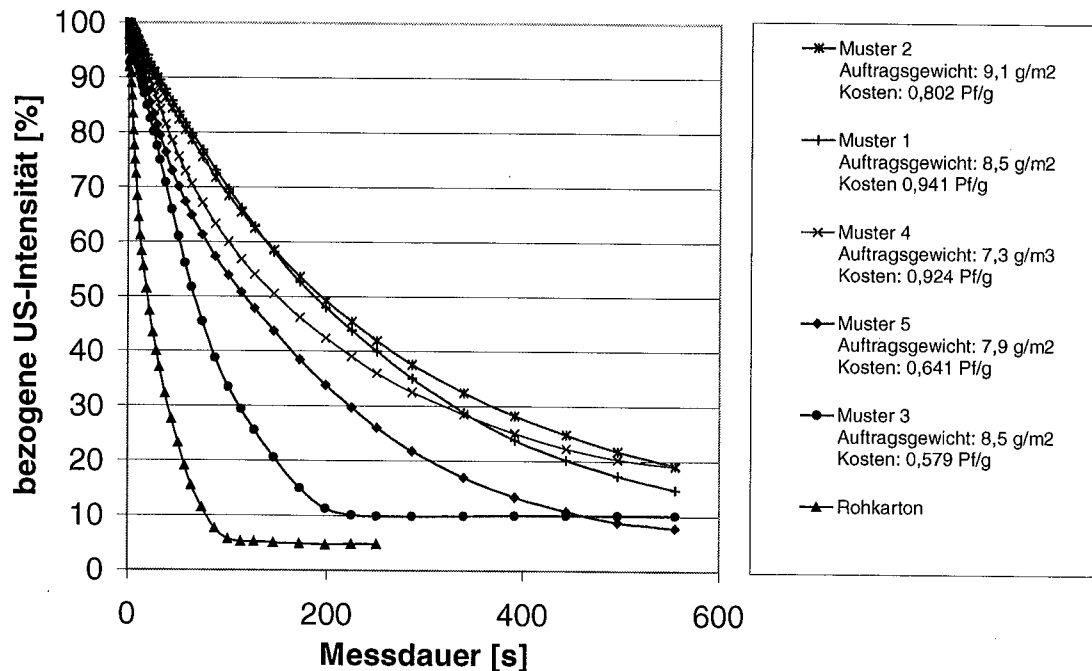


Abb. 24: Wasserresistenz der mit dem Helicoater gestrichenen Proben

Man erkennt in Abbildung 24, dass bei diesem Test die Muster 2 und 3 die besten Werte liefern. Allgemein ist die Barrierewirkung gegenüber Wasser jedoch geringer als bei den mit der Handrakel gestrichenen Muster (vergleiche Abbildung 21). Dies hängt vor allem mit der hier erforderlichen Zugabe von CMC zu den Barrieremedien zur Viskositätseinstellung bei den Helicoater-Versuchen zusammen. Eine Viskositätseinstellung mit synthetischen Verdickern führte nicht zum gewünschten Erfolg.

Die Ergebnisse für die Wasserresistenz liegen bereits nahe an Werten, die für eingesetzte Verpackungskartons gefordert werden. Mit einer Erhöhung des Auftragsgewichts und/oder einer Optimierung der Verdickung der Beschichtungsmedien könnten noch bessere Resultate erzielt werden.

3.3.5 Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit nach dem gravimetrischen Verfahren (DIN 53 122 Blatt 1)

Die Wasserdampfdurchlässigkeit (WDD) ist gekennzeichnet durch die Menge Wasserdampf in g, die in 24 h bei konstanter, definierter Temperatur und Luftfeuchte durch 1 m² Probenfläche hindurchtritt [8].

Bei dieser Bestimmung wurden 3 Proben und 1 Blindprobe bei folgendem Klima untersucht:

- Temperatur = 23 +/- 1 °C
- relative Luftfeuchte = 85 +/- 2 %

Aus den 3 Werten der einzelnen Proben wurde der arithmetische Mittelwert gebildet und als Messwert angegeben.

Die Ergebnisse für die untersuchten Muster sind in Abbildung 25 dargestellt,

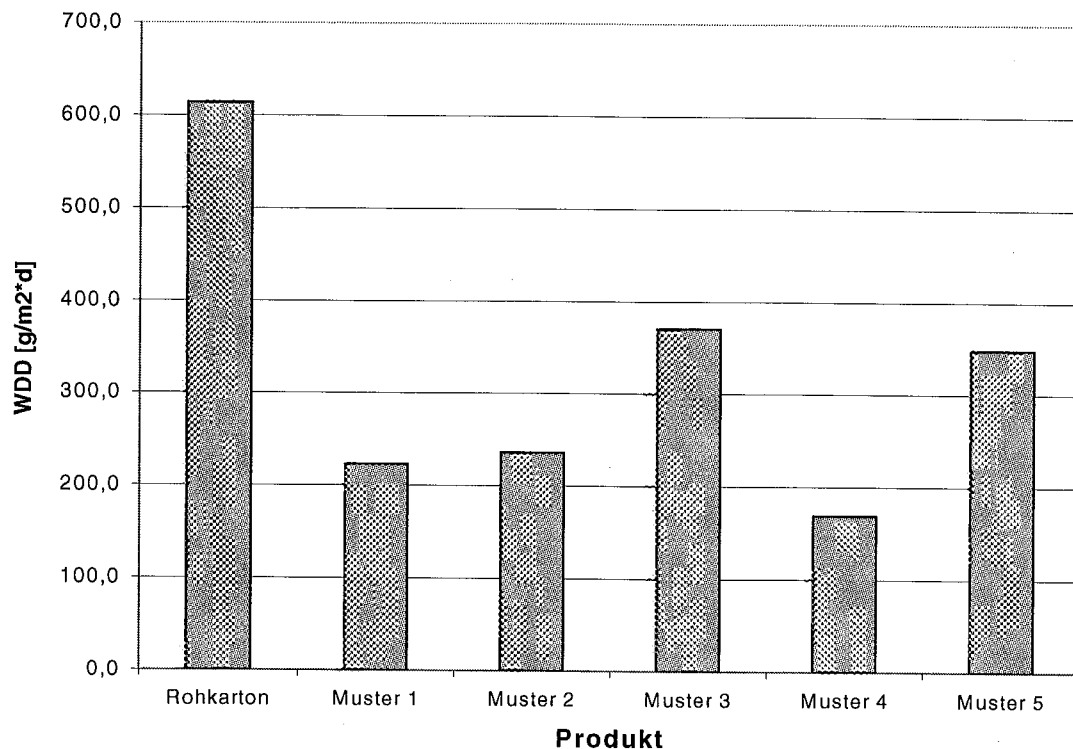


Abb. 25: Wasserdampfdurchlässigkeiten der verschiedenen Muster

Die Wasserdampfdurchlässigkeit des Rohkartons ist mit $614,0 \text{ g/m}^2\cdot\text{d}$ bedeutend höher als die der beschichteten Muster. Beim Vergleich der behandelten Kartons zeigen sich jedoch große Unterschiede. Den besten Wert für die Wasserdampfdurchlässigkeit erhielt man bei Muster 4 mit $169,4 \text{ g/m}^2\cdot\text{d}$, den schlechtesten Wert bei Muster 3 mit $370,7 \text{ g/m}^2\cdot\text{d}$. Die Ergebnisse für die anderen Muster liegen zwischen diesen Werten.

Die Ergebnisse für die Wasserdampfdurchlässigkeit liegen bei allen Mustern oberhalb der in der Praxis für entsprechenden Verpackungskarton (z. B. Waschpulververpackung) erforderlichen Werte. Durch eine Erhöhung des Auftragsgewichts erscheint jedoch eine signifikante Verbesserung dieser Eigenschaft möglich.

3.3.6 Bestimmung der Öl-Aufnahmefähigkeit nach Cobb-Unger

Der Cobb-Unger-Test beschreibt, welche Masse an Rizinusöl von einer definierten Papier- oder Kartonfläche unter bestimmten Bedingungen aufgenommen wird [9].

Das Prüfgerät besteht aus einem zylinderförmigen Hohlkörper mit einer Innenfläche von 100 cm^2 . Über dem Hohlkörper ist ein Deckel angebracht, der dicht verschlossen werden kann. Der Hohlkörper ist zwischen zwei horizontalen Drehachsen angebracht, die ein schnelles Umdrehen ermöglichen.

In den zylindrischen Messraum wird Rizinusöl eingefüllt. Die Füllmenge beträgt 250 ml. Die Temperatur des Rizinusöles liegt bei $23 \pm 0,5 \text{ °C}$. Das Prüfmuster wird gewogen und mit der zu prüfenden Seite nach unten (dem Öl zugewendet) auf die Öffnung des Ölbehälters gelegt. Die Probe wird 30 Sekunden in Kontakt mit dem Öl gebracht, abgewischt und erneut gewogen.

Es wurden 3 Messungen pro Muster durchgeführt. Die arithmetischen Mittelwerte dieser jeweils 3 Messungen sind in Abbildung 26 dargestellt.

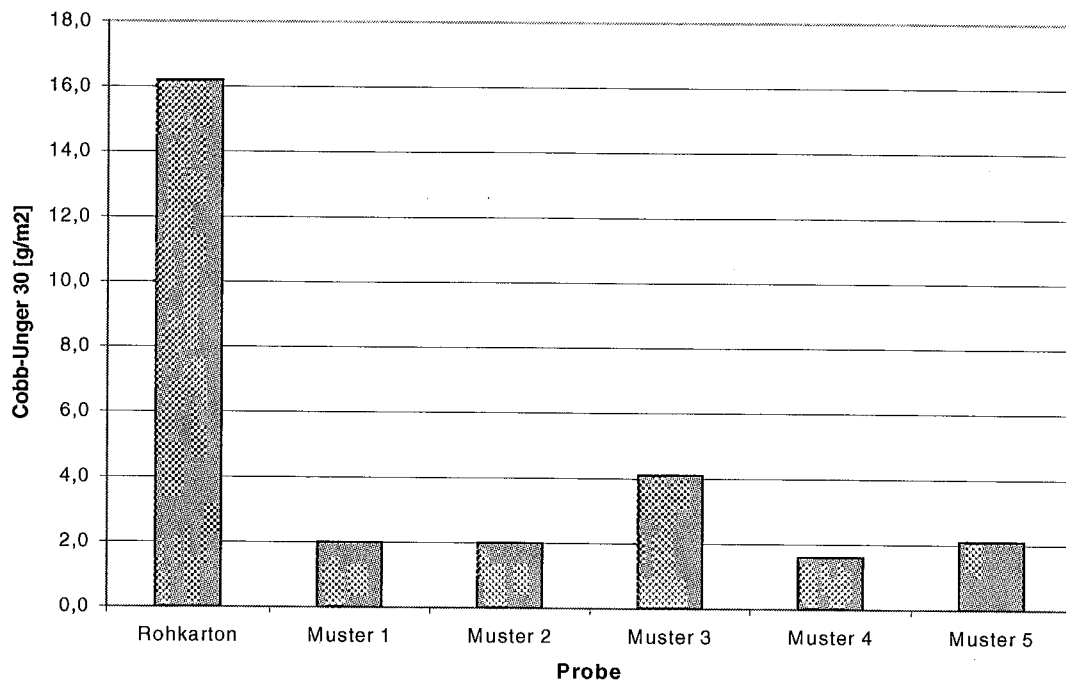


Abb. 26: Öl-Aufnahme nach Cobb-Unger (30s)

Die Ölresistenz bei den beschichteten Mustern ist deutlich besser als die des Rohkartons. Der beste Wert wurde für Muster 4 festgestellt. Muster 1, 2 und 5 verhalten sich nur unbedeutend schlechter. Muster 3 zeigt eine etwas schlechtere Ölresistenz. Die Werte für die Ölresistenz liegen, außer für Muster 3, in einem für die Praxis sehr interessanten Bereich.

3.3.7 Bestimmung der Fettresistenz (3M-Kit-Test)

Die Fettresistenz der beschichteten Muster wurde an gerillten und ungerillten Proben mit dem Kit-Test der Firma 3M bestimmt.

Bei dem Test wird ein Tropfen der Prüflösung mit der Nummer 1 aus ca. 2,5 cm Höhe mit einer Pipette auf die zu untersuchende Probe aufgebracht. Nach einer vorher festgelegten Zeit (hier 15 min) wird die Flüssigkeit mit einem saugfähigen Material von der Probe gewischt. Sind nach dem Abwischen kein Eindringen bzw. keine Rückstände der Prüflüssigkeit auf der Probe erkennbar, so wird mit der Prüflüssigkeit mit der nächsthöheren Nummer fortgefahren. Der Kit-Wert gibt an, bei welcher Prüflüssigkeit noch kein Eindringen bzw. keine Rückstände auf der untersuchten Probe erkennbar sind.

Die Testergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Ergebnisse Kit-Test

	Muster 1	Muster 2	Muster 3	Muster 4	Muster 5
Kit-Wert	5	4-5	3	5-6	3-4
Kit-Wert gerilltes Muster	3	4	2-3	4-5	2-3

Die besten Werte wurden bei diesem Test für Muster 4 erhalten. Die Muster 3 und 5 schnitten etwas schlechter ab. Die Ergebnisse bei den gerillten Mustern waren durchweg schlechter als bei den ungerillten Mustern.

Die Fettresistenz der untersuchten Muster ist für Praxisanwendungen (z.B. Verpackung für Tierfutter) noch etwas zu gering. Hier können jedoch bessere Werte durch Optimierung des Auftragsgewichts erzielt werden.

3.3.8 Bestimmung der Blockkraft nach DIN 53 366 – A

Um eine Voraussage treffen zu können, ob die beschichteten Kartonlagen während bzw. nach der Aufrollung aneinander haften und dadurch der Tambour unbrauchbar wird, bestimmt man die Blockkraft. Hierbei werden zwei Probestreifen mit den zu prüfenden Seiten übereinandergelegt und bei einer Temperatur von 60°C für 24 Stunden über ein Gewicht ein Druck von 100 kPa aufgebracht. Gemessen wird die Zugkraft, die erforderlich ist, um die Probekörper in Längsrichtung zu trennen.

Die Probekörper bestehen aus zwei 15 +/- 0,1 mm breiten Streifen von etwa 200 mm Länge. Die Länge der Testflächen beträgt 50 +/- 1 mm (siehe Abbildung 27).

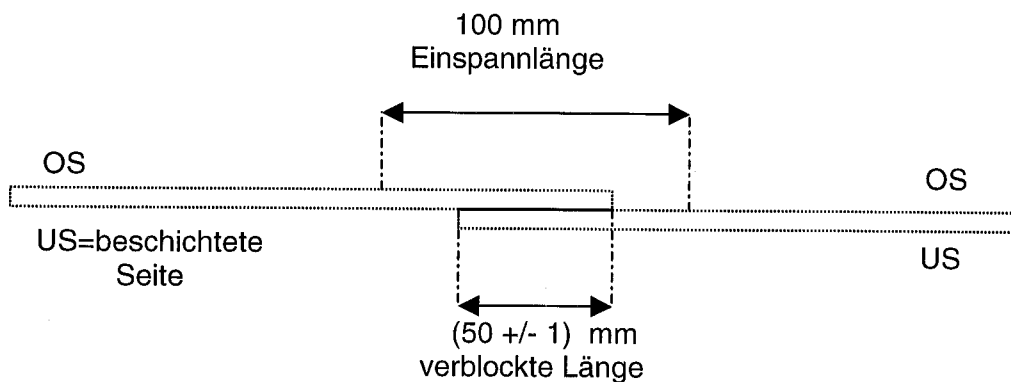


Abb. 27: Aufbau eines Probekörpers (nicht maßstabsgetreu) [10]

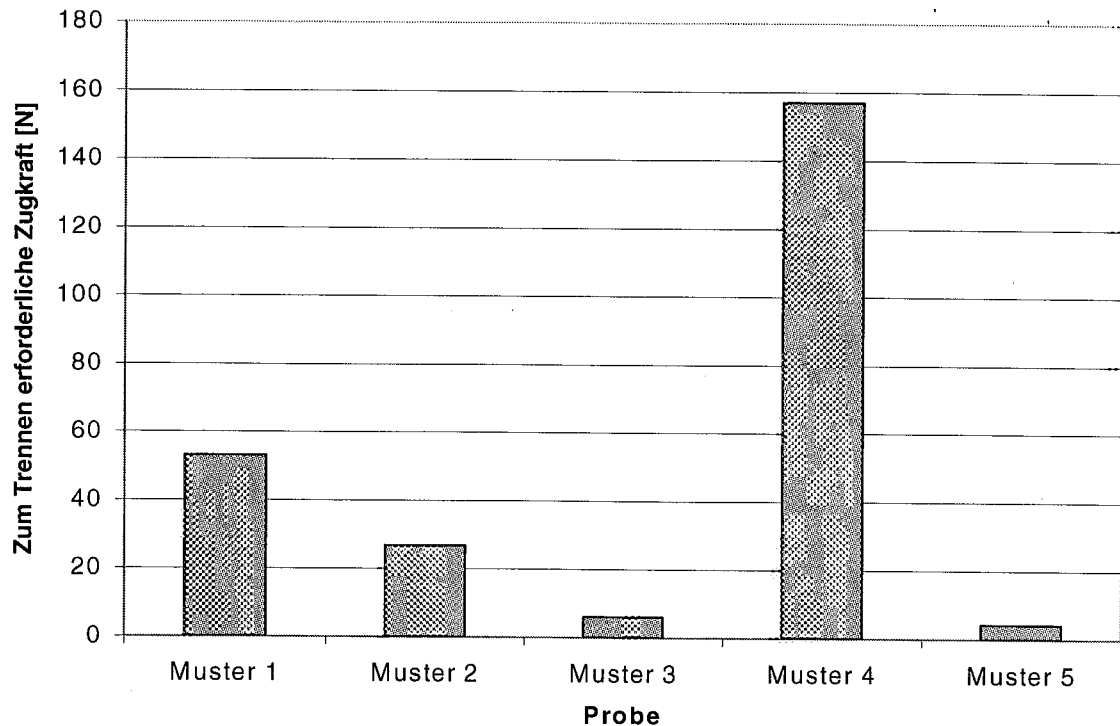


Abb. 28: Zum Trennen erforderliche Blockkraft, gemessen mit dem Zugprüfgerät „Alwethron TH1“ von Lorentzen & Wettre

In Abbildung 28 erkennt man, dass bei diesem Test stark unterschiedliche Ergebnisse erzielt wurden. Muster 4 verblockt am stärksten. Hier muß eine Zugkraft von 156 N aufgebracht werden, um die beiden Probestreifen zu trennen. Ein 2,5 mal höherer Anteil an Kaolin bei Muster 2 vermindert die Verblockungskraft um ca. 50 % gegenüber Muster 1. Muster 3 und 5 erfordern mit 6 N bzw. 4 N die niedrigsten Zugkräfte zum Trennen der Probekörper.

Nur die mit Muster 3 oder 5 gestrichenen Kartons könnten zur Weiterverarbeitung zertörungsfrei wieder abgerollt werden.

3.3.9 Untersuchung der Verblockungsneigung

Als zusätzlicher Test zur Überprüfung der Verblockungsneigung wurde eine in der Praxis gängige Prüfung durchgeführt. Hier wird nicht die Kraft bestimmt, die aufgebracht werden muß, um zwei Prüfstreifen zu trennen, sondern eine visuelle und akustische Beurteilung vorgenommen. Nach einer Verweilzeit der Muster von 24 h in einem Trockenschrank überprüft man, ob und wie sich die Prüfstreifen voneinander trennen lassen.

Die Probekörper bestehen aus zehn 15 +/- 0,1 mm breiten Streifen von etwa 100 mm Länge. Die Länge der Testfläche beträgt 50 +/- 1 mm (siehe Abbildung 29).

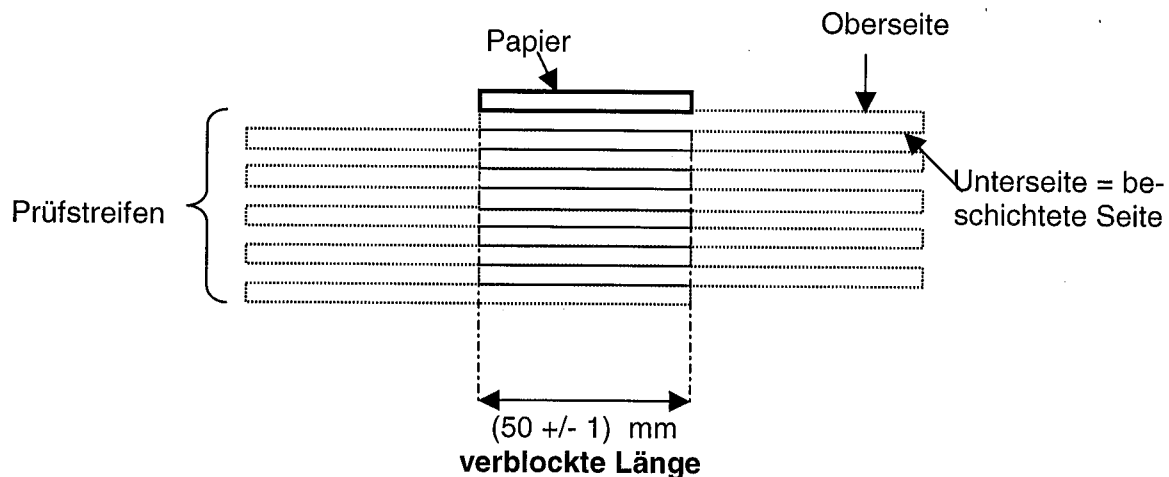


Abb. 29: Aufbau des Probekörpers (nicht maßstabsgetreu)

Der Trockenschrank wird auf die Prüftemperatur von 60 °C aufgeheizt und eine Metallplatte, die einen Druck von 100 kPa erzeugt, über die Streifen gelegt. Nach Ablauf der Trockenzeit entnimmt man die Proben aus dem Trockenschrank. Jeder einzelne Probekörper wird ca. 1 m nach oben geworfen. Fallen die einzelnen Prüfstreifen ohne jede weitere Fremdeinwirkung in der Luft bzw. beim Aufprall auf dem Boden auseinander, erhält das Probenmuster die Note 0. Mit Note 1 werden die Muster beurteilt, deren Prüfstreifen nach dem Aufprall immer noch aneinander haften, sich aber anschließend ohne Geräuscentwicklung voneinander trennen lassen. Note 2 bedeutet eine Trennung unter leisem Knacken und geringem Kleben. Note 3 wird bei lautem Knacken und starkem Kleben vergeben. Ein Festkleben beim Trennprozeß mit einer Zerstörung der Oberflächen wird mit der Note 4 bewertet.

Kann eine Note nicht eindeutig zugeordnet werden, werden Zwischennoten vergeben. So sagt zum Beispiel die Note 2-3 aus, dass sich zwei verblockte Streifen unter „mittlerem“ Knacken trennen lassen.

Tab. 3: Ergebnisse des Tests zur Verblockungsneigung der Muster

Prüfmuster	Bewertung
Muster 1	2-3
Muster 2	2
Muster 3	0
Muster 4	3-4
Muster 5	0

Die Probestreifen von den Mustern 3 und 5 trennten sich beim Hochwerfen in die Luft bzw. beim Aufprall auf den Boden von selbst. Die Streifen von Muster 2 ließen sich unter leichtem Knacken und leichtem Kleben trennen. Muster 1 erhielt die Bewertung 2 bis 3, was einer Trennung unter „mittlerem“ Knacken entspricht.

Am stärksten blockten die Streifen des Musters 4. Die Trennung der Prüfstreifen verursachte lautes Knacken und starkes Kleben, was zusätzlich eine Zerstörung der Oberfläche verursachte.

Allgemein kann festgestellt werden, dass die erhaltenen Ergebnisse sehr gut mit den Ergebnissen aus den Untersuchungen zur Ermittlung der Blockkraft korrelieren.

3.3.10 Verklebbarkeitsprüfung

Die Verklebbarkeit von Karton ist eine wichtige Verarbeitungseigenschaft, zum Beispiel bei der Herstellung von Faltschachteln. Da Barrierschichten gegenüber manchen Klebstoffen eine abweisende Wirkung besitzen können, ist es wichtig, die Verklebbarkeit zu überprüfen.

Bei diesem Test wurden zwei Kartonstreifen durch einen Klebstoff miteinander verbunden. Eine Klebstoffbahn von ca. 0,5 cm x 20,0 cm verbindet die Vorderseite eines Streifens mit der Rückseite (= Barrierschicht) eines zweiten Streifens.

Zur Ermittlung der Verklebbarkeit werden die zwei Kartonstreifen voneinander getrennt. Erfolgt die Trennung ohne Beschädigungen der Oberflächen, wird der Karton als „nicht verklebbar“ (-) eingestuft. Treten aber Beschädigungen auf, die durch die Klebekraft hervorgerufen werden, so bewertet man den Karton als verklebbar (+). Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tab. 4: Ergebnisse des Tests zur Verklebbarkeit der Muster

Muster	Verklebbarkeit
Muster 1	-
Muster 2	-
Muster 3	+
Muster 4	-
Muster 5	+

Eine Weiterverarbeitung, die ein Verkleben erfordert, ist somit nur mit Kartons möglich, die mit Muster 3 oder Muster 5 gestrichen wurden.

3.3.11 Bestimmung der Rezyklierbarkeit nach der PTS-Methode

Die Verpackungsverordnung fordert eine umfassende Wiederaufbereitung von Papieren, Kartons, Pappen und Packmitteln. „Unter Rezyklierbarkeit im Sinne dieses Konzepts ist die Eigenschaft eines gebrauchten oder gebrauchsfertigen Produkts aus Papier, Karton oder Pappe zu verstehen, allein oder als Komponente eines gemischten Altpapiers in einer den anerkannten Regeln der Technik entsprechenden Altpapieraufbereitungsanlage so aufbereitbar zu sein, dass der erzeugte Altpapierstoff allein oder als eine von mehreren Stoffkomponenten die störungsfreie Herstellung eines qualitativ akzeptablen, altpapierhaltigen Neupapiers zulässt“ [11].

Darüber hinaus beinhaltet der Begriff „rezyklierbar“, dass eine so charakterisierte Altpapierkomponente bei der Wiederaufbereitung nicht zu einer überdurchschnittlichen Erhöhung der Abfallmengen oder der Belastung der Kreislauf- und Abwässer führt.

Um eine Voraussage treffen zu können, ob Materialien beim Recyclingprozeß Probleme bereiten, kann man den Rezyklierbarkeitstest nach der PTS-Methode PTS-RH 021/95 durchführen [11].

Diese Methode zur Bestimmung der Rezyklierbarkeit von Papier, Karton und Pappe setzt sich aus einer Nachbildung der einzelnen industriellen Verfahrensstufen der Altpapieraufbereitung bezüglich Zerkleinerung, Sortierung und Blattbildung im Labormaßstab zusammen. Hierbei wird der Grad der Zerkleinerung, der Schmutzpunktgehalt, die störungsfreie Blattbildung und der Anteil, der für die Papierherstellung nicht nutzbar ist, zur Bewertung der Rezyklierbarkeit herangezogen.

Die Rezyklierbarkeit wird anhand einer Skala mit den Stufen 1-3 beurteilt [11]:

1. „Rezyklierbar“: An den Laborblättern, die aus dem Gutstoff des Haindl-Fraktionators hergestellt worden sind, werden weder transparente Stellen noch mit bloßem Auge erkennbare Schmutzpunkte noch störende, klebende Verunreinigungen festgestellt.
2. „Wegen optischer Inhomogenitäten im aufbereiteten Stoff bedingt rezyklierbar“: Sind keine klebenden Verunreinigungen, aber transparente Stellen oder Schmutzpunkte vorhanden, so sind diese als störend oder nicht störend zu beurteilen. Erfolgt die Beurteilung als störend, so wird das Produkt in 2. eingestuft.
3. „Wegen klebender Verunreinigungen nicht rezyklierbar“: Diese Bewertung erfolgt, wenn die aus dem Gutstoff des Haindl-Fraktionators hergestellten Laborblätter störende klebende Stellen enthalten.

Tab. 5: Einteilung der getesteten Muster in die Rezyklierbarkeitsskala

	Muster 1	Muster 2	Muster 3	Muster 4	Muster 5
Recyclierbarkeit:	3	3	1	3	1

Tabelle 5 zeigt, dass nur die mit Muster 3 und 5 bestrichenen Kartons rezyklierbar sind.

4 Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projektes wurden verschiedene Dispersionen auf ihre Eignung als Barriere-Rückseitenbeschichtung für Karton untersucht. Die Dispersionen sollten mit gängigen Streichaggregaten appliziert werden können. Ziel war es, Alternativen zu einer Beschichtung mit Kunststoffen zu finden, da Produkte mit solchen Beschichtungen bei der Produktion von Ausschuss nicht wieder aufgelöst werden können und in der Regel nur sehr schwer bzw. gar nicht rezyklierbar sind.

Die Untersuchungen waren in zwei Teile untergliedert. Im ersten Teil wurden die verschiedenen Dispersionen mit Additiven modifiziert, um eine Verbesserung der Was-

serresistenz und eine Reduzierung der Strichkosten zu erzielen. Die Dispersionen wurden mit einem Handrakel auf die Kartonrückseite aufgetragen und die Wasserresistenz mit einem Penteration Dynamic Analyzer bestimmt. Das Soll-Strichgewicht bei den Versuchen betrug 10 g/m^2 , da bei diesem Auftrag die Unterschiede in der Wasserresistenz zwischen den einzelnen Mustern deutlich sichtbar wurden. Als am besten geeignete Modifikationen der einzelnen Dispersionen bezüglich der Wasserresistenz erwiesen sich bei den Laborversuchen folgende Rezepturen in entsprechender Reihenfolge:

- Muster 1: 90 % Acrylat-Barrieredispersion 1 + 10 % Kaolin + 8 % Vernetzer 1
 Muster 2: 75 % Acrylat-Barrieredispersion 1 + 25 % Kaolin + 8 % Vernetzer 1
 Muster 3: NWR-Barrieredispersion 1 + 0,07 % Vernetzer 2
 Muster 4: 90 % WPP-Barrieredispersion 1 + 10 % Kaolin + 0,15 % Vernetzer 2
 Muster 5: 90 % SB-Barrieredispersion 1 + 10 % Kaolin

Diese Dispersionen wurden im zweiten Teil der Untersuchungen mit einem Helicoater unter praxisnahen Bedingungen auf die Kartonrückseite appliziert. Mit den erhaltenen Mustern wurden verschiedene Tests durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 6 dargestellt sind. In Tabelle 6 sind außerdem die entsprechenden Werte für ein Referenzmuster aufgeführt. Hierbei handelt es sich um einen Karton mit einer $20 \mu\text{m}$ dicken (entspricht ca. 20 g/m^2 Auftragsgewicht) PE-Extrusionsbeschichtung. Die Werte sind aufgrund des unterschiedlichen Auftragsgewichts also nicht direkt vergleichbar, zeigen jedoch auf, bei welchen Eigenschaften man sich mit den untersuchten Mustern gängigen barrierebeschichteten Materialien annähern kann.

Tab. 6: Testergebnisse

	Muster 1	Muster 2	Muster 3	Muster 4	Muster 5	Referenz
Basisstoff	Acrylat 1	Acrylat 1	NWR 1	WPP 1	SB 1	20 μm PE
PDA Cobb 60 [g/m^2]	7,2	6,1	6,8	7,7	20,3	0,3
WDD [$\text{g/m}^2\text{d}$]	223	235,9	370,7	169,4	348,2	4
Cobb-Unger 30 [g/m^2]	2	2	4,1	1,6	2,1	0,3
Kit-Wert	5	4-5	3	5-6	3-4	>16
Kit-Wert gerilltes Muster	3	4	2-3	4-5	2-3	-
Blockkraft [N]	53,06	26,73	6,06	156,94	4,23	-
Verblockungsneigung	2-3	2	0	3-4	0	0
Verklebbarkeit	-	-	+	-	+	+
Recyclierbarkeit	3	3	1	3	1	3
Preis [Pf/g]	0,941	0,802	0,579	0,924	0,641	-

Muster 1, 2 und 4 besitzen die besten Barriereigenschaften, aber die schlechtesten Eigenschaften hinsichtlich der Weiterverarbeitbarkeit. So ist eine beschädigungsfreie Abrollung einer mit diesen Mustern beschichteten Kartonrolle aufgrund der hohen Verblockungsneigung nur bedingt bis gar nicht möglich. Ebenso erwies sich eine Recyklierbarkeit dieser Muster als unmöglich.

Muster 3 und 5 weisen schlechtere Barriereigenschaften, jedoch eine gute Weiterverarbeitbarkeit, Recyklierbarkeit und geringere Beschichtungskosten auf.

Zusammenfassend können folgende Aussagen getroffen werden:

- Die untersuchten Muster zeigen unterschiedliche Barrierewirkungen gegenüber verschiedenen Medien.
- Die untersuchten Muster zeigen Unterschiede in ihrer Weiterverarbeitbarkeit, Rezyklierbarkeit und in den Beschichtungskosten.
- Bei einzelnen Mustern besteht ein Potenzial bzgl. der Barrierewirkung gegenüber verschiedenen Medien durch Optimierung des Strichgewichts.
- Generell scheint bei den untersuchten Mustern eine Verbesserung der Barrierewirkung von einer verschlechterten Weiterverarbeitbarkeit begleitet zu sein.

5 Ausblick

Die Werte für die Wasserdampfdurchlässigkeit und die Fettresistenz aller Muster entsprechen beim vorliegenden Strichgewicht noch nicht den Anforderungen an momentan verwendete Verpackungsmaterialien. Hier besteht jedoch – z. B. bei der Fettresistenz - ein gutes Entwicklungspotenzial durch Erhöhung des Auftragsgewichts. Die Werte für Wasserresistenz und Ölresistenz liegen bei den meisten Mustern in einem für die Praxis interessanten Bereich. Verwendet werden können jedoch nur Dispersionen die sowohl die geforderte Barrierewirkung als auch die entsprechende Weiterverarbeitbarkeit gewährleisten.

Das weitere Entwicklungspotenzial wird somit hauptsächlich in einer Erhöhung der Wasserdampfdurchlässigkeit (Verpackung hygroskopischer Materialien, wie z. B. Waschpulver) und der Fettresistenz (z. B. Verpackung für Tierfutter) durch weitere Untersuchungen mit den geeigneten Barrieredispersionen gesehen.

6 Literatur

- [1] N.N.
„Papier 99 - Ein Leistungsbericht der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie“
Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Bonn, 1999
- [2] Placzek L.
„Kunststoffbeschichtete Verpackungen“
Coating, Nr. 1, 1984, S. 2-6
- [3] Ziegler H.
„Papierverarbeitung“
Vorlesungsskript, Sept. 1994, Kapitel 1, S. 1-4
- [4] Dunlop-Jones N.
„Barrier Coatings: Performance Chemicals for the future“
IPW, Nr.4, 1997 S. 77-80
- [5] Wilken R.
„Aroma- und fettdichte Papiere und Kartons“
In: Herstellung und Prüfung von Spezialpapieren
PTS Manuskript PTS MS 68, München, 1998
- [6] Strauß J.
„Rezyklierbarkeit / Beschichtung“
AiF-Forschungsvorhaben Nr. 25/99, 1998, S. A4-A5

- [7] Langowski H.-C.
„Barriereeigenschaften von beschichteten Packstoffen: Eine Übersicht“
Allgemeine Papierrundschau, Nr.5, 1996, S.107-113
- [8] „Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit / Gravimetrisches Verfahren“
DIN 53 122, Blatt 1, November 1974, S. 1-4
- [9] „Oil absorbency / Cobb-Unger“
aus SCAN-P 37:77, S. 1-3
- [10] „Bestimmung der Blockkraft“
DIN 53 366, Januar 1983, S. 1-2
- [11] „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