

Faserbasierte Lösungen für die Produkte von Morgen



» FASERN UND COMPOSITE / » VERPACKUNGEN UND KONFORMITÄT / » DRUCK UND FUNKTIONALE OBERFLÄCHEN / » PAPIERWIRTSCHAFT 4.0 / » MATERIALPRÜFUNG UND ANALYTIK

PTS-FORSCHUNGSBERICHT MF 130097

ENTWICKLUNG EINER DIENSTLEISTUNG ZUR EFFIZIENTEN EIGNUNGSBEWERTUNG ALTERNATIVER PAPIERROHSTOFFE UND ZUR ERSTELLUNG TECHNISCH-WIRTSCHAFTLICHER NUTZUNGSKONZEPTE (BEWERTUNGSMETHODIK ALTERNATIVE PAPIERROHSTOFFE)

Dr. Martin Zahel, Dr. Wolfram Dietz:

Entwicklung einer Dienstleistung zur effizienten Eignungsbewertung alternativer Papierrohstoffe und zur Erstellung technisch-wirtschaftlicher Nutzungskonzepte (Bewertungsmethodik alternative Papierrohstoffe)

PTS-Forschungsbericht MF 130097

März 2016

Papiertechnische Stiftung (PTS)

Heißstraße 134

D - 80797 München

www.ptspaper.de

Download-Information:

Diese Studie steht auf der Homepage der PTS zum Download bereit:

www.ptspaper.de/forschungsdatenbank

Ansprechpartner:

Dr. Martin Zahel

martin.zahel@ptspaper.de

Papiertechnische Stiftung PTS

Institut für Zellstoff und Papier IZP

Pirnaer Straße 37

01809 Heidenau

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens MF 130097 gewonnen, das im Programm zur "Förderung von Forschung und Entwicklung bei Wachstumsträgern in benachteiligten Regionen" mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) über den Projektträger EuroNorm Gesellschaft für Qualitätssicherung und Technologie mbH aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert wurde. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Unser Dank gilt außerdem den beteiligten Firmen für die Probenbereitstellung und für die freundliche Unterstützung bei der Projektdurchführung.

Entwicklung einer Dienstleistung zur effizienten Eignungsbewertung alternativer Papierrohstoffe und zur Erstellung technisch-wirtschaftlicher Nutzungskonzepte

M. Zahel, W. Dietz

Inhalt

1	Zusammenfassung	2
2	Ausgangssituation und Forschungsziel.....	4
3	Durchführung des Vorhabens	5
4	Ergebnisse und Diskussion.....	6

1 Zusammenfassung

Thema Entwicklung einer Dienstleistung zur effizienten Eignungsbewertung alternativer Papierrohstoffe und zur Erstellung technisch-wirtschaftlicher Nutzungskonzepte

Ziel des Projektes Ziel des Forschungsprojektes war die Ausarbeitung einer systematischen Bewertungsmethodik als Kern eines Dienstleistungsangebotes, um zielgerichtet und kosteneffizient alternative Rohstoffe für die Papiererzeugung auf ihre Eignung zu prüfen und technisch-wirtschaftliche Nutzungskonzepte erarbeiten zu können. Vorrangige Entwicklungsinhalte waren dabei

- die Klassifikation der im Papier einsetzbaren Rohstoffe als Ausgangspunkt für eine systematische Bewertung,
- Korrelationen zwischen Rohstoffeigenschaften, Aufbereitungsmethoden und Papierqualität,
- der Einfluss rohstoffspezifischer Charakteristika auf den Herstellungsprozess
- die Systematisierung notwendiger und optionaler Methoden zur effizienten Rohstoffbewertung und
- das Erstellen von Bewertungsrastern und Prognosewerkzeugen.

Die technologischen Aspekte waren durch Bewertungsprozeduren für wirtschaftliche, marktliche und rechtliche Fragestellungen zu ergänzen, um eine vollständige Bewertung sicherzustellen.

Ergebnisse Im Ergebnis des Forschungsprojektes konnte eine standardisierte Bewertungsmethodik für alternative Papierrohstoffe erarbeitet werden, die es ermöglicht, die Eignung eines entsprechenden Reststoffes für unterschiedliche Papierprodukte als auch potentielle Rohstoffe für konkrete Anwendungen abzuleiten. Relevante Rohstoffcharakterisierungen wurden identifiziert und Auswirkungen auf Papierqualität und Herstellungsprozess abgeleitet. Als besonders aussagekräftig stellte sich dabei die morphologische Betrachtung der Rohstoffe mittels Lichtmikroskopie heraus. Fundierte Aussagen zu den mechanischen Eigenschaften gebildeter Papiere können durch Laborblattbildung und anschließender Analyse getroffen werden.

Um die Prozessfähigkeit alternativer Papierrohstoffe beurteilen zu können, wurden Methoden ermittelt, die ohne vorherige Laborblattbildung wichtige Anhaltspunkte geben.

**Schluss-
folgerung**

Durch die im Forschungsprojekt erzielten Ergebnisse ist es nun möglich, alternative Papierrohstoffe systematisch in Papierprodukten zu platzieren und damit Rohstoffkosten einzusparen. Weiterhin kann ein ökologischer Mehrwert und eine höhere Wertschöpfung der Zielprodukte generiert werden. Dieser Vorteil wertet insbesondere Papiere auf, die durch ihre Zusammensetzung Werbebotschaften vermitteln, wie beispielsweise hochwertige Verpackungen ökologischer Produkte. Durch die erzielten Ergebnisse profitieren demnach sowohl der Antragsteller als auch Anwenderunternehmen

Danksagung

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens MF 130097 gewonnen, das im Programm zur "Förderung von Forschung und Entwicklung bei Wachstumsträgern in benachteiligten Regionen" mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) über den Projektträger EuroNorm Gesellschaft für Qualitätssicherung und Technologie mbH aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert wurde. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

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

2 Ausgangssituation und Forschungsziel

Ausgangssituation

Die Bewertung der Machbarkeit und die Identifikation optimaler Bedingungen für den Einsatz von alternativen Papierrohstoffen sind vielschichtig. Untersuchungsverfahren wurden in der Vergangenheit in erster Linie für konventionelle Faserstoffe entwickelt. Diese umfassten Materialeigenschaften wie die chemische Zusammensetzung, Partikelgrößenverteilung und -morphologie sowie Oberflächeneigenschaften. Dabei sind die Zusammenhänge zwischen Aufbereitungsmethoden, Rohstoffeigenschaften und den Auswirkungen auf das Papier für holzbasierte Faserstoffe und ausgewählte Rohstoffcharakteristika umfassend bekannt. So existieren beispielsweise Korrelationen zwischen Mahlung, Fasermorphologie und Papiereigenschaften für verschiedene Zellstoffe.

Für alternative Papierrohstoffe ohne chemischen Aufschluss lagen dagegen keine systematischen Untersuchungen vor und die etablierten Methoden der Faserstoffbewertung sind vielfach nicht aussagekräftig für andersartige Materialien.

Forschungsziel

Ziel des Forschungsprojektes war die Ausarbeitung einer systematischen Bewertungsmethodik als Kern eines Dienstleistungsangebotes, um zielgerichtet und kosteneffizient alternative Rohstoffe für die Papiererzeugung auf ihre Eignung zu prüfen und technisch-wirtschaftliche Nutzungskonzepte erarbeiten zu können. Vorrangige Entwicklungsinhalte waren dabei

- die Klassifikation der im Papier einsetzbaren Rohstoffe als Ausgangspunkt für eine systematische Bewertung,
- Korrelationen zwischen Rohstoffeigenschaften, Aufbereitungsmethoden und Papierqualität,
- der Einfluss rohstoffspezifischer Charakteristika auf den Herstellungsprozess
- die Systematisierung notwendiger und optionaler Methoden zur effizienten Rohstoffbewertung und
- das Erstellen von Bewertungsrastern und Prognosewerkzeugen.

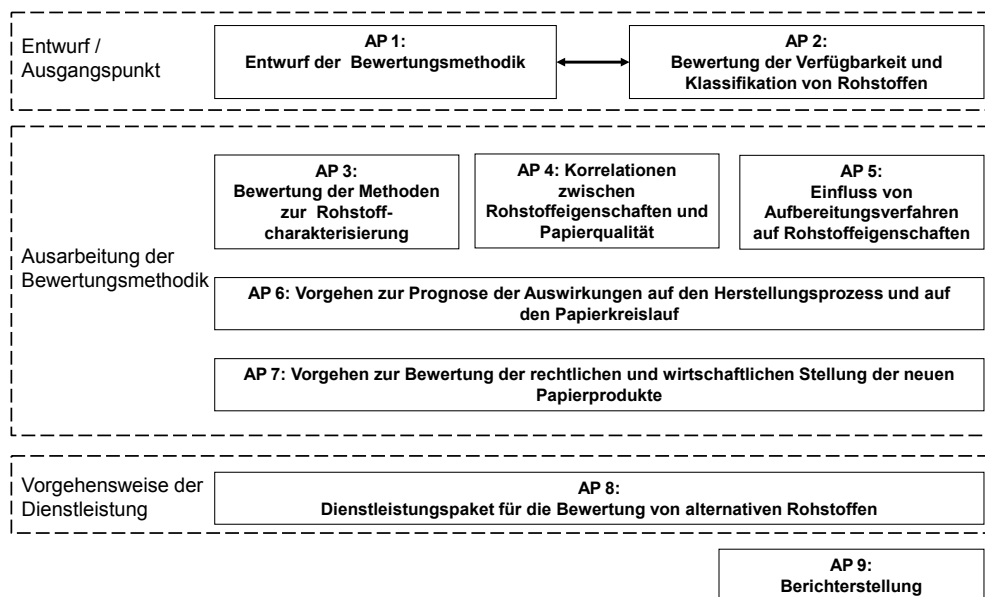
Die technologischen Aspekte waren durch Bewertungsprozeduren für wirtschaftliche, marktliche und rechtliche Fragestellungen zu ergänzen, um eine vollständige Bewertung sicherzustellen.

3 Durchführung des Vorhabens

Gliederung

Die Bewertungsmethodik wurde im Arbeitspaket 1 als Orientierungslinie für die weitere Projektbearbeitung entworfen. Im AP 2 wurden potentielle Rohstoffe recherchiert, charakterisiert und klassifiziert. Repräsentative Vertreter wurden ausgewählt, anhand deren die weiteren Untersuchungen durchgeführt werden konnten. Methoden, um Rohstoffe zu charakterisieren, wurden dann in AP 3 umfassend bewertet. In AP 4 wurden die Auswirkungen des Einsatzes auf Papiereigenschaften untersucht, modelliert und damit prognostizierbar gemacht. In der Bearbeitung stehen die Arbeitspakete 2-4 im Zusammenhang. In AP 5 wurden Aufbereitungsmethoden systematisch untersucht.

AP 6 erweiterte den Blick auf die Prozessfähigkeit sowohl beim Ersteinsatz in Papierfabriken als auch im Recyclingkreislauf. In AP 7 wurden rechtliche Aspekte betrachtet, die Einsatzkonzepte beschränken können. Auch wurde ein Vorgehen definiert, um die Wirtschaftlichkeit zu bewerten und um den Absatzmarkt zu sondieren. In AP 8 wurde die Methodik anhand der Ergebnisse der vorigen Arbeitspakete verifiziert, korrigiert und in ein Dienstleistungsangebot überführt.



4 Ergebnisse und Diskussion

Recherche von Rohstoffen und Bewertung der Verfügbarkeit

In einer umfangreichen Zusammenstellung wurden solche Reststoffe recherchiert, die prinzipiell zum Einsatz in Papieren denkbar sind. Diese Stoffe wurden hinsichtlich ihrer generellen Charakteristika, Zusammensetzung, Herkunft, Marktverfügbarkeit und weiterer Verwertungsmöglichkeiten umfassend beurteilt. Hierfür wurden zur Standardisierung zunächst rohstoffspezifische Fact Sheets aufgestellt. Im weiteren Projektverlauf zeigt sich allerdings, dass *eine* tabellarische Zusammenstellung durch eine größere Übersichtlichkeit eine raschere Priorisierung der einzelnen Materialien erlaubt.

Aufbereitungsmöglichkeiten – Trockene Vorzerkleinerung

Für einen Einsatz in Papieren wurde zunächst die Eignung trockener Zerkleinerungsverfahren untersucht. Diese kommen für Rohstoffe in Frage, die trocken anfallen oder vor Nutzung getrocknet werden. Die Zerkleinerungswirkung beruht dafür auf Schneid-, Scher- und Prallmechanismen. Eine trockene Vorzerkleinerung alternativer Papierrohstoffe in Labor-Schneidmühlen (Retsch SM1, CS 230/240-4, Condux) und einer Schlagkreuzmühle (Retsch SK1) wurde untersucht. Die Fraktionierung des Mahlgutes wurde via Siebanalyse (E-VIB 88) bestimmt.

Für eine erste, grobe Zerkleinerung trockener Aufgabegüter erwies sich die Retsch-Schneidmühle als geeignetes Arbeitsmittel. Resultierende Partikelgrößen lagen im Millimeterbereich. Erzielte Durchsatzmengen waren stark abhängig von der Schüttdichte des Materials (höhere Durchsatzmengen bei höheren Schüttdichten).

Die Erzeugung kleinerer Partikelgrößen via Schlagkreuz- und Schneidmühlen erwies sich als nicht zielführend, da einerseits die Zerkleinerungswirkung hinsichtlich des Zielparameters von unter 200 µm nicht befriedigend ausfiel und andererseits eine starke Erhitzung des Aufgabegutes auftrat. Faserige Materialien erfuhren eine Ausrichtung im Luftstrom, wodurch Partikel mit deutlich höherer Längenausdehnung im Mahlgut verblieben.

Aufbereitungsmöglichkeiten – Nasse Zerkleinerung

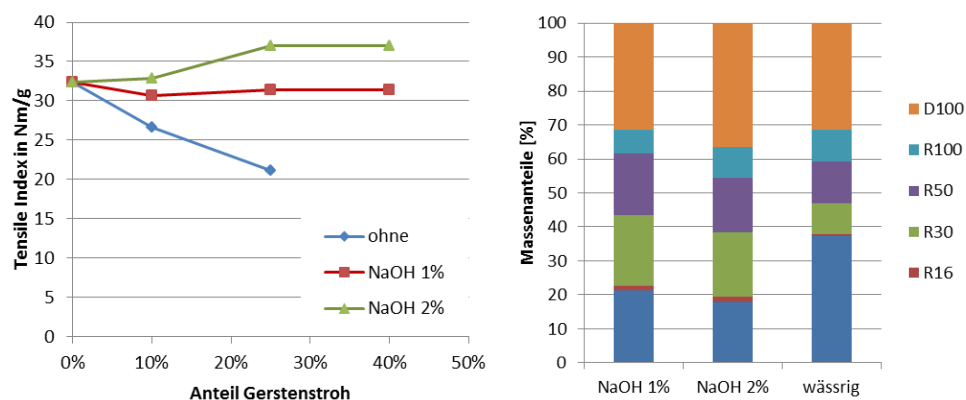
Für eine nasse mechanische Zerkleinerung standen die folgenden Geräte im Labormaßstab zur Verfügung und wurden an unterschiedlichen Proben auf ihre Eignung hin überprüft: Jokromühle, Kugelmühle, Labor-Holländer, Cavitron und Knet-Disperger. Diese kommen u.a. für solche Stoffe in Frage, die im anfallenden Zustand einen hohen Feuchtegehalt aufweisen.

Knet-Disperger und Labor-Holländer erwiesen sich als nicht geeignet für die Aufbereitung von faserartigen Rohstoffen, da keine hinreichende Zerkleinerung auftrat. Partikeldimensionen lagen nach Zerkleinerung im Zentimeterbereich.

Mittelharte bis weiche Materialien konnten in einer Schwing-Kugelmühle gut zerkleinert werden, wenngleich sich bei Rohstoffen mit hohen Extraktgehalten der Energieeintrag als teilweise zu gering erwies.

Aufbereitungsmöglichkeiten – Zerfaserung im Doppelschneckenextruder

Versuche zur Zerfaserung von Gerstenstroh erfolgten am Technikumsextruder der TU Dresden (Institut für Holz- und Papiertechnik), welcher uns freundlicherweise durch Prof. Wagenführ kostenfrei zur Verfügung gestellt wurde. Hierbei konnte ein positiver Effekt auf die Papierzugfestigkeit erzielt werden: Die untersuchten Strohproben wurden vor Versuchsbeginn in Wasser, einprozentiger oder zweiprozentiger Natronlauge eingeweicht. Die Natronlauge bewirkt einen sanften chemischen Aufschluss. Nach wiederholter Extrusion wurden Grobbestandteile im Wuchtschüttler abgetrennt und Laborblätter unter anteiligem Einsatz der mittleren und feinen Fraktionen gebildet.



Hierbei konnte der sonst zu verzeichnende starke Abfall des Tensile-Index wirksam unterdrückt werden; im Falle der Behandlung mit 2%iger NaOH-Lösung wurde sogar eine Erhöhung der Zugfestigkeit gegenüber der Referenz erzielt. Der Feinstoffanteil ist geriner als der gefundene D100-Wert anzunehmen, da letzterer noch lösliche Bestandteile enthält. Eine andere Extrudergeometrie könnte den Stippengehalt weiter reduzieren.

Relevante Methoden der Rohstoffcharakterisierung

Die Identifikation verschiedener Partikelmorphologien durch lichtmikroskopische Untersuchungen konnte als qualitativ aussagekräftig für resultierende Papierprodukte ermittelt werden. Nebenstehende Abbildung zeigt die faserartigen Bestandteile einer Weizenstrohprobe nach nasser Aufbereitung. Das resultierende Material konnte in Papieren eingesetzt werden und ging mit einer geringfügigen Verschlechterung der Zugfestigkeit und Biegesteifigkeit einher.



Pulverartig aufbereitete Stoffe wurden hinsichtlich ihrer Partikeldimensionen via Siebanalyse charakterisiert. Durch elektrostatische Aufladung des Mahlgutes wurde allerdings in einigen Fällen die Bildung von Agglomeraten beobachtet, die die Ergebnisse der Siebanalyse verfälschen können. Als Alternative konnte das optische Mastersizer-Messsystem etabliert werden (nass), das jedoch nicht für alle Rohstoffe anwendbar ist.

Zur Ermittlung von Papierfestigkeitsparametern hat die rasch durchführbare Laborblattbildung und nachfolgende Papierprüfung die größte Aussagekraft.

Laminat-Modell der Biegesteifigkeit mehrlagiger Kartone

Für die Anwendung von alternativen Faserstoffen stellt sich mehrlagiger Karton als eine wiederkehrend interessante Anwendung dar. Bei dieser Produktklasse ist die Biegesteifigkeit ein zentraler Parameter. Allerdings ist die Herstellung eines mehrlagigen Kartons im Labor aufwendig. Um die Eigenschaften einlagiger Prüfblätter zur mehrlagigen Biegesteifigkeit korrelieren zu können, wurde ein Rechenmodell ausgearbeitet und als Excel-Vorlage umgesetzt.

Aus der wirksamen Dicke sowie dem gemessenen E-Modul von Prüfblättern bekannter Flächenmasse lässt sich die Biegesteifigkeit eines mehrlagigen Kartons rechnerisch modellieren. Weitere Inputs des Modells sind die Anzahl und Gewichte der Lagen. Das Modell fußt auf der Laminat-Theorie. Die wirksame Dicke weicht aufgrund der Oberflächenrauheit regelmäßig von der gemessenen Dicke ab. Die mechanische Dickenmessung erfasst bei rauer Oberfläche die erhöhten Stellen, für die Biegesteifigkeit wirksam ist jedoch der zentrale Blattkörper. Im Modell wird die wirksame Dicke durch Rückkorrektur über den Unterschied zwischen gemessener und berechneter einlagiger Biegesteifigkeit ermittelt.

Verbesserung PTS-Methode CSB-Abgabe

Die Methode PTS RH-014/2015 „Bestimmung des Übergangs von organischen Stoffen in die Wasserphase beim Suspendieren von Halbstoffen“ (CSB-Abgabe) wurde für die Anforderungen des vorliegenden Projektes grundlegend überarbeitet.

Um die Methodik zu validieren und den Bedingungen einer Papierfabrik näher zu kommen, wurde versuchsweise mit Gras eine Erhöhung der Stoffdichte im Messverfahren bis auf 20 %, eine fünffache Extraktion von jeweils neuem Grasmaterial mit der gleichen Flüssigphase und eine Zugabe von Retentionsmitteln getestet. Diese Modifikationen des Messgehens erbrachte keine signifikante Änderung der Werte. Die Messung der CSB-Abgabe kann als praxisrelevant und aussagekräftig eingestuft werden.

Die Bestimmung als DOC (Dissolved Organic Carbon)-Abgabe kann alternativ erfolgen. Dies ermöglicht, mit wenig Aufwand die Abgabe an Gesamt-Stickstoff mit zu erfassen. Die Größenordnung der mit Gras-Stoff und Kakaobohnenschalen gefunden Stickstoff-Werte erwies sich dabei allerdings als unwesentlich für Wasserkreislauf und Abwasserreinigungsanlage.

Prozessfähigkeit: Exemplarische Ergebnisse

Alle untersuchten pflanzlichen Faserersatzstoffe waren gut dispergierbar. Vorwiegend synthetischer Textilstaub konnte zwar in Suspension gebracht werden; jedoch waren nur mit Dispergiermittel Flotationseffekte bei der Laborblattbildung und eine Zweiseitigkeit des Blattes vermeidbar.

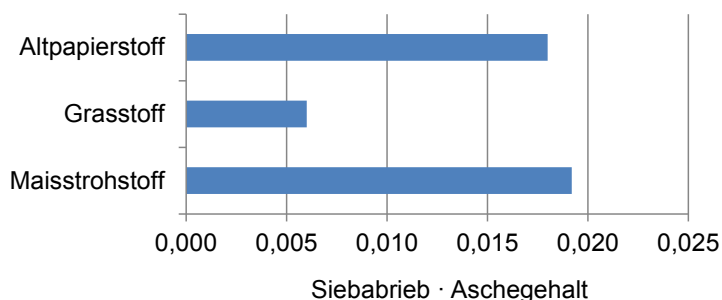
Während Strohsorten und Haferspelzen nur geringe wasserlösliche Anteile aufweisen, bewirkt der Einsatz von Birtreber, Gärreste oder Gras einen relevanten Eintrag organischer Stoffe in den Wasserkreislauf der Papierfabrik.

Klebrigkeit trat in keinem Fall auf.

Gärreste führten zu einem deutlichen mikrobiologischen Faulgeruch der Papiere. Eine hohe Keimbelastung ist aufgrund der Herkunft offensichtlich. In so einem Fall ist einem messtechnischen Beleg (Gesamtkeimzahl) kein weiterer Erkenntnisgewinn zuzuschreiben.

Das Zetapotential der untersuchten Materialien lag mit -20 bis -35 mV im Bereich von Standardfaserstoffen. Dies ist für chemisch nicht modifizierte pflanzliche Materialien zu erwarten.

Für die Abrasivität dient ein Altpapierstoff als Referenz. Bewertungsgröße ist das Produkt aus der Abrasivität der Asche (prozentualer Siebabrieb) und dem Aschegehalt des untersuchten Stoffes.



Rezyklierbarkeit Zur Beurteilung der Rezyklierbarkeit der neuartigen Papierprodukte erwies sich die PTS-Methode PTS-RH 021/97 „Kennzeichnung der Rezyklierbarkeit von Packmitteln aus Papier, Karton und Pappe sowie von grafischen Druckerzeugnissen“ als geeignet.

Hierbei wird die Zerfaserbarkeit durch Zerfaserung und Lochplattensortierung im Brecht-Holl-Fraktionator mit Lochweite 0,7 mm beurteilt. Die Bewertung hinsichtlich klebender Verunreinigungen erfolgt durch Blattklebetests an aus Haindlfraktioniertem Stoff hergestellten Musterblättern, die abschließend bezüglich optischer Inhomogenitäten visuell begutachtet werden.

Die Rezyklierbarkeit wurde an grashaltigem und gerstenstrohhaltigem Papier untersucht. In beiden Fällen verlief die Zerfaserung unproblematisch, d. h. der nach Lochplattensortierung erhaltene Sortierrückstand lag mit 0,7 % für gerstenstroh- bzw. 0,3 % für grashaltiges Papier unter dem Grenzwert von 20 %. Die erhaltenen Rückstände bestanden dabei jeweils aus dem zugesetzten alternativen Papierrohstoff.

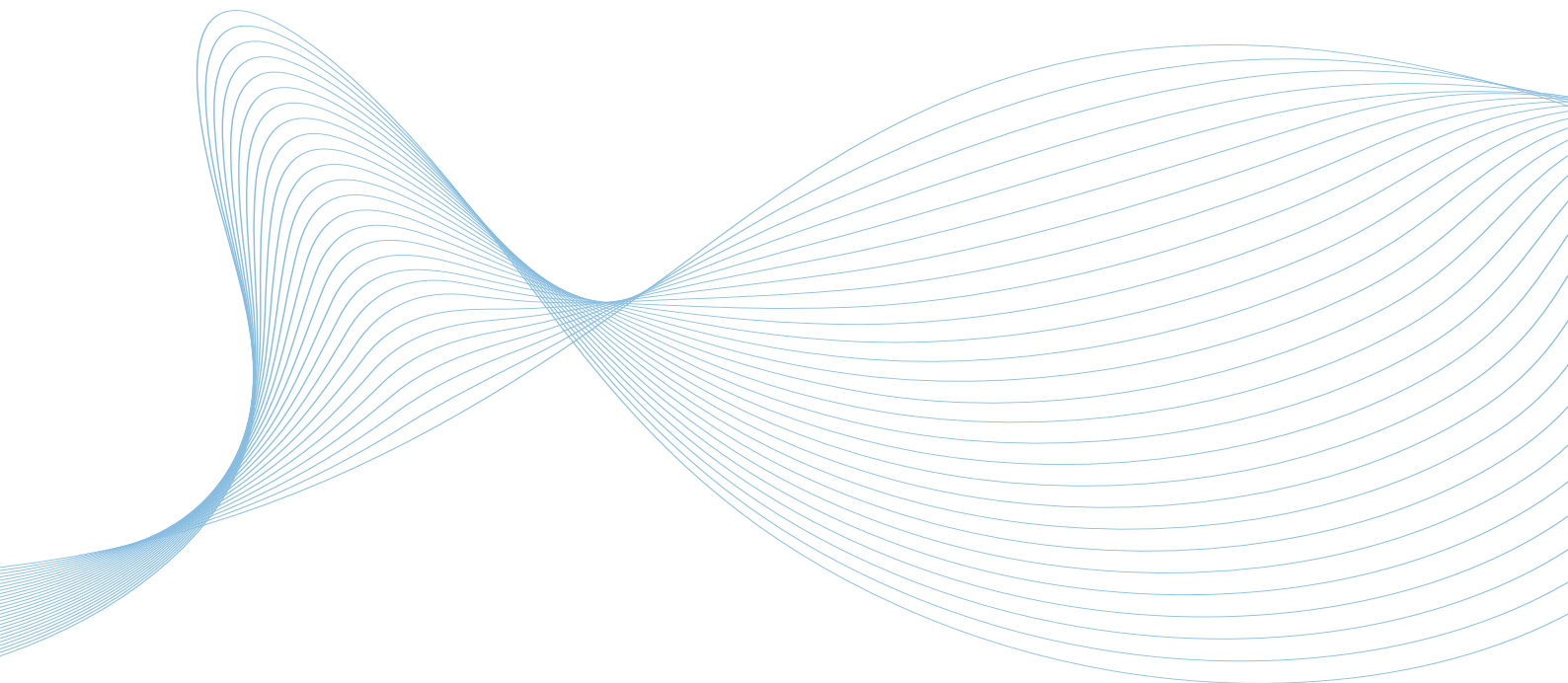
Weiterhin wurde eine geringe Klebewirkung ermittelt. Die gebildeten Laborblätter vom sortierten und unsortierten Faserstoff konnten beschädigungsfrei vom Gautschkarton und vom Deckblatt getrennt werden.

Die visuelle Begutachtung der Musterblätter nach 150 µm-Schlitzsortierung schloss im Falle des grashaltigen Papiers jedoch einen Einsatz für Papierprodukte mit optischen Qualitätsansprüchen (z.B. Wellpappen-Deckpapiere) aus. Einerseits wiesen die Musterblätter stets einen starken Grünstich auf, andererseits war eine Vielzahl kleiner und deutlich erkennbarer grünlicher Partikel vorhanden, welche aus dem Graszusatz stammen. Im Falle des Gerstenstrohs wurden keine problematischen optischen Inhomogenitäten ermittelt. So konnte insbesondere die Färbung des Rohstoffs als wichtiges Kriterium zur Beurteilung ermittelt werden.

Ansprechpartner für weitere Informationen:

Dr. Martin Zahel
martin.zahel@ptspaper.de

Papiertechnische Stiftung PTS
Pirnaer Straße 37
01809 Heidenau
Tel. 03529 / 551-60
Fax 03529 / 551-899
e-Mail: info@ptspaper.de
www.ptspaper.de



www.ptspaper.de

Papiertechnische Stiftung

Heßstraße 134 · 80797 München · Telefon +49 (0)89-12146-0 · Telefax +49 (0)89-12146-36 · Mail info@ptspaper.de

Pirnaer Straße 37 · 01809 Heidenau · Telefon +49 (0)3529-551-60 · Telefax +49 (0)3529-551-899 · Mail info@ptspaper.de