

Komplexe Systemanalyse in Papierfabriken zur Stickykontrolle

L. Hamann

Zusammenfassung

In den letzten 20 Jahren wurden deutliche Fortschritte im Bereich der Bekämpfung von Ablagerungen, die durch klebende Verunreinigungen verursacht werden, erzielt. Es liegen fundierte Erkenntnisse zu den Möglichkeiten und Grenzen mechanischer, physiko-chemischer und chemischer Verfahren zur Vermeidung von Ablagerungen vor. Um geeignete Maßnahmen ergreifen zu können, sollte daher der jeweilige Stoffaufbereitungsprozess möglichst genau verstanden sein. Eine standardisierte Vorgehensweise zur Aufnahme und Bewertung des Ist-Zustandes in Stoffaufbereitungen in Papierfabriken hinsichtlich klebender Verunreinigungen (Stickys) existierte bisher jedoch nicht.

Im Forschungsprojekt wurden Stoffaufbereitungen von drei Altpapier verarbeitenden Papierfabriken untersucht: Zwei Hersteller von Testliner und ein Produzent von Zeitungsdruckpapier.

Als Absolutwerte der Makrostickyfläche im Fertigstoff sollten 200 mm²/kg bei Zeitungsdruckpapier, 100 mm²/kg bei höherwertigen Druckpapieren und 1.000-2.000 mm²/kg bei Verpackungspapieren möglichst nicht überschritten werden. Diese Zielvorgabe wurde in den untersuchten Werken nur von einem Hersteller von Testliner annähernd erreicht.

In Papierfabriken zur Herstellung von Massendruckpapieren sollte die Makrostickyabtrennrate in der Stoffaufbereitung bei mindestens 95% liegen, bei Verpackungspapieren bei 80%. Beim Produzenten von Zeitungsdruckpapier lag die Makrostickyabtrennrate jedoch nur bei 90 %, bei den Testlinerherstellern bei 60 bzw. 78 %.

Die in den untersuchten Werken vorhandenen Sortierungen erreichen die mit der modernen Anlagentechnik möglichen Makrostickyabtrennraten oft nicht. In vielen Fällen wird mit zu geringen Rejektraten gearbeitet, um Faserverluste zu minimieren. Weiterer Ansatzpunkt ist die Prozessführung: Der Stickyaustrag erfolgt oftmals nicht an der idealen Stelle bzw. gute Abtrennergebnisse werden teilweise rückwirkend zunichte gemacht. Beispiele sind die Rückführung von Endstufenrejekten oder Flotaten. Die erhaltenen Daten sind Basis für abgeleitete konkrete Handlungsempfehlungen zur Prozessoptimierung in der Stoffaufbereitung zur Reduzierung der Stickybelastung im Fertigstoff.

Basierend auf diesen Ergebnissen wurde im Rahmen des Forschungsprojektes eine Vorgehensweise erarbeitet, anhand der standardisiert, systematisch und Prozessstufen übergreifend die erreichte Stickyreduzierung in Stoffaufbereitungsanlagen bewertet werden kann.

Betreiber von Papierfabriken können durch die Nutzung dieser Systematik eine Zeit- und Aufwandsersparnis in einer Größenordnung von etwa 80 % im Vergleich zur bisher üblichen Vorgehensweise erreichen. Ein wichtiger empfohlener Schritt ist eine Unterteilung der Systemaufnahme in Global- und Detailanalyse, um den Untersuchungsaufwand signifikant zu reduzieren. In der Globalanalyse werden nur die Zuläufe und Gutstoffe der Aggregate entlang des Hauptstoffstromes untersucht. Erst in der Detailanalyse werden die in der Globalanalyse herausgearbeiteten Schwachstellen zielgerichtet aufgeklärt und konkrete Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Stickyreduzierung erarbeitet.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben AiF 13633BR wurde durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), Köln, mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit gefördert. Dafür sei an dieser Stelle gedankt.

Abstract

In the past 20 years, significant progress has been made in the fight against deposits caused by sticky contaminants. Well-founded findings are available about the chances and limitations of mechanical, physicochemical and chemical methods for deposit prevention. To be able to take appropriate measures, papermakers must understand their stock preparation processes in as much detail as possible. However, no standardised procedure is available yet for mapping and evaluating the actual state of stock preparation systems in paper mills with respect to sticky contaminants (stickies).

The stock preparation systems of three paper recycling mills - two producers of test liner and one newsprint mill - were studied in this research project.

The absolute area of macrostickies not to be exceeded in the finished stock, if possible, was 200 mm²/kg for newsprint, 100 mm²/kg for superior printing papers, and 1,000 - 2,000 mm²/kg for packaging papers. During this study, only one of the test liner mills was able to approximately reach the target.

In mills producing mass printing papers, the stock preparation system should achieve a macrostickies removal rate of at least 95%. For the production of packaging papers, the target is 80%. The newsprint mill studied here achieved a removal rate of only 90 %, the test liner producers reached only 60 and 78 %, respectively.

The screening systems used by the mills frequently failed to achieve the removal rates of state-of-the-art plant technology. In many cases, the reject rates were set too low to minimise fibre losses. Another starting point for optimisation is the process design: The location chosen for the discharge of stickies from the system was often not ideal, or good removal results were undone later in the process. Examples are the recirculation of flotates or rejects from the final stage. The data collected serves as a basis for detailed recommendations to optimise the process of stock preparation systems in order to reduce the stickies loading in the finished stock.

Based on these results, a procedure has been developed which can be used to evaluate the stickies reduction in stock preparation systems across all process stages in a standardised and systematic manner.

By using this systematic procedure, paper mill operators can achieve time and cost savings of around 80 % as compared to their conventional procedures. An important and therefore highly recommended step is the division of system analyses into global and detailed analyses. This will greatly reduce the time and effort involved. The global analysis investigates the inflows and accepts of aggregates in the main stock flow only. The weak points identified in the global analysis will then be specifically examined in the detailed analysis, in order to derive practical recommendations for improving the stickies reduction.

Acknowledgement

The AiF 13633BR research project was sponsored by the German Federal Ministry of Economics and Labour and carried under the umbrella of the German Federation of Industrial Co-operative Research Associations (AiF) in Cologne. We would like to express our warmly gratitude for this support.

1 Wissenschaftliche und technische Problemstellung

In der Papierindustrie sind heute ein hoher Altpapiereinsatz, stark steigende Anteile an Klebern und Bindern im Altpapier sowie zunehmend geschlossene Wasserkreisläufe Stand der Technik. Verpackungspapiere und Zeitungsdruckpapier bestehen oftmals zu 100 % aus Recyclingfasern. Das Hauptproblem beim Einsatz von Altpapier sind die unerwünschten ablagerungsbedingten Produktionsausfälle und Qualitätsmängel, die durch die klebenden Verunreinigungen (Stickys) aus dem Altpapier verursacht werden.

In den letzten 20 Jahren wurden deutliche Fortschritte im Bereich der Stickybekämpfung erzielt. Es liegen fundierte Erkenntnisse zu den Möglichkeiten und Grenzen mechanischer, physiko-chemischer und chemischer Verfahren zur Vermeidung von Ablagerungen vor. Jeder Prozess-Stufe kommt meist eine ganz spezifische Bedeutung zur Bekämpfung von Makrostickys, Mikrostickys oder kolloidalen Substanzen zu.

Zur kosteneffizienten Verminderung der ablagerungsbedingten Störungen in den Papierfabriken ist es notwendig, diese kaum überschaubare Vielzahl vorhandener Erkenntnisse systematisch in der Praxis anzuwenden. Dabei wird dem Papiermacher mehr und mehr bewusst, dass sämtliche Prozess-Stufen in der Stoffaufbereitung und auch im Konstantteil als komplexes Puzzle zusammen betrachtet werden müssen. Die zielgerichtete Optimierung von Stoffaufbereitungen zur Minimierung von Ablagerungen kann nur auf der Basis einer systematischen Istzustandsaufnahme erfolgen, die alle Schwachstellen im Prozess entsprechend ihrer Priorität auflistet.

Ein standardisiertes Werkzeug zur systematischen Aufnahme des Ist-Zustandes und zur Bewertung der Prozessführung in Papierfabriken zum Schwerpunkt Stickykontrolle existiert bisher nicht. Da die Stickyanalytik mit erheblichem messtechnischen Aufwand verbunden ist, muss ein solches künftiges Tool unbedingt eine Prioritätensetzung der Probenahmestellen und der zu messenden Parameter enthalten. Erforderlich sind weiterhin die Definition von Zielgrößen in Bezug auf die Stickyabtrennung in einzelnen Prozess-Stufen und die Festlegung von Benchmarks für die absolute Stickybeladung im Altpapiereintrag und im Fertigstoff.

Notwendigkeit einer systematischen Analyse der Stoffaufbereitung zum Schwerpunkt Stickys

Durch Stickys verursachte ablagerungsbedingte Prozess-Störungen und Qualitätsmängel sind einer der wichtigsten Kostenpunkte bei der Verarbeitung von Altpapier. Bei der zielgerichteten Erarbeitung von Abhilfemaßnahmen muss zuerst sichergestellt werden, dass die Stoffaufbereitung Stickys effizient abtrennt. Es muss transparent werden, in welchem Maße die Verfahrensstufen mögliche Ziel-Abtrennraten erreichen. Dabei müssen die Ursachen für die Abweichung vom Zielwert herausgearbeitet werden. Prozessoptimierungen setzen anschließend fokussiert an diesen Ursachen an.

2 Forschungsziel

Ziel des Forschungsvorhabens war die langfristige und dauerhafte Minimierung der stickybedingten Prozess-Störungen und Qualitätsmängel bei der Herstellung von altpapierhaltigen Massenpapieren wie Testliner und Zeitungsdruckpapier.

Dazu wird eine Vorgehensweise vorgelegt, die standardisiert, systematisch und Prozessstufen übergreifend die Abtrennung von Stickys in Stoffaufbereitungsanlagen bewertet. Diese ist in verschiedenen Papiersortenbereichen anwendbar. Während Untersuchung und Ergebnisdarstellung standardisiert sind, werden bei der Prozessbewertung sortenspezifisch unterschiedliche Zielwerte für einzelne Verfahrensstufen und den Gesamtprozess verwendet. Damit soll zukünftig schnell und mit vertretbarem zeitlichen und finanziellen Aufwand eine vollständige Transparenz des Ist-Zustandes bezüglich Stickys in der gesamten Stoffaufbereitung erreicht werden.

Die erhaltenen Daten sind Basis für Handlungsempfehlungen zur Prozessoptimierung in der Stoffaufbereitung bezüglich Stickys in den untersuchten Papierfabriken. Hieraus werden

dann allgemeingültige Richtlinien für die Optimierung von Stoffaufbereitungen abgeleitet, die grundsätzlich für alle Papierfabriken, besonders für kleinere und mittlere Unternehmen, nutzbar sind.

3 Methodik

Im Forschungsvorhaben wurden zunächst zwei umfangreiche Bestandsaufnahmen in Altpapier verarbeitenden Papierfabriken zur Darstellung des IST-Zustandes in der Stoffaufbereitung bezüglich Stickys durchgeführt. Untersucht wurden eine Papierfabrik zur Herstellung von Testliner und eine Papierfabrik zur Herstellung von Zeitungsdruckpapier. An die Vor-Ort-Untersuchungen und Labormessungen schloss sich die Darstellung der IST-Stickysituation in der Stoffaufbereitung in Form von Diagrammen und Tabellen an.

Im Ergebnis der durchgeführten Systemanalysen in den beiden Papierfabriken wurden Standardmethoden für

- die Projektplanung (Global-/Detailanalyse),
- die Prozessdarstellung als Gesamtüberblick inkl. Verdünnungswässer (Blockschema),
- die Datenerfassung (Produktionsdaten, notwendige Messverfahren und Probenahmen) und
- die Ergebnisdarstellung (chronologische Berichtsgliederung, bevorzugte Diagrammformen)

festgelegt, sowie in einem parallel durchgeführten Arbeitspaket

- verfügbare Vergleichsdaten und Benchmarkwerte der Stickybeladung in Papierfabriken und erzielbare Sticky-Abtrennraten in den Verfahrensstufen der Stoffaufbereitung recherchiert.

Als Summe dieser Arbeiten ergibt sich das Standard-Werkzeug „Systemanalyse STICKYS“. Diese Standard-Vorgehensweise wurde in einer weiteren Papierfabrik zur Herstellung von Testliner erprobt. Abschließend erfolgte für alle drei untersuchten Papierfabriken eine

- Bewertung der Stickysituation in der Stoffaufbereitung,
- die Detektierung von Schwachstellen und
- eine Ableitung von konkreten Handlungsempfehlungen zur Prozessoptimierung in der Stoffaufbereitung.

Aus diesen Handlungsempfehlungen wurden allgemeingültige und insbesondere für kleinere und mittlere Unternehmen unmittelbar anwendbare Richtlinien zur Aufnahme und Bewertung der Stickysituation in der Stoffaufbereitung abgeleitet. Das Arbeitsprogramm ist in der folgenden Übersicht schematisch zusammengestellt:

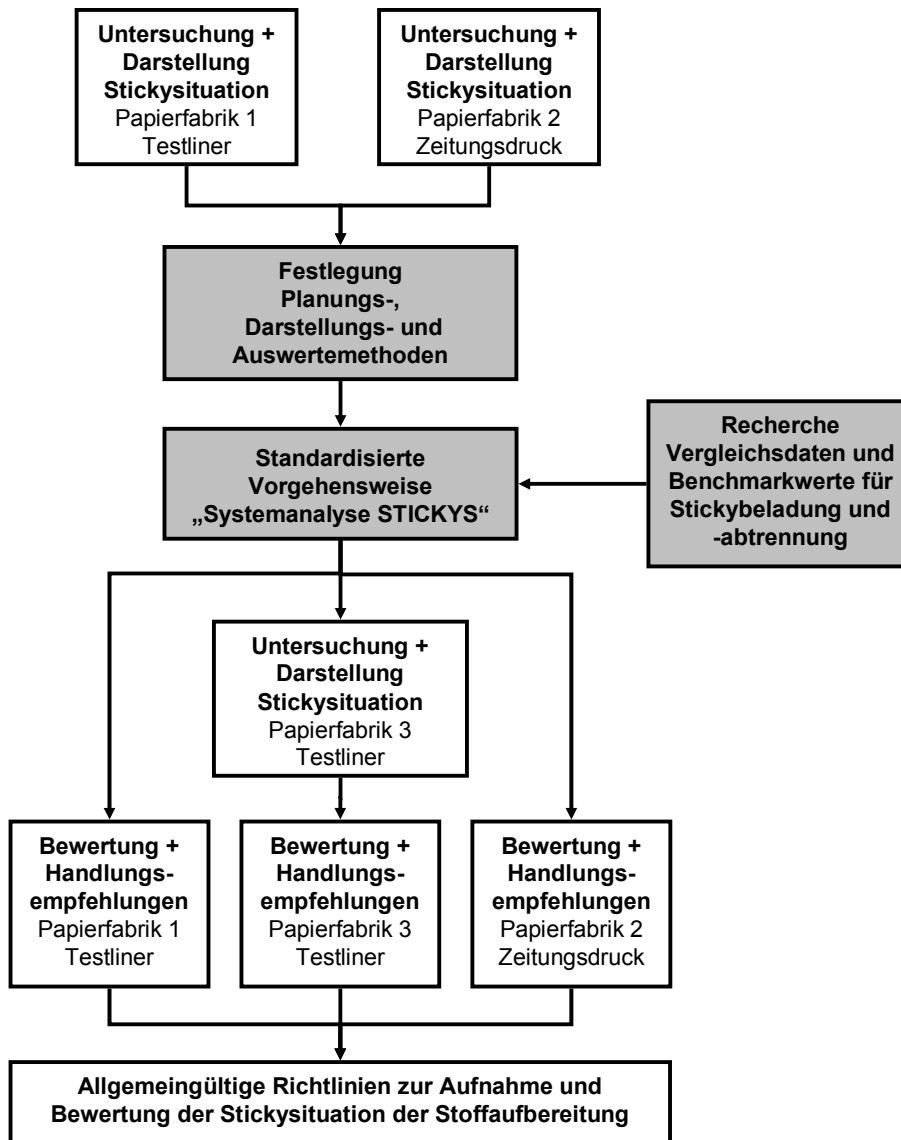


Abbildung 1: Gesamtüberblick zum Arbeitsprogramm

Die Zusammenstellung der individuellen Probenahmestellen für die jeweilige Papierfabrik erfolgt im Abschnitt „Ergebnisse“. Die Bestimmung der Mikrostickybeladung erfolgte mittels Extraktion mit Dimethylformamid am Stoffdichteblatt.

4 Ergebnisse

Die beiden wichtigsten auf Altpapierbasis hergestellten Papiersorten sind Verpackungspapiere (Testliner, Wellenstoff) und Massendruckpapiere (Zeitungsdruckpapier). Die Altpapier-einsatzquote liegt bei diesen Papieren in der Regel bei 100 % oder knapp darunter. Aufgrund der hohen Altpapierquote und des damit verbundenen hohen Eintrages klebender Störstoffe mit dem Altpapier in die Stoffaufbereitung sind bei diesen Hauptsorten besonders oft Probleme mit Ablagerungen an der Papiermaschine festzustellen. Im Forschungsprojekt sollten für beide Hauptsorten relevante Ergebnisse zur systematischen Darstellung und Bewertung der Stickysituation erhalten werden.

In der Auswertung wird die Betrachtung von Prozess-Stufen, wie z.B. die Feinsortierung insgesamt in Form einer „Black Box“, als Globalbetrachtung bezeichnet. Bei der Detailbetrachtung werden alle einzelnen Stufen der Sortierung einzeln untersucht.

Insgesamt wurden 3 Papierfabriken untersucht - 2 Hersteller von Testliner und ein Hersteller von Massendruckpapieren auf Altpapierbasis. Im folgenden wird exemplarisch die Stickysituation in der Papierfabrik zur Herstellung von Zeitungsdruckpapier vorgestellt. Anschließend werden für alle drei untersuchten Werke konkrete Handlungsempfehlungen zur Minimierung von ablagerungsbedingten Prozess- und Qualitätsstörungen formuliert.

4.1 Untersuchung der Papierfabrik 2 – Hersteller von Zeitungsdruckpapier

4.1.1 Vorstellung der Papierfabrik 2

Die Papiermaschine produziert Zeitungsdruckpapier mit einem Flächengewicht von 42 – 52 g/m². Während des Untersuchungszeitraumes wurde die Zusammensetzung des eingesetzten Altpapiers detailliert erfasst (Abb. 24). Dazu wurden während der einzelnen Probenahmerunden Altpapierproben an beiden Förderbändern der Auflösetrommeln entnommen (Mischprobe). Als Faserrohstoff wurde überwiegend die Altpapiersorte 1.11 (Standard-Deinkingware) eingetragen.

In der Mischbütte und in der Rückfaser vom Scheibenfilter im PM-Loop wurde ein Fixiermittel auf Stärkebasis zur Störstoff-Fixierung zugesetzt. Als Retentionssystem kamen Bentonit und Percol zum Einsatz. Im Siebwasser wurde Entschäumer zudosiert. In den Mikroflotationen wurden PAC (nur PM-Loop), Bentonit und ein langkettiges Polymer zur Flockenvergrößerung eingesetzt.

Es traten zeitweise plötzlich verstärkte Ablagerungen an der PM auf. Die Ablagerungen werden insbesondere an der 1. Papierleitwalze nach der Pressenpartie beobachtet. Die Inhaltsstoffe der Ablagerungen - Polyacrylate und Vinylacetat - lassen auf eine Herkunft aus dem Altpapier schließen.

Die Stoffaufbereitung besteht wie in DIP-Anlagen zur Herstellung von Massendruckpapieren üblich aus 2 getrennten Kreisläufen. In beiden Kreisläufen der Stoffaufbereitung und im PM-Loop sind Mikroflotationen zur integrierten Kreislaufwasserreinigung installiert. Sämtliche Flotate werden aus dem Prozess ausgetragen.

4.1.2 Darstellung der Stickysituation – Papierfabrik 2

Systemzustand in der Stoffaufbereitung

Die Temperatur in Stoffaufbereitung und PM-Loop lag bei 45 – 50 °C, der pH-Wert durchgängig bei etwa 8,1. Die Leitfähigkeit betrug 1700 (Loop I), 1000 (Loop II) und 800 µS/cm

(PM-Loop). Die Unterschiede in der Leitfähigkeit deuten bereits auf eine wirksame Kreislauf-trennung hin.

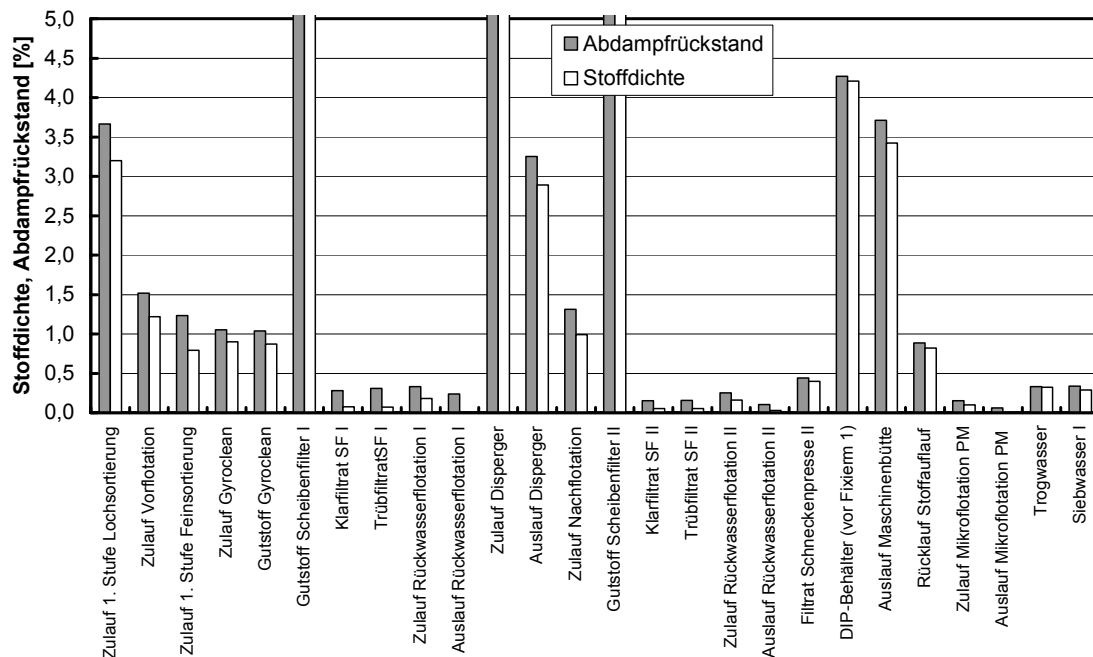


Abbildung 2: Stoffdichten und Abdampfrückstand

Die Stoffdichten in der Stoffaufbereitung lagen meist zwischen 1 und 6 % (Abb. 2). Vorsortierung und Feinsortierung erfolgten im Dünnstoffdichtebereich bei etwa 1 % Stoffdichte. In der Eindickung am Ende der Loops wurden 30 % Stoffdichte erreicht. Im Stoffauflauf wurde mit einer Stoffdichte von ca. 0,9 % gearbeitet. Entsprechend der Gesamtretention stellte sich eine Siebwasserstoffdichte von etwa 0,3 % ein.

Makrostickys – Gesamtbetrachtung der Stoffaufbereitung

Im Verlauf der Stoffaufbereitung wurde die Stickyfläche von durchschnittlich ca. **6.400 mm²/kg** auf **620 mm²/kg** reduziert (Abb. 3). Die Makrostickys wurden vorzugsweise im 1. Loop der Stoffaufbereitung in den Sortierstufen abgetrennt. Im Konstantteil erfolgte eine weitere Verringerung der Makrostickyfläche auf **370 mm²/kg** am Stoffauflauf. Ursache dieser Abnahme war die Verdünnung mit Siebwasser¹.

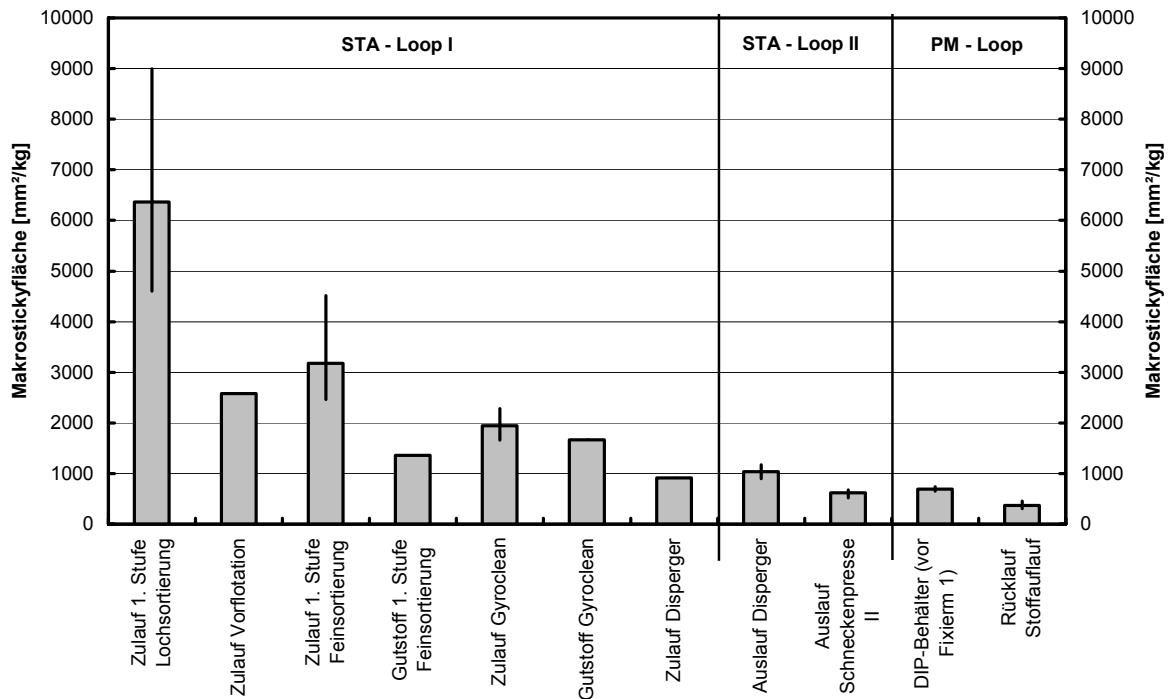


Abbildung 3: Profil der Makrostickyfläche im Gesamtsystem (Strich: Min-Max-Bereich)

Die erreichte prozentuale Gesamtabtrennrates der Stoffaufbereitung bezüglich Makrostickys lag bei **90 %** (Tab. 1). In der Lochvorsortierung wurden 59 % der nach dem Pulper in der Stoff suspension befindlichen Makrostickys abgetrennt. Die Verfahrenskombination Vorflotation/Cleaner leistete keinen nennenswerten Beitrag zur Makrostickyreduzierung. Die Abtrennrates in der Feinsortierung lag bei insgesamt 55 % und die Nachflotation trennte weitere 41 % der nach dem Disperger im Stoff verbliebenen Makrostickys ab.

Tabelle 1: erreichte Makrosticky-Abtrennrates in der Stoffaufbereitung

Makrostickys-Abtrennrates	Zulauf	Gutstoff	Reduzierung
Hauptaggregate STA	Fläche	Fläche	Fläche
	[mm²/kg]	[mm²/kg]	[%]
Vorsortierung	6400	2600	59
Vorflotation	2600	2450	6
Feinsortierung	3200	1450	55
Disperger	900	1050	-17
Nachflotation	1050	620	41
gesamt STA	6400	620	90

In der Stoffaufbereitung wurden Makrostickys >1.000 µm nahezu komplett abgetrennt. Bei den kleineren Makrostickys <1.000 µm war die Abtrennung nicht vollständig. Der absolute Restgehalt an Makrostickys im Fertigstoff war in der untersten Partikelgrößenklasse am größten (Abb. 4).

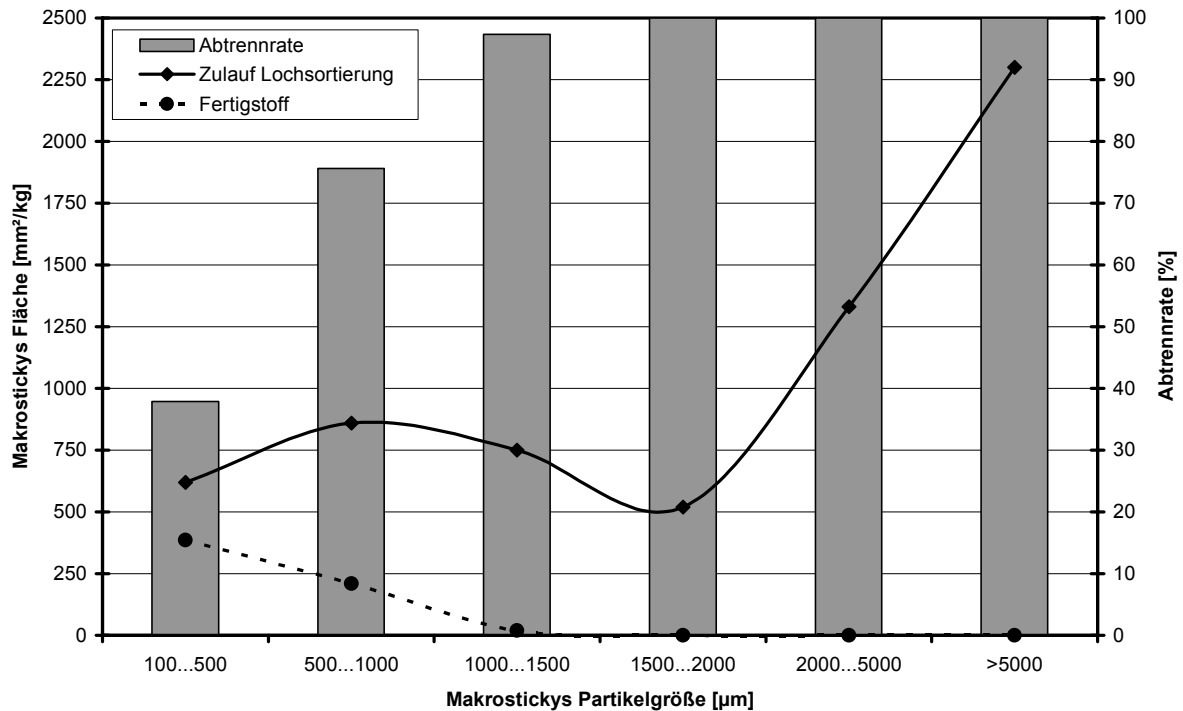


Abbildung 4: Makrostickyabtrennung im Gesamtsystem – Partikelgrößenklassen

Makrosticky – Globalbetrachtung der Vorsortierung

In der Vorsortierung wurden Makrostickys > 5.000 µm komplett und Makrostickys > 2.000 µm zu mehr als 50 % abgetrennt. Im Untersuchungszeitraum wurde eine Verringerung der Sticky-fläche durch die Vorsortierung in allen Größenklassen festgestellt (Abb. 5). Damit kann eine Zerkleinerung von Makrostickys in der Vorsortierung ausgeschlossen werden.

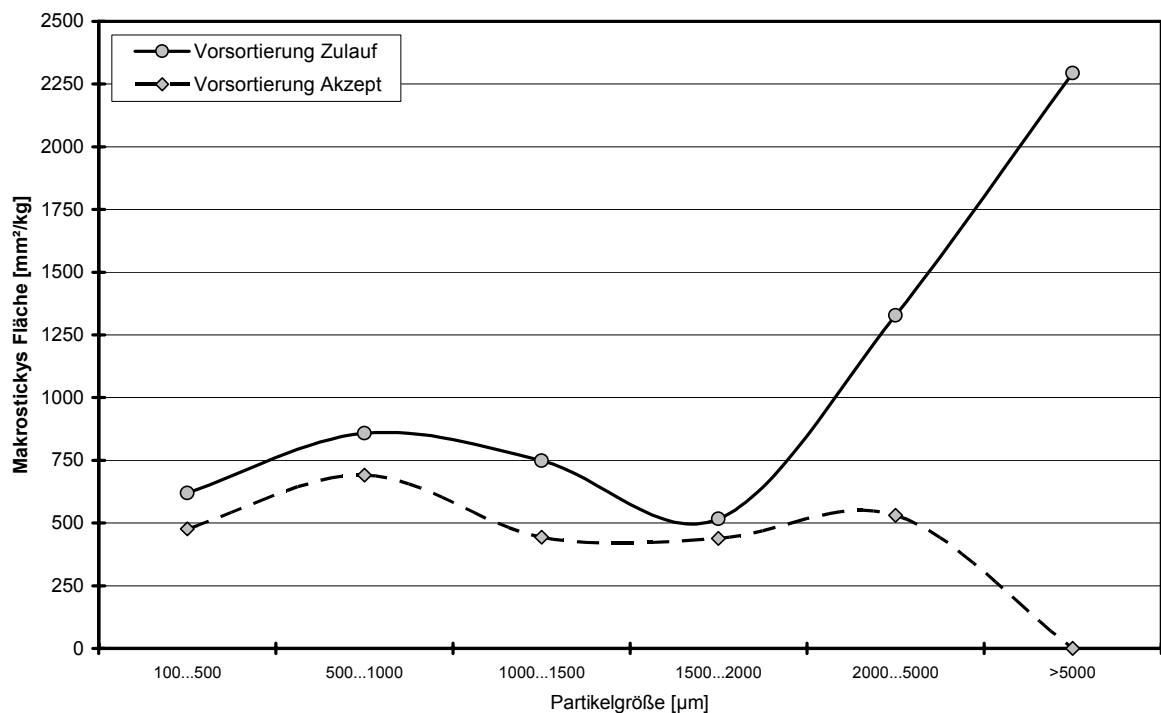


Abbildung 5: Makrostickybeladung in der Vorsortierung gesamt - Partikelgrößenklassen

Makrostickys – Globalbetrachtung der Feinsortierung

Bestimmende Parameter der Sortiereffizienz sind bei konstanter Stoffdichte in erster Linie die Schlitzweite, die Rejektrate und die gewählte Schaltungsvariante. Hinsichtlich der Sortiereffizienz muss stets ein Kompromiss zwischen einer möglichst hohen Stickyabtrennung und einem möglichst niedrigen Faserlangstoff-Verlust gefunden werden. Durch die mehrmalige Nachsortierung des Rejektes der jeweils vorhergehenden Stufe wurden in diesem Praxisfall die Stoffverluste auf ein minimales Niveau begrenzt (0,8% Rejektrate, massebezogen).

In der 4-stufigen Feinsortierung wurden vor allem Makrostickys $>1.500\ \mu\text{m}$ effektiv abgetrennt. In der zweithöchsten Partikelgrößenklasse ist jedoch noch eine deutlich sichtbare Restbeladung im Gesamtgutstoff der Feinsortierung vorhanden (Abb. 6).

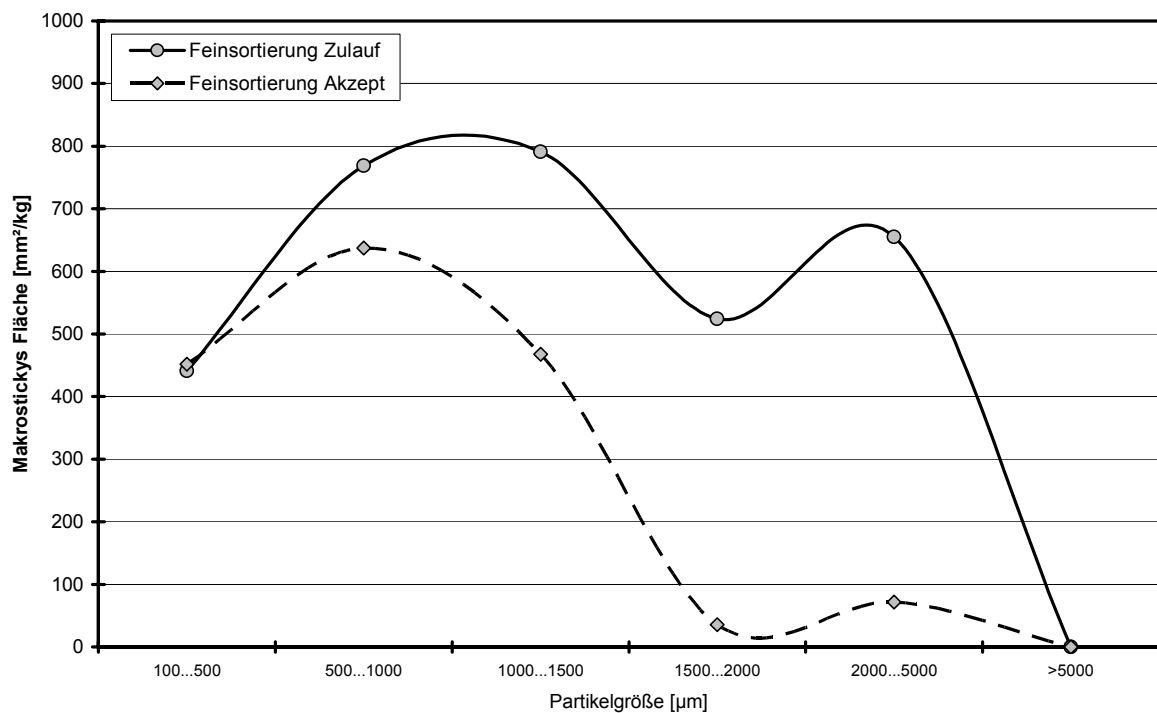


Abbildung 6: Makrostickybeladung in der Feinsortierung gesamt - Partikelgrößenklassen

Schwankungsbreite der Makrostickybeladung in der Stoffaufbereitung

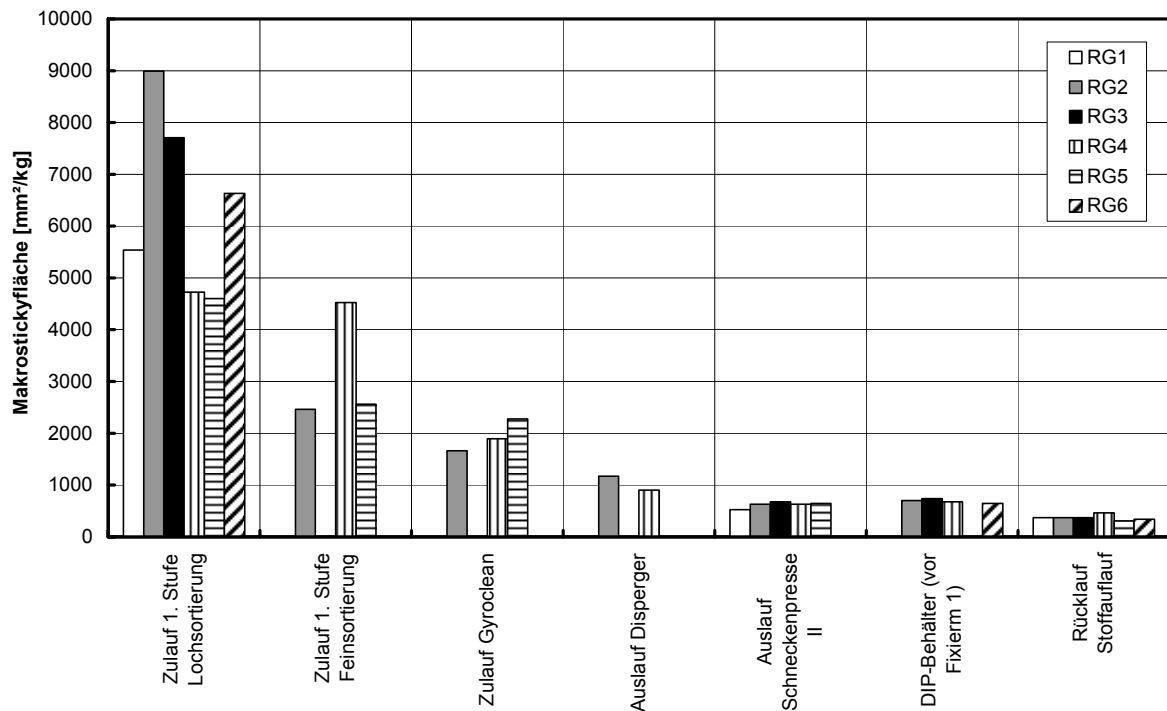


Abbildung 7: Makrostickybeladung - Schwankungsbreite

Die Makrostickybeladung schwankte vor allem im Pulpergutstoff sehr stark (Abb. 7). Diese Schwankungen wurden im Prozessverlauf weitgehend ausgeglichen. Am Vormittag des 12.12. wurde eine starke Änderung der Flächenmasse vorgenommen. Der unmittelbar nach der Änderung nicht völlig stabile Gesamtzustand des Systems kann eine Ursache für die vergleichsweise hohe Makrosticky-Beladung im Stoffauflauf von ca. 470 mm²/kg vom Rundgang RG4 sein.

Mikrostickys, potenzielle Stickys und CSB-Profil

Die Mikrostickybeladung wurde durch Extraktion des Filterkuchens der Stoffdichtebestimmung ermittelt. Vom Messwert des Extraktgehaltes wurde der für DIP-Stoff derzeit gültige Faserstoffgrundwert von 0,7 % abgezogen.

In der Profildarstellung in Abb. 8 sind die unterschiedlichen Beladungen in den einzelnen Loops von Stoffaufbereitung und Konstantteil gut nachvollziehbar. Die Mikrostickybeladung in der Stoffsuspeension sinkt mit jedem Loop in Richtung Papiermaschine. Grund dafür ist die in dieser Papierfabrik gut funktionierende Kreislauftrennung und das konsequent umgesetzte Gegenstromprinzip bei der Wasserkreislaufführung. Am Ende der Loops im eingedickten Stoff fand sich jeweils die geringste Mikrostickybeladung. Der größte Teil der Mikrostickys wird somit in den Eindickstufen in die Filtrate bzw. das Siebwasser überführt und verbleibt im jeweiligen Loop.

In der Vorflotation konnte der Extraktgehalt deutlich verringert werden. Ursache ist die selektive Abtrennung der Druck- und Streichfarbenbinder aber auch von stark zerkleinerten Klebern im Flotationsschaum. Der Austrag von Mikrostickys im Fertigpapier wird von der erreichten Retention der Feststoff-Partikel zwischen ca. 1 und 100 µm an der PM bestimmt.

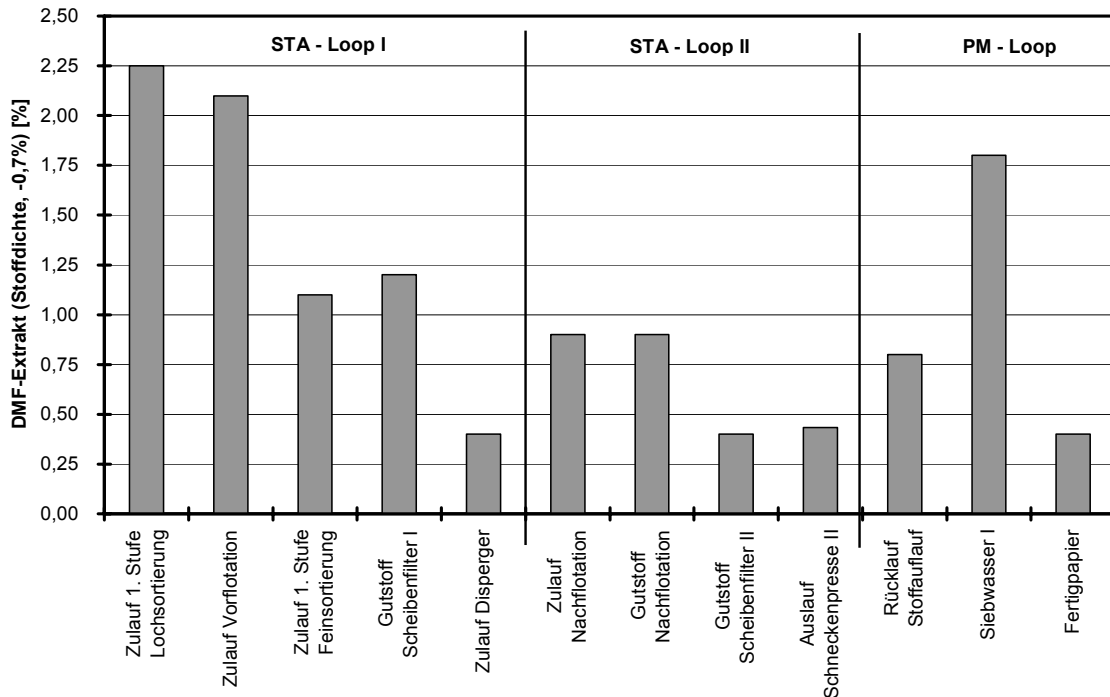


Abbildung 8: Profil der Mikrostickybeladung in der Stoffaufbereitung und im Konstanten Teil

4.2 Bewertung der Stickysituation und Handlungsempfehlungen zur verbesserten Stickykontrolle

4.2.1 Bewertung des Ist-Situation der Stickybeladung in der Stoffaufbereitung

Papierfabrik 1

Die Makrostickyfläche im Zulauf zur Vorsortierung liegt mit 22.400 mm²/kg in einer üblichen Größenordnung. Die Altpapierqualität in Bezug auf Makrostickys ist somit als durchschnittlich zu bewerten.

Im Fertigstoff lag die Makrostickyfläche mit 9.000 mm²/kg deutlich über dem Zielwert von 1.000-2.000 mm²/kg. Damit ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Ablagerungen an der Papiermaschine erhöht. Es kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der relativ niedrigen Papiermaschinengeschwindigkeit und des hohen Flächengewichtes eine im Vergleich zum Zielwert etwas erhöhte Makrostickyfracht an der PM verkraftbar ist.

Die Gesamtmakrostickyabtrennrage in der Stoffaufbereitung lag mit 60 % deutlich unter dem Zielwert. Es besteht insgesamt ein großes Verbesserungspotenzial in der Stoffaufbereitung, um auf die zeitweise auftretenden Ablagerungen reagieren zu können.

Papierfabrik 2

Die Makrostickyfläche im Zulauf zur Vorsortierung ist mit 6.400 mm²/kg niedrig. Die Altpapierqualität in Bezug auf Makrostickys ist somit als gut zu bewerten.

Im Fertigstoff lag die Makrostickyfläche mit 620 mm²/kg über dem Zielwert von 200 mm²/kg. Eine Reduzierung der Makrostickyfläche im Fertigstoff müsste zu einer Verminderung der Ablagerungen an der Papiermaschine beitragen.

Die Gesamtmakrostickyabtrennrage in der Stoffaufbereitung lag mit **90 %** deutlich unter dem Zielwert von 95 %. Damit arbeitet die Stoffaufbereitung nicht optimal.

Papierfabrik 3

Die Makrostickyfläche im Zulauf zur Vorsortierung liegt mit 10.300 mm²/kg an der unteren Grenze des Hauptbereiches. Die Altpapierqualität in Bezug auf Makrostickys ist somit als sehr gut zu bewerten. Hier könnte auf eine preisgünstigere Qualität ausgewichen werden.

Im Fertigstoff lag die Makrostickyfläche mit 2.300 mm²/kg im unteren Teil des Hauptbereiches und nahe am Zielwert. Die erreichte gute Fertigstoffqualität ist der Grund dafür, dass im Untersuchungszeitraum keine stickybedingten Probleme auftraten.

Die Gesamtmakrostickyabtrennrate in der Stoffaufbereitung lag mit 78 % dicht am Zielwert von 80 %. Das Potenzial der Stoffaufbereitung bei der Makrostickyabtrennung wird weitgehend ausgeschöpft.

4.2.2 Handlungsempfehlungen bei verstärkt auftretenden Ablagerungen an der Papiermaschine

Im Folgenden werden anhand des Vergleiches von Ist- und Zielwert der Makrostickyabtrennraten in den Hauptverfahrensstufen der Stoffaufbereitung Schwachstellen in der Stoffaufbereitung herausgearbeitet. In die Auswertung wird auch die Altpapierqualität bezüglich Makrostickys einbezogen.

Es werden Handlungsempfehlungen formuliert, die grundsätzlich für jede Papierfabrik anwendbar sind, wenn die dortige Systemanalyse die entsprechenden Schwachstellen aufweist. In der folgenden Tabelle sind alle in der Stoffaufbereitung vorhandenen Verfahrensstufen der 3 untersuchten Papierfabriken zusammengestellt. Bei der möglichen Detektierung der jeweiligen Verfahrensstufe als Schwachstelle erfolgt eine Nummerierung unter der Bezeichnung „S“ mit einer gleichzeitigen Zuordnung einer konkreten Maßnahme zur Verbesserung (Handlungsempfehlung) mit der Bezeichnung „M“. Die aufgeführten Schwachstellen und Maßnahmen in der Zeile Fertigstoff beziehen sich vor allem auf den Rohstoffeintrag oder allgemeine, den Gesamtprozess betreffende Punkte.

Tabelle 2:
Schwachstellen in der Stoffaufbereitung, Überblick

Globalbetrachtung zur Stickysituation			
Prozessstufe	Fabrik 1	Fabrik 2	Fabrik 3
Zerfaserung		S1	
Vorsortierung			S1
Vorflotation			
Fraktionierung	S1		
Feinsortierung	S2, S5, S6, S7	S2, S5, S6, S7, S8	S2
Entwässerung 1			
Disperger	S8, S9	S3	S3
Nachflotation			
Entwässerung KF			
Entwässerung LF			
Entwässerung 2			
Fertigstoff	S3, S4	S4	

Prozessstufe vorhanden

Papierfabrik 1

In der Papierfabrik 1 wurden vor allem die Fraktionierung, die Feinsortierung und die Dispergierung als Schwachstellen detektiert. Die Schwachstellen und die empfohlenen Abhilfemaßnahmen sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3:
Schwachstellen und Maßnahmen zur Verbesserung der Stickyreduzierung, Papierfabrik 1

Abgeleitete Maßnahmen aus der Globalanalyse	
S 1	Effizienz der Fraktionierung bei 66 %; Zielwert liegt bei 80 %
M 1	Überprüfung von Schlitzweite im Korb, Rotorbauart und Durchsatz
S 2	Effizienz der Feinsortierung bei 46 %; Zielwert liegt bei 70 %
M 2	Durchführung einer Detailanalyse (siehe S 6 bis S 9)
S 3	Makrostickyfläche im Altpapier für derzeit erreichte Abtrenneffizienz der Stoffaufbereitung zu hoch
M 3	Einsatz von Altpapieren mit einer geringeren Makrostickyfläche
S 4	hoher Sandgehalt im gesamten System
M 4	Überprüfung der Wirksamkeit aller Aggregate zur Sandabtrennung

Abgeleitete Maßnahmen aus der Detailanalyse	
S 5	zu niedrige Rejektraten in der 2. und 3. Stufe der Feinsortierung
M 5	Anhebung der Rejektraten auf mindestens 35% je Stufe
S 6	Rückführung des Rejektes der 3. Stufe der Feinsortierung in den Prozess
M 6	Ausschleusung oder getrennte Nachsortierung in einer 4. Stufe
S 7	Potenzial der 0,20 mm Schlitzkörbe weitgehend ausgereizt
M 7	Wechsel auf 0,15 mm Schlitzkörbe
S 8	Disperger beeinflusst die Wirkweise der nachgeschalteten Feinsortierung negativ
M 8	Disperger nach der Entwässerung am Ende des Langfaserstranges positionieren
S 9	Keine messbare Reduzierung der Makrostickyfläche im Disperger
M 9	Erhöhung der Temperatur und des spezifischen Energieeintrages im Disperger

In der Fraktionierung sollte eine stärkere Aufkonzentration von Makrostickys in der Langfaserfraktion angestrebt werden. Trotz einer hohen Rejektrate von ca. 45 % wird der Zielwert der Makrostickyabtrennung von 80% nicht erreicht. Eine Überprüfung der tatsächlichen Schlitzweite und Profilwinkel, der Rotorbauart und des Durchsatzes im Hinblick auf einen schonenden Fraktionierprozess wird empfohlen.

Aufgrund der sehr niedrigen Abtrenneffizienz der Feinsortierung wurde hier eine Detailanalyse durchgeführt. Die Gesamtrejektrate in der Sortierung lag mit deutlich unter 1,0 % sehr niedrig. Eine Anhebung der Rejektraten in der 2. und 3. Stufe der Feinsortierung kann das Sortierergebnis verbessern. Die Rejekte der Feinsortierung werden in der 3. Stufe der Vorsortierung noch einmal nachsortiert, um die Faserstoffverluste zu minimieren. Damit werden hier bereits abgetrennte Makrostickys in den Prozess zurückgeführt. Es wird empfohlen, dass Rejekt der 3. Stufe der Feinsortierung separat über ein zusätzliches Schlitzsortieraggregat nachzusortieren. Darüber hinaus kann ein Wechsel auf 0,15 mm Schlitzkörbe das Sortierergebnis weiter verbessern. Die derzeitige Systemeinbindung des Dispergers ist nicht ideal. Durch die Stickyzerkleinerung im Disperger wurde die Abtrenneffizienz der nachfolgenden Sortierstufe herabgesetzt. Eine Positionierung des Dispergers nach der Entwässerung vor der Langfaserbütte wird empfohlen. Hier kann auch eine Erhöhung des spezifischen Energieeintrages und der Temperatur erfolgen, um die Dispergierwirkung bezüglich Makrostickys zu verbessern.

Aufgrund der hohen Beladung des Altpapiers mit Makrostickys ist der Wechsel auf eine andere Altpapierqualität eine mögliche Option. Allerdings steigen damit auch die Kosten der

Rohstoffbeschaffung. Wird die Gesamtabtrennrates der Stoffaufbereitung nicht erhöht, besteht eine permanente Gefahr zur Bildung von Ablagerungen an der Papiermaschine.

Insgesamt wurde festgestellt, dass das gesamte Rejektsystem in Bezug auf die Schwerteilabtrennung (Sand) hydraulisch überlastet ist. Eine Erweiterung würde die Sandbelastung in der Stoffaufbereitung deutlich reduzieren. Damit wird einem schnellen Verschleiß der Cleaner und der Siebkörbe der Sortierer entgegengewirkt.

Papierfabrik 2

In der Papierfabrik 2 wurden vor allem die Feinsortierung und die Dispergierung als Schwachstellen detektiert (Tab. 4).

Tabelle 4:

Schwachstellen und Maßnahmen zur Verbesserung der Stickyreduzierung, Papierfabrik 2

Abgeleitete Maßnahmen aus der Globalanalyse	
S 1	geringe durchschnittliche Partikelgröße der Makrostickys nach Zerfaserung
M 1	Überprüfung Temperatur, pH-Wert, Verweilzeit
S 2	Effizienz der Feinsortierung bei 55 %; Zielwert liegt bei 70 %
M 2	Durchführung einer Detailanalyse (siehe S 5 bis S 7)
S 3	keine Zerkleinerung von Makrostickys
M 3	Erhöhung der Temperatur und des spezifischen Energieeintrages im Disperger
S 4	zeitweise erhöhter Zeitschriftenanteil im Altpapier (viele Kleber)
M 4	Durchmischung des Altpapiers verschiedener Lieferungen

Abgeleitete Maßnahmen aus der Detailanalyse	
S 5	Vorwärtsführung des hoch beladenen Gutstoffes der 4. Stufe der Feinsortierung
M 5	Rückführung vor die 3. Stufe
S 6	sehr niedrige Rejektrate der 2. Stufe der Feinsortierung
M 6	Anhebung der Rejektrate auf 25-30 %
S 7	erhöhte Stoffdichten im Zulauf zur 4. Stufe der Feinsortierung
M 7	Verdünnung auf 1,0 % Stoffdichte
S 8	Potenzial der 0,15 mm Schlitzkörbe weitgehend ausgereizt, da niedrige Sticky-Partikelgröße
M 8	Prüfung des Einsatz eines 0,12 mm Schlitzkorbes in der 1. Stufe der Feinsortierung

Im Zulauf zur Lochsortierung wurde eine vergleichsweise geringe Partikelgröße der Makrostickys festgestellt. Die Altpapierzerfaserung sollte so schonend wie möglich betrieben werden, um die Makrostickys geringstmöglich zu fragmentieren. Dazu sind geeignete Auflösebedingungen hinsichtlich Stoffdichte, Trommeldrehzahl, pH-Wert, Temperatur zu wählen. Insbesondere hohe pH-Werte und Temperaturen tragen zur Stickyzerkleinerung bei.

Die Effizienz der Feinsortierung sollte erhöht werden. Mögliche Maßnahmen dazu sind die Rückführung des Gutstoffes der 4. Feinsortierstufe vor die 3. Stufe und eine Erhöhung der Rejektrate der 2. Stufe. Die Stoffdichte im Zulauf zur 4. Stufe der Feinsortierung sollte auf 1,0 % reduziert werden. Im Bereich der Dünnstoffdichtesortierung ist erfahrungsgemäß eine gute Abtrenneffizienz zu erwarten. In der Feinsortierung sollte die Option einer Schlitzweitenreduzierung in der 1. Stufe von 0,15 mm auf 0,12 mm geprüft werden. Hier ist allerdings zu beachten, dass der hydraulische Durchsatz bei einer Reduzierung der Schlitzweite ebenfalls abnimmt. Ggf. ist ein zusätzlicher Sortierer für die erste Feinsortierstufe erforderlich.

Der Disperger kann Makrostickys zerkleinern und damit einen verbesserten Austrag in der Nachflotation oder eine Ausschleusung ins Kreislaufwasser bei der Stoffeindickung bewir-

ken. Dazu ist es notwendig, die spezifische Dispergierarbeit auf einen Wert von 70-80 kWh/t zu erhöhen.

Grundsätzlich ist auf eine gute Durchmischung des angelieferten Altpapiers zu achten. Chargen mit einem erhöhten Zeitschriftenanteil sollten nicht direkt in den Pulper gelangen, um Spitzen in der Makrostickybeladung zu vermeiden.

Papierfabrik 3

In der Papierfabrik 3 sind derzeit aufgrund der geringen Fertigstoffbeladung mit Makrostickys keine ablagerungsbedingten Produktionsstörungen zu verzeichnen. Die aufgeführten Handlungsempfehlungen dienen daher der weiteren Reduzierung der Makrostickybeladung im Fertigstoff, falls Ablagerungen an der Papiermaschine auftreten (Tab. 5).

Tabelle 5:

Schwachstellen und Maßnahmen zur Verbesserung der Stickyreduzierung, Papierfabrik 3

Abgeleitete Maßnahmen aus der Globalanalyse	
S 1	Abtrennrage in Vorsortierung nur 23 %, Zerkleinerung von Makrostickys in der Vorsortierung
M 1	Überprüfung der Rotoren
S 2	Effizienz der Feinsortierung bei 57 %; Zielwert liegt bei 70 %
M 2	Durchführung einer Detailanalyse
S 3	keine Dispergierung vorhanden
M 3	Einbindung einer Dispergierung nach der Eindickung im Langfaserstrang

In der Vorsortierung wurde eine Zerkleinerung von Makrostickys festgestellt. Dies ist die Ursache für die niedrige Abtrennrage von 23%. Es sind Möglichkeiten zum schonenderen Betrieb der Vorsortierung zu prüfen. Dazu zählt zum Beispiel die Auswahl eines geeigneten Rotors.

Die Abtrenneffizienz in der Feinsortierung lag bei 57% und könnte weiter verbessert werden. Dazu ist eine Detailanalyse der Feinsortierung notwendig.

Die Integration einer Dispergierstufe in die Stoffaufbereitung ist eine weitere Option. Bei einer Positionierung nach der Entwässerung im Langfaserstrang ist eine weitere Reduzierung der Restbeladung an Makrostickys im Fertigstoff möglich. Voraussetzung für eine gute Wirksamkeit ist allerdings eine starke Entwässerung der Stoffsusension auf 25-30 % Stoffdichte.

4.3 Allgemeingültige Richtlinien zur Aufnahme und Bewertung der Stickysituation in der Stoffaufbereitung

Im Ergebnis der beiden sehr umfangreichen Systemaufnahmen in den Papierfabriken 1 und 2 und der Überprüfung der entwickelten Standardvorgehensweise in Papierfabrik 3 ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

4.3.1 Planung und Durchführung von Systemanalysen in der Stoffaufbereitung zur Stickykontrolle

- Bei der Aufnahme des IST-Zustandes (Prozessregime, Probenahme, Messungen) führt eine standardisierte systematische Vorgehensweise zu einer enormen Zeitersparnis. Im Vergleich zu den ohne Standard-Werkzeug durchgeführten Systemanalysen ergab sich eine Zeit- und Aufwandsersparnis in einer Größenordnung von **80 - 90%**.
- Besonders wichtig ist dabei die Beschränkung der Untersuchungen ausschließlich auf die notwendigen Messverfahren. Dazu gehören hauptsächlich die Stoffdichte und die Makrostickybeladung. Zur orientierenden Überprüfung des Systemzustandes bezüglich Mikrostickys und Störstoffen ist eine Messung einer, max. 2 ausgewählten Stelle je Kreislauf in der Stoffaufbereitung ausreichend.
- Eine Unterteilung der Systemaufnahme in der Stoffaufbereitung in Global- und Detailanalyse ist sinnvoll, um den Untersuchungsaufwand signifikant zu reduzieren und zielorientiert einzusetzen. Für die Globalanalyse ist die Untersuchung der Zuläufe und Gutstoffe der Aggregate entlang des Hauptstoffstromes ausreichend.
- Erst in der Detailanalyse werden die in der Globalanalyse herausgearbeiteten Schwachstellen zielgerichtet untersucht und es werden konkrete Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Stickyreduzierung erarbeitet.
- Die Stickys sollten in die drei Hauptfraktionen Makrostickys, Mikrostickys und kolloidale/molekulare Substanzen unterteilt und getrennt bewertet werden.
- Der Schwerpunkt bei der Stickykontrolle in der Stoffaufbereitung liegt in der Reduzierung der Makrostickybeladung. Aufgrund ihrer Partikelgröße, die in der Regel die Papierdicke übersteigt, besitzen Makrostickys mit Abstand die größte Klebrigkeit und Ablagerungswahrscheinlichkeit der drei Stickfraktionen. Die Mikrostickybeladung kann im PM-Loop von Druckpapieren eine Rolle spielen, da sie massenbezogen die Makrostickybeladung deutlich übersteigt.
- Angesichts großer Schwankungsbreiten in der Stickybeladung ist eine repräsentative Probenahme wichtig. Vorgeschlagen wird eine Mischprobe aus 6 Rundgängen. Am Anfang und Ende der Stoffbereitung sind 6 Einzelproben zu nehmen, um die Schwankungsbreite in der Stickybeladung zu dokumentieren.

4.3.2 Ergebnisdarstellung und Auswertung

- Durch die Nutzung vorgegebener Standard-Darstellungsformen, z.B. festgelegte Diagramme und Tabellen, werden der Aufwand für die Beschreibung des IST-Zustandes und die Auswertung um ca. **2/3** gesenkt.
- Die Ergebnisdarstellung und -bewertung wird insgesamt sehr übersichtlich und ausschließlich auf die wesentlichen Aussagen abstrahiert. Die Stickysituation in der Stoffaufbereitung wird vollständig transparent.

- Der Vergleich der Absolutwerte der Makrostickyfläche im Zulauf zur Lochsortierung und im Fertigstoff mit definierten Zielwerten gibt einen schnellen Gesamtüberblick zur Stickysituation in der Stoffaufbereitung.
- Durch den Vergleich der erreichbaren Abtrennraten mit definierten Zielwerten sind eine aussagekräftige Anlagenbewertung und die Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen in kürzester Zeit möglich.
- Bei Verpackungspapieren ist die an der Papiermaschine verkraftbare Makrostickyfläche im Fertigstoff etwa 10 mal höher als bei Massendruckpapieren.
- Als Absolutwerte im Fertigstoff sollten 200 mm²/kg bei Zeitungsdruckpapier, 100 mm²/kg bei höherwertigen Druckpapieren und 1.000-2.000 mm²/kg bei Verpackungspapieren möglichst nicht überschritten werden. Diese Zielwerte gelten für eine Messung mittels INGEDE-Methode Nr. 4 unter Einsatz einer 150 µm Schlitzplatte in der Laborsortierung. Mit dieser Fertigstoffqualität wird die Voraussetzung geschaffen, dass an der Papiermaschine wenig Ablagerungen auftreten.

4.3.3 Handlungsempfehlungen für Altpapier verarbeitende Papierfabriken

- In Papierfabriken zur Herstellung von Massendruckpapieren sollte die Makrostickyabtrennraten in der Stoffaufbereitung bei mindestens **95%** liegen, bei Verpackungspapieren bei **80%**.
- Die eingesetzte Altpapierqualität bezüglich Makrostickys ist die Grundlage der mit der vorhandenen Verfahrenstechnik in der Stoffaufbereitung erzielbaren Fertigstoffbeladung. Eine möglichst geringe und vor allem gleichmäßige Beladung des Altpapiers mit Makrostickys sollte angestrebt werden.
- Die Sortierungen sind die Hauptaggregate zur Abtrennung von Makrostickies. Die mit der installierten Anlagentechnik möglichen Makrostickyabtrennraten werden oft nicht erreicht. Eine Optimierung dieser Prozessstufe birgt das größte Potenzial zur Verbesserung der Fertigstoffqualität bezüglich Makrostickys.
- In vielen Fällen wird mit zu geringen Rejektraten gearbeitet, um Faserverluste zu minimieren. Eine moderate Anhebung der Rejektraten kann die Makrostickyabtrennung in der Sortierung deutlich verbessern.
- In der gesamten Prozessführung liegt oftmals ein großes Optimierungspotenzial, d.h. der Stickyaustrag erfolgt oftmals nicht an der idealen Stelle bzw. gute Abtrennergebnisse werden teilweise rückwirkend zunichte gemacht. Die Rückführung von Endstufenrejekten oder Flotaten in den Prozess ist zu minimieren.
- Verdünnungen und Entwässerungen im Stoffstrom müssen beachtet werden. Anteile der Feststoffbeladung, aber auch der Makrostickys, können in das Kreislaufwasser überführt werden. Dies ist vor allem bei Bilanzierungen zu berücksichtigen.
- Bei der Bewertung von Stoffaufbreitungen ist die hydraulische Belastung zu berücksichtigen. Ein „Überfahren“ kann die Ursache für eine verminderte Abtrennleistung bezüglich Stickys sein.
- Die Systemanalyse Stickys in der Stoffaufbereitung ist stets im Zusammenhang mit einer Systemanalyse im PM-Loop zu betrachten. Vor allem im PM-Loop kann es zu einer unerwünschten Sekundärstickybildung kommen, die zu verstärkten Ablagerungen an der Papiermaschine führt. Zur Entwicklung der entsprechenden Standard-Vorgehensweise für den Konstanten Teil (PM-Loop) hat die PTS ein entsprechendes Folgeprojekt initiiert.

Weitere Informationen: L.Hamann@ptspaper.de

Autor:

Dipl.-Ing. L. Hamann

PTS Heidenau

Pirnaer Str. 37

01809 Heidenau/Sa.

Tel. 03529 - 551657

Fax 03529 - 551899

Danksagung

Das Forschungsvorhaben AiF 13633BR 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.