Kuratorium für Forschung und Technik
der Zellstoff- und Papierindustrie im VDP e. V.

INFOR-Projekt Nr. 112 R

Erhöhung der Ausbeute bei der Aufbereitung von Altpapier für die Herstellung von Verpackungspapieren

Schlussbericht

Februar 2010

Papiertechnische Stiftung (PTS)
München

Dr. Alois.-B. Kerkhoff
Dipl.-Ing. Ingrid Demel

Technische Universität Dresden
Professur für Papiertechnik

Prof. Dr.-Ing. Harald Großmann

Technische Universität Darmstadt
Fachgebiet für Papierfabrikation und
Mechanische Verfahrenstechnik

Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel

Abschlussbericht

Erhöhung der Ausbeute bei der Aufbereitung von Altpapier für die Herstellung von Verpackungspapieren

INFOR-Projekt Nr.112R

Forschungsstellen:

Fachgebiet für Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik (PMV), TU Darmstadt

Institut für Holz- und Papiertechnik, Professur für Papiertechnik (LTU), Dresden

Papiertechnische Stiftung (PTS)

Projektbegleiter:

Herr Dr.-Ing. D. Rhodius
(Papierfabrik SCHOELLERSHAMMER)

Herr O. Truppner
(Smurfit Kappa Hoya Papier)

Herr X. Weig (Konsultativ)
(Moritz J. Weig GmbH & Co. KG)

Herr H. Hess
(Voith Paper)

Das Forschungsprojekt wurde gefördert über das Kuratorium für Forschung und Technik der Zellstoff- und Papierindustrie im VDP e.V., Bonn

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangssituation / Problemstellung 3

2. Forschungsziel 3

3. Fokussierung und Prozessauswahl 4

4. Konzept / Arbeitsplan 4

5. Stand der Technik 6

6. Forschungsergebnisse 8

6.1 Methode zur Bestimmung des Faseranteils (PMV) 8

6.1.1 Entwicklung der Methode 8

6.1.2 Methodenbeschreibung 11

6.1.3 Probenahme und Probemenge 12

6.1.4 Prüfgeräte und Prüfhilfsmittel 12

6.1.5 Durchführung und Prüfung 13

6.1.6 Auswertung 15

6.1.7 Anwendung der Methode, Ergebnisse 15

6.2 Faserrückgewinnung (PTS) 26

6.2.1 Probennahme und Probenaufbereitung 26

6.2.2 Rejektuntersuchungen mittels NIR-Sensoren 30

6.2.2.1 Ergebnisse 30

6.2.3 Weiterentwicklung einer Online Methode 33

6.2.4 Ist-Zustandsaufnahme der Grob- und Feinrejekten 34

6.3 Steigerung der Erfassung von gewerblichen Altpapier (LPT) 36

6.3.1 Ergebnisse Deutschland 37

6.3.2 Daten Sachsen 39

6.3.3 Daten von Handelsketten 42

6.3.4 Daten von Universitäten 42

6.3.5 Daten aus öffentlich zugänglichen Quellen 43

7. Zusammenfassung 46

Literatur 49

1. Ausgangssituation / Problemstellung

Altpapier-verbrauch

Langfristige Entwicklungen zeigen, dass in Europa maximal 80 % der gebrauchten Papierprodukte als Altpapiere für eine Verwertung erfasst werden können. In Deutschland betrug die Rücklaufquote für Altpapier bereits im Jahr 2007 75 %, 2008 wurde sogar eine Rücklaufquote von 78% erreicht. Bei einem jährlichen Papierverbrauch von 20,5 Millionen Tonnen und der ausgewiesenen Rücklaufquote lag das Altpapieraufkommen bei 16 Millionen Tonnen. Die in Deutschland eingesetzte Menge betrug im gleichen Zeitraum 15,5 Millionen Tonnen. Damit konnte die Versorgung der Papierindustrie in Deutschland mit inländischem Altpapier wieder gewährleistet werden, so dass Deutschland 2008 wieder zu einem Altpapier-Nettoexporteur wurde. 2007 fungierte Deutschland erstmal nach 1977 als Altpapier-Nettoimporteur auf dem europäischen Altpapiermarkt [1].

Die rohstoffliche Verwertung von Altpapier durch die Papierindustrie liegt in den Mitgliedsländern der CEPI derzeit bei 56 %, während in Deutschland bereits eine Altpapiereinsatzquote von 68 % erreicht wurde. Die Steigerung der Produktionskapazitäten für Wellpappenrohpapiere hat wesentlich zur Erhöhung der Altpapiereinsatzquote und des Altpapierbedarfs der Papierindustrie in Deutschland beigetragen. Mittelfristige Planungen lassen erwarten, dass bis zum Jahr 2011 der jährliche Bedarf an Altpapier allein für die Erzeugung von Wellpappenrohpapieren auf rund 6 Millionen Tonnen steigen wird.

Im Spannungsfeld des wachsenden globalen Bedarfs an Altpapier als Rohstoff für die Papierindustrie, der gesetzlichen Rahmenbedingungen für die Behandlung von Abfällen und Reststoffen sowie der Verknappung fossiler Energieträger entsteht ein Wettbewerb um optimale Verwertungsbedingungen von Altpapier.

2. Forschungsziel

Ziel

Ziel des Projektes war es, Reserven bei der umfassenden Nutzung der verfügbaren Altpapiermengen und -qualitäten für die Herstellung von Verpackungspapieren im Allgemeinen und von Wellpappenrohpapieren im Besonderen zu identifizieren und Wege zu deren Erschließung aufzuzeigen. Die Untersuchungen richteten sich dabei auf drei Schwerpunkte, deren Bearbeitung jeweils unter Federführung eines Institutes erfolgte:

- Einheitliche Methodik zur Berechnung der Faserstoffausbeute beim Einsatz von Altpapier für die Herstellung von Verpackungspapieren und Benchmarking dieser Kennziffer (PMV)
- Bestimmung von Faserstoffanteilen in Rejekten mittels einer NIR basierenden Schnellmethode, Ist-Zustandsaufnahme der Faserstoffverluste in Grob- und Feinrejekten und Empfehlungen für die Minimierung von Faserverluste (PTS)
- Möglichkeiten zur Steigerung der Erfassung von Altpapier aus haushaltsnahem und gewerblichem Aufkommen (LPT)

3. Fokussierung und Prozessauswahl

Projektdurch-führung

In der ersten Projektbegleitersitzung für die INFOR-Projekte 110R, 111R und 112R zum Schwerpunkt Ressourcenschonung wurde, aufgrund der fachlichen Nähe und der Mitarbeit der gleichen Projektbegleiter in allen drei Projekten vereinbart, die Projekte gemeinsam zu bearbeiten sowie die zukünftigen Projektsitzungen und ggf. Workshops zusammen durchzuführen.

Fokus des Projektes

Der Schwerpunkt des Projektes wurde, nach Abstimmung mit den Projektbegleitern, auf die Altpapierausbeute bei der Verpackungspapierherstellung gelegt. Für die Betrachtung der Altpapierausbeute sind hierfür vor allem die Prozesse der Zerfaserung, der Reinigung und der Sortierung von Interesse.

4. Konzept / Arbeitsplan

Allgemein

Die abgegrenzten Schwerpunkte ermöglichten eine parallele Projektbearbeitung durch die beteiligten Institute.

Erstes Projektjahr

Im ersten Projektjahr erfolgte an der Forschungsstelle PMV Darmstadt eine Erarbeitung von einheitlichen Definitionen und Methoden zur Ausbeuteberechnung von Altpapieraufbereitungsanlagen als Grundlagen für ein Benchmarking. Dabei ist bei den üblicherweise auftretenden Verlusten zwischen organischen Substanzen in Form von Fasern, Feinstoffen und Stippen sowie anorganischen Füllstoffen und anderen Komponenten zu unterscheiden. Nur so kann ein übergreifender Vergleich der Faserstoffausbeute vergleichbarer Papierfabriken stattfinden.

Verluste an Faserstoffen resultieren einerseits aus Faseranhaftungen an Fremd- und Störstoffen, die durch Trennprozesse aus den Faserstoffströmen ausgeschieden werden (Grob- und Feinrejekte) und anderseits aus unzureichend zerfaserten Papier- bzw. Kartonbestandteilen des Altpapiereintrags („Stippen“), die sowohl in Grob- als auch Feinrejekten anzutreffen sind. Seitens Altpapier verarbeitender Unternehmen besteht Bedarf an prozessnahen Methoden zur Bestimmung des Fasergehaltes in Rejekten. Die Entwicklung der Grundlagen für eine dementsprechende Methode wurde Bestandteil der Projektbearbeitung durch die PTS.

Schwerpunkte der Untersuchungen an der LPT Dresden richteten sich während des ersten Bearbeitungsjahrs auf die Detaillierung des Altpapieraufkommens für die Papierindustrie in Deutschland. Ziel war eine Abschätzung der Anfallmengen an Altpapier aus der gewerblichen Entsorgung durch Recherchen (Interviews, Umfragen, Statistiken) zu den Entsorgungsmengen aus Administration und Verwaltung sowie gewerblichen Anfallstellen wie z.B. Handel, Polygrafie, Handwerk etc..

Zweites Projektjahr

Im zweiten Bearbeitungsjahr fanden Betriebsuntersuchungen zum Rejektanfall in Fabriken u.a. zur Erzeugung von Standard-Testlinern (PMV) statt. Zur Verbesserung der Fasserrückgewinnung aus diesen Rejekte sollte die PTS Untersuchungen im kleintechnischen Maßstab durchführen. Für die erfolgreiche Zielerreichung wurde eine enge Kooperation mit der Fa. Voith vorgesehen. Parallel dazu hatte sich LPT mit dem Aufzeigen von möglichen Reserven des Altpapieraufkommens aus gewerblichen Bereichen auseinandergesetzt. Die Untersuchungen betrachten sowohl den quantitativen als auch den qualitativen Aspekt.

Drittes Projektjahr

Im dritten Bearbeitungsjahr wurden Untersuchungen der Faserstoffausbeute von Altpapieraufbereitungsanlagen (PMV) und Untersuchungen zur Verbesserung der Faserrückgewinnung aus typischen Rejekten der Erzeugung von weiß gedecktem Liner und von Faltschachtelkarton (PTS) geplant.

Die Arbeiten im dritten Projektjahr hätten eine intensive Zusammenarbeit mit der Zulieferindustrie, insbesondere Voith erfordert. Seitens Voith Paper bestand prinzipiell die Bereitschaft zur Zusammenarbeit, wenn beide Partner Vorteile von dieser Zusammenarbeit haben. Eine Zusammenarbeit hinsichtlich der Entwicklung neuer Technologien bzw. Verbesserung bestehender Lösungen wurde von Voith jedoch ausgeschlossen.

Aufgrund dieser Tatsache wurde im INFOR-Forschungsrat beschlossen die Projekte nach dem 2. Projektjahr zu beenden.

5. Stand der Technik

Einleitung

Bei der Herstellung von Wellpappenrohpapiere und Karton werden Altpapiere aus der haushaltnahen und gewerblichen Erfassung eingesetzt. Überwiegend kommen hier zum Einsatz die Untere Sorten 1.02 (sortiertes gemischtes Altpapier) und 1.04 (Kaufhausaltpapier). Die stoffliche Zusammensetzung und der Gehalt an papierfremden Bestandsteilen schwanken sehr stark. Außerdem werden angesichts des aktuellen Trends und Marktanforderungen Verpackungspapiere mit immer geringerem Flächengewicht hergestellt die höchste Anforderung an die Festigkeits- Verarbeitungs- und nicht zuletzt optische Eigenschaften erfüllen soll. In diesem Spannungsfeld wird der Stoffaufbereitung mehr und mehr eine Schlüsselrolle zugewiesen.

Verfahrens-technik der Stoffaufbereitung

Die Aufbereitungsverfahren für die Herstellung von Verpackungspapiere (Wellpappenrohpapier, Testliner etc.), Zeitungsdruckpapiere sowie für die Hygiene- und Tissuepapieren sind zum Teil sehr unterschiedlich und besitzen in der Regel keine standardisierten Strukturen. Grundsätzlich lassen sich aber die Aufbereitungsschritte in drei wesentlichen Kategorien zuordnen:

- Zerfaserung und Suspendierung
- Reinigung
- Verbesserung der Faserrohstoffe

In der Abbildung 1 ist als Beispiel eine Anlagekonfiguration zur Herstellung von Testliner dargestellt. In dieser Anlage werden zwei Faserstoffqualitäten erzeugt, ein Langfaser- und ein Kurzfaserstoff, die auf einer zweilagigen Papiermaschine verarbeitet wird. Die Suspendierung erfolgt in einem kontinuierlich arbeitete Pulper mit Pulperentsorgungssystem ausgestattet. Die schweren Teilchen werden in einem 2-stufigen Cleaner abgeschieden. Nach der Fraktionierung werden die in der Langfaserfraktion angereicherten Rejekte mit einer Schwerteilreinigung (HW Reinigung) und Feinschlitzsortierung (Low Consistency) abgeschieden.

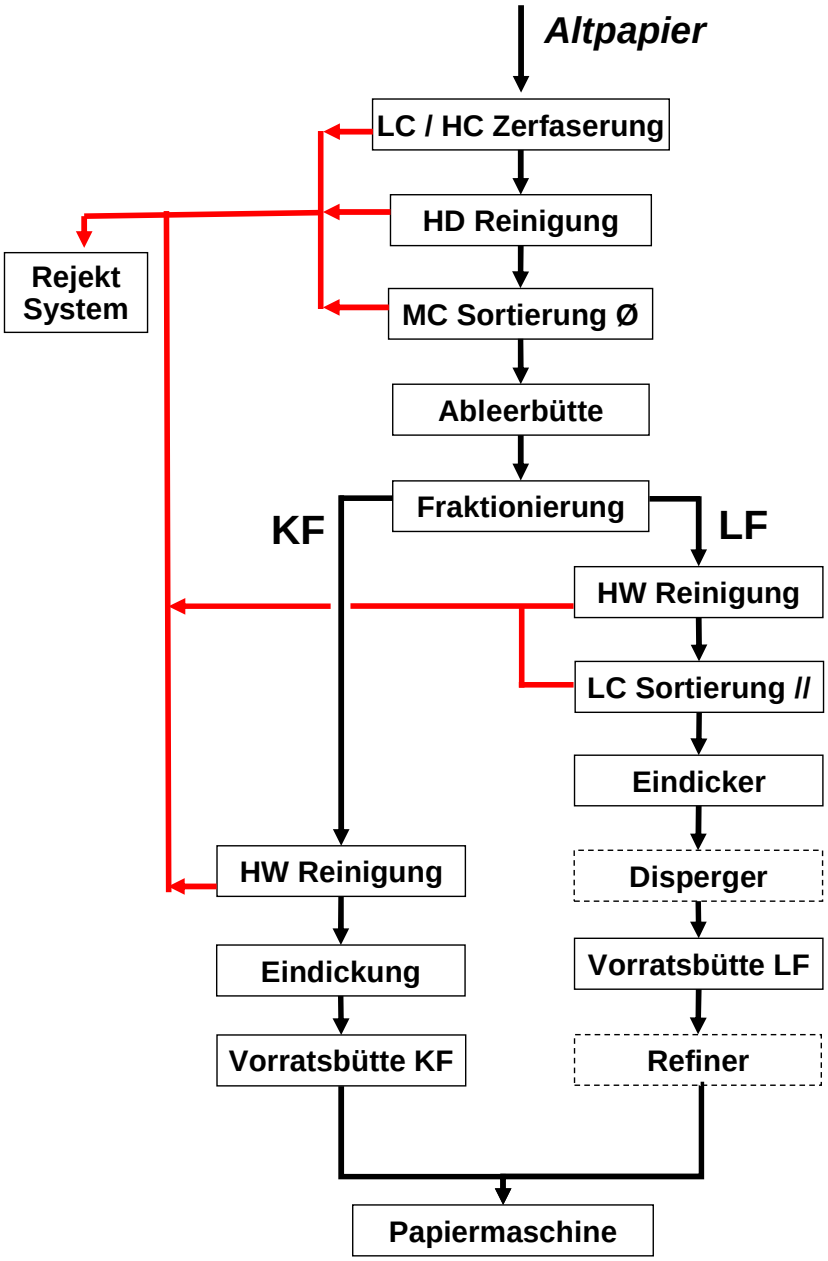

Abbildung 1: Beispiel eines Anlagekonzepts zur Herstellung von Testliner

Faserverluste

Bei der Reinigung von Faserstoffsuspensionen mittels Sortierer, Cleaner, etc. wird der Zulaufstrom in Gutstoff oder Akzept und in das Rejekt geteilt. Das Rejekt auch Sortierrückstand oder Spuckstoff genannt beinhaltet papierfremde Bestandteile wie Sand, Kunststoffpartikel und klebenden Verunreinigungen aber auch immer einen Anteil an Faserstoff. Eine Untersuchung von BORSCHKE zum Faserverlust in den einzelnen Sortierbausteine einer Anlage zur Aufbereitung von Wellpappenverpackungen ergab in den Rejekten der Grobsortierung noch einen Faseranteil von 15% [2]. Der gesamte Faserverlust wurde mit 1,6% (bezogen auf die eingetragene Faserstoffmenge) ermittelt.

Reststoffanfall

In Arbeiten von BIENERT wurde die Quantifizierung der Schwankungsbreite von Faserstoffverluste die bei der Pulperentsorgung und der nachfolgenden Grobreinigung anfallenden Rejekte auf ihre Zusammensetzung untersucht. [3]

Trotz vergleichbaren Produktionsbedingungen und vor allem Rohstoffeinsätze sind die Faseranteile der Rejekte extrem unterschiedlich. Durch hohe Faserverluste steigen die Produktionskosten (mehr Rohstoff muss eingesetzt werden) aber auch die Entsorgungskosten.

6. Forschungsergebnisse

6.1 Methode zur Bestimmung des Faseranteils (PMV)

6.1.1 Entwicklung der Methode

Vorgehensweise

Die Grundlage für die Entwicklung dieser Methode stellte der von der Firma Voith erarbeitete Methodenvorschlag dar. Zur Entwicklung wurde am PMV eine Variantenstudie durchgeführt. Hierfür wurden mehrere Varianten der Methode entwickelt und Kriterien für eine vergleichende Bewertung definiert. Mit jeder Variante wurde die gleiche industrielle Rejektprobe untersucht. Die verschiedenen Varianten wurden anschließend nach folgenden Kriterien bewertet:

- Zeitbedarf
- Spezifischer Energiebedarf
- Ausbeute
- Anzahl der Hilfsmittel
- Umsetzbarkeit/Handling
- sonstige Vor-/Nachteile

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Bewertung sind als Entscheidungsmatrix in Tabelle 1 dargestellt:

Methode	Zeitbedarf in Zyklen (1 Zyklus =1,5 h)	Spezifischer Energie-bedarf	Aus-beute	Anzahl der Hilfs-mittel	Umsetzbarkeit/ Handling	Vorteile (+)/ Nachteile (-)
Variante 1	3	3	0,9	2	-	- freie Fasern vor 1. mechanischen Eingriff nicht erfasst
Variante 2	3	3,4	0,9	4	+	+ freie Fasern 1. mechanischen Eingriff
Variante 3	3+1 (Einweichen)	3,5	0,85	5	o	+ freie Fasern 1. mechanischen Eingriff
Variante 4	3+1 (Einweichen)+1 (Schreddern)	3,3	0,9	6	--	- Schmutz in Ausbeute
Bewertung	Je kleiner der Wert desto besser	Je größer der Wert desto besser	Je näher an 1 desto besser	Je kleiner der Wert desto besser	Je mehr + Zeichen desto besser	Je mehr + Zeichen desto besser

Tabelle 1: Entscheidungsmatrix der Variantenstudie zur Findung einer Labormethode zur Bestimmung des Fasergehaltes in Rejekten

Da alle Varianten zyklisch aufgebaut sind, wurde die zeitliche Bewertung mit der Anzahl der Zyklen beschrieben. Ein Zyklus entspricht etwa 1,5 Stunden. Je geringer die Zyklenzahl ist, desto niedriger ist der Zeitbedarf für eine Variante.

Zur Bestimmung des spezifischen Energiewertes wurden die in den Varianten verwendeten Geräte in Energieklassen eingeteilt. Jede Klasse erhielt einen Energiewert. Geräte mit dem niedrigsten Energieverbrauch wurden in die höchste Klasse eingestuft und erhielten den höchsten Energiewert. Aus den Energiewerten der Geräte, der Anzahl der eingesetzten Geräte und der Häufigkeit der Einsätze wurde für jede Variante ein spezifischer Energiebedarf ermittelt. Eine Variante ist energetisch umso besser, je höher der Wert des spezifischen Energiebedarfs ist.

Die mit jeder Variante erzielte Faserausbeute wurde zur Bewertung normiert, da Rejektproben sehr inhomogen sind. In der Normierung wurde das Fasermaterial, das mit der in Tabelle 1 angegeben Zyklenanzahl erhalten wurde, auf die in der Probe enthaltene Fasermenge bezogen. Um die gesamte Fasermenge jeder Probe zu bestimmen, wurden bei jeder Variante zwei Zyklen mehr als in Tabelle 1 angegeben durchgeführt. Je näher der Wert der normierten Ausbeute bei 1 liegt, desto besser arbeitet die Variante.

Das Kriterium Umsetzbarkeit/Handling macht eine Aussage, wie leicht eine Methode durchführbar ist. Die Bewertung geht von -- (sehr schwer durchführbar) bis ++ (sehr leicht durchführbar).

In der Spalte Vorteile/Nachteile sind Vor- und Nachteile jeder Variante aufgeführt, die in den anderen Kategorien nicht berücksichtigt werden. Vorteile sind mit einem + Zeichen versehen und Nachteile mit einem – Zeichen.

Bei der Auswertung hat Variante 2 am besten abgeschnitten. Ein Blockschaltbild der Methode ist in Abbildung 2 zu sehen.

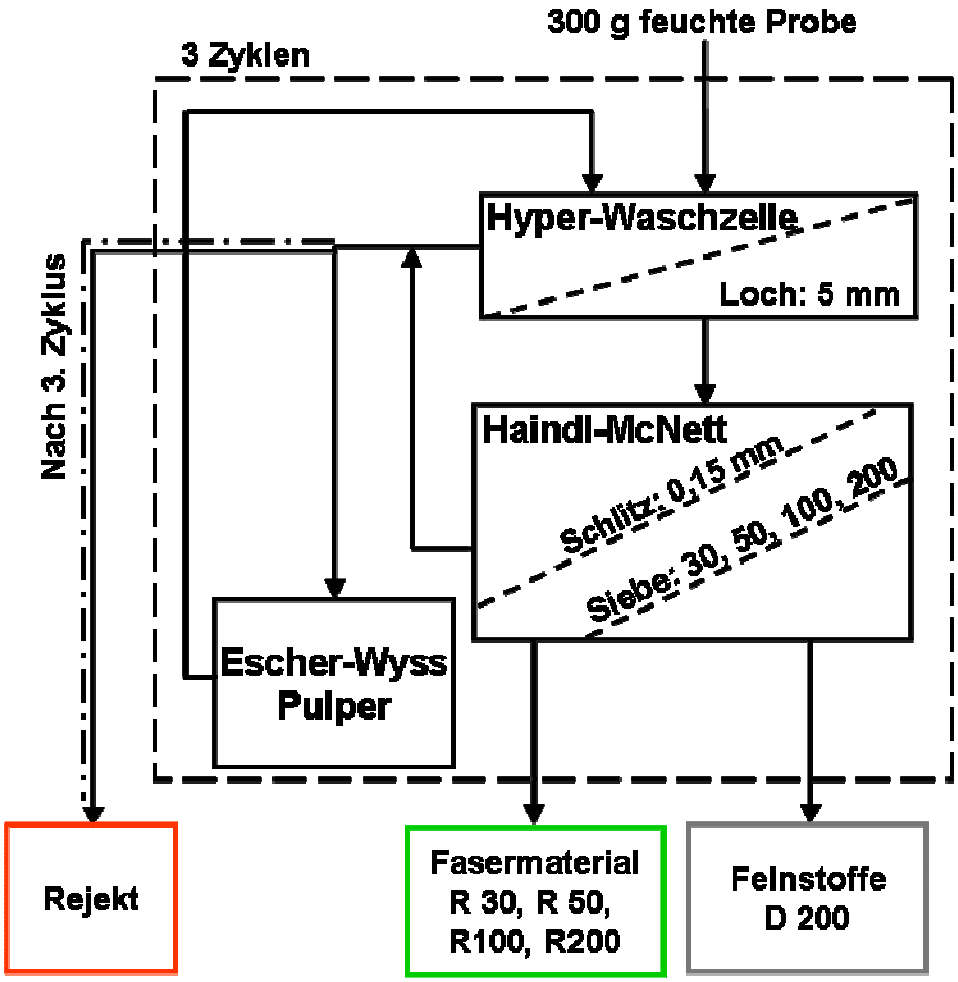

Abbildung 2: Blockschaltbild der Variante 2

Mit der in Abbildung 2 dargestellten Methode wurden Rejektproben aus zwei Produktionslinien für Wellpappenrohpapier untersucht. In den Tabellen 2 und 3 sind die Ergebnisse der untersuchten Grobrejekte aufgeführt.

Probe	Fasergehalt in Prozent (bezogenen auf Rejektmasse)			
	Durch Wäsche [Zyklus 1]	Durch mechanische Energie [Zyklus 2]	Durch weitere mechanische Energie [Zyklus 3]	Summe aller Zyklen
Sortiertrommel	3,6	10,5	3,5	17,6
Schneckenpresse	2,6	6,2	2,9	11,7
Zopf	8,6	9,2	2,1	19,7

Tabelle 2: Fasergehalte der untersuchten Grobrejekte der Produktionslinie A

Probe	Verfügbare Fasern in Prozent (bezogenen auf Rejektmasse)			
	Durch Wäsche [Zyklus 1]	Durch mechanische Energie [Zyklus 2]	Durch weitere mechanische Energie [Zyklus 3]	Summe aller Zyklen
Sortiertrommel 1	7,5	10,3	3,7	21,5
Sortiertrommel 2	4,0	5,7	3,3	13,0
Rejektsorter	15,0	12,7	9,2	36,9
Grobrejekt	10,0	13,7	9,2	32,9

Tabelle 3: Fasergehalte der untersuchten Grobrejekte der Produktionslinie B

Fazit

Die entwickelte Methode liefert sehr gute, genaue Informationen über den Faseranteil in den Rejekten aus der Papierindustrie.

Eine Aussage über die Güte und Reinheit des Fasermaterials ist mit der erarbeiteten Methode nicht möglich, da die Methode keine weitergehenden Untersuchungen wie Festigkeitsuntersuchungen, Stickygehaltsuntersuchungen und optische Eigenschaftsuntersuchungen vorsieht.

6.1.2 Methodenbeschreibung

Zweck und Anwendungsbereich

Mit der entwickelten Methode können Grobrejekte, wie sie in der Stoffaufbereitung einer Papierfabrik anfallen, auf ihren Fasergehalt untersucht werden. Eine Aussage über die Qualität der Fasern und über die Menge an Verunreinigungen im Fasermaterial wie z. B. Stickygehalt ist mit dieser Methode allein nicht möglich. Um solche Aussagen treffen zu können, muss das Fasermaterial, das mit dieser Methode aus einem Grobrejekt abgetrennt wird, separat mit anderen Methoden wie z. B. die INGEDE-Methode 4 (Makro-Stickybestimmung) untersucht werden.

6.1.3 Probenahme und Probemenge

Probenahme

Die zu untersuchende Probe muss eine Mischprobe aus mindestens drei Stichproben sein, die über einem längeren Zeitraum genommen wird. Die Probennahme erfolgt vor Ort, der Zeitraum zur Entnahme der Stichproben muss mindestens eine halbe Stunde betragen und die Stichprobenmenge einer Probennahmestelle sollte für alle Stichproben gleich sein. Nachdem alle Stichproben entnommen sind, werden diese zu einer Mischprobe vereint.

Probenmenge

Die Stichprobenmenge ist so zu wählen, dass mindestens zwei Untersuchungen mit der Mischprobe möglich sind. Für eine Untersuchung mit der Methode werden mindestens 300 g feuchte Probe für die Bestimmung des Trockengehalts und 300 g feuchte Probe für die Bestimmung des Fasergehalts benötigt.

6.1.4 Prüfgeräte und Prüfhilfsmittel

Hyper-Waschzelle

Als Hyper-Waschzelle dient ein zylindrischer Behälter mit einem Durchmesser von 300 mm. Der Behälter ist oben offen und unten geschlossen. Der Boden ist in einem Winkel von 15° angeschrägt. An der tiefsten Stelle des zylindrischen Behälters befindet sich in der Zylinderwand eine Abflussöffnung, durch die Suspension abfließen kann. Über dem Boden und dem Abfluss ist ein Sieb mit einem Lochdurchmesser von 5 mm eingebaut, welches die groben Bestandteile der zu untersuchenden Mischprobe zurückhält. Der Aufbau der Waschzelle ist in Abbildung 3 dargestellt.

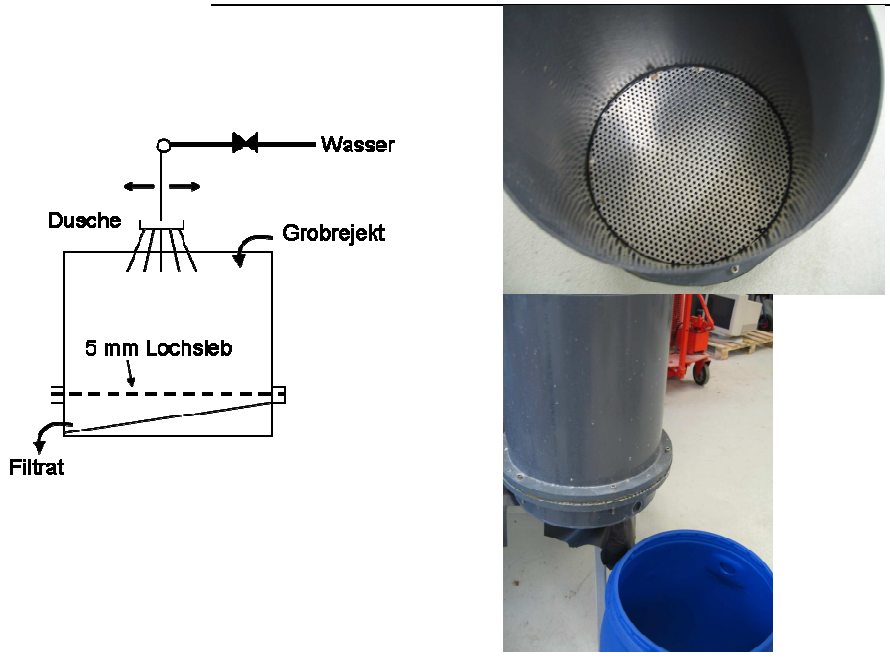

Abbildung 3: Schematische Darstellung und Fotos der Hyper-Waschzelle

Desintegrator

Als Desintegrator kommt ein LC-Pulper, z. B. ein Escher-Wyss Pulper, mit einem Fassungsvermögen von mindestens 7.500 ml zum Einsatz. Damit kann für eine Stoffprobe von 300 g otro Material eine Stoffdichte von 4 % eingehalten werden.

Sortiergerät

Sortiergerät zur Untersuchung der Mischproben ist ein Haindl-McNett Fraktionator, wie er im Zellcheming Merkblatt V/1.4/86 beschrieben ist. Bestückt ist der Haindl-McNett Fraktionator mit einer 150 µm Schlitzplatte aus Metall und den Sieben mit den Nummern 30, 50, 100 und 200. Betrieben wird der Haindl-Sortierer mit 400 Doppelhüben pro Minute. Der einzustellende Wasservolumenstrom beträgt 10 l/min und die Sortierdauer 20 min.

6.1.5 Durchführung und Prüfung

Die Fasergehaltsbestimmung wird in drei Zyklen durchgeführt, wie im Prozessschema in Abbildung 2 dargestellt.

Zyklus 1

Zu Beginn des ersten Zyklus werden dem zu untersuchenden Grobrejekt 300 g feucht entnommen. Diese Stoffmenge wird mit 5 bis 10 Liter Leitungswasser in der Hyper-Waschzelle über dem 5 mm Lochsieb gewaschen. Der Rückstand des 5 mm Lochsiebes wird aufbewahrt und das Filtrat der Wäsche wird in einem Fass aufgefangen. Das Filtrat wird vollständig im Haindl-McNett Fraktionator 20 Minuten sortiert. Die Zugabe des Filtrats in den Haindl-McNett Fraktionator erfolgt mit 3 Liter Filtrat/min.

Nach Ende der Sortierung wird der Rückstand auf der Schlitzplatte zum Rückstand der Wäsche gegeben. Die Feststoffe, die von den Sieben des McNett-Frationators zurückgehalten wurden, werden mit Papierfiltern aufgefangen, im Trockenschrank bei 105 ℃ bis zur G ewichtskonstanz getrocknet und ausgewogen. Am Ende des ersten Zyklus ergeben sich somit die Fasermengen R1 30, R1 50, R1 100 und R1 200. Die Feinstoffmenge muss am Ende der drei Zyklen als Summenwert berechnet werden. Die Summe der vier Fasermengen (R1 30, R1 50, R1 100 und R1 200) ergibt die Menge der frei im Rejekt verfügbaren Fasern. Diese Fasern können aus dem Grobrejekt gewonnen werden, ohne das Rejekt zusätzlich zu desintegrieren.

Zyklus 2

Zu Beginn des zweiten Zyklus werden die Gesamtrückstände des ersten Zyklus (Rückstand der Wäsche und Rückstand auf der Schlitzplatte des Haindl-McNett Fraktionators) auf ein Volumen von 10 Litern aufgefüllt und 10 Minuten im Escher-Wyss-Pulper desintegriert. Statt eines Escher-Wyss-Pulpers kann auch ein anderer, vergleichbarer LC-Pulper eingesetzt werden. Bei Einsatz eines anderen LC-Pulpers muss je Behältervolumen eventuell das Suspensionsvolumen von 10 Litern angepasst werden. Ein Volumen von 7,5 Litern darf aber nicht unterschritten werden. Die desintegrierte Suspension wird in die Waschzelle gegeben und mit zusätzlichen 5 Litern Leitungswasser gewaschen. Der Rückstand auf dem 5 mm Lochsieb wird aufgehoben. Das Filtrat der Wäsche wird mit einem Fass aufgefangen und im Haindl-McNett Fraktionator 20 Minuten sortiert. Der Rückstand der Schlitzplatte wird zum Rückstand der Wäsche gegeben. Die Feststoffe, die von den Sieben des McNett-Fraktionators zurückgehalten werden, werden mit Papierfiltern aufgefangen, getrocknet und ausgewogen. Am Ende des zweiten Zyklus ergeben sich dadurch die Fasermengen R2 30, R2 50, R2 100 und R2 200. Die Summe der vier Fasermengen (R2 30, R2 50, R2 100 und R2 200) ist die Menge an Fasern, welche mit etwas zusätzlicher Zerfaserungsenergie gewinnbar sind.

Zyklus 3

Zu Beginn des dritten Zyklus werden die Rückstände des zweiten Zyklus (Rückstand der Wäsche und Rückstand auf der Schlitzplatte des Haindl-McNett Fraktionators) auf ein Volumen von 10 Litern aufgefüllt und nochmals 10 Minuten im Escher-Wyss-Pulper desintegriert. Wird ein anderer, vergleichbarer LC-Pulper eingesetzt muss das Suspensionsvolumen eventuell angepasst werden. Die desintegrierte Suspension wird in die Waschzelle gegeben und mit zusätzlichen 5 Litern Leitungswasser gewaschen. Der Rückstand wird aufgehoben. Das Filtrat der Wäsche wird mit einem Fass aufgefangen und im Haindl-McNett Fraktionator 20 Minuten sortiert. Der Rückstand der Schlitzplatte wird zum Rückstand der Wäsche gegeben. Die Feststoffe werden wieder mit Papierfiltern aufgefangen, getrocknet und ausgewogen. Damit ergeben sich am Ende des dritten Zyklus die Fasermengen R3 30, R3 50, R3 100 und R3 200. Die Summe der vier Fasermengen (R3 30, R3 50, R3 100 und R3 200) ist die Menge an Fasern, die mit viel zusätzlicher Zerfaserungsenergie gewinnbar sind.

Der Gesamtrückstand des dritten Zyklus (Rückstand der Wäsche und Rückstand auf der Schlitzplatte des Haindl-McNett Fraktionators) wird 24 Stunden bei 105 ℃ im Trockenschrank getrocknet und gewogen. Die Feinstoffmasse der drei Zyklen (D 200), die durch die Fraktionierung aus der untersuchten Probe entfernt wurde, kann dann aus der otro Masse der Probe, der otro Masse des Gesamtrückstands und der otro Fasermasse der drei Zyklen berechnet werden.

Die otro Trockenmasse der Probe wird aus dem Trockengehalt der Probe und der tatsächlich untersuchten, feuchten Probemasse berechnet. Der Trockengehalt der Rejektprobe ist mit mindestens einer Doppelbestimmung zu bestimmen. Für beide Bestimmungen muss eine große Menge (mindestens 150 g feucht) an Grobrejekt untersucht werden, da Grobrejekte sehr inhomogen sind.

Sollen von den einzelnen Fraktionen R 30, R 50, R 100 und R 200 die anorganischen Anteile bestimmt werden, sind die einzelnen Fraktionen jedes Untersuchungszyklus auf aschefreien Papierfiltern aufzufangen und im Muffelofen zu veraschen.

6.1.6 Auswertung

Die Gleichungen zur Berechnung der Fasermasse, der Feinstoffmasse und der Rejektmasse sowie deren Anteile bezogen auf die untersuchte Probenmasse sind im Folgenden aufgelistet.

Fasermasse:

$$m_{otro}(Faser) = \sum_{i=1}^{3} R_i 30 + R_i 50 + R_i 100 + R_i 200 \ [g]$$

Feinstoffmasse:

$$m_{otro}(Feinstoff) = m_{otro}(Probe) - m_{otro}(Rejekt) - m_{otro}(Faser) = \sum_{i=1}^{3} D_i 200 \ [g]$$

Faser – und Feinstoffmasse:

$$m_{otro}(Faser) + m_{otro}(Feinstoff) = \sum_{i=1}^{3} R_i 30 + R_i 50 + R_i 100 + R_i 200 + D_i 200 \ [g]$$

R 30: Masse der Feststoffe, die vom Sieb 30 zurückgehalten werden
R 50: Masse der Feststoffe, die vom Sieb 50 zurückgehalten werden
R 100: Masse der Feststoffe, die vom Sieb 100 zurückgehalten werden
R 200: Masse der Feststoffe, die vom Sieb 200 zurückgehalten werden
D 200: Masse der Feststoffe, die durch das Sieb 200 gehen

Rejektmasse:

$$m_{otro}(Rejekt) = m_{otro}(Rückstand\ Hyperwäsche\ nach\ 3.Zyk.) + m_{otro}(Rückstand\ Schlitzplatte\ nach\ 3.Zyk.)$$

$$Faseranteil = \frac{m_{otro}(Faser)}{m_{otro}(Probe)} * 100 \ [\%]$$

$$Feinstoffanteil = \frac{m_{otro}(Feinstoff)}{m_{otro}(Probe)} * 100 \ [\%]$$

$$Faser - und\ Feinstoffanteil = \frac{m_{otro}(Faser) + m_{otro}(Feinstoff)}{m_{otro}(Probe)} * 100 \ [\%]$$

$$Rejektanteil = \frac{m_{otro}(Rejekt)}{m_{otro}(Probe)} * 100 \ [\%]$$

6.1.7 Anwendung der Methode, Ergebnisse

Mit der Methode wurden überwiegend Grobrejekte aber auch Feinrejekte aus 2 Papierfabriken, die Wellpappenrohpapier herstellen, auf ihren Fasergehalt untersucht. Die Anfallstellen der untersuchten Rejektproben sind in der Tabelle 4 zu finden.

Papierfabrik	Rejektart	Probenbezeichnung
Papierfabrik A	Grobrejekt	Sortiertrommel 2
		Sortiertrommel 1
		Rejektsorter
		Grobrejekt zur Verbrennung
	Feinrejekt	Beltec
		Stage 3 Axiguard
		Junkomat
		Minisorter
		Dünnstoffreiniger Axiguard (Betriebsweise E1 und Betriebsweise E2)
		Dünnstoffreiniger Protektor
Papierfabrik B	Grobrejekt	Zopf
		Sortiertrommel
		Schneckenpresse

Tabelle 4: Mit der Labormethode untersuchte Rejekte

Abbildung 4 und 5 zeigen die Ergebnisse der Grobrejekte der Papierfabrik A. Alle Rejekte haben einen Trockengehalt über 34 %. Der Anteil der Siebrückstände aus den Fraktionierungen (Fasermaterial) beträgt in allen 4 Rejekten über 10 %, wobei davon maximal 1,4 % anorganischer Natur sind. Der Rest ist organischer Natur. Gerade das Rejekt des Rejektsorters enthält mit einem Anteil von 37 % als Siebrückstand viele Fasern. Im ersten Zyklus, in dem die Fasern ohne den Einsatz mechanischer Energie vom Rejekt abgewaschen werden, konnten aus dem Rejekt des Rejektsorters etwa 1/3 des enthaltenen Fasermaterials gewonnen werden. Dies gilt ebenso für die Rejekte beider Sortiertrommeln und für das Rejekt, das zur hauseigenen Verbrennung weitergeleitet wird. Beim Grobrejekt zur Verbrennung ist anzumerken, dass es eine Mischung der Rejekte der Sortiertrommeln und des Rejektsorters ist und deshalb einen Faseranteil hat, der zwischen den anderen drei Rejekten liegt. In Papierfabrik A ist unter den Grobrejekten das Rejekt des Rejektsorters für eine Aufbereitung zur Faserrückgewinnung interessant, da es viele Fasern enthält, die zu 1/3 gut zugänglich sind.

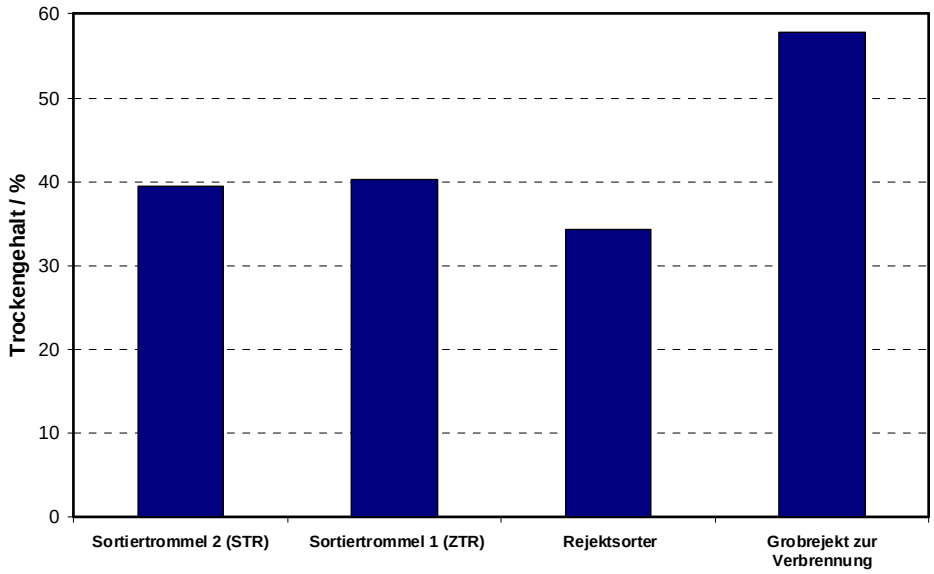

Abbildung 4: Trockengehalte der Grobrejekte der Papierfabrik A

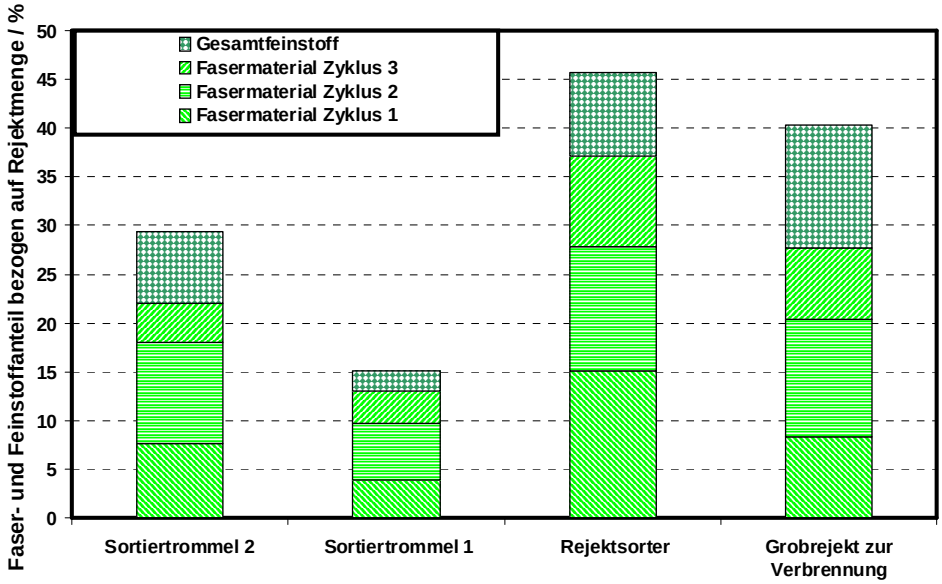

Abbildung 5: Faser- und Feinstoffanteil in den Grobrejekten der Papierfabrik A

In den Abbildungen 6 und 7 sind die Größenverteilungen der Rejekte des Rejektsorters und der Sortiertrommel 2 von Papierfabrik A dargestellt. Die prozentualen Angaben beziehen sich auf den Gesamtrückstand aller Siebe aus den 3 Fraktionierungen. Sowohl beim Rejekt des Rejektsorters als auch beim Rejekt der Sortiertrommel 2 ist der Anteil der R 30 Fraktion mit 66 % bzw. 48 % am größten. D. h. das Fasermaterial beider Rejekte besteht hauptsächlich aus langen Fasern.

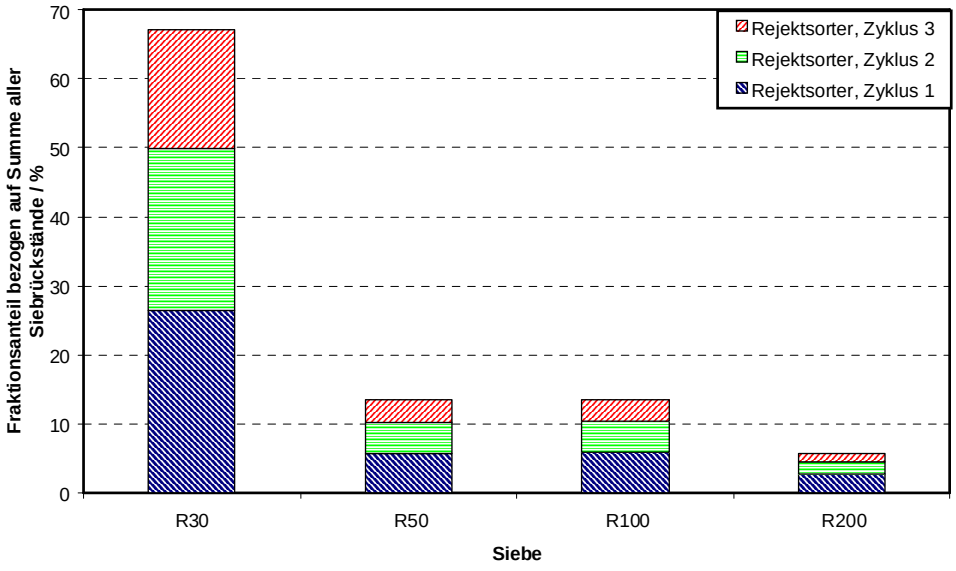

Abbildung 6: Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes des Rejektsorters von Papierfabrik A

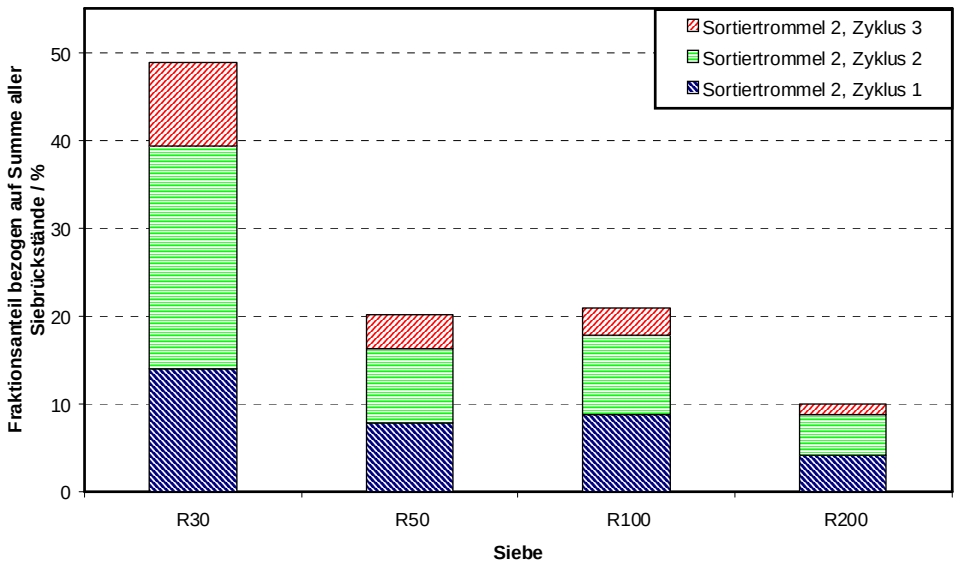

Abbildung 7: Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes der Sortiertrommel 2 von Papierfabrik A

Abbildung 8 und 9 zeigt die Trockengehalte und Faser- und Feinstoffanteile in den Feinrejekten der Papierfabrik A. Für eine Aufbereitung zur Faserrückgewinnung sind gerade die Rejekte des Beltec, der Stage 3 Axiguard, des Junkomat und des Minisorters interessant, da der Anteil der Siebrückstände aller Fraktionierungen über 30 % betrug, der sich durch einfaches waschen über ein Sieb aus dem Rejekt abtrennen lässt.

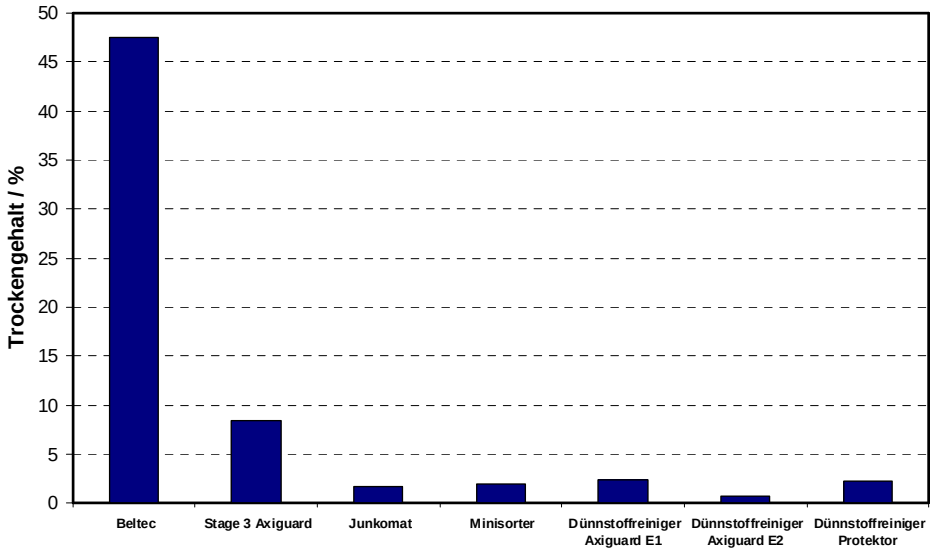

Abbildung 8: Trockengehalte der Feinrejekte der Papierfabrik A

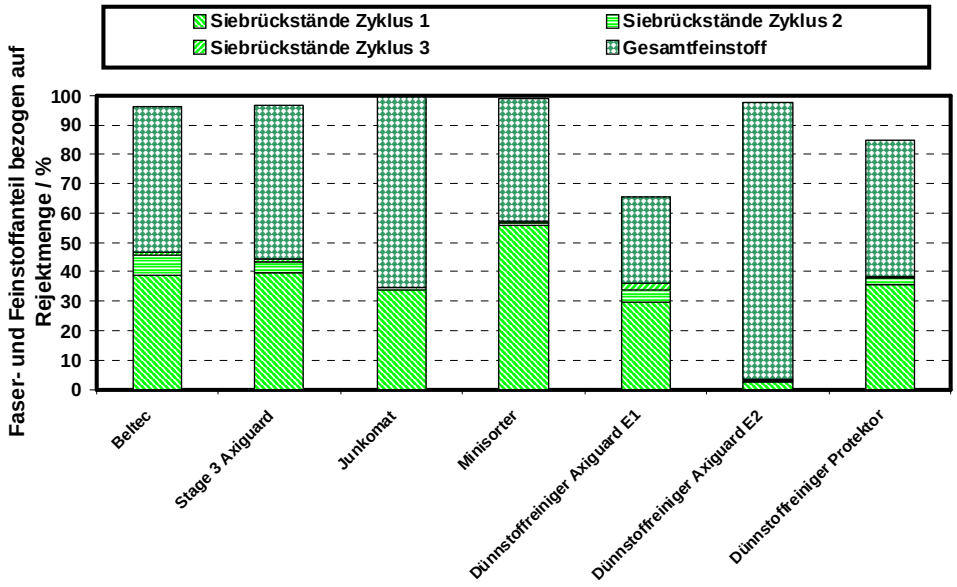

Abbildung 9: Faser- und Feinstoffanteil in den Feinrejekten der Papierfabrik A

In den Abbildungen 10 bis 17 sind die Größenverteilungen sowie die organischen und anorganischen Anteile der einzelnen Größenklassen der Rejekte des Beltec, der Stage 3 Axiguard, des Junkomat und des Minisorters dargestellt. Die prozentualen Angaben sind auf den Gesamtrückstand der Siebe aus allen 3 Zyklen bezogen. Alle 4 Rejekte enthalten überwiegend Fraktionen die Lang- und Kurzfasern enthalten, also Fraktionen größer oder gleich der R 100 Fraktion. Bei den Rejekten des Junkomat und des Minisorters wurden die R 30, R 50 und R 100 Fraktion zusammen aufgefangen. Über den genauen Anteil der R 30 Fraktion kann bei diesen beiden Rejekten nichts ausgesagt werden. Bei den Rejekten des Beltec und der Stage 3 Axigurad ist die R 30 Fraktion mit über 60 % die größte Fraktion.

Der anorganische Anteil des Gesamtrückstands der Siebe liegt bei den Rejekten der Stage 3 Axiguard, des Junkomat und des Minisorters unter 6 %, nur beim Rejekt des Beltec liegt er bei 16 %, wobei sich im Rejekt des Beltec das anorganische Material vor allem in der R 200 Fraktion des 1. Zyklus befindet.

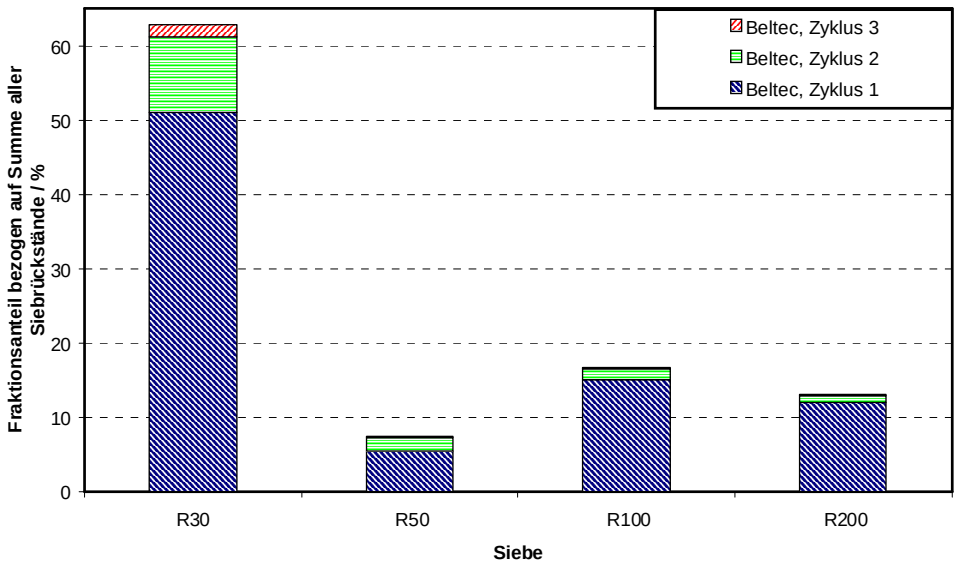

Abbildung 10: Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes des Beltec von Papierfabrik A

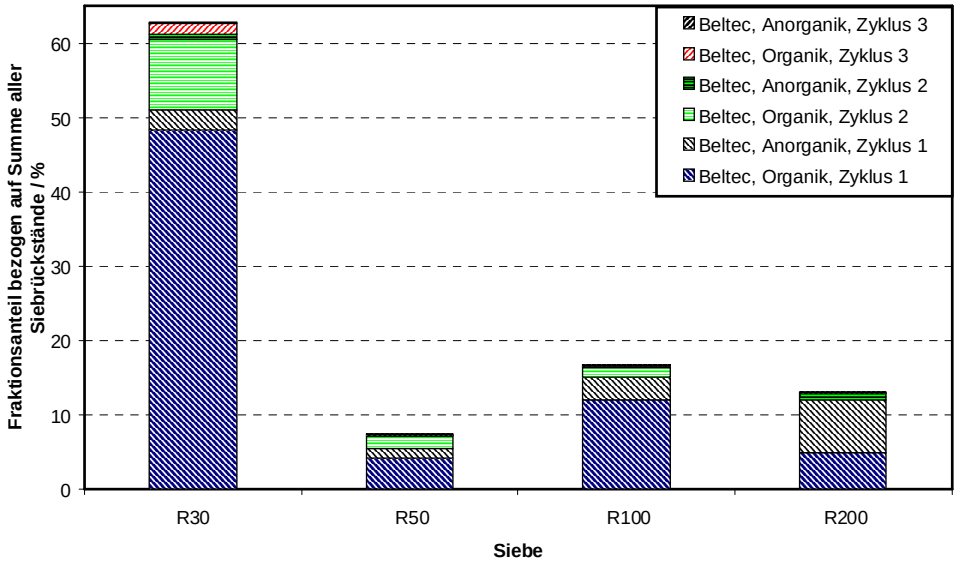

Abbildung 11: Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes des Beltec von Papierfabrik A mit Aufteilung in organischen und anorganischen Anteil

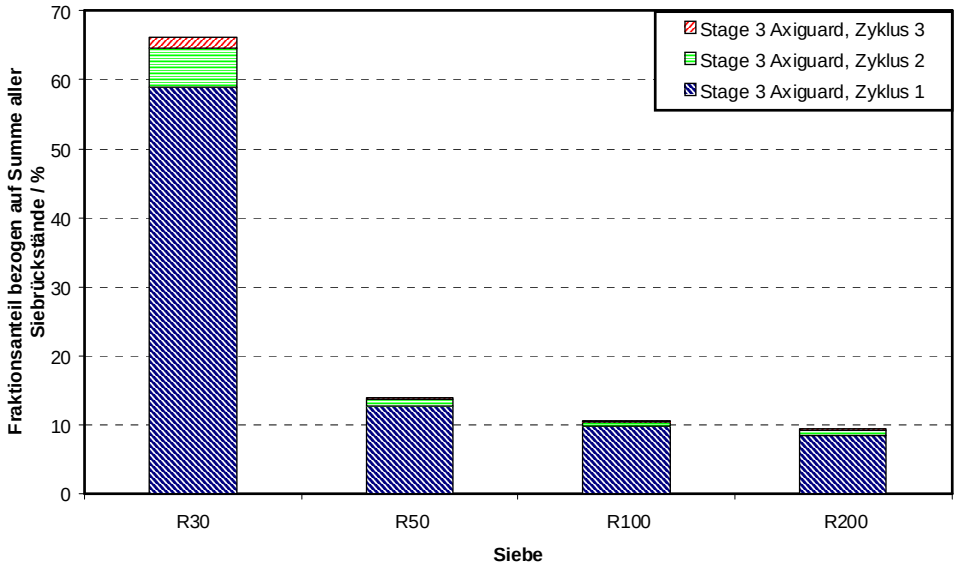

Abbildung 12: : Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes der Stage 3 Axiguard von Papierfabrik A

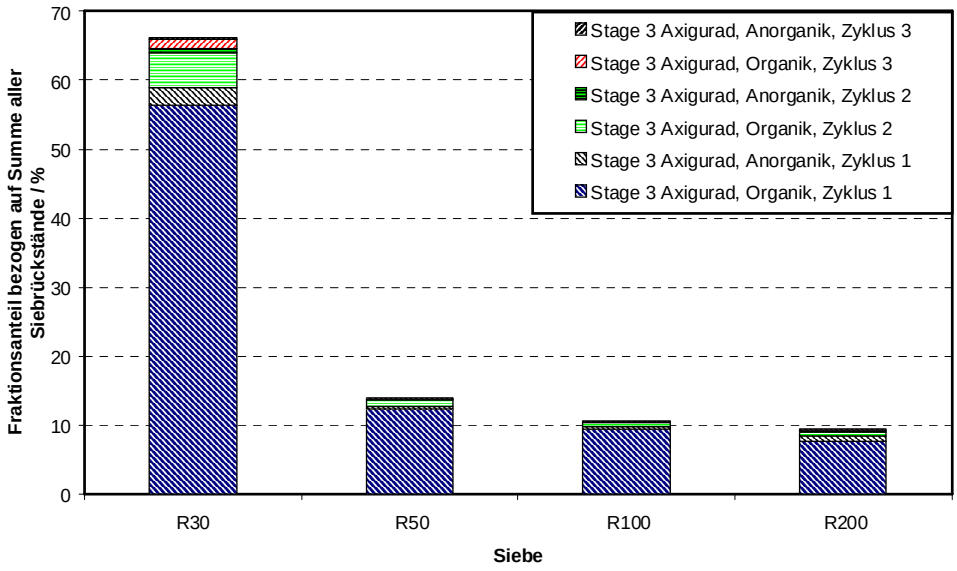

Abbildung 13: Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes der Stage 3 Axiguard von Papierfabrik A mit Aufteilung in organischen und anorganischen Anteil

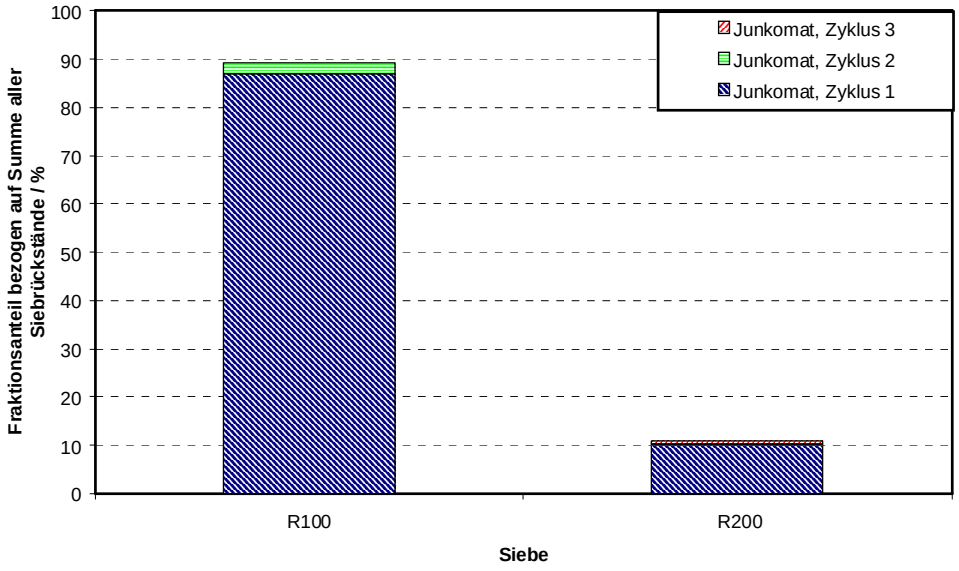

Abbildung 14: Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes des Junkomat von Papierfabrik A

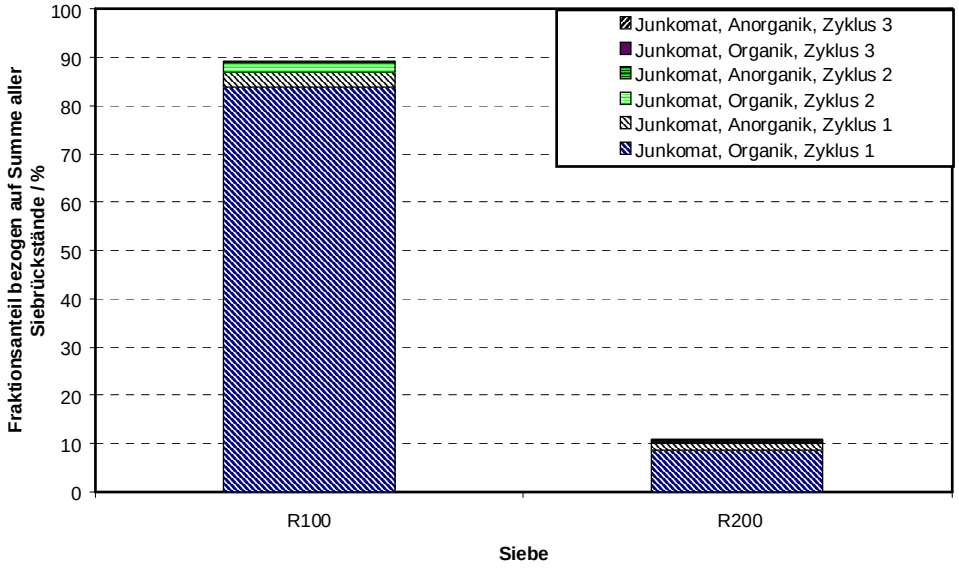

Abbildung 15: Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes des Junkomat von Papierfabrik A mit Aufteilung in organischen und anorganischen Anteil

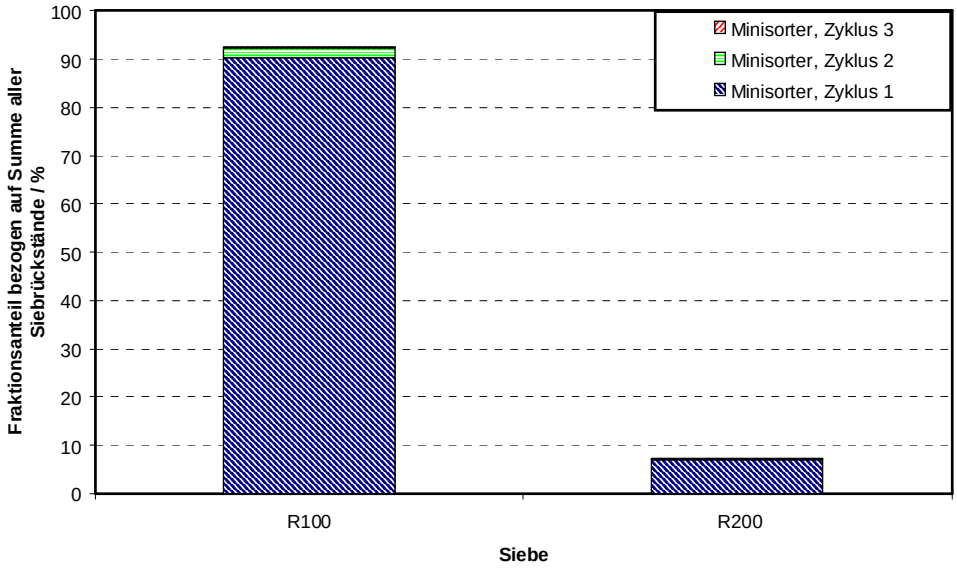

Abbildung 16: Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes des Minisorters von Papierfabrik A

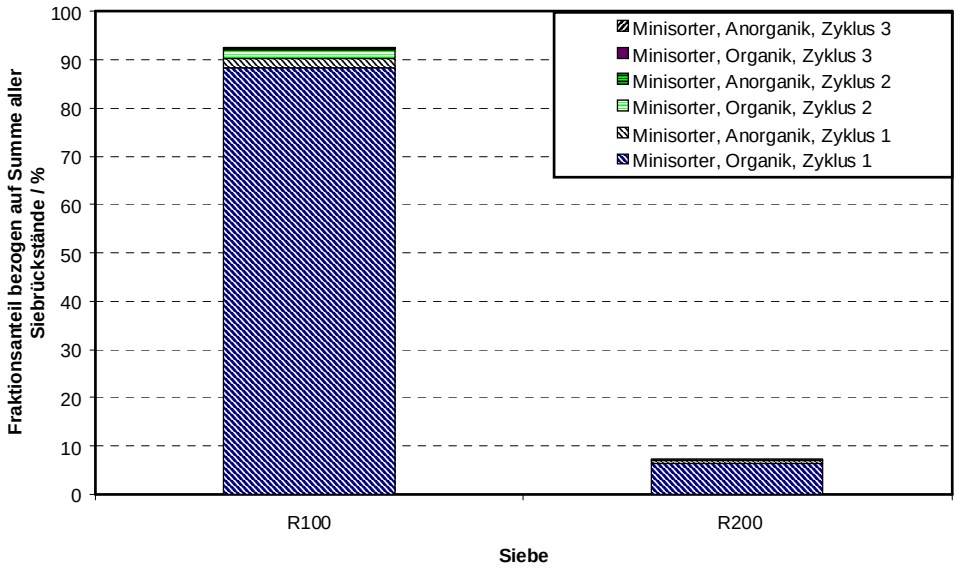

Abbildung 17: Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes des Minisorters von Papierfabrik A mit Aufteilung in organischen und anorganischen Anteil

In Abbildung 18 und 19 sind die Ergebnisse der Grobrejekte aus Papierfabrik B dargestellt. Die Trockengehalte aller Rejekte liegen über 38 %.

Der Gesamtsiebrückstand der Fraktionierungen hat bei den Rejekten des Zopfs und der Sortiertrommel einen Anteil von 18 % bezogen auf das Gesamtrejekt und beim Rejekt der Schneckenpresse einen Anteil von 11 %. Der anorganische Anteil in den Gesamtsiebrückständen liegt bei allen 3 Rejekten unter 2 %, d. h. ein Anteil über 16 % bzw. 9 % ist organischer Natur. Der Zopf enthält mit 7 % einen deutlich höheren Anteil an Fasern, die sich durch einfaches waschen aus dem Rejekt entfernen lassen, als die beiden anderen Rejekte. Die restlichen Fasern des Zopfes sind aber für eine Rückgewinnung ungeeignet, da sich der Zopf auf Grund seiner starken Verspinnung nur schwer aufbereiten lässt. In Papierfabrik B könnte sich das Rejekt der Sortiertrommel zur Faserrückgewinnung eignen, das mit einem Gesamtsiebrückstand der Fraktionierungen von 18 % viele Fasern enthält.

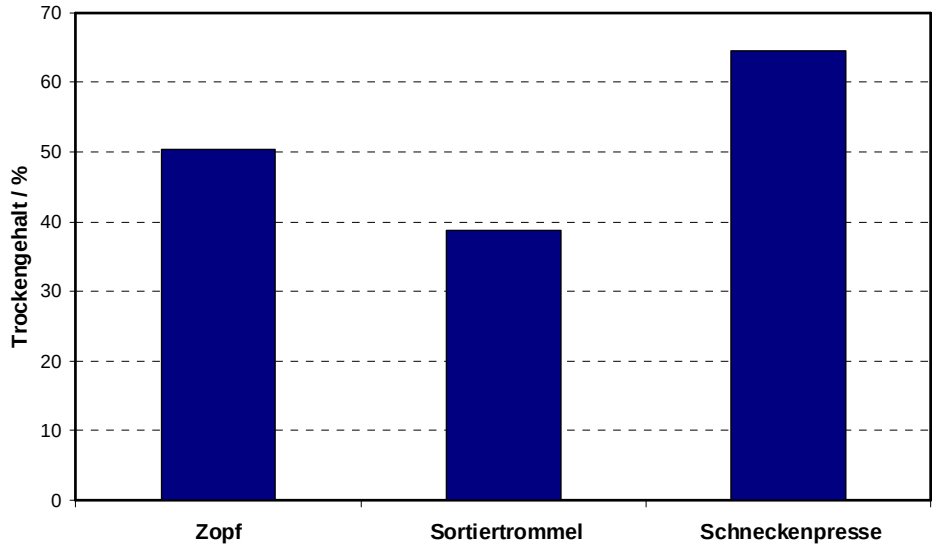

Abbildung 18: Trockengehalte der Grobrejekte der Papierfabrik B

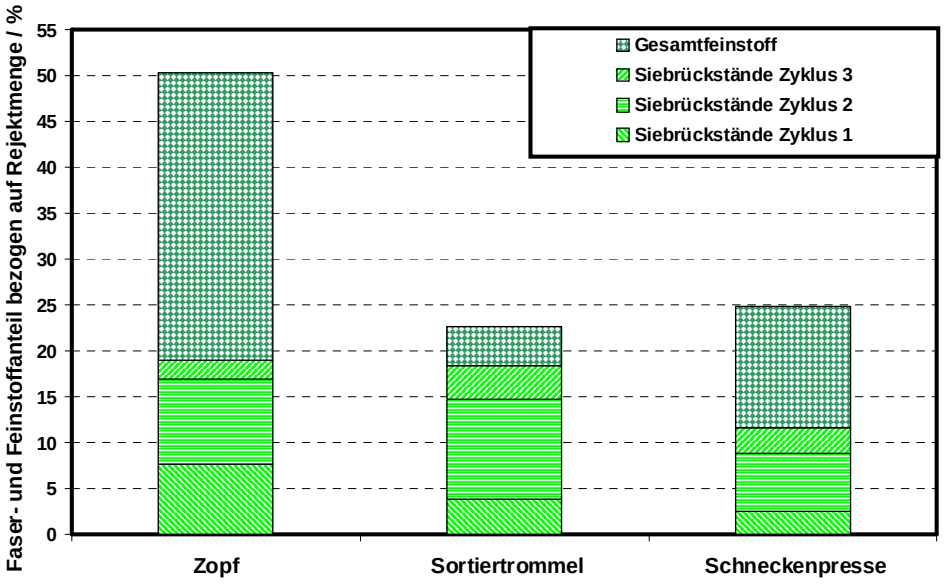

Abbildung 19: Faser- und Feinstoffanteil in den Grobrejekten der Papierfabrik B

Die Abbildungen 20 und 21 zeigen die Größenverteilungen der Siebrückstände des Rejektes des Zopfes und des Rejektes der Siebtrommel. Das Rejekt des Zopfes enthält hauptsächlich lange Fasern. Beim Rejekt der Sortiertrommel lässt sich eine ähnliche Zusammensetzung wie beim Zopf vermuten, diese Aussage kann aber nicht bestätigt werden, da bei diesem Rejekt die Fraktionen R 30, R 50 und R 100 zusammen aufgefangen wurden. Die Vermutung wird aber durch die Zusammensetzung der Rejekte der Sortiertrommeln aus Papierfabrik A unterstützt.

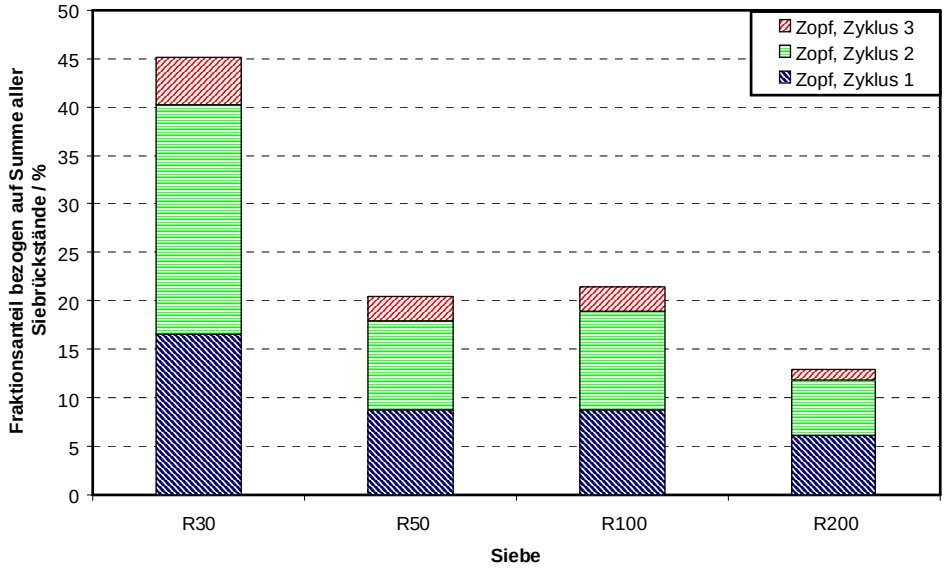

Abbildung 20: Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes des Zopfes der Papierfabrik B

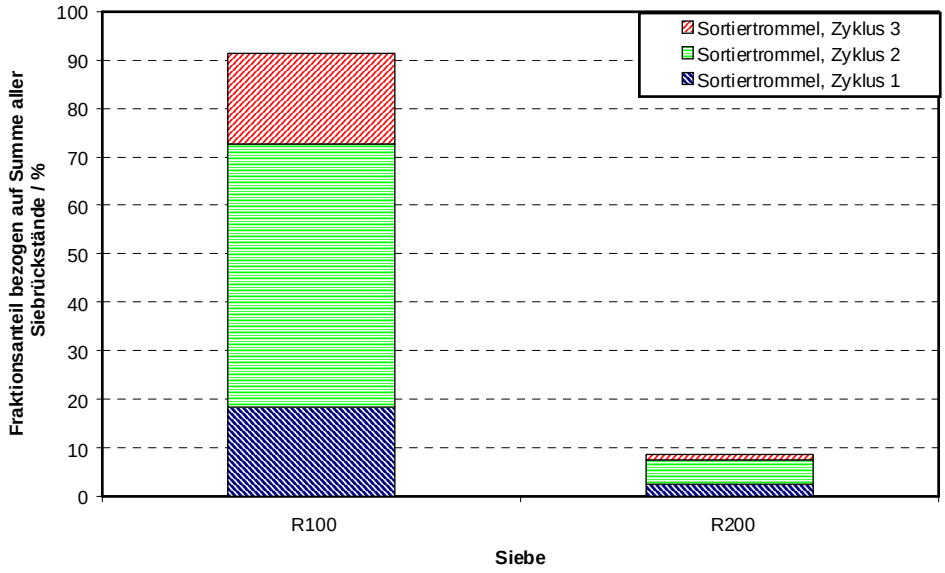

Abbildung 21: Prozentuale Größenverteilung der Siebrückstände des Rejektes der Sortiertrommel der Papierfabrik B

6.2 Faserrückgewinnung (PTS)

6.2.1 Probennahme und Probenaufbereitung

Vorgehensweise

Die Rejekte aus Papierfabriken für die Herstellung von Verpackungspapieren wurden in den Anlagen vor Ort beprobt (Stichproben) und im Technikum der PTS in Heidenau untersucht. Zusätzlich fand eine Aufnahme der Produktionsdaten statt:

- Rohstoffeinsatz,
- AP Sorten,
- Produktions- und Rejektmengen,
- Anlagestruktur.

Ziel der Untersuchung war zum einen Informationen über die Faserstoffverluste in Industrierejekten zu gewinnen und zum anderen die Eignung von NIR Spektroskopie für die Bestimmung der Faserstoffanteile in den Rejekte zu überprüfen.

Rejekt-Aufbereitung

Die Aufbereitung der Rejektproben (Praxisproben) fand abhängig von dem zu erwarteten Faserstoffgehalt im Rejekt statt.

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen den so genannten Grobrejekten (überwiegend Kunststoffe, geringer Faseranteil) und Feinrejekten (hoher Faseranteil und Aschegehalt, geringer Kunststoffanteil). - Abbildung 22

Den Grobrejekten wurde in einer ersten Aufbereitungsstufe einer Wäsche über 24 Stunden lang in einer Bütte mit geringem Energieeintrag unterzogen. Dagegen fand die erste Stufe in der Aufbereitung von Feinrejekten in einem Lamort Pulper 10 min lang bei 40℃ statt.

Die so gewonnen Suspensionen wurden anschließend über einem Wuchtschüttler mit einer 1,5 mm Lochplatte sortiert. Der Rückstand auf dieser Lochplatte (Rejekt) wurde bei 70℃ getrocknet und stand für weitere Untersuchung zur Verfügung.

Rejekt Typ 1	**Rejekt Typ 2**
Grobrejekte *(Sortiertrommel, Rejektsorter etc.)* Überwiegend Kunststoffe Geringer Faseranteil	Feinrejekte *(Cleaner, Minisorter etc.)* Höher Faseranteil wenig Kunststoffe höher Ascheanteil
Wäsche in der Bütte (24 Std.) Geringer Energieeintrag	Zerfaserung im LAMORT Pulper 10min, 40°C, 10 Liter niedrige Drehzahl
Entnahme der Probe, ggf. Verdünnung Sortierung über Wuchtschüttler – 1,5 mm Lochplatte Nachspülen des Rejektes auf der WS-Siebplatte Trocknung des Rejektes bei 70°C	

Abbildung 22: Aufbereitung der Rejektproben

Ergebnisse Faserverluste Grobrejekte

Die nachfolgende Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung sowohl von Herstellern von Verpackungspapieren als auch, als Vergleich, die Ergebnisse von Herstellern grafischer Papiere. Erwartungsgemäß zeichneten sich die Rohstoffe für die Herstellung von grafischen Papieren durch einen geringeren Anteil an papierfremden Bestandteilen aus. Nach der PTS Technikumsmethode schwankt der Faserstoffanteil in Grobrejekten unabhängig von der Produktionssorte und Rohstoff von 4 bis 35 %. Dies ist vor allem ein Hinweis auf unterschiedliche Performance der Stoffaufbereitungsanlagen. Für das Berechnungsmodell wird eine fiktive Produktionskapazität von 250Ttonnen pro Jahr und ein Grobrejekt-Trockengehalt von 60% zu Grunde gelegt.

Grobrejekte		**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Altpapierverbrauch pro Jahr	[to]	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000
Preis*	[€/to]	80	80	80	100	100	100
Anteil Grobrejekt in Altpapier	[%]	2,1	2,5	1,5	1,0	0,7	5,5
Faseranteil in Grobrejekt	[%]	5	4,4	35	6,5	4,2	8,8
Faserverlust (otro)	[to/Jahr]	**236**	**248**	**1.181**	**146**	**66**	**1.089**
Verlust (durch Faser)	[€/Jahr]	**18.900**	**19.800**	**94.500**	**14.625**	**6.615**	**108.900**
Entsorgungskosten Rejekte (externe Entsorgung)	[€/to]	80	80	80	80	80	80
Wirtschaftlicher Verlust (gesamt)	[€/Jahr]	**623.700**	**739.800**	**526.500**	**302.625**	**208.215**	**1.692.900**

Tabelle 5: Verlustberechnung: A bis C Verpackungspapiere, D bis F grafische Papiere (* Preise Januar 2010; Quelle: Infobrief Altpapier, Januar 2010)

Die entstehenden wirtschaftlichen Gesamtverluste werden vor allem durch die Entsorgung von Rejekten verursacht. Die wirtschaftlichen Verluste durch die Faserfraktion spielen in diesem Zusammenhang eine untergeordnete Rolle. Eine nachgeschaltete Verfahrensstufe für die Rückgewinnung der Faserfraktion aus Grobrejekten ist damit wirtschaftlich uninteressant. Vielmehr würden Optimierungen des Wirkungsgrades der Zerfaserungsaggregate der Stoffaufbereitung (z. Pulper) eine wirtschaftlichere und umweltfreundlichre Lösung des Problems anbieten.

Ergebnisse der Faserqualitäts-untersuchungen Grobrejekte

Für die Bestimmung der Qualität der zurückgewonnen Faser (Gutstoff der Nachsortierung) wurden Suspensionseigenschaften geprüft und Laborblätter hergestellt.

Die Ergebnisse der Faserlängemessung (Abbildung 23) weisen im Vergleich mit Faser einer Mischung aus Kaufhausaltpapiere (1.04) und sortiertes gemischtes Altpapier (1.02) die erwartete aber doch geringfügige Verschiebung zu längeren Faser vor.

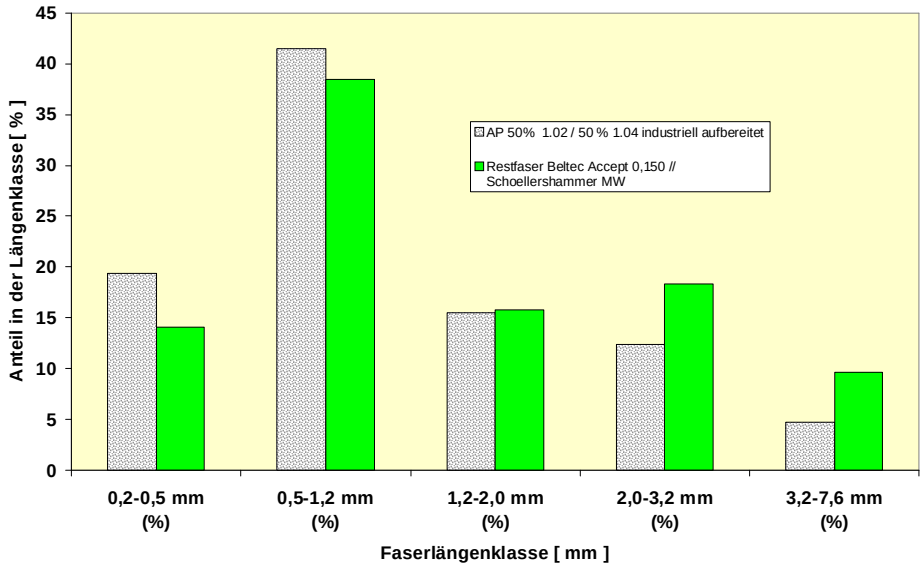

Abbildung 23: Ergebnis der Faserlängemessung aus Grobrejekten

Die aus dem Gutstoff der Sortierung hergestellten Laborblätter zeigen (Abbildung 24) starke Verunreinigungen mit Papierfremdebestandsteile (Kunststofffolien), nicht „aufgelöste“ Faserverbände oder Faserbündel (Stippen), Restanteile von Nassfestepapiere und vermutlich auch Stickys. Auf eine Untersuchung hinsichtlich der Gebrauchswerteigenschaften und im speziell der Festigkeitseigenschaften wurde auf diesen Gründe verzichtet.

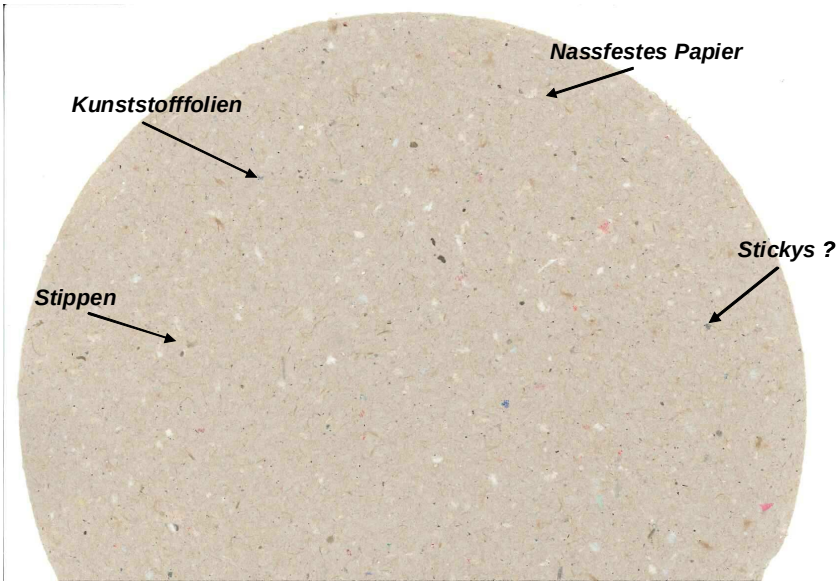

Abbildung 24: Laborblatt aus Gutstoff nach der Sortierung (1,5mm Lochplatte)

Berechnung der Faserverluste im Feinrejekte

Die nachfolgende Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der Faserverlustberechnungen nach Untersuchungen einer Testliner- und einer Kartonproduktion. Auch hier steht für das Berechnungsmodell eine theoretische Produktionsmenge von 250Ttonne pro Jahr.

Feinrejekte		**Papierfabrik I**	**Papierfabrik II**
		TL	Karton
Altpapierverbrauch pro Jahr	[to]	250000	250000
Preis (1.02/1.04)	[€/to]	75	75
Anteil Feinrejekt in Altpapier	[%]	4	0,5
Faseranteil in Feinrejekt	[%]	53	91
Faserverlust (otro)	[to/jahr]	**4.770**	**1.024**
Verlust (durch Faser)	[€/Jahr]	**357.750**	**76.781**
Entsorgungskosten Rejekte (externe Entsorgung)	[€/to]	80	80
Wirtschaftlicher Verlust (gesamt)	[€/Jahr]	**1.437.750**	**211.781**

Tabelle 6: Berechnung der Faserverluste im Feinrejekte (Preiskalkulation: Mischung 1.02/1.04 (30/70))

Der Faseranteil im Feinrejekt liegt deutlich höher im Vergleich mit den Ergebnissen der Grobrejetuntersuchungen. Durch die geringe Gesamtmenge an Feinrejekt wird die Papierfabrik II trotz höheren Faseranteils in Feinrejekte deutlich geringere wirtschaftliche Belastung gegenüber Papierfabrik I ausgesetzt. Ähnlich wie bei der Berechnung der Verluste durch Grobrejete ist auch hier der entscheidende Faktor die zu entsorgende Rejektmenge. Für die Berechnung des Gesamtverlustes wurde ein Feinrejekt-Trockengehalt von 50% angenommen.

Fazit

Die Untersuchungen und die Bewertung der Faserstoffverluste in der Altpapieraufbereitung haben gezeigt, dass in den untersuchten Papierfabriken ein nennenswertes Potenzial hinsichtlich der Steigerung der Altpapierausbeute insbesondere oder vor allem im Bereich der Feinrejekten besteht. Die Steigerung der Altpapierausbeute kann sowohl durch die Optimierung aller Trennstufen in der Feinsortierung als auch durch eine Faserstoffruckgewinnung aus dem Feinrejektfraktion erreicht werden. BIENERT erarbeite 2001 [4] mit Hilfe der Simulationsrechnungen Szenarien für Optimierung der Schaltungen und der Betriebsweisen der Stoffaufbereitung zur Rejektvermeidung bzw. –reduktion bei der Herstellung von Verpackungspapieren. Die Faserrückgewinnung aus Feinrejekte wird mehr und mehr an Bedeutung gewinnen, verursacht auch durch die technologische Entwicklung im Bereich der Feinsortierung wo der Trend eindeutlich zu Verringerung der Schlitzweiten führt (0,18 -0,20 mm) [5].

6.2.2 Rejektuntersuchungen mittels NIR-Sensoren

6.2.2.1 Ergebnisse

NIR Messung

Die Nutzung von NIR Spektren bietet eine Möglichkeit die Zusammensetzung von Rejekten schnell und praxisnah zu bestimmen. Gemessen werden bei diesen Untersuchungen die Kunststoffspektren.

Die erste Phase der Arbeiten hatte sich als Ziel gesetzt, die Eignung der NIR Messung für diesen Zweck zu überprüfen. In der zweiten Phase sollte ein Modell entwickelt werden und die Validation des Modells stattfinden.

Begonnen wurden die Messungen an Prüfkörpern, die eine bekannte Zusammensetzung hatten. Dafür wurden Kunststoffe und Verpackungspapiere mit einem vorgegebenen Verhältnis in einer hydraulische Presse gepresst und daraus resultierenden Prüfkörper mit verschienen NIR Spektroskopen untersucht. Alle dafür benutzten Geräte (Labor- als auch Prozessspektrometer) zeigten gute, einstimmige Ergebnisse (R^2 zw. 80 und 99 % , Messfehler zwischen 2 und 9 %).

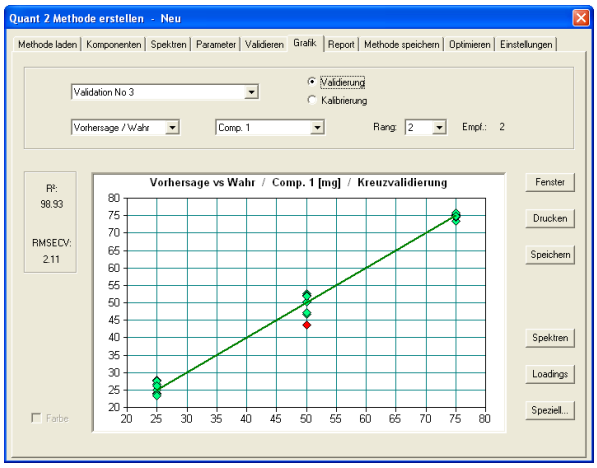

Abbildung 25: Beispiel eines Laborspektrometers (Proben mit 25 %, 50 % und 75 % Kunststoffanteil)

Weiterhin wurde der Zerkleinerungsgrad/Homogenisierung und der Trocknungszustand variiert, um zusätzliche Informationen über den zu betreibenden Aufwand bei der Probenvorbereitung zu erfahren. Die Ergebnissen lassen die Aussage zu, dass die Homogenisierung ein geringeren Einfluss hat als erwartet. Es gibt eine sehr hohe Anzahl an Messpunkten und die Proben müssen nicht vollständig getrocknet werden. (Restfeuchte bis 10-12 %).

Probenaufbereitung für die NIR Messung

Voraussetzung für die Anwendung der NIR Messung war in erste Linie eine Aufbereitung der Rejektproben die eine gute Homogenität und geringere Feuchte gewährleisten. Dafür wurden die aus der Papierfabriken beprobten Rejekten getrocknet und über eine Schneidemühle mit bis zu einem 1mm Lochsieb zerkleinert und homogenisiert.

Aus diesem Material wurden verschiedenen Prüfkörper erstell (Abbildung 26) die mit Hilfe unterschiedlichen Laborspektroskopen untersucht wurden.

Abbildung 26: Kalibrationsmuster und Praxisproben für die NIR Messung

Vergleichs-Messungen

Die Abbildung 27 zeigt Vergleiche zwischen Rejektproben deren Zusammensetzung ins Technikum nach Wäsche und Sortierung bestimmt wurde und parallel dazu die Bestimmung der Zusammensetzung der Proben mit NIR Spektroskopie.

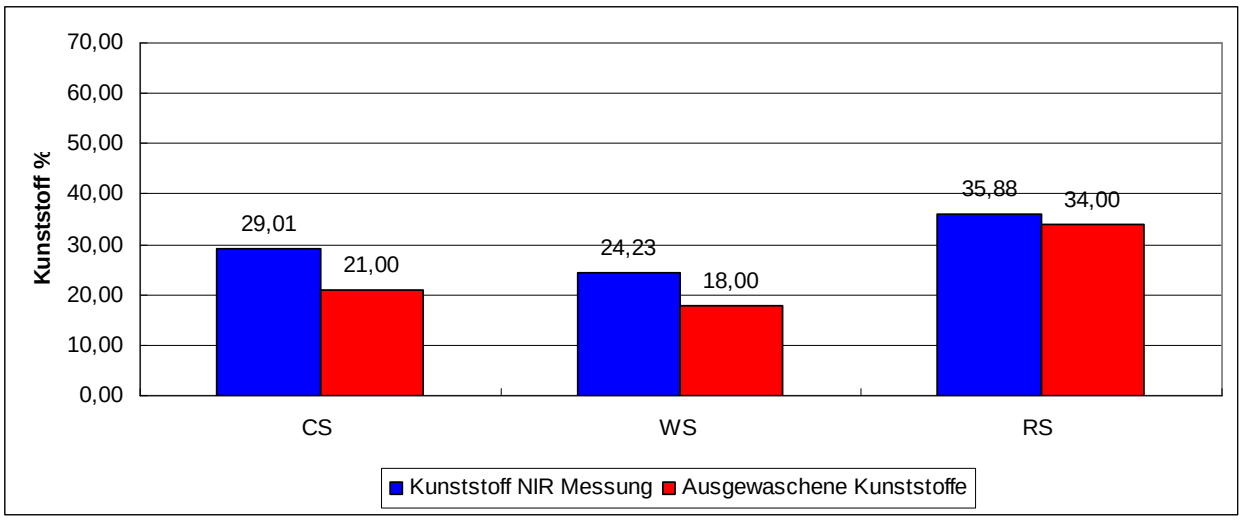

Abbildung 27: Vergleichsmessungen NIR/Waschverfahren

Modell Entwicklung

Für die Optimierung der NIR Messung wurde ein Modell entwickelt in einem Spektralbereich zw. 1350 und 2200 nm. Bei der Modellerstellung wurden u. a. proben mit einer definierten Zusammensetzung erstellt und gemessen. Das qualitative Modell zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Eigenvektoren: 4
- Korrelationskoeffizient (R^2): 95,3 %
- Methodenfehler: ± 5,1 % Kunststoff

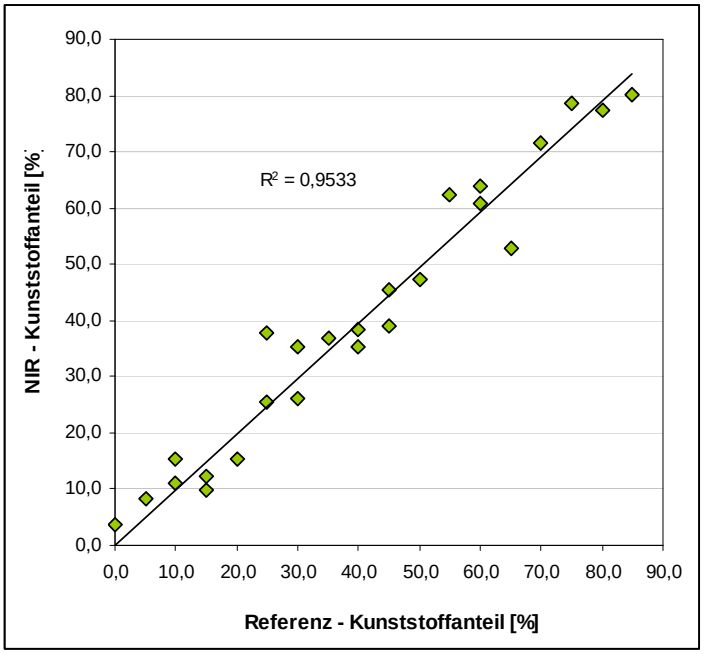

Abbildung 28: Modellentwicklung

Validation des Modells

Die Ergebnisse der Validation des Modells zeigen eine sehr gute Übereinstimmung. Zur ersten Validation wurden die Daten (Mess- und Referenzwerte) der 3 Proben genutzt:

Probe 1: 25 % Polymer und 75 % Faserstoff

Probe 2: 50 % Polymer und 50 % Faserstoff

Probe 3: 75 % Polymer und 25 % Faserstoff

Das auf diese Muster angewandte Modell brachte folgende Ergebnisse:

Probe 1:	Referenz 25 % Polymer	NIR 22,8 % Polymer
Probe 2:	Referenz 50 % Polymer	NIR 49,4 % Polymer
Probe 3:	Referenz 75 % Polymer	NIR 79,5 % Polymer

Fazit

NIR-Messungen für die Rejektzusammensetzung sind eingehend erprobt und können angewendet werden. Gemessen wird der Kunststoffanteil in einer homogenisierten Probe. Die Übereinstimmung der Messwerte mit der PMV-Methode (weiterentwickelte Voithmethode) ist gut. Die Probenvorbereitung, vor allem die Zerkleinerung und Homogenisierung für die NIR-Messung ist sehr aufwendig. Einfachere Aufbereitungsverfahren sind erforderlich, um einen sinnvollen prozessnahen Einsatz zu gewährleisten. Die Entwicklung einer Online-Messung wäre anzustreben, wurde aber im Rahmen dieses Projektes nicht verfolgt.

6.2.3 Weiterentwicklung einer Online Methode

Die Eignung der NIR Messung für die Bestimmung der Rejektzusammensetzung wurde mit Hilfe einer Offline Messung nachgewissen. Im Rahmen der Modelentwicklung und –validierung wurden zusätzliche Erkenntnisse über die Probenaufbereitung gewonnen. Unter anderem wurde festgestellt dass die Homogenisierung der Probe im Vorfeld einen geringeren Einfluss hat als erwartet. Auch bei einem Feuchtegehalt der Probe über 10% liefert die NIR Messung gute, reproduzierbare Ergebnisse. Unter diesen Präzisen beabsichtigt die Papiertechnische Stiftung die Weiterentwicklung der Methode zu einer Online Methode. Diese soll im Betrieb anwendbar sein und eine erste, schnelle und zuverlässige Information über die Zusammensetzung der Rejekten liefern. Damit öffnet sich für die Papierproduzenten die Möglichkeit produktionsnahe Kennwerte über die Betriebsweise der Stoffaufbereitung zu bekommen. Die gewonnenen Informationen können sowohl z. B. für eine Änderung der Betriebsweise als auch in Überlegungen der Weiterverwendung der Rejekten einbezogen werden.

6.2.4 Ist-Zustandsaufnahme der Grob- und Feinrejekten

Die Abbildungen 29 und 30 liefern weitere Informationen über die entstehenden Grob- und Feinrejekte bei der Herstellung von Papier, Karton und Pappe auf Altpapierbasis für Verpackungszwecke.

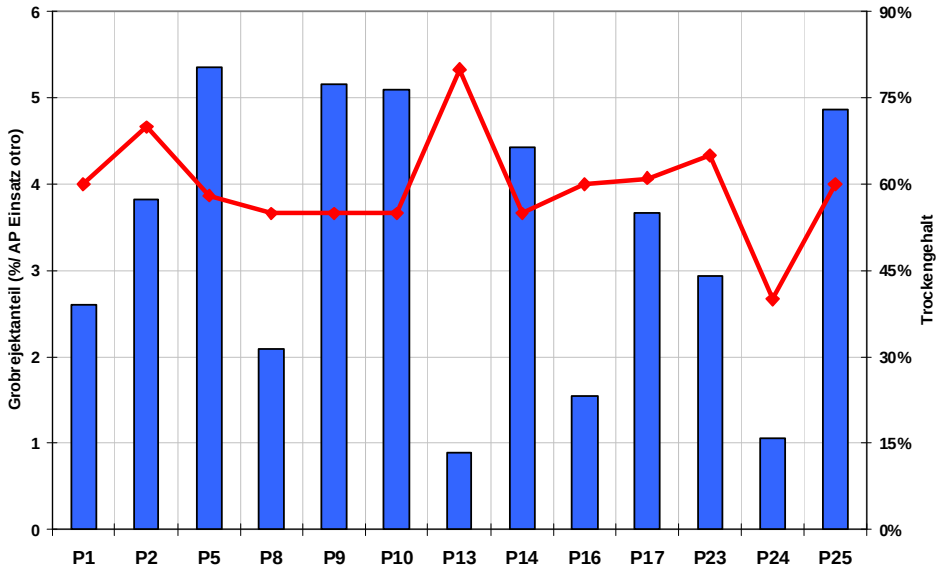

Abbildung 29: Grobrejektanfall (%) und Trockengehalt

Die Rejektmengen verschiedenen Papierfabriken und implizit die Faserverluste sind abhängig von Aufbereitungstechnologie, zu erzielende Produktqualität und nicht in letzter Linie von eingesetzten Rohstoffqualitäten.

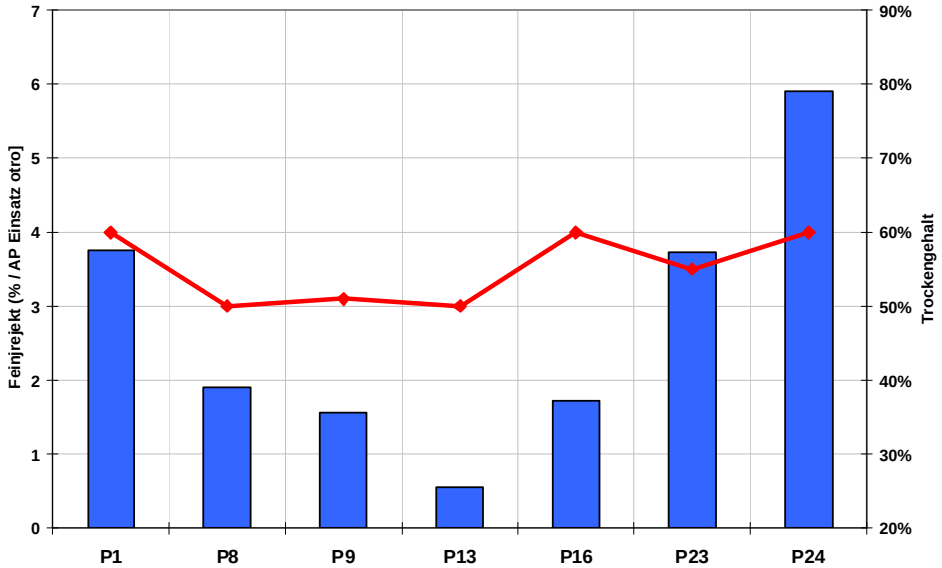

Abbildung 30: Feinrejektanfall (%) und Trockengehalt

Reduzierung Faserverluste

Bei der Betrachtung einer Papierfabrik mit einem Altpapiereinsatz von 200 Tto /Jahr und unter der Annahme folgenden Szenarien (Abbildung 31 und 32) für den Rejektanfall und Faseranteil im Rejekt wird es deutlich welches Potential und unter welchen Rahmenbedingungen die Faserrückgewinnung aus Grob- und Feinrejekt wirtschaftlich vertretbar wäre:

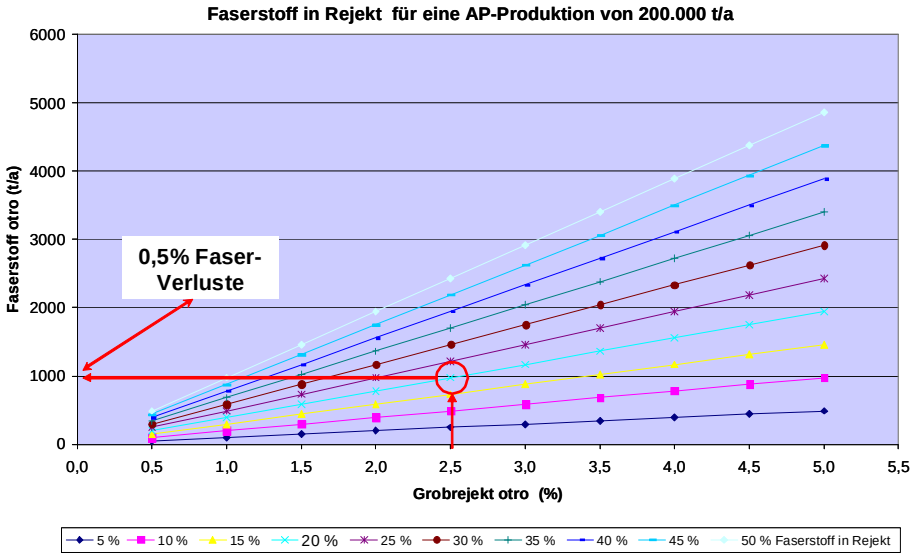

Abbildung 31: Grobrejekt

Geht man von 2,5% Grobrejektanfall bezogen auf die angesetzte Altpapiermenge und setzt einen Faseranteil von 20% im Rejekt aus, ergibt sich ein Verlust von 1000 t/a Faser pro Jahr äquivalent a 0,5% der eingesetzten Fasermenge. Ausgedruckt in €, stünden für eine Papierfabrik die die Sorten 1.04/1.02 einsetzt, nur ca. 80.000€/a für die apparative Investition und das Betreiben einer Rückgewinnungsanlage zur Verfügung.

Andere Konstellation zeigt die Betrachtung der Abbildung 32. Bei folgendem Szenario: 3% Feinrejekt und 60% Faseranteil würden die Faserverluste 1,8% des eingesetzten Rohmaterials ausmachen. Mit knapp unter 300.000 €/a Verlust wäre in diesem Fall die Überlegung einer Investition in Faserrückgewinnung sinnvoller.

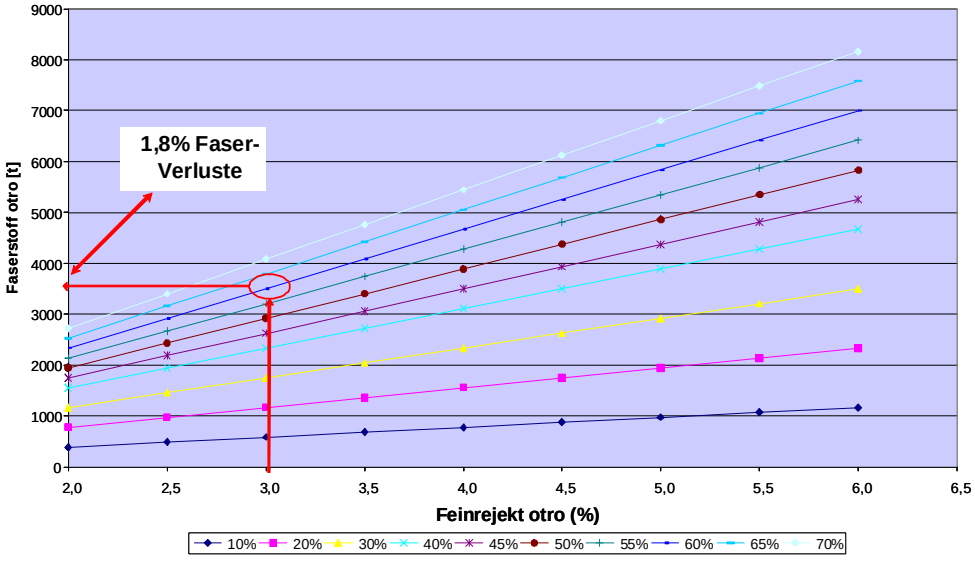

Abbildung 32: Feinrejekt

6.3 Steigerung der Erfassung von gewerblichen Altpapier (LPT)

Vorgehensweise Zunächst sollten Daten über die Höhe des gewerblichen Altpapieraufkommens in Deutschland gesammelt werden um eine lokale Zuordnung der anfallenden Altpapiermengen durch das Gewerbe zu erhalten. Zu diesem Zweck wurde eine umfangreiche Recherche geplant und durchgeführt. Zu Beginn wurden mögliche Anfallstellen für Altpapier entlang der Wertschöpfungskette im gewerblichen Sektor identifiziert. Dabei wurde die in Tabelle 7 dargestellte Grundeinteilung in Teilbereiche bezüglich der Verfügbarkeit von statistischen Daten zum Altpapieranfall vorgenommen. Zusätzlich wurden die in Tabelle 8 benannten allgemein zugänglichen Datenquellen genutzt.

Papiererzeuger	Papierverarbeiter	Papierverbraucher	Papierentsorger
Papierfabriken	Packmittelhersteller	Handelsketten	Entsorgerverbände
	Druckereien	Kleingewerbe	Kommunen
		öffentliche Einrichtungen	Unternehmen der Papierindustrie
		Finanzwesen	Abfallentsorger

Tabelle 7: Bereichseinteilung zur Datenerfassung

öffentliche Quellen
statistisches Bundesamt
statistische Landesämter
Umweltämter
Industrieverbände
Ministerien

Tabelle 8: Zusätzliche Quellen

Problematik der Recherche

In den festgelegten Bereichen wurden nun nach Unternehmen und Ansprechpartnern recherchiert um direkte Daten bezüglich der anfallenden Altpapiermengen zu erhalten. Da die Recherche deutschlandweit durchgeführt werden sollte, wurde zunächst der Bereich der Papierentsorger d. h. Entsorgerverbände, Kommunen sowie größere Abfallentsorger für die Recherche gewählt. Aufgrund der fehlenden Kooperations- bzw. Auskunftsbereitschaft dieser Unternehmen wurden im nächsten Schritt die Bereiche der Papierverbraucher und Papierverarbeiter zur Recherche genutzt. Der Rechercheaufwand für die Durchführung einer deutschlandweiten Recherche in diesen Bereichen konnte von vorn herein als sehr hoch eingeschätzt werden. Die Recherche wurde zunächst nur für das Bundesland Sachsen durchgeführt, um abzuschätzen in welcher Menge und Qualität überhaupt Daten erhoben werden können bzw. zur Verfügung stehen.

Auf Grund der Vorüberlegungen zum Aufbau der Recherche, lag die Vermutung nahe, dass unter anderem in der Druckindustrie mit größeren Altpapiermengen zu rechnen ist. Neben den Druckereien haben auch noch Lebensmitteleinzelhandelsketten oder Supermärkte ein erhöhtes Altpapieraufkommen. Diese Tatsache wird bedingt durch vermutlich große Mengen an Verpackungspapieren, die als Um- oder Transportverpackungen beim Warenverkehr anfallen.

Die beiden genannten Bereiche (Druckereien und Lebensmitteleinzelhandel) wurden hier als die Hauptbranchen erachtet in denen schätzungsweise auch die größten Altpapiermengen anfallen. Deshalb wurde versucht in diesen zwei Sektoren statistische Werte zu sammeln um anschließend an Hand von zusätzlichen Stichproben zur Altpapieranfallmenge Hochrechnungen auf die mögliche Gesamtmenge machen zu können. Trotz der Konzentration auf diese Bereiche wurde auch versucht in den anderen in Tabelle 7 dargestellten Bereichen Daten zu erlangen.

Um die entsprechenden Kontaktpersonen in den Unternehmen zu finden, die Auskunft zum gewerblichen Altpapieraufkommen geben konnten, wurden diese als erstes telefonisch kontaktiert. Die zuständigen Mitarbeiter wurden im zweiten Schritt in einem Telefongespräch kurz über das Forschungsvorhaben informiert und zu ihrer freiwilligen Auskunftsbereitschaft befragt. Erst danach wurde ein Fragebogen zur Ermittlung branchenspezifischer Daten zum Altpapieranfall an die zuständigen Personen versandt.

Zusätzlich zu den direkt bei den Unternehmen erfragten Daten wurde in den öffentlich zugänglichen Quellen (vgl. Tabelle 8) nach branchenspezifischen Daten wie z. B. Filialnetzstruktur von Handelsketten, Umsätzen oder Mitarbeiterzahlen recherchiert.

6.3.1 Ergebnisse Deutschland

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt erwähnt wurden von den überregionalen Abfallentsorgungsverbänden (BDE, BVSE) keine Daten zur Verfügung gestellt. Ähnlich gestaltete sich die Situation bei den einzelnen Abfallentsorgern und den Kommunen, wo keine firmeninternen Daten herausgegeben wurden oder generell solche Daten nicht verfügbar sind. Aus diesem Grund standen nur noch öffentlich zugängliche Quellen für eine überregionale Recherche zur Verfügung.

Daten Deutschland

Bei der Auswertung der Altpapierstatistiken des VDP aus den Jahren 2000 bis 2007 können die Altpapiersammelmengen wie folgt dargestellt werden.

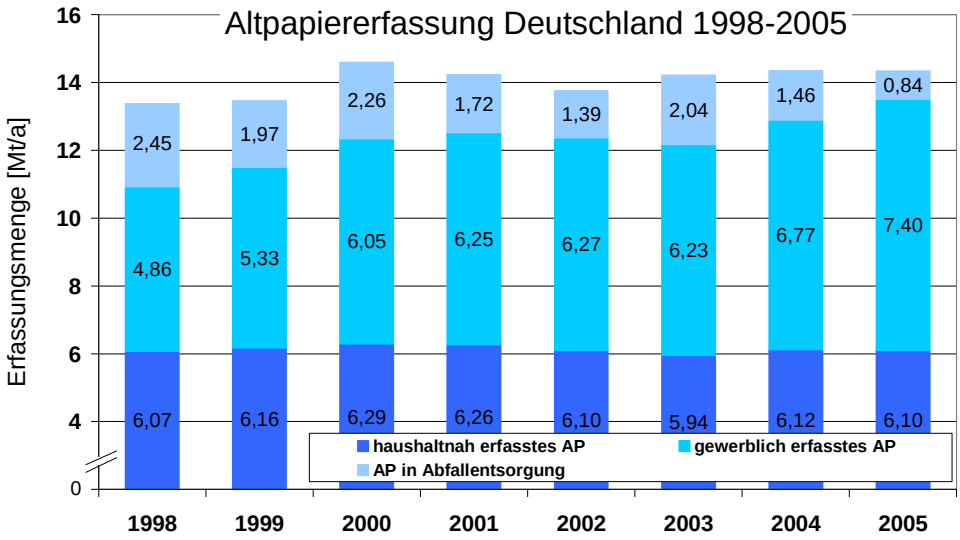

Abbildung 33: Altpapiererfassung in Deutschland 1998-2005 [6]

Dabei stellen die Mengen der Haushalte und des Gewerbes das insgesamt erfasste Altpapier dar. Zusammen mit den Mengen, welche der Abfallentsorgung zugeführt wurden ergibt sich das theoretisch beim Verbraucher verfügbare Altpapierpotenzial. Gut zu erkennen ist, dass dieses Potenzial beim Verbraucher in den letzten Jahren nur unwesentlich gestiegen ist, die erfassten Altpapiermengen jedoch seit 2003 stetig zugenommen haben. Diese Steigerung der Altpapiererfassung resultiert zum Großteil aus einem Anstieg bei der Einsammlung der gewerblich anfallenden Mengen. Als Ursachen dafür kommen unter anderem die Rücknahmesysteme für Verpackungen im Handel sowie die Einführung veränderter Gebührensysteme für Restabfälle in Frage. Die Menge an verwertbarem Papier, welche der Abfallentsorgung zugeführt wurde, hat sich seit 1998 auf etwa ein Drittel reduziert. Damit wird aktuell über 94 % des beim Verbraucher verfügbaren Altpapiers wieder eingesammelt.

Das Statistische Bundesamt in Wiesbaden gibt jährlich unter der Fachserie 19 eine Veröffentlichung zur Abfallentsorgung in Deutschland heraus. Diese Dokumente sind über das Internet für jeden frei zugänglich und beinhalten statistische Daten zu allen Abfallarten und den entsprechenden Aufbereitungs-, Sortier- und Entsorgungsanlagen. Die in diesen Dokumenten enthaltenen Daten beruhen zum Teil auf Daten aus den untergeordneten statistischen Landesämtern, welche diese meist regionalspezifischen Daten separat veröffentlichen. Aus den Daten der einzelnen statistischen Landesämter konnten die in Tabelle 9 dargestellten, bei gewerblichen und industriellen Endverbrauchern eingesammelten Mengen an Transport-, Um- und Verkaufsverpackungen aus Papier, Karton und Pappe ermittelt werden.

Bundesland	Menge 2004 [t/a]
Baden Württemberg	445.113
Bayern	k.A
Berlin	96.716
Brandenburg	121.152
Bremen	15.357
Hamburg	110.128
Hessen	237.508
Mecklenburg-Vorpommern	k.A
Niedersachsen	313.606
Nordrhein Westfalen	559.994
Rheinland Pfalz	158.004
Saarland	k.A
Sachsen	146.178
Sachsen Anhalt	65.595
Schleswig Holstein	97.436
Thüringen	k.A

Tabelle 9: Eingesammelten Mengen an Transport-, Um- und Verkaufsverpackungen aus PPK bei gewerblichen und industriellen Endverbrauchern

Wie zu erkennen ist, sind diese Daten unvollständig. Der Grund dafür liegt darin, dass es auf Länderebene keine einheitlichen Vorschriften bzw. Bedingungen gibt, welche Daten veröffentlicht werden und somit nicht die gleichen Daten für alle Bundesländer verfügbar sind.

Neben diesen Daten zu Transport-, Um- und Verkaufsverpackungen waren in den bisher genutzten öffentlich zugänglichen Quellen keine weiteren überregionalen Daten zu gewerblich verursachten Anfallmengen von Altpapier zu finden.

6.3.2 Daten Sachsen

Allgemein

Bei der regional begrenzten Recherche in Sachsen wurden, wie bereits im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, zunächst hauptsächlich Daten zu den Druckereien und Handelsketten sowie öffentlich zugängliche statistische Daten recherchiert. Die Ergebnisse dieser Recherche werden in folgenden für die einzelnen Bereiche dargestellt.

Daten des Druckereiwesens

Die sächsische Druckindustrie ist eine durch klein- und mittelständische Unternehmen geprägte Branche. Wie aus Tabelle 10 ersichtlich wird, dominiert in den sächsischen Druckbetrieben ganz eindeutig das Offsetverfahren gefolgt vom Flexodruck, wobei die einzelnen Druckereien teils mehrere Verfahren anwenden [7]

Druckverfahren	Anteil der Druckereien mit jeweiligem Druckverfahren
Offsetdruck	82 %
Tiefdruck	3 %
Flexodruck	48 %
Siebdruck	22 %

Tabelle 10: Anteil der Druckverfahren in der Sächsische Druckindustrie

Aus einer tabellarischen Übersicht des Sächsischen Wirtschaftsministeriums gehen alle Firmen bzw. Betriebe hervor, die in der Druckereibranche tätig sind, wovon etwa 200 Betriebe Druckerzeugnisse herstellen. Rund 50 weitere Unternehmen sind auf die Bereiche Druckverarbeitung, Herstellung von Druck- und Medienvorstufe, Werbung und Webdesign sowie anderweitige Dienstleistungen spezialisiert.

Auf Grundlage der tabellarischen Zusammenstellung aller sächsischen Druckereien wurden die zu befragenden Druckbetriebe ausgewählt. Insgesamt wurden 20 Betriebe ausgesucht und für die Datenerhebung mittels eines Fragebogens herangezogen.

Die zu befragenden Druckereien wurden an Hand der Unternehmensliste des Sächsischen Wirtschaftsministeriums nach dem höchsten Umsatz und der größten Anzahl an Beschäftigten sowie den produzierten Produkten ausgewählt. Es wurde angenommen, dass an Hand dieser Kriterien sowohl die Betriebe mit dem größten Altpapieraufkommen als auch Daten über das gesamte Produktspektrum von Druckereibetrieben erfasst werden.

Da die näher untersuchten Druckbetriebe zum mittelständischen Unternehmerkreis gehören, sind sie in ihren Angeboten an Druckerei-produkten meist breit aufgestellt, wodurch flexibel auf verschiedene Kundenwünsche reagiert werden kann. In der folgenden Übersicht soll kurz ein Überblick zu den Produkten der befragten Unternehmen gegeben werden, wobei Mehrfachnennungen möglich sind.

Druckprodukte	Anzahl der Betriebe
Zeitungen, Zeitschriften, Magazine	8
Bücher	4
Werbematerial, Prospekte, Flyer, Kataloge	8
Poster	1
Bürobedarf	1
Kalender, Karten, Postkarten	5
Verpackungen	3

Tabelle 11: Druckereiprodukte der befragten sächsischen Druckereien (Mehrfachnennung)

Mit den aus der Befragung erwarteten Daten sollte eine Hochrechnung zur anfallenden Altpapiermenge im Bereich des Druckereiwesens möglich sein. Leider war der Versuch mit Hilfe eines Fragebogens eine stichprobenartige Datenerfassung zum Altpapieraufkommen innerhalb sächsischer Druckereien durchzuführen, nicht sehr erfolgreich. Trotz telefonischer Vorab Information der Unternehmen und einer Zusicherung der Anonymisierung der Daten, war lediglich nur ein Unternehmen von 20 befragten Betrieben zu einer Auskunft bereit.

Zusätzlich konnte über die Internetseite einer weiteren großen Zeitungsdruckerei eine Ökologische Betriebsbilanz für das Jahr 2003 recherchiert werden wodurch ein weiterer Datensatz verfügbar war. Zusammenfassend bedeutet dies jedoch, dass nur zwei Datensätze zur Verfügung stehen. Für eine statistische Hochrechnung auf die Gesamtanfallmenge an gewerblichem Altpapier der Druckindustrie in Sachsen fehlt somit eine belastbare Grunddatenmenge.

Aufgrund der fehlenden Daten für eine Hochrechnung der Altpapieranfallmengen im Druckgewerbe können diese nur qualitativ auf der Basis der Umsatzklassen der Unternehmen aus den Daten des sächsischen Wirtschaftsministeriums dargestellt werden (Abbildung 34).

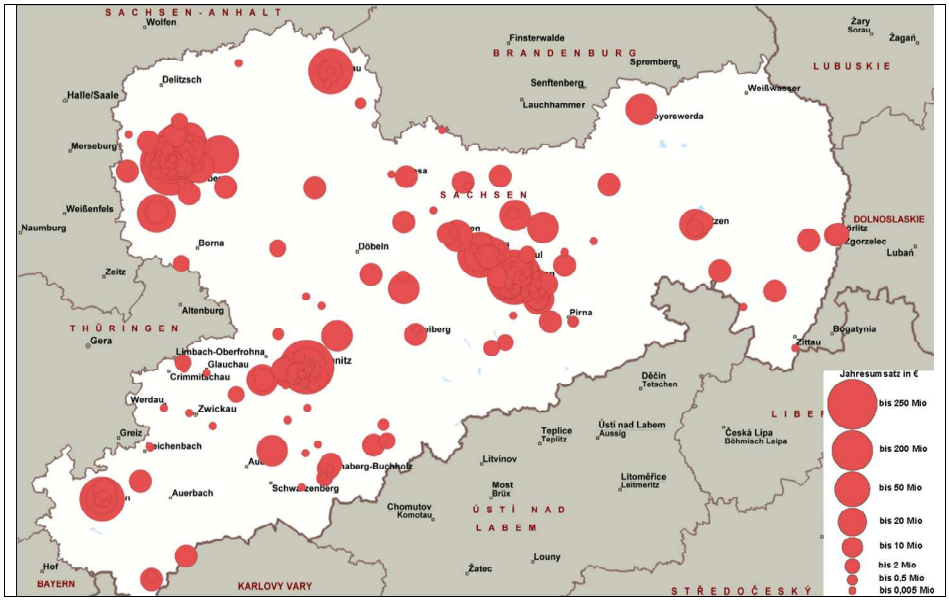

Abbildung 34: Umsatzverteilung Druckereiwesen in Sachsen 2007

Wird davon ausgegangen, dass in Druckereibetrieben mit hohem Umsatz auch entsprechende Altpapiermengen anfallen, so geben die Daten einen ersten Eindruck von der lokalen Mengenverteilung. Die verfügbaren Daten zum Druckereiwesen lassen weiterhin eine Unterteilung der Unternehmen nach hergestellten Druckprodukten zu. Damit könnte die qualitative Verteilung noch weiter detailliert werden. Diese Einteilung wäre gemeinsam mit den Daten zu den verwendeten Druckverfahren (Tabelle 10) für eine zukünftige Hochrechnung interessant, wenn entsprechende Daten aus Druckereien zur Verfügung stehen, ist jedoch aufgrund der aktuellen Datenlage noch nicht nutzbringend.

6.3.3 Daten von Handelsketten

Vorgehensweise

Zur Ermittlung von anfallenden Altpapiermengen im Handel wurde prinzipiell die gleiche Vorgehensweise wie im Bereich des Druckereiwesens angestrebt. Bisher ist es jedoch nicht gelungen in diesem Bereich Daten über den Altpapieranfall zu erhalten. Alle Versuche scheiterten hierbei an der Weigerung der Unternehmen firmeninterne Daten weiter zu geben.

Ergebnisse

Parallel zur Befragung der einzelnen Firmen wurde die Struktur der Filialnetze verschiedener Handelsketten recherchiert. Zusammen mit Daten zum Altpapieranfall wäre so eine Darstellung der Mengenverteilung in diesem Bereich möglich gewesen. In Abbildung 35 ist die dazu bisher ermittelte Verteilung der Filialen dargestellt.

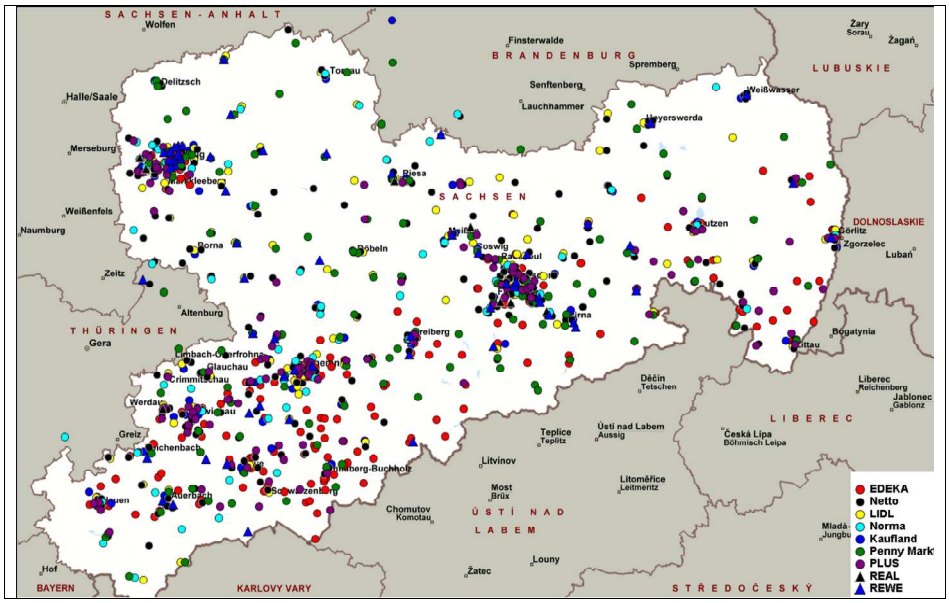

Abbildung 35: Filialennetz verschiedener Handelsketten in Sachsen 2007

6.3.4 Daten von Universitäten

Ergebnisse

An der Technischen Universität Dresden wird jährlich ein Umweltbericht erstellt, aus dem die jährlichen Energiekosten und das Abfallaufkommen hervorgehen. Die Universität als Bildungseinrichtung verwaltet sich selbst, weshalb die Altpapierentsorgung in eigener Regie durchgeführt wird. So bestehen direkte Verträge mit den Entsorgungsunternehmen, welche schließlich die Altpapiersammlung und -entsorgung durchführen. Für die Auftragsvergabe wird eine öffentliche Ausschreibung vorgenommen. Diese so genannten Rahmenverträge werden meist zwischen der Universität und dem Entsorgungsunternehmen über 3 Jahre abgeschlossen. In dem Vertragswerk werden alle Dienstleistungen und Positionen zur Altpapiereinsammlung, -beförderung und Altpapierverwertung festgelegt.

Seit dem Jahr 2007 wird für die gesammelten Altpapiermengen vom Entsorger, auf Grund der Marktsituation ein Entgelt an die Universität gezahlt. Die Bereitstellung von Sammelcontainern mit einem Volumen von 1,1 m³ und 7 m³ ist kostenlos. Die Nutzung der Datenschutzcontainer hingegen ist kostenpflichtig.

Für das Jahr 2007 wurden an der TU Dresden folgende Mengen an Altpapier erfasst:

Gemischtes Altpapier	107 t	blaue Container mit 1,1 m³
Gemischtes Altpapier	126 t	stationäre Container mit 7 m³
Akten	39 t	Datenschutzcontainer
Gesamt	**272 t**	

Tabelle 12: Altpapieraufkommen an der TU Dresden für das Jahr 2007

Die Gesamtmenge an gesammeltem Altpapier ist in den letzten Jahren an der TU Dresden eher rückläufig, was aus dem Umweltbericht 2007 hervorgeht [8].

Jahr	Altpapiermenge in t
2003	674
2004	436
2005	426
2006	372
2007	272

Tabelle 13: Entwicklung des Altpapieraufkommens an der TU Dresden

Auch für die Universität Leipzig, die TU Chemnitz und die Bergakademie Freiberg wurden Anfragen zum Altpapieraufkommen dieser Bildungseinrichtungen gestellt, allerdings sind hierzu keine Daten eingegangen.

Ein erster Ansatz für eine Hochrechnung der anfallenden Altpapiermengen an Universitäten wäre der Bezug der recherchierten Mengen auf Studenten- und Angestelltenzahlen. Dazu müssen jedoch erst weitere Daten aus mehreren Universitäten vorliegen.

6.3.5 Daten aus öffentlich zugänglichen Quellen

Quellen

Das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) erstellt jedes Jahr eine **Siedlungsabfallbilanz für den Freistaat Sachsen**. Grundlage für diese Erhebung bilden die erfassten Abfallmengen aller Landkreise und kreisfreien Städte. Die gesammelten abfallwirtschaftlichen Daten geben Auskunft über Art, Menge, Herkunft und Verbleib der Abfälle sowie über Vermeidungsmaßnahmen nach § 2 Abs. 2 des Sächsischen Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetzes (SächsABG) [9].

Die angefallenen Mengen sind statistisch aufbereitet und werden in Übersichten je nach bilanzierter Abfallart für alle Landkreise und Städte aufgelistet. Zu beachten ist bei diesen Statistiken, dass nur Angaben zu Abfällen berücksichtigt werden, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgern (ÖRE) überlassen wurden sowie zu den Altstoffmengen, die durch die Dualen Systeme eingesammelt wurden. Ohne Berücksichtigung bleiben die von den ÖRE nach § 15 Abs. 3 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW- /AbfG) von der Entsorgung ausgeschlossenen oder von den Abfallerzeugern gemäß § 5 Abs. 2 KrW- /AbfG in eigener Verantwortung verwerteten Abfälle [5]. Speziell die Mengenangaben für Industrie und Gewerbe spiegeln nur einen geringen Ausschnitt des tatsächlichen Abfallaufkommens wider.

Die in der Siedlungsabfallbilanz ausgewiesenen Papiermengen, die durch die ÖRE bzw. das Duale System Deutschland GmbH (DSD) erfasst und ausgewiesen werden, sind teilweise auch auf die Mitbenutzung von gewerblichen Einrichtungen zurückzuführen.

Ergebnisse

Zur Untersuchung und genaueren Analyse des Abfallaufkommens aus dem Gewerbesektor, hat das LfUG eigens eine Gewerbeabfallstudie für das Bezugsjahr 2001 für den Freistaat Sachsen in Auftrag gegeben [10].

Mit Hilfe dieser Studie sollten aktuelle Daten zu Aufkommen, Herkunft, Verbleib sowie Verwertung und Beseitigung der Gewerbeabfälle nach Wirtschaftsbranchen erstellt werden.

In dieser Studie wurde an Hand der kommunalen Altpapiermengen auch eine Abschätzung des gewerblichen Anteils vorgenommen. Es wurde angenommen, dass ein bestimmter Teil des Altpapieraufkommens sich durch Verpackungsabfälle ergibt, die nicht den Haushalten zuzuordnen sind, sondern dem Bereich Gewerbe und Industrie. Für eine Abschätzung des gewerblichen Aufkommens wurde im ersten Schritt die Menge an Verpackungsabfällen an der insgesamt erfassten Wertstoffmenge festgelegt. Im zweiten Schritt wurde angenommen, dass ein Teil dieser bestimmten Verpackungspapiermengen dem Bereich Gewerbe bzw. Industrie zuzuordnen sind. Auf der Grundlage von Erfahrungen und im Ergebnis von Expertenbefragungen wurde innerhalb der Gewerbeabfallstudie die Annahme gemacht, dass 10 % der Verpackungspapiere, die durch die ÖRE eingesammelt werden, aus dem Gewerbe bzw. der Industrie stammen. Auf Grundlage der oben beschriebenen Herangehensweise ergaben sich im Jahr 2001 die in Tabelle 14 aufgeführten Werte für das gewerbliche Altpapieraufkommen.

	Menge in t/a
Gesamtmenge Papier [1]	334.324
→ davon Verpackungen [2]	83.581
→ davon Anteil Gewerbe/ Industrie [3]	8.358

Tabelle 14: Verpackungsabfallmengen für Gewerbe und Industrie in Sachsen, die im Jahr 2001 den ÖRE überlassen wurden

[1] in den ÖRE-Bilanzen ausgewiesene Gesamtmenge

[2] geschätzter Anteil Verpackungen für Papier: 25 %

[3] geschätzter Gewerbeanteil an den Verpackungspapieren: 10 %

Zusätzlich zu den Daten zum Altpapieraufkommen wurden während der Recherche auch demographische Daten ermittelt um eine eventuelle Hochrechnung zu stützen. Speziell bei der Bevölkerungsdichte wurde bereits zu Beginn vermutet, dass diese auch mit den gewerblich anfallenden Mengen korreliert, da Handelsketten, verarbeitendes Gewerbe und öffentliche Einrichtungen ebenfalls in Ballungsräumen konzentriert sind. Für Sachsen konnte hierzu die in dargestellte Verteilung der Bevölkerungsdichte ermittelt werden.

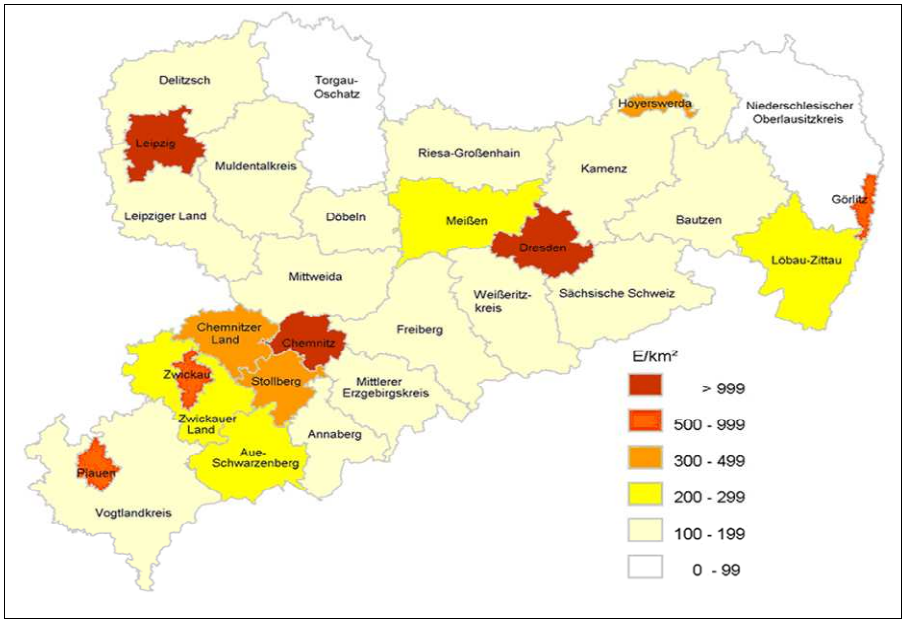

Abbildung 36: Bevölkerungsdichte im Freistaat Sachsen (Stand 30.06.2006)

Beim Vergleich von Abbildung 34, Abbildung 35 und Abbildung 36 kann wie erwartet eine deutliche Korrelation zwischen der Konzentration von Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes (Druckereien) den Filialen der Handelsketten und der Bevölkerungsdichte festgestellt werden. Die erlaubt den Schluss, dass auch die Bevölkerungsdichte u. U. als Basis für die Darstellung der lokalen Verteilung von gewerblichen Altpapieranfallmengen herangezogen werden kann. Es wäre hierbei vorstellbar einen Zusammenhang zwischen Bevölkerungsdichte und Anfallmengen der einzelnen Bereiche für ein bestimmtes Gebiet (z.B. Bundesland Sachsen) zu erarbeiten und diese dann für eine gesamtdeutsche Hochrechnung zu nutzen.

Mit den bisher recherchierten Daten ist dies noch nicht möglich. Würde es gelingen branchenspezifische Schlüssel für das Altpapieraufkommen und die –zusammensetzung zu ermitteln, könnte eine quantitative Verteilung berechnet werden

7. Zusammenfassung

Einheitliche Methodik zur Berechnung der Faserstoff-Ausbeute

Mit der in Kapitel 6.1.2 beschriebenen Methode zur Fasergehaltsbestimmung in Rejekten steht eine Labormethode zur Verfügung, mit der sowohl der Anteil als auch die Längenverteilung des Fasermaterials in Rejekten erfasst werden können. Es können auch Schlüsse gezogen werden, welcher Aufwand betrieben werden muss, um das Fasermaterial aus dem Rejekt zurückzugewinnen.

Der Zeitaufwand für eine Untersuchung mit der Labormethode beträgt etwa 4 Stunden.

Mit den Ergebnissen der Labormethode können aber keine Aussagen über die Qualität und den Grad der Verunreinigung der einzelnen Fraktionen gemacht werden.

Faserverluste und Rückgewinnung (PTS)

Die Untersuchungen und die Bewertung der Faserstoffverluste in der Altpapieraufbereitung haben gezeigt, dass in den untersuchten Papierfabriken ein nennenswertes Potenzial hinsichtlich der Steigerung der Altpapierausbeute insbesondere oder vor allem im Bereich der Feinrejekten besteht. Die Steigerung der Altpapierausbeute kann sowohl durch die Optimierung aller Trennstufen in der Feinsortierung als auch durch eine Faserstoffruckgewinnung aus dem Feinrejektfraktion erreicht werden.

Die Eignung der NIR-Messung für die Rejektzusammensetzung wurde eingehend erprobt und kann angewendet werden. Gemessen wird der Kunststoffanteil in einer homogenisierten Probe. Die Übereinstimmung der Messwerte mit der PMV-Methode (weiterentwickelte Voithmethode) ist gut. Die Probenvorbereitung, vor allem die Zerkleinerung und Homogenisierung für die NIR-Messung ist sehr aufwendig. Einfachere Aufbereitungsverfahren sind erforderlich, um einen sinnvollen prozessnahen Einsatz zu gewährleisten. Die Entwicklung einer Online-Messung wäre anzustreben, wurde aber im Rahmen dieses Projektes nicht verfolgt.

Die Papiertechnische Stiftung beabsichtigt die Weiterentwicklung der Methode zu einer Online Methode. Diese soll im Betrieb anwendbar sein und eine erste, schnelle und zuverlässige Information über die Zusammensetzung der Rejekten liefern. Damit würde sich für die Papierproduzenten die Möglichkeit öffnen, produktionsnahe Kennwerte über die Betriebsweise der Stoffaufbereitung zu bekommen. Die gewonnenen Informationen können sowohl z. B. für eine Änderung der Betriebsweise als auch in Überlegungen der Weiterverwendung der Rejekten einbezogen werden.

Vor allem für kleine und mittelständischen Unternehmen die weiterhin eine externe Rejektentsorgung betreiben werden, ist eine Reduzierung von anfallenden Rejekte wie auch einen effektiven Betrieb ihrer Anlagen für die Altpapieraufbereitung von höherer Bedeutung. Durch die quantifizierte Differenzierung der Faserverluste in Grobrejekte und Feinrejekte wurden die Ansatzpunkten und die wirtschaftlichen Vorteile einer Faserrückgewinnung vorschattiert.

Faserrückgewinnung aus Grobrejektfraktion ist technologisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll. Für Feinrejekte kann die Fasserrückgewinnung und Aufbereitung technisch und wirtschaftlich attraktiv sein, wenn

- die rückgewonnene Faser als Rohstoff für die Papierherstellung wieder eingesetzt wird
- durch stoffliche Nutzung in lignocellulosehaltiger Bioraffinerie weitere Anwendungsgebiete geschaffen werden.

Im Bereich WPRP verzeichnet man eine Entwicklung zu sinkenden Flächengewichte und höhere Produktqualität und Runnabilität der Papiermaschine was zu höherer Anforderungen an Altpapierstoff führen wird. Diese Anforderungen können durch z. B. Reduzierung der Schlitzweite (0,25 - 0,15 mm) erreicht werden. Dadurch wird eine Steigerung der Verlustrate in den Feinrejekten erwartet.

Gewerbliche Erfassung (LPT)

Die Recherche gestaltete sich nach branchenspezifischen Daten zum Altpapieraufkommen als recht schwierig. Hauptursache dafür war die mangelnde Auskunftsbereitschaft der befragten Einzelunternehmen. Die Verfügbarkeit von Daten bezüglich des Altpapieranfalls wurde zwar bereits zu Projektbeginn als kritisch eingeschätzt, allerdings wurde auf die Mitarbeit der Einzelunternehmen gehofft.

Die bereits ermittelten Daten zur regionalen Verteilung möglicher Anfallstellen eröffnen jedoch prinzipiell die Möglichkeit zumindest eine regional begrenzte Hochrechnung durchführen zu können. Aus diesem Grund soll weiterhin versucht werden die fehlenden Daten zu Menge und Zusammensetzung von gewerblich erzeugtem Altpapier für die einzelnen Wirtschaftsbereiche zu erhalten.

Weiterhin soll versucht werden vergleichbare Daten zur Verteilung der Anfallstellen auch für andere Gebiete (Bundesländer) zu recherchieren.

Durch die o.g. Gründe konnten die Ziele dieses Projektabschnittes nicht erreicht werden.

Literatur

1 N.N., Papier – Ein Leistungsbericht, VDP, 2009

2 BORSCHKE D,; Rohstoffpotentiale von Verpackungspapiere und deren Auswirkungen auf das Anlagendesign und die Produktivität, Wochenblatt für Paierfabrikation 128 (2000) 7, S. 419-425

3 BIENERT CH.; Reduzierung von Faserverluste und Einsparung von Entsorgungskosten durch Optimierung der Aufbereitung von Altpapier für die Erzeugung von graphischen Papieren mittels Prozesssimulation, PTS-Forschungsbericht IGF 13355, München 2001

4 BIENERT CH.; Reduktion von Rejekten aus der Altpapieraufbereitung, PTS-Forschungsbericht PTS-FB 08/01

5 http://www.voithpaper.de/produkt.php?pk=295

6 N.N., *Papier – Ein Leistungsbericht*, VDP, 1988-2007

7 N.N., Abfallwirtschaftliches Branchenkonzept der Druckindustrie des Freistaates Sachsen; Verband der Druckindustrie Sachsen, Thüringen, Sachsen-Anhalt e.V., 1999

8 N.N., Umweltbericht an der TU Dresden 2007, 2007, Veröffentlichung verfügbar unter: www.tu-dresden.de

9 MITSCHKE, Micaela; OHME, Barbara; WINTER, Dietmar: Siedlungsabfallbilanz des Freistaates Sachsen 2006, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2007, Veröffentlichung ausschließlich verfügbar unter www.umwelt.sachsen.de/lfug

10 JUNGE, B.; BISCHOFBERGER, C.; WILLE, G.; IBOLD, H.; WAGNER, S.: Gewerbeabfallstudie 2001, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2004, Veröffentlichung verfügbar unter www.umwelt.sachsen.de/lfug