

**Entwicklung eines Verfahrenskonzeptes zur Produktionssteigerung bei Wellpappenrohpa-  
pierre durch Teilsubstitution des Oberflächenstärkeauftrages**  
C. Seidemann

**Inhalt**

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Versuchsdurchführung</b> .....	<b>9</b>
4.1	Eingesetzte Altpapierfaserstoffe, Additive und Prozesswässer .....	9
4.2	Charakterisierung der Eigenschaften der Faserstoffe, der Suspension und der Prozesswässer.....	9
4.3	Einmischen der Additive im Hochkonsistenzbereich.....	10
4.4	Prüfung der Papiereigenschaften und Bewertungsmethoden für die Wirksamkeit der Additive und der Adsorption der kationischen Massestärke .....	12
4.5	Auswahl und Charakterisierung der Faserstoffe, Additive und Verdünnungswässer;.....	12
<b>5</b>	<b>Charakterisierung Knetprozess</b> .....	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Prozessparameter für das Hochkonsistenz-Einmischverfahren</b> .....	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>Vergleich Knet- / Scheibendisperger</b> .....	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>Teilstrombehandlung</b> .....	<b>33</b>
<b>9</b>	<b>Gesamtkonzept</b> .....	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>Vergleichende Untersuchungen zur Wirksamkeit von Oberflächen- und Massestärkeanwendung</b> .....	<b>39</b>
<b>11</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b> .....	<b>42</b>
	<b>Literatur</b> .....	<b>44</b>

## 1 Zusammenfassung

<b>Thema</b>	Entwicklung eines Verfahrenskonzeptes zur Produktionssteigerung bei Wellpappenrohpa-piere durch Teilsubstitution des Oberflächenstärkeauftrages
<b>Ziel des Projektes</b>	Übergeordnetes Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines Verfahrenskonzeptes zur Einmischung von synthetischen und natürlichen Produkten zur Trockenverfestigung im Hochkonsistenzbereich in Stoffaufbe-reitungsanlagen von Wellpappenrohpa-pierproduzenten. Durch die bei hoher Stoffdichte geringen Feinstoff- und Störstoffkonzentrationen und die intensive Einarbeitung in das Fasermaterial soll eine Steigerung der Festigkeitseigen-schaften der aus dem behandelten Faserstoff erzeugten Wellpappenrohpa-piere erreicht werden.
<b>Ergebnisse</b>	<p>Es konnte nachgewiesen werden, dass die Wirkung festigkeitssteigernder Hilfsmitteln durch eine Einmischung im Hochkonsistenzbereich verbessert wird. In einem gering belasteten Stoff-/Wassersystem wurde im Papier eine deutliche Steigerung des Berstdrucks um bis zu + 39 % und des SCT um bis zu + 25 % bei Einsatz der Altpapiersorte 1.02 als Rohstoff erreicht. Die Steigerung konnte tendenziell auch für einen synthetischen Trockenverfestiger bestätigt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Die höchste Wirksamkeit der Massestärke wurde bei Einmischung bei einer <b>Stoffdichte</b> von 20 % mit einem Knetaggregat erreicht. Ein Scheiben-disperger brachte dagegen nur eine sehr geringe Verbesserung der Wirksamkeit. Allerdings konnte eine deutliche Wirksamkeitsverbesserung auch schon bei einer Stoffdichte von nur 10 % und ohne zusätzliches Knetaggregat festgestellt werden.</li><li>- Für die <b>Einmischzeit</b>, und die der Massestärkeeinmischung nachgeschaltete <b>Verdünnung, Lagerung und Scherung des Faserstoffes</b> wurde kein Einfluss auf Adsorption und Wirksamkeit der Massestärke ermittelt.</li></ul> <p>Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten bildeten Untersuchungen zum Einfluss des Faserstoffes und des Prozesswassers auf die Wirksamkeit des Hoch-konsistenz-Einmischverfahrens.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Für fein- und füllstoffarme Faserstoffe</b> wurde durch das Hochkonsistenz-Einmischverfahren eine verbesserte Stärkeadsorption an die Faser bestimmt. Diese führt aber nicht zu einer entsprechenden Festigkeitssteigerung.</li><li>- Das Hochkonsistenz-Einmischverfahren hat keinen Einfluss auf die durch <b>hohe Elektrolytkonzentrationen</b> in der Suspension bewirkte Reduzierung der Wirksamkeit von ionischen Hilfsmitteln. So führte bereits eine Erhöhung der Leitfähigkeit des Verdünnungswassers von 270 µS auf 2.000 µS zu einem deutlichen Abfall der Wirksamkeit der im Hochkonsistenzbereich eingemischten kationischen Massestärke.</li></ul>

---

**Verfahren**

Für ein optimales Gesamtkonzept zur Anwendung des Hochkonsistenz-Einmischverfahrens wurden - neben einer sehr geringen anorganischen und organischen Belastung des Stoff-/Wassersystems - folgende Prozessbedingungen definiert:

- Einmischung der kationischen Massestärke mittels Knetzer bei einer Stoffdichte von 20 %.
- Eine Knetzeit von 2,5 Minuten ist ausreichend.

Eine zusammenfassende Betrachtung von Technologie und Wirtschaftlichkeit eines Oberflächenstärkeauftrages und dem Einsatz von Massestärke mittels Hochkonsistenz-Einmischverfahrens ergab folgende Schlussfolgerungen:

- Der Ersatz eines Oberflächenauftrages von Stärke ist nur möglich, wenn eine Hochkonsistenzbehandlung des Faserstoffs im Vollstrom erfolgt.
- Die Wirtschaftlichkeit einer Hochkonsistenz-Einmischung mittels Knetdisperger ist nur gegeben, wenn die Anlage bereits vorhanden ist und betrieben wird.
- Als Alternative stellt die Einmischung der Massestärke bei 10 % Stoffdichte auch aufgrund des geringen spezifischen Energieverbrauches die wirtschaftlichste Verfahrensvariante dar.

---

**Schlussfolgerung**

Das im Projekt ausgewiesene Potential des Hochkonsistenz-Einmischverfahrens kann mit den derzeit bestehenden typischen Prozesswasserqualitäten und Hilfsmittelcharakteristiken nicht ausgeschöpft werden. Die bearbeiteten Fragestellungen und das erarbeitete Verfahrenskonzept wird durch die PTS weiter bearbeitet, so dass eine umfassende Unterstützung der Unternehmen bei der Umsetzung gewährleistet ist.

---

**Danksagung**

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens IW 090115 gewonnen, das im Programm zur "Förderung von Forschung und Entwicklung bei Wachstumsträgern in benachteiligten Regionen" mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über den Projektträger EuroNorm Gesellschaft für Qualitätssicherung und Technologie mbH gefördert wurde. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Unser Dank gilt außerdem den beteiligten Firmen der Papier- und Zulieferindustrie für die Unterstützung der Arbeiten.

---

## 2 Abstract

<b>Theme</b>	Developing a process concept to increase the production of corrugating base paper by substituting part of the surface starch applied
<b>Project objective</b>	Primary objective of the research project was the development of a process concept for admixing synthetic and natural dry strength products in the high-consistency range in stock preparation systems of corrugating base paper production. The low fines and contaminant concentrations of high-consistency stock and intense admixing of the products into the fibrous material are intended to improve the strength properties of corrugating base papers.
<b>Results</b>	<p>It could be demonstrated that the performance of strength-enhancing additives is improved by admixing them in the high-consistency range. Paper produced in a low-load stock-water system by means of recovered paper grade 1.02 showed significant bursting pressure gains of up to + 39 % and SCT gains of up to + 25 %. As a tendency, these gains could also be confirmed for a synthetic dry strength agent.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- The best wet-end starch performance was achieved when admixing it at 20 % <b>consistency</b> by means of a kneader. A disk disperger produced only very small performance gains. However, a significantly improved performance was also measured when admixing the starch at 10 % consistency and without kneader.</li><li>- The <b>mixing period</b> and the <b>dilution, storage and shearing of pulps</b> following the admixture of wet-end starch were not found to have any effects on its adsorption and performance.</li></ul> <p>Another focal point were studies into the effects of pulp and process water on the efficiency of high-consistency admixing.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- An improved starch adsorption on fibres due to admixture in the high-consistency range was detected in <b>pulps containing low shares of fines and fillers</b>. However, this did not result in corresponding strength gains.</li><li>- Performance losses of ionic additives due to <b>high electrolyte concentrations</b> in the suspension were not influenced by high-consistency admixing. Increasing the conductivity of the dilution water from 270 <math>\mu\text{S}</math> to 2,000 <math>\mu\text{S}</math> resulted in a significant performance loss of cationic wet-end starch added in the high-consistency range.</li></ul>

---

**Processes**

In addition to very low organic and inorganic loads of the stock-water system, the following process conditions were defined for an overall concept ensuring the optimal use of high-consistency admixing:

- Admixture of cationic wet-end starch at 20 % consistency by means of a kneader.
- A kneading period of 2.5 minutes is sufficient.

The following conclusions can be drawn when looking at the technology and economic efficiency of surface starch application and wet-end starch addition by admixture in the high-consistency range:

- To replace the surface application of starch, high-consistency pulp treatment must be implemented as full-stream treatment.
- The use of a kneader disperger for high-consistency admixing is economically efficient only if the equipment has already been available and operated at the mill.

Alternatively, the admixture of wet-end starch at 10 % consistency is the economically most efficient solution, also because of its low specific energy consumption.

---

**Conclusion**

The process water qualities and additive characteristics prevailing in industry today make it impossible to realise the full economic potential of high-consistency admixing identified by the project. PTS will study these issues further and improve the process concept to be able to comprehensively assist paper mills with the implementation.

---

**Acknowledgement**

The research project IW 090115 was funded by the German Federal Ministry of Economics and Technology BMWi in the programme for the "Promotion of Research, Development and Innovation in disadvantaged areas" and carried out under the umbrella of EuroNorm in Berlin. We would like to express our warm gratitude for this support.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

We would also like to express our thanks to the involved German companies for providing proper samples as well as for supporting the project work.

---

### 3 Einleitung

#### Ausgangssituation

Für Wellpappenrohapiere sind aufgrund ihrer Schutzfunktion die Festigkeitseigenschaften die wichtigsten Qualitätskriterien, welche durch die Prüfung der Berstfestigkeit nach Mullen (DIN ISO 2758), des Streifenstauchwiderstandes (DIN 54518) und des Flachstauchwiderstandes (DIN EN ISO 7263) bestimmt werden. Diese Festigkeitseigenschaften werden durch das Zusammenwirken von Rohstoffqualität, den Prozessen zur Aufbereitung des Faserstoffes, der Papiermaschinenarbeit und den Einsatz von funktionellen Additiven entwickelt.

Zur Kompensation der durch das Mehrfachrecycling beeinträchtigten Festigkeitseigenschaften der Faserrohstoffe kommen bei den Herstellern von Wellpappenrohapiere eine Reihe von Maßnahmen zur Anwendung, welche jedoch mit hohen Kosten verbunden sind:

- Oberflächenstärkeauftrag
- Einsatz von höherwertigen Faserrohstoffen
- Mahlung des Faserstoffes
- natürliche und synthetische Trockenverfestiger

Insbesondere die Substitution des energieintensiven Oberflächenstärkeauftrages durch den Einsatz von natürlichen und synthetischen Additiven zur Festigkeitssteigerung in der Masse ist ein großes Anliegen der Produzenten und Inhalt zahlreicher Forschungsarbeiten und Praxisuntersuchungen. Dieses Verfahren verdient unter dem Aspekt, dass die Festigkeitseigenschaften von Papier durch den Einsatz von Stärke oder anderen synthetischen Trockenverfestigern deutlich effektiver erhöht werden als z. B. durch Mahlung oder Zugabe von Armierungsfasern [1], besondere Beachtung.

Die Anwendung dieser Produkte erfolgt meist in den Prozessstufen des Konstanten Teils und der Stoffaufbereitung bei Stoffdichten von 1 bis 3,5 %. Die Wirksamkeit der festigkeitssteigernden Additive wird in diesen Stoffdichtebereichen durch folgende Faktoren beeinträchtigt:

- hohe Störstoffkonzentrationen führen zu einer Verringerung der Wirksamkeit der festigkeitssteigernden Additive und
- eine hohe Konzentration an Feinstoff, welcher mit seiner großen und reaktiven Oberfläche den bevorzugten Reaktionspartner für die funktionalen Additive darstellt.

Ein neuer technologischer Ansatz hat das Ziel, die Wirkung der Trockenverfestiger in störstoffbelasteten Stoff-/Wassersystemen dadurch zu verbessern, dass die Dosierung von Trockenverfestigern in einer Prozessstufe mit geringer Störstoffkonzentration erfolgt.

#### Maßnahmen zur Entwicklung der Festigkeiten bei der Wellpappenrohapiereherstellung

Wellpappenrohapiere werden in einem breiten Sortenspektrum mit unterschiedlichen physikalischen und optischen Eigenschaften hergestellt. Eine Altpapiereinsatzquote von 109 % für das Segment der Wellpappenpapierherstellung in Deutschland zeigt, dass die Herstellung dieser Papiere ausschließlich auf der Basis von Altpapier erfolgt. Die Kompensation der durch das Mehrfachrecycling beeinträchtigten Festigkeitseigenschaften der Faserrohstoffe erfolgt bei der Herstellung von Wellpappenrohapiere überwiegend durch einen Oberflächenauftrag von nativer Stärke über eine Leimpresse oder eine Filmpresse.

---

Je nach erforderlicher Festigkeitssteigerung erfolgt dieser Auftrag ein- oder beidseitig. Die Nachteile an diesem Verfahren sind die Reduzierung der Verfügbarkeit der Papiermaschine durch Abrisse und Reinigungsmaßnahmen die durch die Rückbefeuchtung der bereits weitestgehend getrockneten Papierbahn bedingte Verringerung der Produktionsgeschwindigkeit um 15 - 20 % [2] und der zusätzlicher Bedarf an Trocknungsenergie.

Durch den Auftrag von Oberflächenstärke mittels einer Filmpresse wird nach Angaben von Kvesa [3] pro Gramm aufgetragene Stärke bei einem Wellpappenroh papier von 80 - 100 g/m<sup>2</sup> eine Steigerung des Berstdruckes um 16,2 kPa und des SCT-quer um 0,135 kN/m erreicht.

---

#### **Additiveinsatz in der Masse und deren Wirk- samkeit**

Chemische Hilfsmittel, welche den Stoffsuspensionen in gelöstem oder kolloidal gelöstem Zustand zugefügt werden, werden anhand der folgenden Wechselwirkungen zwischen Additiv und der Faserstoff- und Füllstoffbestandteilen adsorbiert:

- Ionische bzw. elektrostatische Wechselwirkung kationischer Polysaccharide,
- Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen,
- Van-der-Waals-Kräfte,
- Ionenbindungen.

Die Wirksamkeit von funktionalen Additiven wird in den Prozessen der Stoffaufbereitung und der Papiermaschine insbesondere beeinflusst durch:

- die Verweilzeit in den einzelnen Prozessstufen,
- die komplexen Wechselwirkungen mit anderen Additiven,
- die Belastung des Kreislaufwassers durch Wasserkreislaufeinengung,
- die Scherbeanspruchungen in der Stoffaufbereitung und an der Papiermaschine sowie
- die Wechselwirkungsmechanismen konkurrierender Additive [4].

Treibende Kraft für Wechselwirkungen seitens der Faser sind die zugängliche Faseroberfläche, ihre Struktur und Ladungsdichte. Hierauf kann durch die Auswahl der Faserrohstoffe und der eingestellten Parameter für die Mahlung Einfluss genommen werden. Dem Feinstoff ist besondere Beachtung zu widmen. Als weiterer Faktor entscheidet die lokale Konzentration der Faserstoffkomponente und des Additivs über die zu erwartende Ausbeute. Hier sind die Stoffdichte, die Dosierkonzentration und die Scherbeanspruchung beeinflussbare Prozessgrößen. Bei der Adsorption von Stärken und beispielweise PVAm als typisches Papieradditiv werden elektrostatische Wechselwirkungen als treibende Kraft angesehen [5], [6].

---

---

**Einfluss der Wasserkreislaufeinengung auf Festigkeitseigenschaften**

Die Hersteller von Papieren aus Altpapier ohne Deinking weisen heute mit durchschnittlich  $4,1 \text{ m}^3/(\text{t Bruttoproduktion})$  die geringste spezifische Abwassermenge unter den verschiedenen Sortenbereichen auf [7]. Durch die Reduzierung der spezifischen Abwassermenge steigen die Konzentrationen von Störstoffen im Kreislaufwasser, ausgedrückt z.B. durch CSB-Wert und Salzgehalte. Im geschlossenen Wasserkreislauf ist dann je nach Rohstoff-Einsatz mit CSB-Werten von 15.000 -30.000 mg/l zu rechnen [8]. CSB-Quelle ist in erster Linie das eingesetzte Altpapier, so dass der CSB-Eintrag aus wirtschaftlichen Gründen heraus wenig beeinflusst werden kann.

Mehrere Forschungsarbeiten beschäftigten sich mit den Auswirkungen der Wasserkreislaufeinengung auf die Festigkeitseigenschaften von Wellpappenroh papier. Durch Dietz [8] wurden die Ergebnisse dieser Arbeiten sowie eigener Untersuchungen zusammengestellt und bewertet. Die Ergebnisse der Auswertung zeigen, dass sich ein Anstieg des CSB-Wertes insbesondere auf den Bestdruck und die Zugfestigkeit negativ auswirkt, der Stauchwiderstand ist in geringerem Maße betroffen. Über den Einfluss von einzelnen Wasserinhaltsstoffen auf die Festigkeitseigenschaften des Papiers liegen nur sehr wenige Daten vor. Die von Dietz [8] durchgeführten Untersuchungen mit Zusätzen von Chlorid und Sulfat in den Prozesswässern zeigten bis zu einer Leitfähigkeit von 3.000 bis 6.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  keine erkennbare Wirkung auf die Festigkeitseigenschaften.

---

**Stärkeinsatz in der Faserstoffsuspension**

Für den Einsatz in der Masse werden die Stärken zur Verbesserung der Retention im Papierblatt zumeist kationisch modifiziert. Der Umfang der Kationisierung wird über den Substitutionsgrad ausgedrückt und ist ein Maß für den Gehalt an funktionellen kationischen Gruppen.

Die Zugabe der Stärkelösung in die Faserstoffsuspension erfolgt üblicherweise im Prozess des Konstanten Teils im Stoffdichtebereich von 1 bis 3 %.

In einer Reihe von Veröffentlichungen zum Einsatz von kationischer Stärke in Wellpappenroh papieren wird angegeben, dass die Einsatzmenge in der Masse auf 1,5 %, bezogen auf den Faser- und Füllstoffanteil, begrenzt ist [2],[9]. Die Ursachen dafür sind:

- Konkurrenzreaktionen der Additive untereinander
- die Belegung der Oberflächen von Faser- und Füllstoffen durch Kreislaufwasserbestandteile

---

**Anwendung synthetischen Trockenfestmittel**

Der Einsatz von synthetischen Trockenverfestigern stellt zunehmend eine Alternative gegenüber den konventionellen Verfahren zur Festigkeitssteigerung dar. Eine breite Anwendung dieser Produkte im Bereich der Wellpappenroh papiere ist aufgrund der ungenügenden Effektivität der Festigkeitssteigerung nicht erreicht worden.

Der überwiegende Anteil der derzeit eingesetzten synthetischen Trockenverfestiger beruht auf der Basis von Polyacrylamiden und Polyvinylamin (PVAm). Weitere Produkte basieren auf Umsetzungen aus Polyacrylamid und Glyoxal sowie Inklusionsverbindungen aus Stärke mit Polyvinylamin [10]. Die Polymerketten des PVAm sind im Vergleich zur Stärke erheblich flexibler und tragen außerdem, bezogen auf die Molmasse, deutlich mehr potenzielle Bindungsstellen. Dieser Vorteil spiegelt sich auch in der höheren spezifischen Wirksamkeit von synthetischen Trockenverfestigern im Vergleich zu kationischer Massestärke wieder [11].

---



---

**Ziel**

Übergeordnetes Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines Verfahrens zur Einmischung von synthetischen und natürlichen Produkten zur Trockenverfestigung im Hochkonsistenzbereich in Stoffaufbereitungsanlagen von Wellpappenrohpaperproduzenten.

Durch den Zusatz der Trockenverfestiger im Hochkonsistenzbereich sollte entweder eine Verbesserung der Wirksamkeit der festigkeitssteigernden Additive oder eine Steigerung der Festigkeitseigenschaften der Wellpappenrohpaper bei erhöhtem Einsatz durch deren Dosierung in einer Prozessstufe mit geringer Feinstoff- und Störstoffkonzentration und durch eine intensive Einarbeitung in das Fasermaterial ermöglicht werden.

Durch das beantragte Forschungsprojekt sollten im Detail folgende Zielstellungen erreicht werden:

- Bestimmung des Einflusses von
  - Prozessparametern (Anwendungsdichte, Nachverdünnung, Scherenergie),
  - Faserstoffkennwerten (Anteil mineralischer Bestandteile, Stärkegehalt, Ladung, Feinstoffgehalt, usw.) und Prozesswassereigenschaften (Feststoffgehalt, Stärkegehalt, Ladung, Leitfähigkeit, usw.)

auf das Adsorptionsverhalten und die Wirksamkeit der Trockenverfestiger;

- Definition der erforderlichen Prozessparameter für den HC-Einmischungsprozess von Trockenverfestigern und für die Rückverdünnung
  - Entwicklung eines Verfahrenskonzeptes zur Steigerung der Wirksamkeit des Einsatzes von Trockenverfestigern im Verpackungspapierbereich
  - Untersuchung des Kosten-/Nutzenverhältnisses gegenüber den praxisüblichen Maßnahmen zur Festigkeitssteigerung
-

## 4 Versuchsdurchführung

### 4.1 Eingesetzte Altpapierfaserstoffe, Additive und Prozesswässer

#### Eingesetzte Altpapierfaserstoffe, Additive und Prozesswässer

Für die Versuchsdurchführung wurden die in der Tab. 4.1 aufgeführten Altpapierfaserstoffe, Prozesswässer und Hilfsmittel ausgewählt:

Tab. 4.1 Eingesetzte Altpapierfaserstoffe, Prozesswässer und festigkeitssteigernde Additive

Faserstoff	Bezeichnung	Bemerkungen
Faserstoff 1	FS-1	eine Mischung aus 66 % industriell hergestellter Wellenstoff und 34 % Zeitungen und Zeitschriften (Modellmischung für Altpapiersorte 1.02)
Faserstoff 2	FS-2	industriell hergestellter Kraftliner
Verdünnungswasser	Bezeichnung	Bemerkungen
Wasserqualität 1	W-1	Trinkwasser
Wasserqualität 2	W-2	Trinkwasser, dessen Leitfähigkeit auf 2.000 µS und Feststoffgehalt auf 0,3 % eingestellt wurde
Wasserqualität 3	W-3	Trinkwasser, dessen Leitfähigkeit auf einen Wert von 2.000 µS eingestellt wurde
Wasserqualität 4	W-4	Siebwasser I aus einer Altpapier verarbeitenden Papierfabrik
festigkeitssteigernde Additive	Bezeichnung	Bemerkungen
Kationisierte Stärke A	HM-1	kationisierte Kartoffelstärke, Kationisierungsgrad 0,45
Kationisierte Stärke B	HM-3	kationisierte Kartoffelstärke, Kationisierungsgrad 0,8
synthetischer Trockenverfestiger	HM-2	synthetischer Trockenverfestiger, kationisch

### 4.2 Charakterisierung der Eigenschaften der Faserstoffe, der Suspension und der Prozesswässer

#### Suspensionseigenschaften

Die Eigenschaften der Faserstoffsuspensionen wurden nach den in Tab. 4.2 angegebenen Methoden bestimmt.

Tab. 4.2 Charakterisierung der Suspensionseigenschaften und der morphologischen Eigenschaften

Merkmal	Prüfvorschrift
Feinstoffgehalt	Gerätevorschrift FIBERLAB 3.0
Formfaktor (Curl)	
Faserlänge	
Zeta-Potential-Messung von Suspensionen; Strömungspotential	Gerätevorschrift Müttek SZP
Entwässerungswiderstand	DIN ISO 5267-1

**Eigenschaften der Prozesswässer**

Die Eigenschaften der Prozesswässer wurden nach den in Tab. 4.3 angegebenen Methoden bestimmt.

Tab. 4.3 Charakterisierung der Prozesswässer

Merkmal	Prüfvorschrift
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	DEV H 41 DIN 38 409 T 41
Störstoffgehalt in Faserstofffiltraten	Polyelektrolyttitration nach PTS - PE 001/93
Stärkebestimmung in Filtraten	PTS-Methode RH 23/09
Elektrische Leitfähigkeit	EN 27888
Glührückstand	DIN 54 370 ZM IV/40/77
Feststoffgehalt	in Anlehnung an IN EN ISO 4119

**4.3 Einmischen der Additive im Hochkonsistenzbereich****Suspensionseigenschaften**

Die Eigenschaften der Faserstoffsuspensionen wurden nach den in Tab. 4.4 angegebenen Methoden bestimmt.

Tab. 4.4 Charakterisierung der Suspensionseigenschaften und der morphologischen Eigenschaften

Merkmal	Prüfvorschrift
Feinstoffgehalt	Gerätevorschrift FIBERLAB 3.0
Formfaktor (Curl)	
Faserlänge	
Zeta-Potential-Messung von Suspensionen; Strömungspotential	Gerätevorschrift Müttek SZP
Entwässerungswiderstand	DIN ISO 5267-1

**Verwendete Aggregate**

Für die Einarbeitung der Trockenverfestiger kamen folgende Aggregate und Prozessparameter zur Anwendung.

Tab. 4.5 Übersicht der Prozessparameter und Aggregate

Einmischaggregate	Bezeichnung	Bemerkungen
Knetter	A-1	20 % Stoffdichte; Einmischzeiten 2,5 min, 5,0 min, 7,5 min
Disperger	A-2	20 % Stoffdichte; Einmischzeit 2 min
Hobart	A-3	10 % Stoffdichte; Einmischzeit 5 min
Desintegrator	A-4	4 % Stoffdichte; Einmischzeit 5 min

**Laborknetter mit  
Thermostat**

Zur Einmischung der Additive durch Kneten kam ein Schaufelknetter (Ausführung als Doppelmuldenknetter) zum Einsatz. In diesem Gerät rotieren zwei horizontale, z-förmige Knetschaufeln gegeneinander und pressen das Knetgut gegen den Trogsattel. Dort wird es zerteilt und vom Wirkbereich der einen in den Wirkbereich der anderen Schaufel geleitet. Dieses Laborgerät besitzt ein Fassungsvermögen von 200 g Faserstoff mit 20 % Stoffdichte.

Die Knetversuche wurden bei einer Temperatur von 80°C durchgeführt. Die Dauer betrug jeweils 2 x 2,5 Minuten (jeweils Rechts-/Linkslauf).



Abb. 1 Laborknetter (links) und Arbeitsorgane des Kneters (rechts)

**Disperger**

CaviMix

Scheibensisperger, kleintechnischer Maßstab

Stoffdichte: 25 %

Umfangsgeschwindigkeit: 42 m/s

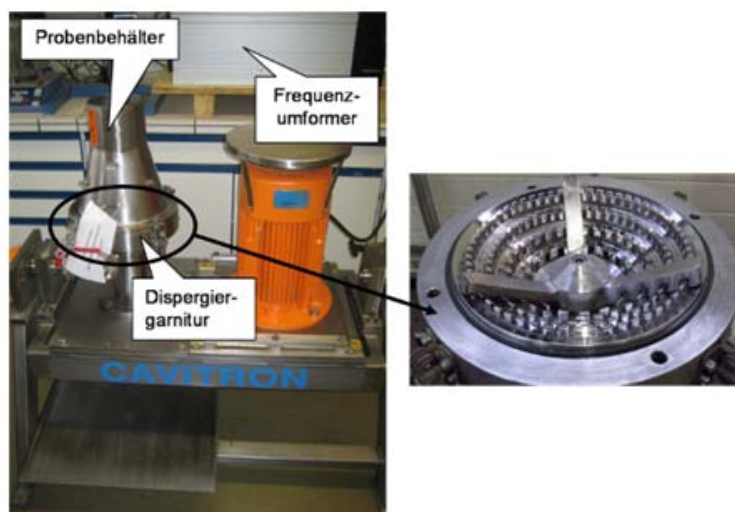


Abb. 2 CaviMix mit Frequenzrichter und Dispergiergarnitur, Ø ca. 25 cm

---

**Laborblattbildung** Die Laborblattbildung erfolgte nach dem Rapid-Köthen-Verfahren gemäß DIN 54358.

---

#### 4.4 Prüfung der Papiereigenschaften und Bewertungsmethoden für die Wirksamkeit der Additive und der Adsorption der kationischen Massestärke

**Papierprüfungen** Von den Laborblättern wurden Festigkeitseigenschaften, der Glührückstand und der Stärkegehalt ermittelt.

Tab. 4.6 Papiereigenschaften

Papiereigenschaften	Prüfvorschrift
Flachstauchwiderstand von Wellenrohpapier (CMT)	DIN EN ISO 7263
Berstfestigkeit für Papier (Mullen)	DIN ISO 2758
Streifenstauchwiderstand	DIN 54 518
Spaltarbeit (Scott-Bond)	TAPPI T 824 pm-94
Glührückstand	DIN 54 370 ZM IV/40/77
Stärkegehalt im Papier	PTS-Methode RH 23/09

---

**Wirkung der Trockenverfestiger** Die Steigerung der Trockenfestigkeit im Papier durch den Additiveinsatz wurde anhand der im Bereich der Wellpappenrohpapierherstellung relevanten Festigkeitseigenschaften charakterisiert. Zur Bewertung der Adsorption der kationischen Stärkeprodukte wurde die Bestimmung des Stärkegehaltes in den Prüfblättern herangezogen.

---

#### 4.5 Auswahl und Charakterisierung der Faserstoffe, Additive und Verdünnungswässer;

**Auswahl und Charakterisierung der Altpapierfaserstoffe** Die Auswahl der Prozesswässer und Faserstoffe wurde auf der Basis einer Aufnahme von Faserstoff- und Kreislaufwasserqualitäten in mehreren Papier- und Kartonfabriken getroffen. Sie erfolgte unter der Zielstellung der Einbeziehung eines möglichst breiten Spektrums der in der Praxis zur Anwendung kommenden Faser- und Wasserqualitäten sowie Trockenverfestiger. Die Auswahl der in die Untersuchungen einzubeziehenden Faserstoffe orientierte sich an dem in den beprobten Verpackungspapier und -karton herstellenden Unternehmen festgestellten Trend zum verstärkten Zusatz von krafthaltigen und/oder füllstoffarmen Faserstoffen.

Die Auswahl des kraftpapierhaltigen Faserstoffes FS-2 erfolgte auch unter folgendem Gesichtspunkt: Dieser Faserstoff enthält einen nur geringen Anteil an Feinstoff und keine mineralischen Stoffe oder Stärke. Er stellt somit ein Versuchsmaterial dar, mittels dem aus wissenschaftlicher Sicht spezifische Erkenntnisse bezüglich

- Adsorption der zudosierten Massestärke an den Faserstoff
-

- Wirksamkeit der Trockenverfestiger und
- Einfluss der Inhaltsstoffe der Prozesswässer auf die Zusammensetzung des Fertigpapiers

gewonnen werden.

Für die ausgewählten Faserstoffe FS-1 und FS-2 wurden die in Tab. 4.7 und Tab. 4.8 angegebenen Eigenschaften ermittelt.

Tab. 4.7 Suspensions- und morphologische Eigenschaften der beiden in den Untersuchungen eingesetzten Faserstoffe

	Entwässerungswiderstand	mittlere Faserlänge L(n)c	finest(n) c	Stärkegehalt	Glührückstand 525°C	Zetra-Potential bei Stoffdichte von 5 g/l	PCD-Wert (Filtrat bei Stoffdichte 5 g/l)
Faserstoff	[SR]	[mm]	[%]	[%]	[%]	[mV]	[meq/l]
FS-1	54	1,23	30	0,4	20,0	-27	4,8
FS-2	22	2,15	25	0,0	0,0	-21	1,6

Tab. 4.8 Ausgewählte Festigkeitseigenschaften der beiden in den Untersuchungen eingesetzten Faserstoffe

	Berst-Index	SCT-Index	Scott-Bond	CMT
Faserstoff	[kPa*m/g]	[kN*m/g]	[J/m <sup>2</sup> ]	[N]
FS-1	2,21	0,019	169	122
FS-2	5,37	0,025	245	161

### Bestandsaufnahme Prozesswasserqualität in Verpackungspapierfabriken

Als Grundlage für die Auswahl der für die Versuche zu verwendeten Wasserqualitäten erfolgte eine Prozesswasseruntersuchung in sechs Papierfabriken, welche im Verpackungspapier- bzw. -kartonbereich tätig sind und als Faserrohstoff hauptsächlich die Altpapiersorten 1.02 und 1.04 einsetzen.

Tab. 4.9 Parameter der Prozesswässer aus verschiedenen Produktionsanlagen für Verpackungspapier

Papierfabriken	Prozesswasser	Leitfähigkeit	CSB - Konzentration	Feststoffgehalt	pH - Wert	Stärkegehalt gesamt
		µmS/cm	mg/l	g/l		mg/l
PF A	Verdünnungswasser Stoffaufbereitung	1.800	540	1,3	7,6	unter der Nachweisgrenze
PF B	Verdünnungswasser Stoffaufbereitung	5.930	10.680	3,5	6,6	950
PF B	Siebwasser I	3.260	4.370	3,1	6,2	unter der Nachweisgrenze
PF C	Siebwasser I	3.020	4.080	2,9	6,8	650
PF D	Verdünnungswasser Stoffaufbereitung	8.090	16.640	2,0	7,3	250
PF E	Verdünnungswasser Stoffaufbereitung	9.230	47.200	0,6	6,9	25.750

### Auswahl Verdünnungswässer

Zur Bestimmung des Zusammenhanges zwischen der Prozesswasserqualität und der Wirksamkeit der Hochkonsistenzanwendung von Trockenverfestigungsmitteln wurden die Versuche mit vier unterschiedlichen Verdünnungswasserqualitäten durchgeführt. Bei der Auswahl der Prozesswässer fanden folgende Gesichtspunkte Berücksichtigung:

- grundsätzliche Bestimmung des Einflusses der Hochkonsistenzmischung auf die Wirksamkeit der Trockenverfestiger ohne Verdünnungswassereinfluss,
- Untersuchung der Wirksamkeit des Hochkonsistenzverfahrens unter den Bedingungen eines höher belasteten Praxiswassers,
- Durchführung der Versuchsreihen mit einer Wasserqualität, welche über längere Zeiträume reproduzierbar herzustellen und gleichzeitig in wesentlichen Kennwerten mit einem Praxiswasser der Verpackungspapierproduktion vergleichbar ist.

### Umsetzung Verdünnungswasserqualität in Modellwässer

Zur Umsetzung dieser Aspekte erfolgte die Versuchsdurchführung unter Einsatz von Trinkwasser [W-1] und zwei Modellwässern. Ein Modellwasser wurde an der Forschungseinrichtung bereits im Rahmen einer Untersuchung zur Stärkeadsorption [**Fehler! Textmarke nicht definiert.**] eingesetzt und wird auf der Basis von Trinkwasser durch die Zugabe von spezifischen Salzen bis zu einem definierten Leitfähigkeitswert von 2000  $\mu\text{S}$  hergestellt [W-3].

Die Herstellung des zweiten Modellwassers erfolgte auf der Basis des Modellwassers W-3, bei dem durch Zugabe eines abfiltrierten Rückstandes eines Siebwasser 2 einer Wellpappenrohropapiererzeugungsmaschine ein Feststoffgehalt von 3 g/l eingestellt wurde. Die Rezepturen für diese beiden Verdünnungswasserqualitäten W-2 und W-3 zeigt die nachfolgende Tab. 4.10. Der abfiltrierte Siebwasserrückstand wurde portioniert und eingefroren und bei  $-27^\circ\text{C}$  gelagert. Dieses Vorgehen ermöglichte es, dass eine große Anzahl von Versuchsreihen mit einem praxisähnlichen und reproduzierbar herstellbaren Modellwasser durchgeführt werden konnten.

### Rezeptur der hergestellten Modellwässer

Tab. 4.10 Rezeptur für die Modellwässer W-2 und W-3

Zugegebene Komponenten in g/l	synthetisch hergestellte Verdünnungswasserqualitäten	
	W-2	W-3
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	9,8	9,8
$\text{CaCl}_2$	0,4	0,4
Feinstoff	3	0

Als vierte Verdünnungswasserqualität wurde ein Prozesswasser mit einem geringen Stärkegehalt ausgewählt, dessen Leitfähigkeits- und CSB-Konzentrationswert im oberen Bereich der bei der Verpackungspapierherstellung typischen Prozesswasserqualitäten liegt [W-4].

### Charakteristik der Modellwässer

Eine zusammenfassende Übersicht der in den Versuchen zur Anwendung kommenden Verdünnungswässer und deren wesentliche Kennwerte zeigt die Tab. 4.11.

Tab. 4.11 Kennwerte der in den Versuchen eingesetzte Verdünnungswasserqualitäten

Verdünnungswasserqualitäten	Leitfähigkeit	Feinstoffgehalt	pH-Wert	CSB	Stärkegehalt
	$\mu\text{S}/\text{cm}$	g/l		mg/l	mg/l
W-1	270	0	8,1	<10	-
W-2	2000	3	6,9	< 10	-
W-3	2000	0	6,8	<10	-
W-4	8000	1,4	7,1	10.950	155



### Auswahl und Charakterisierung der festigkeitssteigernden Additive

Die Untersuchungen wurden mit insgesamt drei in der Masse anzuwendenden festigkeitssteigernden Additiven durchgeführt. Es wurden zwei kationisierte Stärken und ein synthetischer Trockenverfestiger ausgewählt, welche bei der Herstellung von Wellpappenrohpa-pieren eingesetzt werden. Die beiden kationischen Massestärkequalitäten unterscheiden sich im Derivatisationsgrad (DS) und in der Viskosität.

Tab. 4.12 Charakterisierung der beiden in den Untersuchungen eingesetzten Massestärken

Parameter	Einheit	HM-1	HM-3
Rohstoff	-	Kartoffel	Kartoffel
DS	-	0,045	0,08
Ladungsdichte Wirksubstanz	mmol/g	2,00	2,96
Verkleisterungstemperatur	°C	54 - 58	47
Brookfield Viskosität (50°C)	mPas	3120	27

### Auswahl und Charakterisierung der festigkeitssteigernden Additive

Tab. 4.13 Charakterisierung des synthetischen Trockenverfestigers

Parameter	Einheit	HM-2
Ladungscharakter		kationisch
Gehalt Wirksubstanz (WS)	%	28,9
Ladungsdichte Handelsware	mmol/g	3,136
Ladungsdichte Wirksubstanz	mmol/g	10,85
pH-Wert		8,4
Dichte	g/ml	1,065

### Fazit

Im ersten Arbeitspaket erfolgte für die geplanten Versuchsreihen die Auswahl und Charakterisierung der Altpapierfaserstoffe, Prozesswässer sowie der festigkeitssteigernden Additive. Die Auswahl der Prozesswässer und Faserstoffe wurde auf der Basis einer Aufnahme von Prozess-, Faserstoff- und Kreislaufwasserwerten in mehreren Papier- und Kartonfabriken getroffen. Sie erfolgte unter der Zielstellung einer Einbeziehung eines möglichst breiten Spektrums der in der Praxis zur Anwendung kommenden Trockenverfestiger sowie Faser- und Wasserqualitäten. Zudem soll sie eine systematische Aufnahme der Zusammenhänge zwischen den Eigenschaftskennwerten der Roh- und Hilfsstoffe, den Prozessparametern und den Kennwerten der festigkeitssteigernden Additive ermöglichen. Bei der Auswahl der in die Untersuchungen einzubeziehenden Faserstoffe wurde sich an dem in den beprobten Verpackungspapier- und Karton herstellenden Unternehmen festgestellten Trend zum verstärkten Zusatz von krafthaltigen Faserstoffen orientiert. Zudem diente der krafthaltige Faserstoff zur Gewinnung von Ergebnissen, die nur geringfügig durch den Retentionsprozess beeinflusst wurden.

## 5 Charakterisierung Knetprozess

### Knetprozess als Referenzprozess

Um die Wirkung des Knetprozesses auf die Faserstoffeigenschaften und die Wirksamkeit der verschiedenen Trockenverfestiger bei einer Einmischstoffdichte von 20 % und bei unterschiedlichen Faserstoff- und Prozesswasserqualitäten bestimmt. Die Zerfaserung der Faserstoffe erfolgte unter praxisnahen Bedingungen bei einer Stoffdichte von 5,5 %. Anschließend wurde der Faserstoff mit einer Zentrifuge auf 30 % Trockengehalt eingedickt und auf eine Stoffdichte von ca. 24% verdünnt. Anschließend erfolgte die Zugabe des Trockenverfestigers und die genaue Einstellung der Einmischstoffdichte von 20 % mit dem entsprechenden Modellwasser. Der geknetete Faserstoff wurde anschließend schrittweise bis zur Blattbildungsstoffdichte verdünnt. Die im Konstanten Teil auf den Faserstoff einwirkende Scherbeanspruchung wurde bei der Versuchsdurchführung durch ein zwischen die Verdünnungsstufen geschaltetes Aufschlagen des Faserstoffes berücksichtigt.

Die Blattbildung erfolgte am Rapid-Köthen-Blattbildner unter Zugabe eines Retentionsmittels.

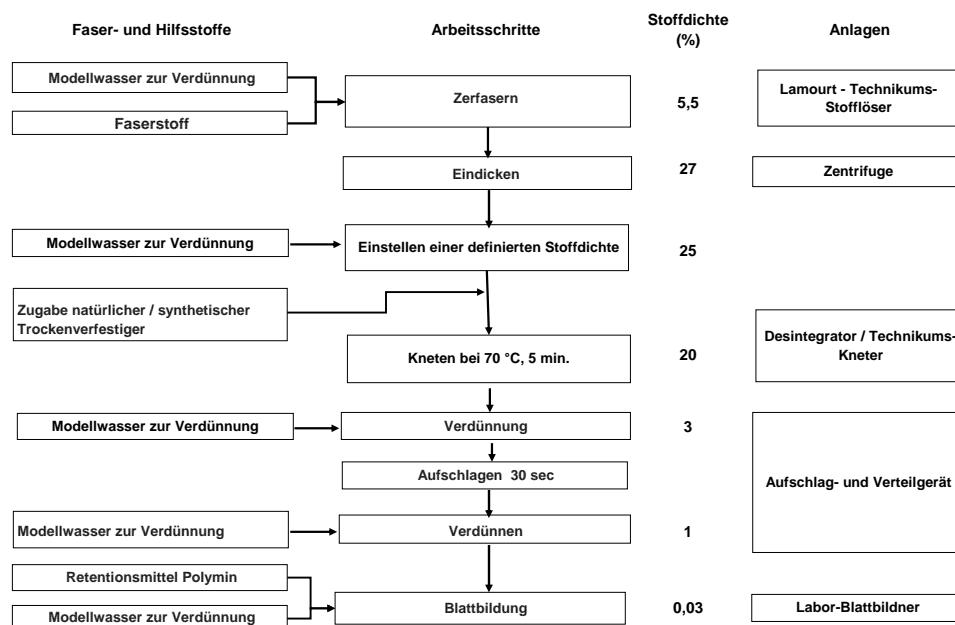


Abb. 3 Referenzprozesse für die Einmischung von natürlichen und synthetischen Trockenverfestigern im Gesamtstrom bei 20 % Stoffdichte

### Einmischprozess Kneten

Die morphologische Kennwerte, welche nach den unter Frischwasserbedingungen durchgeführten Knetversuchen ermittelt wurden zeigen, dass es in Folge des Knetprozesses zu einer Kräuselung der Fasern kommt, welche insbesondere bei holzfreien Faserstoffen weitestgehend irreversibel ist. Diese Faserkräuselung ist eine Ursache für die verhältnismäßig gering ausgeprägten Festigkeitseigenschaften, welche für den aus Kraftzellstoff bestehenden Faserstoff FS-2 bestimmt wurden. Zudem weist der niedrige Entwässerungswiderstand auf eine geringe Mahlbehandlung und damit auf eine nur teilweise Ausnutzung des Festigkeitspotentials dieses Faserstoffes hin.

### Wirksamkeit Trockenverfestiger

Die im Hochkonsistenzbereich mit Trinkwasser (W-1) durchgeführten Versuchsreihen sollen eine grundsätzliche Beurteilung der Wirksamkeit von synthetischen und natürlichen Trockenverfestigern in Abhängigkeit der Dosiermenge und des Faserstoffes ermöglichen (Abb. 4). Die Ergebnisse zeigen:

- durch den Einsatz von synthetischen und natürlichen Trockenverfestigern werden für den Berstwiderstand deutlich höhere Steigerungsraten erzielt als für die Festigkeitseigenschaft SCT-Wert,
- durch die kationische Massestärke (HM-1) sind sowohl Berstwiderstand als auch SCT-Wert deutlich stärker steigerbar als durch den synthetischen Trockenverfestiger (HM-2),
- Bei dem Faserstoff FS-1 (Modellaltpapier für Sorte 1.02) sind zur Ausschöpfung des Potentials der festigkeitsteigernden Wirkung der kationische Massestärke (HM-1) im Vergleich zu dem fein- und füllstoffarmen Faserstoff FS-2 (Kraftliner) höhere Dosiermengen erforderlich,

durch hohe Dosiermengen des synthetischen Trockenverfestigers (HM-2) sind bei dem Kraftlinerfaserstoff (FS-2) deutliche Steigerungen des Berstdruckes erzielbar.

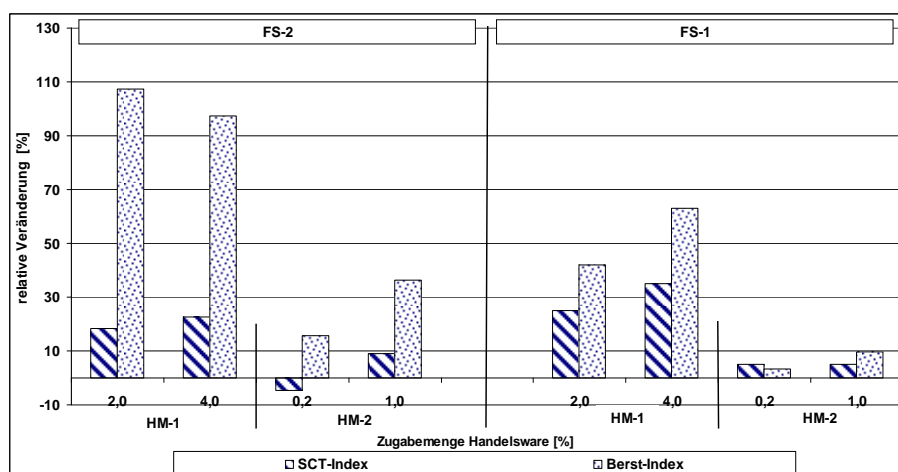


Abb. 4 Wirksamkeit von natürlichen und synthetischen Trockenverfestigern in Bezug auf die Steigerung der Festigkeitseigenschaften in Abhängigkeit von der Dosiermenge und des Faserstoffes; Verdünnungswasser: W-1 (Trinkwasser); Stoffdichte: 20 %, Aggregat: A-1

### Charakteristik

Die Wirksamkeit der festigkeitsteigernden Additive wird trotz der Einmischung

### Modellwasser vs. Festigkeitsentwicklung

im Hochkonsistenzbereich in starkem Maße durch die Qualität des Verdünnungswassers beeinflusst. Die Abb. 5 zeigt, dass bereits eine alleinige Anhebung des Leitfähigkeitswertes auf 2000  $\mu\text{S}$  (Verdünnungswasserqualität W-3) eine Reduzierung der durch den Einsatz einer kationischen Massestärke bewirkten Festigkeitssteigerungen hervorruft. Tendenziell wurde bei Einsatz des nur mit Salzen versetzten Modellwassers (W-3) eine geringere Reduzierung ermittelt, als bei Einsatz des zusätzlich mit Feinstoff versetzten Modellwassers W-2.

Mit Verdünnungswässern, welche einen sehr hohen Gehalt an anorganischen und organischen Stoffen aufweisen (W-4), ist bei Einsatz von Massestärke mit einem üblichen Derivatisierungsgrad von 0,045 (HM-1) auch bei einer Hochkonsistenzeinmischung keine Verbesserungen der Festigkeitseigenschaften erreichbar.

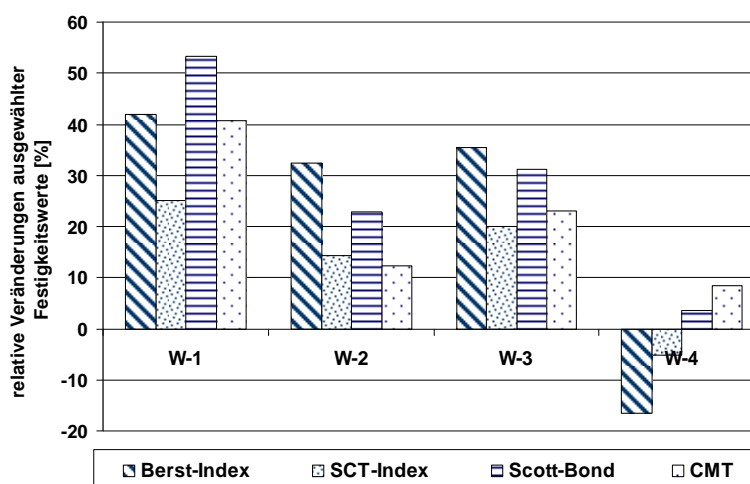


Abb. 5 Vergleich der Hilfsmittelwirksamkeit bei Einsatz verschiedener Verdünnungswasserqualitäten bei Anwendung der Hochkonsistenzeinmischung mit dem Kneiter; Festigkeit steigerndes Hilfsmittel: HM-1 (2%); Faserstoff: FS-1

**Stärke und mineralische Stoffe im Modellwasser**

Bei der Bewertung des Einflusses des Verdünnungswassers auf die Festigkeitseigenschaften sind die durch das Verdünnungswasser mit in den Faserstoff eingetragenen Anteile an Stärke und mineralischen Stoffen zu beachten. Bei beiden untersuchten Faserstoffen wurde alleinig durch das Prozesswasser W-4 eine Erhöhung des Stärkegehaltes um absolut 0,15 bis 0,2 % sowie des Glührückstandes um 7 bzw. 5 % (absolut) bewirkt (Abb. 6 und Abb. 7). Diese Abbildungen zeigen, dass die im Faserstoff und im Verdünnungswasser W-4 vorhandenen Stärkeanteile weitestgehend im Papierblatt retendiert wurden. Im Gegensatz dazu konnte bei Einsatz dieser Verdünnungswasserqualität W-4 für beide Faserstoffqualitäten keine zusätzliche Erhöhung des Stärkegehaltes durch Zugabe von 4 % kationischer Massestärke HM-1 bestimmt werden.

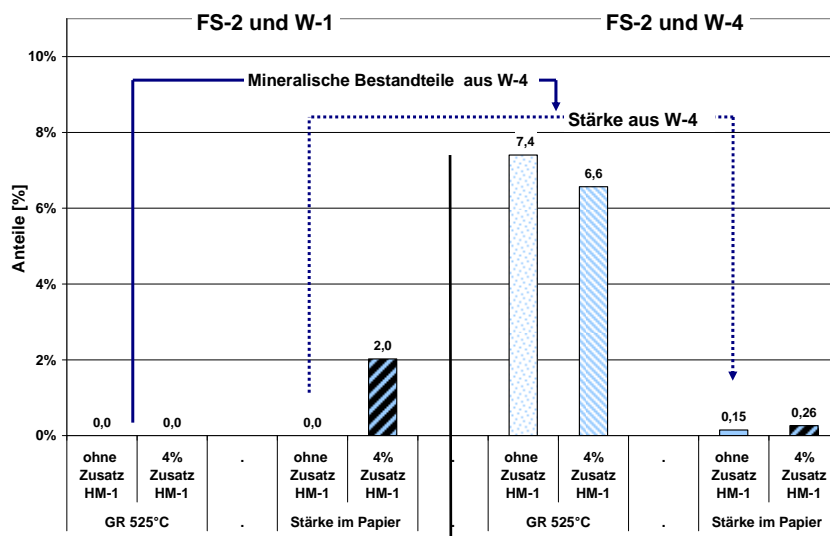


Abb. 6 Einfluss des Verdünnungswassers auf die Anteile von Stärke und mineralischen Stoffen (Glührückstand bei 525°C) im Faserstoff FS-2

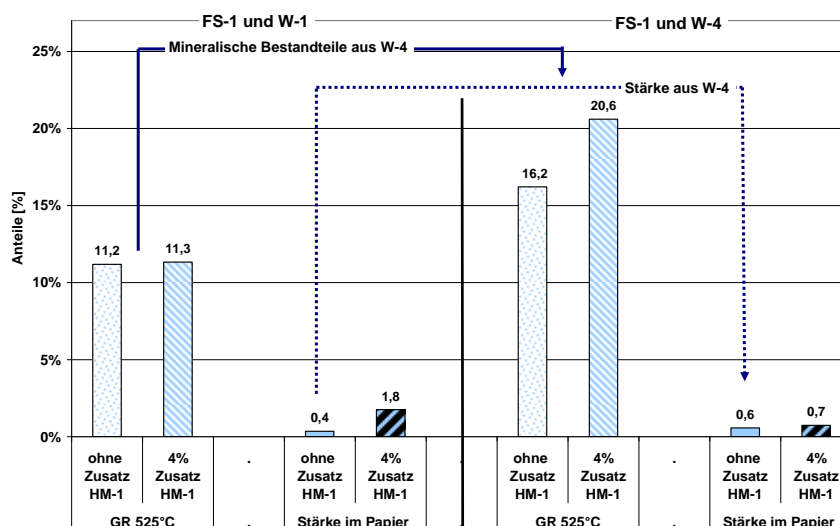


Abb. 7 Einfluss des Verdünnungswassers auf die Anteile von Stärke und mineralischen Stoffen (Glührückstand bei 525°C) im Faserstoff FS-1

**Vergleich der Wirksamkeit der Trockenverfestiger**

Ein Vergleich der festigkeitssteigernden Wirksamkeit zwischen kationischer Stärke und synthetischen Trockenverfestiger bei Einsatz eines Verdünnungswassers mit erhöhtem Leitfähigkeitswert von 2.000  $\mu\text{S}$  (W-3) zeigt, dass auch unter diesen Bedingungen der synthetischen Trockenverfestigers keinen Vorteil gegenüber der kationischen Massestärke besitzt.

Ein Versuch zur Bewertung der festigkeitssteigernden Wirksamkeit einer höherkationisierten Massestärke (HM-3) im Vergleich zu einer geringer kationisierten Massestärke (HM-1) unter Hochkonsistenz- und Prozesswasserbedingungen zeigt, dass diese Stärke (HM-3) gegenüber der geringer kationisierten Massestärke (HM-1) - außer in Bezug auf den Scott-Bond-Wert - keine höhere Wirksamkeit besitzt.

---

**Fazit**

Die mit einem Knetaggregat eingemischten natürlichen und synthetischen Trockenverfestiger wurden in Bezug auf ihre Wirksamkeit in Abhängigkeit der Verdünnungswasserqualität, des Faserstoffes und der Dosiermenge untersucht.

Die Vergleichsuntersuchungen zwischen natürlichen und synthetischen Trockenverfestigern zeigten, dass durch den Einsatz des synthetischen Trockenverfestigers eine im Gegensatz zur Anwendung der kationischen Massestärke nur sehr geringe Festigkeitssteigerungen bewirkt wurde. Auch in Stoff-/Wassersystemen mit mäßig erhöhter Leitfähigkeit konnte keine bessere Wirksamkeit des synthetischen Trockenverfestigers gegenüber der Massestärkeanwendung bestimmt werden. Die Versuche zeigen sehr deutlich, dass die Festigkeit steigernde Wirkung der kationischen Massestärke auch bei einer Hochkonsistenz - Einmischung in sehr starkem Maße von der Leitfähigkeit und der anorganische und organische Belastung des Prozesswassers abhängig und bei hoch belasteten Wasserqualitäten nicht mehr wirksam ist. So wurde nur durch das Anheben des Leitfähigkeitswertes des Verdünnungswassers von 270  $\mu\text{S}$  auf 2000  $\mu\text{S}$  eine Reduktion der durch Massestärkeinsatz bewirkten Steigerungsrate für den Bestwiderstandes um 14 % und für den SCT-Wert um 20 % ermittelt. Enthält das Prozesswasser zusätzlich Feinstoff in typischer Zusammensetzung und Konzentration so wird ein weiterer Abfall der Steigerungsrate für den Berstwiderstand um ca. 11 % und für den SCT-Wert um 30 % bewirkt.

Ein weiteres wesentliches Ergebnis war die Erkenntnis, dass bei der Interpretation der durch Einsatz von ionischen Hilfsmitteln erreichten Festigkeitsveränderungen bei wellpappenhaltigen Altpapierfaserstoffen das Retentionsverhaltens der Fein- und mineralischen Stoffen sowie der Stärke mit berücksichtigt werden muss. Eine systematische Aufnahme und Bewertung des Retentionsprozesses wurde in dem Forschungsprojekt nicht vorgenommen, so dass hier eine Fehlerquelle für die Bewertung der Ergebnisse besteht.

---

## 6 Prozessparameter für das Hochkonsistenz-Einmischverfahren

### **Einfluss von Hochkonsistenz-Einschprozesse auf die Faser-morphologie**

Der Knetprozess ist durch den Eintrag von hohen Scherkräften in das Knetgut gekennzeichnet. Vom Dispergiervorgang, der ebenfalls bei hohen Stoffdichten stattfindet, wird für holzhaltige Fasern ein hoher Anteil an reversibler Faserkräuselung (Latenzverhalten) beobachtet, während die Kräuselung holzfreier Fasern weitestgehend irreversibel ist [12]. Die damit verbundene hohe mechanische Beanspruchung des Faserstoffes führte insbesondere bei dem Kraftlinerstoff zu einer geringfügigen Faserumformung. Diese Umformung zeigt sich anhand eines Anstieges der Faserkräuselung um ca. 30 %, einem verminderten Entwässerungswiderstand sowie reduzierten Festigkeitseigenschaften.

### **Einfluss der Einmischstoff-dichte**

Die Bewertung des Einflusses der Einmischstoffdichte auf die Wirksamkeit der Massestärke erfolgte im ersten Schritt unter Einsatz von Trinkwasser (W-1) und unter zusätzlicher Bewertung der Stärkeretention (Abb. 8 und Abb. 9).

Für beide Faserstoffe FS-1 und FS-2 wurde bei einer Einmischung der kationischen Massestärke bei 20 % Stoffdichte gegenüber einer Einmischung bei 4 % Stoffdichte eine um das 1,3- bis 2,3-fache höhere Stärkeretention bestimmt. Die höchsten Werte für die Stärkeretention wurden für beide Faserstoffe im Hochkonsistenzbereich bei einer Dosiermenge von 2 % der Stärke HM-1 ermittelt. Die Steigerung der Dosiermenge der Stärke HM-1 auf 4 % führte insbesondere bei den im Hochkonsistenzbereich durchgeführten Versuchen zu einer deutlichen Verringerung der Retention.

Eine Auswertung der auf die zugegebene und die retendierte Stärkemenge bezogenen Steigerung des SCT verdeutlicht die Unterschiede in der Hilfsmittelwirksamkeit zwischen den beiden Einmischstoffdichten und Faserstoffen. Bei dem Kraftlinerfaserstoff FS-2 wird bereits bei einer Einmischstoffdichte von 4 % eine hohe spezifische SCT-Steigerung von ca. 13 % pro Prozent retendierter Massestärke erzielt. Diese Steigerungsrate wird durch eine Hochkonsistenz-einmischung nicht erhöht. Eine Steigerung der Festigkeit erfolgt bei diesem Faserstoff nur durch die mit der Hochkonsistenz-einmischung erzielte Steigerung der Stärkeretention. Im Gegensatz dazu wurde bei dem Faserstoff FS-1 durch eine Einmischung bei einer Stoffdichte von 4 % eine mit 5 % pro Prozent retendierter Massestärke sehr geringe Wirksamkeit der Massestärke in Bezug auf die Steigerung des SCT-Wertes ermittelt. Bei einer Einmischung der Massestärke bei einer Stoffdichte von 20 % erhöhte sich dieser Wert bis auf 22 %. Weiterhin konnte insbesondere bei der Hochkonsistenz-einmischung in den Faserstoff FS-1 festgestellt werden, dass im Unterschied zum Faserstoff FS-2, die festigkeitsteigernde Wirkung der retendierten Massestärke mit zunehmender Dosiermenge deutlich ansteigt.

**scheinbare und reale Wirksamkeit der kationischen Massestärke**

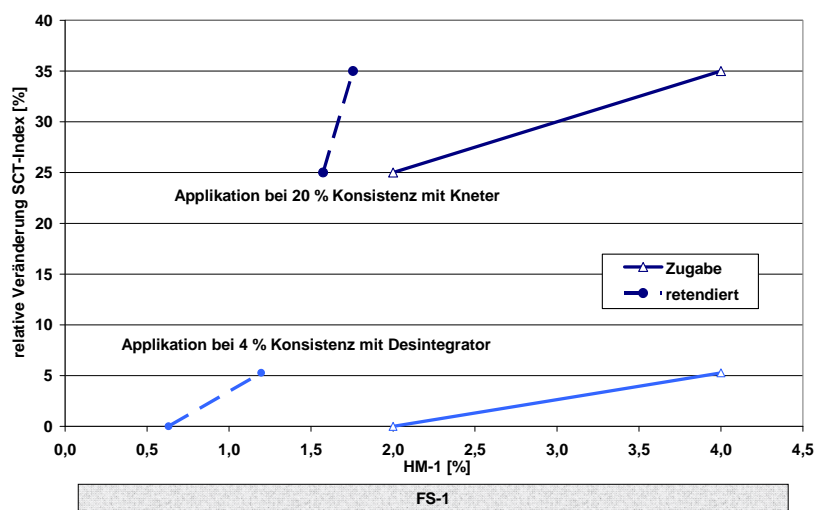


Abb. 8 In Abhängigkeit von der Dosiermenge sich einstellende scheinbare und reale Wirksamkeit der kationischen Massestärke HM-1 in Bezug auf die Verbesserung des Streifenstauchwiderstandes; Stoff-/Wassersystem: FS-1 und W-1

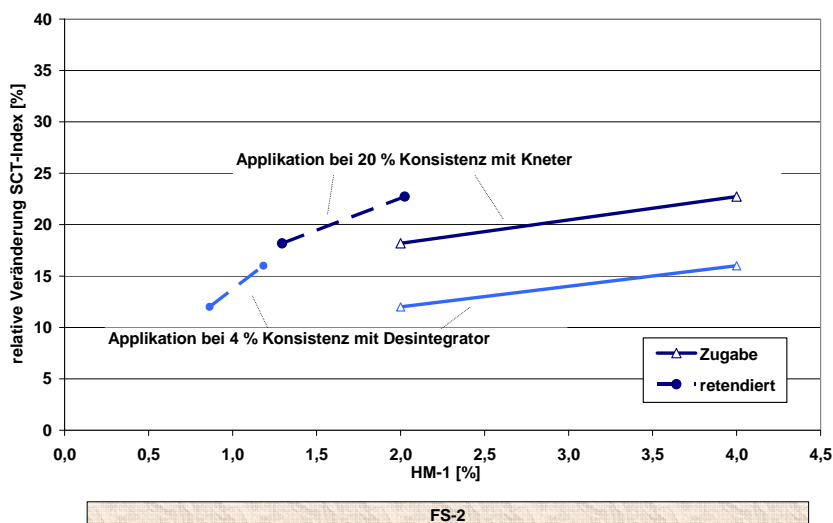


Abb. 9 In Abhängigkeit von der Dosiermenge sich einstellende scheinbare und reale Wirksamkeit der kationischen Massestärke HM-1 in Bezug auf die Verbesserung des Streifenstauchwiderstandes; Stoff-/Wassersystem: FS-1 und W-1



**Wirksamkeit der Hochkonsistenzeinmischprozesses bei unterschiedlichen Faserstoffen**

Die durch Massestärkeanwendung mit Einmischstoffdichten von 4 % und 20 % erreichbaren Festigkeitseigenschaften unterscheiden sich deutlich zwischen den beiden Faserstoffen FS-1 und FS-2. Während durch die Hochkonsistenzeinmischung für den Faserstoff FS-1 eine Steigerung in allen untersuchten Festigkeitseigenschaften bestimmt wurde, zeigt der krafthaltige Faserstoff FS-2 einen Abfall aller Festigkeitskennwerte. So wurde für den FS-1 eine Steigerung des Berst-Index von 2,3 auf 3,2 kPa\*m/g und für den SCT-Index von 0,019 auf 0,025 kN\*m/g durch eine Einmischung der Massestärke im Hochkonsistenzbereich erreicht. Die in Abb. 10 vorgenommene Auswertung der Faserkräuselung und des Zeta-Potentials zeigen wesentliche Ursachen für den unterschiedlichen Einfluss der Hochkonsistenzbehandlung auf die beiden Faserstoffe auf.

Die erhöhte Scherbeanspruchung des Faserstoffes durch die mittels Knetagregat erfolgte Hochkonsistenzeinmischung führte bei dem aus Kraftzellstoff bestehenden Faserstoff FS-2 – im Gegensatz zum Faserstoff FS-1 – zu einer verstärkten Kräuselung der Fasern. Zudem führte bereits die Zugabe von 2 % der kationischen Massestärke HM-1 zu einer Umladung und damit Destabilisierung der Faserstoffsuspension, in deren Folge die Blattbildung durch z.B. Ausflockungen beeinträchtigt werden kann.

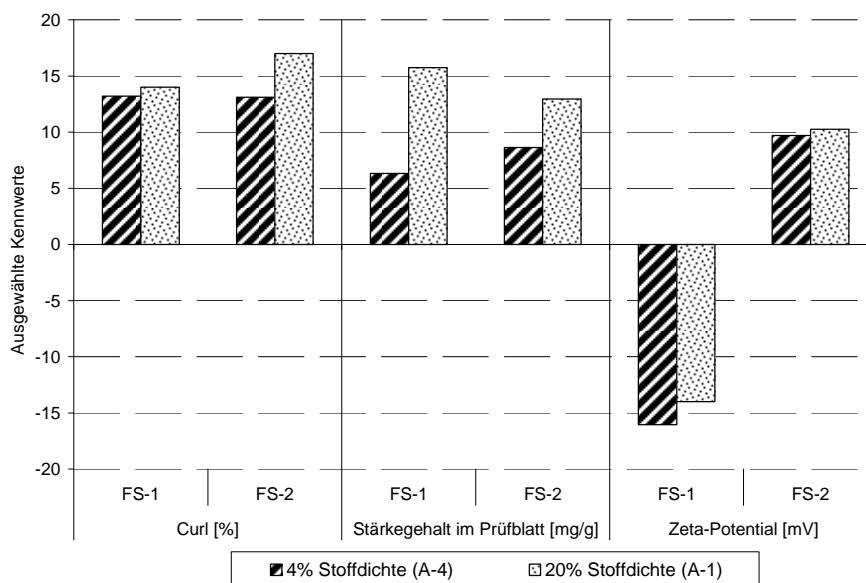


Abb. 10 Einfluss eines Einmischprozesses bei 4 % und 20 % Stoffdichte auf den Stärkegehalt sowie ausgewählte Ladungs- und morphologische Kennwerte des Faserstoffes; Wassersystem: W-1; Hilfsmittelsystem: HM-1 mit 2 % Zugabemenge

### Einfluss der Einmischstoffdichten auf die Wirksamkeit der Massestärke

Der Einfluss der Einmischstoffdichten auf die Wirksamkeit der Massestärke wurde in Zusammenhang mit den Wasserqualitäten W-1 und W-2 geprüft. Die Untersuchungsergebnisse zeigten bei Verwendung von Frischwasser (W-1) als Verdünnungswasser eine sehr deutliche Erhöhung der Stärkewirksamkeit durch Steigerung der Einmischstoffdichte von 4% auf 10 oder 20 %. Bei Anwendung einer Einmischstoffdichte von 20 % ist eine geringfügig höhere Steigerungsrate gegenüber 10 % Einmischstoffdichte erzielbar.

Bei Einsatz der mit gelösten und ungelösten Stoffen belasteten Verdünnungswasserqualität W-2 sind die Unterschiede in den Festigkeiten zwischen den Einmischprozessen deutlich geringer (Abb. 11).

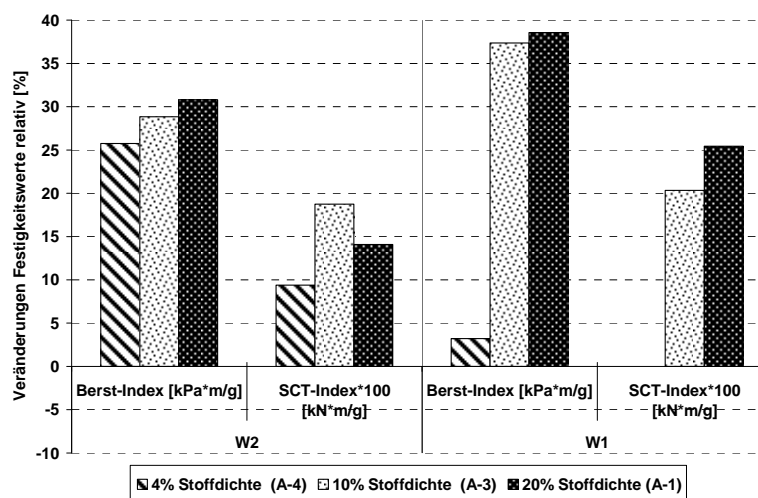


Abb. 11 Einfluss der Einmischstoffdichte auf Wirksamkeit der kationischen Massestärke bei unterschiedlichen Verdünnungswasserqualitäten; Stoffsystem: FS-1; Wassersysteme: W-2 und W-1; Hilfsmittelsystem: HM-1 mit 2 % Zugabemenge

### Vergleich zwischen natürlichen und synthetischen Trockenverfestigern

Unter den Einsatzbedingungen der Verdünnungswasserqualität W-2 wurde der Einfluss der Einmischstoffdichte auf die Entwicklung der Festigkeitseigenschaften von synthetischen und natürlichen Trockenverfestigungsmitteln miteinander verglichen. Sie beinhaltet eine summarische Bewertung der Einmischstoffdichte und des Einmischaggregates. Die in der Abb. 12 dargestellten Versuchsergebnisse zeigen, dass sich die festigkeitssteigernde Wirkung der zugesetzten Massestärke durch Anheben der Einmischstoffdichte leicht verbessert. Es wurde für den Berstwiderstand eine allein auf die Additivwirksamkeit zurückzuführende Steigerung um absolut 8 % und für den SCT-Wert um 3 % erzielt. Für den untersuchten synthetischen Trockenverfestiger ist ebenfalls eine Wirksamkeitsverbesserung durch höhere Einmischstoffdichten erkennbar. Jedoch ist diese Verbesserung aufgrund ihrer Geringfügigkeit nur tendenziell zu bewerten und in keiner Weise praxisrelevant.

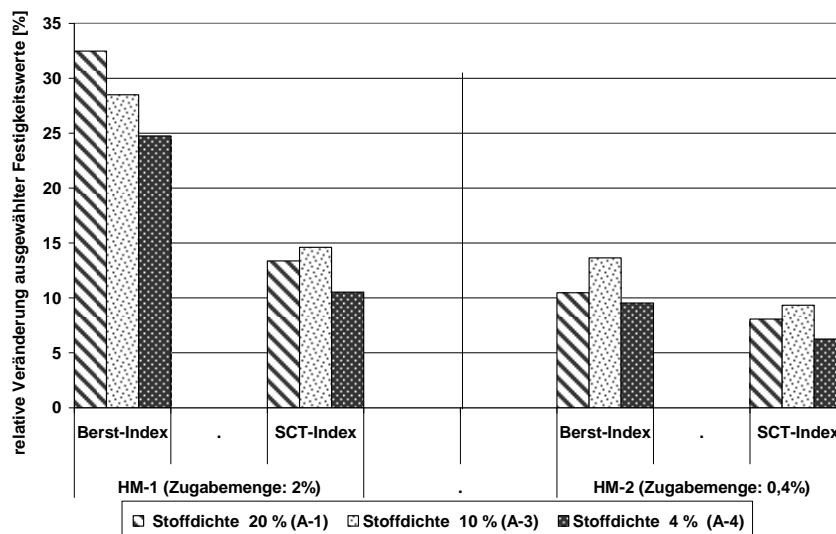


Abb. 12 Einfluss unterschiedlicher Einmischbedingungen auf die Wirksamkeit von natürlichen und synthetischen Trockenverfestigern zur Steigerung ausgewählter Festigkeitseigenschaften; Stoff-/Wassersystem:FS-1;W-2

### **Einfluss der Einmischstoffdichten auf die erreichten Festigkeiten**

Diese durch Stoffdichteerhöhung erzielte Verbesserung der festigkeitssteigernden Wirkung der kationischen Stärke konnte in den Versuchen jedoch nicht entsprechend in eine Erhöhung der Festigkeitseigenschaften des Papierblattes umgesetzt werden. Tendenziell wurden bei einer Einmischung bei 10 % Stoffdichte höhere Festigkeitswerte gegenüber einer Einmischstoffdichte von 4 % und 20 % erreicht. Der Betrag der Steigerung ist jedoch sehr gering und für die Praxis nicht relevant.

### **Faserumformung bei Hochkonsistenzzeimischung mittels Kneten**

Ein wesentlicher Problempunkt bei der Anwendung von hohen Einmischstoffdichten stellen die bei diesen Prozessbedingungen erforderlichen hohen Scherkräfte dar, welche insbesondere bei dem untersuchten Knetprozess zu einer verstärkten Faserkräuslung und der damit verbundenen Reduzierung der Festigkeitseigenschaften des Faserstoffes führen. In Zusammenhang mit der bei der Wasserqualität W-2 bereits deutlich reduzierten Wirksamkeit der Trockenverfestigungsmittel wurde maximal eine geringfügige Verbesserung der Papierfestigkeit durch die Anwendung von erhöhten Einmischstoffdichten erzielt.

### Feinstoffabtrennung durch Hochkonsistenzprozess

Ein Ansatz zur Anwendung des Hochkonsistenzprozesses zur Einmischung von Trockenverfestigern ist die Verbesserung der Wirksamkeit dieser Additive durch gezielten Einsatz in einen Faserstoffstrom mit geringer Fein- und Füllstoffkonzentration. Insbesondere der Feinstoffanteil mit seiner großen spezifischen Oberfläche behindert die direkte Anlagerung der Trockenverfestiger an den Faserstoff. Durch den Entwässerungs- und Eindickprozess soll auch ein Teil des Füll- und Feinstoffanteiles aus dem Faserstoff entfernt werden, so dass die Einmischung verstärkt der Einarbeitung der Trockenverfestiger in den Faserstoff dient.

Die verstärkte Abtrennung von ladungsaktiven Feinstoffen aus dem Faserstoff durch eine Eindickung des Faserstoffes auf 20 % Stoffdichte wurde mittels des Faserstoffkennwertes Oberflächenladung geprüft. Durch die bei der Zentrifugeneindickung erfolgte Fein- und Füllstoffabtrennung reduzierte sich die Oberflächenladung des Faserstoffes um ca. 15 % (Tab. 6.1).

Tab. 6.1 Vergleich der Oberflächenladung eines Faserstoffes bei 4 % Stoffdichte und nach Entwässerung auf 20 % Stoffdichte; Faserstoff: FS-1; Wassersystem: W-3

Oberflächenladung Faserstoff bei 4 % Stoffdichte	48,6 mmol/g
Oberflächenladung Faserstoff bei 20 % Stoffdichte	41,2 mmol/g

### Einfluss der Einmischzeit auf die Wirksamkeit von kationischer Stärke

Die Untersuchungen zum Einfluss der Einmischzeit auf die Entwicklung der Festigkeitseigenschaften zeigten, dass durch die Verlängerung der Einmischdauer einerseits eine Steigerung der Stärkeretention in den Prüfblättern erfolgt, auf der anderen Seite sinken die durch die Stärkezugabe erzielten Festigkeitssteigerungen. Daraus ist ableitbar, dass durch die die fortdauernde mechanische Einwirkung durch den Knetprozess eine deutliche Verringerung der spezifischen Wirksamkeit der Massestärke verursacht wird.

### Einfluss der Einmischzeit auf erzielbare Festigkeitseigenschaften

Trotz dieser durch Verlängerung des Knetprozesses von 2,5 min bis auf 7,5 min bewirkte Abnahme der Additivwirksamkeit wurden bis auf den Spaltfestigkeitswert keine Veränderungen der Festigkeitseigenschaften der Prüfblätter durch Veränderungen der Einmischzeit bestimmt. Das bedeutet, dass der mit fortschreitender Einmischdauer sich verstärkende Wirksamkeitsverlust der Massestärke durch die sich mit steigender Knetzeit verbessernden Festigkeitseigenschaften des Faserstoffes kompensiert wird. Der geringe Einfluss der Einmischzeit auf die Festigkeitseigenschaften der Prüfblätter wurde auch bei einer Einmischstoffdichte von 10 % bestimmt.

### Verweilzeit der Faserstoffsuspension nach der Hochkonsistenzeinmischung

In den Stoffaufbereitungsanlagen erfolgt nach einem Hochkonsistenzprozess die Verdünnung des Krümelstoffes auf eine pumpfähige Konsistenz von 10 % oder 3,5 % Stoffdichte einschließlich einer entsprechenden Zerkleinerung. Anschließend wird der Faserstoff bis zur Verwendung an der Papiermaschine in verschiedenen Büten gestapelt. In modernen Anlagen besteht aus technologischen und wirtschaftlichen Gründen die Tendenz zur Minimierung der Behältervolumen bis hin zu Konzepten ohne Büten. Aus diesem Grund wurden für die Untersuchungen zur Bestimmung des Einflusses der Verweilzeit auf die Wirksamkeit der Trockenverfestiger sehr kurze Zeiträume im Bereich von 15 bis 45 Minuten gewählt. Konkret sollte durch die vorgenommenen Untersuchungen geprüft werden, ob und in welchem Maße durch den bei geringer Stoffdichte und über einen längeren Zeitraum einwirkende Mischprozess die Retention von kationischer Massestärke und deren festigkeitssteigernde Wirkung beeinflusst wird.

### Einfluss der Verweilzeit auf Festigkeitseigenschaften

Der Einfluss der Verweilzeit auf die Massestärkeadsorption und die durch Stärkeinsatz erreichten Festigkeitswerte der Papiere ist sehr gering. Zwar verbessert sich die festigkeitssteigernde Wirkung der kationischen Stärke durch eine Verweilzeit von 15 Minuten, jedoch wird diese Verbesserung der Wirksamkeit nicht als Festigkeitssteigerung des fertigen Papiers umgesetzt. Zur genauen Bestimmung der Adsorption der Stärke über die Verweilzeit wurde bei einem Versuch mit Frischwasser die sich über die Verweilzeit einstellende Filtratbelastung mittels des CSB- und des PCD-Wertes untersucht. Diese Ergebnisse zeigen sehr deutlich, dass keine Veränderung der Stärkeadsorption und -retention in dem untersuchten Zeitraum erfolgt.

### Bewertung Stärkeadsorption anhand der Filtratbelastung

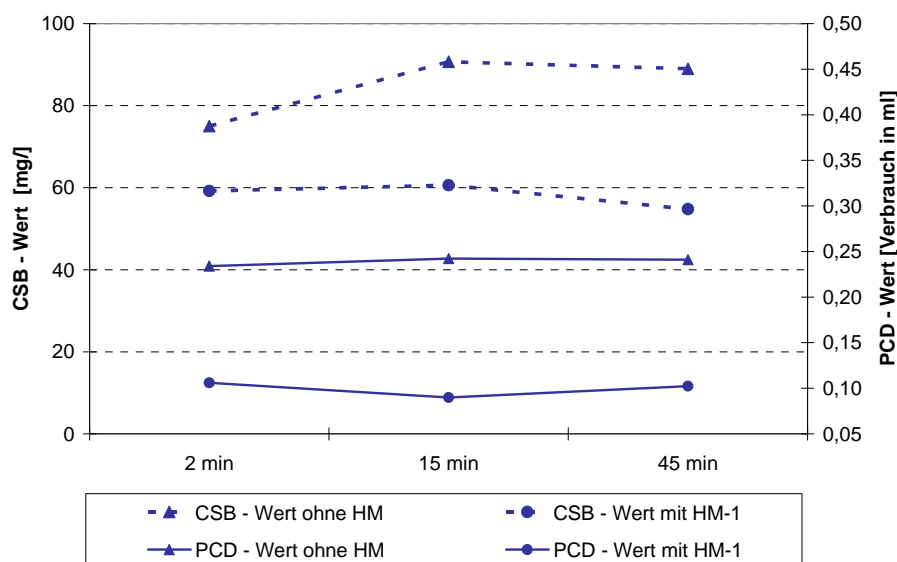


Abb. 13 Verlauf der CSB-Konzentration und des PCD-Wertes des Filtrates über die Verweilzeit; Faserstoffe: FS-1; Wassersystem: W-1; Hilfsmittelsystem: HM-1 mit 2 % Zugabemenge

**Fazit**

Ein Schwerpunkt der Untersuchungen bildete die Bestimmung des Einflusses der Einmischstoffdichte auf die durch den Einsatz von Trockenverfestigungsmitteln erreichbaren Festigkeitswerte. An die Einmischstoffdichte sind das Mischverfahren mit seiner Charakteristik in Bezug auf Art und Größe der mechanischen Einwirkung auf das Mischgut gebunden. Aus diesem Grund wurden eine Auswertung der erzielbaren Festigkeitsverbesserungen hinsichtlich der durch Anheben der Stoffdichte von 4 % auf 10 % und 20 % absolut erreichten Festigkeitssteigerungen und der Wirksamkeit des natürlichen Trockenverfestigers vorgenommen. Anhand der Abb. 14 wird deutlich, dass eine Anhebung der Einmischstoffdichte von 4 % auf 10 % sowohl unter Frisch- als auch unter Prozesswasserbedingungen zu einer deutlichen Verbesserung der Wirksamkeit der kationischen Massestärke führt. Eine weitere Steigerung der Einmischstoffdichte führt zu einem weiteren, aber deutlich geringeren Anstieg der Wirksamkeit der Stärke in Bezug auf die Steigerung des Berstwiderstandes und des SCT-Wertes. Jedoch konnte diese positive Beeinflussung der Stärkewirksamkeit durch die Anwendung höherer Einmischstoffdichten, insbesondere unter Prozesswasserbedingungen, nicht in eine entsprechende Steigerung der Festigkeitseigenschaften des Fertigpapiers umgesetzt werden.

Die beiden anderen untersuchten Einflussparameter Einmischzeit und Verweilzeit des Faserstoffes nach dem Einmischprozess haben keinen Einfluss auf die erreichbaren Festigkeitswerte (Abb. 14 und Abb. 15). Eine Verweilzeit von 15 Minuten sollte im Sinne der bestmöglichen Wirksamkeit der kationischen Massestärke gewährleistet werden. Eine Verlängerung der Verweilzeit auf 45 Minuten ergab keine negativen Auswirkungen in Bezug auf die Stärkewirksamkeit und die Filtratbelastung.

variierte Parameter		relative Veränderung ausgewählter Festigkeitswerte durch Einsatz von kationischer Massestärke auf:	
		Berst-Index [%]; (Festigkeit ohne Stärke = 100 %)	SCT-Index [%]
Verdünnungs- wasser	Einmischstoff- dichte und Ein- mischaggregat		
<b>W-1</b>	4 % / A-4	104	100
	10 % / A-3	132	120
	20 % / A-1	142	125
<b>W-2</b>	4 % / A-4	125	100
	10 % / A-3	129	120
	20 % / A-1	133	125

**Legende:**

	<b>höchste Wirksamkeit der kationischen Massestärke</b>
--	---

Abb. 14 Übersicht über die Veränderung der Festigkeitswerte durch Anheben der Einmischstoffdichte und die Wirksamkeit der kationischen Massestärke; Stoffsystem: FS-1; Hilfsmittelsystem: HM-1 mit 2 % Zugabemenge

varierte Parameter		relative Veränderung ausgewählter Festigkeitswerte durch Einsatz von kationischer Massestärke auf:	
		Berst-Index [%]	SCT-Index [%]
		(Festigkeit ohne Stärke = 100 %)	
Einmischzeit	2,5 min	133	114
	5 min	135	120
	7,5 min	136	114
Verweilzeit nach Einmischung	2 min	126	109
	15 min	137	119
	45 min	133	120

Legende:

	höchste Wirksamkeit der kationischen Massestärke
--	--

Abb. 15 Übersicht über den Einfluss der Einmischbedingungen auf die absolut erreichbaren Festigkeitseigenschaften und die Wirksamkeit der kationischen Massestärke; Stoffsystem: FS-1; Hilfsmittelsystem: HM-1 mit 2 % Zugabemenge

## 7 Vergleich Knet- / Scheibendisperger

### Untersuchte Aggregate und Prozesse

Bis vor wenigen Jahren wurde von vielen Herstellern von Wellpappenrohlpapier der Faserstoff zur Reduzierung der Belastung mit Makrostickys und Schmutzpartikeln mittels eines Scheibendispergers dispergiert. Aufgrund der steigenden Preise für elektrische Energie werden diese energieintensiven Prozesse bei der Produktion von Verpackungspapieren nicht mehr betrieben, die entsprechenden Anlagen sind aber zumeist noch vorhanden. Aus diesem Grund wurden die Effekte einer Hochkonsistenzmischung mittels eines Scheibendispergers mit denen eines Kneters in Bezug auf eine Wirksamkeitsverbesserung von kationischer Massestärke miteinander verglichen.

Eine weitere Entwicklungstendenz in den Anlagen zur Verpackungspapierherstellung ist die zunehmende Installation von Aggregaten zur Abtrennung von Feststoffen aus dem Kreislaufwasser, wie z.B. Scheibenfilter, Mikroflotationsanlagen usw.. Darauf aufbauend wurde eine Hochkonsistenz-Versuchsreihe mit Prozesswasser mit reduziertem Feststoffgehalt durchgeführt.

### Vergleich Knetter/ Scheibendisperger bezüglich Entwicklung der Wirksamkeit von Massestärke

Der Vergleich zwischen Knetter und Scheibendisperger wurde für die Verdünnungswasserqualitäten W-1 und W-3 durchgeführt. Beide Auswertungen zeigen, dass durch eine Einmischung mittels Knetter die festigkeitssteigernde Wirkung der Massestärke deutlich besser entwickelt wird als durch Einsatz eines Scheibendispergers. Von dieser allgemeinen Aussage muss die Entwicklung der Spaltfestigkeit bei Anwendung der Wasserqualität W-3 ausgenommen werden, welche als einzige geprüfte Festigkeitseigenschaft bei Anwendung des Scheibendispergers eine höhere Steigerungsrate aufweist, als bei Einsatz des Kneters.

Der Differenzbetrag zwischen den mit Knetter und Scheibendisperger erreichten Berstwiderstand beträgt 0,4 kPa\*m/g und 0,002 kNm/g für den SCT-Wert und ist bei beiden Wasserqualitäten identisch.

### Vergleich Knetter / Scheibendisperger bezüglich Einfluss auf Faserstoffeigenschaften

Die Bewertung der Parameter Stärkegehalt und Glührückstand im Prüfblatt zeigt, dass durch die beiden Aggregate das Adsorptions- und Retentionsverhalten von Stärke und mineralischen Stoffen in gleichem Maße beeinflusst wird. Für den Kennwert der Faserkräuslung sind erwartungsgemäß Unterschiede zwischen den beiden Prozessen der Hochkonsistenzbehandlung zu erkennen: durch die Knetbehandlung werden die Fasern stärker umgeformt als durch eine Behandlung durch einen Scheibendisperger.

### Feinstoffbelastung des Verdünnungswassers vs. Wirksamkeit Massestärke

Der zweite Versuchskomplex beinhaltete die Betrachtung des Einflusses einer reduzierten Fein- und Füllstoffbelastung des Faserstoffes beim Knetvorgang und bei der Nachverdünnung und Blattbildung durch Anwendung eines Prozesswassers mit geringerer Feststoffbelastung.

Für diese Untersuchungen wurde der Feststoffgehalt des Verdünnungswassers von 0,3 % auf 0,15% halbiert. Die Steigerungsraten für die Festigkeitswerte (außer Spaltfestigkeitswert) zeigen, dass sich bei Einsatz eines Verdünnungswassers mit geringerem Feststoffgehalt die Wirksamkeit der zugesetzten Mas-



sestärke offensichtlich reduziert.

Zur Erschließung der Ursachen für diese verminderte Wirksamkeit der Massestärke bei Anwendung eines feststoffärmeren Verdünnungswassers wurden ausgewählte Kennwerte des Faserstoffes und der Prüfblätter von Versuchen zusammengestellt, welche mit Verdünnungswasser mit gleicher Leitfähigkeit von 2.000  $\mu\text{S}$  aber unterschiedlichen Feststoffkonzentrationen durchgeführt wurden.

Deutlich zeigt sich ein durch den Feststoff des Verdünnungswassers bewirkter Anstieg an mineralischen Stoffen und Stärke im Prüfblatt, wodurch die Festigkeiten in gegensätzlicher Richtung beeinflusst werden.

### Feinstoffbelastung des Verdünnungswassers vs. Spezifische Wirksamkeit der Massestärke

Eine Betrachtung der auf die retendierte Stärke bezogenen Festigkeitssteigerungen zeigt die grundsätzliche Tendenz der mit steigendem Feststoffgehalt des Verdünnungswassers abnehmenden spezifischen Stärkewirksamkeit. Dieser Effekt wird durch die aus dem Verdünnungswasserfeststoff zurückgehaltenen zusätzlichen Stärkemengen abgemildert bzw. kompensiert.

Tab. 7.1 Festigkeitssteigerungen im Bezug zur im Prüfblatt retendierten Stärkemenge bei verschiedenen Verdünnungswasserqualitäten; Stoffsystem: FS-1; Hilfsmittelsystem: HM-1 mit 2 % Zugabemenge; Aggregat: A-1

Verdünnungswasserqualität	im Prüfblatt retendierte Stärkemenge [%]	absolute Steigerung pro 1% retendierte Stärke			
		Berst-Index	SCT-Index	Scott Bond	CMT
		[kPa*m/g] / %	[kN*m/g] / %	[J/m <sup>2</sup> ] / %	N / %
W-2 mit 0,3 % Feststoffgehalt	2,2	0,33	0,0014	17	7
W-2 mit 0,15 % Feststoffgehalt	1,8	0,35	0,0011	53	5
W-3	1,7	0,46	0,0023	43	17

### Fazit

Der Vergleich der Einmischaggregate Knetter und Scheibendisperger in Bezug auf die Effekte zur Verbesserung der Wirksamkeit Von Massestärke zeigte, dass mit einer Knetbehandlung die Wirksamkeit der Stärke besser entwickelt wird als bei Anwendung eines Scheibendispergers.

Der Feststoffgehalt des Verdünnungswassers hat einen negativen Einfluss auf die Wirksamkeit der zudosierten Massestärke. Zur Quantifizierung dieses Effektes sind Kenntnisse zum Einfluss der in dem Feststoff tw. enthaltenen Stärke auf die Festigkeitseigenschaften erforderlich, welche im Rahmen dieses Projektes nicht untersucht wurden.

## 8 Teilstrombehandlung

---

### Gründe für Teilstrombehandlung

Eine Auftrennung des Faserstoffstromes mit gezielter Teilstrombehandlung kommt insbesondere bei anlagen- und/oder energieintensiven Aufbereitungsprozessen zur Anwendung. Eine Hochkonsistenzeinmischung von Hilfsmitteln erfordert neben dem Einmischaggregat die Installation von Entwässerungsaggregaten einschließlich der entsprechenden Pumpen zur Förderung der großen Filtratmengen. Die dafür aufzuwendenden Investitions- und Betriebskosten sind insbesondere bei Einmischprozessen, welche bei Stoffdichten von im Bereich von 20 % arbeiten, sehr hoch. Die in diesem Stoffdichtebereich anzuwendenden Knet- oder Dispergierprozesse sind sehr energieintensiv. Diese Situation war Anlass zu prüfen, inwieweit eine im Teilstrom vorgenommene Hochkonsistenzeinmischung von Massestärke als Anwendungsvariante geeignet ist.

---

### massebezogene Aufteilung des Faserstoffstromes - Versuchsdurchführung

In dem ersten Versuch wurden von einer Faserstoffsuspension verschiedene Mengenanteile ohne spezielle Trennverfahren - rein massebezogen – abgetrennt. Diese Teilströme wurden einer Hochkonsistenzbehandlung mit Zugabe von 2 % kationischer Massestärke (HM-1) unterzogen. Anschließend wurden der unbehandelte Faserstoffstrom und der mit Massestärke versetzte Stoffstrom bei 2 % Stoffdichte miteinander vermischt und 30 Sekunden aufgeschlagen. Danach erfolgte eine Verdünnung der Suspension auf 0,5 % Stoffdichte und die abschließende Blattbildung.

---

### Festigkeitsentwicklung in Abhängigkeit der abgetrennten Masseanteile

Der Berstwiderstand steigt mit zunehmendem Anteil an dem mit stärkebehandelten Teilstrom weitestgehend linear an. Für den SCT-Wert ist, wenn der Anteil des behandelten Teilstrommenge über 50 % bzw. der Anteil an kationischer Massestärke im Gesamtfaserstoff über 1 % ansteigt, keine Steigerung mehr zu verzeichnen.

---

### Wirksamkeit der Massestärke in Abhängigkeit der abgetrennten Masseanteile

Eine Auswertung zum Einfluss der behandelten Teilstrommenge auf die spezifische Wirksamkeit der kationischen Massestärke zur Festigkeitssteigerung zeigt Tab. 8.1. Daraus ist erkennbar, dass die Wirksamkeit der Massestärke bei Teilstrombehandlung bis zu einem Anteil des behandelten Faserstoffes von 50 % mit der Wirksamkeit bei Vollstrombehandlung vergleichbar ist. Somit könnten durch eine Erhöhung der Dosiermenge der Massestärke – unter der Voraussetzung geeigneter Ladungsverhältnisse in der Faserstoffsuspension – eine die Festigkeitseigenschaften des Gesamtfaserstoffes weiter erhöht werden.

---

Tab. 8.1 Absolute Festigkeitssteigerungen pro Prozent Zugabe an kationischer Massestärke zum Gesamtfaserstoff in Abhängigkeit des Anteils des behandelten Teilstromes; Stoff-/Wassersystem: FS-1 / W-2; Hilfsmittelsystem: HM-1 mit 2 % Zugabemenge, Aggregat: A-1

Anteil mit Massestärke behandelter Teilstrom	Anteil kationischer Massestärke am Gesamtfaserstoff	absolute Steigerung pro 1% Massestärkeinsatz		
		Berst-Index	SCT-Index	CMT
[%]	[%]	[kPa*m/g] / %	[kN*m/g] / %	N / %
100	2,0	0,36	0,0015	4
70	1,4	0,38	0,0036	15
50	1,0	0,39	0,0040	12
30	0,6	0,28	0,0000	-14

#### Fraktionierung des Faserstoffstromes - Versuchsdurchführung

In einem Technikumsversuch wurde der Faserstoff mittels eines Drucksortiergerätes, welcher mit einem Siebkorb von 0,25 mm Schlitzweite und einem für den Fraktionierprozess geeigneten Foilrotor bestückt war, fraktioniert. Es wurde ein Fraktionierverhältnis (massebezogen) von 50 % Langfaser und 50 % Kurzfaser eingestellt. Anschließend wurde die Langfaserfraktion eingedickt und die kationische Massestärke bei einer Hochkonsistenz- Knetbehandlung in den Faserstoff eingearbeitet. Die Langfaserfraktion wurde keinem Mahlprozess unterzogen.

#### Festigkeitsentwicklung bei Hochkonsistenzbehandlung der Langfaserfraktion

Unter den oben genannten Bedingungen wurde für den Gesamt-Fertigstoff eine gegenüber dem Ausgangsstoff nur geringe Steigerung des Berstwiderstandes um 0,18 kPa\*m<sup>2</sup>/g und des SCT-Wertes um 0,003 kNm/g erreicht. Ein Grund für dieses Ergebnis sind die trotz geringem Gehalt an anorganischen Stoffen geringen Festigkeitswerte der Langfaserfraktion durch die Abtrennung von bindungsaktivem Feinstoff. Um höhere Steigerungsraten für die Festigkeitseigenschaften zu erreichen, muss eine zusätzliche Mahlung der Langfaserkomponente in Erwägung gezogen werden.

---

**Fein- und Füllstoffabtrennung durch Flotation**

Der Fragestellung, ob an einem Altpapierstoff bei dem durch einen Flotationsprozess der Gehalt an Feinstoff und anorganischen Stoffen abgesenkt wurde, eine verbesserte Wirksamkeit der Hochkonsistenzanwendung von kationischer Massestärke erreichbar ist, wurde in einem weiteren Versuch nachgegangen.

Der Flotationsprozess bewirkt eine Absenkung des Entwässerungswiderstandes und des Gehaltes an anorganischen Stoffen. Der Stärkegehalt der flotierten und unflotierten sowie ohne Massestärkezusatz hergestellten Prüfblätter unterscheidet sich nur geringfügig. Daraus kann abgeleitet werden, dass der überwiegende Anteil der mit dem Altpapier und dem Verdünnungswasser eingebrachten Stärke nicht bevorzugt mit dem Flotat ausgetragen wird.

Die Retention und Adsorption der zugesetzten kationischen Massestärke ist bei dem flotierten Altpapierstoff gegenüber dem unflotierten Faserstoff deutlich höher. Eine Erklärung hierfür ist, dass sich die kationische Massestärke überwiegend an den durch eine große anionische Oberfläche gekennzeichneten Feinstoff anlagert und zusammen mit diesem bei der Blattbildung teilweise mit in das Siebwasser übergeht.

---

**Festigkeitsentwicklung bei Hochkonsistenzbehandlung des flotierten Faserstoffes**

Ein Vergleich zwischen einem unflotierten und einem flotierten Altpapierstoff in Bezug auf die durch Hochkonsistenzmischung von Massestärke erreichbaren Festigkeitssteigerungen zeigt ganz klar, dass durch eine Flotation keine Verbesserung der festigkeitssteigernden Wirksamkeit der Stärke erreicht wird. Das bedeutet insbesondere, dass eine Abreicherung von Feinstoffen und anorganischen Stoffen keine höhere Effektivität des Hochkonsistenz-Einmischprozesses zur Verbesserung der Wirksamkeit der Massestärke bewirkt.

---

**Fazit**

Es wurde geprüft, ob das Verfahren der Hochkonsistenzmischung für Massestärke auch bei Anwendung in Teilströmen der Faserstoffaufbereitung die erforderlichen Festigkeitssteigerungen erbringt. Diese Untersuchung erfolgte an mit unterschiedlichen Trenntechnologien erzeugten Teilströmen. Die Steigerungsraten für die Festigkeiten des Gesamtfaserstoffes entsprechen bei einer massebezogenen oder mittels Fraktionierung durchgeführten Stoffstromauf-trennung dem Anteil des behandelnden Faserstoffstromes. Für Faserstofffraktionen mit reduziertem Füll- und Feinstoffanteil (Langfaserfraktion, Gutstoff Flotation) konnte keine verbesserte spezifische Wirksamkeit der kationischen Massestärke ermittelt werden.

Eine Behandlung von nur einem Teilstrom des benötigten Faserstoffes kann nur dann empfohlen werden, wenn für den behandelnden Teilstrom die Dosiermenge für Massestärke - bei gleichbleibender spezifischer Wirksamkeit der Stärke - entsprechend angehoben werden kann.

---

## 9 Gesamtkonzept

### Parameter Gesamtkonzept

In einem Technikumsversuch wurde überprüft, welche Festigkeitssteigerungen bei Hochkonsistenzmischung von kationischer Massestärke möglich sind, wenn alle in den vorhergehenden Arbeitspaketen erarbeiteten optimalen Prozessparameter in dem Aufbereitungsprozess integriert sind.

Anhand der vorangegangenen Versuchsergebnisse wurden zur Erzielung einer höchstmöglichen festigkeitssteigernden Wirksamkeit der kationischen Massestärke folgende Prozessparameter und Aggregate ausgewählt:

Tab. 9.1 Prozessparameter und Aggregate

Verwendete Materialien und Anlagen		
Faserstoff		FS-1
festigkeitssteigerndes Hilfsmittel		HM-1
Zugabemenge des festigkeitssteigerndes Hilfsmittel		2%
Verdünnungswasserqualität		W-1
Einmischaggregat		A-1
eingestellte Prozessparameter		
Prozessparameter	Einheit	Wert
Einmischstoffdichte	[%]	20
Einmischdauer	[min]	2,5
Verweilzeit nach Einmischung	[min]	45

Diese Parameter wurden als Gesamtkonzept in einem abschließenden Technikumsversuch umgesetzt. Der Versuchsablauf und die darauf aufbauende Konzeptempfehlung für eine großtechnische Anwendung in einer Stoffaufbereitungsanlage zeigt die nachfolgende Abb. 16

Die wesentlichen Eckpunkte dieses Verfahrenskonzeptes sind die Anwendung eines Knetprozesses im Stoffdichtebereich von 20 % sowie der Einsatz einer hohen Verdünnungswasserqualität mit geringen Leitfähigkeitswerten.

**Versuchsablauf und Konzeptvorschlag**

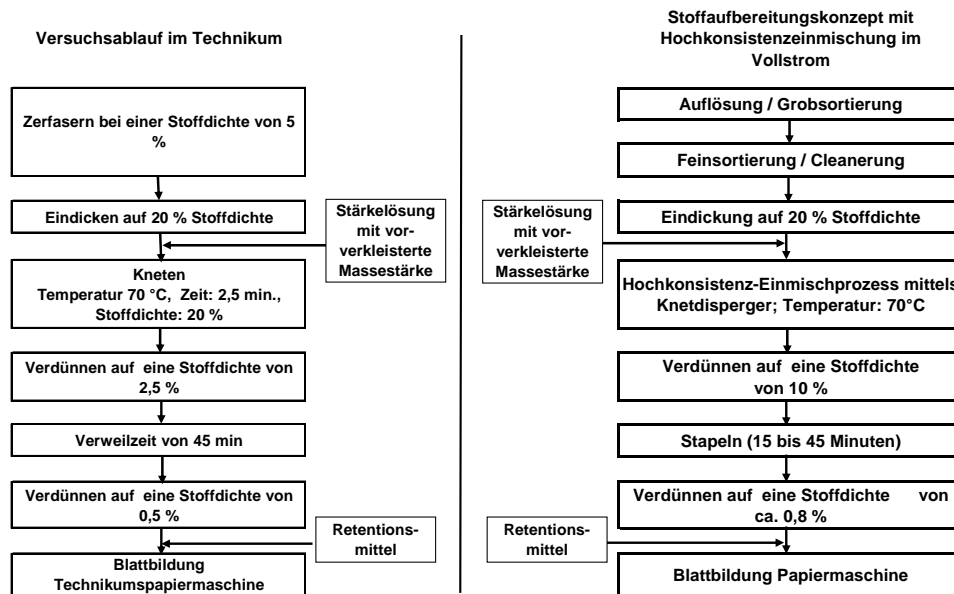


Abb. 16 Versuchsablauf im Technikum und darauf aufbauender Konzeptvorschlag für eine Hochkonsistenzanwendung von kationischer Massestärke

**Erzielte Festigkeitskennwerte Gesamtkonzept**

Ergebnisse Festigkeitsentwicklung durch Einsatz von kationischer Massestärke im Hochkonsistenzbereich		
Festigkeitsparameter	Einheit	Wert
Berst-Index Fertigpapier	[kPa*m <sup>2</sup> /g]	2,55
SCT-Index Fertigpapier	[kN*m/g]	0,019
absolute Steigerung Berst-Index	[kPa*m <sup>2</sup> /g]	0,61
absolute Steigerung SCT-Index	[kN*m/g]	0,005
relative Steigerung Berst-Index	[%]	31
relative Steigerung SCT-Index	[%]	36
absolute Veränderung Berst-Index pro Prozent Stärkezusatz	[(kPa*m <sup>2</sup> /g)/%]	0,31
absolute Veränderung SCT-Index pro Prozent Stärkezusatz	[(kN*m/g)/%]	0,0025

Abb. 17 Ergebnisse der Festigkeitsentwicklung bei Anwendung des Verfahrens konzeptes der Hochkonsistenzeinmischung von kationischer Massestärke unter optimalen Prozessbedingungen; Stoff-/Wassersystem: FS-1; W-1; Hilfsmittelsystem: HM-1 mit 2 % Zugabemenge

---

**Fazit**

Die Effekte des Zusammenwirkens der in dem Projekt definierten optimalen Parameter und Aggregate bezüglich Festigkeitssteigernde Wirkung von Massestärke wurden in einem Technikumsversuch untersucht. Dieser Versuch bestätigte die durch Hochkonsistenzeinmischung von kationischer Massestärke erzielbaren Festigkeitssteigerungen. Der darauf aufbauende Vorschlag für ein technologisches Gesamtkonzept beinhaltet folgende Eckpunkte:

- Einmischstoffdichte von 20 %
  - Einsatz eines Kneters als Einmischaggregat
  - Hochkonsistenzanwendung im Vollstrom
  - Einsatz von Verdünnungswasser mit Frischwasserqualität
-

## 10 Vergleichende Untersuchungen zur Wirksamkeit von Oberflächen- und Massestärkeanwendung

---

### **Vergleich festigkeitssteigernde Wirksamkeit Masse-/ Oberflächenstärkeanwendung**

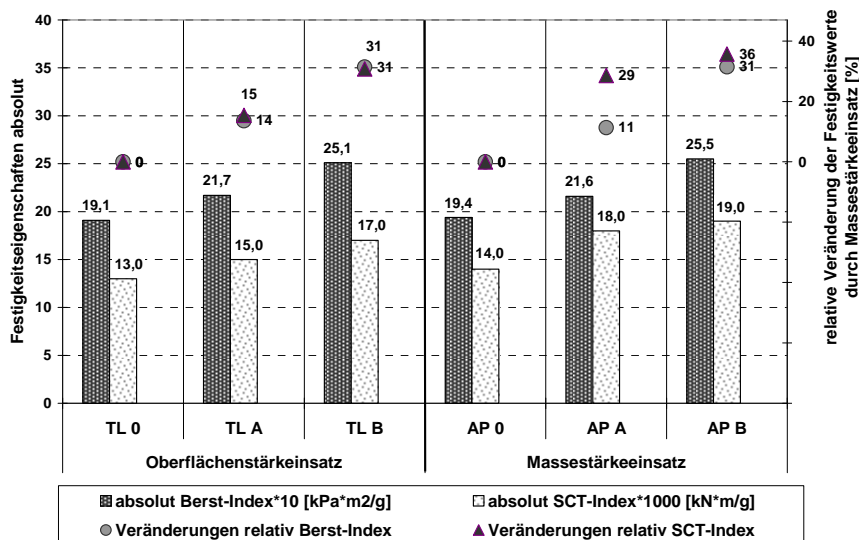
Als Grundlage für eine wirtschaftliche Bewertung der durch das erarbeitete Konzept zur Hochkonsistenzeinmischung von Massestärke erreichten Festigkeitssteigerungen wurden in einer industriellen Anlagen zur Wellpappenroh papierherstellung Untersuchungen zu den mittels Oberflächenstärkeauftrag realisierten Steigerungsraten für Festigkeitseigenschaften vorgenommen. Dazu wurden der Berstwiderstand und der SCT-Wert von Papiermustern ohne und mit ein- und zweiseitigen Stärkeauftrag mit den entsprechenden Stärkeauftragsmengen bestimmt. Als Oberflächenstärke wurde enzymatisch abgebaute Maisstärke eingesetzt. Diesen Daten wurden die im Rahmen der Gesamtkonzepterarbeitung zur Hochkonsistenzeinmischung ermittelten Ergebnisse gegenübergestellt.

Im Rahmen dieser Vergleichsuntersuchungen wurde zusätzlich eine Variante der Hochkonsistenzeinmischung von Massestärke im Teilstrom geprüft. Dazu wurde der Faserstoffstrom aufgeteilt (Masseaufteilung: 50:50) und in die eine Hälfte wurden unter optimalen Bedingungen 4 % kationische Massestärke eingeknetet. Anschließend wurden der behandelte und der unbehandelte Faserstoffstrom miteinander vermischt und zur Blattbildung geführt, so dass der Gesamtfaserstoff insgesamt 2 % Massestärke enthielt. Anhand der Ergebnisse wird die deutlich geringere festigkeitssteigernde Wirksamkeit der Massestärke bei einer Anwendung im Teilstrom gegenüber einem Vollstromeinsatz sichtbar, insbesondere in Bezug auf die Wirksamkeit bezüglich der Verbesserung des Berstwiderstandes. Der Ersatz einer Leimpresenauftragsschicht durch ein Teilstrombehandlungskonzept ist nur unter den Voraussetzungen von optimalen Prozessbedingungen und geringen Ansprüchen an die Steigerung der Berstfestigkeit denkbar.

Eine in Verbindung mit einer hohen Prozesswasserqualität betriebene Hochkonsistenzanwendung von kationischer Massestärke ermöglicht gesichert die Substitution einer Oberflächenstärkeauftragsschicht in der Leimpresse. Ein vollständiger Ersatz des Oberflächenstärkeauftrages erfordert neben einer Vollstromdosierung der Massestärke eine umfassende Umsetzung des in dem Projekt erarbeiteten Konzeptes zur Hochkonsistenzanwendung.

---





TL 0	Testliner ohne Masse- und Oberflächenstärke	industrielle Herstellung
TL A	Testliner mit 1,4 % Oberflächenstärkeauftrag (einseitiger Leimpresenauftrag)	
TL B	Testliner mit 2,7 % Oberflächenstärkeauftrag (zweiseitiger Leimpresenauftrag)	
AP 0	Altpapierstoff (FS -1) ohne Massestärke	Technikumsversuch
AP A	Altpapierstoff (FS -1): 50 % mit 4 % HM-1 (A-1) und 50 % ohne HM-Zusatz (A-4)	
AP B	Altpapierstoff (FS -1): 100 % mit 2 % HM 1 (A-1)	

Abb. 18 Durch unterschiedliche Stärkeapplikationen erreichbare Festigkeitseigenschaften; untersuchte Stärkeapplikationen: Oberflächenauftrag und unter optimalen Prozessbedingungen durchgeführten Einsatz in der Masse

### Fazit

Zur Bewertung der technologischen und wirtschaftlichen Effekte von Hilfsmitteldosierungen zur Festigkeitssteigerung ist die spezifische Wirksamkeit der Produkte ein entscheidender Kennwert.

Auf der Basis der Untersuchungsergebnisse können zur spezifischen Wirksamkeit einer Massestärke, welche unter optimalen Hochkonsistenzbedingungen eingemischt wurde und einer mit der Leimpresse auf die Papieroberfläche aufgetragenen nativen Stärke folgende Aussagen getroffen werden (Abb. 19):

- Die spezifischen Wirksamkeit der Oberflächenstärke unterscheidet sich zwischen ein- und zweiseitigem Oberflächenstärkeauftrag nur geringfügig.
- Durch eine Teilstrom-Hochkonsistenzanwendung von Massestärke wird nur eine geringe Wirksamkeit der Massestärke zur Steigerung des Berstdruckes erzielt.

Eine Vollstrom-Hochkonsistenzanwendung von Massestärke erreicht gegenüber dem Oberflächenstärkeinsatz eine ca. 1,5-fache festigkeitssteigernde Wirksamkeit (für Testliner mit einer flächenbezogenen Masse von 120 g/m<sup>2</sup> bis 160 g/m<sup>2</sup>).

Stärke- applikation	Probenbezeichnung		Stärkezu- satz zum Papier	absolute Veränderung Berst-Index	absolute Veränderung Berst-Index pro Prozent Stärkezusatz	absolute Veränderung SCT-Index	absolute Veränderung SCT-Index pro Prozent Stärkezusatz
			[%]	[kPa*m2/g]	[(kPa*m2/g)/%]	[kN*m/g]	[(kN*m/g)/%]
Oberflächen- stärke-auftrag	<b>TL 0</b>		0	-	-	-	-
	<b>TL A</b>	Leimpresenauftrag einseitig	1,4	0,26	0,19	0,002	0,0014
	<b>TL B</b>	Leimpresenauftrag zweiseitig	2,7	0,60	0,22	0,004	0,0015
Massestärke- zusatz	<b>AP 0</b>	FS - 1 ohne HM	0	-	-	-	-
	<b>AP A</b>	FS - 1 mit HM; Teilstrombehandlung	2	0,22	0,11	0,004	0,0020
	<b>AP B</b>	FS - 1; Vollstrombehandlung	2	0,61	0,31	0,005	0,0025

Abb. 19 Vergleich der Wirksamkeit von Stärkeapplikationen zur Steigerung der Festigkeitseigenschaften; untersuchte Stärkeapplikationen: Oberflächenauftrag und unter optimalen Prozessbedingungen durchgeführte Einsatz in der Masse (Oberflächenstärkeauftrag auf einem Testliner mit einer flächenbezogenen Masse von 120 g/m<sup>2</sup>)

## 11 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

**wirtschaftlicher Vergleich** Die von den Wellpappenrohpaperherstellern zur Erreichung einer definierten Festigkeitssteigerung angewandten Maßnahmen, wie

- Oberflächenstärkeinsatz,
- Massestärkeinsatz mit Hochkonsistenzmischung und
- Einsatz von krafthaltigen Altpapieren als Verstärkungsmittel

werden in Bezug auf ihre Kosten für Energie, Faserstoffe und Stärke miteinander verglichen.

**Vollstrom-Hochkonsistenzmischung ist wirtschaftlichste Variante**

Die für Wellpappenrohpaper erforderlichen Festigkeitseigenschaften werden mit den in Deutschland üblichen Faserstoffrezepturen nur durch Auftrag von Oberflächenstärke erreicht. Für Produktqualitäten mit geringen Festigkeitsanforderungen reicht ein einseitiger Auftrag von nativer Stärke auf die Papierbahn; für höherwertige Wellpappenrohpaper muss zur Erreichung der Festigkeits-Sollwerte auch auf die zweite Papierseite Stärke aufgetragen werden.

Mit der Anwendung dieses Verfahrens ist eine Wiederbefeuchtung der bereits weitestgehend getrockneten Papierbahn verbunden, woraus sich für die Papierhersteller folgende Nachteile ergeben:

- ein erhöhter spezifischer Bedarf an Trocknungsenergie bzw. eine entsprechende Reduktion der Produktionsgeschwindigkeit;
- die Wahrscheinlichkeit für Produktionsausfälle durch Abrisse und technische Probleme steigt deutlich an;
- höhere Instandhaltungskosten.

Die Vorteile dieses Verfahrens liegen insbesondere in der Unabhängigkeit gegenüber Einflüssen aus dem Stoff-/Wasserkreislauf und in der Anwendung der gegenüber kationischer Massestärke deutlich preisgünstigeren nativen Oberflächenstärke. Ein weiterer Ansatz zur Festigkeitssteigerung ist der Zusatz von krafthaltigen Altpapierqualitäten. Strunz et al. weisen eine Steigerung des Bestwiderstandes um 13 % aus, wenn dem Faserstoffeintrag 20 % der Altpapiersorten 4.02 oder 4.08 mit geeigneter Mahlbehandlung zugesetzt werden (13). Die Ergebnisse einer Kostenanalyse zeigen, dass eine Teilstrom-Hochkonsistenzbehandlung aufgrund der geringen Entwicklung der spezifischen Wirksamkeit der sehr kostenintensiven kationischen Massestärke zu deutlichen Mehrkosten führt. Eine Vollstrom-Hochkonsistenzmischung der Massestärke mit Knetdispersion ist insbesondere dann wirtschaftlich attraktiv, wenn bereits zur Stickybekämpfung o.ä. eine Eindick- und Dispergieranlage besteht und betrieben wird. Ein weiteres für den Massestärkeinsatz geeignetes Verfahrenskonzept zur Nutzung der Wirksamkeitssteigerung durch Hochkonsistenzmischung ist die Dosierung der Massestärke im Auslauf von Scheibenfilteranlagen bei einer Stoffdichte von 10 %. Die Wirksamkeit der Massestärke wird bei diesem Verfahren in geringerem Maße entwickelt, als durch eine Einmischung durch eine Knetdispersion. Dennoch stellt dieses Konzept für viele Wellpappenrohpaperhersteller, welche den Faserstoff nur auf 10 % Stoffdichte eindicken und keine Dispergieranlage installiert haben, eine sehr wirtschaftliche Konzeptvariante dar.

---

Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung weist für die Variante „Einsatz von krafthaltigen Altpapierqualitäten zur Festigkeitssteigerung“ Mehrkosten von derzeit 2,8 Euro/Tonne gegenüber einem Oberflächenstärkeauftrag aus.

---

**Fazit**

Eine wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren zur Festigkeitssteigerung von Wellpappenrohpaper ergab folgende Ergebnisse:

Variante 1: Hochkonsistenzanwendung von kationischer Massestärke im Teilstrom

- sehr hohe zusätzliche Kosten

Variante 2: Einsatz von krafthaltigen Altpapierqualitäten

- derzeit mit relativ geringen Zusatzkosten von 2,8 Euro/t verbunden, bei weiterem Anstieg der Stärkepreise kann diese Variante wirtschaftlich sein.

Variante 3: Hochkonsistenzanwendung von kationischer Massestärke im Vollstrom bei 20 %

- eine Wirtschaftlichkeit ist nur bei Nutzung einer für weitere technologische Zwecke betriebenen Knetdispergieranlage gegeben

Variante 4: Hochkonsistenzanwendung von kationischer Massestärke im Vollstrom bei 10 %

- hohe Wirtschaftlichkeit des Verfahrens aufgrund des geringen Verbrauchs von elektrischer Energie.
-

## Literatur

- 1 Magrecka O., Reichert P, Wagner J., Schabel S.  
Evaluating effects on strength properties for RCF containerboards – An impression on scientific collaboration between Poland and Germany  
Das Papier, IPW, Science and Technology, 11-12/2006, 70-71
- 2 Kvesa M.  
Masseinsatz von Stärke bei der Wellpappenroh papierherstellung – Bewertung und Entwicklungspotentiale  
Manuskript SE 31 258 PTS-Symposium 6/1-7 (2002)
- 3 Kvesa M.  
Mögliche Maßnahmen der Papierhersteller zur Sicherung des Gebrauchswertes leichter Wellpappenpapiere  
Manuskript SE 31 258 PTS-Symposium 6/1-7 (2002)
- 4 Erhard K.  
Verbesserung der Faser-Additiv-Wechselwirkung  
Abschlußbericht INNO-WATT PTS-06/2005
- 5 Kallio T., Kekkonen J., Stenius P.  
The formation of deposits on polymer surfaces in paper machine wet end  
The Journal of adhesion, 80 933-969, 2004
- 6 Pelton R.  
On the design of polymers for increased paper-strength – a review  
Appita Journal 57, 39 181-190, 2004
- 7 VDP-PTS-Umfrage Wasser und Reststoffe 2001  
VDP, Bonn 2003
- 8 Dietz W., Mannert C., Bierbaum S. Schramm S.  
Abwasserfreie Erzeugung von weiß gedeckten Wellpappenroh papieren ohne Qualitäts- und Produktivitätsverlust  
Abschlussbericht AiF 13982 / PTS-Forschungsbericht 10/2006 München: PTS 2006
- 9 Brouwer P.H.  
Anionische Massestärke rein – Oberflächenstärke raus?  
Wochenblatt für Papierfabrikation 125: 19, 928-937 (1997)
- 10 Hübbe T.  
Festigkeitspotenzial durch Einsatz chemischer Additive bei Wellpappenroh papieren  
Wochenblatt für Papierfabrikation 6 287-292 (2004)
- 11 Truppner O., Esser A., Rübenacker M., Schall N., Haffke R.,  
Vortrag auf der 100. Zellcheming-Hauptversammlung Wiesbaden, (2005)
- 12 Borschke D.  
Ausbildung von Rohkartoneigenschaften über die Faserstoffauswahl und Faserbehandlung  
Der Papiermacher, 6-10 (2003), Nr.2
- 13 A.-M. Strunz, G. Meini, A. Manoiu  
Einsatz von Verstärkungsfaserstoffen zur Sicherung der Festigkeitseigenschaften leichter Wellpappenroh papiere  
PTS-Forschungsbericht, IGF BR 14808

**Ansprechpartner für weitere Informationen:**

Dipl.-Ing. (FH) Constanze Seidemann

Tel. 03529 / 551-635

[constanze.seidemann@ptspaper.de](mailto:constanze.seidemann@ptspaper.de)

Papiertechnische Stiftung PTS

Pirnaer Straße 37

01809 Heidenau

Tel. 03529 / 551-60

Fax 03529 / 551-899

e-Mail: [info@ptspaper.de](mailto:info@ptspaper.de)

[www.ptspaper.de](http://www.ptspaper.de)