

Bewertung der Beiträge von Mahlung und Dispergierung zur Optimierung der Altpapieraufbereitung für die Herstellung von Testliner

G. Bär

Zusammenfassung

Um die Diskrepanz zwischen der Qualität der verfügbaren Altpapiere und den ständig steigenden Anforderungen an das Fertigprodukt zu beseitigen, stellt sich die Aufgabe, die Qualität des Altpapierstoffes durch den Aufbereitungs- und Verarbeitungsprozess optimal zu nutzen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollten die Prozesse Mahlung und Dispergierung zur Reaktivierung des Festigkeitspotenzials von Altpapierstoff zur Herstellung von Testliner gegenübergestellt werden.

Die Untersuchungen wurden im Faserstofftechnikum der PTS in Heidenau durchgeführt. Als Faserstoff wurde eine Mischung aus 50 % Gemischtem Altpapier (1.02) und 50 % Kaufhausaltpapier (1.04) eingesetzt. Die Mahlung erfolgte mit zwei Scheibengarnituren mit unterschiedlich strukturierter Messeroberfläche. Der Dispergierprozess wurde mit einem Scheiben- und einem Knetdisperger simuliert.

Im Ergebnis der Untersuchungen wurde gezeigt, dass die Fraktionierung und anschließende Mahlung der Langfaserfraktion einer Modellaltpapiermischung zu einer Verbesserung der Eigenschaften, insbesondere der statischen Festigkeiten führt. Eine anschließende Rückmischung mit der unbehandelten Kurzfaserfraktion minderte jedoch die positiven Effekte.

Gegenüber einer Mahlbehandlung im konventionellen Bereich niedriger Stoffdichte von 4 % werden durch eine Dispergierung mit einem Scheibendisperger im Teilstrom ähnliche Festigkeitseigenschaften bei einem günstigeren Entwässerungsverhalten erzielt.

Bei der Vollstrommahlung wird der gesamte Feinstoff der mechanischen Bearbeitung unterworfen, was zu einem höheren Entwässerungswiderstand führt. Da ein großer Anteil dieses Feinstoffs nur als Füllstoff wirkt, fallen insbesondere die statischen Festigkeiten geringer aus als bei der Teilstrombehandlung. Bei der Mahlung ist der erzielbare Festigkeitszuwachs jedoch mit einem nicht zu vernachlässigenden Mahlgradanstieg verknüpft. Dieser Anstieg kann reduziert werden, in dem die Mahlung im Teilstrom unter sorgfältig auf die Mahlresistenz des Rohstoffes abgestimmten Mahlbedingungen durchgeführt wird. Gegenüber einer Vollstrombehandlung können bei einer Teilstrommahlung 1,45 EUR/t an Energiekosten eingespart werden.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben AiF 13630 wurde durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AiF) Köln mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie gefördert. Dafür sei an dieser Stelle gedankt.

Abstract

To overcome the discrepancy between the quality of recovered papers available and the ever growing requirements to end products, the quality potential of recycled fibre pulps must be optimally utilised during recovered paper treatment and recycled fibre-based paper production.

In the framework of this research project, refining and disperging processes have been compared for their capability for reactivating the strength potential of recycled fibre pulps intended for test liner production.

Tests were conducted in the fibre technology pilot plant of PTS Heidenau, using a mixture of 50 % mixed paper and board (grade 1.02) and 50 % supermarket corrugated paper and board (1.04) as fibrous raw material. Refining was done by means of two disk refiner fillings with differently structured surfaces. The disperging process was simulated by means of a disk disperger and a kneader disperger.

The test results show that it is possible to improve the quality characteristics of a model recovered paper mixture – especially its static strength properties - by fibre classification with subsequent refining of the long-fibre fraction. The positive effects of this treatment were diminished, however, by the subsequent remixing of the untreated short-fibre fraction.

As compared to refining in the conventional LC range at 4 %, disperging in a disk disperger operated in the split-stream mode resulted in similar strength characteristics and a more favourable dewatering behaviour.

In full-stream refining, the complete fines share is subjected to mechanical treatment, leading to higher drainage resistance. Because a large share of the fines fraction acts as fillers only, especially the static strength characteristics are lower here than after split-stream refining. However, the strength gain achievable by refining is always accompanied by a significant freeness increase. The latter can be reduced if refining is done in the split-stream mode and under refining conditions which have been carefully adjusted to the beating hardness of the raw material used. As compared to full-stream treatment, split-stream refining can save energy costs of 1,45 EUR/t.

Acknowledgement

The research project AiF 13630 is being funded by the German Federal Ministry of Economics and Technology.

1 Einleitung und Problemstellung

Papier, Karton und Pappe für Verpackungszwecke machen etwa 40 % aller in Deutschland hergestellten Papiererzeugnisse aus. In diesem Segment entfallen wiederum mehr als die Hälfte, d.h. 4,4 Mio t/a, auf Wellpappenpapiere, also Liner und Fluting [1]. Diese Papiere werden schon seit geraumer Zeit ausschließlich aus Altpapier hergestellt. Die Altpapier-einsatzquote lag im Jahr 2004 - unter Einrechnung der abgetrennten Verunreinigungen - bei 108 %, d.h. für die Herstellung von 1 kg neuem Wellpappenpapier mussten 1,08 kg Altpapier eingesetzt werden.

Als Rohstoffe dienen vorzugsweise die Sorten Kaufhausaltpapier (1.04), gemischtes Altpapier (1.02) sowie alte Wellpappe-Verpackungen (1.05). Diese Altpapiere weisen beträchtliche Qualitätsunterschiede und Qualitätsschwankungen auf. Bei Wellpappe-Verpackungen z.B. streut der Mahlgrad der Fasern nach dem Aufschlagen zwischen 29 und 49°SR [2]. Noch krassere Unterschiede zeigen die Festigkeitswerte wie z.B. der CMT- und RCT-Wert.

Die in Mitteleuropa gebräuchlichen Altpapiermischungen zeigen eine weite Bandbreite von Faserzusammensetzungen mit Anteilen von Langfasern zwischen 25 und 40 %. Eine Einingung des Streubereiches über den Altpapierhandel scheidet aus wirtschaftlichen und technischen Gründen aus. Hinzu kommen erhöhte Mengen an Stör-, Füll- und Feinstoffen, die durch das intensiviertere Recycling entstehen. Die Altpapier verwertende Papierindustrie muss die Qualitätsanforderungen, denen das Fertigprodukt genügen soll, konstant und in einem vorgegebenen Toleranzfeld erfüllen, um letztlich die Wünsche des Kunden zu befriedigen und wettbewerbsfähig zu bleiben. Die sich vor diesem Hintergrund verstärkende Kluft zwischen der Qualität der verfügbaren Altpapiere und den ständig steigenden Anforderungen an das Fertigprodukt kann nur geschlossen werden, wenn die Techniken zur Altpapieraufbereitung weiter kontinuierlich verbessert werden.

Somit stellt sich die Aufgabe, die Qualität des Altpapierstoffes durch den Aufbereitungs- und Verarbeitungsprozess optimal zu nutzen. Ein Erfolg versprechender Weg zur Qualitätssteuerung des Rohstoffes und zur Egalisierung von Rohstoffschwankungen ist die Separierung der in einer Stoffsuspension enthaltenen Bestandteile und die getrennte Behandlung der Komponenten. Diese seit Jahren praktizierte Technologie für Wellpappenpapiere gestattet mit Hilfe der Fraktionierung eine wirtschaftliche Form der Altpapieraufbereitung. Während die aschereiche Kurzfaser- und Feinstoffkomponente weitgehend unbehandelt in der Rücklage des Testliners verarbeitet wird, steht nur die Langfaserkomponente für eine mechanisch-(thermische) Behandlung durch Dispergierung und/oder Mahlung zur Verfügung, wobei die Möglichkeiten der Dispergierung zur weitgehend feinstoffarmen Reaktivierung ungeklärt sind.

Es ist im wesentlichen die Faserstoffaufbereitung, in der die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass ein Testliner die vom Wettbewerb definierten Anforderungen hinsichtlich Sauberkeit, optischer Homogenität, Oberflächengüte und nicht zuletzt Festigkeit erfüllen kann.

Die Prozesskette der Aufbereitung beginnt mit der Zerfaserung des Altpapiers im Pulper sowie der Abscheidung spezifisch schwerer Teile über Sekundärstofflöser und/oder Dickstoffreiniger. Es folgt eine Lochsortierung im Mittelkonsistenzbereich. Die nachgeschaltete Fraktionierung teilt den Stoffstrom in eine Lang- und eine Kurzfaserfraktion. Diese geht einher mit einer Verringerung des Entwässerungswiderstandes der Langfaserfraktion. Die separate Langfaser- und Kurzfaserfraktion kann nun einer technologisch optimalen Weiterbehandlung unterzogen werden.

Die in der Langfaserfraktion angereicherten Rejekte werden mit einer kombinierten Schwerteilreinigung, Feinschlitzsortierung und Leichtteilreinigung effektiv abgeschieden [3]. Danach kann wahlweise eine Dispergierung durchgeführt werden, um bestimmte Stoffeigenschaften (Homogenität, Bindungsfähigkeit u.ä.) gezielt zu verbessern. Zu diesem Zweck muss der Faserstoff vorher (meist über einen Scheibenfilter) auf hohe Konsistenzen bis zu

30 % eingedickt werden. Alternativ, oder auch im Anschluss an die Dispergierung kann eine Mahlung erfolgen, die möglichst faserschonend sein sollte. Der gemahlene Langfaserstoff wird gestapelt und anschließend der Papiermaschine zugeführt. In der Regel wird er für die Decklage verwendet. Die durch die Fraktionierung erzeugte Kurzfaserfraktion wird im einfachsten Fall nicht weiter behandelt und dient meist als Halbstoff für die Rückenlage des zweilagig hergestellten Testliners.

Ein wesentlicher Vorteil der Fraktionierung besteht darin, dass die mit Langfasern angereicherte Fraktion im Falle einer Mahlung höher belastbar ist und so einen wirtschaftlichen Refinereinsatz ermöglicht, da die Mahlmaschine besser ausgelastet wird. Weiterhin besteht die Möglichkeit, durch eine separate Mahlung der Kurzfaserfraktion das Festigkeitspotenzial nach der Rückmischung mit dem Langfaseranteil noch stärker anzuheben [4].

Untersuchungen von KOHRS, STROBEL und SIEWERT [5] zeigten, dass 64 % der installierten elektrischen Energie einer Testlinerfabrik in die Stoffaufbereitung fließen, 19 % entfallen dabei auf die Refiner. Dass eine separate Nachbehandlung der durch Fraktionierung gewonnen Langfaserkomponente Vorteile bringt, vor allem unter energetischen Gesichtspunkten, ist unbestritten [6, 7, 8, 9]. Neben einer Qualitätsverbesserung durch Mahlung, verweist RHODIUS [10] auf Festigkeitsgewinne bei der Langfaserfraktion durch eine Heißdispergierung (90°C und 50 kWh/t) beim Berstwiderstand in Höhe von 60 % und beim CMT-Wert um 30 %. Er empfiehlt zusätzlich den Asche- und Feinstoffgehalt in geeigneter Form zu reduzieren.

2 Forschungsziel

Ziel des Forschungsvorhabens war es, den Prozess der Reaktivierung des Festigkeitspotenzials von Altpapierstoff zur Herstellung von Testliner technologisch effizienter zu gestalten. Dabei ging es insbesondere um die Reaktivierung des Bindungspotenzials der Langfaserkomponente unter Berücksichtigung des vorhandenen Anteils an Füll- und Feinstoffen.

Um dafür die technologisch und wirtschaftlich günstigste Variante zu ermitteln, war ein Vergleich anzustellen zwischen den Prozessen Mahlung und Dispergierung. Dabei sollten wesentliche Maschinen- und Prozessparameter in ihrem Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften, insbesondere die Berstfestigkeit und Steifigkeit, unter Berücksichtigung des Entwässerungsverhaltens und des spezifischen Energiebedarfes für den Einsatz des Faserstoffes in Verpackungspapier und -karton optimiert werden. Die angestrebte gezielte Optimierung ausgewählter Parameter und die Auswahl der effizientesten Technologie sollen einen Beitrag zur kostengünstigeren Herstellung von Verpackungspapier und -karton leisten.

3 Lösungsweg

3.1 Grundsätzliche Vorgehensweise

Die Untersuchungen wurden hauptsächlich im Faserstofftechnikum der PTS in Heidenau durchgeführt. Die Ausrüstungen des Technikums ermöglichten die Simulation aller wesentlichen Aufbereitungsprozesse der Papierherstellung. Damit war eine praxisnahe Versuchsmethodik gewährleistet, die eine leichtere und schnellere Übertragbarkeit der Ergebnisse auf groß-technische Anlagen ermöglicht.

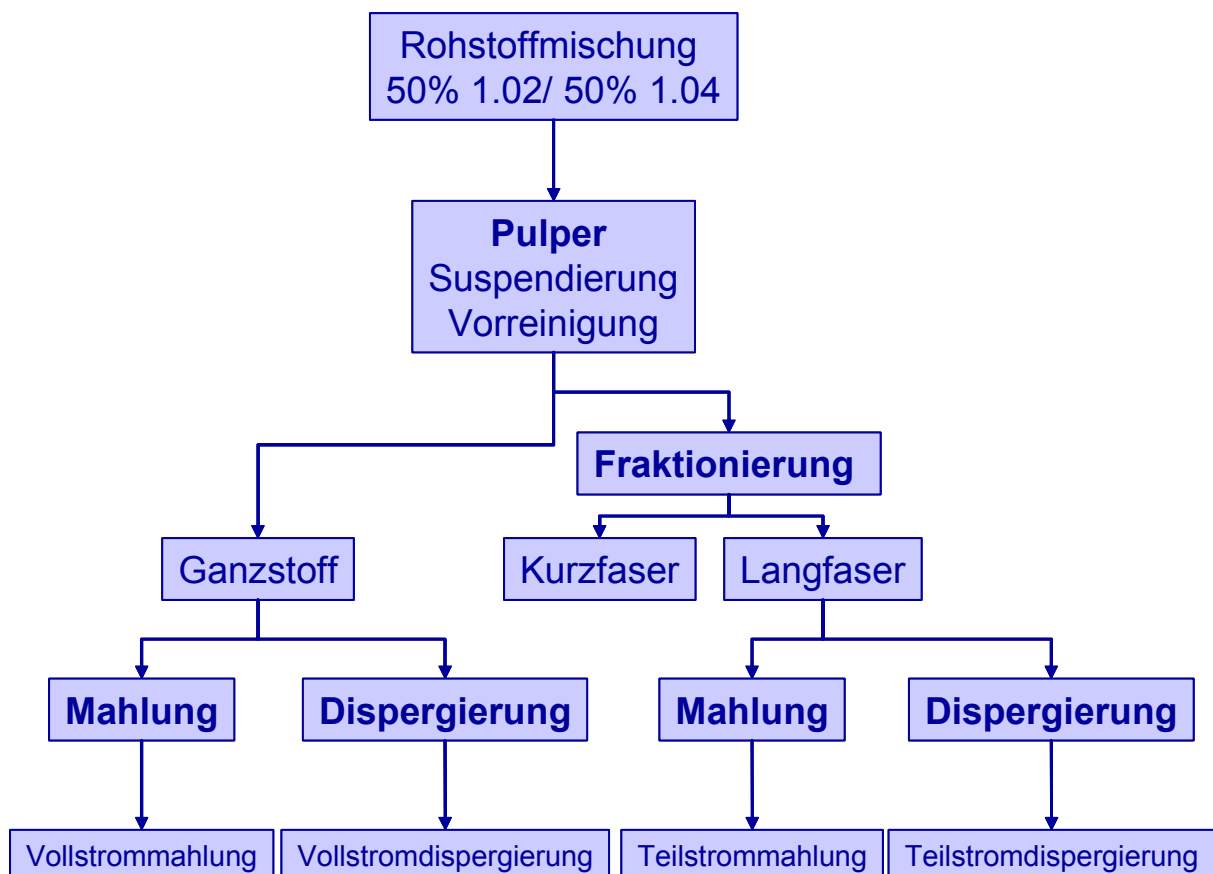
Für die Mahlversuche stand ein schon mehrfach in Forschungsprojekten und für Dienstleistungen genutzter und bewährter Refiner zur Verfügung, der mit verschiedenen Garnituren (Scheibe, Kegel) betrieben werden kann und es erlaubt, das Mahlverhalten von Faserstoffen reproduzierbar zu simulieren.

Die Dispergierung erfolgte mit zwei unterschiedlichen Aggregaten, einem Scheiben- und einem Knetdisperger. Der Scheibendisperger stellt eine Neuinvestition der PTS dar, die im Rahmen der Errichtung eines Bildungs- und Demonstrationszentrums in Heidenau finanziert werden konnte. Für die Untersuchungen zur Knetdispergierung wurde ein in der Forschungsstelle bereits vorhandener Laborkneiter der Firma IKA genutzt.

Die im Rahmen des Projektes vorgesehenen Arbeiten wurden in folgenden Etappen bearbeitet:

- ➔ Herstellung einer Modellaltpapiermischung
- ➔ Voruntersuchungen zur Erzeugung einer Langfaserkomponente aus einer Modellaltpapiermischung durch Fraktionierung
- ➔ Mahlungsuntersuchungen mit der Langfaserkomponente der Modellaltpapiermischung unter Variation von Mahlgarnitur und Stoffdichte
- ➔ Untersuchungen zur Dispergierung der Langfaserkomponente der Modellaltpapiermischung am Scheiben- und Knetdisperger
- ➔ Untersuchungen zur Dispergierung und Mahlung einer Modellaltpapiermischung im Vollstrom

Die Versuchsmethodik veranschaulicht das folgende Schema:



Die Faserstoffe wurden anwendungsbezogen an Hand folgender Eigenschaften charakterisiert:

- ➔ Statischer Entwässerungswiderstand (SR-Wert) nach DIN/ISO 5267-1

- Wasserrückhaltevermögen (ZM IV/33/57),
- Mittlere Faserlänge und Faserlängenverteilung mit dem Kajaani-Gerät FS 200
- Glührückstand (Aschegehalt) nach DIN 54370
- Berstfestigkeit nach Mullen (DIN ISO 2758)
- Streifenstauchwiderstand (DIN 54518)
- Reißlänge (DIN 53 112)
- Elastizitätsmodul (DIN EN ISO 1924-2)
- Luftdurchlässigkeit nach Bendtsen (DIN 53 120)
- Spaltarbeit (Scott-Bond) (TAPPI T 824 om-93)

3.2 Rohstoffe

Angesichts der Heterogenität handelsüblicher Altpapiere wurde im Hinblick auf die Projektzielstellung identisches Ausgangsmaterial für alle im Technikums-Maßstab geplanten technologischen Untersuchungen (Einflüsse von Fraktionierung, Mahlung und Dispergierung auf den Gesamtprozess der Wellpappenroh papierherstellung) in ausreichender Menge über den Bearbeitungszeitraum beschafft.

Für das Erreichen der Projektzielstellung war eine reproduzierbare Darstellung der beiden Altpapiersorten 1.02 und 1.04 aus industriell gefertigten Papierprodukten von Bedeutung. Die Modell-Rohstoffe sollten der typischen mittleren Zusammensetzung beider Altpapiersorten hinsichtlich der stofflichen Komponenten und des „Faseralters“ weitgehend entsprechen.

Gemäß Spezifikation der EN 643 ist die Zusammensetzung dieser Altpapiersorten wie folgt definiert:

Gemischtes Altpapier: Mischung verschiedener Qualitäten von Altpapier und Pappe, die maximal 40 % an Zeitungen und Illustrierten enthalten.

Kaufhausaltpapier: gebrauchte Karton- und Papierverpackungen, aber mindestens 70 % aus Wellpappe, Rest Vollpappe und Packpapier.

Als Grundlage für die Untersuchungen wurde folgende Modellmischung hergestellt:

Modellmischung

Simulation 50 % 1.02 und 50 % 1.04

1.02 = Sortiertes gemischtes Altpapier

1.04 = Kaufhausaltpapier

1.02: 50 % Trie-Inking (trocken aufbereitete Zeitungen/Illustrierte)

40 % Wellpappenabfälle

10 % GD-abfälle (gestrichener Faltschachtelkarton)

1.04: 10 % Trie-Inking

70 % Wellpappenabfälle

20 % GD-abfälle

Der Anteil an Zeitungen und Illustrierten und sonstigen grafischen Papieren wurde in den Modell-Altpapiermischungen durch die so genannte „TRIE-Inkingware“ nachgestellt. Dabei handelt es sich um industriell erzeugtes Altpapier der Sorte 1.11, das in einer automatischen Altpapieraufbereitungsanlage aus gemischter Haushaltsammelware erzeugt wurde. Durch die Kombination von verschiedenen Trenntechniken (Ballistiksiebe, Windsichter, Zyk-lone) entsteht eine vorzerkleinerte Deinkingware, die sich gegenüber konventionellen Pro-dukten durch einen deutlich geringeren Anteil an Pappe und Karton, Kleberücken, Heft-klammern, Glaspartikeln und anderen spezifisch schweren Bestandteilen auszeichnet.

4 Ergebnisse

4.1 Mahlungsuntersuchungen mit fraktioniertem Langfaserstoff (Teilstrombe-handlung)

Die Untersuchungen wurden im Faserstofftechnikum der PTS durchgeführt. Das Altpapier wurde in einem Pulper mit einem Volumen von 100 dm^3 bei einer Stoffdichte von ca. 5 % suspendiert. Bei der Entleerung erfolgte eine erste Vorsortierung über eine Lochplatte mit 3 mm Durchmesser. Anschließend wurde eine zweite Vorsortierung über einen Plansortierer mit 1,0 mm Lochdurchmesser zur Abtrennung vorwiegend flächiger Verunreinigungen durchgeführt. Der Gutstoff wurde anschließend zweistufig fraktioniert. Die Fraktionierung erfolgte in einem Drucksortierer, der mit einem geschlitzten Siebkorb ausgerüstet war. Die Langfaserfraktion wurde anschließend über einen Waschfilter auf ca. 15 % Stoffdichte eingedickt. Zur Bereitstellung des Faserstoffes für die Mahlung erfolgte eine weitere Suspendierung mit dem Filtrat der Wäsche bei der vorgegebenen Mahlkonsistenz.

Die Mahlung wurde in einem Scheibenrefiner mit Garnituren von 60° Schnittwinkel durchge-führt.

Im Rahmen der Mahlversuche wurden die spezifische Mahlarbeit (25 und 50 kWh/t) und die Kantenbelastung (0,7 und 1,2 Ws/m) variiert.

In Abb. 1 ist ein Schema der Versuchsanordnung dargestellt.

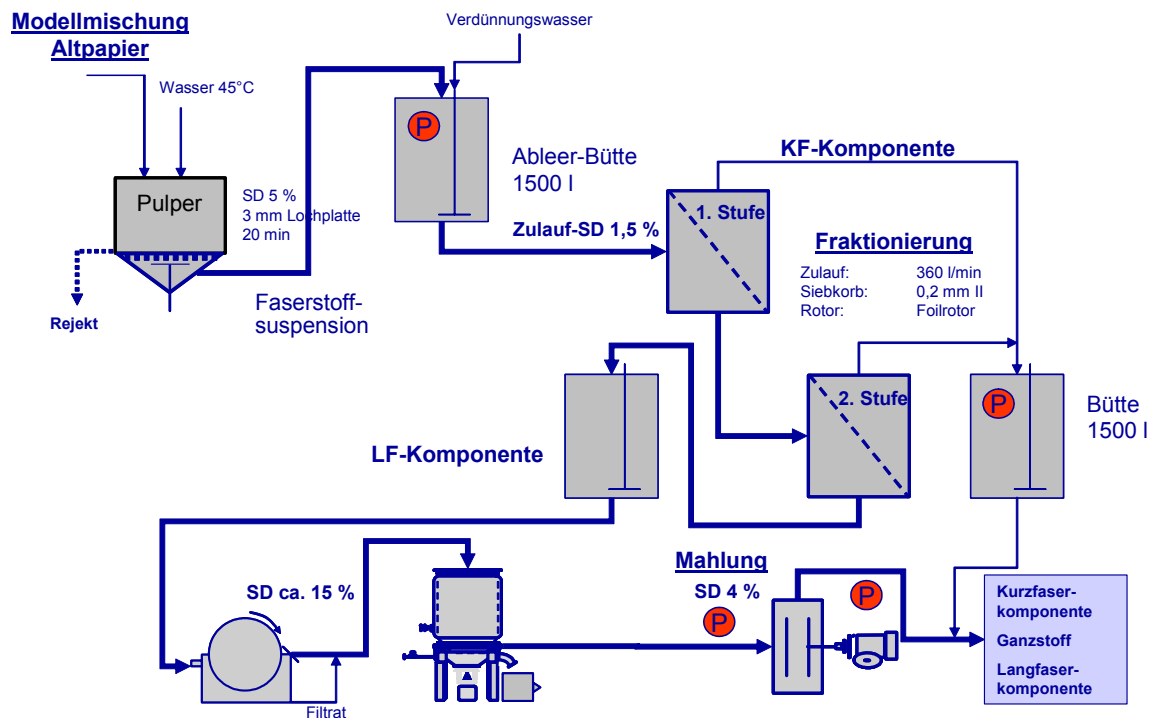


Abb. 1 Technologisches Schema der Versuchsdurchführung

Zur Bestimmung der Fraktionier- und Mahlergebnisse erfolgten Probenahmen vor und nach Fraktionierung und Mahlung. Nach der Mahlung wurden Mischungen aus der gemahlene Langfaserfraktion und der unbehandelten Kurzfaserfraktion in den Verhältnissen 30/70 bzw. 50/50 gebildet.

4.1.1 Entwicklung von Eigenschaften bei rezykliertem Altpapier durch Fraktionierung und Mahlung der Langfaserfraktion

Die folgenden Abbildungen geben die Entwicklung ausgewählter Eigenschaften der Faserstoffe durch Fraktionierung und Mahlung wider. Verfolgt werden die Entwicklung der Langfaserfraktion, die Eigenschaften der Kurzfaserfraktionen nach der 1. und 2. Sortierstufe sowie der Rückmischung der gemahlene Langfaser- mit der unbehandelten Kurzfaserfraktion. Auf der Abszisse sind nach der Prozessbezeichnung Refining (Ref.) die Werte für die spezifische Mahlkantenbelastung und den spezifischen Energieeinsatz sowie bei den rekombinierten Ganzstoffen (Final pulps) die Mischungsverhältnisse Langfaser (Long fiber)/Kurzfaser (Short fiber) (LF/SF) in Prozent angegeben. In Abb. 2 ist die Entwicklung des Entwässerungswiderstandes dargestellt.

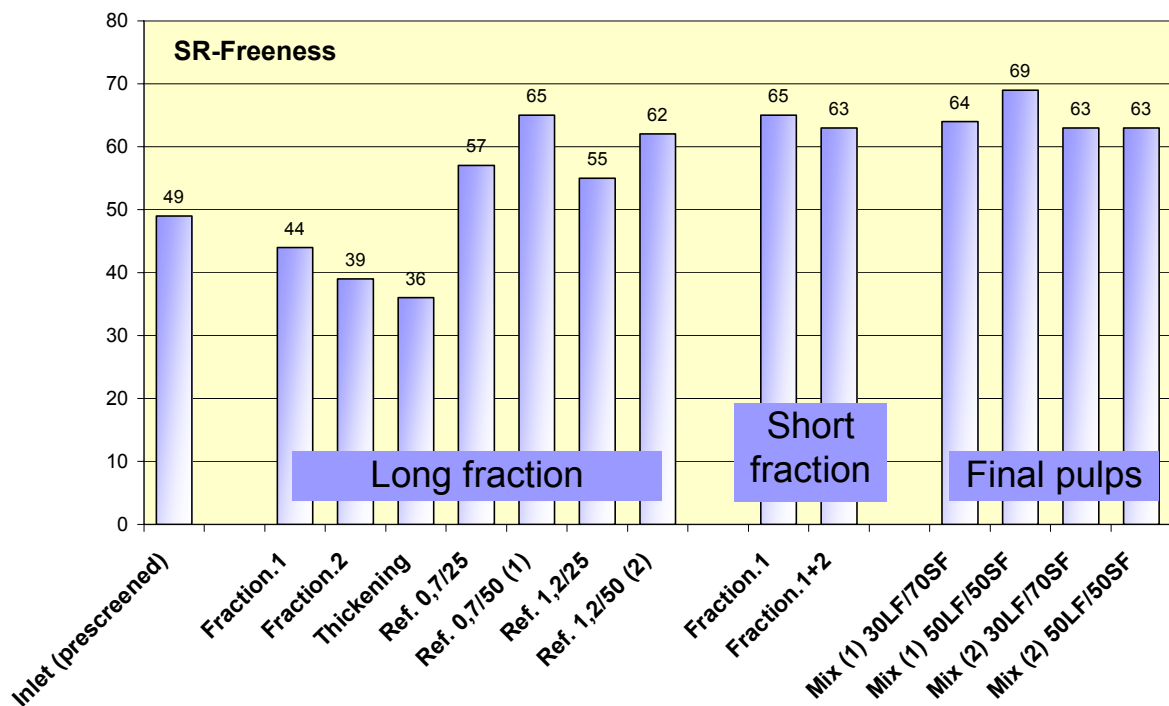


Abb. 2 Entwicklung der Entwässerbarkeit

Durch die Fraktionierung kann der SR-Wert bei der Langfaserfraktion nach zwei Stufen um 10° SR reduziert werden. Nach der Eindickung wurde diese Fraktion bei 8 % Stoffdichte gemahlen. Das hatte einen Anstieg des SR-Wertes um 20 (bei 25 kWh/t) bzw. 30° SR (bei 50 kWh/t) zur Folge. Die unterschiedlichen Mahlkantenbelastungen sind hierbei von geringem Einfluss. Nach der Mahlung werden somit ähnliche Werte erreicht, wie sie die unbehandelten Kurzfaserfraktionen aufweisen. Die Mischung von Lang- und Kurzfaserfraktionen weist SR-Werte zwischen 63 und 69 auf und liegt damit um 30 bis 40 % höher als der Ausgangsstoff (Inlet).

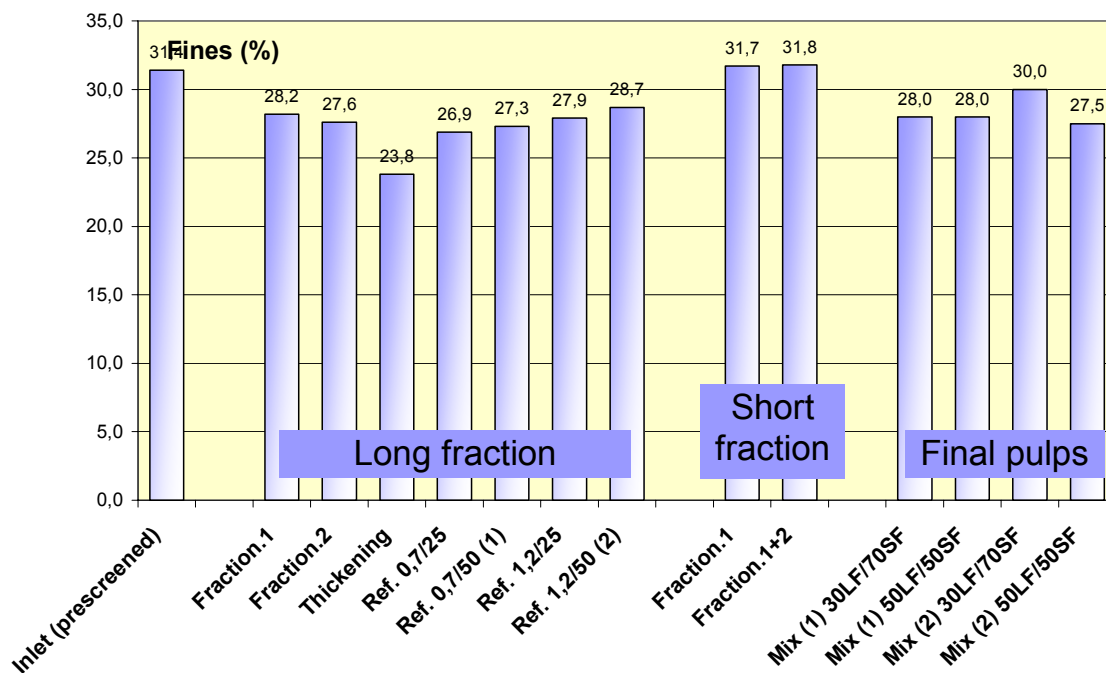


Abb. 3 Feinstoffentwicklung

Aus Abb. 3 geht die Feinstoffentwicklung während der Aufbereitung hervor. Durch Fraktionierung und Eindickung wird der Feinstoffgehalt von 31 auf 24 % gesenkt. Die Mahlung der Langfaserfraktion hat einen moderaten Anstieg bis auf 29 % zur Folge. Den meisten Feinstoff besitzen erwartungsgemäß die Kurzfaserfraktionen. Die Rückmischung aus beiden Fraktionen bleibt geringfügig unter dem Niveau des Ausgangsstoffes.

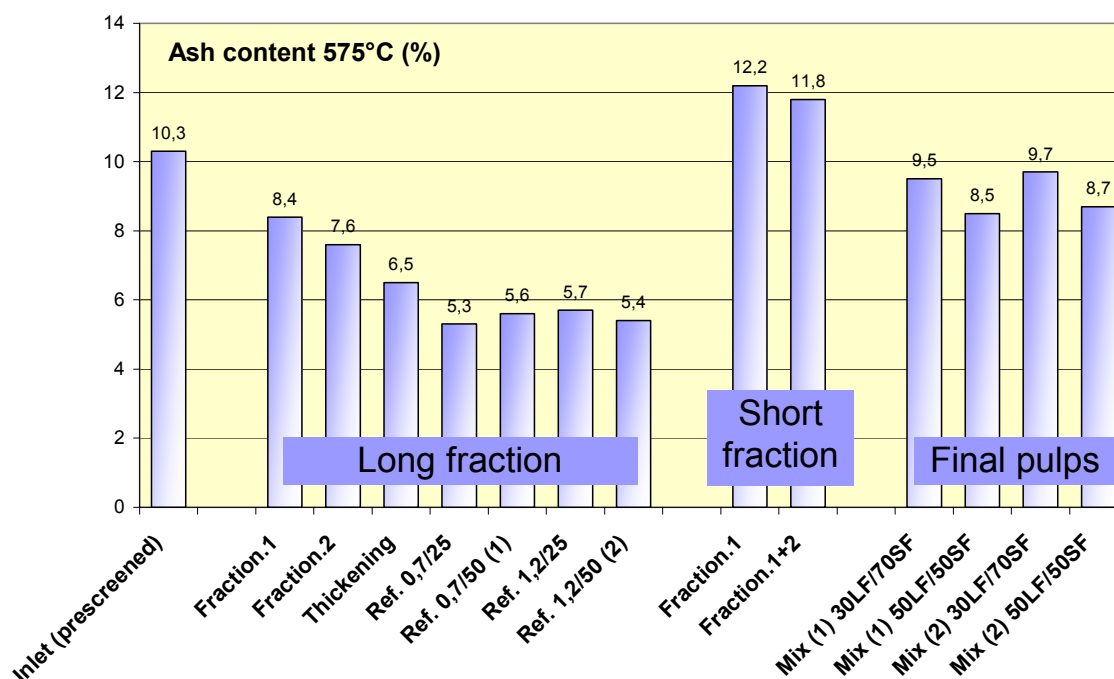


Abb. 4 Entwicklung des Aschegehaltes

Fraktionierung und Eindickung reduzieren den Aschegehalt (Abb. 4) bei der Langfaserfraktion um 50 %. Die mineralischen Bestandteile konzentrieren sich in der Kurzfaserfraktion.

Nach der Rückmischung liegt der Aschegehalt um 1 bis 2 % niedriger als beim Ausgangsstoff.

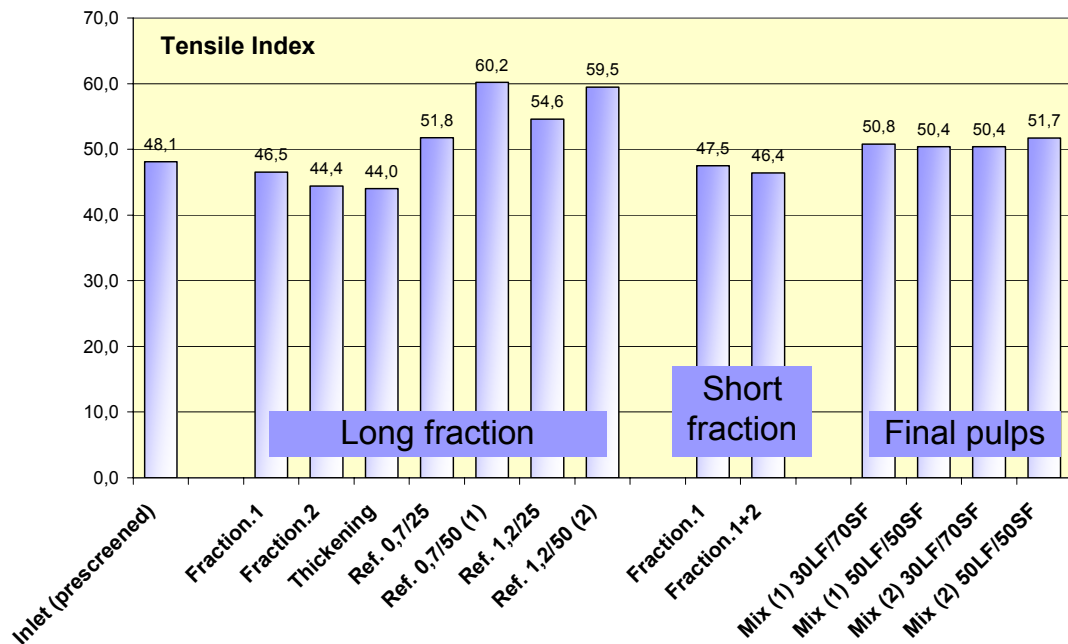


Abb. 5 Entwicklung des Tensile-Index

Durch die Mahlung der Langfaserfraktion wird der Tensile-Index (Abb. 5) beim Einsatz von 50 kWh/t an spezifischer Energie um 25 % gesteigert. Dabei spielt es eine untergeordnete Rolle, mit welcher Kantenbelastung gearbeitet wird. Infolge der Rückmischung mit der Kurzfaserfraktion geht dieser Zuwachs jedoch nahezu verloren, so dass die Ganzstoffe (Final pulps) einen Tensile-Index aufweisen, der nur geringfügig über dem Ausgangsniveau liegt.

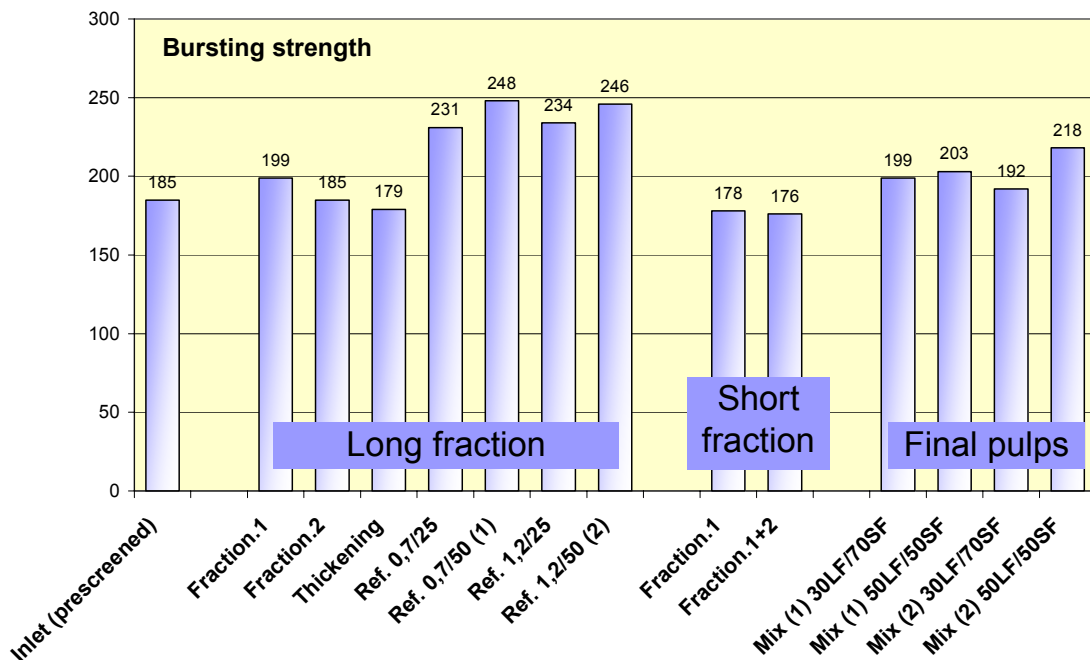


Abb. 6 Entwicklung der Berstfestigkeit

Die Entwicklung der Berstfestigkeit (Abb. 6) zeigt einen ähnlichen Verlauf. Auch hier liegen die Werte der Ganzstoffe nur wenig über den Ausgangswerten.

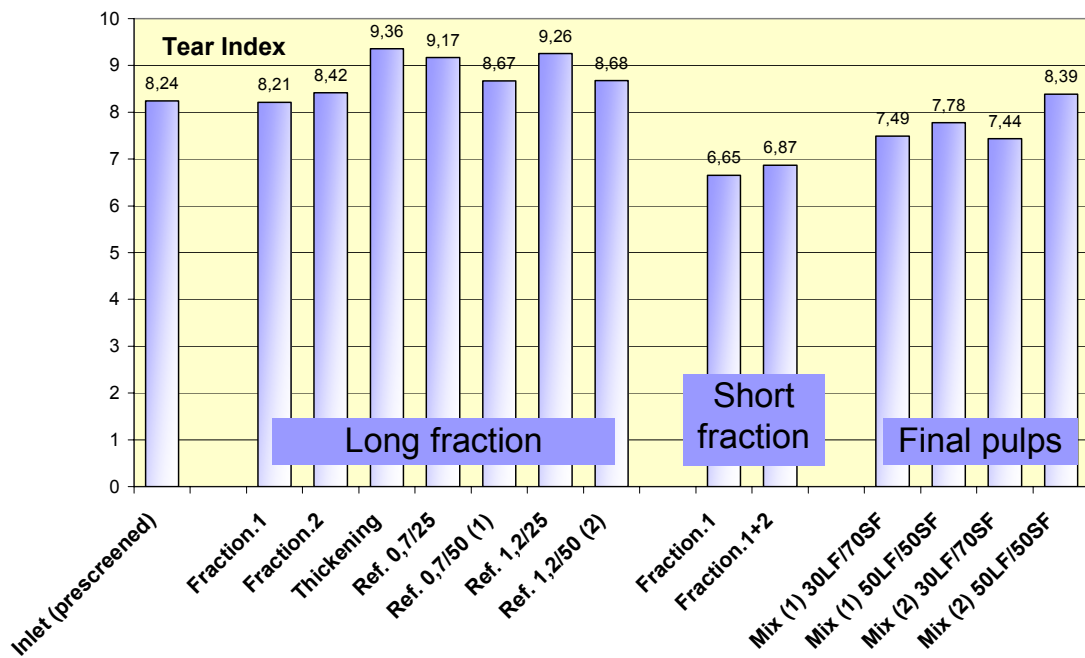


Abb. 7 Entwicklung des Tear-Index

Auch die dynamische Festigkeit wird durch die Mahlung der Langfaserfraktion zunächst positiv beeinflusst (Abb. 7). Hier kommt es beim Einsatz geringer Mahlenergie (25 kWh/t) zu einem Fibrillierungseffekt. Der Zuwachs schwindet jedoch nach Rückmischung mit der Kurzfasernfraktion. Nur bei der Mischung von 50 % gemahlener Langfaser mit 50 % Kurzfasern unter Anwendung höherer Mahlkantenbelastung kann ein Abfall des Tear-Index verhindert werden.

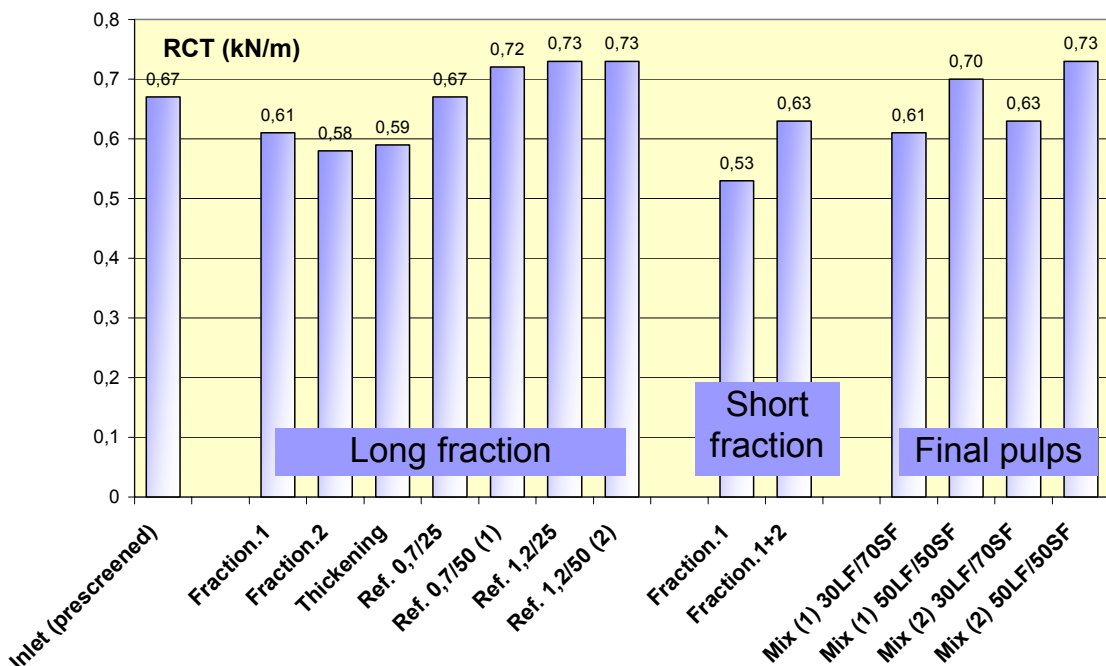


Abb. 8 Entwicklung der Ringstauchfestigkeit

Die beiden folgenden Diagramme zeigen typische Eigenschaften von Wellpappenrohpapier. Die Entwicklung des RCT ist in Abb. 8, die des SCT in Abb. 9 dargestellt.

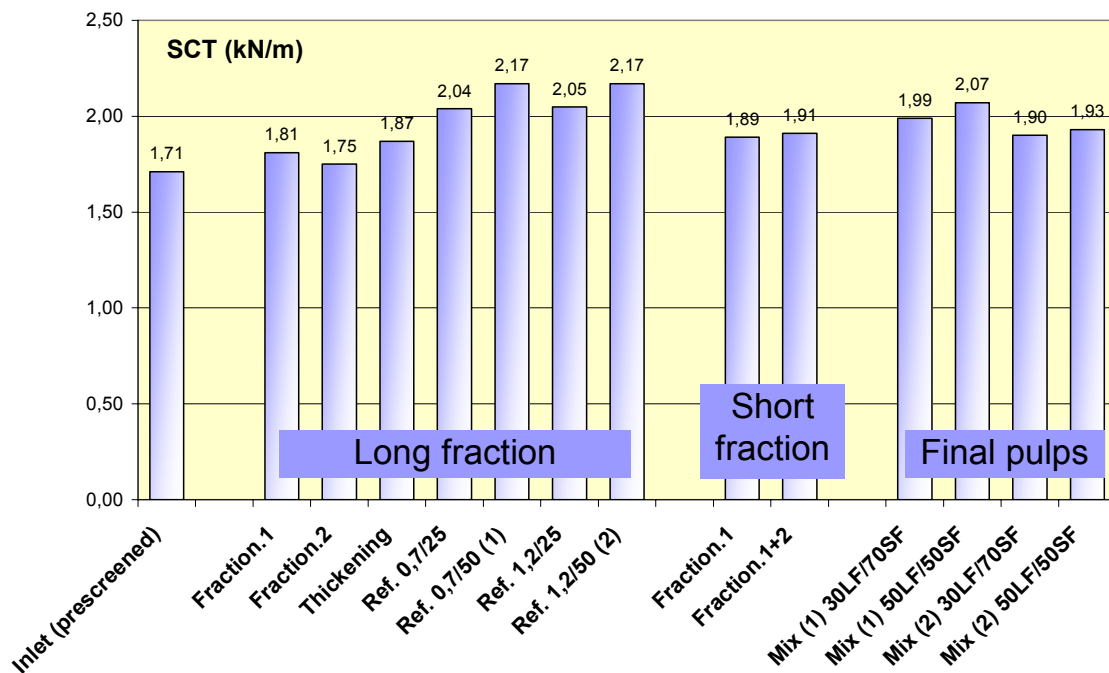


Abb. 9 Entwicklung des Streifenstauchwiderstandes

Beide Eigenschaften entwickeln sich tendenziell ähnlich. Durch die Mahlbehandlung kann ein Zuwachs zwischen 10 und 30 % bei der Langfaserfraktion erzielt werden. Gegenüber dem Ausgangsstoff bleibt nach der Rückmischung mit der Kurzfaserfraktion nur beim SCT-Wert sowie den Mischungen 50/50 beim RCT-Wert ein Teil dieses Zuwachses erhalten.

4.2 Dispergierung von fraktioniertem Langfaserstoff (Teilstrombehandlung)

Auf der gleichen Rohstoffbasis wie bei den Mahlungsuntersuchungen wurde nach der selben Prozedur erneut eine größere Charge von fraktioniertem Langfaserstoff im Technikum hergestellt.

Die Eindickung auf eine Konsistenz von ca. 30 % erfolgte im Anschluss mit Hilfe einer Zentrifuge. Anschließend wurde der entstandene Filterkuchen manuell in kleine Stücke von ca. 3 x 3 cm Größe gerissen. Für das Erwärmen des Faserstoffes wurde ein doppelwandiger Behälter aus Edelstahl genutzt, der direkt mit Dampf beheizt werden konnte. Nach einer Verweilzeit von ca. 30 min konnten auf diese Art und Weise Temperaturen von 80 °C erzielt werden. Der so vorbehandelte Langfaserstoff wurde unmittelbar in den Aufgabeschacht des Dispergers überführt.

Die Dispergierung wurde mit einem ANDRITZ-Disperger im Faserstofftechnikum der PTS durchgeführt (Abb. 10). Die Dispergerscheiben hatten eine mit tetraederförmigen Zähnen besetzte Oberfläche.



Abb. 10 Dispergerversuchsstand (rechts Garnitursicht)

Variiert wurden die Stoffdichte vor der Dispergierung und der spezifische Energieeintrag. Die Versuchsparameter gehen aus Tabelle 1 hervor.

Tabelle 1 Versuchsparameter bei der Dispergierung

	Disperger Spalt [mm]	Energieeinsatz (brutto) [kW]	Energieeinsatz (netto) [kW]	Temperatur (Start) [°C]	Temperatur (Ende) [°C]	Durchsatz (lutro) [kg/min]	Konsistenz [%]	Durchsatz [kg/min]	Spezifischer Energiebedarf [kWh/t]
1. Charge									
0-Durchgang	2,55	7,0	0,0	80	57	1,0	27,7	0,3	0
1. Durchgang	0,80	8,0	1,0	57	65	1,2	26,9	0,3	52
2. Durchgang	0,60	9,0	2,0	75	45	2,0	17,3	0,3	96
2. Charge									
0-Durchgang	2,50	7,0	0,0	80	45	1,1	19,5	0,2	0
1. Durchgang	0,70	9,0	2,0	45	40	3,3	19,5	0,6	52
2. Durchgang	0,65	7,6	0,6	40	40	2,7	20,2	0,5	18

4.2.1 Entwicklung von Faserstoffeigenschaften rezyklierter Papiere durch Fraktionierung und Dispergierung der Langfaserfraktion

Die folgenden Diagramme zeigen die Entwicklung ausgewählter Faserstoffeigenschaften durch Anwendung der Verfahren Fraktionierung und Dispergierung in der Stoffaufbereitung.

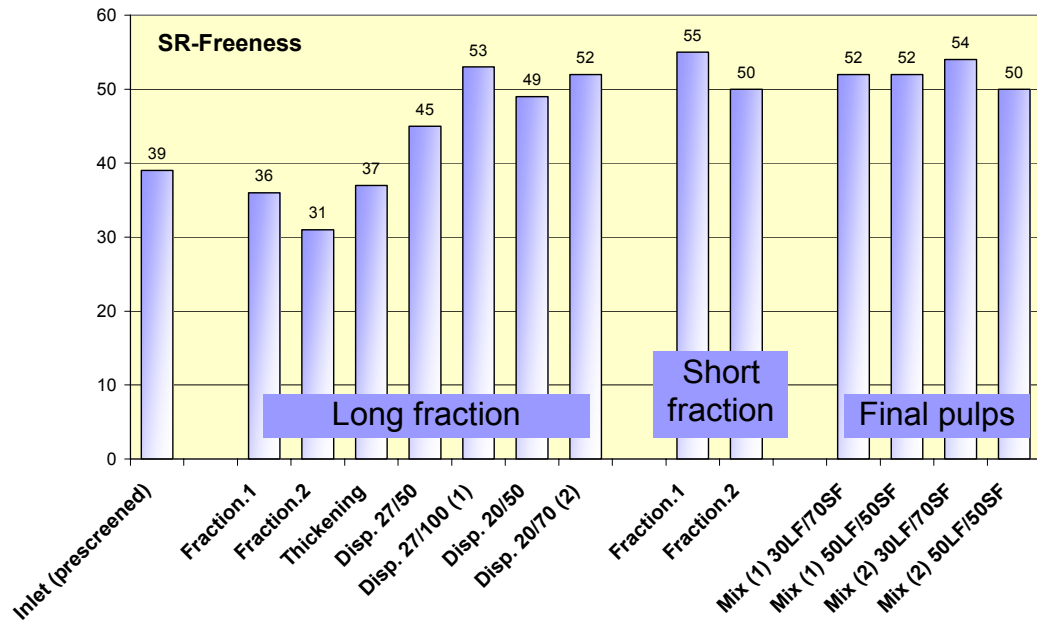


Abb. 11 Entwicklung des Entwässerungswiderstandes

Der SR-Wert der Langfaserfraktion konnte durch die zweistufige Fraktionierung um 8° SR reduziert werden. Nach Eindickung erfolgte eine Dispergierung bei 27 % Konsistenz, wobei der Mahlgrad bei einem spezifischen Energieeinsatz von 50 kWh/t um 8° SR bzw. bei 100 kWh/t um 16° SR anstieg.

Die unterschiedlichen Konsistenzen vor der Dispergierung hatten nur einen geringen Einfluss auf das Ergebnis. Die SR-Werte der Ganzstoffe lagen im Bereich zwischen 50 und 54° SR und damit um 28 – 38 % höher wie beim Ausgangsmaterial (Inlet).

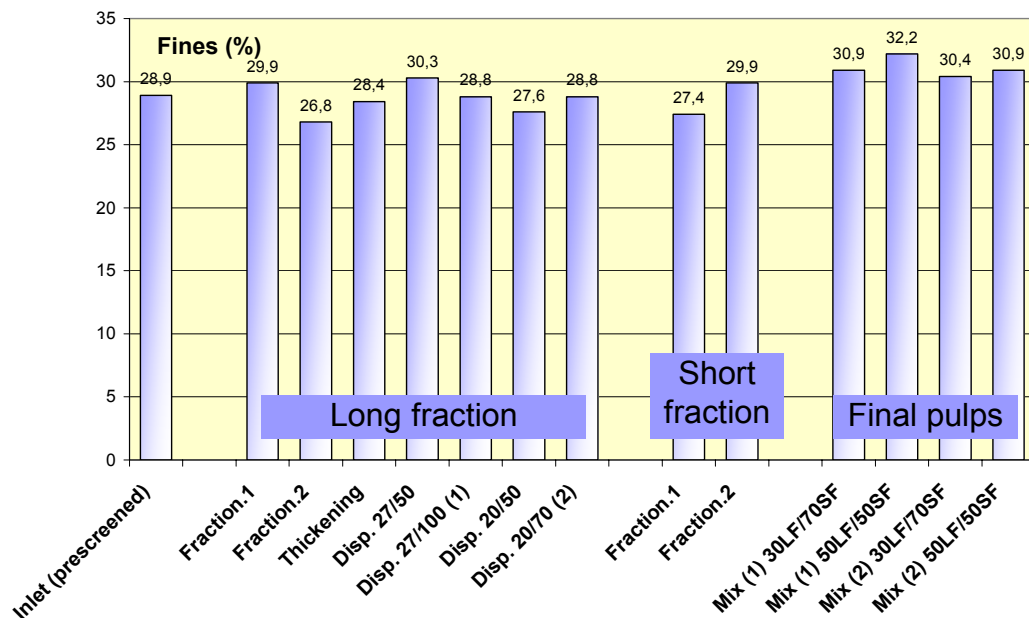


Abb. 12 Feinstoffentwicklung

Der Feinstoffanteil (Abb. 12) erfährt während der einzelnen Prozessstufen nur unwesentliche Veränderungen. Nach der Fraktionierung liegt er 2 % niedriger als im Ausgangsstoff. Durch die Dispergierung entsteht kaum zusätzlicher Feinstoff.

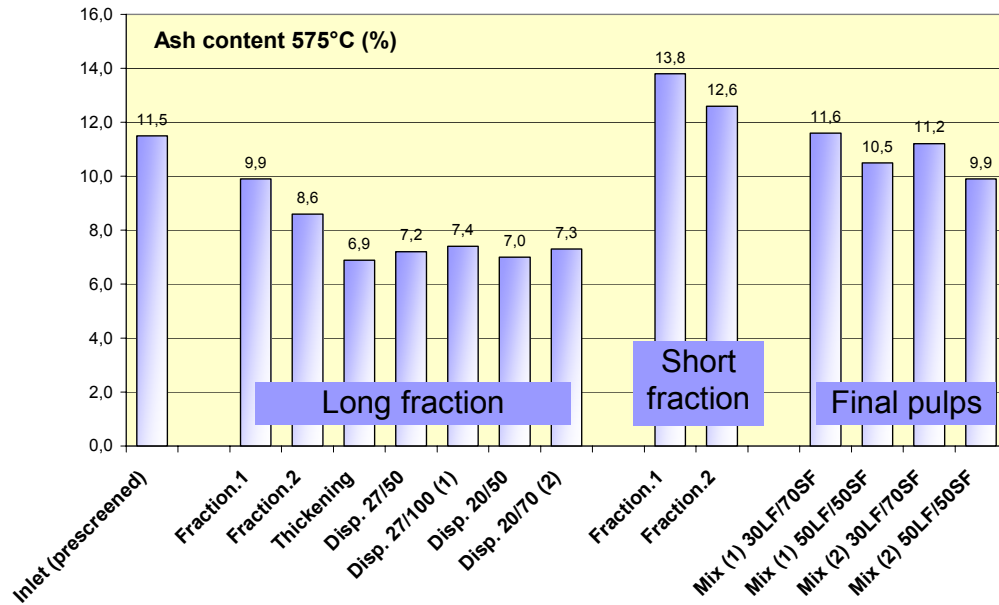


Abb. 13 Aschegehalt

Der Aschegehalt der Langfaserfraktion wurde infolge von Fraktionierung und Eindickung um 40 % reduziert (Abb. 13). Mineralische Bestandteile befinden sich vor allem in der Kurzfaserfraktion. Nach der Rekombination mit der Kurzfaserfraktion liegt der Aschegehalt praktisch auf dem gleichen Niveau, wie beim Zulauf.

Zu den gebrauchswertbestimmenden Eigenschaften von Wellpappenrohpaieren gehören neben der Berstfestigkeit der CMT (Corrugating Medium Test) und der Streifenstauchwiderstand (SCT). Die CMT-Entwicklung ist in Abb. 14 und die SCT-Entwicklung in Abb. 15 dargestellt.

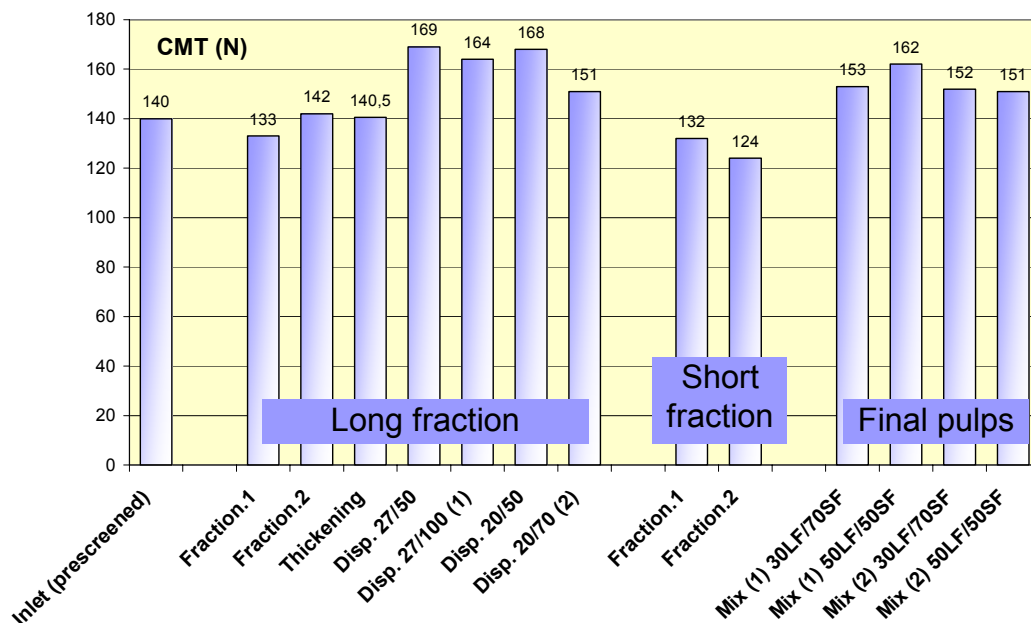


Abb. 14 Corrugated Medium Test

Die Dispergierung der Langfaserfraktion bei hoher Stoffdichte resultiert in einer 20 %igen Steigerung des CMT-Wertes. Nach der Rekombination mit dem Kurzfaseranteil sinkt der Zuwachs auf 10%.

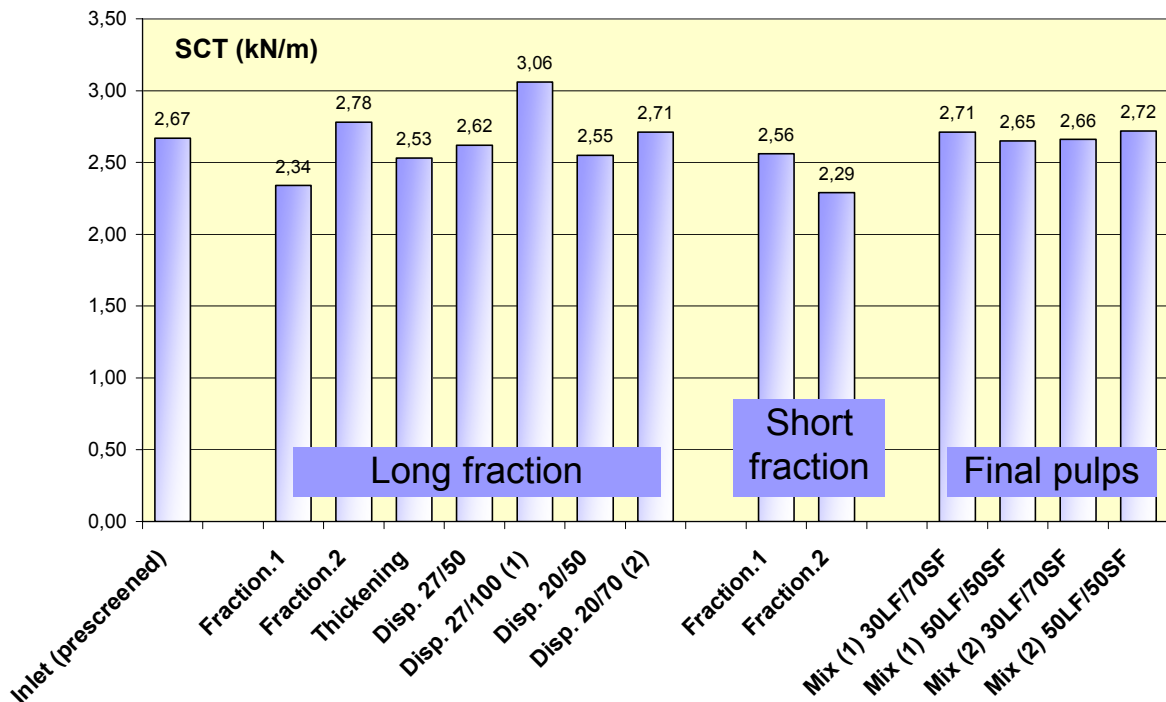


Abb. 15 Streifenstauchwiderstand

Der SCT wird durch die Dispergierung kaum positiv beeinflusst. Teilweise Verbesserungen bei höheren Energieeinträgen werden bei der Rückmischung mit der Kurzfaserfraktion wieder kompensiert.

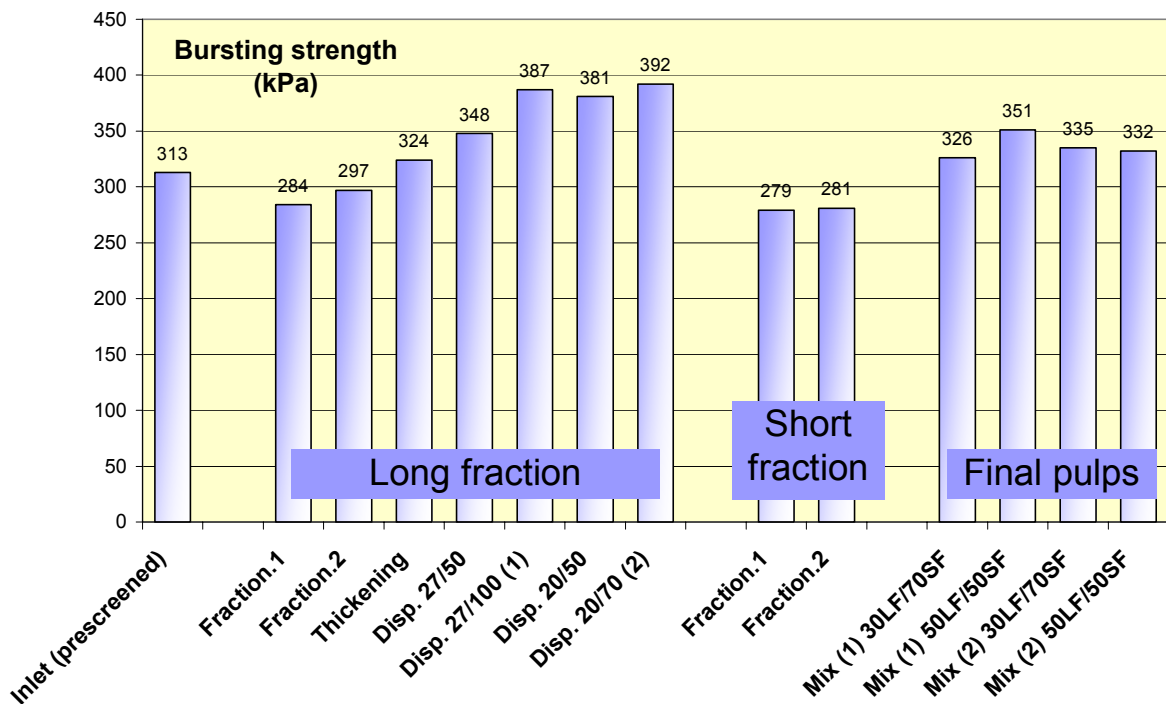


Abb. 16 Entwicklung der Berstfestigkeit

Die Entwicklung der Berstfestigkeit ist in Abb. 16 dargestellt. Hier führt die Dispergierung mit zunehmendem Energieeinsatz zu deutlichen Steigerungen bis auf 125 %. Die Unterschiede im untersuchten Stoffdichtebereich sind dabei gering. Man gewinnt den Eindruck, dass bei geringerer Konsistenz bessere Werte erreichbar sind. Nach Rückmischung der Langfaser zur Kurzfaserverfraktion bleibt noch ein Zuwachs von ca. 10 % erhalten.

4.2.2 Vergleich zwischen LC-Mahlung und Dispergierung

Die folgenden Abbildungen sollen einen Vergleich zwischen der im vorangegangenen Projektabschnitt untersuchten Mahlung im LC- (Low Consistency) Konsistenzbereich bei 4 % Stoffdichte und der Dispergierung ermöglichen. Infolge der gleichen Verfahrensweise bei der Stoffvorbehandlung mittels Zerfaserung, Vorsortierung, Fraktionierung und Eindickung sowie vergleichbaren Energieeinträgen bei der Mahlung bzw. Dispergierung ist dieser Vergleich gerechtfertigt. Die Abbildungen beinhalten die Eigenschaftsentwicklung nach der mechanischen Behandlung (Mahlung bzw. Dispergierung) sowie nach Rekombination der so behandelten Langfaserkomponente in zwei verschiedenen Mischungsverhältnissen mit dem Kurzfaserteil.

Die Abb. 17 und Abb. 18 zeigen die Gegenüberstellung der Suspensionseigenschaften Entwässerungsverhalten und Wasserrückhaltevermögen.

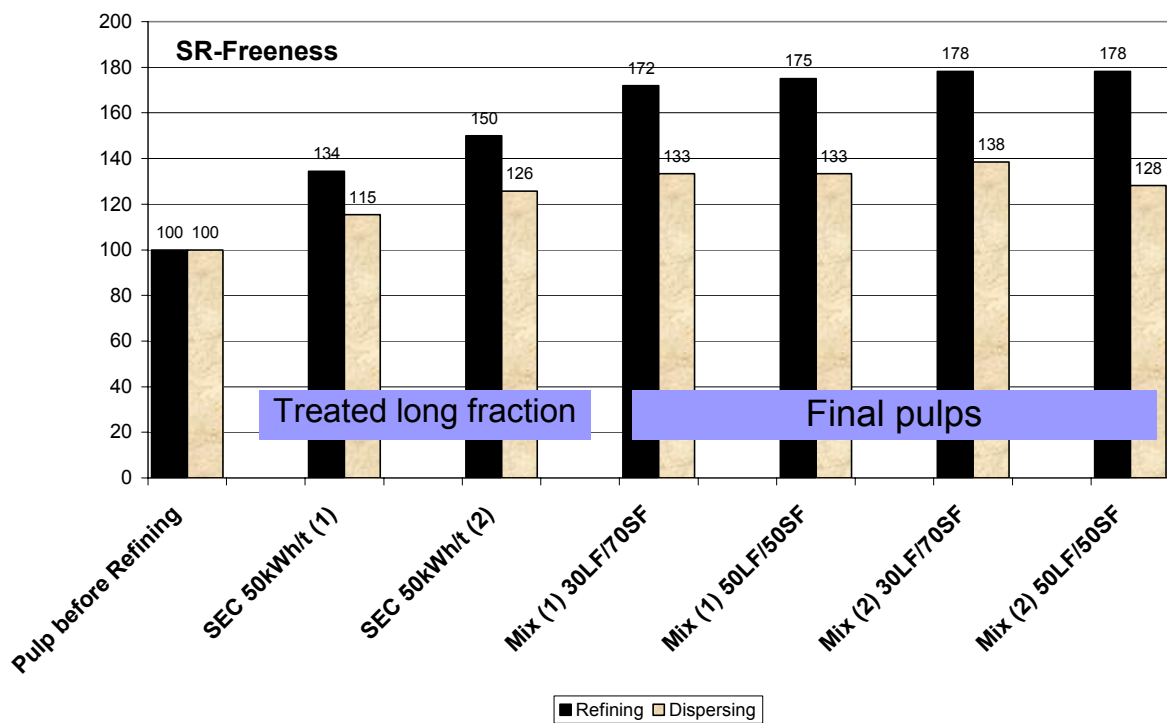


Abb. 17 Vergleich des Entwässerungswiderstandes nach Mahlung bzw. Dispergierung

Aus Abb. 17 kann man sehr deutlich die stärkere Zunahme des Entwässerungswiderstandes durch die Mahlbehandlung erkennen. Wegen der schärferen Messerkanten kommt es bei der Mahlung zu einer vermehrten Feinstoffbildung, was eine stärkere Erhöhung des SR-Wertes zur Folge hat.

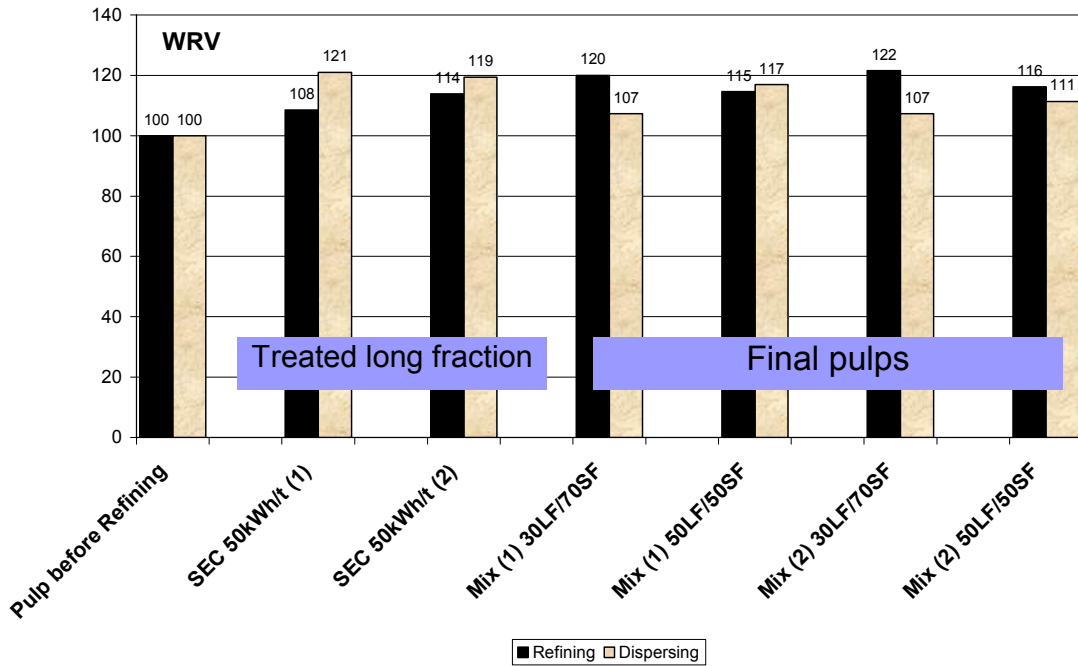


Abb. 18 Vergleich des Wasserrückhaltevermögens nach Mahlung bzw. Dispergierung

Durch das Wasserrückhaltevermögen wird die Quellfähigkeit des Faserstoffes in Wasser charakterisiert. Wie man aus der Grafik erkennen kann, existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen Mahlung und Dispergierung. Man kann davon ausgehen, dass der größte Anteil des eingesetzten Fasermaterials durch mehrfaches Recycling verhornt ist und damit das Quellvermögen grundsätzlich einschränkt. Darauf lässt auch der geringe Zuwachs nach der mechanischen Behandlung schließen.

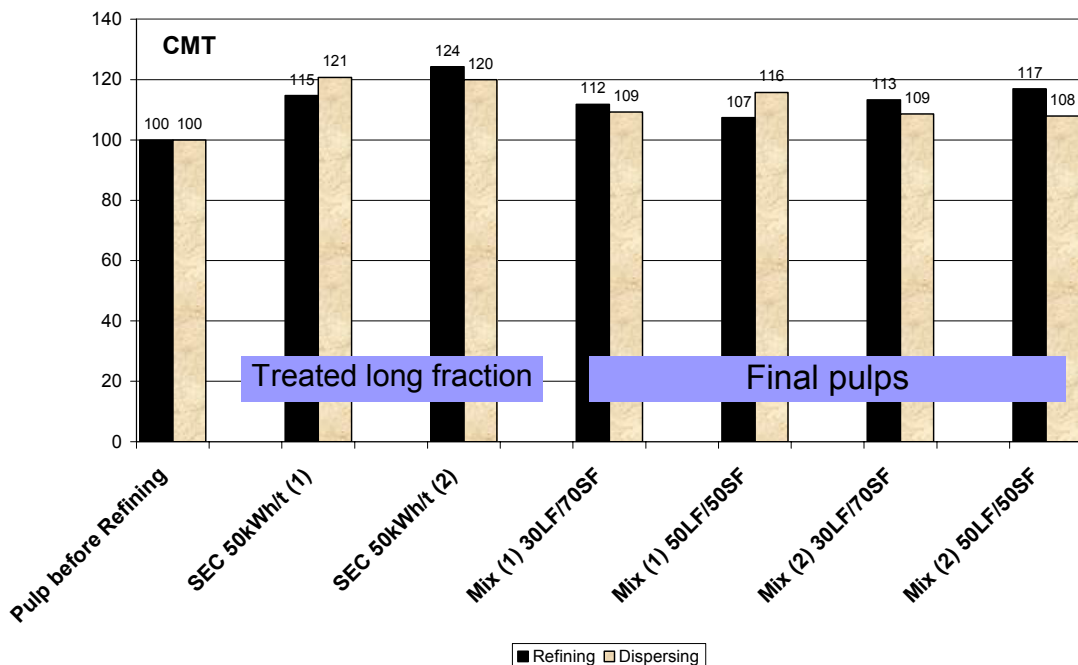


Abb. 19 Vergleich des CMT nach Mahlung bzw. Dispergierung

Die Entwicklung des CMT kann ebenfalls als unabhängig vom angewandten mechanischen Reaktivierungsprozess eingestuft werden (Abb. 19). Durch Mahlung und Dispergierung können die CMT-Werte vom Langfaserstoff auf 120 % gesteigert werden.

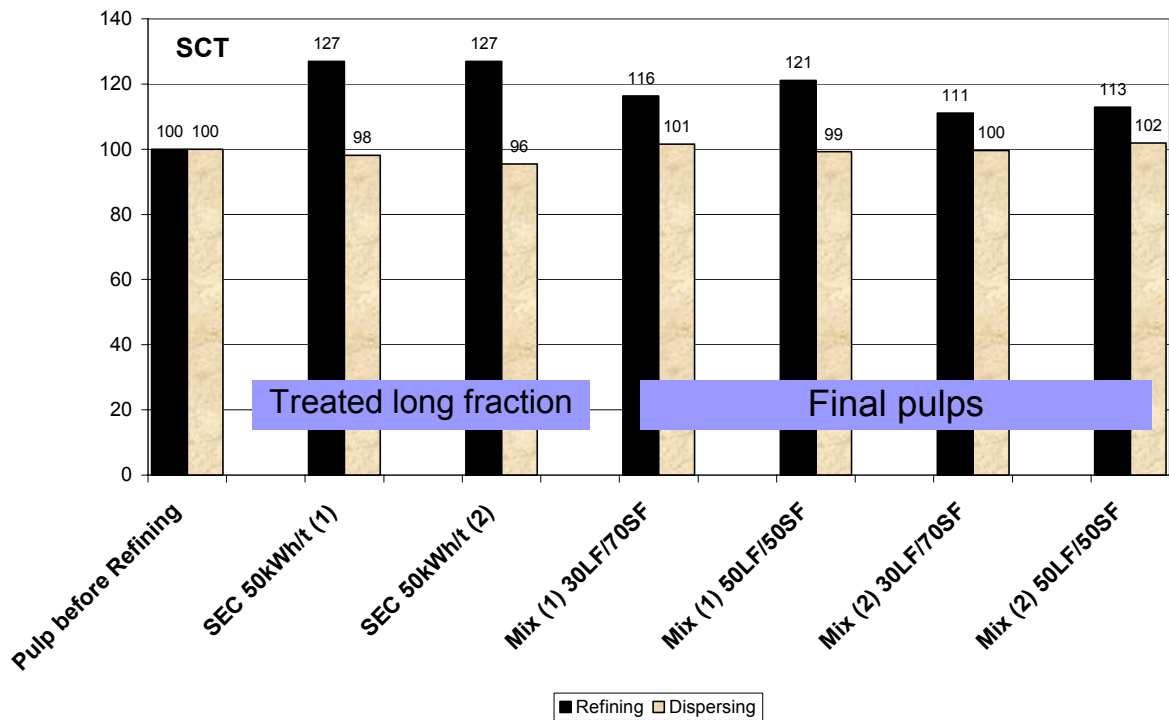


Abb. 20 Vergleich des SCT nach Mahlung bzw. Dispergierung

Eindeutige Vorteile der Mahlung gegenüber der Dispergierung zeigen sich bei Betrachtung des Streifenstauchwiderstandes (SCT) in Abb. 20. Auch nach der Rekombination mit dem Kurzfasernanteil liegen die Werte bei den gemahlten Faserstoffen mindestens 10 % über den Dispergerstoffen.

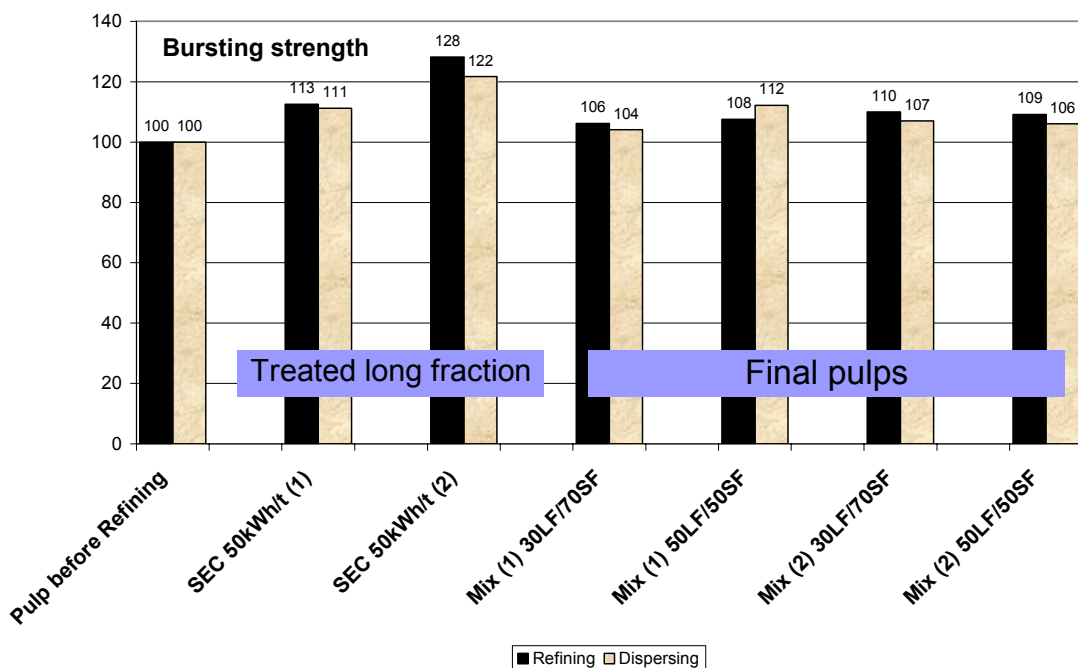


Abb. 21 Vergleich der Berstfestigkeit nach Mahlung bzw. Dispergierung

Bei der Berstfestigkeit (Abb. 21) zeichnet sich eine ähnliche Entwicklung wie beim CMT ab. Durch Mahlung bzw. Dispergierung lässt sich der Berstwiderstand bei den Ganzstoffen (Final pulps) um 5 bis 10 % steigern.

Die Abb. 22 gibt noch einmal einen Überblick über die erzielten Eigenschaften nach Mahlung bzw. Dispergierung.

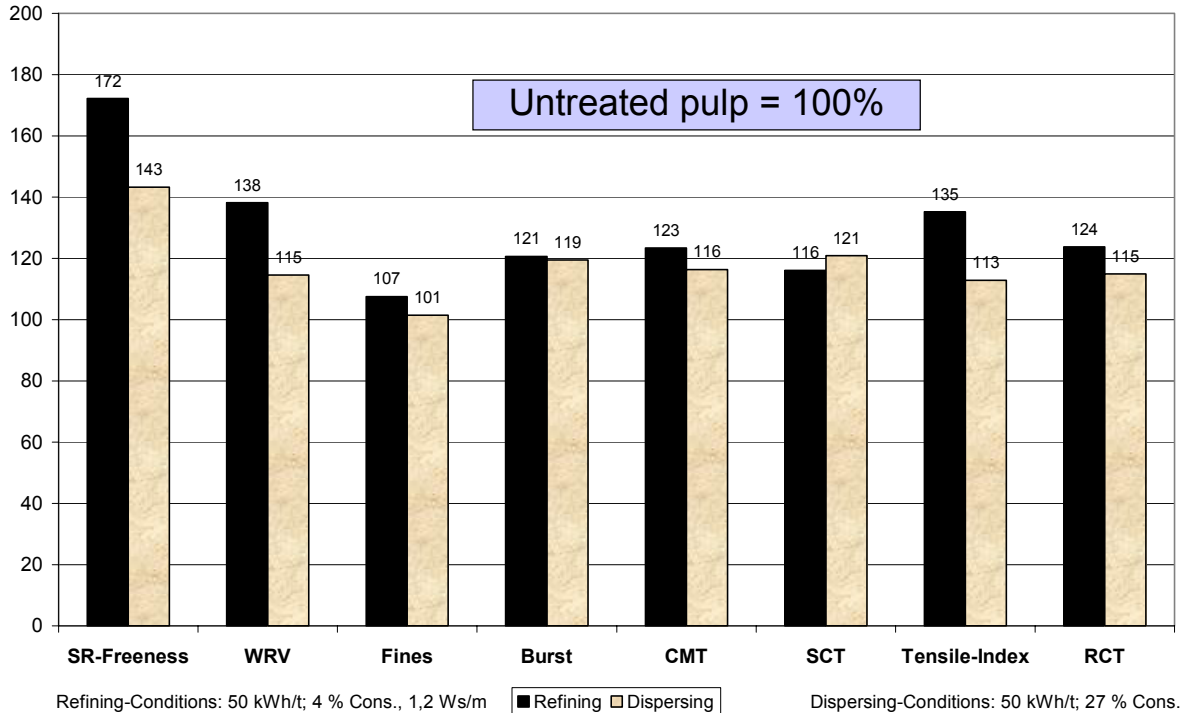


Abb. 22 Ausgewählte Eigenschaften nach Mahlung und Dispergierung

Deutliche Unterschiede zwischen Mahlung und Dispergierung zeigen sich bei den Entwässerungseigenschaften und beim Tensile-Index. Unter der Voraussetzung gleichen Aschegehaltes wird offensichtlich bei der Mahlung mehr Feinstoff gebildet. Das resultiert in einem höheren Entwässerungswiderstand (SR-Freeness und WRV). Wenn bei der Mahlung mehr Feinstoff entsteht, wird sich die Gefügefestigkeit verbessern, insbesondere statische Festigkeitseigenschaften, wie der Tensile-Index. Die Verbesserung tritt aber nur dann ein, wenn es sich um bindungsaktiven Feinstoff handelt. Das ist bei den verwendeten Rohstoffen nur in eingeschränktem Umfang der Fall.

Die Auswirkungen der bisher untersuchten Verfahrensschritte auf die Papiereigenschaften sind zusammenfassend in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 Auswirkungen von Prozessstufen der Stoffaufbereitung auf Eigenschaften von rezykliertem Altpapierstoff

Prozess	Papiereigenschaften								
	SR-Wert	WRV	Tensile-Index	Berstfestigkeit	CMT	SCT	Tear-Index	Porosität	Volumen
Fraktionierung (Frak.)	-20	-10	-8	0	-14	0	0	30	6
Frak.+LC-Mahlung	0	6	16	26	24	18	0	-18	6
Frak.+MC-Mahlung	26	20	24	33	5	27	5	-65	0
Frak.+Dispergierung	15	21	0	11	21	0	-42	-38	6
Frak.+Kneten	-20	3	-43	-70	-17	-19	-33	700	8
Frak.+Kneten+Mahlen	16	-	-11	-58	11	5	-51	65	-5

Ausgewiesen sind die prozentualen Veränderungen der Eigenschaften der mechanisch behandelten Langfaserkomponente gegenüber dem Zulaufstoff zur Fraktionierung. Um die Verfahren miteinander vergleichbar zu machen, wurden die Versuchspunkte bei einem spezifischen Energieeinsatz von jeweils 50 kWh/t zur Auswertung herangezogen.

Den höchsten Zuwachs an statischen Festigkeiten mit mehr als 30 % gewinnt man durch eine Mahlung der Langfaserkomponente im Mittelkonsistenzbereich. Dabei verschlechtert sich allerdings das Entwässerungsvermögen um ca. 25 %. Im LC-Bereich werden bei gleich bleibendem Entwässerungswiderstand statische Festigkeitserhöhungen zwischen 16 und 26 % erreicht. Die Dispergierung des Faserstoffes im Scheibendisperger führt zwar zu einem moderaten Anstieg des SR-Wertes, bringt aber nur Zuwächse beim CMT-Wert in Höhe von 20 und bei der Berstfestigkeit von 10 %.

Der Knetprozess ruft eine Faserumformung hervor, die vor allem die Porosität des Fasergefüges erhöht und damit alle Festigkeitseigenschaften negativ beeinflusst. Neben der Fraktionierung handelt es sich um einen der wenigen Prozesse, bei dem das Entwässerungsvermögen verbessert wird. Eine nachgeschaltete Mahlbehandlung trägt zur Verringerung des Festigkeitsdefizits bei, es werden aber bei weitem nicht die Eigenschaften, wie bei den anderen Verfahren erzielt.

Für die Stoffaufbereitung von Wellpappenrohpa-pieren erscheinen deshalb nur die Verfahren der Mahlung und Dispergierung in Kombination mit einer Fraktionierung zur Faserreaktivierung geeignet zu sein.

4.3 Kleintechnische Versuche zur Herstellung von Testliner (Vollstrombehandlung)

Im Rahmen eines Technikumsversuchs wurden zwei Varianten der Stoffaufbereitung bei der Reaktivierung von Altpapierfaserstoff getestet und entsprechend behandelte Faserstoffe im kleintechnischen Maßstab zu Testliner verarbeitet. Von besonderem Interesse waren dabei der Vergleich der beiden Verfahrensschritte Mahlung und Dispergierung und ihr Einfluss auf die Entwässerungs- und Festigkeitseigenschaften des auf der Papiermaschine hergestellten Testliners.

Die prinzipielle Vorgehensweise veranschaulicht das Ablaufschema in Abb. 23. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Versuchen erfolgten die Reaktivierungsprozesse im Vollstrom, d.h. ohne Fraktionierung.

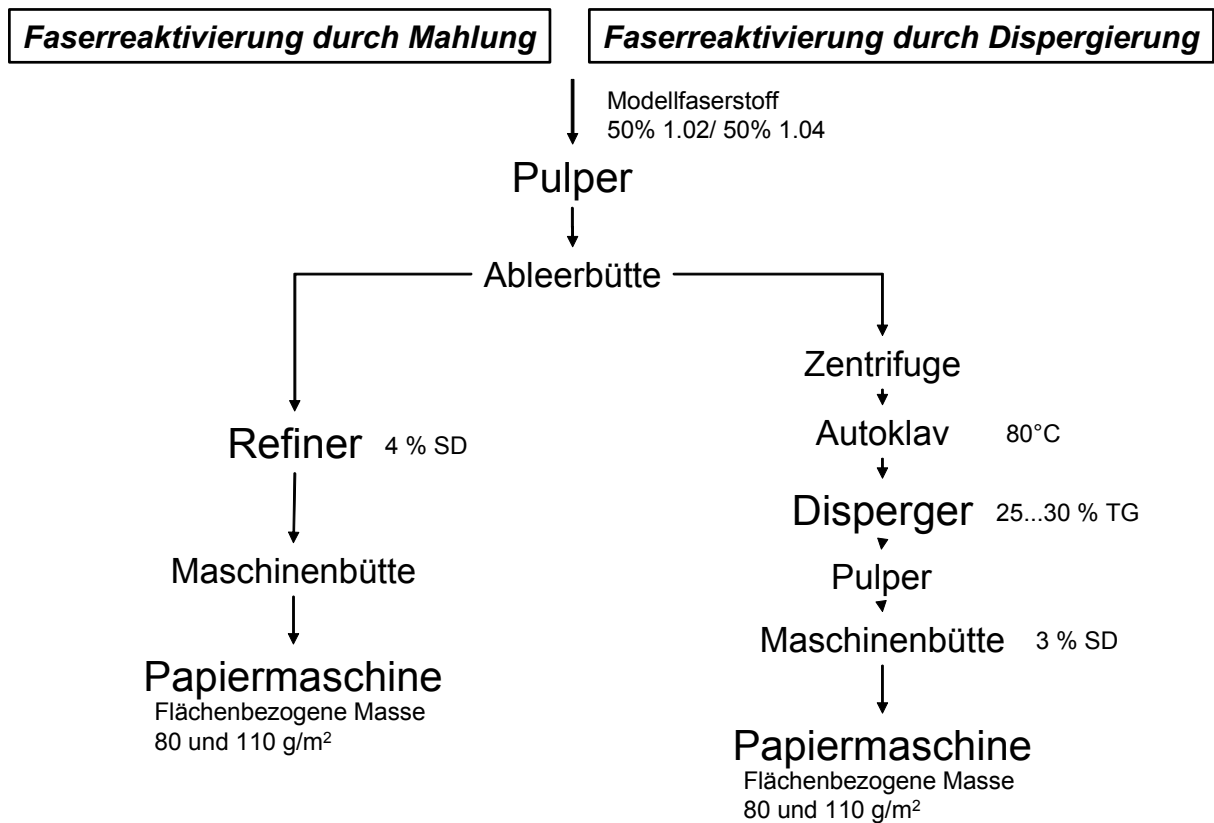


Abb. 23 Varianten der Stoffaufbereitung bei der Herstellung von Testliner

Folgende Rohstoffe gelangten zum Einsatz:

- 30 % Zeitungen/Illustrierte
- 55 % Wellpappenabfälle
- 15 % Abfälle gestrichenen Faltschachtelkartons

Die Mahlung erfolgte unter folgenden Bedingungen:

- Mahlgarnitur: 60° Kurzfaser-Scheibe
- Spezif. Kantenbelastung Bs 0,7 Ws/m
- Stoffdichte 4,0 %
- Aspez 50 kWh/t

Die Vorbereitung des Altpapierstoffes für die Dispergierung erfolgte nach der im Abschnitt 3.4 beschriebenen Prozedur. Die Bedingungen bei der Dispergierung gehen aus Tabelle 3 hervor.

Tabelle 3 Dispergierbedingungen

	Disperger Spalt [mm]	Energieeinsatz (brutto) [kW]	Energieeinsatz (netto) [kW]	Temperatur (Start) [°C]	Temperatur (Ende) [°C]	Durchsatz (Iutro) [kg/min]	Konsistenz [%]	Durchsatz [kg/min]	Spezifischer Energiebedarf [kWh/t]
1. Durchgang	2,50	7,0	1,0	55	43	1,7	27	0,5	37
2. Durchgang	1,00	7,5	1,5	43	50	1,4	28,5	0,4	65

An der Papiermaschine wurde einlagiger Testliner mit 80 und 110 g/m² flächenbezogener Masse als Referenzmuster erzeugt. Als Retentionsmittel wurden 0,15 % eines kationisch modifizierten Polyethylenimins zugegeben. Damit konnte eine First-Pass-Retention zwischen 87 und 90 % erzielt werden.

In den folgenden Diagrammen ist die Entwicklung wesentlicher Suspensions- und Papiereigenschaften in Abhängigkeit vom Prozess der Stoffaufbereitung und der Papiermaschine dargestellt.

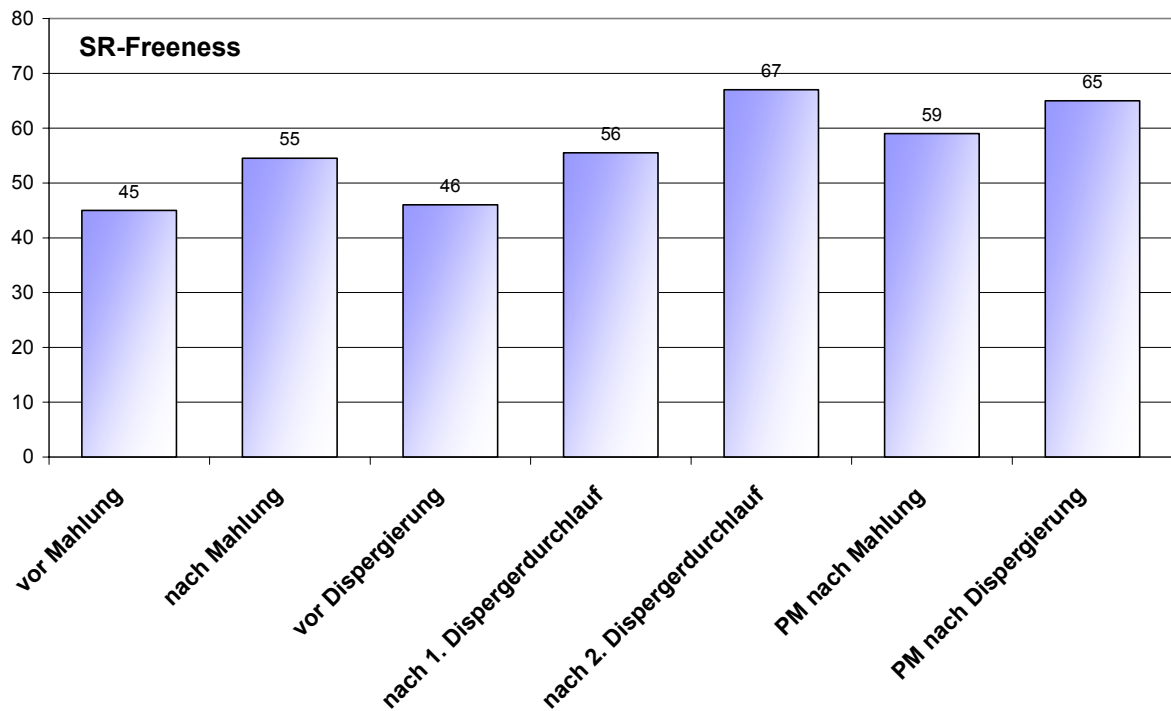


Abb. 24 Entwicklung des Entwässerungswiderstandes

Bei der mechanischen Behandlung im Vollstrom liegen die SR-Werte nach der LC-Mahlung und nach dem ersten Dispergerdurchgang auf dem gleichen Niveau.

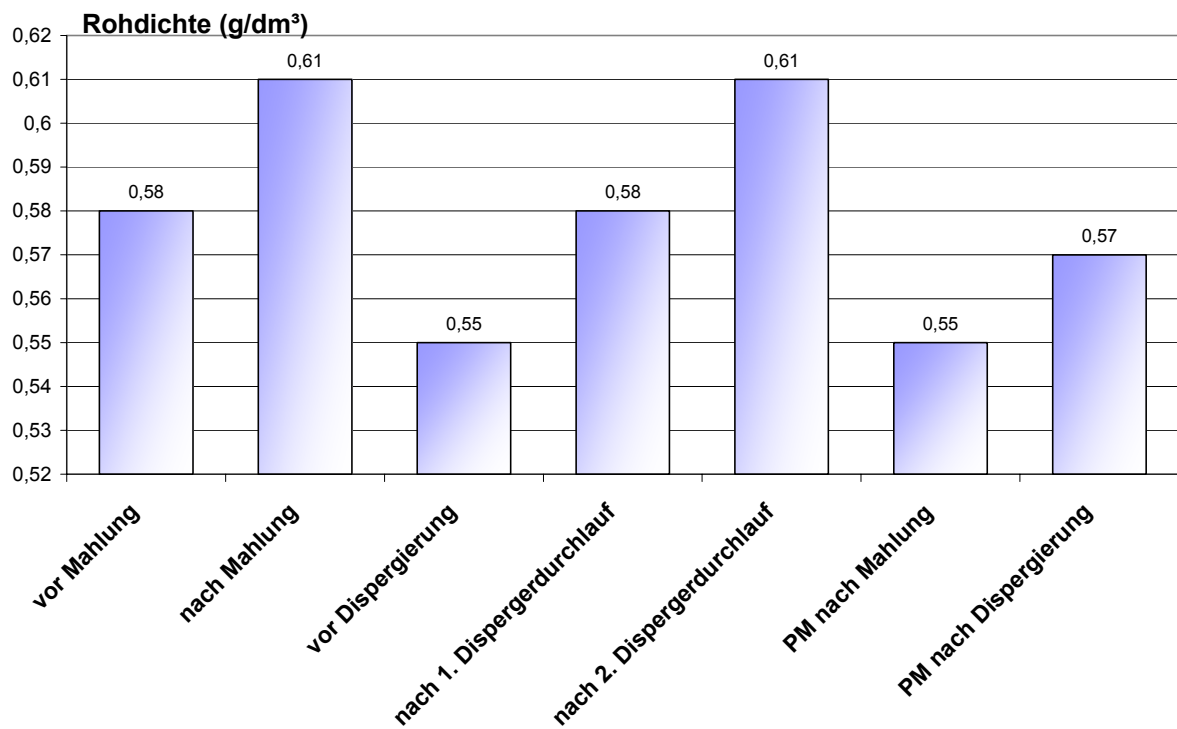


Abb. 25 Rohdichte

Da der Faserstoff nach dem ersten Durchgang mit 37 kWh/t jedoch zu wenig spezifische Energie im Vergleich zur Mahlung (50 kWh/t) aufgenommen hatte, wurde ein zweiter Durchgang nachgeschaltet. Dabei stieg der Mahlgrad, höher als erwartet, auf 67°SR.

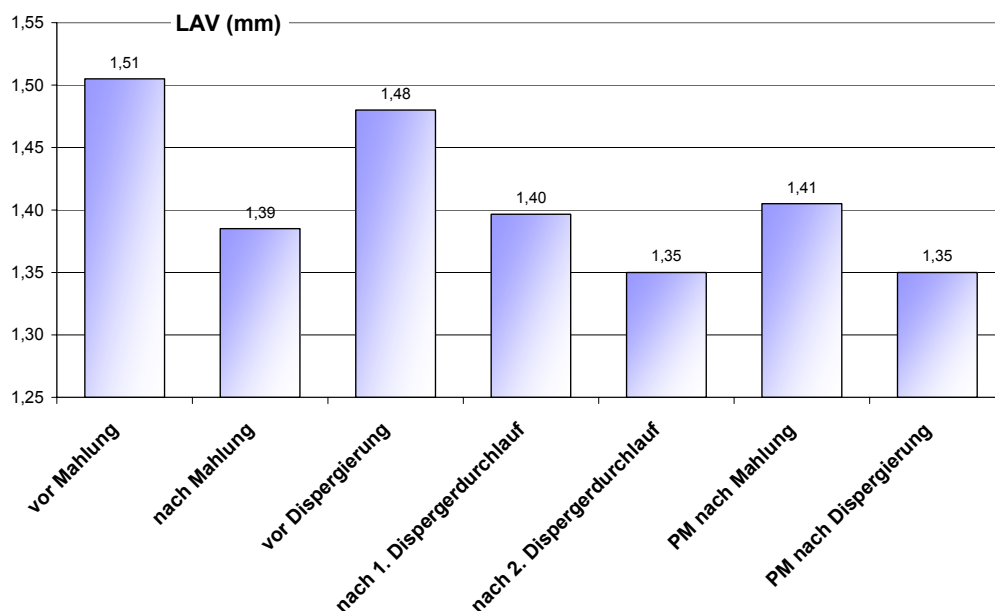


Abb. 26 Längengewichtete mittlere Faserlänge

Dieser Stoff bildete dann zusammen mit dem im Refiner gemahlten Stoff die Grundlage für die Versuche an der PM. Für den Verfahrensvergleich können praktisch nur die Werte nach der Mahlung und dem ersten Dispergerdurchlauf herangezogen werden. Die Papiere von der Papiermaschine können auf Basis der übereinstimmenden Rohdichte nach der Stoffaufbereitung miteinander verglichen werden. Die Werte von der PM wurden aus Längs- und Quer-

richtung gemittelt. Bemerkenswert ist die Übereinstimmung der morphologischen Eigenschaften (Faserlänge – Abb. 44 und Feinstoffgehalt – Abb. 45) nach Mahlung und Dispergierung. Bei der Teilstrommahlung wurde bei vergleichbarem Energieeinsatz weniger Feinstoff gebildet.

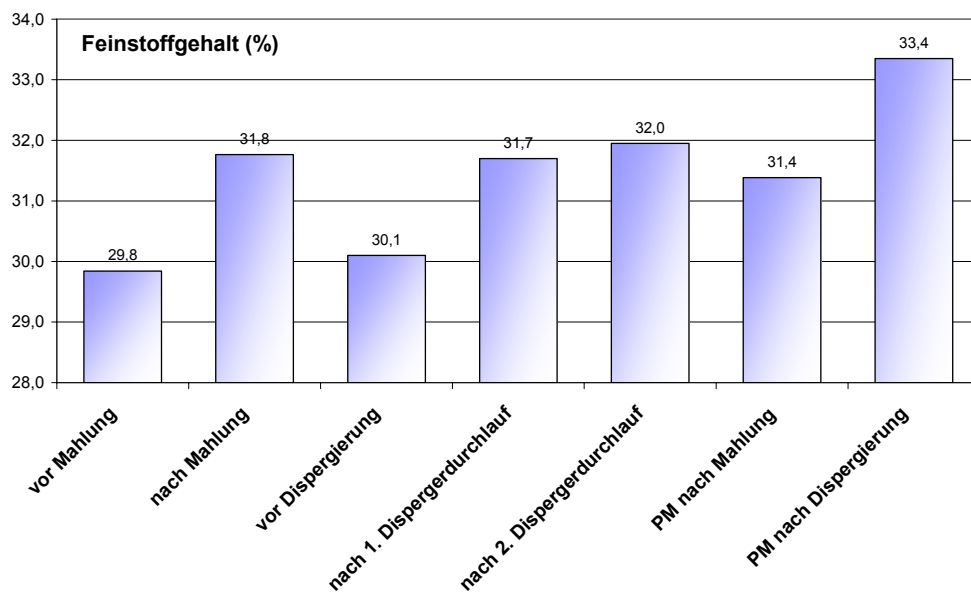


Abb. 27 Feinstoffgehalt

Auf Grund der übereinstimmenden morphologischen Kennwerte können auch ähnliche Festigkeitseigenschaften nach Mahlung und Dispergierung erwartet werden. Bei gleichem SR-Wert liegen jedoch SCT, CMT und Berstfestigkeit nach der Mahlung höher. Ursache dafür ist die stärkere Verdichtung des Faservlieses bei der Blattbildung.

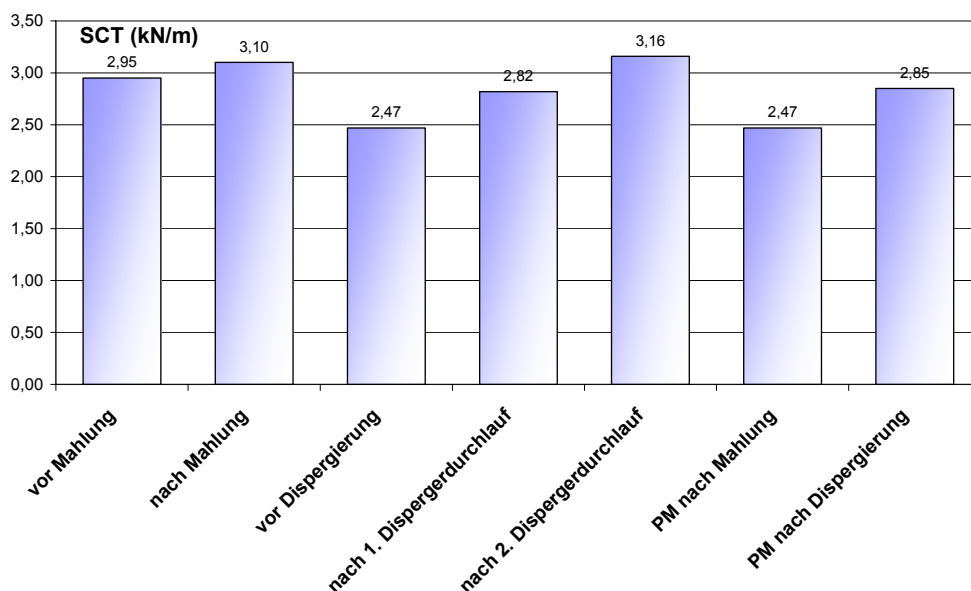


Abb. 28 Streifenstauchwiderstand

An der PM liegen SCT und CMT nach der Dispergierung höher, weil für die Maschinenversuche der Faserstoff nach dem zweiten Durchgang genutzt wurde, bei dem der SR-Wert höher ausfiel.

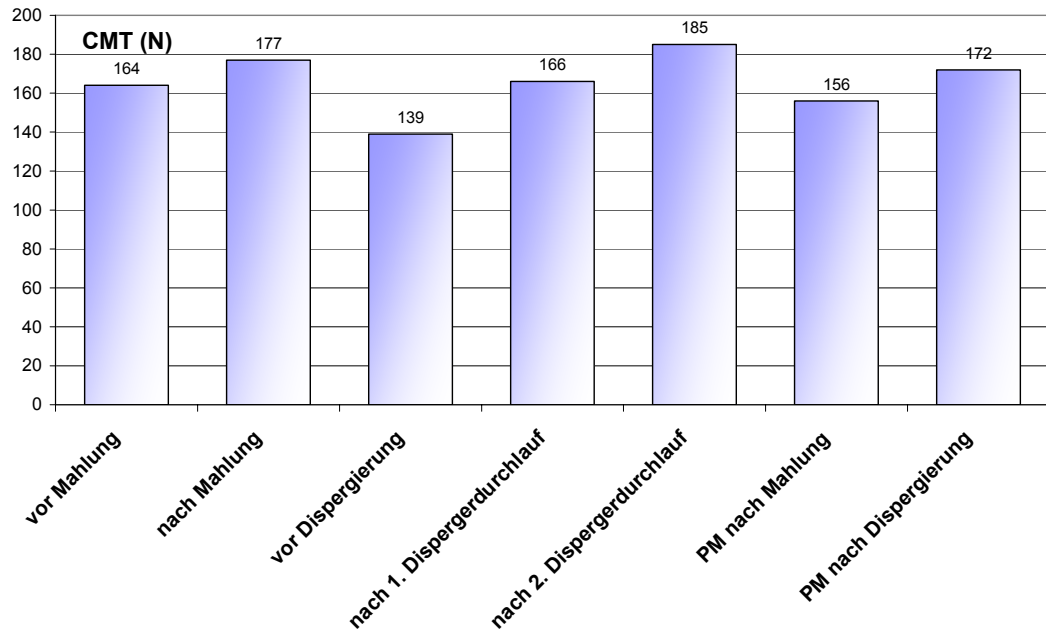


Abb. 29 Corrugated Medium Test

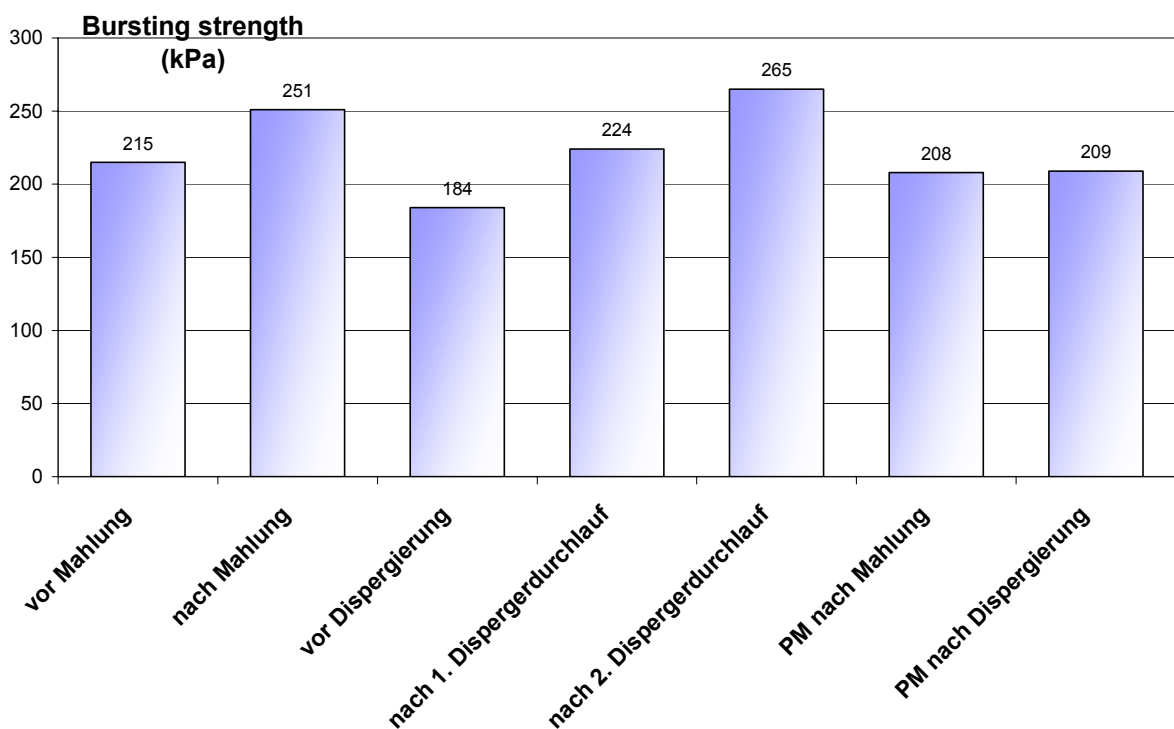


Abb. 30 Berstfestigkeit

Das Festigkeitsniveau der im Vollstrom gemahlene bzw. dispergierte Faserstoffe liegt unter dem Niveau der teilstrombehandelte Fasern. Dabei wird der Entwässerungswiderstand stärker entwickelt, da auch der Feinstoff der mechanische Behandlung unterworfen wird.

Aus diesen Ergebnissen kann man schlussfolgern, dass eine Vollstrommahlung schlechtere statische Festigkeiten liefert als eine Teilstrommahlung.

5 Schlussfolgerungen

Im Rahmen des Projektes wurden an Modellaltpapierstoffen im Technikumsmaßstab Untersuchungen zur Reaktivierung des Faserstoffpotenzials durchgeführt. Die Altpapierstoffe wurden fraktioniert und die Langfaserfraktion einer Teilstrombehandlung durch Mahlung und Dispergierung bei Variation von spezifischem Energieeinsatz und Mahlkantenbelastung unterzogen. Zum Vergleich erfolgte eine Mahlung und Dispergierung im Vollstromverfahren.

Die Fraktionierung und anschließende Mahlung der Langfaserfraktion führt zu einer Verbesserung der Eigenschaften, insbesondere der statischen Festigkeiten. Eine anschließende Rückmischung mit der unbehandelten Kurzfaserfraktion mindert jedoch die positiven Effekte.

Durch eine Dispergierung mit einem Scheibendisperger können die Festigkeiten bis zu 20 % verbessert werden. Gegenüber einer Mahlbehandlung im konventionellen Bereich niedriger Stoffdichte von 4 % werden ähnliche Festigkeitseigenschaften bei einem günstigeren Entwässerungsverhalten erzielt. Bei der Dispergierung der Langfaserfraktion unter Variation von Stoffdichte und spezifischem Energieeintrag zeigte sich, dass sich Unterschiede in der Konsistenz bei der Dispergierung zwischen 20 und 30 % nicht signifikant auf die Festigkeitseigenschaften des Faserstoffes auswirken.

Bei der Vollstrommahlung wird der gesamte Feinstoff der mechanischen Belastung unterworfen, was zu einem höheren Entwässerungswiderstand führt. Da ein großer Anteil dieses Feinstoffs nur als Füllstoff wirkt, fallen insbesondere die statischen Festigkeiten geringer aus.

Für die Stoffaufbereitung von Wellpappenrohropapieren sind sowohl Mahlung als auch Dispergierung zur Reaktivierung des Faserpotenzials der Rohstoffe geeignet. Bei der Mahlung ist der erzielbare Festigkeitszuwachs jedoch mit einem nicht zu vernachlässigenden Mahlgradanstieg verknüpft. Dieser Anstieg kann reduziert werden, in dem die Mahlung im Teilstrom unter sorgfältig auf den Rohstoff abgestimmten Mahlbedingungen durchgeführt wird. Darunter ist die Mahlung im Stoffdichtebereich zwischen 4 und 8 % bei niedrigen Kantenbelastungen (0,7...1,2 Ws/m) und geringen spezifischen Energieeinträgen bei ca. 50 kWh/t zu verstehen.

In Tabelle 4 sind der spezifische Energieaufwand und die Energiekosten für eine Voll- und Teilstrombehandlung des Faserstoffes gegenübergestellt. Es wird deutlich, welche Vorteile die Teilstrombehandlung hat. Bei gleichem bzw. geringerem Entwässerungswiderstand werden höhere Berstfestigkeiten bei weniger als 50 % der Energiekosten erzielt. Der Vergleich zwischen den Prozessen Mahlung und Dispergierung ist nur bei den vorgewählten Energieeinträgen möglich, die hier in beiden Fällen bei 50 kWh/t lagen. Sowohl bei der Teil- als auch der Vollstrombehandlung liefert die Mahlung bessere Eigenschaften, d.h. bei gleichem Festigkeitsniveau wäre die Mahlung billiger.

Tabelle 4 Vergleich der Ergebnisse von Mahlung und Dispergierung im Voll- und Teilstrom bei gleichem spezifischen Energieeinsatz

Fraktion			Mahlung ³⁾			Dispergierung ⁴⁾		
			LF	Teilstrom KF	Vollstrom LF+KF	LF	Teilstrom KF	Vollstrom LF+KF
Aspez ⁵⁾	Fraktion	kWh/t	70	0	50	70	0	50
	Mischung ¹⁾	kWh/t	21		50	21		50
Mahlgrad	Fraktion	SR	48	61	55	45	55	56
	Mischung ¹⁾	SR	57		55	52		56
Borstfestigkeit	Fraktion	kPa	410	n.b.	251	348	279	224
	Mischung ¹⁾	kPa	352		251	326		224
Energiekosten ²⁾	Fraktion	EUR/t	3,50	0,00	2,50	3,50	0,00	2,50
	Mischung ¹⁾	EUR/t	1,05		2,50	1,05		2,50

¹⁾ Mischungswerte berechnet aus 30 % LF und 70 % KF

²⁾ Energiekosten angenommen zu 5 ct/kWh

³⁾ Mahlung bei 4 % SD; 1,2 Ws/m

⁴⁾ Dispergierung bei 27 % TG; 65°C

⁵⁾ Spezifischer Energieaufwand aus Mahlung bzw. Dispergierung mit je 50 kWh/t und Fraktionierung mit 20 kWh/t

Gegenüber einer Vollstrombehandlung können demnach bei einer Teilstrommahlung 1,45 EUR/t an Energiekosten eingespart werden.

Weitere Informationen: g.bär@ptspaper.de.

Autoren:

Dipl.-Ing. Gert Bär

PTS Heidenau

Pirnaer Str. 37

01809 Heidenau/Sa.

Tel. 03529 - 551688

Fax 03529 - 551899

Danksagung

Das Forschungsvorhaben AiF 13630 wurde durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AiF) Köln mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit gefördert. Dafür sei an dieser Stelle gedankt.

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1 Technologisches Schema der Versuchsdurchführung	7
Abb. 2 Entwicklung der Entwässerbarkeit	8
Abb. 3 Feinstoffentwicklung	9
Abb. 4 Entwicklung des Aschegehaltes	9
Abb. 5 Entwicklung des Tensile-Index	10
Abb. 6 Entwicklung der Borstfestigkeit	10
Abb. 7 Entwicklung des Tear-Index	11
Abb. 8 Entwicklung der Ringstauchfestigkeit	11
Abb. 9 Entwicklung des Streifenstauchwiderstandes	12
Abb. 10 Dispergerversuchsstand (rechts Garnituranseht)	13

Abb. 11 Entwicklung des Entwässerungswiderstandes	14
Abb. 12 Feinstoffentwicklung	14
Abb. 13 Aschegehalt	15
Abb. 14 Corrugated Medium Test	15
Abb. 15 Streifenstauchwiderstand	16
Abb. 16 Entwicklung der Berstfestigkeit	17
Abb. 17 Vergleich des Entwässerungswiderstandes nach Mahlung bzw. Dispergierung	17
Abb. 18 Vergleich des Wasserrückhaltevermögens nach Mahlung bzw. Dispergierung	18
Abb. 19 Vergleich des CMT nach Mahlung bzw. Dispergierung	18
Abb. 20 Vergleich des SCT nach Mahlung bzw. Dispergierung	19
Abb. 21 Vergleich der Berstfestigkeit nach Mahlung bzw. Dispergierung	19
Abb. 22 Ausgewählte Eigenschaften nach Mahlung und Dispergierung	20
Abb. 23 Varianten der Stoffaufbereitung bei der Herstellung von Testliner	22
Abb. 24 Entwicklung des Entwässerungswiderstandes	23
Abb. 25 Rohdichte	24
Abb. 26 Längengewichtete mittlere Faserlänge	24
Abb. 27 Feinstoffgehalt	25
Abb. 28 Streifenstauchwiderstand	25
Abb. 29 Corrugated Medium Test	26
Abb. 30 Berstfestigkeit	26

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1 Versuchsparameter bei der Dispergierung	13
Tabelle 2 Auswirkungen von Prozessstufen der Stoffaufbereitung auf Eigenschaften von rezykliertem Altpapierstoff	20
Tabelle 3 Dispergierbedingungen	22
Tabelle 4 Vergleich der Ergebnisse von Mahlung und Dispergierung im Voll- und Teilstrom bei gleichem spezifischen Energieeinsatz	28

6 Literatur

- [1] N.N.
PAPIER 2005 – Ein Leistungsbericht
Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken 2005
- [2] STRUNZ A.-M.
Technologische Gebrauchswertkennzeichnung von Hauptaltpapiersorten zur wirtschaftlichen Nutzung für die Papiererzeugung
München: Papiertechnische Stiftung (PTS), 58 S.
PTS-Forschungsbericht PTS-FB 28/98
- [3] BORSCHKE D., SCHWARZ M. und H. SELDER
Aufbereitungstechnologie für Verpackungspapiere – Stand der Technik und Entwicklungstrends
Das Papier 50, S. 444 - 454 (1996) Nr. 7/8
- [4] SEPKE P.-W. und O. SCHNEIDER
Neue Erkenntnisse aus dem Versuch über die Mahlung von Altpapierstoff für Verpackungen
Wochenblatt für Papierfabrikation 133, S. 20 - 24 (2005), Nr. 1-2
- [5] KOHRS M., STROBEL S. und W.H. SIEWERT
Papierherstellung. Energieeinsparung bei der Stoffaufbereitung erbringt eine schnelle Amortisation der Investitionen

- Pulp and Paper USA 62, S. 49 – 52 (1988) Nr. 4
- [6] PUTZ H.J., TOEROEK I. und L. GOETTSCHING
Herstellung hochwertiger Wellpappe aus niedrigen Altpapiersorten
Paper Technology 30, S. VI/14 – VI/20 (1989) Nr. 6
- [7] CULICCHI P.
Altpapiere. Faserfraktionierung
ATIP, S. 11 – 16 (1991) Nr. 1
- [8] KOHRS M.
Anwendungen der Fraktionierungstechnik
Paper Technology 33, S. 10 – 12 (1992) Nr. 3
- [9] YALAMANCHILI S.R., COOPER A. und D. ANDERSON
Recycling von Altpapier für Packpapiere
APPITA 45, S. 292 – 293 (1992) Nr. 5
- [10] RHODIUS D.
Beeinflussung von Festigkeitseigenschaften durch die Altpapierqualität am Beispiel
von Wellpappenpapier
Wochenblatt für Papierfabrikation 124; S. 136 – 139 (1996), Nr. 4