

Titel**REDUZIERUNG STICKY BEDINGTER AUSFÄLLE BEI DER PRODUKTION VON GRAFISCHEN PAPIEREN DURCH EINE SYSTEMATISCHE BEWERTUNG UND VERRINGERUNG KLEBENDER VERUNREINIGUNGEN IM KONSTANTTEIL DER PAPIERMASCHINE**

L. Hamann

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Zusammenfassung	3
2 Abstract.....	5
3 Einleitung.....	7
3.1 Ausgangssituation	7
3.2 Einflüsse auf die Stickyssituation im Konstantteil	10
3.3 Stand des Wissens bei Systemanalysen zur Stickykontrolle im Konstantteil	12
4 Gesamtvorgehen.....	14
5 Versuchsdurchführung.....	15
5.1 Wasser- und Stoffanalytik.....	15
6 Charakterisierung des Filtrationsverhalten von Makro- und Mikrostickys	16
6.1 Filtration in der Siebpartie des PTS-Bahnbildners	16
6.1.1 Filtrationsverhalten von Makrostickys	16
6.1.2 Filtrationsverhalten von Mikrostickys	18
6.1.3 Filtrationsverhalten kolloidaler und gelöster Substanzen	19
6.2 Filtrationsverhalten von Stickys in Papierfabriken.....	20
6.2.1 Filtration von Mikrostickys in der Siebpartie.....	20
6.2.2 Filtration von Mikrostickys in der Stoffeindickung	23
6.3 Fazit	24
7 Quellen und Senken: Stickybilanzierung, Sekundärstickybildung, Effizienz Verfahrenstechnik.....	25
7.1 Werk 1.....	26
7.1.1 Profildarstellungen der Messergebnisse.....	26
7.1.2 Neues NIR-Messverfahren zur Mikrostickymessung.....	28
7.1.3 Bilanzrechnungen.....	28
7.1.4 Sankey-Diagramme	30
7.2 Werk 2.....	35
7.2.1 Profildarstellungen der Messergebnisse.....	35
7.2.2 Bilanzrechnungen.....	38
7.2.3 Sankey-Diagramme	39
8 Identifizierung von Einflüssen auf die Ablagerungsneigung	43
8.1 Ablagerungsverhalten von Mikrostickys (Plattenmethode)	43

8.2	Quantitativer Vergleich der Stickyfraktionen	44
8.2.1	Werk 1 - Datenübersicht und -normierung.....	44
8.2.2	Vergleich Werk 1 und Werk 2	47
9	Zusammenfassung und quantitative Wertung der gefundenen Effekte auf die Ablagerungsneigung	48
9.1	Vergleich und Bewertung der Werke.....	48
9.2	Prioritätensetzung	50
9.2.1	Schadwerthypothese und Stickyschadwert	50
9.2.2	Wichtung Makrostickys	53
9.2.3	Wichtung Sekundärstickys	54
9.2.4	Wichtung Mikrostickys lt. DMF-Extrakt	54
9.2.5	Wichtung abgelagerte Mikrostickys lt. Plattenmethode	57
9.3	Fazit für beide Werke.....	58
10	Allgemeingültige Vorgehensweise zur Bewertung der Sticky-Situation im Konstantteil.....	60
10.1	Analyse des Konstantteils.....	60
10.2	Potenzialerwartung Konstantteil	61
10.3	Globalanalyse Konstanter Teil.....	65
10.4	Detailanalyse Konstantteil	68
11	Ableiten von Optimierungsmaßnahmen im Prozess.....	69
12	Wirtschaftlichkeit	72
	Literaturverzeichnis.....	78

1 Zusammenfassung

Zielstellung	<p>Ziel war es, Sticky bedingte Produktionsausfälle und Qualitätsmängel bei grafischen Papieren auf Altpapierbasis signifikant zu reduzieren. Dazu sollte eine systematische und allgemein gültige Vorgehensweise zur zielgerichteten Ursachenfindung klebender Verunreinigungen im Konstantteil der Papiermaschine entwickelt werden. Es sollte eine eindeutige Zuordnung und Prioritätensetzung der wesentlichen Ablagerungsverursacher - insbesondere die Aufdeckung möglicher Sekundärstickyquellen - erarbeitet werden. Anhand der Ergebnisse sollten konkrete Abhilfemaßnahmen für die untersuchten Papierfabriken abgeleitet werden.</p>
Ergebnisse	<hr/> <p>Die Bildung von Sekundärstickys in Papierfabriken konnte messtechnisch nachgewiesen werden. Es wurde ein sog. „Stickyschadwert“ erarbeitet, mit dem erstmals ein direkter quantitativer Vergleich der Schadwirkung verschiedener Stickyerscheinungsformen (Makrostickys, Sekundärstickys, Mikrostickys) möglich ist. Dieser Schadwert wird zur Nutzung im Rahmen von Prozessanalysen empfohlen.</p> <p>Es wurde abgeleitet, dass den Makrostickys das Hauptschadpotenzial an der Papiermaschine zuzuordnen ist. Daher haben Maßnahmen zur Reduzierung der Makrostickybeladung oberste Priorität.</p> <p>Eine fallweise Bildung von Sekundärstickys im Konstantteil - Untersuchungen im Projekt zeigten in der Folge einen Zuwachs der Makrostickybeladung in der Bilanz um bis zu 50% - kann die Stickyschadwirkung insgesamt signifikant verstärken.</p> <p>Mikrostickys tragen, soweit sie in stabilisierter Form im Stoff vorliegen, eher untergeordnet zur Bildung von Ablagerungen bei.</p> <p>Im Projekt wurde zusätzlich herausgearbeitet, dass die Größenordnung der Mikrostickybeladung alternativ zur bisherigen aufwändigen Extraktmessung auch mittels NIR-Spektroskopie am Stoffdichtebrett bestimmbar ist.</p> <hr/>

**Schluss-
folgerung**

Es wurde eine allgemein gültige Vorgehensweise zur zielgerichteten Ursachenfindung klebender Verunreinigungen im Konstantteil der Papiermaschine im Projekt erarbeitet. Im Rahmen dieses ganzheitlichen Ansatzes zur Prozessbewertung werden alle Stickyerscheinungsformen und alle für das Auftreten von für die Bildung klebender Ablagerungen relevanten, möglichen Mechanismen sowohl in der Stoffaufbereitung als auch im Konstantteil gemeinsam betrachtet. Die allgemeingültige Vorgehensweise ist unabhängig vom Sortenspektrum anwendbar.

Konkrete Abhilfemaßnahmen für die im Projekt untersuchten Papierfabriken konnten abgeleitet werden. Diese Maßnahmen sind generell auch auf alle anderen Papiererzeugungsanlagen applizierbar. Besonders wichtig ist die Produktion eines Fertigstoffes in der Stoffaufbereitung, der möglichst wenige Makrostickys enthält. Weiterhin sollte ein Eintrag von, in Relation zum Fertigstoff, höher mit Makro- oder Mikrostickys beladenem Ausschuss in den Konstantteil vermieden werden.

Bei akuten Ablagerungsproblemen ist, neben der evtl. gestiegenen Beladung des Rohstoffs (und einer daraus folgenden erhöhten Beladung des Fertigstoffs) auch das Vorhandensein von Sekundärstickyquellen im Konstantteil eine mögliche Ursache. Als Nachweis dieser Quelle ist ein deutlicher Anstieg der Makrostickybeladung im Stoffstrom geeignet. Die genaue Höhe der Sekundärstickybildung ist nur über eine Bilanzierung im Konstantteil quantifizierbar.

Auch in kleinen und mittelständischen Papierfabriken sind durch Beachtung der Empfehlungen Kostensenkungen in großem Umfang erzielbar. Der Aufwand zur Erschließung dieses Potenzials wird durch eine Systemanalyse auf Basis des vorgeschlagenen dreistufigen Ansatzes deutlich reduziert.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben IGF 14762 BR der Forschungsvereinigung PTS wurde im Programm zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie über die AiF finanziert. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

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

2 Abstract

Theme

Systematic evaluation and reduction of sticky contaminants in the PM wet end section to reduce losses due to stickies in graphic paper production

Project objective

The project aimed to significantly reduce production losses and quality defects due to stickies in recycled-fibre based graphic paper production. A systematic and generally applicable approach was to be developed to specifically identify the origins of stickies in the PM wet end section. For this purpose, the main causes of deposit formation had to be classified, clearly allocated and prioritised, especially to identify possible sources of secondary stickies. Based on the results, concrete corrective measures were to be derived for the paper mills investigated.

Results

The project results have shown that it is possible to analytically detect the formation of secondary stickies in paper mills. A stickies disturbance value was defined which for the first time ever allows direct quantitative comparisons between the harmful effects of the various types of stickies (macrostickies, secondary stickies, microstickies): Each type is assigned a proportional stickies disturbance value. It is advisable to use these values during process analyses.

Macrostickies were found to have the greatest disturbing potential in the paper machine. Measures aimed at reducing macrosticky loads must therefore be given top priority.

The formation of secondary stickies in the wet end section - investigations in the project showed that macrosticky loads were increased by up to 50% in the balance - can significantly intensify the overall disturbing effect of stickies.

Microstickies tend to contribute less to deposit formation as long as they are present in stabilised form in the stock.

Another finding from the project was that for establishing the magnitude of microsticky loads, NIR spectroscopy of consistency handsheets constitutes a time-saving alternative to the exact measurements used so far.

Conclusions

A generally applicable procedure has been developed to systematically identify the causes and origins of sticky contaminants in the paper machine wet end section. The approach is integral and comprehensive - all types of stickies and mechanisms relevant or possibly leading to the formation of sticky deposits in both stock preparation and the wet end section are looked at simultaneously. The procedure is applicable irrespective of the grade spectrum concerned.

Concrete corrective measures were derived for the paper mills investigated in the project, but are applicable in principle also to any other papermaking system. During stock preparation, it is particularly important to produce whole stocks with as little macrostickies as possible. Further, the macro- or microsticky loads of broke introduced in the wet end section should not exceed the load levels of the whole stock.

A possible cause of acute depositing problems - beside increased loads in raw materials and the resulting higher load levels in the finished stock – can be secondary sticky sources in the wet end section. The latter are indicated by markedly increased macrosticky loads in the stock flow. The exact value of secondary stickys genesis can only be quantified by balance calculations in the wet end section.

By following these recommendations, even small and medium sized paper mills can save several 100,000 € per year. The outlay required for exploiting this potential will be greatly reduced by performing a system analysis based on the proposed three-step approach.

Acknowledgement

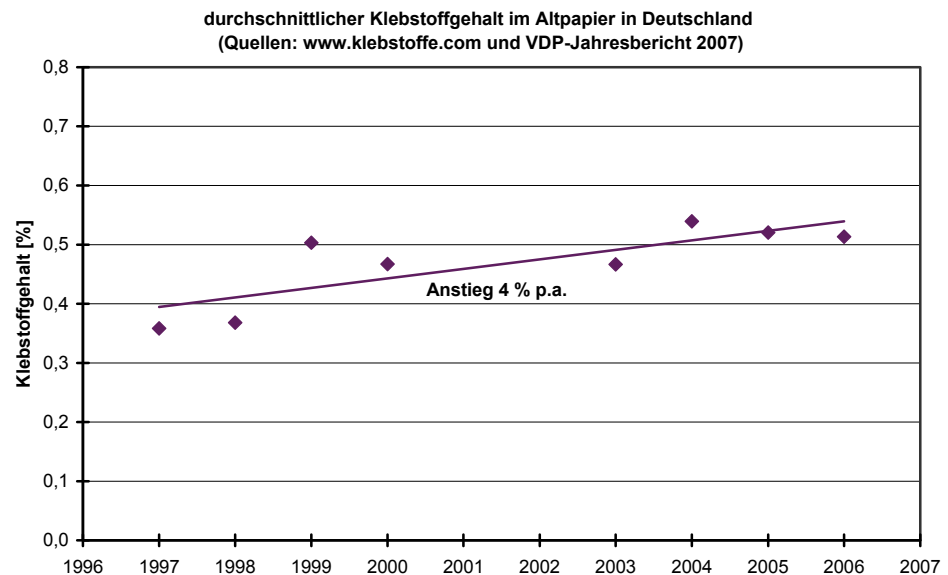
The IGF 14762 BR research project of the research association PTS was funded within the program of promoting “pre-competitive joint research (IGF)” by the German Federal Ministry of Economics and Technology BMWi and carried out under the umbrella of the German Federation of Industrial Co-operative Research Associations (AiF) in Cologne. We would like to express our warm gratitude for this support. We would also like to thank to the involved paper mills for supporting the project performance.

3 Einleitung

3.1 Ausgangssituation

Hohe Kleberbeladung im Altpapier

Im Altpapier sind derzeit durchschnittlich 0,5 % Klebstoffe aus der Papierverarbeitung enthalten [1]. Der jährliche Anstieg der mittleren Kleberbeladung lag in den letzten 10 Jahren bei ca. 4 %.

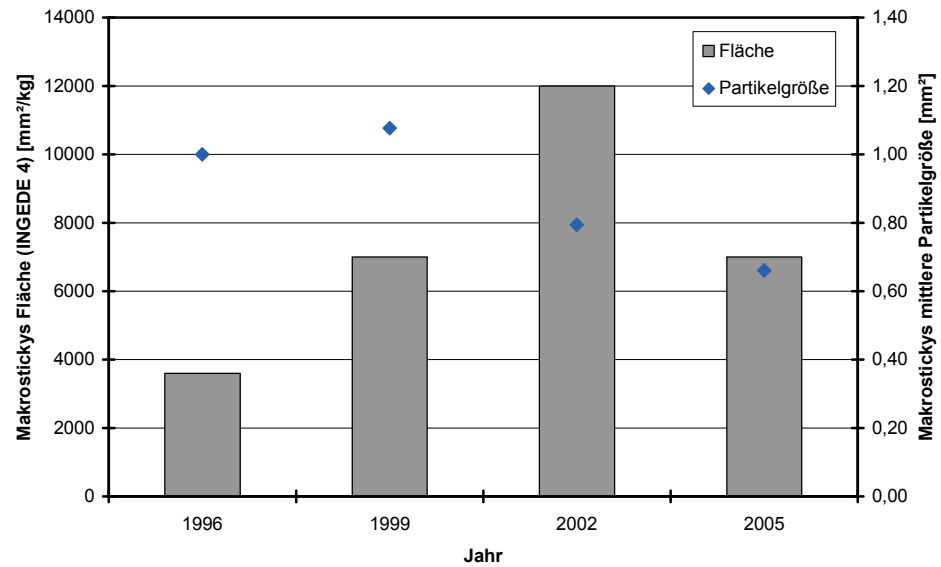


Ein Klebergehalt von 0,5 % entspricht überschlägig einer Makrostickyfläche von ca. 50.000 mm²/kg [2]. In Altpapierstoffen sind durchschnittlich jedoch nur ca. 20.000 mm²/kg (AP für Testliner 30.000 mm²/kg, AP für DIP und Tissue 7.000 mm²/kg) enthalten.

Man kann demnach davon ausgehen, dass bei der Altpapierzerfaserung mindestens die Hälfte aller enthaltenen Klebstoffe in feindisperse Partikel < 100 µm (= Mikrostickys) zerkleinert werden oder zum Teil auch in kolloidaler oder gelöster Form vorliegen.

**Makrostickys
tendenzielle Ent-
wicklung der Be-
ladung**

Lt. Veröffentlichung der INGEDE hat sich die Makrostickybeladung im Altpapier zur Herstellung von Massendruckpapieren auf einem hohen Niveau stabilisiert. Als problematisch wird die tendenzielle Abnahme der durchschnittlichen Partikelgröße gesehen. Je kleiner die Makrostickys, desto schwieriger ist die Abtrennung dieser Partikel im Drucksortierer. Die Werte sind das Durchschnittsergebnis einer Erhebung in mehr als 30 Papierfabriken [3].



Neues Problem: feindisperse Sticks

In den letzten Jahren rückten neben den Makrosticks vor allem die nicht mittels Sortierung abtrennbaren feindispersen Mikrosticks in den Fokus der Papierhersteller [4] [5] [6]. Kosten intensive Ablagerungen an der Papiermaschine können grundsätzlich sowohl durch Makrosticks als auch durch Mikrosticks verursacht werden. Das Schadpotenzial kolloidaler und gelöster Substanzen wird erst dann relevant, wenn es zu starken Ausflockungen im Prozess kommt (Sekundärstickerbildung) [7].

		Bildung unerwünschter Sekundärsticker	abtrennbar durch Druck-Sortierer?	Ablagerungsneigung (Kennzeichen)	Bezeichnung Partikelgröße	abfiltrierbare Feststoffe
Trennkriterium: Laborsortierung, Schlitzplatte 100 bzw. 150 µm Trennkriterium: Schwarzbandfilter (retentierete Partikelgröße ca. 1...5 µm)	Makrosticks		ja (nicht vollständig)	sehr hoch (Klebrigkeit)	grobdispers (Makropartikel)	
	Mikrosticks		nein	mittel (Klebrigkeit)	feindispers (Mikropartikel)	
	potenzielle Sekundärsticker		nein	nahezu keine (Ladung)	kolloidal (1 nm - 1 µm), gelöst (< 1 nm)	

L. Hamann, PTS Heidenau

Auf den erheblichen Gehalt der aus den Klebstoffen resultierenden Mikrosticks im Altpapier wurde bereits hingewiesen. Zusätzlich erhöht sich infolge des verstärkten Streichens und Bedruckens seit Jahren der Gehalt an Druck- und Streichfarbenbindern im Papier [8]. Diese meist organischen und hauptsächlich auf Harzen, Polyacrylaten, Polyvinylacetaten und Styrolbutadien basierenden Substanzen sind ebenfalls potenziell klebrig.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Mikrosticks aufgrund ihrer im Vergleich zu den Makrosticks deutlich geringeren Größe auch eine dementsprechend reduzierte Ablagerungsneigung aufweisen [9] (siehe Schema [2]). Die mögliche Schädlichkeit der Mikrosticks ergibt sich auf 2 Wegen:

- sehr hohe absolute Beladung

Die Mikrostickerbeladung in der Stoffsusension kann ohne weiteres 10 bis 50 x höher als die Makrostickerbeladung sein [10] [11]. Bei den heute üblichen leichtgewichtigen Massendruckpapieren mit einer Flächenmasse von unter 50 g/m² und einer Papierdicke von ca. 50 µm können auch Mikrosticks zu erheblichen Ablagerungen führen, da sie nicht mehr im Faservlies eingelagert werden. Dabei kann aber davon ausgegangen werden, dass nicht alle Mikrostickererscheinungsformen gleich klebrig bzw. störend sind (vgl. nächster Abschnitt).

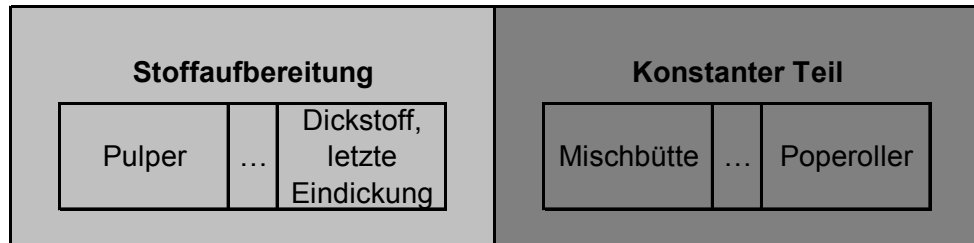
- Potenzial zur Bildung von Sekundärsticker

Aus dieser hohen Beladung und dem Einsatz von fällenden und flockenden Additiven im Konstantteil ergibt sich ein hohes Potenzial zur Bildung unerwünschter stabiler Stickyagglomerate. Diese sind in Form zusätzlicher Makrosticks messtechnisch nachweisbar [12].

3.2 Einflüsse auf die Stickysituation im Konstantteil

Definition Konstanter Teil

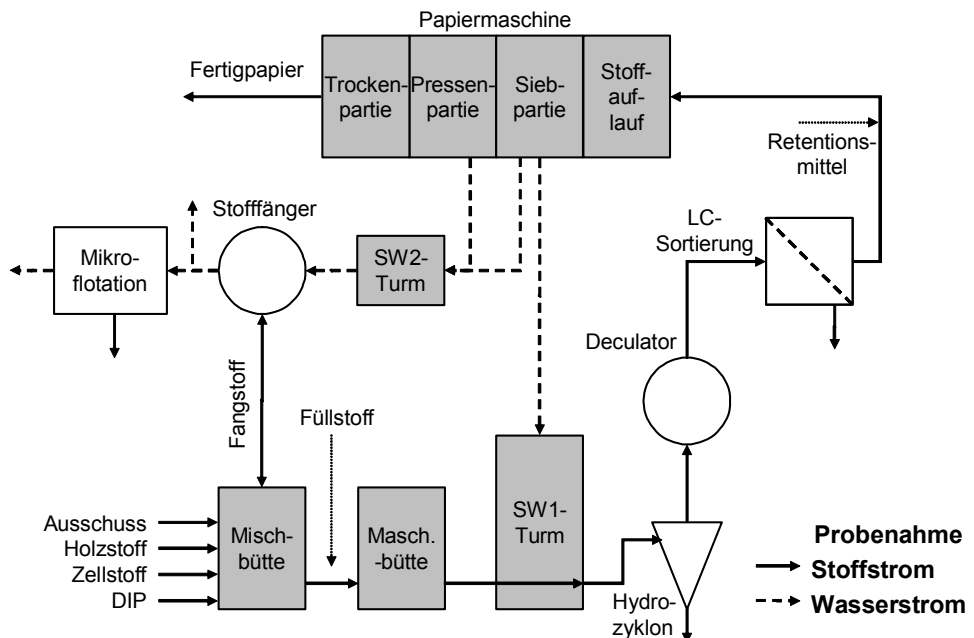
Der Konstante Teil dient hauptsächlich zur Mischung der Faser- und Füllstoffe sowie zur Dosierung chemischer Additive. Der Konstante Teil oder Papiermaschinen-Loop (PM-Loop) wird für das Projekt wie folgt definiert:



Vor Beginn des Konstantteils der Papiermaschine sind alle wichtigen physiko-mechanischen Verfahren zur Reinigung der Stoff suspension und zur Reaktivierung der Papierfasern (Mahlung) bei richtiger Funktion der vorgelagerten Stoffaufbereitung abgeschlossen.

In den letzten Jahren hat die zielgerichtete Entfernung unerwünschter Inhaltsstoffe aus der Stoff suspension und dem Kreislaufwasser auch im Konstantteil zunehmend an Bedeutung gewonnen. Gründe dafür sind die generell hohe und steigende Stickybeladung im Altpapier und die oftmals an oder sogar über der Kapazitätsgrenze arbeitende Stoffaufbereitung. Damit ist die Fertigstoffbeladung mit Stickys in vielen Fällen zu hoch für einen störungsarmen Betrieb der Papiermaschine.

Die Hauptprozessstufen im Konstantteil der Papiermaschine von DIP-Anlagen sind nachfolgend dargestellt.



**Stickyschad-
phänomene und
mögliche Ge-
genmaßnahmen**

Im Konstantteil können eine generelle **Stickyüberladung** und unerwünschte **Stickyagglomerationen**, aber auch zeitabhängige **Anreicherungseffekte** auftreten.

Zur Bekämpfung dieser Ursachen für Ablagerungen an der Papiermaschine kann die zielgerichtete Abtrennung von Stickys in Drucksortierer und Cleaner oder durch Fixierung sowie eine Kreislaufwasserreinigung eingesetzt werden.

Stickyüberladung

Eine Stickyüberladung im Konstantteil ist vor allem die Folge einer hohen Stickybeladung im Fertigstoff. Bei einer solchen Überladung pegelt sich ein hohes Stickyniveau im Siebwasserkreislauf ein. Je nach eingestellter Retention wird nur ein begrenzter Anteil der Mikrostickyfracht mit der Papierbahn ausgeschleust.

Der Richtwert für die maximal akzeptable Makrostickybeladung im Stoffauflauf bei Massendruckpapieren liegt derzeit bei ca. 200 mm²/kg (gemessen mit der 100µm Schlitzplatte entsprechend INGEDE-Methode Nr. 4) [13]. Im Bereich der Mikrostickys liegen noch keine Vergleichswerte vor.

Agglomerationen

Die im Fertigstoff eingebrachte hohe Makrostickybeladung kann sich durch unerwünschte Agglomerationen feindisperser, kolloidaler und molekularer Substanzen im Konstantteil noch weiter erhöhen: Sekundärstickys werden gebildet.

Der messtechnische Nachweis einer Sekundärstickybildung in Praxisanlagen ist nicht ohne weiteres möglich. Änderungen in der Stickybeladung können auch die Folge von Stoffmischungen oder Verdünnungen sein. Zur sicheren Detektion einer Sekundärstickybildung muss eine komplette Input/Output-Bilanz der Stickybeladung am jeweiligen Messpunkt erstellt werden.

Wesentlich ist auch die Flockenstabilität – es sind nur stabile Stickyflocken messtechnisch erfassbar. Additivhersteller berichteten über messtechnisch nachweisbare Verschiebungen im Partikelgrößenbereich der Mikrostickys bei Variation des Additiveinsatzes [14]. Daraus wird dann auf das Vorhandensein auch größerer Agglomerate geschlossen.

Dies geschieht zumeist durch unvorteilhafte Dosierungen chemischer Additive oder ungünstige Prozessbedingungen, wie z.B. erhöhter Frischwassereinsatz nach Maschinenstillstand, hohe Luftgehalte [15] oder Ausschusseinsatz. In der Folge kommt es zu unerwünschten und nicht kontrollierbaren Flockungsreaktionen in der Stoffsuspension oder im Kreislaufwasser.

Durch Einbindung von Scherkräften in die Stoffsuspension im Konstantteil können bereits fixierte Stickys wieder von den Fasern abgelöst werden. Die Folge ist eine vermehrte Bildung unerwünschter Mikrosticky-Agglomerate [16].

Bei einer sehr hohen Beladung mit Mikrostickys im Kreislaufwasser kann es bei einer integrierten Mikroflotation aufgrund der in diesem Aggregat zielgerichteten Flockung zu einer verstärkten Bildung von Sekundärstickys kommen. Dies ist insbesondere bei einer Rückführung des Flotats in den Prozess zu beachten.

Anreicherung	<p>Eine Anreicherung kann im Fall eines variablen Altpapier-Rezepturanteils entstehen. Wird die Altpapiereinsatzmenge erhöht, dann steigt auch die Stickybelastung im Konstantteil und im Siebwasserkreislauf sukzessive – mit der Folge verstärkter Ablagerungen an der PM. Bei einer Absenkung des Altpapier-Anteiles am Gesamtstoff sinkt das Stickyniveau wieder ab.</p>
Maßnahmen zur Stickybekämpfung	<p>Die Abtrennung von Stickys im Konstantteil kann verhindern, dass eine zu große Stickyfracht an die Papiermaschine gelangt und dort Ablagerungen verursacht. Makrostickys und neu entstandene Stickyagglomerate können im Drucksortierer und im Cleaner des Konstantteils abgetrennt werden. Allerdings sind diese Aggregate im Konstantteil nicht vorrangig zur Stickybekämpfung installiert. Sie dienen eher im Sinne einer „Polizeifunktion“ zur Abtrennung abrasiver Materialien und von Faserbündeln vor der Papiermaschine.</p> <p>Mikrostickys können mit Hilfe geeigneter chemischer Additive an die Papierfasern fixiert und damit im Papier ausgetragen werden. Auf diese Weise lässt sich die Konzentration dieser Partikel im Siebwasserkreislauf verringern. Unerwünschte Nebenwirkung der Stickyfixierung ist die mögliche Bildung von Sekundärstickys.</p> <p>Mikrostickys gehen bei der Entwässerung der Papierbahn zum Großteil in die Siebwässer über. Daher ist eine effektive Mikrostickysenke im Prozesswasser, z.B. eine Mikroflotation zur Prozesswasserreinigung, ein wichtiger Verfahrensschritt zur Vermeidung von stickybedingten Produktionsstörungen [17].</p>

3.3 Stand des Wissens bei Systemanalysen zur Stickykontrolle im Konstantteil

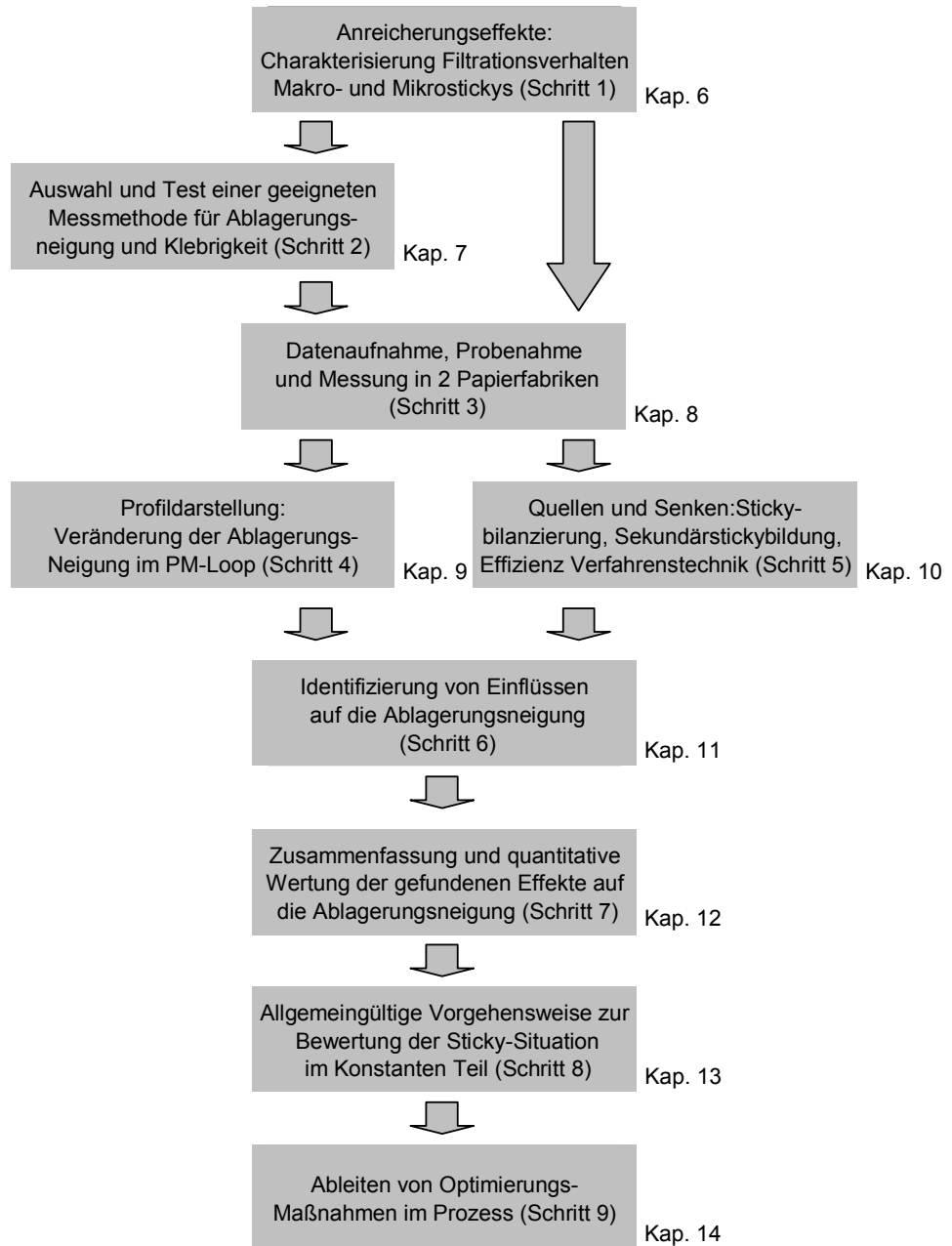
Systematische Prozessanalyse fehlt	<p>Der aktuelle Entwicklungsstand bei der Prozessanalyse zur vollständigen Darstellung der Stickysituation im Konstantteil in Papierfabriken ist unzureichend. Eine gesicherte Ursachenzuordnung für auftretende Ablagerungen an der Papiermaschine ist nur schwer möglich bzw. sind die bisher verfügbaren Informationen dazu widersprüchlich.</p> <p>Dies bedeutet, die Vorgehensweise zur Ablagerungsreduzierung erfolgt bisher in der Regel empirisch. Die konkrete Zuordnung der Ablagerungsversursacher zur Fraktion der Makrostickys, Mikrostickys oder Sekundärstickys wird nicht berücksichtigt.</p>
Mikrostickys	<p>Mikrostickys wurden bisher bei der Stickykontrolle in Papierfabriken nicht ausreichend betrachtet. Eine detaillierte Bilanzierung der Mikrostickys im Stoff-/Wasserkreislauf an der Papiermaschine wurde bisher nicht durchgeführt.</p>
Sekundärstickybildung	<p>Die prinzipiell mögliche Bildung von Sekundärstickys wurde bisher hauptsächlich an Modellstoffen gezeigt. Ein konkreter messtechnisch gesicherter Nachweis dieses Phänomens in Praxisanlagen steht noch aus.</p>

Ablagerungen	Die Bestimmung des Ablagerungsverhaltens der Inhaltsstoffe der Stoffsuspension oder des Prozesswassers in Praxisanlagen war bisher nicht in zufriedenstellender Weise möglich und wurde bei bisherigen Systemanalysen nicht angewendet.
Forschungsziel Projekt	<p>Entwicklung einer systematischen Vorgehensweise zur</p> <ul style="list-style-type: none">• zielgerichteten Ursachenfindung klebender Verunreinigungen im Konstantteil der Papiermaschine• Ableitung konkreter Abhilfemaßnahmen in der Papierfabrik <p>Mit dieser Systematik sollte die erreichte Primärstickyabscheidung und die Bildung von Sekundärstickys auf der Basis detaillierter Bilanzierungen quantifiziert werden. Durch eine Differenzierung nach Makro- und Mikrostickys sollten die Bildungsmechanismen identifiziert werden.</p> <p>Mit der Auswahl und Weiterentwicklung einer Ablagerungsmessung wurde eine direkte Verbindung zwischen dem durch klebende Verunreinigungen auftretenden Schadphänomen und den in der Suspension vor der Blattbildung gemessenen Stickybeladungen angestrebt.</p>

4 Gesamtvorgehen

Übersicht

Folgendes Schema gibt eine Übersicht über die Arbeitsschritte und die zugehörigen Kapitel des Berichts:



5 Versuchsdurchführung

5.1 Wasser- und Stoffanalytik

Messverfahren Die folgenden Messmethoden wurden angewandt:

Parameter	Messmethode
abfiltrierbare Stoffe (Stoffdichte)	DIN 38409 T.2
Ladungsdichte	Gerätevorschrift PCD 03 (Mütek)
pH-Wert	DIN 38404 T.5
Temperatur	DIN 38404 T.4
Elektrische Leitfähigkeit	DIN EN 27888
Makrostickygehalt	INGEDE-Methode Nr. 4 [18]
Mikrostickygehalt (Dimethylformamid-Extrakt)	PTS-Gerätevorschrift
Mikrostickygehalt (NIR)	PTS-Gerätevorschrift
Kolloidale Stickys (Dimethylformamid-Extrakt)	PTS-Gerätevorschrift
CSB	Dr. Lange Küvettentest
Ablagerungen (Mikrostickys)	PTS-Gerätevorschrift
Trübung	Gerätevorschrift

6 Charakterisierung des Filtrationsverhalten von Makro- und Mikrostickys

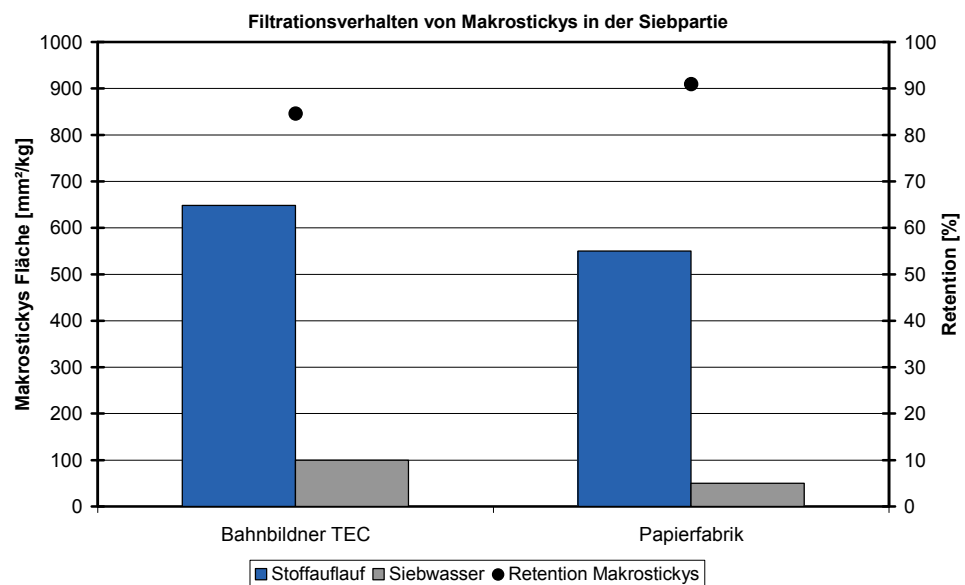
Vorgehen Es wurden Filtrationsversuche an einer industriellen Stoffsusension in der Siebpartie des PTS-Bahnbildners im Technikum durchgeführt. Darüber hinaus wurden Ergebnisse aus bereits abgeschlossenen Untersuchungen in Papierfabriken recherchiert und in anonymisierter Form zusammengefasst.

6.1 Filtration in der Siebpartie des PTS-Bahnbildners

6.1.1 Filtrationsverhalten von Makrostickys

Versuch 1: Im Versuch 1 wurde die Makrostickybeladung im Stoffauflauf und im Siebwasser bestimmt. Die Relation beider Messwerte ergibt die Makrosticky-Retention. Zum Vergleich der Technikumsversuche zu Praxisanlagen wurden die Makrostickyretentionswerte von einer Papiermaschine zur Herstellung von Zeitungsdruckpapier vergleichend gegenübergestellt.

Messung an Stoffauflauf und Siebwasser



Die Makrostickyretention lag in beiden Fällen bei ca. 85 - 90 %. Aufgrund ihrer Partikelgröße wurden die Makrostickys weitgehend im Faservlies auf dem Sieb zurück gehalten.

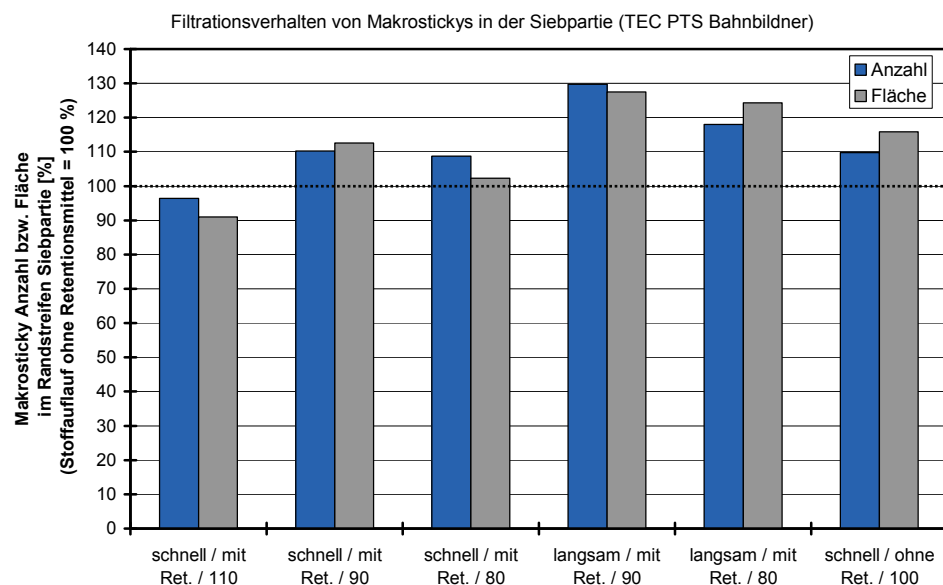
Zu berücksichtigen ist hier, dass der Vergleich anhand der Absolutwerte der Makrostickyfläche im Diagramm das tatsächliche Verhältnis Stoffauflauf / Siebwasser nicht vollständig korrekt widerspiegelt. Betrachtet man die tatsächliche Makrosticky-Massenbilanz in der Siebpartie, dann liegt die Makrostickyretention nahezu bei 100 % (siehe auch spätere Bilanzierungsrechnungen).

Versuch 2: Messung in Stoffauf- lauf und Siebpar- tie Randstreifen

Das Filtrationsverhalten lässt sich auch durch den Vergleich der Proben aus dem Stoffauf-
lauf und aus dem Randstreifen der Siebpartie ermitteln. Vorteil ist hier der Verzicht auf die sonst notwendigen großen Probenmengen bei der Stickymessung über das Siebwasser. Der Trockengehalt des Randstreifens lag bei ca. 20%. In den Versuchen wurden folgende Parameter variiert:

- Flächengewicht von 80 - 110 g/m²
- die Entwässerungsgeschwindigkeit der Flachsauger (zwei Einstellungen)
- mit/ohne Retentionsmitteleinsatz 0,18 % Polymin bezügl. Faserstoff

Im Versuch wurde als Vergleichsbasis die Probe aus dem Stoffauf-
lauf ohne Re-
tentionsmittelzugabe definiert.

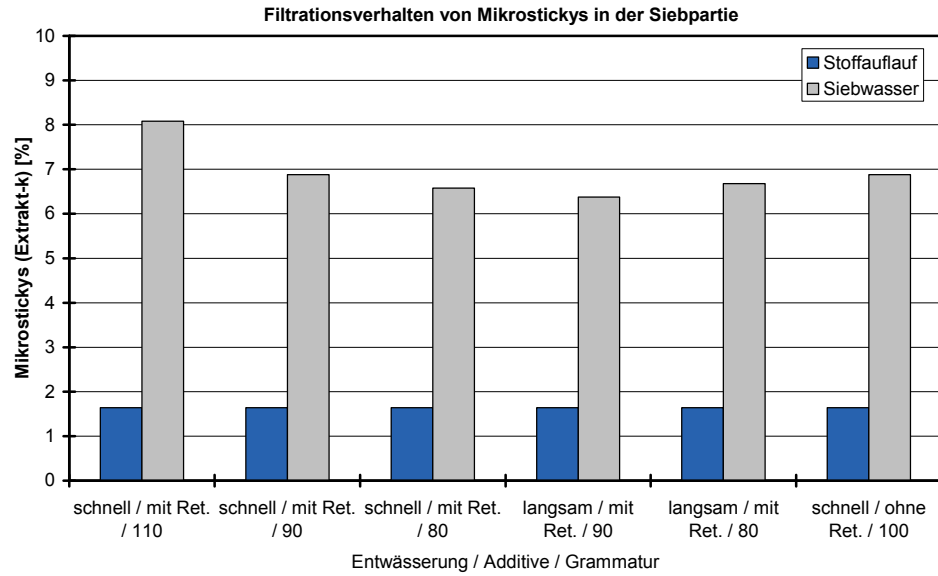


Bei den Versuchen mit schneller Entwässerung war keine signifikante Änderung der Makrostickybeladung im Vergleich Stoffauf-
lauf/Randstreifen zu erkennen. Auch im Versuch ohne Retentionsmittel war kein „Verlust“ von Makrosticky in das Siebwasser nachweisbar.

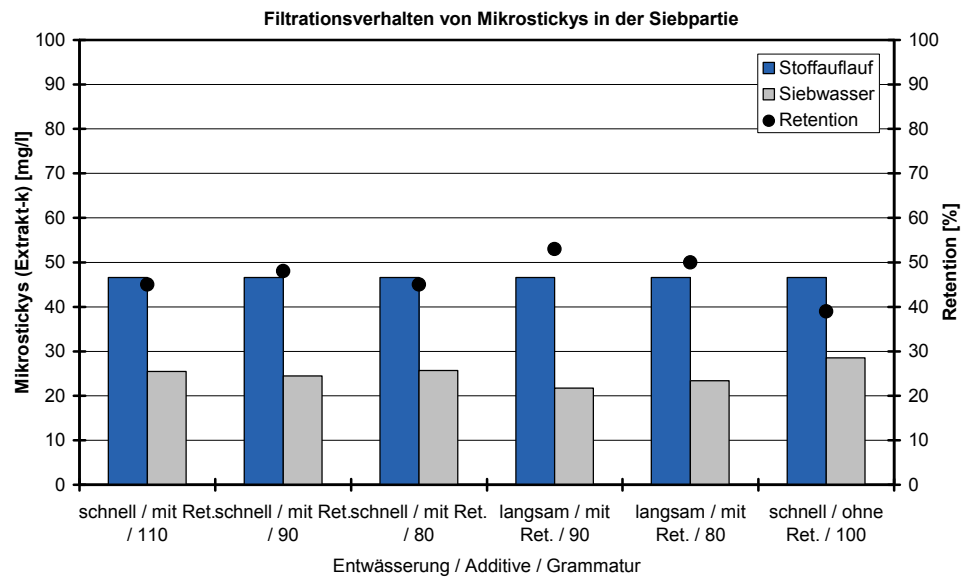
Bei einem Anstieg der Entwässerungszeit und der damit verbundenen längeren Agglomerationsdauer war ein erhöhtes Makrostickyniveau im Randstreifen zu verzeichnen. Dies weist auf eine beginnende Sekundärstickymbildung infolge Retentionsmitteldosierung hin. Eindeutige Tendenzen bezüglich Grammatik waren nicht erkennbar.

6.1.2 Filtrationsverhalten von Mikrostickys

Retention Mikrostickys

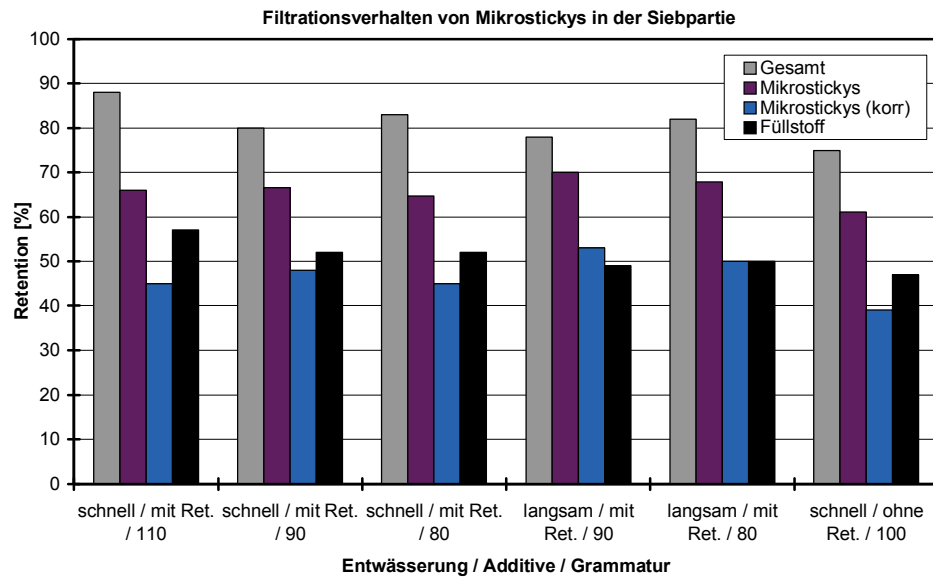


Die relative Beladung mit extrahierbaren Stoffen ist im Siebwasser deutlich höher als im Stoffauflauf. Die Ergebnisse beinhalten die Korrektur um den Faserstoffgrundwert.



Die Mikrosticketyretention lag im Bereich von ca. 40 - 50 %. Tendenziell war die Mikrosticketyretention bei langsamer Entwässerung besser als bei schneller Entwässerung. Der Einsatz von Retentionsmitteln wirkte sich positiv auf die Mikrosticketyretention aus.

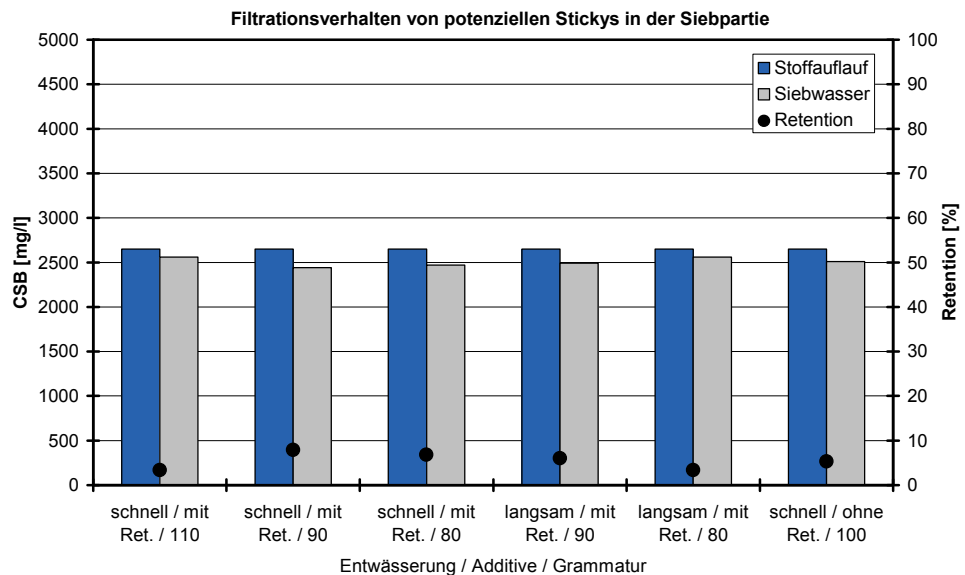
Vergleich zur Gesamt- und Füllstoffretention



Im Vergleich zur Gesamtretention lag die Mikrostickyretention (Korrigierte Werte) deutlich niedriger. Ursache dafür ist, dass die Mikrostickys in der schwer retentierbaren Füll- und Feinstofffraktion enthalten sind. Überschlägig zeigten die Versuche, dass die Mikrostickyretention im Bereich der Füllstoffretention lag.

6.1.3 Filtrationsverhalten kolloidaler und gelöster Substanzen

CSB



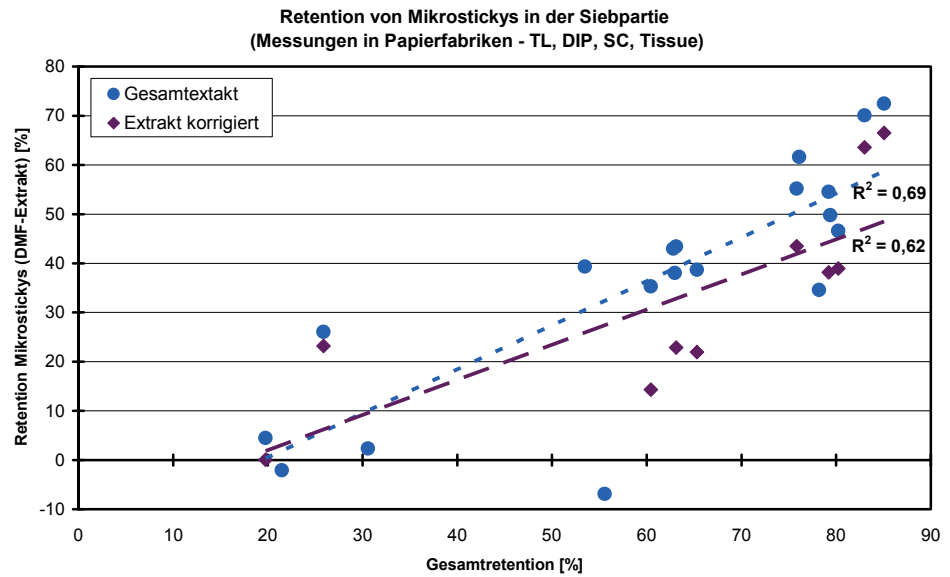
Der CSB war nahezu nicht retentierbar und geht, weitgehend Wassermengen äquivalent, ins Siebwasser über. Die Zugabe des langkettigen Polymers zur Verbesserung der Retention hatte keinen signifikanten Einfluss auf den CSB.

6.2 Filtrationsverhalten von Stickys in Papierfabriken

6.2.1 Filtration von Mikrostickys in der Siebpartie

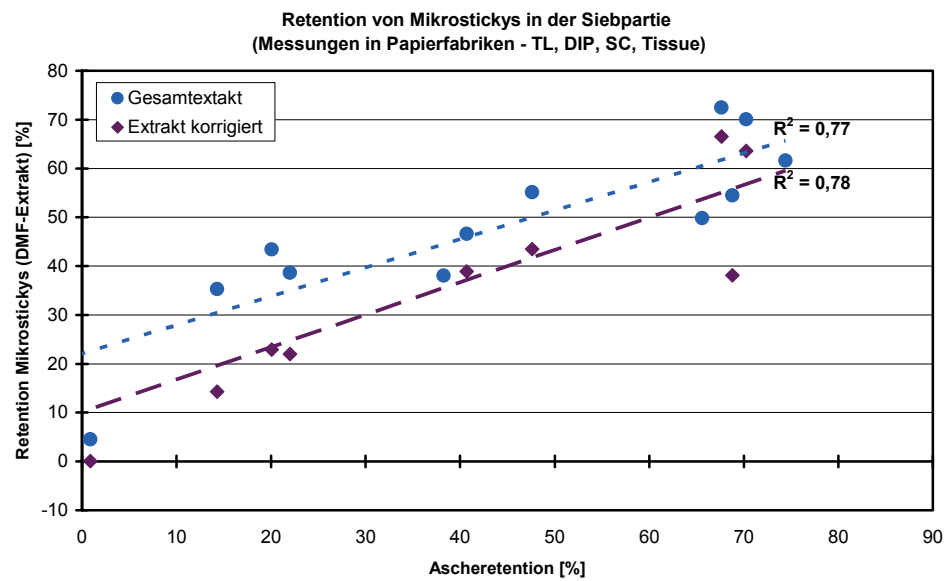
Abhängigkeit von der Gesamtretention

Im Diagramm wurden die recherchierten Ergebnisse aus Messungen in verschiedenen Papierfabriken zusammengestellt. Es wurde sowohl der Gesamtextrakt als auch der um den Faserstoffgrundwert korrigierte Extraktwert dargestellt.



Die Retention der Mikrostickys in der Siebpartie ist von der Gesamtretention abhängig. Dabei ist die Mikrostickyretention deutlich geringer als die Gesamtretention.

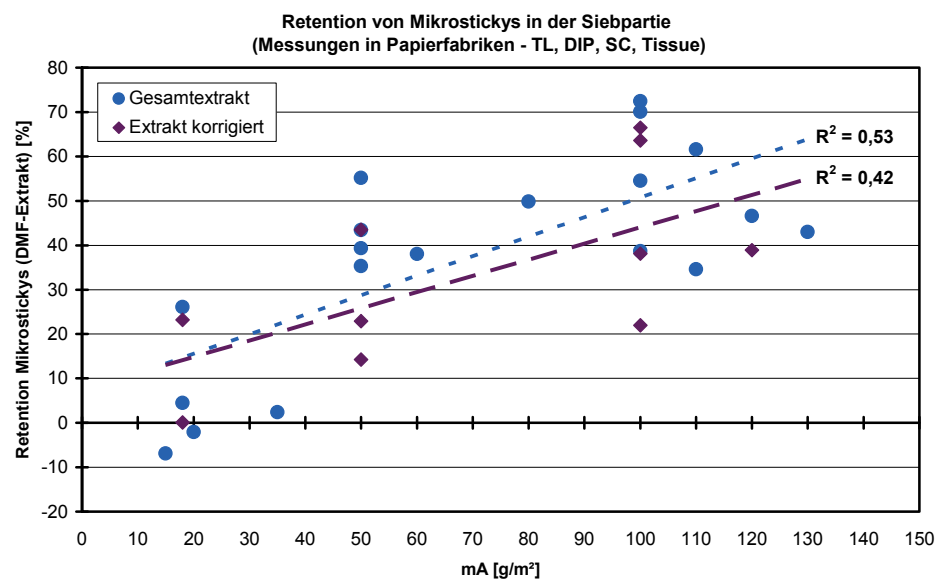
Abhängigkeit von der Ascheretention



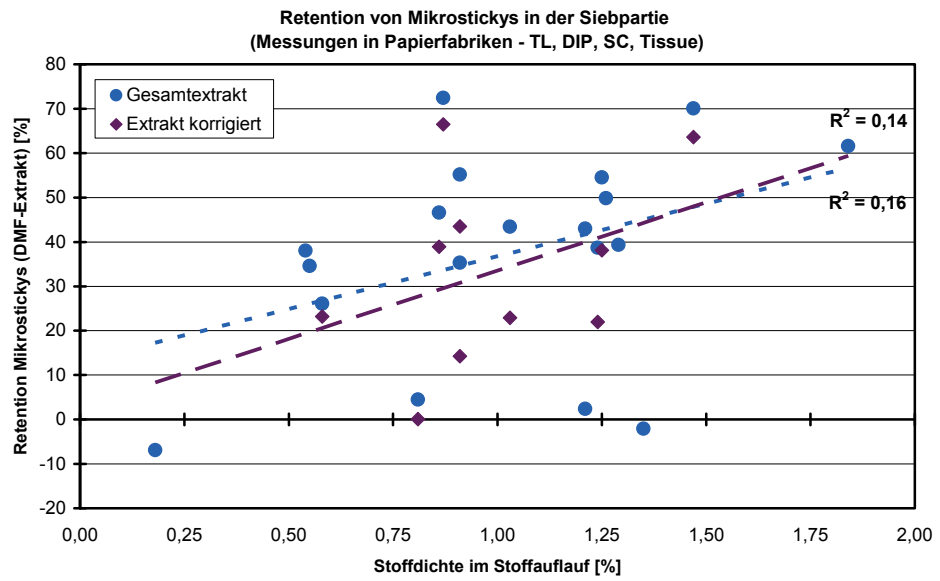
Die Mikrostickyretention (korrigiert) und die Ascheretention liegen auf einem annähernd gleichen Niveau. Damit werden die Ergebnisse der Technikumsversuche bestätigt.

Abhängigkeit vom Flächengewicht

Die Retention in der Siebpartie ist von mehreren Gesichtspunkten abhängig. Wesentliche Faktoren sind z.B. die Flächenmasse des gebildeten Faservlieses und der Einsatz von Retentionsmittel.



Tendenziell war eine Erhöhung der Mikrostickyretention bei Steigerung der Grammatuer erkennbar. Die Variationskoeffizienten der Trendlinien lagen allerdings nur bei ca. 0,5. Je dicker das Faservlies, desto stärker wirkt es als Filtermedium und hält damit Mikrostickys zurück.

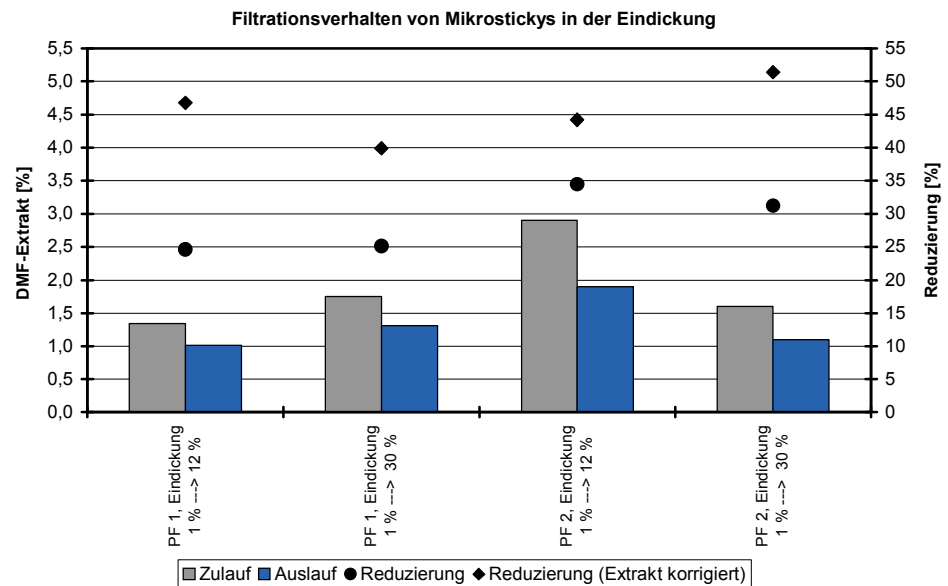
**Abhängigkeit von
der Stoffdichte
im Stoffauflauf**

Es konnte kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Stoffdichte im Stoffauflauf und der Mikrostickyretention gefunden werden.

6.2.2 Filtration von Mikrostickys in der Stoffeindickung

Filtrationsverhalten in der Stoffeindickung

Die Stoffeindickung in Trommel- oder Scheibenfiltern bzw. in einer Schneckenpresse stellt ebenfalls einen Filtrationsvorgang dar. Der Übergang der Mikrostickys ins Filtrat wird vom Filtermedium, den Druckverhältnissen und der Dicke des ausgebildeten Faservlieses bestimmt.



Die Auswertung von vorliegenden Untersuchungen in Papierfabriken zeigte, dass ca. 40 – 50 % der in der Stoff suspension vorhandenen Mikrostickys bei der Stoffeindickung in die Filtrate überführt wurden.

6.3 Fazit

Filtrationsverhalten von Stickys

Das Filtrationsverhalten von Stickys kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Makrostickys

Makrostickys werden annähernd vollständig im Faservlies der Siebpartie der Papiermaschine zurück gehalten. Sie werden daher nahezu komplett mit dem Fertigpapier ausgetragen.

- Mikrostickys

Die Retention der Mikrostickys an der Papiermaschine zeigte tendenziell eine weitgehende Übereinstimmung mit der Füllstoffretention. Es wurden zwischen 0 und 70 % der Mikrostickys im Faservlies retentiert. Damit kann ein erheblicher Anteil der Mikrostickys mit dem Fertigpapier ausgetragen werden. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass nahezu sämtliche Mikrostickys in Siebwasser gelangen. Dies ist z.B. bei sehr dünnen Tissuepapieren im Grammaturbereich unter 20 g/m² möglich.

In der Stoffeindickung kann mit einer Mikrostickysabtrennung aus der Stoffsuspension von ca. 40 – 50 % gerechnet werden.

- Kolloidale und gelöste Substanzen (potenzielle Sekundärstickys)

Kolloidale und gelöste Substanzen werden in der Siebpartie der Papiermaschine nahezu nicht retentiert. Die CSB-Retention in der Siebpartie lag durchschnittlich bei 5 %.

7 Quellen und Senken: Stickybilanzierung, Sekundärstickybildung, Effizienz Verfahrenstechnik

Vorgehen Im Projekt wurden die Konstantteile von 2 Papierfabriken anhand von je ca. 30 Probenahmestellen analysiert.

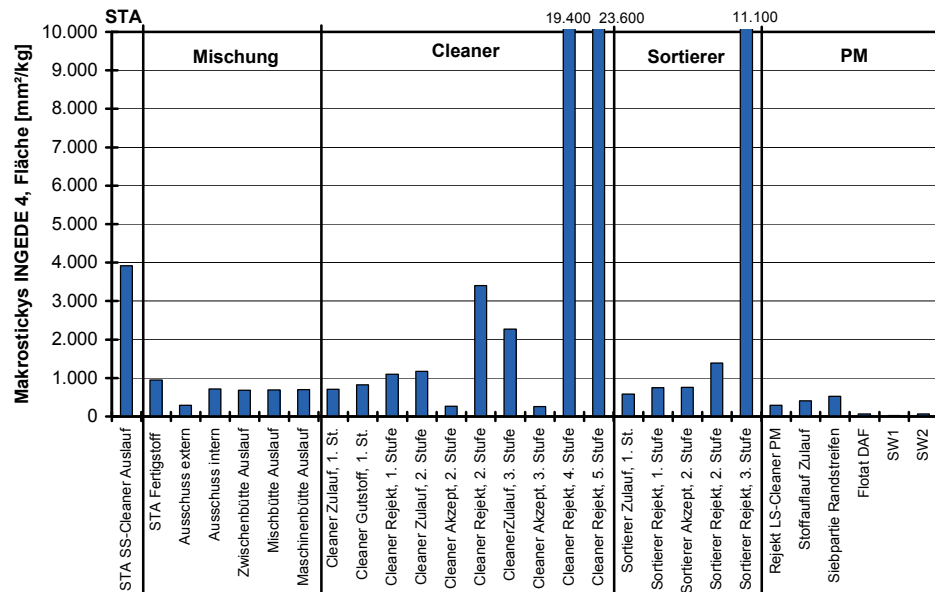
Anhand der vom Werk erhaltenen Volumenströme und der Messwerte der Stoffdichte wurde eine plausible Stoff-/Wasserbilanz für jede einzelne Prozessstufe im Konstantteil erstellt. Auf diese Stoffbilanz wurde die Beladung an Makro- und Mikrostickys übertragen.

Die Volumen-, Gesamtstoff- und Stickyströme wurden in Form von Sankeydiagrammen zusammengefasst. Aus der Bilanzrechnung wurde auf eine mögliche Bildung von Sekundärstickys geschlossen.

7.1 Werk 1

7.1.1 Profildarstellungen der Messergebnisse

Makrostickys, gesamter Prozess



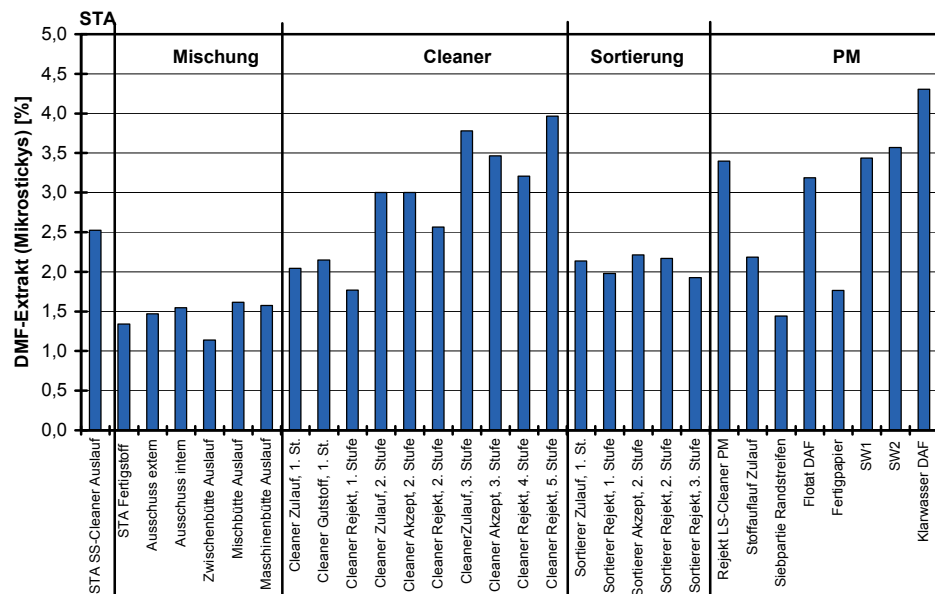
In der Stoffaufbereitung erfolgte eine starke Reduzierung der Makrostickybelastung. Allerdings ist der erreichte Wert im Fertigstoff von ca. 950 mm²/kg als hoch einzuschätzen [19]. Die Makrostickybelastung im Altpapier lag bei ca. 3900 mm²/kg, ein vergleichsweise niedriger Wert [19].

Von der Mischbütte bis zur Siebpartie wurde die Makrostickyfläche um weitere ca. 22 % reduziert. Vom Fertigstoff bis zum Stoffauflauf wurde nahezu eine Halbierung der Makrostickybelastung gemessen.

In den Rejekten der Cleaner- und Sortiererstufen erfolgte eine Anreicherung von Makrostickys. Die genaue Messung dieser Proben ist jedoch erschwert, da die Rejekte insbesondere in Sortierern in der Regel mit Verdünnungswasser beaufschlagt werden.

Im Cleaner im Gutstoff der 1. Stufe wurde keine Reduzierung gemessen. Da jedoch hier eine deutliche Anreicherung im Rejekt vorlag, kann von einer zumindest geringfügigen Stickyabtrennung im Cleaner ausgegangen werden. Im Siebwasser wurden nahezu keine Makrostickys gefunden.

Mikrostickys (DMF-Extrakt)



Der Mikrostickygehalt änderte sich hauptsächlich infolge einer Stoffverdünnung mit Siebwasser. So wurde beispielsweise in der 2. Cleanerstufe von 1,0 auf 0,5 % Stoffdichte und in der 3. Stufe weiter auf 0,35 % Stoffdichte verdünnt. Im Sortierer war erwartungsgemäß keine Veränderung im Mikrostickygehalt erkennbar. Stickys mit einer Partikelgröße < 100 µm werden im Sortierer nicht abgetrennt.

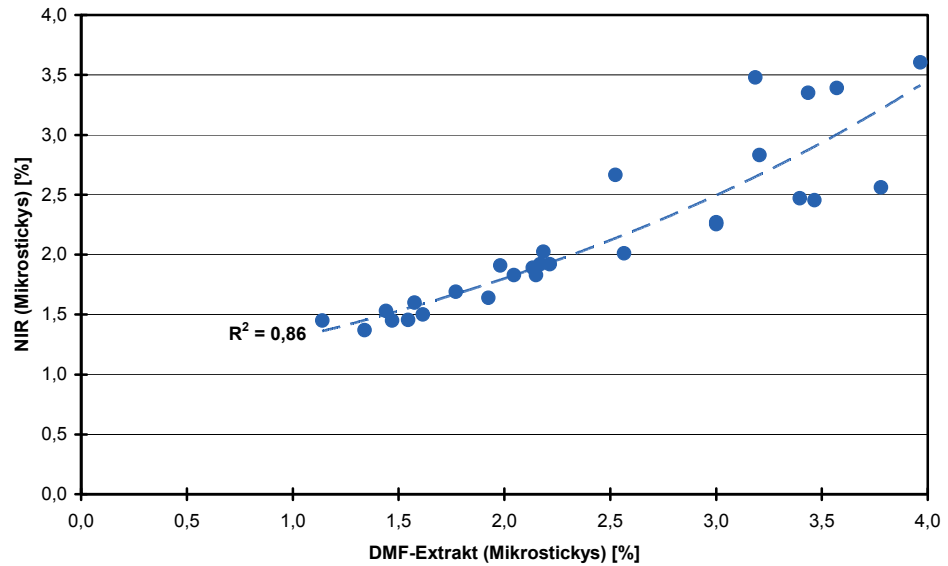
In der Siebpartie gingen viele Mikrostickys ins Siebwasser über. Als Folge sinkt die Mikrostickybeladung im Randstreifen im Vergleich zum Stoffauflauf deutlich.

Der hohe Mikrostickygehalt im Klarwasser der Mikroflotation wird relativiert, wenn man die dazu gehörige Stoffdichte berücksichtigt (vg. nächster Absatz).

In der Stoffaufbereitung erfolgte eine deutliche Reduzierung der Mikrostickybeladung von 2,5 auf ca. 1,3 %.

7.1.2 Neues NIR-Messverfahren zur Mikrostickymessung

Korrelation Extrakt und NIR



Die Korrelation von Extrakt und NIR war insgesamt gut. Im für den Großteil der Proben relevanten Messbereich zwischen 1 und 2,5 % war die Übereinstimmung sogar sehr gut.

Bei höheren Messwerten muss die Datenbasis zur Modellkalibrierung noch vervollständigt werden.

7.1.3 Bilanzrechnungen

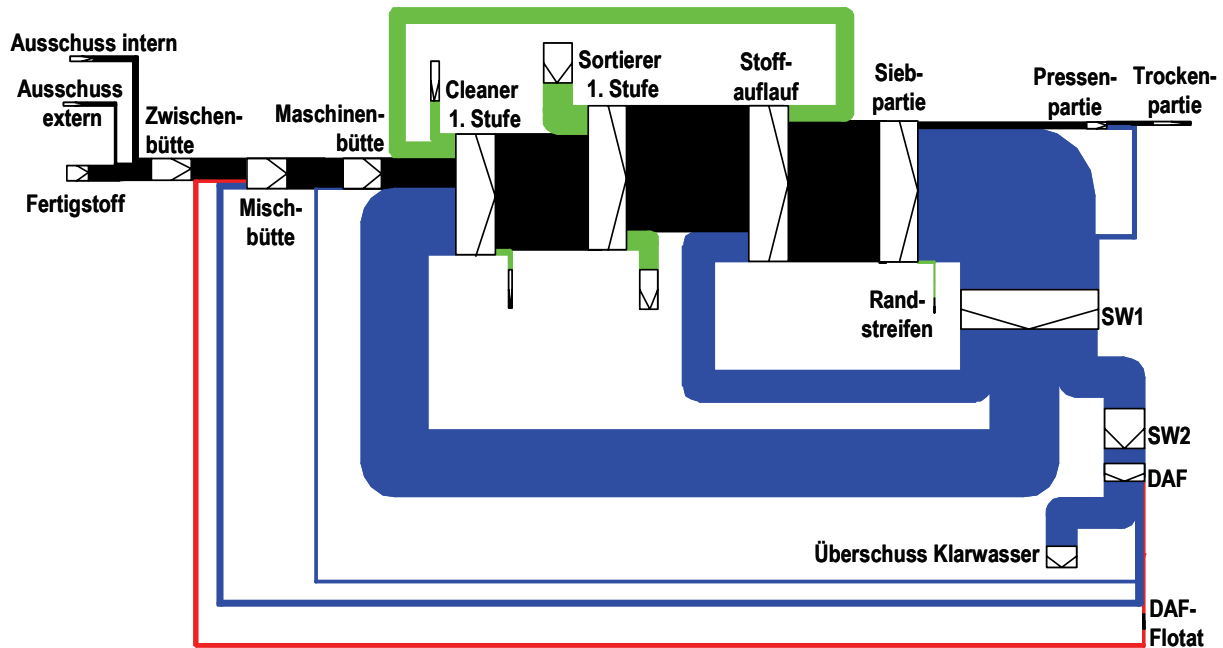
In der folgenden Tabelle sind die Bilanzrechnungen für alle Teilprozesse im Konstantteil zusammengestellt. Die Abweichungen in den Volumen- und Massenbilanzen waren gering.

		Werk 1								
		SD [%]	Vol.strom [l/min]	Massenstrom [kg/min]	Massenstrom [t/h]	Massenstrom [t/d]	Makrostickys [mm ² /kg]	Makrostickys [m ² /d]	DMF [%]	DMF [kg/d]
Zwischen- bütte	Auslauf Stapelturm DIP	4,83	1850	89,4	5,36	128,7	950	122,2	1,34	1724
	Zwischenbütte Zulauf Ausschuss intern	4,20	600	25,2	1,51	36,3	720	26,1	1,47	533
	Zwischenbütte Zulauf Ausschuss extern	5,34	300	16,0	0,96	23,1	290	6,7	1,55	358
	Zwischenbütte Auslauf	4,75	2750	130,6	7,84	188,1	680	127,9	1,40	2633
	Kontrollwert absolut		0,0	0,0	0,0	0,1		-27		18
	Kontrollwert [%]		0,0	0,0	0,0	0,0		-18		1
Mischbütte	Zwischenbütte Auslauf	4,75	2750	130,6	7,84	188,1	680	127,9	1,40	2633
	Mischbütte Zulauf Flotat DAF	4,30	280	12,0	0,72	17,3	70	1,2	3,19	553
	Mischbütte Zulauf Klarwasser	0,04	720	0,3	0,02	0,4	0	0,0	4,31	18
	Mischbütte Auslauf	3,74	3750	140,3	8,42	202,0	690	139,4	1,62	3272
	Kontrollwert absolut		0,0	-2,7	-0,2	-3,9		10		67
	Kontrollwert [%]		0,0	-1,9	-1,9	-1,9		8		2
Maschinen- bütte	Mischbütte Auslauf	3,74	3750	140,3	8,42	202,0	690	139,4	1,62	3272
	Klarwasser	0,04	150	0,1	0,00	0,1	0	0,0	4,31	4
	Maschbütte Auslauf	3,62	3900	141,2	8,47	203,3	700	142,3	1,58	3212
	Kontrollwert absolut		0,0	0,9	0,1	1,3		3		-63
	Kontrollwert [%]		0,0	0,6	0,6	0,6		2		-2
Verdünnung + Mischung	Maschbütte Auslauf	3,62	3900	141,2	8,47	203,3	700	142,3	1,58	3212
	SW I	0,24	8500	20,4	1,22	29,4	25	0,7	3,44	1011
	Cleaner 2. Stufe Akzept	0,47	1000	4,7	0,28	6,8	270	1,8	3,00	203
	Rücklauf Stoffauflauf	0,96	2000	19,2	1,15	27,6	410	11,3	2,19	605
	Cleaner Zulauf	1,25	15400	185,5	11,13	267,1	710	189,6	2,05	5475
	Kontrollwert absolut		0,0	0,0	0,0	0,0		33		444
	Kontrollwert [%]		0,0	0,0	0,0	0,0		21		9
Cleaner	Cleaner Zulauf	1,25	15400	185,5	11,13	267,1	710	189,6	2,05	5475
	Cleaner Akzept 1. Stufe	1,21	14800	179,1	10,74	257,9	650	167,6	2,15	5544
	Cleaner Leichtrejekt 1. Stufe	0,45	300	1,4	0,08	1,9	300	0,6	3,40	66
	Cleaner Rejekt 1. Stufe	1,72	300	5,2	0,31	7,4	1100	8,2	1,77	132
	Kontrollwert absolut		0,0	0,1	0,0	0,2		-13		267
	Kontrollwert [%]		0,0	0,1	0,1	0,1		-7		5
Mischung	Cleaner Akzept 1. Stufe	1,21	14800	179,1	10,74	257,9	650	167,6	2,15	5544
	Gutstoff Sekundärsortierer	0,98	3600	35,3	2,12	50,8	760	38,6	2,22	1128
	Sortierer Zulauf	1,20	18400	220,8	13,25	318,0	590	187,6	2,14	6804
	Kontrollwert absolut		0,0	6,4	0,4	9,3		-19		132
	Kontrollwert [%]		0,0	3,0	3,0	3,0		-9		2
Sortierer	Sortierer Zulauf	1,20	18400	220,8	13,25	318,0	590	187,6	2,14	6804
	Sortierer Akzept 1. Stufe	1,15	16000	184,0	11,04	265,0	450	119,2	2,14	5670
	Sortierer Rejekt 1. Stufe	1,50	2400	36,0	2,16	51,8	1400	72,6	1,98	1026
	Kontrollwert absolut		0,0	-0,8	0,0	-1,2		4		-108
	Kontrollwert [%]		0,0	-0,4	-0,4	-0,4		2		-2
Verdünnun g	SW I	0,24	4000	9,6	0,58	13,8	25	0,3	3,44	476
	Sortierer Auslauf	1,15	16000	184,0	11,04	265,0	450	119,2	2,14	5670
	Stoffauflauf	0,96	20000	193,6	11,62	278,8	410	114,3	2,19	6105
	Kontrollwert absolut		0,0	0,0	0,0	0,0		-5		-40
	Kontrollwert [%]		0,0	0,0	0,0	0,0		-4		-1
Stoffauflauf	Stoffauflauf	0,96	20000	193,6	11,62	278,8	410	114,3	2,19	6105
	Stoffauflauf Rücklauf	0,96	2000	19,2	1,15	27,6	410	11,3	2,19	605
	Stoff Siebpartie	0,96	18000	172,8	10,37	248,8	410	102,0	2,19	5449
	Kontrollwert absolut		0,0	-1,6	-0,1	-2,3		-1		-50
	Kontrollwert [%]		0,0	-0,8	-0,8	-0,8		-1		-1
Siebpartie (bis Randstreifen)	Stoff Siebpartie	0,96	18000	172,8	10,37	248,8	410	102,0	2,19	5449
	SW1	0,24	17170	41,2	2,47	59,3	25	1,5	3,44	2041
	Papier nach SW 1	16,00	750	120,0	7,20	172,8	530	91,6	1,60	2765
	Siebpartie Randstreifen	16,00	80	12,8	0,77	18,4	530	9,8	2,60	479
	Kontrollwert absolut		0,0	1,2	0,1	1,7		0,8		-164,1
	Kontrollwert [%]		0,0	0,7	0,7	0,7		1		-3
Pressen- partie	Papier nach SW1	16,00	750	120,0	7,20	172,8	530	91,6	1,60	2765
	SW 1	0,24	480	1,2	0,07	1,7	25	0,0	3,57	59
	Papier nach SW 1	45,00	270	121,5	7,29	175,0	530	92,7	1,60	2799
	Kontrollwert absolut		0,0	2,7	0,2	3,8		1		94
	Kontrollwert [%]		0,0	2,2	2,2	2,2		1		3

7.1.4 Sankey-Diagramme

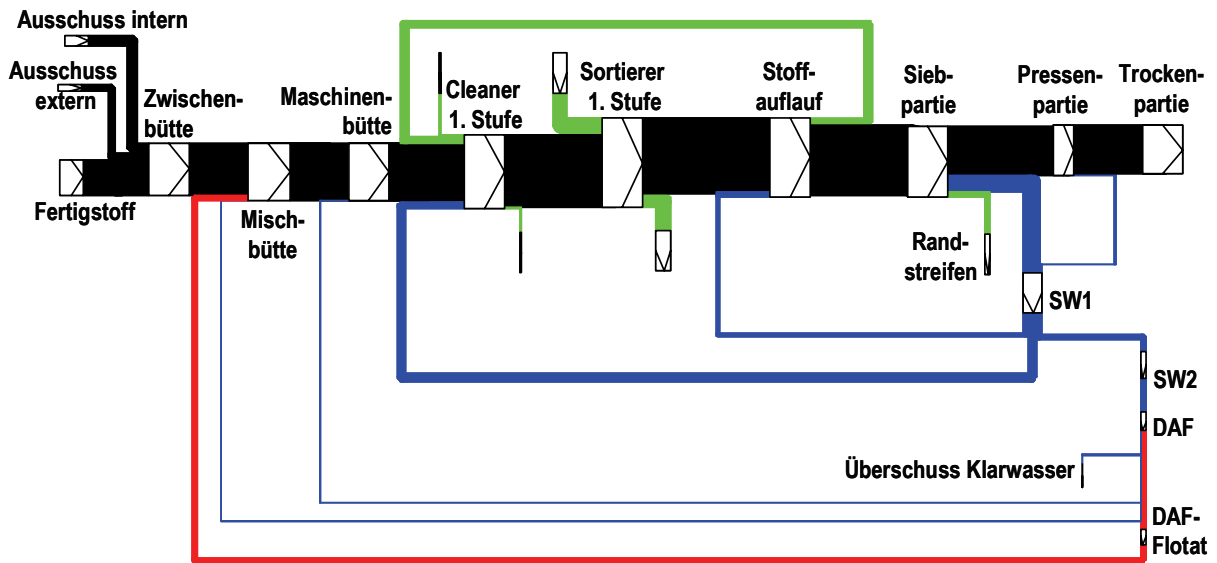
Volumenstrom Die Übersicht der Volumenströme im Sankey-Diagramm verdeutlicht die starke Stoffverdünnung und -entwässerung im Konstantteil. Das gesamte Siebwasser wird erst im SW1-Standrohr zusammen geführt. Der Standrohrüberlauf wird als SW2 bezeichnet.

In der Mikroflotation wurde ein Anteil von ca. 28 % des gesamten Siebwassers entstofft. Der DAF-Dickstoff wurde in die Mischbütte zurück geführt.



Massenstrom Die Feststoffe bewegten sich im PM-Loop hauptsächlich entlang des Hauptstoffstromes. Aufgrund der Rückführung der Sortierer- und Cleanergutstoffe der 2. Stufen vor die jeweils 1. Stufe und der Wiedereinleitung des DAF-Dickstoffes in die Mischbütte waren im Konstantteil nur geringe Stoffverluste zu verzeichnen.

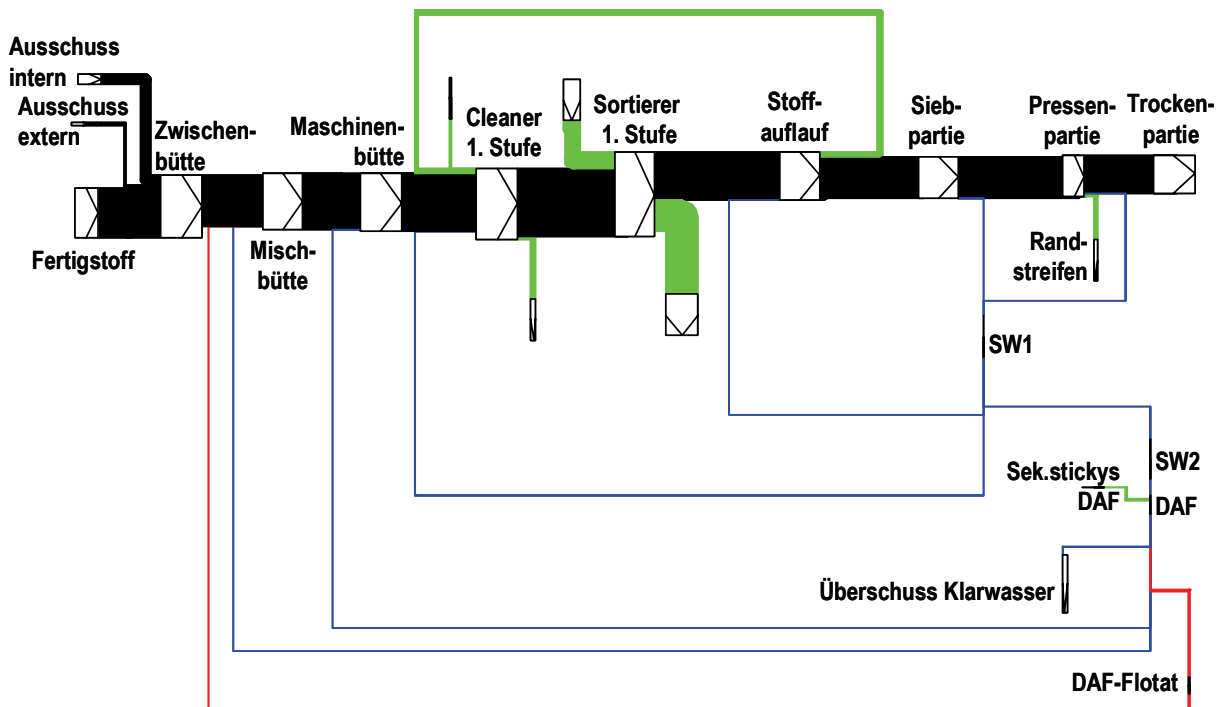
Im Cleaner wurden ca. 0,9 % (2,4 t/d) und im Sortierer ca. 0,7 % (2,2 t/d) Stoffverlust bezüglich Zulauf ermittelt. Würde man den Dickstoff der Mikroflotation austragen, dann würde ein zusätzlicher Stoffverlust von 17,3 t/d anfallen.



Makrostickys

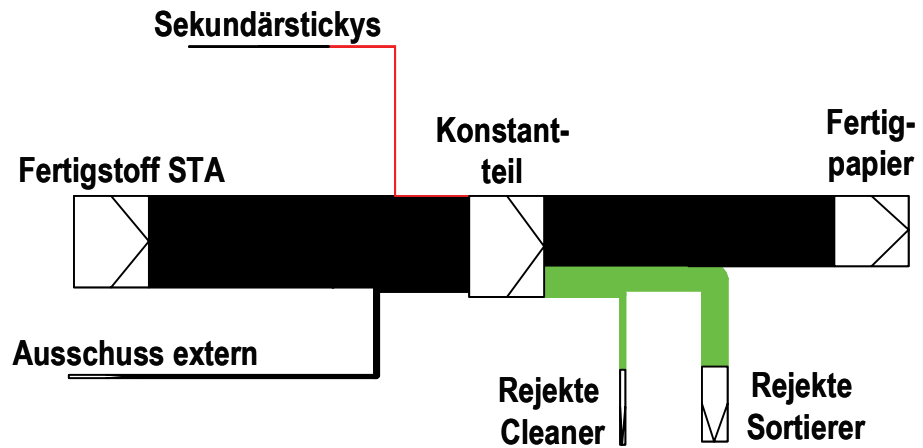
Die Makrostickys bewegen sich hauptsächlich entlang des Hauptstoffstromes. In den Siebwässern und damit auch in der Mikroflotation waren keine signifikanten Makrostickybeladungen zu verzeichnen. In der Mikroflotation entstanden durch die Flockung geringfügig Sekundärstickys. Diese sind mengenmäßig jedoch nicht signifikant.

In der Stoffsortierung wurde eine erhebliche Menge an Makrostickys ausgetragen. Bezüglich Zulauf ergab sich hier eine Makrostickyabtrennrage in der Bilanzierung von knapp 39 %. Der Makrostickyaustrag in der Cleanerung war marginal.



Makrosticky globale Bilanz

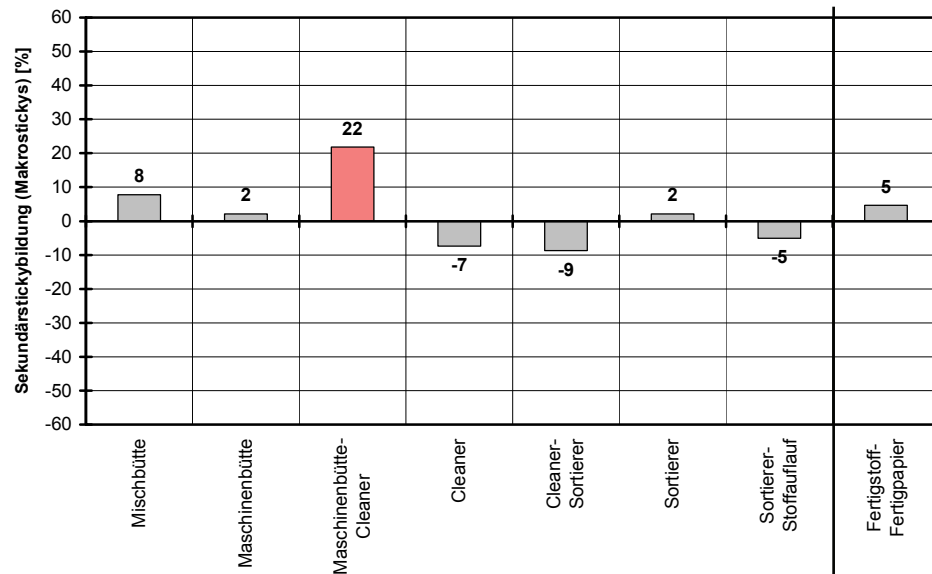
In der Globalbilanz wurde vorausgesetzt, dass der intern anfallende Ausschuss (inkl. Randstreifen Siebpartie) sofort zu 100 % verbraucht wird. Damit musste der Ausschusskreislauf bei der Globalbilanz nicht berücksichtigt werden.



Über den gesamten Konstantteil betrachtet, ging die Bilanz der Makrostickybelastung nahezu auf. D.h. im Werk 1 wurden keine zusätzlichen Sekundärstickys gebildet. Als Folge der Rejektausschleusung aus dem Prozess reduzierte sich die Makrostickyfracht im Fertigpapier in Relation zum Stoffeintrag insgesamt um ca. 30 %.

Sekundärstickys Detail

Anhand der Makrostickyteilbilanz für alle Prozessschritte ergab sich die folgende Überblicksdarstellung zur Agglomeration bzw. Zerkleinerung von Makrostickys. Die Balken im Diagramm verkörpern die Differenz zwischen der Summe der Ausläufe und Zuläufe an der jeweiligen Stelle im Prozess.

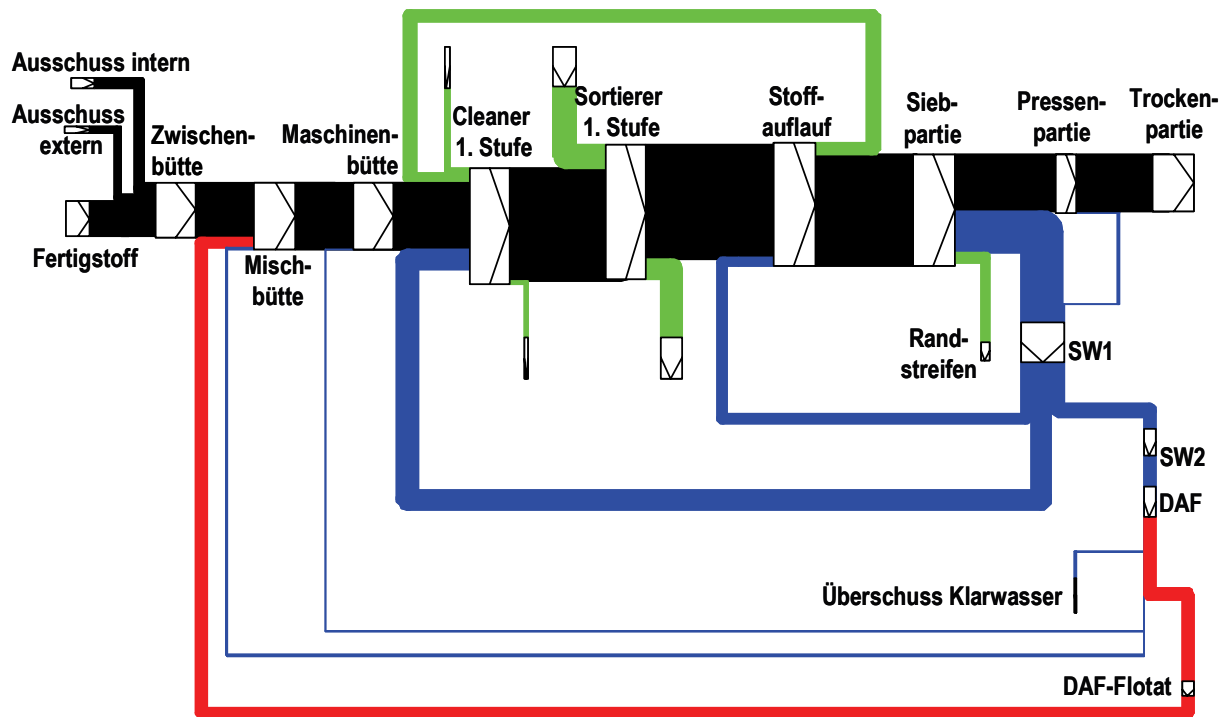


Im Verdünnungsschritt vor der Cleanerung kam es lt. Bilanz zu einer Bildung zusätzlicher Makrostickys (Anstieg um 22 %). Über den gesamten Konstantteil betrachtet, wurde im Werk 1 keine Sekundärstickbildung festgestellt.

Mikrostickys

Mikrostickys bewegten sich weder weitgehend Massenstrom äquivalent (wie die Makrostickys) noch weitgehend Volumenstrom äquivalent. Als Folge des im Arbeitspaket untersuchten spezifischen Filtrationsverhaltens der Mikrostickys gingen diese zu etwa 40 % ins Siebwasser über. Würde man das DAF-Flotat verwenden, könnte man die Mikrostickyfracht in der Mischbütte anfangs um 17 % reduzieren. Im zeitlichen Verlauf würde sich sukzessive eine weitere Reduzierung ergeben.

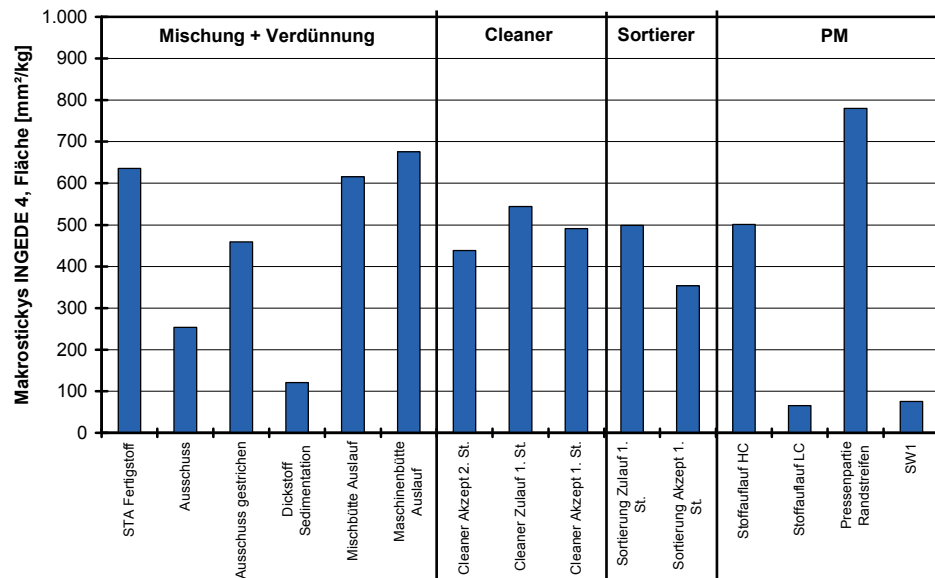
Die Bilanzierung der Mikrostickys war insgesamt in allen Detailbilanzen plausibel. Bilanzabweichungen von bis zu 10 % sind als Folge der Ungenauigkeit des Messverfahrens Extraktion einzukalkulieren.



7.2 Werk 2

7.2.1 Profildarstellungen der Messergebnisse

Makrostickys, Konstantteil



Insgesamt war die Stickyreduzierung im Konstantteil eher schlecht. Vom Fertigstoff bis zum Randstreifen wurde sogar eine Erhöhung festgestellt.

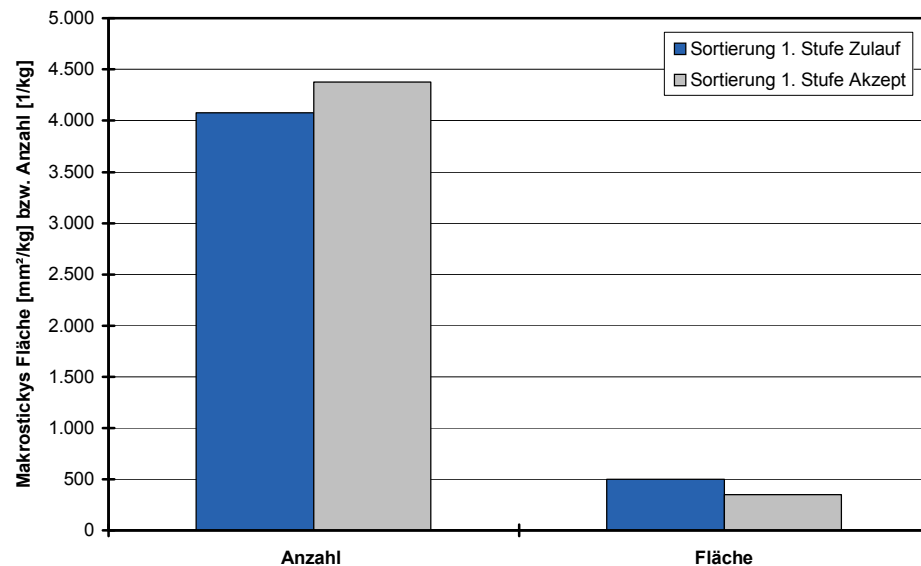
Dies weist auf eine anteilige Bildung von Sekundärstickys hin. Die niedrigere Makrostickybeladung im Ausschuss im Vergleich zum Randstreifen verdeutlicht, dass bei der Ausschusszerfaserung Makrostickys (instabile Sekundärstickys) fragmentiert wurden.

Die Probe LC-Stoffauflauf (= Verdünnungswasser zur Querpofilregelung) wies erwartungsgemäß weitgehend das gleiche Stickyniveau auf wie das Siebwasser.

Makrostickys, Detailbetrach- tung Sortierer, 1. Stufe

In der Stoffsortierung war bei Betrachtung der Absolutwerte der Stickyfläche eine deutliche Reduzierung im Akzept zu verzeichnen. Diese Reduzierung war in diesem Fall nicht unbedingt die Folge einer Stickyabtrennung.

Vermutlich wurden in diesem Sortierer Makrostickys zerkleinert. Indiz dafür ist der Anstieg der Makrostickyanzahl trotz gleichzeitiger Makrostickyflächenreduzierung.

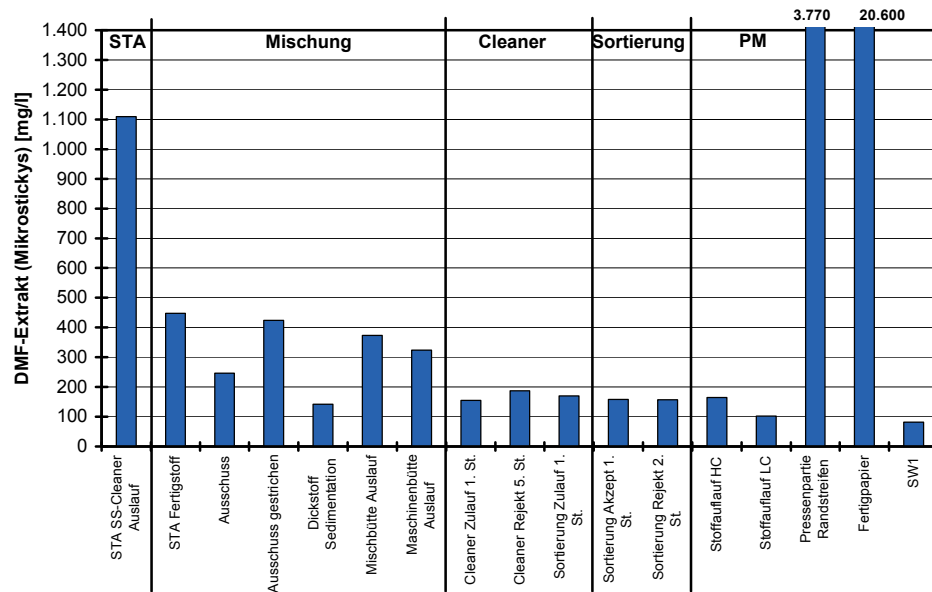


Außerdem ging die Makrostickybilanz im Sortierer nicht auf. In der Summe waren im Gutstoff und Rejekt deutlich weniger Makrostickys enthalten als im Zulauf. Dies weist auf eine erhebliche Zerkleinerung von Makrostickys in den Bereich der Mikrostickys hin.

Des Weiteren sprechen die extrem niedrige Rejektrate in diesem Sortierer von < 5 % und die eher große Schlitzweite von 0,35 mm gegen eine effektive Stickyabtrennung in diesem Aggregat.

Mikrostickys (DMF-Extrakt)

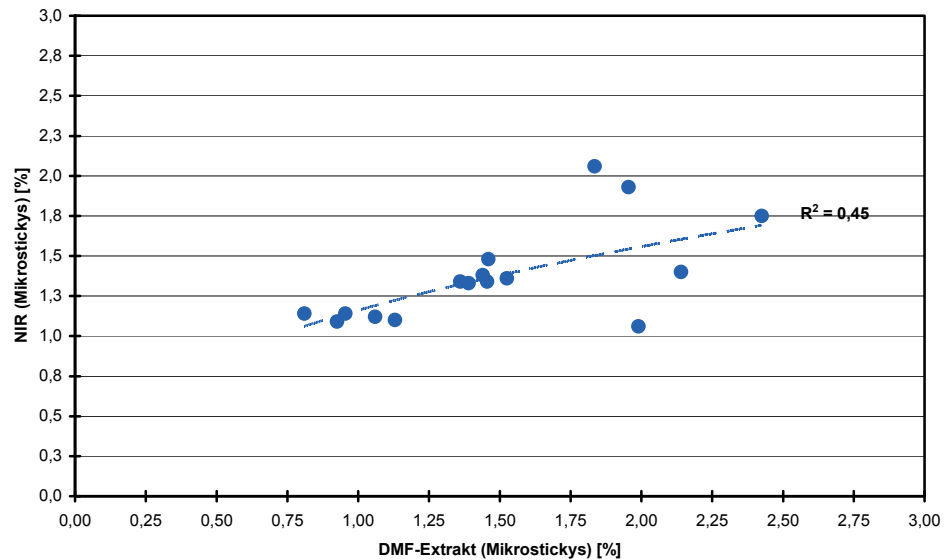
Berücksichtigung Stoffverdünnung



Je nach Stoffverdünnung bzw. -eindickung veränderte sich die Mikrostickybelastung in der Stoff suspension. Im Stoffauflauf wurde ein Wert von ca. 150 mg/l gemessen. Mehr als 50 % der Mikrostickybelastung ging ins Siebwasser über, der Messwert lag hier bei ca. 80 mg/l.

Signifikant war die Mikrostickyreduzierung in der Stoffaufbereitung.

Korrelation Extrakt und NIR



Die Korrelation von Extrakt und NIR war besonders im Messbereich um 1,5 % sehr gut. Bei höheren bzw. niedrigeren Messwerten traten fallweise höhere Abweichungen auf.

7.2.2 Bilanzrechnungen

In der folgenden Tabelle sind die Bilanzrechnungen für alle Teilprozesse im Konstantteil von Werk 2 zusammengestellt. Bei den Makrostickys waren in der Bilanz Abweichungen in positiver und negativer Richtung feststellbar.

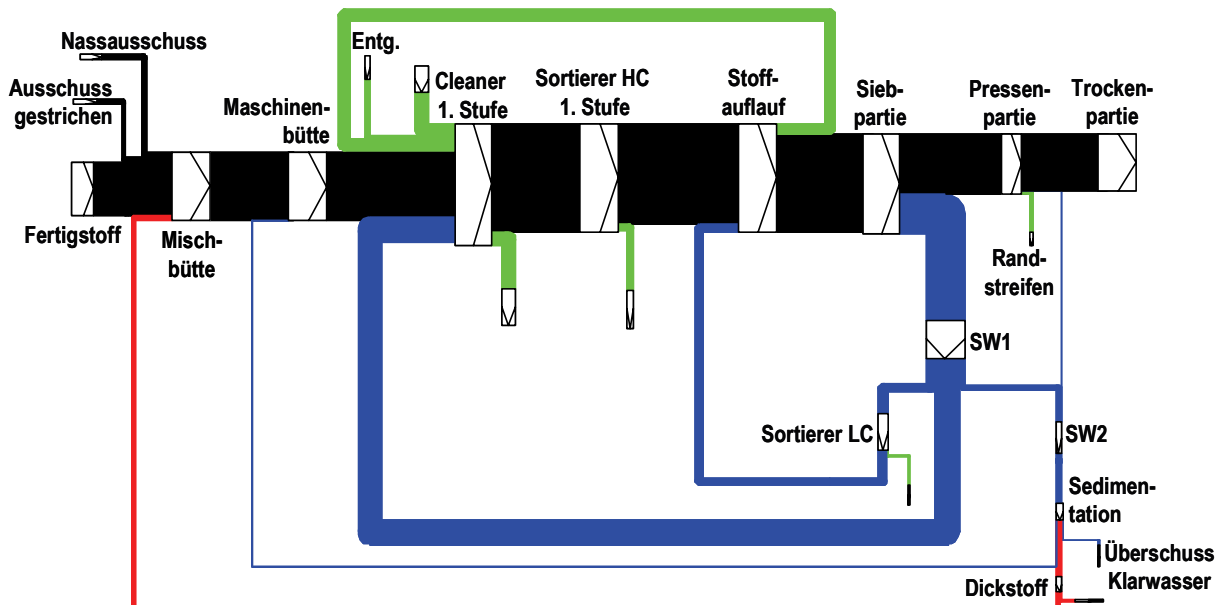
Werk 2		SD [%]	Vol.strom [l/min]	Massenstrom [kg/min]	Massenstrom [t/h]	Massenstrom [t/d]	Makrostickys [mm ² /kg]	Makrostickys [m ² /d]	DMF [%]	DMF [kg/d]
Mischbütte	Stapelturm APE (DIP)	5,53	2600	144	8,62	207	620	128	0,81	1.676
	Ausschussbütte 2	2,18	650	14	0,85	20	250	5	1,99	407
	Ausschussbütte 5/6	2,13	500	11	0,64	15	460	7	1,13	173
	Dickstoff Sedimentation	0,78	1300	10	0,61	15	120	1,7	1,84	268
	Mischbütte Auslauf	3,52	5050	178	10,67	256	620	159	1,06	2.713
	Kontrollwert absolut		0,0	-0,9	-0,1	-1,3		17		190
	Kontrollwert [%]		0,0	-0,5	-0,5	-0,5		12		8
Maschinenbütte	Mischbütte Auslauf	3,52	5050	178	10,67	256	620	159	1,06	2.713
	Klarwasser	0,0003	200	0,001	0,00	0	0	0,0	0,00	0
	Maschinenbütte Auslauf	3,39	5250	178	10,68	256	680	174	1,06	2.717
	Kontrollwert absolut		0,0	0,2	0,0	0,3		16		3
	Kontrollwert [%]		0,0	0,1	0,1	0,1		10		0
Verdünnung + Mischung	Maschinenbütte Auslauf	3,39	5250	178	10,68	256	680	174	1,06	2.717
	Auslauf Entgasungsbehälter	1,10	950	10	0,63	15	500	8	1,00	150
	Cleaner 2. Stufe Gutstoff	0,85	4000	34	2,04	49	440	22	1,36	666
	Rücklauf Stoffauflauf	1,02	2800	29	1,71	41	470	19	1,51	621
	Siebwasser 1	0,42	15000	63	3,78	91	75	7	2,35	2.132
	Cleaner Zulauf 1. Stufe	1,14	28000	319	19,15	460	540	248	1,36	6.251
	Kontrollwert absolut		0,0	5,2	0,3	7,5		19		-35
Kontrollwert [%]		0,0	1,7	1,7	1,7		8		-1	
Cleaner	Cleaner Zulauf 1. Stufe	1,14	28000	319	19,15	460	540	248	1,36	6.251
	Cleaner Akzept 1. Stufe	1,14	25200	287	17,24	414	500	207	1,36	5.626
	Cleaner Entgasung 1. Stufe	1,10	200	2,2	0,13	3	540	1,7	1,36	43
	Cleaner Rejekt 1. Stufe	1,28	2600	33	2,00	48	860	41	1,36	652
	Kontrollwert absolut		0,0	3,6	0,2	5,1		2		70
Kontrollwert [%]		0,0	1,1	1,1	1,1		1		1	
.	Cleaner Akzept 1. Stufe	1,14	25200	287	17,24	414	500	207	1,36	5.626
	Sortierer Zulauf	1,17	25200	295	17,69	425	500	212	1,46	6.199
	Kontrollwert absolut		0,0	7,6	0,5	10,9		5		573
	Kontrollwert [%]		0,0	2,6	2,6	2,6		3		10
Sortierer	Sortierer Zulauf	1,17	25200	295	17,69	425	500	212	1,46	6.199
	Sortierer Akzept 1. Stufe	1,14	23800	271	16,28	391	350	137	1,39	5.431
	Sortierer Entgasung 1. Stufe	1,00	300	3	0,18	4	500	2	1,39	60
	Sortierer Rejekt 1. Stufe	1,40	1100	15	0,92	22	1000	22	1,50	333
	Kontrollwert absolut		0,0	-5,1	-0,3	-7,4		-51		-375
	Kontrollwert [%]		0,0	-1,7	-1,7	-1,7		-24		-6
.	Sortierer Akzept 1. Stufe	1,14	23800	271	16	391	350	137	1,39	5431
	Stoffauflauf HC	1,14	23800	271	16	391	500	195	1,44	5626
	Kontrollwert absolut		0,0	0,0	0,0	0,0		59		195
	Kontrollwert [%]		0,0	0,0	0,0	0,0		43		4
Stoffauflauf Mischung	Stoffauflauf HC	1,14	23.800	271	16,28	391	500	195	1,44	5.626
	LC-Sortierer Gutstoff	0,42	4.760	20	1,20	29	65	1,9	2,43	700
	Stoffauflauf	1,02	28560	291	17,48	419	470	197	1,51	6.326
	Kontrollwert absolut		0,0	0,0	0,0	0,0		0		0
Kontrollwert [%]		0,0	0,0	0,0	0,0		0		0	
Stoffauflauf	Stoffauflauf	1,02	28560	291	17,48	419	470	197	1,51	6.334
	Stoffauflauf Rücklauf	1,02	2856	29	1,75	42	470	20	1,51	633
	Stoff Siebpartie	1,02	25704	262	15,73	378	470	177	1,51	5.701
	Kontrollwert absolut		0,0	0,0	0,0	0,0		0		0
	Kontrollwert [%]		0,0	0,0	0,0	0,0		0		0
Siebpartie (bis SW1)	Stoff Siebpartie	1,02	25704	262	15,73	378	470	177	1,51	5.701
	SW1	0,42	24714	104	6,23	149	75	11,2	2,35	3.513
	Papier nach SW 1	16,00	990	158	9,50	228	780	178	0,93	2.121
	Kontrollwert absolut		0,0	0,0	0,0	0,0		12		-67
	Kontrollwert [%]		0,0	0,0	0,0	0,0		7		-1
Pressenpartie	Papier nach SW1	16,00	990	158	9,50	228	780	178	0,93	2.121
	Pressenpartie Randstreifen	40,80	20	8	0,49	12	780	18	0,93	109
	SW 2	0,42	610	3	0,15	4	75	0,3	2,35	87
	Papier nach SW 2	40,80	360	147	8,81	212	780	165	0,90	1.904
	Kontrollwert absolut		0,0	-0,8	0,0	-1,1		5		-22
	Kontrollwert [%]		0,0	-0,5	-0,5	-0,5		3		-1

7.2.3 Sankey-Diagramme

Massenstrom

Die im Sankey-Diagramm ausgewiesenen Massenströme der Cleaner- und HC-Sortiererrejekte kennzeichnen nur den Stoffaustrag aus dem Konstantteil. Die Rejekte werden vor die Schlitzsortierung in der Stoffaufbereitung zurück geführt. Ziel ist eine größtmögliche Reduzierung der Stoffverluste. Das LC-Sortiererjekt durchläuft die 2. Stufe der HC-Sortierung.

Würde man den Dickstoff der Mikroflotation austragen, dann würde ein zusätzlicher Stoffverlust von 22 t/d anfallen.

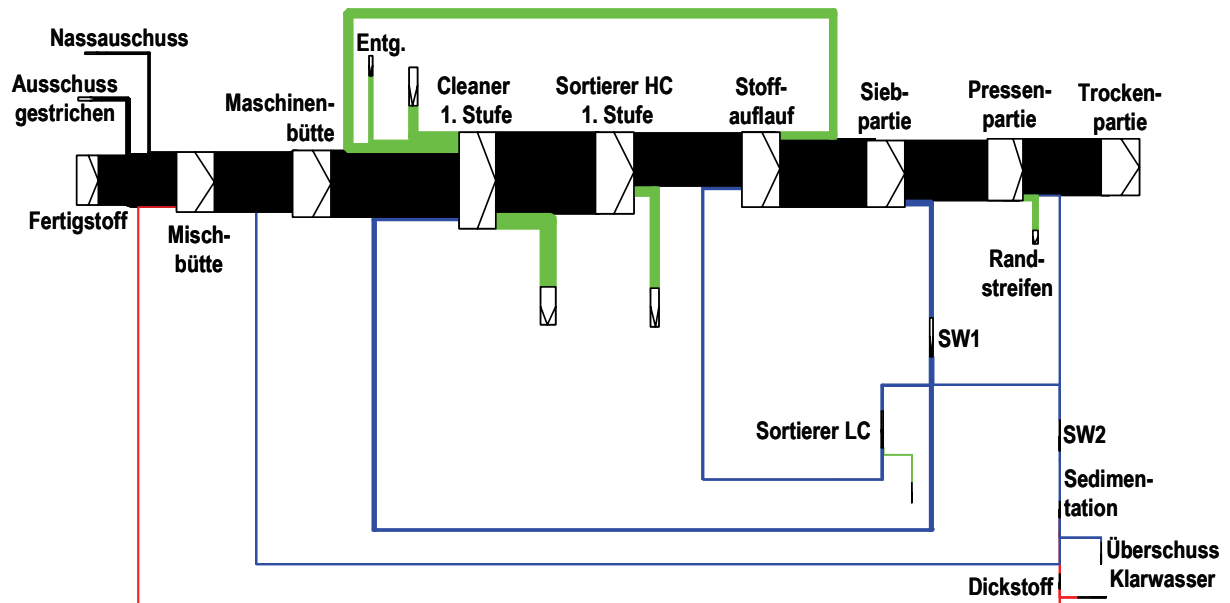


Makrosticky

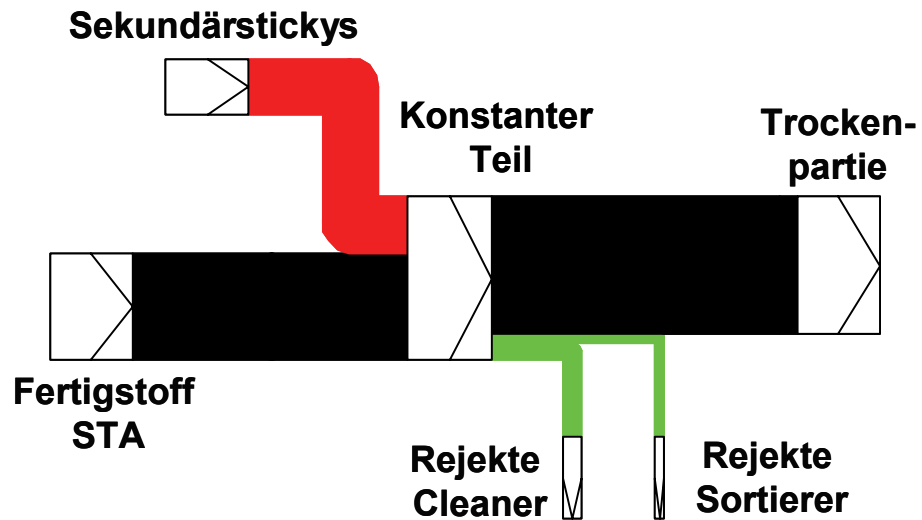
In der Makrostickybilanz sind besonders die Abweichungen in den Knoten für die Verfahrensstufen Sortierung und Stoffauflauf signifikant. Wie bereits beschrieben verringerte sich die Makrostickyfläche im Sortiererakzept stark, was nur durch eine Zerkleinerung von Makrosticky verursacht werden konnte.

Die bestehende Lücke im Zulauf zum Stoffauflauf wird durch die Entstehung von Sekundärstickys an dieser Stelle verursacht. Eine Ursache für die Sekundärstickybildung kann in einer ungewollten Reaktion zwischen Binderpartikeln aus dem gestrichenen Ausschuss und dem 2-Komponenten-Retentionssystem liegen.

Ein leichter Anstieg der Makrostickyfracht war auch jeweils am Ausgang der Knoten für Mischbütte, Zwischenbütte und Cleanerung erkennbar. Hier kam es in der Summe über die 3 Knotenpunkte zu einer sichtbaren Bildung von Stickyagglomeraten (Sekundärstickybildung).



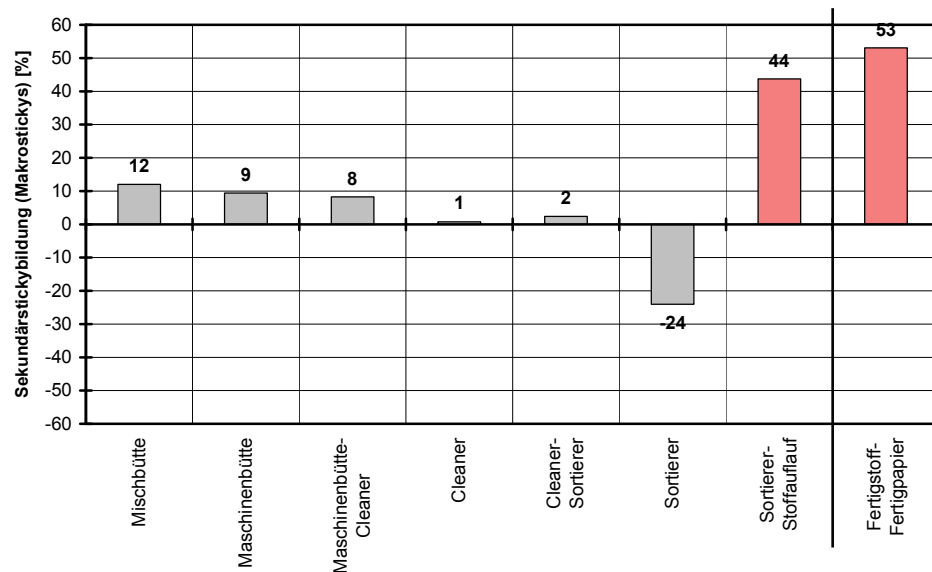
Makrosticky globale Bilanz



Über den gesamten Konstantteil betrachtet, ging die Bilanz der Makrostickybelastung nicht auf. Die Makrostickyfracht im Fertigpapier war höher als im Fertigstoff der Stoffaufbereitung.

Ursache dafür war, dass es im Konstantteil von Werk 2 zu einer Bildung von Sekundärstickys kam. In Relation zum Fertigstoff lag die Bildung zusätzlicher Sekundärstickys insgesamt bei ca. 50 %.

Sekundärstickys Detail

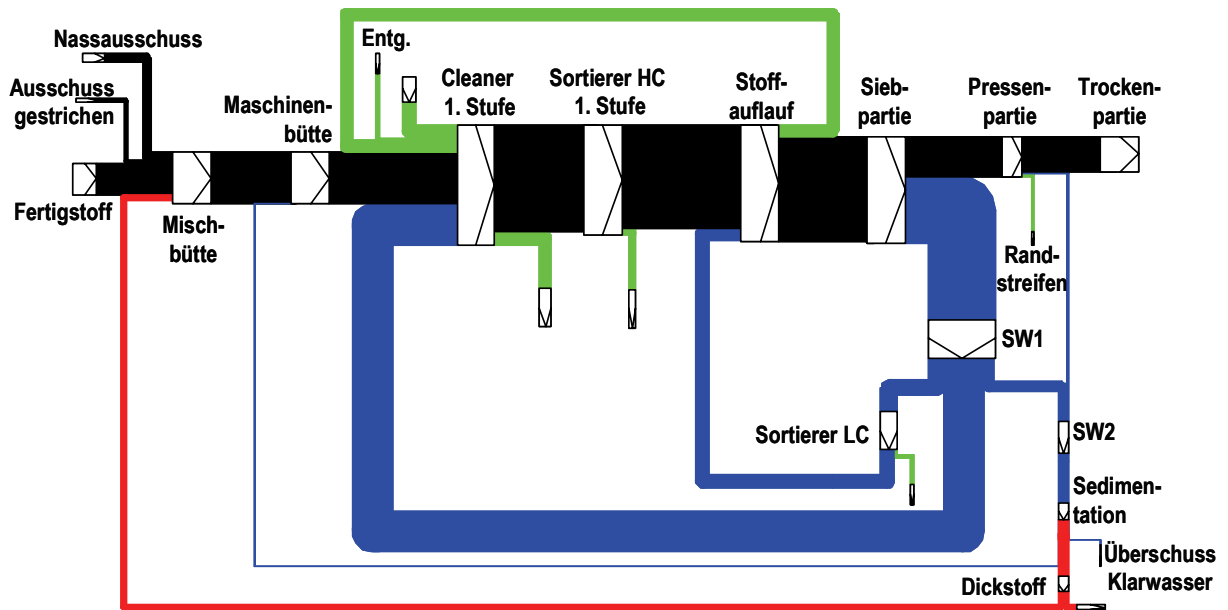


Im Werk 2 wurde im Bereich des Dosierortes der Retentionsmittel zwischen Sortierer und Stoffauflauf eine signifikante Sekundärstickysquelle sichtbar. Im Bereich der Stoffmischung und Verdünnung vor dem Cleaner nahm die Makrostickyfläche durch Agglomerationen um insgesamt ca. 30 % zu. Allerdings wurden Stickyagglomerate in der Sortierung wieder teilweise zerschlagen.

Über den gesamten Konstantteil betrachtet betrug die Sekundärstickysbildung ca. 50 %. Bezugsbasis ist hier die Beladung im Fertigstoff (siehe auch Makrostickys - globale Bilanz).

Mikrostickys

Im Werk 2 gingen mehr als 50 % der Mikrostickys ins Siebwasser über. Eine Ausschleusung von Mikrostickys erfolgte nicht, da das Flotat der SW2 - Reinigung in den Prozess zurück geführt wurde. Die Abtrennung im Cleaner und in den Sortierern lag in der Größenordnung der Masse bezogenen Rejektrate. D.h. es fand hier keine Reduzierung der spezifischen Mikrostickybeladung in der Stoffsuspension statt.



8 Identifizierung von Einflüssen auf die Ablagerungsneigung

8.1 Ablagerungsverhalten von Mikrostickys (Plattenmethode)

Werk 1

Im Werk 1 wurde durch die Zugabe von Fixier- und Retentionsmitteln eine deutliche Reduzierung der Mikrostickyablagerungen - gemessen mit der Plattenmethode – festgestellt.

Insgesamt wurden die Mikrosticky bedingten Ablagerungen im Werk 1 im Konstantteil stark reduziert.

Eine Agglomeration von Partikeln innerhalb der Mikrostickyfraktion, verbunden mit einer Erhöhung der Partikelgröße wurde nicht festgestellt.

Werk 2

Im Werk 2 fand keine Reduzierung der Menge der abgelagerten Stickys im Konstantteil statt. Im Gegenteil - der Stoffauflauf war deutlich höher mit kleinen Mikrostickys beladen als der Fertigstoff.

Die Ursache kann hier die Zuführung von Binderpartikeln aus dem gestrichenen Ausschuss in den Konstantteil sein. Die Binderpartikel wurden durch Zugabe von Fixiermittel in den Ausschussstrang zwar kurzzeitig fixiert, anschließend jedoch durch die hohe Scherintensität im Drucksortierer wieder abgelöst.

Anhand der Ergebnisse der Plattenmethode war insgesamt keine Fixierwirkung im Konstantteil zu erkennen.

Die erhebliche Menge an frei beweglichen Mikrostickys im Stoffauflauf bietet ein großes Potenzial zur Bildung von Sekundärstickys.

8.2 Quantitativer Vergleich der Stickyfraktionen

8.2.1 Werk 1 - Datenübersicht und -normierung

Stickyfraktionen Werte In der folgenden Tabelle sind die Stickymesswerte für den Eingang (Fertigstoff) und Ausgang (Stoffauflauf) des Konstantteils zusammengestellt::

		Werk 1		Werk 2	
Messwerte		Fertigstoff	Stoffauflauf	Fertigstoff	Stoffauflauf
Makrostickys	[mm ² /kg]	950	410	640	500
Mikrostickys	[%]	1,30	2,20	0,80	1,44
Mikrosticky-Ablagerungen	[mm ² /kg]	230.000	14.000	106.000	185.000
kolloidale Stickys	[%]	0,30	0,70	-	-
normiert (Umrechnung in % bezogen auf otro Feststoff)					
Makrostickys	[%]	0,010	0,004	0,006	0,005
Mikrostickys	[%]	1,30	2,20	0,80	1,44
Mikrosticky-Ablagerungen	[%]	0,23	0,01	0,11	0,19
kolloidale Stickys	[%]	0,30	0,70	-	-
normiert relativ (Makrostickys + Mikrostickys + koll.Stickys = 100)					
Makrostickys	[%]	0,59	0,14	0,40	0,17
Mikrostickys	[%]	80,8	75,8	99,2	99,7
Mikrosticky-Ablagerungen	[%]	14,3	0,5	13,1	12,8
kolloidale Stickys	[%]	18,6	24,1	-	-
Veränderung Messwerte relativ		Reduzierung [%]		Reduzierung [%]	
Makrostickys	[%]		56,8		21,9
Mikrostickys	[%]		-69,2		-80,0
Mikrosticky-Ablagerungen	[%]		93,9		-74,5
kolloidale Stickys	[%]		-133,3		-

Ein negativer Wert bei der Stickyreduzierung bedeutet eine Anreicherung der jeweiligen Stickyfraktion im Konstantteil.

Normierung

Um die Werte aller Stickyfraktionen quantitativ vergleichen zu können, war eine Normierung notwendig. Diese wurde wie folgt durchgeführt:

- Makrostickys

Die Filmdicke der für die INGEDE-Methode Nr. 4 präparierten Makrostickys beträgt ca. 100 µm. Bei einer Makrostickyfläche von 10.000 mm²/kg ergibt sich bei einem spezifischen Gewicht der Stickys von 1,0 g/cm³ überschlägig ein Makrostickygehalt bezüglich otro-Feststoff (= Stoffdichte) von 0,1 %. Die Messwerte der Makrostickyflächen für Werk 1 wurden dementsprechend in % umgerechnet.

$$\text{Makrostickygehalt [\%]} = \text{Makrostickyfläche [mm}^2\text{/kg]} * 0,1 \% / 10.000 \text{ mm}^2\text{/kg}$$

- Mikrostickys (DMF-Extrakt)

Dieser Messwert wird bereits in % bezüglich otro Feststoff ausgewiesen.

$$\text{Mikrostickygehalt [\%]} = \text{DMF-Extrakt (Stoffdichteblatt) [\%]}$$

- Mikrostickyablagerungen

Die Filmdicke der abgelagerten Mikrostickys liegt lt. Messergebnis der Plattenmethode durchschnittlich bei ca. 10 µm. Im ersten Schritt wird daher die Mikrostickyfläche durch 10 dividiert. Damit wird die überschlägige Masse bezogenen Vergleichbarkeit zum Makrostickymesswert in mm²/kg hergestellt. Der nach dieser Division erhaltene Mikrostickyflächenwert wird analog der Umrechnung bei den Makrostickys auf einen prozentualen Wert umgerechnet.

$$\text{Fläche Mikrostickys [mm}^2\text{/kg]} * 0,1 \%$$

$$\text{Mikrostickyablagerungen [\%]} = \frac{\text{Fläche Mikrostickys [mm}^2\text{/kg]} * 0,1 \%}{10 * 10.000 \text{ mm}^2\text{/kg}}$$

- Kolloidale Stickys (DMF-Extrakt)

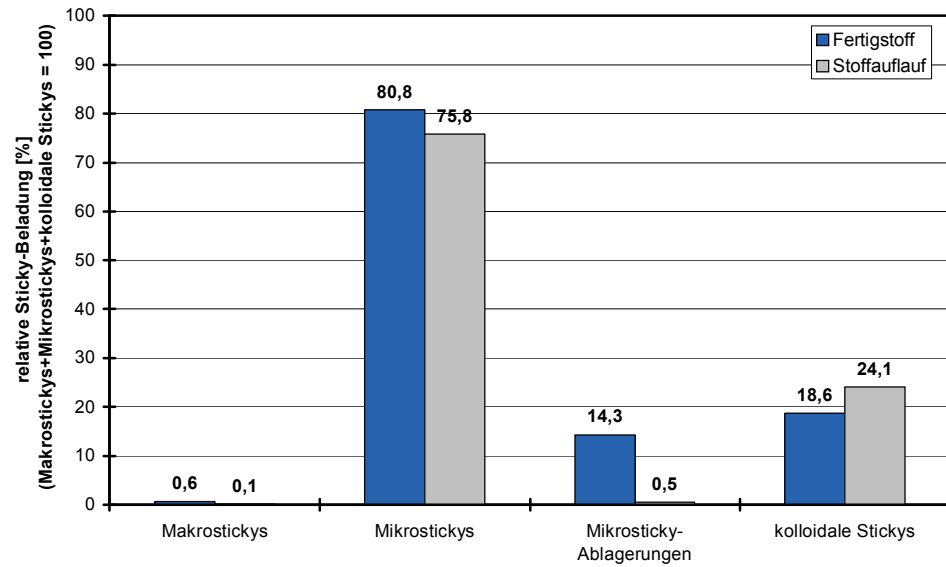
Dieser Messwert wird bereits in % bezüglich otro Feststoff ausgewiesen. Die kolloidalen Stickys wurden nur im Werk 1 gemessen.

$$\text{Gehalt Kolloidale Stickys [\%]} = \text{DMF-Extrakt}_{(0,45 \mu\text{m Membran})} [\%] - \text{DMF-Extrakt}_{(\text{Stoffdichteblatt})} [\%]$$

- Summe Stickys

Der Gesamtstickygehalt ergibt sich durch Addition der Makrostickys, Mikrostickys und kolloidalen Stickys. Die Mikrostickyablagerungen stellen eine Teilmenge der Mikrostickys dar.

$$\begin{aligned} \text{Summe Stickys [\%]} = & \text{Makrostickygehalt [\%]} \\ & + \text{Mikrostickygehalt [\%]} \\ & + \text{Gehalt Kolloidale Stickys [\%]} \end{aligned}$$

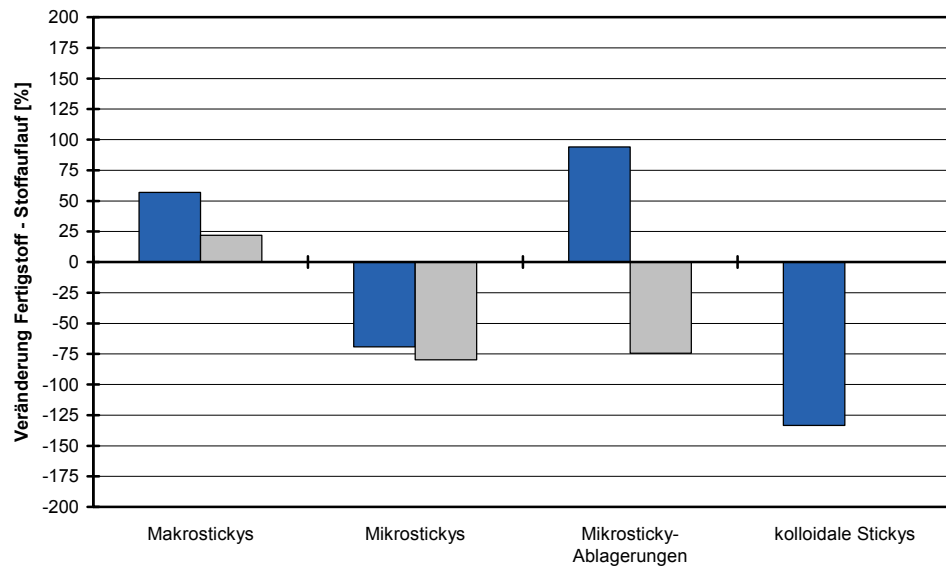
**Stickyfraktionen
Werte normiert**

Der auf die normierte Masse bezogene Vergleich der Sticky-Fractionen zeigt, dass die Mikrostickys die mit Abstand größte Stickyfraktion stellte. Die Mikrosticky-ablagerungen, gemessen mit der Plattenmethode, verkörperten eine mehr oder weniger große Teilfraktion der Gesamt-Mikrostickys. Der Makrostickygehalt in der Stoffsuspension war Masse bezogen sehr gering.

8.2.2 Vergleich Werk 1 und Werk 2

Reduzierung bzw. Anreicherung im Konstantteil

Im folgenden Diagramm wurde die Reduzierung der verschiedenen Stickyfraktionen im Konstantteil zusammengefasst. Betrachtet wurde immer die spezifische Beladung in Relation zum otro-Feststoffgehalt. Bei der tatsächlichen Bilanzierung auf Basis der tatsächlichen Feststoffströme können sich andere Werte ergeben.



Die Makrostickybeladung wurde im Werk 1 (linke blaue Balken) stark und im Werk 2 mäßig reduziert. Bei den Mikrostickys und kolloidalen Stickys ergab sich eine Anreicherung als Folge der Verdünnung mit Siebwasser.

Bei den abgelagerten Mikrostickys ergab sich im Werk 1 insgesamt eine Reduzierung und im Werk 2 im Gegensatz dazu ein deutlicher Anstieg.

9 Zusammenfassung und quantitative Wertung der gefundenen Effekte auf die Ablagerungsneigung

9.1 Vergleich und Bewertung der Werke

Makrostickys im Fertigstoff

		Werk 1	Werk 2
Fertigstoff	Makrostickys Fläche [mm ² /kg]	950	620

Die Makrostickybeladung im Fertigstoff lag im Werk 1 bei 950 mm²/kg und im Werk 2 bei 620 mm²/kg.

Der Zielwert für DIP-Stoffe liegt bei 200 mm²/kg [19]. Damit wurde der Zielwert in beiden Werken deutlich überschritten. Dies deutet auf Defizite im Bereich der Stoffaufbereitung hin.

Makrosticky-abtrennung im Cleaner und Sortierer

Die in der Tabelle dargestellten Abtrennraten ergaben sich aus den Makrosticky-Massenströmen der Bilanzierung. Die Rückführung der Cleaner- und Sortierergutstoffe der 2. Stufen in den Prozess ist bereits in den dargestellten Werten enthalten.

		Werk 1	Werk 2
	Reduzierung im Cleaner [%]	4	8
	Reduzierung im Drucksortierer [%]	18	5

Die Makrostickyreduzierung im Cleaner war im Werk 1 gering. Da jedoch im Hydrozyklon üblicherweise Makrostickys kaum reduziert werden, ist dieses Ergebnis als den Erwartungen entsprechend einzustufen. Der Wert im Werk 2 liegt etwas höher, ist aber durch die mehr als doppelt so hohe Rejektrate in der 1. Cleanerstufe erklärbar.

In der ersten Stufe des Drucksortierers wurde im Werk 1 eine signifikante Makrostickyreduzierung erzielt. Bei den im Konstantteil üblicherweise sehr kleinen Makrostickys stellt ein Abtrennergebnis von 39 % einen sehr guten Wert dar. Infolge der Rückführung des Gutstoffes der 2. Stufe in den Prozess wurden insgesamt 18 % der Makrostickys in der Sortierung abgetrennt.

Im Werk 2 war nur eine sehr geringe Abtrennwirkung des Sortierers sichtbar. Wie bereits beschrieben, erfolgte im Drucksortierer von Werk 2 eher eine Fragmentierung von Makrostickys. Ein Teil der abgetrennten Makrostickys aus der 1. Sortiererstufe wird über die Ausschussbütte wieder in die Mischbütte zurück geführt. Dabei wurde vereinfacht angenommen, dass in der 2. Stufe der Sortierung eine Aufspaltung des Makrostickystroms im Verhältnis 1:1 zwischen Rejekt und Gutstoff erfolgte.

Makrostickys an der PM

		Werk 1	Werk 2
Pressenpartie	Makrostickys [m ² /d]	93	165
	Breite Papiermaschine [m]	2,8	4,0
	Makrostickys [m²/(d*m)]	33,2	40,3

Die Makrostickyfläche, die an die PM gelangt, kann auch auf die Maschinenbreite normiert werden.

Im Ergebnis ergab sich, das im Werk 2 ca. 20 % mehr Makrostickys über eine vergleichbare berührte Fläche an der Papiermaschine liefern. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund bemerkenswert, dass die Fertigstoffbeladung im Werk 2 deutlich niedriger lag als im Werk 1.

Sekundärstickybildung im Konstantteil

		Werk 1	Werk 2
Fertigstoff	Makrostickys [m ² /d]	129	128
Rejekte Konstantteil	Makrostickys [m ² /d]	41	31
Pressenpartie	Makrostickys [m ² /d]	93	165
Fertigstoff - Pressenpartie	Sekundärstickys Fläche [m ² /d]	5	68
	Anteil Sekundärstickys in Pressenpartie [%]	4	41

Im Werk 2 wurde eine deutliche Sekundärstickybildung festgestellt. Der prozentuale Anteil bezüglich Gesamtmakrostickygehalt im Stoff nach der Presse lag bei ca. 40 % und ist damit als signifikant zu bewerten. Im Werk 1 wurde keine bedeutende Bildung von Sekundärstickys gemessen.

Mikrostickybeladung im Konstantteil

		Werk 1	Werk 2
Fertigstoff	Mikrostickys [%]	1,30	0,80
Stoffauflauf	Mikrostickys [%]	2,20	1,44

Die Mikrostickygesamtbeladung (DMF-Extrakt) lag im Werk 2 deutlich niedriger als im Werk 1. Ursache dafür war sicherlich, dass die Stoffaufbereitung im Werk 1 nur aus einem Loop bestand. Im Werk 2 waren dagegen 2 getrennte Stoffaufbereitungsloops inkl. 2 Flotationen vorhanden. Bekanntlich wird die Mikrostickybeladung vorzugsweise in der Deinkingflotation effektiv reduziert.

abgelagerte Mikrostickys im Konstantteil (Plattenmethode)

		Werk 1	Werk 2
Fertigstoff	abgelagerte Mikrostickys [mm ² /kg]	230.000	106.000
Stoffauflauf	abgelagerte Mikrostickys [mm ² /kg]	14.000	185.000
	Reduzierung [%]	94	-75

Im Werk 1 war die Beladung mit abgelagerten Mikrostickys im Fertigstoff deutlich höher als im Werk 2. Diese Beladung wurde jedoch im Werk 1 nahezu vollständig reduziert, d.h. die Mikrostickys wurden am Faserstoff fixiert.

Im Werk 2 stieg die Beladung in Richtung Stoffauflauf stark an und war mehr als 10 x größer als im Werk 1. Es fand eine Erhöhung der Menge an abgelagerten Mikrostickys statt. Die Ursache liegt vermutlich in der Rückführung des gestrichenen Ausschusses, der naturgemäß sehr stark mit Bindemitteln beladen ist.

Sonstige Prozessbedingungen

		Werk 1	Werk 2
Stoffauflauf	PCD-Ladung [$\mu\text{eq/l}$]	250	40

Die PCD-Ladungstitration ergab, dass die Werte im Konstantteil von Werk 2 nahe am Neutralpunkt lagen. Damit besteht hier ein erhöhtes Potenzial für unerwünschte Ausflockungen von Stickymaterial.

9.2 Prioritätensetzung**9.2.1 Schadwerthypothese und Stickyschadwert****Schadwerthypothesen**

Für die Ablagerungswahrscheinlichkeit eines Stickypartikel sind in erster Linie folgende Aspekte relevant:

- Partikelgröße
- Klebrigkeit
- Betriebsbedingungen

Die Schadwirkung der Stickys ergibt sich als Kombination aus Stickybeladung (Fracht) der Stoffsuspension und Ablagerungswahrscheinlichkeit.

Partikelgröße

Je größer ein Sticky, desto größer ist auch seine Gesamtklebkraft und damit die Wahrscheinlichkeit, sich an Anlagenteilen der Papiermaschine abzulagern. In Systemoptimierungen in der Stoffaufbereitung wurde durch die Reduzierung von Makrostickys im Fertigstoff vielfach eine erhebliche Reduzierung von Ablagerungen an der Papiermaschine festgestellt [20]. Daher existieren bereits Richtwerte für die Makrostickybeladung im Fertigstoff, die einen störungsarmen Papiermaschinenlauf gewährleisten sollen [19].

In verschiedenen Flockungsversuchen der PTS mit Klebstoffdispersionen zeigte sich, dass elektrostatisch stabilisierte kolloidale Kleberpartikel nahezu keine Ablagerungen bildeten. Bei einer zielgerichteten Erhöhung der Partikelgröße durch Agglomeration dieser Partikel lagerten sich nahezu sämtliche Kleberpartikel bereits im nassen Milieu an einer Kunststoffoberfläche ab.

Je größer der Stickypartikel ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich dieser an der Oberfläche der Papierbahn befindet und es damit überhaupt erst zum Kontakt mit Oberflächen der Papiermaschine (Sieb, Walze etc.) kommt.

Die Ablagerungswahrscheinlichkeit von Mikrostickys ist aufgrund ihrer geringen Partikelgröße im Vergleich zu den Makrostickys als deutlich niedriger einzuschätzen. Für das Projekt wurde hier ein linearer Zusammenhang angenommen.

Klebrigkeit

Je klebriger ein Sticky, desto größer ist die Ablagerungswahrscheinlichkeit. Makrostickys sind unter den entsprechenden Bedingungen (Temperatur in der Trockenpartie, trockene Oberflächen) in der Regel immer mit einer hohen Klebrigkeit ausgestattet.

Die mittels Extrakt gemessenen Mikrostickys sind jedoch nicht alle gleich klebrig. Je nach Mikrostickyerscheinungsart kann die Klebrigkeit stark variieren. Dies muss bei der Schadwertermittlung berücksichtigt werden.

Betriebsbedingungen

Papiermaschinen vertragen unterschiedlich hohe Stickybeladungen. Papiermaschinen zur Herstellung von Testliner laufen auch dann noch ohne gravierende Probleme, wenn die Stickybeladung um den Faktor 10 höher ist als bei DIP-Stoffen. Ursachen sind die häufig noch **höheren Grammaturen und geringeren Durchschnittsgeschwindigkeiten**. Es sind jedoch auch unterschiedliche PM-Empfindlichkeiten innerhalb einer Sorte möglich. Bei höheren Grammaturen werden mehr Stickys von den Papierfasern bedeckt (und befinden sich im Inneren des Blattes).

Bei **höheren Geschwindigkeiten** ergeben sich höhere Abzugskräfte nach dem Kontakt Stickys <-> Trockenzylinder bzw. Stickys <-> Sieb/Filz. Je schneller die Papierbahn von einer Kontaktoberfläche abgezogen wird, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit des Verbleibs eines Stickys an der jeweiligen Oberfläche der PM. Der Effekt ist nachvollziehbar, wenn man sich das schnelle bzw. langsame Abziehen eines Etiketts von einer glatten Oberfläche vorstellt. Beim Versuch des schnellen Abziehens verbleiben Reste des Kleberfilmes an der glatten Oberfläche, während beim langsamen Abziehen das Etikett meist komplett samt Kleber abziehbar ist.

Fazit

1. **Für die Bestimmung der Stickyschadwirkung ist nicht in erster Linie das Absolutniveau entscheidend. Vielmehr sind die relativen Schadanteile der Stickyarten und deren Veränderung im Konstantteil und in der Stoffaufbereitung von primärer Bedeutung.**
 2. **Die tatsächliche Höhe der negativen Wirkung ist auch von der Anlagentechnik, der Grammaturn und der Geschwindigkeit abhängig.**
-

Sticky-Schadwert Für dieses Projekt wird der Begriff **Stickyschadwert** definiert.

Dieser Wert berücksichtigt die Massenanteile der Makro- und Mikrostickys und die Wichtung ihrer Ablagerungswahrscheinlichkeit. Damit wird die Schadwirkung von Makro- und Mikrostickys vergleichbar und kann in Form eines Rankings ausgewiesen werden.

Der Stickyschadwert setzt sich wie folgt zusammen:

Schadwert Makrostickys
+ Schadwert Sekundärstickys (Makrostickys)
+ Schadwert Mikrostickys

Stickyschadwert

Der Stickyschadwert wird als Absolutwert und als relativer Wert hinsichtlich des anteiligen Beitrages der 3 Stickyarten ausgewiesen.

Die Herleitung und Berechnung der Schadwerte für beide Werke erfolgt in den nächsten Abschnitten.

**Skalierung
Schadwert**

Infolge der Umrechnungsfaktoren für die Massenanteile und die Ablagerungswahrscheinlichkeit ergibt sich ein Stickyschadwert von weit unter 1. Bei einem so geringen Zahlenwert wird mitunter die Relevanz und Differenzierbarkeit des Stickyschadwertes nicht auf den ersten Blick sichtbar.

Daher wird im Folgenden mit Hilfe eines Skalierungsfaktors von 1000 eine für die Auswertung besser greifbare Größenordnung des Stickyschadwertes erzeugt.

9.2.2 Wichtung Makrostickys

Grundlagen

Makrostickys weisen aufgrund ihrer Partikelgröße und Klebrigkeit das mit Abstand größte Potenzial aller Stickyfraktionen zur Bildung von Ablagerungen auf.

In dünnen Massendruckpapieren können Makrostickys nicht im Inneren des Faservlieses eingelagert werden. Im Gegenteil: Üblicherweise sind die Makrostickys dicker als das Faservlies und treten demzufolge sowohl an der Oberseite als auch an der Unterseite der Papierbahn hervor.

Damit ist ein Kontakt dieser Kleberpartikel zu den Papiermaschinenoberflächen definitiv gegeben. **Die Ablagerungswahrscheinlichkeit von Makrostickys ist somit hoch.** Diese nicht deformierten Kleberpartikel werden in der Folge als „Originalstickys“ benannt.

Berechnungsbeispiel (Makrostickymessung mittels INGEDE-Methode Nr. 4):

- | | |
|---|-----------------------------|
| • Filmdicke Makrostickys | 0,1 mm |
| • Durchschnittliche Partikelgröße im Stoffauflauf | 0,11 mm ² |
| • Durchschnittliches Makrosticky-Volumen | 0,011 mm ³ |
| • Volumen Originalsticky in Kugelform | 0,011 mm³ |
| • Durchmesser Originalsticky in Kugelform | 0,28 mm |

Damit ist der Durchmesser der Originalstickys vor der Probenpräparation für die INGEDE - Methode deutlich größer als die maximale Dicke des Faservlieses von 100 - 200 µm (Annahme: Grammaturn 50 - 100 g/m², Restfeuchte 50 %). Die tatsächliche Dicke des Faservlieses liegt aufgrund der teilweisen Einlagerung des Restwassers in die Vliesstruktur sicherlich sogar noch niedriger.

Schadwert Makrostickys

Bei den Makrostickys wird eine Wichtung hinsichtlich Klebrigkeit und Partikelgröße mit dem Faktor 1 vorgenommen. Im Folgenden wird dieser daher nicht weiter aufgeführt. Die mittels INGEDE-Methode Nr. 4 gemessene Makrostickyfläche wird anhand des Umrechnungsfaktors aus Abschnitt 11.3.1 in eine prozentuale Beladung umgerechnet. Ziel ist die Vergleichbarkeit der Dimensionen der Makro- und Mikrostickybeladung.

Die Umrechnung für den Makrostickyschadwert ergibt sich unter Berücksichtigung des Skalierungsfaktors von 1000 damit wie folgt:

$$\text{Schadwert Makrostickys} = \text{Makrostickyfläche [mm}^2\text{/kg]} / 100$$

Werk 1

Bei einer Makrostickyfläche im Randstreifen von 530 mm²/kg ergibt sich umgerechnet auf die Makrostickymasse ein Makrostickyschadwert von **5,3**. Dieser Wert kennzeichnet das Gefährdungspotenzial durch Makrostickys, dass nach der Stoffentwässerung an die Papiermaschine gelangt.

Werk 2

Der Makrostickyschadwert im Werk 2 liegt bei einer Makrostickyfläche von 780 mm²/kg im Randstreifen bei **7,8**.

Fazit	<p>In beiden Werken war die Fertigstoffbeladung mit Makrostickys zu hoch. Dies deutet auf Defizite in der Abtrennwirkung in der Stoffaufbereitung hin.</p> <p>Die Beladung mit Makrostickys im eingesetzten Altpapier in der Stoffaufbereitung lag mit weniger als 5.000 mm²/kg vergleichsweise niedrig. Trotzdem wurde die für einen störungsarmen Papiermaschinenlauf anzustrebende Fertigstoffqualität bezüglich Makrostickys nicht erreicht. Die Abtrennwirkung der Stoffaufbereitung lag deutlich unter 90 % (Zielwert (> 95 %)).</p>
--------------	--

9.2.3 Wichtung Sekundärstickys

Grundlagen	Werden im Prozess Sekundärstickys gebildet, die als zusätzliche Makrostickys messtechnisch erfassbar sind, dann ist die Ablagerungswahrscheinlichkeit dieser Partikelagglomerate genauso hoch einzuschätzen wie das der Makrostickys.
Schadwert	Schadwert Sekundärstickys = Fläche Sekundärstickys [mm²/kg] / 100
Werk 1	Es wurden keine Sekundärstickys gefunden.
Werk 2	<p>Es wurde eine erhebliche Sekundärstickymbildung in Form zusätzlicher Makrostickys im Prozess festgestellt.</p> <p>Die Fläche der Sekundärstickys in der Probe „Stoff nach Presse“ lag lt. Makrostickybilanzierung bei 41 %. Bei einer Gesamtmakrostickyfläche von 780 mm²/kg lag die anteilige Sekundärstickyfläche somit bei 320 mm²/kg. Der anteilige Sekundärstickyschadwert im Werk 2 liegt somit bei 3,2.</p>
Fazit	Die Sekundärstickymbildung ist im Werk 2 als anteiliger Verursacher von Ablagerungen an der Papiermaschine zu berücksichtigen.

9.2.4 Wichtung Mikrostickys lt. DMF-Extrakt

Grundlagen	Generell ist die Beladung der Stoffsuspension mit Mikrostickys (gemessen mittels DMF-Extrakt) im Konstantteil überschlägig um mindestens den Faktor 100 größer als die Makrostickybeladung. Zur Bewertung der tatsächlichen Ablagerungswahrscheinlichkeit der Mikrostickys müssen jedoch folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden:
-------------------	---

Klebrigkeit

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, sind nicht alle Mikrostickys gleich klebrig. Vorzugsweise Fragmente von Kleberfilmen, d.h. Mikrostickys aus reiner Klebermasse weisen eine hohe Klebrigkeit auf. Demgegenüber besitzen Mikrostickys aus Bindern von Druckfarben und Strichfilmen, in denen der Pigmentanteil hoch ist und die komplett ausgehärtet waren, eine deutlich geringere Klebrigkeit. Dies bedeutet, nur ein gewisser Anteil der mittels Extrakt erfassten Mikrostickys ist auch tatsächlich stark klebrig. Stark klebrig können hingegen nicht ausgehärtete Binder aus frisch gestrichenem Ausschuss sein.

Zur Abschätzung des tatsächlich für Ablagerungen an der Papiermaschine relevanten klebrigen Anteils am Gesamtextrakt kann man zuerst die möglichen Massenanteile von Klebern und Bindemitteln im Gesamtmikrostickygehalt kalkulieren. Dabei ergibt sich folgendes Massenverhältnis [2]:

Mikrosticky-Art	Anteil im Altpapier [%]	Anteil Sticky-material [%]	Extrakt [%]	Extraktanteil relativ [%]
Kleber	0,30	100	0,30	12
Agglomerat	0,10	70	0,07	3
Binder Druckfarbe	1,55	35	0,54	22
Binder Streichfarbe	12,50	12,5	1,56	63
			2,48	100

Bei einem Gesamtextrakt von 2,48 % beträgt der Anteil der sehr stark klebenden Kleber und Agglomerate mit hohem spezifischem Anteil an Stickymaterial bei ca. **15 %** bezüglich Gesamtextrakt (siehe Tabelle).

Partikelgröße und Klebkraft

Die durchschnittliche Partikelgröße von Mikrostickys liegt lt. Plattenmethode im Bereich von ca. 10 µm. Im Vergleich zur Größe der Makrostickys im Stoffauflauf der untersuchten Papierfabriken von 280 µm liegt diese damit um einen Faktor von ca. 28 niedriger. Hinsichtlich Gesamtklebkraft des Mikrostickypartikels wurde folgende Beziehung zugrunde gelegt:

mittlere Partikelgröße Makrosticky [µm]

Faktor Klebkraft = -----

mittlere Partikelgröße Mikrosticky [µm]

Würde man anstelle der mittleren Partikelgröße die projizierte Fläche der Makro- und Mikrostickys ins Verhältnis setzen, ergibt sich ein für die Klebkraft ein Faktor von 784.

Einlagerung ins Faservlies

Aufgrund ihrer geringen Partikelgröße können Mikrostickys ohne weiteres auch bei leichtgewichtigen Druckpapieren im Inneren des Faservlieses eingelagert werden. Damit haben sie keinen Kontakt zu Oberflächen an der Papiermaschine und können somit keine Ablagerungen bilden. Wichtig ist hier, dass die Mikrostickys an die Papierfasern fixiert sind und nicht im Zuge der Entwässerung zusammen mit dem Wasser in Richtung Sieb oder Filzoberfläche transportiert werden.

Bei einer Blattdicke von 100 µm und einer mittleren Partikelgröße der Mikrostickys lt. Plattenmethode von 10 µm liegt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Mikrosticky eindeutig - d.h. mit größtmöglicher Angriffsfläche im Bereich der Kugelmittle - an der Papieroberfläche liegt bei 1 : 11.

Unter Berücksichtigung der Blattdicke, die wiederum eine Funktion des Flächengewichtes ist, ergibt sich folgender Zusammenhang:

Dicke Faservlies [µm]

Faktor Faservlies = ----- + 1

Partikelgröße Mikrostickys [µm]

Bei steigender Dicke des Papierblattes erhöht sich somit der Umrechnungsfaktor für die Einlagerung proportional.

Fazit

Für das Projekt wurde die Ablagerungswahrscheinlichkeit der Mikrostickys lt. DMF-Extrakt insgesamt konservativ, d.h. höher als vermutlich tatsächlich zutreffend, kalkuliert:

Faktor Klebrigkeit:	5
Faktor Klebkraft:	20
Faktor Faservlies:	10

Die Ablagerungswahrscheinlichkeit der Mikrostickys liegt damit insgesamt bei 1/1000 im Vergleich zu den Makrostickys:

Ablagerungswahrscheinlichkeit- Mikrostickys = -----
Faktor Klebrigkeit * Faktor Klebkraft * Faktor Faservlies

Bei einem Gesamtmikrostickygehalt lt. Kalkulationstabelle von 2,48 % ergibt sich damit heruntergerechnet ein Mikrostickyschadpotenzial in der Beispielprobe von **2,48**.

Schadwert

Unter Berücksichtigung des Skalierungsfaktors von 1000 ergibt sich für den Mikrostickyschadwert folgende Beziehung:

Schadwert Mikrostickys = DMF-Extrakt [%]

Werk 1

Der Mikrostickygehalt im Randstreifen lag im Werk 1 bei 1,4 %. Umgerechnet ergibt dies einen Mikrostickyschadwert von **1,4**.

Werk 2 Der Mikrostickygehalt im Randstreifen lag bei 0,93 %. Damit liegt der Mikrostickyschadwert normalerweise bei **0,93**.

9.2.5 Wichtung abgelagerte Mikrostickys lt. Plattenmethode

Grundlagen Die Ablagerungsmethode misst im Gegensatz zum Extrakt die tatsächlich abgelagerten Mikrostickys. Abgelagerte Mikrostickys lt. Plattenmethode sind demnach stark klebrig und somit genauso zu wichten wie klebrige Mikrostickys lt. Extrakt.

Damit ergibt sich für die abgelagerten Mikrostickys unter Berücksichtigung von Partikelgröße und Einlagerung ins Faservlies ein Umrechnungsfaktor von 200. Vorher muss natürlich noch die Normierung des Messwertes auf die Masse erfolgen.

Aus Plausibilitätsgründen muss der Schadwert der abgelagerten Mikrostickys kleiner sein als der Gesamtextrakt. Darüber hinaus sollte der Wert nicht höher liegen als der über den Extrakt kalkulierte Mikrosticky-Schadwert.

Schadwert Damit ergibt sich für den Schadwert der abgelagerten Mikrostickys lt. Plattenmethode folgende Beziehung:

Schadwert abgel. Mikrostickys = Fläche Mikrostickys [mm²/kg] * 0,000005

Werk 1 Die Fläche der abgelagerten Mikrostickys im Stoffauflauf von Werk 1 lag bei 14.000 mm²/kg. Dies entspricht umgerechnet einem Massenanteil bezüglich otro Stoff von 0,014 %. Damit ergibt sich ein Schadpotenzial der Mikrosticky-ablagerungen von **0,07**.

Werk 2 Die Mikrosticky-Ablagerungen im Werk 2 betragen im Stoffauflauf 185.000 mm²/kg bzw. umgerechnet 0,185 %. Damit liegt das Schadpotenzial hier bei **0,93**.

Fazit Die Schadwerte der abgelagerten Mikrostickys der beiden Werke unterschieden sich stark. Die Plausibilitätsprüfung war positiv.

9.3 Fazit für beide Werke

Makrostickybeladung Werk 1

Die Fertigstoffbeladung im Werk 1 lag bei 950 mm²/kg. Zu anderen Probenahmezeitpunkten wurden Werte von durchschnittlich 700 mm²/kg gemessen.

Dieser Wert ist generell als deutlich hoch zu bewerten, da der Richtwert für DIP-Stoffe für einen störungsarmen Papiermaschinenlauf bei 200 mm²/kg liegt [19]. Die Bildung von Ablagerungen infolge der zu hohen Beladung im Fertigstoff ist somit sehr wahrscheinlich.

Beim Eintrag von „schlechtem“ externen Altpapier in den Konstantteil wurde eine zusätzliche Erhöhung der Makrostickybeladung gemessen. Bei der Verwendung eines besseren externen Altpapiers mit einer Makrostickybeladung unter dem Niveau des Fertigstoffes verringerte sich die Ablagerungsmenge an der Papiermaschine.

Die Ausschleusung von Makrostickys im Konstantteil im Cleaner und Sortierer ist als gut zu bewerten. Die mangelnde Fertigstoffqualität kann so jedoch nicht kompensiert werden. Dies kann allerdings auch nicht das Ziel im Konstantteil sein.

Makrostickybeladung Werk 2

Die Fertigstoffbeladung im Werk 2 lag bei 620 mm²/kg. Dieser Wert liegt deutlich niedriger als im Werk 1. Der Zielwert von 200 mm²/kg wurde allerdings auch im Werk 2 nicht erreicht. Die Abtrennwirkung im Cleaner und Sortierer war insgesamt gering.

Sticky-schadwerte Papiermaschine, Vergleich Werke 1 und 2

In der Summe ergaben sich an der Papiermaschine (Stoff nach Pressenpartie) für die beiden Werke die Sticky-schadwerte lt. folgender Tabelle. Die Gesamtumrechnungsfaktoren vom Messwert zum Schadwert sind in der Tabelle mit aufgeführt.

Der Gesamtstickyschadwert war im Werk 2 höher als im Werk 1.

In beiden Werken waren Makrostickys als Hauptverursacher der Ablagerungen einzuschätzen. Diese Makrostickys wurden hauptsächlich mit dem Fertigstoff der Stoffaufbereitung an die Papiermaschine transportiert.

Der im Vergleich zum Werk 1 deutlich höhere Schadwert der abgelagerten Mikrostickys weist auf ein erhöhtes Risiko zur Sekundärstickybildung im Werk 2 hin. Im Werk 2 waren somit viele nicht fixierte klebende Mikrostickys enthalten, die jederzeit zu Sekundärstickys agglomerieren können.

	Schadwert Papiermaschine absolut	Messwerte		Faktor	Schadwerte	
		Werk 1	Werk 2		Werk 1	Werk 2
1	Makrostickys	530	460	0,01	5,30	4,60
2	Sekundärstickys (Makrostickys)	0	320	0,01	0,00	3,20
3	Mikrostickys	1,4	0,93	1	1,40	0,93
3a	abgelagerte Mikrostickys	14.000	185.000	0,000005	0,07	0,93
	Summe 1-3				6,70	8,73

	Schadwert Papiermaschine relativ [%]	Werk 1	Werk 2
1	Makrostickys	79	53
2	Sekundärstickys (Makrostickys)	0	37
3	Mikrostickys	21	11
	Summe	100	100

**Veränderung
Schadwert im
Konstantteil**

Die Gesamtschadwerte der Stickys im Fertigstoff der Stoffaufbereitung ergeben sich wie in folgender Tabelle dargestellt.

Der Stickyschadwert im Fertigstoff von Werk 1 war deutlich höher als im Werk 2. Ursache war hier vor allem die höhere Beladung mit Makrostickys.

Der Stickyschadwert im Konstantteil von Werk 1 wurde um 38 % reduziert. Im Werk 2 war im Konstantteil insgesamt ein Anstieg in der Sticky-Schadwirkung um 21 % im Vergleich zum Fertigstoff erkennbar. Damit war der Sticky-schadwert im Werk 2 trotz besserer Fertigstoffqualität höher als im Werk 1.

	Beispiel	Messwerte		Faktor	Schadwerte	
		Werk 1	Werk 2		Werk 1	Werk 2
	Schadwert Fertigstoff absolut					
1	Makrostickys [mm ² /kg]	950	640	0,01	9,50	6,40
2	Sekundärstickys (Makrostickys) [mm ² /kg]	0	0	0,01	0,00	0,00
3	Mikrostickys [%]	1,3	0,81	1	1,30	0,81
3a	abgelagerte Mikrostickys [mm ² /kg]	230.000	106.000	0,000005	1,15	0,53
	Summe				10,80	7,21
	Schadwert Fertigstoff relativ [%]				Werk 1	Werk 2
1	Makrostickys				88	89
2	Sekundärstickys (Makrostickys)				0	0
3	Mikrostickys				12	11
	Summe				100	100
	Schadwert Fertigstoff absolut				10,80	7,21
	Schadwert Papiermaschine absolut				6,70	8,73
	Reduzierung im Konstantteil [%]				38,0	-21,1

**Ranking Ablage-
rungsverursa-
cher**

Im Werk 1 war vor allem die Beladung mit Makrostickys, die aus dem Fertigstoff der Stoffaufbereitung resultieren, maßgeblich für auftretende Ablagerungen verantwortlich. Durch den Einsatz von stark mit Makrostickys verunreinigtem externen Ausschuss wurde das Problem zeitweise verschärft.

Die Ablagerungsprobleme im Werk 2 hatten ihre Ursache zum Großteil in der unzureichenden Makrostickybeladung im Fertigstoff aber auch zu einem bedeutenden Anteil in einer unerwünschten Sekundärstickybildung im Konstantteil.

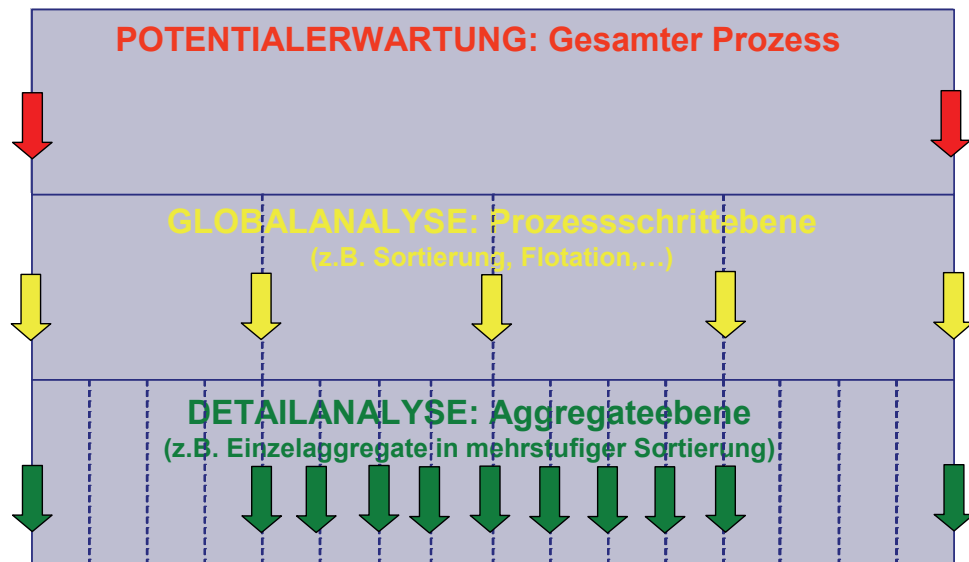
Die Mikrostickys trugen im Konstantteil unter Berücksichtigung der Schadhypothesen in beiden Werken lediglich zu 10 - 20 % zur Bildung der Ablagerungen bei.

10 Allgemeingültige Vorgehensweise zur Bewertung der Sticky-Situation im Konstantteil

10.1 Analyse des Konstantteils

Strategie

Eine sofortige detaillierte Untersuchung des gesamten Konstantteils ist sehr Zeit und Kosten intensiv und nicht Ziel führend. Der Gesamtprozess kann grundsätzlich in 3 aufeinander aufbauenden Strategien bewertet werden:



Ausgehend von den 3 Ebenen der Prozessanalyse wird eine abgestufte Unterteilung in Potenzialerwartung (Quick shot), Global- und Detailanalyse vorgeschlagen:

3-stufige Vorgehensweise

- **Potenzialerwartung**

Der gesamte Konstantteil wird als „Black Box“ betrachtet und nur ausgewählte Probenahmestellen für einen Gesamtüberblick der Stickysituation werden untersucht. Eine aufwändige Erfassung von Volumenströmen und eine Berechnung von Bilanzen ist in der Globalanalyse nicht vorgesehen.

- **Globalanalyse**

Erst wenn der Konstantteil als wesentlicher Verursacher der Ablagerungen an der Papiermaschine identifiziert wurde, erfolgen wenn notwendig weitere Messungen zur Klärung wesentlicher Details, wie z.B. die genaue quantitative Ermittlung der Sekundärstickybildung anhand von Bilanzrechnungen. Dazu müssen die in der Cleanerung und Sortierung tatsächlich ausgeschleusten Makrostickymengen ermittelt werden.

- **Detailanalyse**

In der Detailanalyse werden gezielt einzelne Aggregate (z.B. Sortiererstufen) bzw. Phänomene (z.B. Stickyfixierung an die Papierfasern) untersucht und optimiert. In der Detailanalyse kann auch die Plattenmethode zur Ermittlung von Fixiereffekten eingesetzt werden. Insbesondere bei speziellen Anwendungsfällen, wie z.B. dem Wiedereinsatz von gestrichenem Ausschuss, kann die Plattenmethode detaillierte Zusammenhänge bzw. Wirkmechanismen aufzeigen.

Die Umrechnung der Messwerte in Stickyschadwerte wird an einem Beispiel erläutert.

10.2 Potenzialerwartung Konstantteil

Ziel

Die überschlägige Darstellung der wesentlichen Effekte zur Stickysituation

- generelles Niveau der Stickybeladung
- Stickyreduzierung im Konstantteil
- Sekundärstickybildung vorhanden ja /nein
- Schadwertveränderung im Konstantteil
- Kalkulation relative Schadwertanteile überschlägig

erfolgt auf Basis der Absolutwerte der Stickybeladung an ausgewählten Messpunkten.

Es wird empfohlen, die Analyse zur Potenzialerwartung zeitnah zu wiederholen, um die gefundenen Effekte statistisch abzusichern. Diese Wiederholung kann auf 2 Wegen erfolgen:

- erneute Messung beim Auftreten erheblicher Ablagerungen
 - Messung, wenn vergleichsweise wenige Ablagerungen auftreten
-

Definitionen

Für einen gut funktionierenden Konstantteil wird überschlägig eine Makrosticky-reduzierung [mm²/kg] vom Fertigstoff bis zum Stoffauflauf von 50 % angenommen. Damit wird im Ergebnis der Potenzialerwartung immer die minimale Sekundärstickybildung ausgewiesen. Die tatsächliche Makrostickyreduzierung im Cleaner und Sortierer kann fallweise auch bei deutlich unter 50 % liegen.

Weiterhin werden folgende Zusammenhänge definiert:

- Retention Makrostickys = 100%
- Retention Mikrostickys = Füllstoffretention

Eine Reduzierung des Stickyschadwertes im Konstantteil von **40 %** ist als Richtwert anzusehen. Wenn eine deutlich geringere Reduzierung oder sogar eine Erhöhung erfolgt, dann bestehen im Konstantteil erhebliche Reserven bezüglich Stickybekämpfung.

Probenahme und Messprogramm

Für die Potenzialerwartung werden folgende Probenahmen empfohlen:

		Stoffdichte	Aschegehalt	Makrostickys INGEDE 4	Mikrostickys Extrakt
1	Fertigstoff	x		x	x**
2	Stoffauflauf	x	x	x	x**
3	Siebwasser 1	x	x		
4	Stoff nach Pressenpartie	x*		wird errechnet	wird errechnet

* Messwert Papierfabrik

** Alternativmethode

NIR-Mikrostickymessung

Es werden nur die Stickyschadwerte für den **Fertigstoff** (+ ggf. eingetragenen zusätzlichen Faserstoff, ohne Ausschuss) und den **Stoff nach Presse** verglichen. Damit werden alle internen Kreisläufe (Siebwasser, Randstreifen, Rücklauf Stoffauflauf) ausgeklammert und die Berechnung wird deutlich vereinfacht.

Schadwerte im Fertigstoff

Im Fertigstoff werden die wesentlichen Parameter für die Makrostickys und den Extrakt (Mikrostickys) direkt gemessen. Als Fertigstoff ist der Auslauf des DIP-Stapelturns nach der Stoffaufbereitung definiert. Falls in den Konstantteil externe Faserstoffe (Altpapier, Holzstoff, Zellstoff) eingetragen werden, dann sind diese Werte mit zu erfassen und entsprechend den anteiligen Massenströmen zum DIP-Fertigstoff dazuzurechnen.

Die Sekundärstickylbeladung im Fertigstoff liegt immer bei 0, da erst im Konstantteil agglomerierende Additive zugesetzt werden.

Anstelle der Extraktmessung kann die Mikrostickybeladung auch mit Hilfe der NIR-Messung am Stoffdichteblatt erfolgen.

Das folgende fiktive Beispiel zeigt die Zusammenstellung der Messwerte und die Ermittlung der Schadwerte für den Fertigstoff.

	Schadwert Fertigstoff absolut	Messwerte	Faktor	Schadwerte
1	Makrostickys [mm ² /kg]	1000	0,01	10,00
1a	Anteil Sekundärstickys (Makrostickys) [mm ² /kg]	0	0,01	0,00
2	Mikrostickys [%]	1,5	1	1,50
	Summe			11,50

	Schadwert Fertigstoff relativ [%]			
1	Makrostickys [mm ² /kg]			87
1a	Anteil Sekundärstickys (Makrostickys) [mm ² /kg]			0
2	Mikrostickys [%]			13
	Summe			100

Schadwerte im Stoff nach Presse

In der Probe „Stoff nach Presse“ wird diejenige Stickymenge bewertet, die tatsächlich an die Papiermaschine gelangt und dort zu Ablagerungen an Trockensieben, Walzen und Zylindern führen kann.

Die Makro- und Mikrostickybestimmung im Randstreifen - sofern dieser überhaupt an der geeigneten Stelle entnehmbar ist - ist ungenau. Da der Randstreifen zur Makrostickybestimmung wieder aufgeschlagen werden muss, können bereits gebildete Sekundärstickys wieder zerstört werden.

Die Ermittlung der Stickybeladung im Auslauf der Pressenpartie, d.h. der Stoff, der tatsächlich auf die Maschine geht und dort zu Ablagerungen führt, sollte nach folgender Prozedur durchgeführt werden:

Zuerst wird über die Stoffdichten und Aschegehalte im Stoffauflauf und Siebwasser 1 die Gesamtretention und die Ascheretention ermittelt. Die Retention wird als Wert zwischen 0 und 1 angegeben.

Es wird überschlägig davon ausgegangen, dass alle Makrostickys im Faservlies verbleiben und kein Übergang ins Siebwasser erfolgt. Aufgrund des gleichzeitigen Feststoffübergangs in Siebwasser steigt die spezifische Makrostickybeladung im Stoff nach der Presse im Verhältnis

Makrostickys nach Presse = Makrostickys Stoffauflauf / Gesamtretention

Die Mikrostickybeladung im Stoff nach der Presse reduziert sich in Abhängigkeit von der Ascheretention:

Mikrostickys nach Presse = Mikrostickys Stoffauflauf * Ascheretention

Die Proben sind als Mischproben aus mindestens 3 Rundgängen zu nehmen. In Fortsetzung des fiktiven Beispiels vom Fertigstoff ergeben sich folgende Werte für den Konstantteil:

	Beispiel	Messwerte
	Messwerte Fertigstoff:	
	Makrostickys [mm ² /kg]	1000
	Messwerte Stoffauflauf:	
	Makrostickys [mm ² /kg]	800
	Mikrostickys [%]	2,5
	Gesamtretention [-]	0,7
	Ascheretention [-]	0,5

	Schadwert Stoff Presse absolut	Messwerte	Faktor	Schadwerte
1	Makrostickys [mm ² /kg]	1143	0,01	11,43
1a	Anteil Sekundärstickys (Makrostickys) [mm ² /kg]*	300	0,01	3,00
2	Mikrostickys [%]	1,25	1	1,25
	Summe			12,68

	Schadwert Stoff Presse relativ			Schadwerte
1	Makrostickys [mm ² /kg]			66
1a	Anteil Sekundärstickys (Makrostickys) [mm ² /kg]			24
2	Mikrostickys [%]			10
	Summe			100

* Definition: Abtrennwirkung normal arbeitender Konstanter Teil bezüglich Makrostickys 50 %
 Sekundärstickys = (Makrostickys Stoffauflauf) - (0,5* Makrostickys Fertigstoff)

Auswertung

Die Stickyschadwirkung erhöhte sich im Konstantteil von **11,5** auf **12,7**.

Da in gut arbeitenden Konstantteilen mit einer Reduzierung des Schadwertes um ca. 40 % zu rechnen ist, muss eine Schadwerterhöhung deutlich negativ bewertet werden.

Ein anteiliger Schadwert der Sekundärstickys von 24 % weist auf eine signifikante Sekundärstickybildung hin. Über eine zu empfehlende Globalanalyse kann hier der genaue quantitative Wert ermittelt werden, der auf jeden Fall höher als die überschlägig ermittelten 24 % liegen wird.

Allerdings ist auch die Makrostickybeladung im Fertigstoff an sich als zu hoch zu bewerten, denn hier liegt ein anteiliger Schadwert von 66 % vor.

10.3 Globalanalyse Konstanter Teil

Ziel

Genauere Ermittlung und Bewertung aller wesentlichen Zusammenhänge zur Stickysituation wie

- generelles Niveau der Stickybeladung
- Stickyreduzierung im Konstantteil
- Schadwertveränderung im Konstantteil
- **Makrostickyabtrennung im Cleaner**
- **Makrostickyabtrennung im Sortierer**
- **Gesamtumfang der Sekundärstickybildung im Konstantteil**
- **Kalkulation relative Schadwertanteile genau**

Die neu hinzugekommenen Ergebnisse im Vergleich zur Potenzialerwartung sind fett unterlegt.

Definitionen

Folgende Zusammenhänge werden definiert:

- Retention Makrostickys = 100%
- Retention Mikrostickys = Füllstoffretention

Eine Reduzierung des Gesamtstickyschadwertes im Konstantteil von **40 %** ist als Richtwert anzusehen. Wenn eine deutlich geringere Reduzierung oder sogar eine Erhöhung erfolgt, dann bestehen im Konstantteil erhebliche Reserven bezüglich Stickybekämpfung.

Probenahme und Messprogramm

Für die Globalanalyse werden folgende Probenahmen empfohlen:

		Stoffdichte	Volumenstrom	Makrostickys INGEDE 4	Mikrostickys Extrakt*
1	Fertigstoff	x	x	x	x
2	Mischbütte Auslauf	x	x	x	
3	Cleaner Zulauf 1. Stufe	x	x	x	
4	Cleaner Gutstoff 1. Stufe	x	x	x	
5	Cleaner Gutstoff 2. Stufe**	x	x	x	
6	Sortierer Zulauf 1. Stufe	x	x	x	
7	Sortierer Gutstoff 1. Stufe	x	x	x	
8	Sortierer Gutstoff 2. Stufe**	x	x	x	
9	Stoffauflauf	x	x	x	x
10	Siebwasser 1	x	x	x	

* Alternativmethode = NIR-Mikrostickymessung

** wenn in Hauptstoffstrang zurück geführt

Es werden wieder die Stickyschadwerte für den **Fertigstoff** (+ ggf. eingetragenen zusätzlichen Faserstoff, ohne Ausschuss) und den **Stoff nach Presse** verglichen.

Bilanzierungen Makrostickys

Über Bilanzrechnungen der Massenströme und Makrostickys werden folgende Daten ermittelt (siehe auch Tabellen zur Bilanzierungsrechnung):

- Beladung im Fertigstoff

Die Makrostickybeladung ergibt sich als Produkt aus Makrostickyfläche und Massenstrom.

- Abtrennwirkung Cleaner

Zur Errechnung der Makrostickyabtrennung im Cleaner wird die Differenz aus Rejekt der 1. Stufe (= Zulauf – Gutstoff) und Gutstoff der 2. Stufe (läuft in Hauptstoffstrang zurück) gebildet.

- Abtrennwirkung Sortierer

Zur Errechnung der Makrostickyabtrennung im Sortierer wird die Differenz aus Rejekt der 1. Stufe (= Zulauf – Gutstoff) und Gutstoff der 2. Stufe (läuft in Hauptstoffstrang zurück) gebildet.

- Beladung Stoff nach Presse

Die Makrostickybeladung ergibt sich als Produkt aus Makrostickyfläche und Massenstrom.

Bewertung der Bilanzergebnisse

Die genaue Bestimmung der Bildung von Sekundärstickys im Konstantteil erfolgt anhand folgender Tabelle:

		Bsp.
Fertigstoff	Makrostickys [m ² /d]	140
Rejekte Cleaner	Makrostickys [m ² /d]	10
Rejekte Sortierer	Makrostickys [m ² /d]	30
Fertigstoff - Rejekte	Makrostickys [m²/d]	100
Stoff Presse	Makrostickys [m ² /d]	150
Stoff Presse - (Fertigstoff - Rejekte)	Sekundärstickys Fläche [m²/d]	50
	Anteil Sekundärstickys in Pressenpartie [%]	33,3

Der prozentuale Anteil der Sekundärstickys aus der Pressenpartie wird wieder auf die Makrostickyfläche in der Probe Presse angerechnet. Für das fiktive Beispiel ergibt sich somit eine anteilige Sekundärstickysfläche von **1.143 mm²/kg * 0,333 = 380 mm²/kg**.

Werden weitere Rejekte aus dem Konstantteil ausgetragen (z.B. Flotate aus einer Mikroflotation), ist dies ebenfalls mit in den Bilanzrechnungen zu erfassen.

Schadwerte

Die Ermittlung der Schadwerte für Fertigstoff und Stoff nach Presse erfolgt anhand der Vorgehensweise aus der Potenzialermittlung. Der genaue anteilige Gehalt an Sekundärstickys (= 33,3 %) in der Presse ist zu berücksichtigen.

Damit ergeben sich die genauen Schadwerte für das fiktive Beispiel wie folgt:

	Schadwert Stoff Presse absolut	Messwerte	Faktor	Schadwerte
1	Makrostickys [mm ² /kg]	1143	0,010	11,43
1a	Anteil Sekundärstickys (Makrostickys) [mm ² /kg]*	380	0,010	3,80
2	Mikrostickys [%]	1,25	1	1,25
	Summe			12,68

	Schadwert Stoff Presse relativ			Schadwerte
1	Makrostickys [mm ² /kg]			60
1a	Anteil Sekundärstickys (Makrostickys) [mm ² /kg]			30
2	Mikrostickys [%]			10
	Summe			100

Damit erhöht sich die anteilige Zuordnung des Schadwertes der Sekundärstickys von 24 auf 30 %.

Fazit Globalanalyse

Die Stickyabtrennung im Cleaner in einer Größenordnung von ca. 7 % bezüglich des Fertigstoffs ist als normal zu bewerten. In der Summe von Sortierer und Cleaner ergab sich eine Abtrennrates von ca. 28,5 %. Dies liegt dicht am Richtwert und ist somit als gut zu bewerten.

Die Fertigstoffqualität ist zu ca. 60 % und die Sekundärstickysbildung zu ca. 30 % für die Bildung von Ablagerungen an der Papiermaschine verantwortlich.

10.4 Detailanalyse Konstantteil

Ziel	<p>Untersuchung von wesentlichen Details im Prozess wie z.B.</p> <ul style="list-style-type: none">• Stickyabtrennung in der Sortierung mit dem Ziel einer Optimierung• Sekundärstickybildung bei unterschiedlichen Additivkonzepten• Ort der Sekundärstickybildung
Probenahme und Messprogramm	<p>Die Stoff- bzw. Wasserproben in der Detailuntersuchung ergeben sich im Ergebnis der Globalanalyse.</p> <p>In der Regel sind umfangreiche Bilanzierungsrechnungen oder der Aufbau eines Simulationsmodells zur Prozessoptimierung vorgesehen.</p> <p>Darüber hinaus kann die Plattenmethode zur Messung der Mikrostickyablagerungen eingesetzt werden.</p>

11 Ableiten von Optimierungsmaßnahmen im Prozess

Vorgehen Im Arbeitspaket 9 wurden für beide Werke ausgewählte Optimierungsmaßnahmen zur Reduzierung der Stickybeladung formuliert. Diese Maßnahmen wurden hinsichtlich Umsetzbarkeit (kurz-, langfristig), Wirksamkeit und Kosten charakterisiert.

Kostenfaktoren Zur Ermittlung der Kosten der Optimierungsmaßnahmen wurden folgende Einzelposten berücksichtigt:

Rohstoff 1.11	[€/t] EUWID 04/08	95
Energie brutto	[€/kWh]	0,10
Chemikalien	[€/t]	
	Flotation	10
	Mikroflotation	1,5
Entsorgung	[€/t]	
	Grobrejekt	100
	Feinrejekt	80
	Flotate	80
Aggregate		
	Preis	spezifisch
	Baugröße	350.000 t/a
	Abschreibung	10 Jahre
	Zins	8 % p.a.

Eine verbesserte Stickyabtrennung ist in der Regel mit erhöhten Rejektmengen verbunden. Damit steigt gleichzeitig die zur Erzeugung einer konstanten Tonnage benötigte Menge an Altpapier.

Für die Umlegung möglicher Neuinvestitionen in Aggregate wurde eine jährliche Produktionsmenge von 100.000 t zu Grunde gelegt. Dies entspricht der Größenordnung einer kleineren Papierfabrik.

Die mit Abstand größten Kostenpositionen sind in der Regel der Rohstoff und die Rejektentsorgung. Die Investitionen in Aggregate fallen kaum ins Gewicht.

Wirkung Die Wirkung der vorgeschlagenen Maßnahmen wurde wie folgt abgeschätzt:

Reduzierung Makrostickys im Stoffauflauf [%]	Wertung	Bezeichnung
< 20	+	moderat
20...40	++	gut
> 40	+++	sehr gut

Die Kalkulation der prozentualen Makrostickyreduzierung erfolgte mit einem in der PTS entwickelten Simulationstool auf Basis der Software IDEAS. Der gesamte Prozess der Stoffaufbereitung und des Konstantteils einer DIP-Anlage inkl. sämtlicher Einzelaggregate wird als Modell dargestellt. Dabei wurden für jede Prozessstufe Erfahrungswerte der Makrostickyabtrennung bei jeweils spezifischen Betriebsbedingungen hinterlegt.

Werk 1

Um hier geeignete Abhilfemaßnahmen vorschlagen zu können, wurde der derzeitige Stand der Technik in der Stoffaufbereitung im Werk 1 recherchiert. Daraus wurden die dargestellten Maßnahmen abgeleitet. Die aktuellen Rejektraten der Sortierer waren nicht bekannt und wurden mit 25 % kalkuliert.

Folgende Schwachstellen wurden identifiziert und Vorschläge für entsprechende Abhilfemaßnahmen wurden zugeordnet:

Schwachstellen

S1	Makrostickybeladung externer Ausschuss
S2	Makrostickybeladung Fertigstoff

Maßnahmen

		Zeithorizont	Wirkung	Kosten ca. [€/t]
M1	anderer externer Ausschuss	kurzfristig	++	-
M2	Optimierung der Stoffaufbereitung			
M2-a	Erhöhung Rejektraten der Sortierer 25 ----> 40 %	langfristig	++	4,4
M2-b	Einbau einer 4. Stufe	langfristig	+	1,1
M2-c	Rückführung der 4. Stufe vor die 2. Stufe	langfristig	++	2,4
M2-d	Reduzierung der Schlitzweite 0,25 mm --> 0,20 mm	langfristig	++	0,5
M2-e	Reduzierung der Schlitzweite 0,20 mm --> 0,15 mm	langfristig	++	0,5
M2-f	Einbau einer 4. Stufe	langfristig	+	-0,7
M2-g	Rückführung der 4. Stufe vor die 2. Stufe	langfristig	++	-
M2-h	Schlitzweite 0,15 mm, Rejektrate 25 ----> 40 %	langfristig	+++	3,3
M2-i	Reduzierung der Schlitzweite 0,25 mm --> 0,15 mm	langfristig	+++	2,0
M2-j	Einbau 2. Flotation	langfristig	++	43,7

Kurzfristig umgesetzt wurde bereits der Einsatz eines besseren externen Ausschusses im Konstantteil.

Die Maßnahme M2-j ist trotz guter zu erwartender Wirkung viel zu teuer.

Inwieweit Reserven in der Dispergierung hinsichtlich Makrostickyzerkleinerung bestehen, kann anhand der vorliegenden Daten nicht abgeschätzt werden.

Werk 2

Folgende Schwachstellen wurden identifiziert und Vorschläge für entsprechenden Abhilfemaßnahmen wurden zugeordnet:

Schwachstellen

S1	Sekundärstickbildung im Konstanten Teil
S2	Makrostickybeladung Fertigstoff

Maßnahmen

		Zeithorizont	Wirkung	Kosten ca. [€/t]
M1	Konstanter Teil			
M1-a	Optimierung Additiveinsatz im Konstanten Teil	kurzfristig	++	-
M1-b	Reduzierung der Scherkräfte im Sortierer	kurzfristig	+	-
M1-c	Reduzierung der Schlitzweite 0,35 mm ---> 0,15 mm	kurzfristig	++	1,4
M1-d	Erhöhung der Rejektrate im Sortierer 5 ---> 10 %	kurzfristig	+	5,0
M2	Optimierung der Stoffaufbereitung			
M2-a	Reduzierung der Schlitzweite 0,20 mm --> 0,15 mm	langfristig	++	0,5
M2-b	Einbau einer 4. Stufe	langfristig	+	-0,7
M2-c	Rückführung der 4. Stufe vor die 2. Stufe	langfristig	++	-
M2-d	Schlitzweite 0,15 mm, Rejektrate 25 ---> 40 %	langfristig	+++	3,3

Die Optimierung des Additiveinsatzes im Konstantteil ist ein wesentlicher Punkt. In der Kombination der Fixier- und Retentionsmittel entstanden Sekundärstickys. Diese haben ihren Ursprung vermutlich zum Großteil in der Rückführung des online gestrichenen Ausschusses.

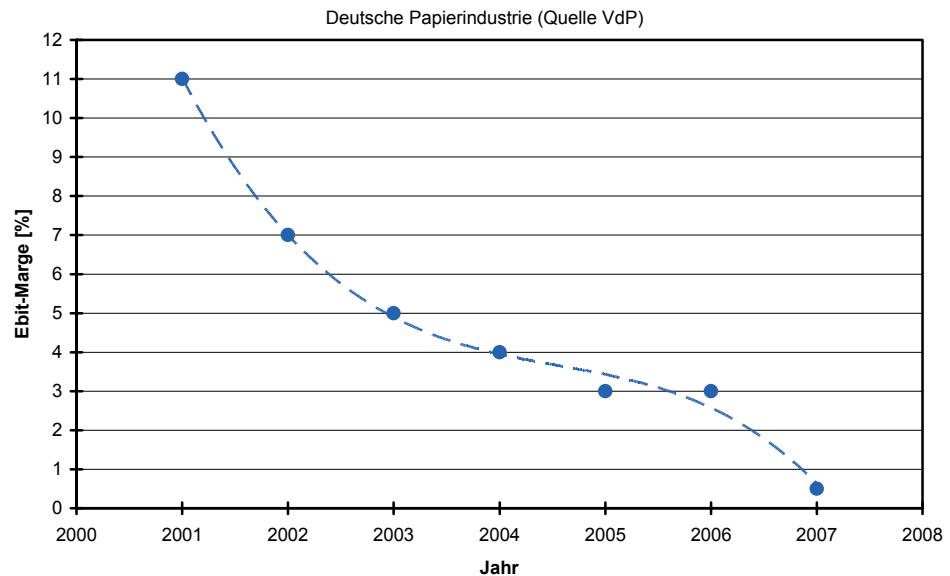
Auch in der Stoffaufbereitung besteht ein erhebliches Potenzial zur Reduzierung der Makrostickybeladung im Fertigstoff.

Da es sich bei den Maßnahmen um eine Optimierung der bestehenden Verfahrenstechnik handelt, sind die kalkulierten Kosten je t produziertes Papier relativ niedrig.

12 Wirtschaftlichkeit

Kosten- Erlössituation

Die Kosten-Erlössituation in der deutschen Papierindustrie ist derzeit extrem angespannt. Ursachen sind zum Einen die hohen Energiepreise. Dazu kommt die zunehmende Verknappung des Rohstoffes Altpapier und das damit verbundene hohe Preisniveau auch bei unteren Sorten. Im Jahr 2007 war Deutschland bereits Netto-Importeur von Altpapier [21].



Im Jahr 2007 betrug die durchschnittliche Gewinnmarge in der deutschen Papierindustrie lediglich 0,5 %. In den letzten Jahren war ein extremer Abfall der Ebit-Marge bezüglich Umsatz zu verzeichnen. Die sich von 2004 – 2006 andeutende Stabilisierung konnte nicht beibehalten werden. Es wurde explizit darauf hingewiesen, dass viele Hersteller von Massendruckpapieren bereits rote Zahlen schreiben.

Ursache des Kostendrucks sind teilweise erhebliche Überkapazitäten in den Papierfabriken im Bereich der grafischen Papiere.

Sticky bedingter Produktionsausfall bei Zeitungsdruckpapier

Je nach Werksgröße kann der durch Stickys bedingte Produktionsausfall schnell eine Größenordnung von mehreren Mio € im Jahr erreichen. Neuste Umfragen der PTS in der Papierindustrie ergaben, dass die Gesamtkosten durch Stickys (Abrisse, Reinigung der Papiermaschine, Chemikalien zur Stickybekämpfung, außerplanmäßige Instandhaltungen) ohne Weiteres in einer Größenordnung von 4 % bezüglich Umsatz liegen können.

Dieser Wert gilt für Hersteller von Wellpappenrohpapieren, die in der Regel höhere Stickybeladungen im Stoff vertragen als DIP-Hersteller. Erfahrungsgemäß ist die Makrostickybeladung im Stoffauflauf von DIP-Herstellern etwa um den Faktor 10 geringer als bei Testliner-Produzenten.

Aufgrund der niedrigen Grammaturn und der hohen PM-Geschwindigkeiten bei der Herstellung von Massendruckpapieren ist die Papiermaschine hier wesentlich empfindlicher. Der Stickykostenanteil kann demnach fallweise deutlich über 4 % liegen.

Kostenfaktoren

Die wesentlichen Kostenfaktoren in der Papierindustrie sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. In den Materialkosten ist auch die Rejektentsorgung anteilig enthalten. Es fallen je ca. 50 % der Kosten als fixe bzw. variable Kosten an.

Wenn als Folge von Ablagerungen an der Papiermaschine ein Produktionsausfall von bis zu 8 % angenommen wird, dann entstehen die in der Tabelle aufgeführten Produktionskosten je t Papier. Dabei wird berücksichtigt, dass während des Produktionsausfalls kein Rohstoff verbraucht wird und der Energieverbrauch während des Maschinenstillstandes nahe Null liegt.

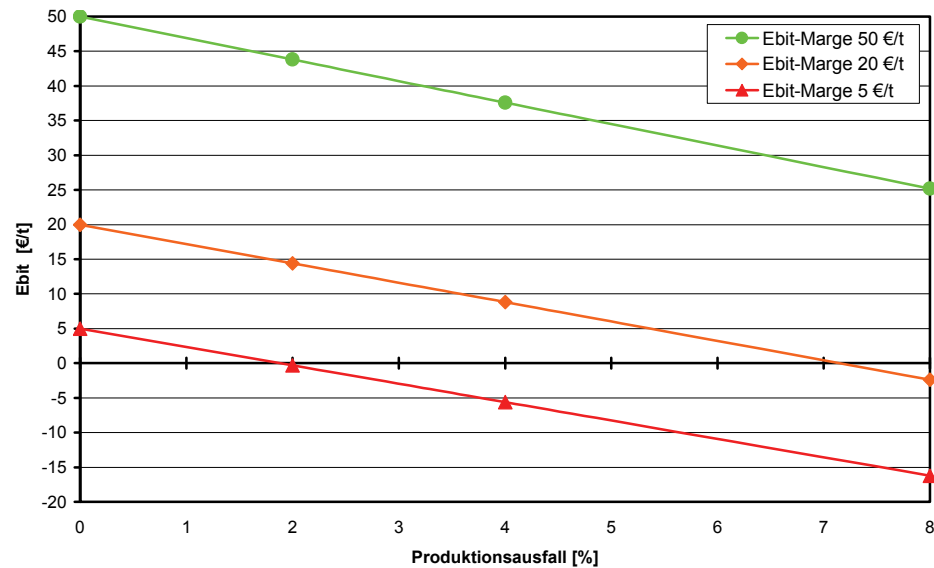
Kostenart	Produktionsausfall [%]			0	2	4	8
	Anteil an Gesamtkosten [%]						
Material	40	variabel	[€/t]	208,00	203,84	195,69	191,36
Energie	10	variabel	[€/t]	52,00	50,96	48,92	47,84
Personal	15	fix	[€/t]	78,00	78,00	78,00	78,00
Sonstige (Verwaltung, Instandhaltung, EDV,...)	15	fix	[€/t]	78,00	78,00	78,00	78,00
Vertrieb	10	fix	[€/t]	52,00	52,00	52,00	52,00
Zinsen/Abschreibungen	10	fix	[€/t]	52,00	52,00	52,00	52,00
Gesamtkosten [€/t]	100		[€/t]	520,00	514,80	504,61	499,20

Bei einer Erhöhung des Produktionsausfalls verringern sich die Produktionskosten je t somit aufgrund der weniger verbrauchten Ressourcen Rohstoff und Energie etwas. Die Verluste infolge Produktionsausfall überwiegen jedoch die Einsparung infolge des geringeren Ressourcenverbrauchs.

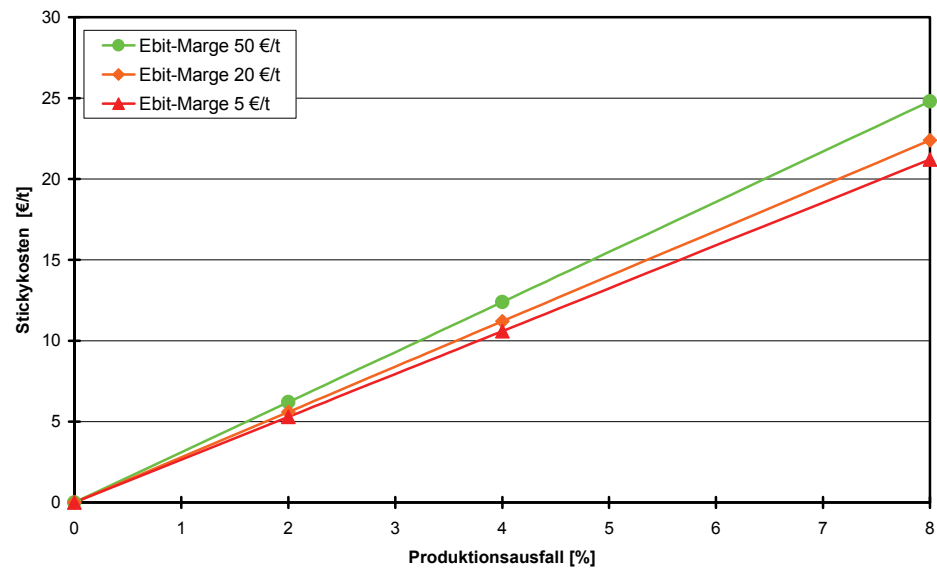
Ebit-Veränderung bei auftretenden Stickyproblemen

Im Diagramm wurden 3 verschiedene Annahmen zur Ebit-Marge in der deutschen Papierfabrik getroffen. Bei einer Ebit-Marge von 50 €/t gibt sich somit ein Verkaufspreis von 570 €/t für Zeitungsdruckpapier. Die aktuellen Verhältnisse in der Papierindustrie werden von der Ebit-Marge von 5 €/t repräsentiert.

Bei einem neu auftretenden und durch Stickys induzierten Produktionsausfall reduziert sich die Ebit-Marge in allen 3 Szenarien beträchtlich. Bei der derzeit üblichen sehr geringen Ebit-Marge läuft die Papierfabrik bereits bei einem zusätzlichen Produktionsausfall von 2 % in die Verlustzone.



Sticky bedingte Produktionsausfälle können demnach generell sehr schnell ein die Existenz bedrohendes Niveau erreichen. Insbesondere dann, wenn die Stickyprobleme dauerhaft auftreten.

**Größenordnung
der Stickykosten**

Die kalkulierten Stickykosten liegen in folgenden Größenordnungen:

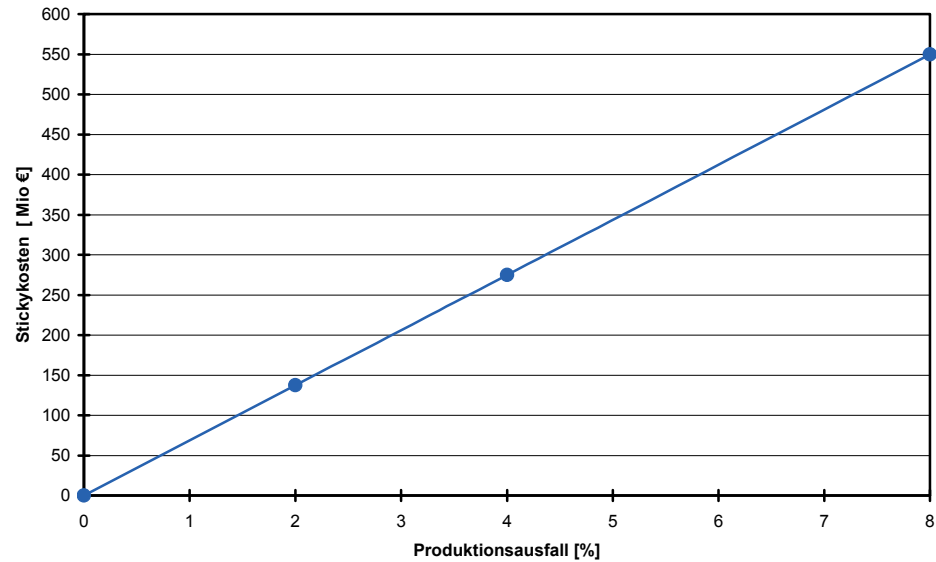
2 % Produktionsausfall: 5,5 €/t

4 % Produktionsausfall: 11,0 €/t

8 % Produktionsausfall: 22,0 €/t

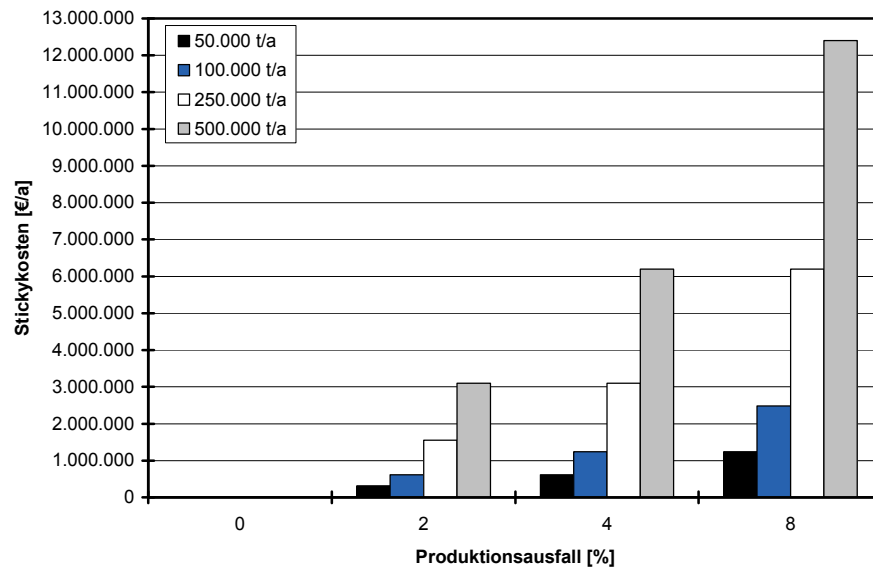
Stickykosten in der deutschen Papierindustrie

Damit ergeben sich für die deutsche Papierindustrie mit einer für 2008 veranschlagten Gesamtproduktionsmenge von 25 Mio t unabhängig von der Gewinnmarge folgende Stickykosten:



Bei einem durchschnittlichen Produktionsausfall von 4 % beträgt die Größenordnung der Zusatzkosten durch Stickys ca. 275 Mio €. Bei einer Reduzierung dieser Kosten um 10 % könnten bei einem Produktionsausfall von 4% ca. 27,5 Mio € jährlich eingespart werden. Dazu kann das abgeschlossene Projekt einen wesentlichen Beitrag liefern.

Stickykosten pro Werk



Die jährlichen Gesamtstickykosten je Werk können sich je nach Größenordnung der Fabrik zwischen mehreren 100.000 € und mehreren Mio € bewegen.

Da die bisherigen Systemanalysen und Optimierung sich aufgrund nicht zielführender Vorgehensweise oftmals über sehr lange Zeiträume erstrecken, kann der jährliche Stickykostenblock fallweise für mehrere Jahre aufsummiert werden.

Nutzenaspekte

Der Projektnutzen ergibt sich nicht nur in der Reduzierung der Sticky bedingten Kosten. Ebenfalls nicht unerheblich ist die Kostenersparnis für die Prozessanalyse selbst.

Aufgrund der in Stufen unterteilten zielgerichteten Vorgehensweise und der Beschränkung auf die unbedingt notwendigen Probennahmen und Messungen sind hier zukünftig Zeit- und Kostenersparnisse von mehreren Tausend € je Untersuchung möglich.

Ansprechpartner für weitere Informationen:

Dipl.-Ing. L. Hamann
Tel. 03529/551 657
Lutz.Hamann@ptspaper.de

Dipl.-Ing. Oliver Cordier
Tel. 089/12146-566
Oliver.Cordier@ptspaper.de

Papiertechnische Stiftung PTS
Heißstraße 134
80797 München
Tel. (089) 1 21 46-0
Fax (089) 1 21 46-36
e-Mail: info@ptspaper.de
www.ptspaper.de

Literaturverzeichnis

- 1 www.klebstoffe.com
- 2 Hamann, L.
Stickys im Altpapier - Definitionen, Quellen, Auswirkungen
PTS-Seminarreihe „Bekämpfung und Vermeidung von Stickys“, Tagungsband (2007)
- 3 Faul, A.; Hanecker, E.
Aktivitäten der INGEDE zur verbesserten Stickykontrolle in Papierfabriken
PTS-Seminarreihe „Bekämpfung und Vermeidung von Stickys“, Tagungsband (2007)
- 4 Engert, P.; Haveri, M.
Praxiserfahrungen bei der Reduzierung von Stickys in der Altpapieraufbereitung
grafischer Papiere
PTS-Seminarreihe „Bekämpfung und Vermeidung von Stickys“, Tagungsband (2003)
- 5 Haynes, R. D.
Establishing the techniques to relate paper machine issues to colloidal microstickies
Progress in Paper Recycling, No. 16, 2002, p. 14-26
- 6 Blanco, A.; etc..
Full characterisation of stickies in a newsprint mill: the need for a complementary approach
Tappi Journal, No. 1, 2007, p. 19-25
- 7 N.N.
Begriffsbestimmungen von Stickys
Zellcheming Arbeitsblatt RECO, 1/2003
- 8 Völkel, H., Weigl, J.; Le, P.-C., Lorenz, H.
Vermeidung von Produktionsstörungen bei der Papierherstellung
Wochenblatt für Papierfabrikation, Nr. 13 (1998), S. 625ff
- 9 Baumann, P.; Esser, A.; Rübenacker M.; Kuhn, J.
Optimierter Fixiermitteleinsatz zur Steigerung der Produktivität
Wochenblatt für Papierfabrikation, Nr. 22 (2002), S. 1504ff
- 10 Johannson, H.; Wikman, B.; Lindström, E.; Österberg, F.
Detection and Evaluation of Micro-Stickies
Progress in Paper Recycling, Nr. 2 (2003), S. 4-11
- 11 Delagoutte, T.; Kumar, S.
Stickies balance: an efficient tool to improve your process efficiency
PTS/CTP Deinking Symposium2008, Conference book
- 12 de Jong, R. L.
Agglomeration of Microstickies
Progress in paper recycling, No. 3 (2005), p. 40-42
- 13 Lascar, A.
Trends in deinking system design
6th Advanced Training Course on Deinking Technology, Grenoble, March 2003
Conference Book

- 14 Esser, A.; Blum, R.; Kuhn, J.; Leduc, M.
Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Störstoffbekämpfung mit Polyvinylaminen
Wochenblatt für Papierfabrikation, Nr. 10 (2004), S. 535ff
- 15 Rauch, R.
Produktions- und Qualitätsstörungen durch hohe Gasgehalte – Symptomatik,
Nachweis und Behebung an Fallbeispielen
PTS-Seminar, Betriebsstörungen erfolgreich bekämpfen – Trouble Shooting in der
Papierherzeugung und –veredelung, München 2003, Tagungsband
- 16 Schabel, S.; Schädler, V.; Rienecker, R.
Scherbeanspruchung von Polymeren im Kosnsten Teil – eine exemplarische Betrachtung
Internationale Papierwirtschaft, Nr. 7 (2004), S. T112ff
- 17 Mönningmann, R.; Schwarz, M.
Abwasserfreie Papierfabrik – Traum oder Alptraum
Das Papier, Nr. 6 (1998), S. 357f
- 18 Bestimmung von Makrostickys in Deinkingstoffen
Methodenbeschreibung
www.ingede.com
- 19 Hamann, L.
Komplexe Systemanalyse in Papierfabriken zur Stickykontrolle
Veröffentlichung zum Abschlussbericht AIF 13633BR, www.ptspaper.de
- 20 Cordier, O.; Hamann, L.; Kappen, J.; Leenen, M.
Erfolgreiche Reduzierung von Stickys bei van Houtum Papier (9)
PTS-Seminarreihe „Bekämpfung und Vermeidung von Stickys“, Tagungsband (2005)
- 21 Reiche, T.
Recovered paper market trends
PTS/CTP-Deinking-Symposium, Tagungsband, Leipzig 2008