



FASERVERBUNDE

RESSOURCEN

OBERFLÄCHEN

UMWELTRELEVANZ

**PTS-FORSCHUNGSBERICHT IGF 15631**  
**VERBESSERUNG DER OPTISCHEN QUALITÄTSEIGENSCHAFTEN DEINKTER FASERSTOFFE DURCH EFFIZIENTEN EINSATZ DER PROZESSSTUFE DISPERGIERUNG**

## Titel

# Verbesserung der optischen Qualitätseigenschaften deinkter Faserstoffe durch effizienten Einsatz der Prozessstufe Dispergierung

J. Strauß

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Gesamtvorgehen</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Ermittlung der relevanten Einflussfaktoren des Dispergierprozesses auf die optischen Eigenschaften des dispergierten Altpapierstoffes</b>	<b>8</b>
5.1	Vorgehen	8
5.2	Ermittlung der Vorgaben für die Technikumsversuche	9
5.3	Auswahl der Untersuchungsmaterialien (Druckprodukt)	12
5.4	Ausgewählte Ergebnisse der Technikumsversuche zur Dispergierung	13
5.4.1	Dispergierversuche - Rohstoffvariante I (Zeitungen/Illustrierte).....	14
5.4.2	Dispergierversuche - Rohstoffvariante II (Zeitungen/Illustrierte + 10 % Tonerdruck)...	17
5.4.3	Dispergierversuche - Rohstoffvariante III (Zeitungen/Illustrierte + 30 % Tonerdruck)..	19
5.5	Zusammenfassende Analyse der Technikumsversuche zur Dispergierung	21
5.5.1	Einfluss Prozessbedingungen .....	22
5.5.2	Einfluss Druckfarbenbeladung.....	25
5.5.3	Einfluss des Anteils visuell störender Druckfarbenpartikel im Faserstoff.....	29
<b>6</b>	<b>Untersuchungen zum Energieeinsatz bei der Dispergierung mit Hauptaugenmerk auf die optische Homogenität des Altpapierstoffes</b>	<b>30</b>
6.1	Vorgehen	30
6.2	Papierfabrik 1	30
6.3	Papierfabrik 2	32
<b>7</b>	<b>Gesamtbewertung - wirtschaftliche Betrachtung</b>	<b>35</b>
7.1	Vorgehen	35
7.2	Szenarien	36
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>39</b>

## 1 Zusammenfassung

<b>Thema</b>	Verbesserung der optischen Qualitätseigenschaften deinkter Faserstoffe durch effizienten Einsatz der Prozessstufe Dispergierung unter Nutzung einer neuen Bewertungsmethode
<b>Ziel des Projektes</b>	Ziel dieses Forschungsvorhabens war die Verbesserung der optischen Qualitätseigenschaften deinkter Stoffe durch effizienten Einsatz der Prozessstufe Dispergierung. Im Vordergrund stand dabei die Schaffung optimaler Dispergierverhältnisse in Abhängigkeit von der Art und der Höhe der Druckfarbenbeladung des Dispergerzulaufs. Potenziale für einen kostenoptimierten Einsatz der Dispergierung unter Berücksichtigung der Vorflotation sollten aufgezeigt werden.
<b>Ergebnisse</b>	<p>Hinsichtlich der untersuchten Betriebsparameter kommt dem Energieeintrag beim Dispergierergebnis die wesentliche Bedeutung zu. Mit zunehmendem Energieeintrag sind eine höhere Druckfarbenablösung sowie ein Anstieg der Effizienz der Schmutzpunktreduzierung verbunden. Insbesondere tritt eine entscheidende Verringerung der visuell störenden Partikel (<math>&gt; 250 \mu\text{m } \emptyset</math>) ein. Die Temperatur hat dort einen deutlichen Einfluss, wo Bleichchemikalien im Disperger zugesetzt werden. Nachteilige Einflüsse auf die optischen Eigenschaften haben eine zu hohe Druckfarbenbeladung des Eingangsstoffes zur Dispergierung (geringe Druckfarbenentfernung in der Vorflotation). Bei einem sehr hohen Anteil von Druckprodukten im Altpapier, die zu visuell störenden Schmutzpunkten im Altpapierstoff führen (30 % flüssigtonerbedrucktes Papier) ist keine vollständige Sauberkeit - insbesondere bei hoher Druckfarbenbeladung - mit den bei den Versuchen eingesetzten Energieeinsätzen erzielbar. Hier ist ein höherer Energieeintrag oder weiterer Aufwand durch Installation einer zweiten Dispergierung notwendig.</p> <p>Geringe Druckfarbenbeladung vor der Dispergierung bietet Vorteile bei der Performance der Dispergierung im Hinblick auf optische Qualitätseigenschaften und Energieaufwand. Wie die vorliegenden Kosten-Szenarien zeigen, ist ihrer Minimierung aufgrund der Faserstoffverluste bei der Vorflotation Grenzen gesetzt.</p>
<b>Schlussfolgerung</b>	Abhängig von Rohstoffzusammensetzung und Druckfarbenbeladung konnten die maßgeblichen Einflussfaktoren bei der Dispergierung auf die optischen Eigenschaften des Altpapierstoffes identifiziert werden. Wirtschaftliche Potenziale liegen in einer gezielten Anpassung des spez. Energieeintrags bei der Dispergierung, wobei hinsichtlich der Fahrweise Hauptaugenmerk auf eine Reduzierung der visuell störenden Druckfarbenpartikel zu legen ist.

---

**Danksagung**

Das Forschungsvorhaben IGF 15631 N der AiF-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.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

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

---

**2 Abstract****Theme**

Improving the optical quality characteristics of deinked pulp through efficient use of the process stage disperging with the aid of a new evaluation method

---

**Project objectives**

Aim of this research project was to improve the optical quality of deinked pulps through the efficient use of the process stage disperging. Creating optimum disperging conditions for the respective type and level of ink particle loading in the disperger inlet was at the forefront of project work. The potential for cost-optimized applications of disperging in connection with a pre-flotation stage was to be identified.

---

---

**Results**

Among the operating parameters investigated, the energy input was found to play a key role in the dispersing result. The higher the energy input, the higher the printing ink detachment and the more efficient the dirt particle reduction. Reductions were particularly large in the amount of visually disturbing particles ( $> 250 \mu\text{m } \varnothing$ ). Temperature plays a significant role when bleaching chemicals are added in the disperger. Excessive ink particle loadings in the disperger inlet (insufficient ink removal by the pre-flotation stage) have adverse effects on optical characteristics. When the recovered paper contained very high shares of print products leading to visually disturbing dirt specks in recycled fibre pulp (30 % paper printed with liquid toner), the energy inputs used in the trials gave no DIPs totally free from visually disturbing particles - especially in the case of high ink particle loadings. These applications require higher energy inputs or the installation of a second dispersing stage, i.e. extra outlay.

Low ink particle loadings in the disperger inlet are advantageous in improving the dispersing performance in terms of optical quality characteristics and energy demand. Cost scenarios show, however, that they can only be reduced to some extent because of the fibre losses resulting from pre-flotation.

---

**Conclusions**

Key influences of dispersing on the optical characteristics of recycled fibre pulps were identified as a function of raw material composition and ink particle loading. Economic potential lies in the systematic adjustment of specific energy inputs during dispersing, with process parameters having to be adjusted to the reduction of visually disturbing ink particles.

---

**Acknowledgement**

The IGF 15631 N research project of the research association PTS was funded within the programme 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.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Last but not least, we would like to thank the companies involved in this project for their valuable support.

---

### 3 Einleitung

**Qualitätsanforderungen an deinkte Altpapierstoffe** Beim Einsatz von Altpapierstoff zur Herstellung von hellen Neupapieren, wie grafische Papiere und einer Reihe weiterer nicht grafischer Qualitäten wie Hygienepapiere, weiß gedeckter Liner, Deck- und Schonschicht von Faltschachtelkarton werden an die optischen Eigenschaften, wie Weißgrad, Helligkeit und Reinheit, hohe Anforderungen gestellt. Störend auf die Reinheit des Papiers wirken sich Schmutzpunkte aus, vor allem solche, die mit dem bloßen Auge sichtbar sind. Wenn der deinkte Stoff bei aufgebesserten Sorten zum Einsatz kommen soll, sind auch diesbezüglich die Anforderungen (Freiheit von Schmutzpunkten) höher [1,2,3].

---

**Ursachen für Qualitätsprobleme bei den optischen Eigenschaften deinkter Altpapierstoffe** Neben der allgemeinen qualitativen Verschlechterung des Altpapiers aufgrund des hohen Sammelniveaus tragen insbesondere Veränderungen der Druckerzeugnisse zu den Qualitätsproblemen hinsichtlich der optischen Eigenschaften des aufbereiteten Stoffes bei. Ursachen für eine Verschlechterung der Deinkbarkeit von Druckprodukten sind u.a.

- Anstieg der Druckfarbenmenge aufgrund sinkender Flächengewichte,
- zunehmende Farbigkeit der Druckerzeugnisse (steigender Buntfarbenanteil, verbunden mit Veränderungen im Pigment-Bindemittel-System der Druckfarben - mangelnde Ablösbarkeit der Druckfarben).

Ein besonderes Augenmerk kommt neuen Druckverfahren zu, bei denen zukünftig eine weitere Mengenzunahme über das bisher vorhandene Niveau hinaus zu erwarten ist. Als schlecht deinkbare Druckprodukte sind hierzu insbesondere UV-Drucke und Digitaldrucke (ungeeignete Partikelgröße für Flotation, Minderung der optischen Homogenität) zu nennen [4,5,6,7,8,9,10,11].

---

**Altpapierstoffeinsatz und Aufbereitungstechnik** Höhere Anforderungen an die Qualität deinkter Stoffe (DIP), der steigende Einsatz von deinktem Stoff in höherwertigen Papieren aber auch die Limitierung durch die Rohstoffqualität machen zusätzliche Maßnahmen in der Altpapieraufbereitungsanlage zur Verbesserung der optischen Erscheinung des Altpapierstoffes notwendig. Die Dispergierung ist in diesem Zusammenhang als Prozessstufe zur Verbesserung der optischen Reinheit und damit der optischen Eigenschaften unabdingbar. Sie nimmt eine besondere Rolle im Rahmen der AP-Aufbereitung ein. Sie ist zwischen den Flotationen der wesentliche Prozessschritt zur Behandlung der Druckfarben. Wenn es darum geht, Deinkstoffe mit hohen optischen Qualitätseigenschaften zu erzeugen stellt sie somit ein wichtiges Bindeglied zwischen Vor- und Nachflotation dar. Die Dispergierung ist das energieintensivste Subsystem der ganzen Altpapieranlage. Ihrer Steuerung im Hinblick auf Qualität des Stoffes und Aufwand kommt daher eine besondere Bedeutung zu [6,12,13,14,15,16,17,18,19].

---



---

**Prozessbewertung als Voraussetzung für Prozessoptimierung**

Voraussetzung für Verbesserungsmaßnahmen ist eine objektive Bewertung der Prozesse und der jeweilig beeinflussten optischen Eigenschaften des Altpapierstoffes. Die Bewertung von Deinkinganlagen - Altpapierstoff und Prozesse - erfolgt heute über die üblichen integralen optischen Kenngrößen wie der spektrale Reflexionsfaktor  $R_{457}$  (Weißgrad) oder der Hellbezugswert  $Y$  und über scannerbasierende relative Schmutzpunktmessung. Eine exakte Analytik der im Altpapierstoff vorhandenen Druckfarben kann nur über eine Ermittlung der absoluten Schmutzpunktbeladung sowie der Bewertung des gesamten Partikelgrößenspektrums, d.h. sowohl für sichtbare Partikel  $> 50 \mu\text{m}$ , als auch für Partikel, die mit bloßem Auge nicht wahrnehmbar sind ( $1 \mu\text{m}$  bis  $50 \mu\text{m}$ ), erfolgen [20,21].

---

**PTS Methode Druckfarbenpartikelanalyse**

Für die quantitative Bestimmung der Druckfarbenpartikel und deren Größenverteilung wurde an der Forschungsstelle eine Methode entwickelt, die auf der bildanalytischen Schmutzpunktanalytik mit kamera- und scannerbasierter Bildgewinnung basiert. Mit einer speziellen Probenpräparation wird sichergestellt, dass eine Monoschicht des Fasergefüges vorliegt, damit die Druckfarbenpartikel nicht überdeckt werden. Je nach zu analysierender Partikelgröße erfolgt die entsprechende Blattbildung mit Hilfe von Membran- oder Laborfiltern. Bei Partikeln größer  $50 \mu\text{m}$  erfolgt die Bildgewinnung mittels Scanner am Laborfilter. Die Partikel kleiner  $50 \mu\text{m}$  werden mit einer Kamera detektiert. Nach entsprechender Bildverarbeitung können die Druckfarbenpartikel mit dem Schmutzpunktmodul des DOMAS-Systems in unterschiedlichen Größenklassen analysiert werden [21,22,23].

---

**Forschungsziel**

Ziel dieses Forschungsvorhabens war die Verbesserung der optischen Qualitätseigenschaften deinkter Stoffe durch effizienten Einsatz der Prozessstufe Dispergierung. Im Vordergrund stand dabei die Schaffung optimaler Dispergierverhältnisse in Abhängigkeit von der Art und der Höhe der Druckfarbenbeladung des Dispergerzulaufs. Potenziale für einen kostenoptimierten Einsatz der Dispergierung als Bindeglied zwischen Vor- und Nachflotation sollten aufgezeigt werden.

---

## 4 Gesamtvorgehen

### Übersicht

Der Schwerpunkt bei der Projektbearbeitung lag auf Technikumsversuchen zur Dispergierung. Dabei sollten diejenigen Betriebsbedingungen identifiziert werden, die - abhängig von Rohstoffzusammensetzung und Druckfarbenbeladung - Einfluss nehmen auf die Abtrennung der Druckfarben in der Nachflotation bzw. auf die optische Homogenität des Fertigstoffes.

Für die Beurteilung des Prozesses kam - neben den üblichen integralen optischen Kenngrößen - die PTS Methode zur Druckfarbenpartikelanalyse zum Einsatz, die es gestattet, die Druckfarbenbeladung mit der entsprechenden Druckfarbenpartikelgrößenverteilung zu ermitteln.

Die folgende Übersicht (Abb. 1) zeigt den Projektablauf mit den Teilschritten.

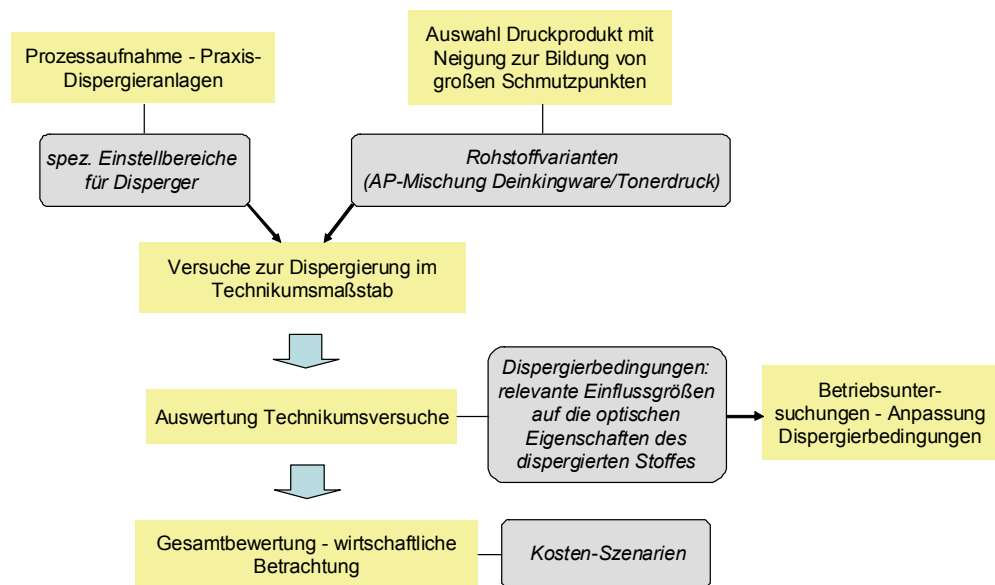


Abb. 1: Projektschema - Projektablauf



## 5 Ermittlung der relevanten Einflussfaktoren des Dispergierprozesses auf die optischen Eigenschaften des dispergierten Altpapierstoffes

### 5.1 Vorgehen

#### Überblick

Ziel der Versuche war es, Tendenzen hinsichtlich der maßgeblichen Faktoren für die Beeinflussung der optischen Eigenschaften abhängig von Rohstoffzusammensetzung und Druckfarbenbeladung bei der Dispergierung im Technikumsmaßstab aufzuzeigen. Von Interesse war hinsichtlich der Rohstoffzusammensetzung insbesondere der Anteil von Druckprodukten, die zur Bildung von großen Schmutzpunkten im Altpapierstoff neigen, und damit die vorliegende Partikelgrößenverteilung beeinflussen. Folgende drei Rohstoffvarianten (RV) wurden untersucht: Zeitungen/Illustrierte (RV I), Zeitungen/Illustrierte + 10 % Anteil Tonerdruck (RV II), Zeitungen/Illustrierte + 30 % Anteil Tonerdruck (RV III). Die unterschiedliche Druckfarbenbeladung repräsentiert in diesem Zusammenhang das Ausmaß der Druckfarbenentfernung in der Vorflotation (die Bezeichnung B1 steht für niedrige, B2 für mittlere und B3 für hohe Druckfarbenbeladung). Die Abb. 2 gibt einen Überblick über den Ablauf der Versuche.

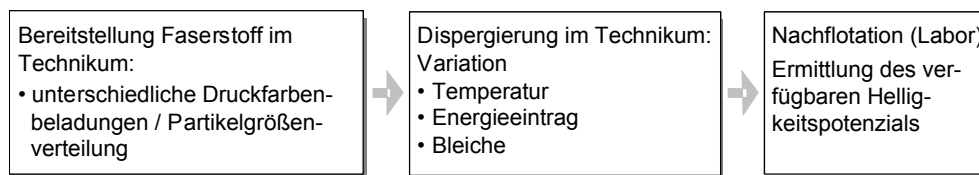


Abb. 2: Übersicht über die Technikumsversuche

#### Gegenüberstellung der Einfluss- und Zielgrößen

Die Abbildung 3 zeigt die Einfluss- und Zielgrößen der Versuche.

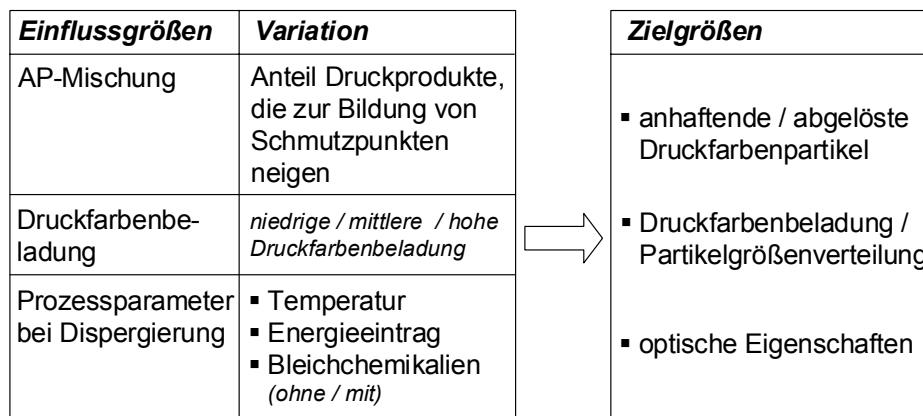


Abb. 3: Einfluss- und Zielgrößen der Versuche

## 5.2 Ermittlung der Vorgaben für die Technikumsversuche

<b>Prozessstufe Dispergierung - Systemaufnahme</b>	Um eine möglichst praxisnahe Versuchsmethodik sicherzustellen, wurden in einem ersten Schritt die Randbedingungen bzw. Vorgaben für die Dispergierversuche, d.h. die relevanten Einstellbereiche für die Technikumsdispergieranlage festgelegt. Dazu erfolgte eine umfassende Analyse von ausgewählten Praxis-Dispergieranlagen (Erfassung Ist-Zustand Stoffqualität - vor und nach dem Disperger, Betriebsbedingungen Disperger).
<b>Untersuchte Dispergieranlagen</b>	Erfasst wurden insgesamt 7 Anlagen, die DIP-Stoff für unterschiedliche Einsatzbereiche erzeugen. Die Anlagen lassen sich wie folgt unterteilen: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Anlagen zur Herstellung von DIP zum Einsatz für die Standard-Zeitungsdruckpapierherstellung,</li><li>▪ Anlagen zur Herstellung von DIP zum Einsatz bei der SC/LWC Papierherstellung (aufgebesserte Sorten).</li></ul>
<b>AP-Aufbereitungsanlagen</b>	Die untersuchten Anlagen unterscheiden sich hinsichtlich des Produktsegments und hinsichtlich des Rohstoffeinsatzes (Altpapiersorten). Während für die Herstellung von DIP zum Einsatz für die Standard-Zeitungsdruckpapierherstellung (ZDP) Deinkingware der Sorte 1.11 zum Einsatz kommt, werden für die Herstellung von DIP zum Einsatz bei höherwertigen graphischen Papieren Mischungen mit der Sorte 1.11 unterschiedlichen Anteilen besserer Sorten, wie 1.06, 2.03.01 oder 3.04 eingesetzt.
<b>Dispergieranlagen</b>	Die Dispergieranlagen weisen Unterschiede hinsichtlich der Prozessbedingungen Stoffvorwärmung, Stoffdichte, spez. Energieeinsatz, ohne/mit Einsatz von Bleichchemikalien im Disperger auf.  Übersicht über wesentliche Prozessbedingungen der untersuchten Anlagen: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Einlaufstoffdichte: Bereich 25 bis 34 % (Mittelwert 28 %)</li><li>▪ Einlauftemperatur: Bereich 57 bis 85 °C</li><li>▪ Spez. Energiebedarf: Bereich 52 bis 100 kWh/t otro.</li></ul> Die überwiegende Anzahl der Anlagen wurde bei einer Stoffdichte von 27 % betrieben. Der Mittelwert für die Einlauftemperatur lag bei 69 °C, derjenige für den spez. Energiebedarf bei 68 kWh/t.
<b>Untersuchung Stoffqualität</b>	Nachfolgend sind ausgewählte Ergebnisse der Untersuchungen der Stoffqualität in einer Übersicht dargestellt und zwar unterteilt nach Einsatzbereich des erzeugten DIP (Mittelwerte).

**Stoffqualität - Weißgrad vor / nach Dispergierung**

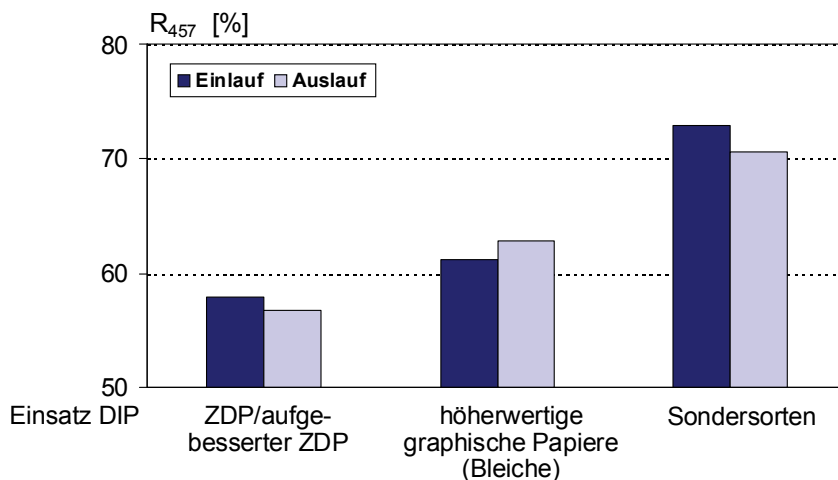


Abb. 4: Weißgrad - Mittelwerte unterteilt nach Einsatzbereich DIP

Abhängig vom Einsatzbereich und damit von den Anforderungen an die optischen Eigenschaften unterscheidet sich bereits der Weißgrad des Altpapierstoffes vor der Dispergierung. Dies ist im Wesentlichen dem eingesetzten Altpapier geschuldet (Mischung von Deinkingware 1.11 mit Anteilen mittlerer bzw. besserer Altpapiersorten) und der damit verbundenen Deinkbarkeit bzw. Grundweiße des Faserstoffes. Bei der Sondersorte handelt es sich um DIP, der für Herstellung von Faltschachtelkartondecke oder weiß gedeckter Liner eingesetzt wird - Rohstoff hf Altpapier. Mit der Dispergierbehandlung erfolgt eine Fragmentierung der vorhandenen Druckfarbenpartikel, was sich in einem Abfall des Weißgrades niederschlägt. Dies ist nicht der Fall bei denjenigen Anlagen, bei denen ein Zusatz von Bleichchemikalien bei der Dispergierung (oxidative Bleiche - Anhebung des Weißgrades des Faserstoffes) erfolgt - höherwertige graphische Papiere.

**Stoffqualität - Ink Detachment**

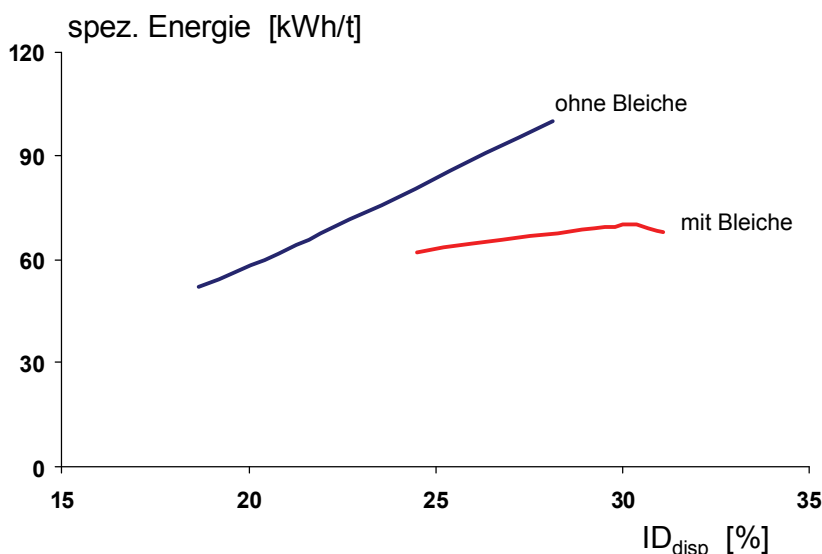


Abb. 5: Zusammenhang zwischen Ink Detachment und spez. Energie

Betrachtet man die Dispergerarbeit der untersuchten Anlagen hinsichtlich der Druckfarbenablösung, lässt sich tendenziell ein Zusammenhang zwischen Energieeinsatz und Ink Detachment erkennen: höherer Energieeintrag bei der Dispergierung fördert die Druckfarbenablösung - dies wird insbesondere bei den Anlagen ohne Zusatz von Bleichchemikalien deutlich.

**Stoffqualität -  
Schmutzpunkt-  
fläche vor / nach  
Dispergierung**

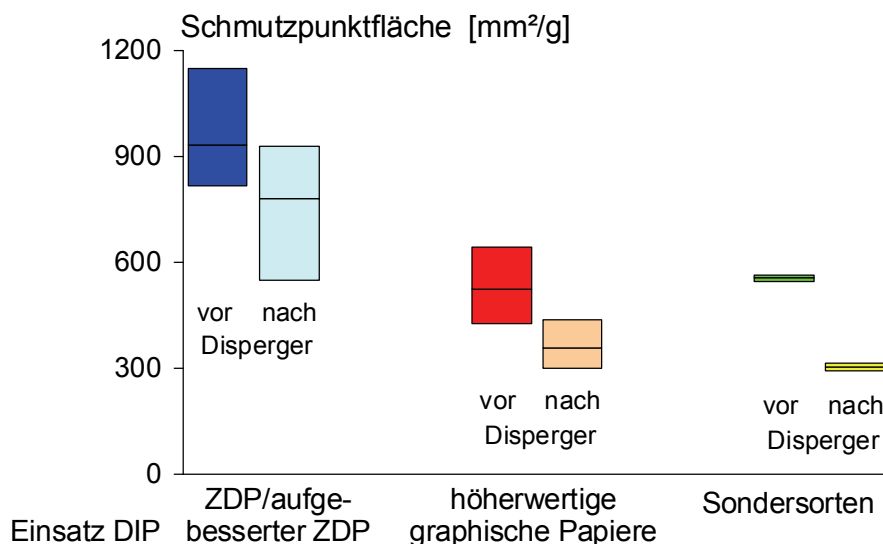


Abb. 6: Gesamt-Schmutzpunktfläche vor / nach Dispergierung - Mittelwert / Range unterteilt nach Einsatzbereich DIP

Das Ausgangsniveau der Schmutzpunkte - auch innerhalb gleicher Einsatzbereiche - ist sehr unterschiedlich, abhängig von den individuellen Verhältnissen hinsichtlich Altpapiersituation (lokal verfügbares Altpapier) bzw. Performance der Vorflotation. Das höchste Ausgangsniveau weisen diejenigen Anlagen auf, die reine Deinkingware 1.11 als Rohstoff einsetzen (sind im Wesentlichen auch die Anlagen, die DIP für den Einsatz für ZDP erzeugen). Verantwortlich dafür ist der im Verhältnis höhere Anteil an kleinen Schmutzpunkten. Die Dispergierung sorgt für eine entsprechende Reduzierung der Schmutzpunktfläche, was eine Verschiebung hin zu kleineren Größenklassen zur Folge hat, wobei ein gewisser Anteil aus dem detektierbaren Bereich (> 5 µm) herausfällt (Fragmentierung zu Partikeln < 5 µm).

**Fazit**

Basierend auf der Auswertung der Daten der Prozessaufnahme wurden die relevanten Einstellbereiche bzw. ihre Abstufungen für die Dispergierversuche im Technikumsmaßstab wie folgt festgelegt:

- Stoffdichte: 25 - 27 %
- Temperatur: 60 °C / 70 - 75 °C (höhere Temperaturen versuchstechnisch nicht realisierbar)
- Spez. Energie: 45 - 50 kWh/t / 65 - 70 kWh/t / 90 - 100 kWh/t.

Weiterhin wurde der Einsatz von Bleichchemikalien zur Erzielung der optischen Eigenschaften untersucht (oxidierende Bleiche mit Wasserstoffperoxid).

### 5.3 Auswahl der Untersuchungsmaterialien (Druckprodukt)

**Vorgehen**

Für die Herstellung der unterschiedlichen Rohstoffvarianten sollte ein Druckprodukt ausgewählt werden, das zur Bildung von großen Schmutzpunkten im Altpapierstoff neigt. Für dessen Auswahl erfolgte vorab eine labortechnische Bewertung der Rezyklierbarkeit - Prüfung der Deinkbarkeit - von einigen relevanten Druckprodukten nach INGEDE-Methode 11. Ein wichtiges Kriterium bei Auswahl des Druckprodukts war, dass der deinkte Stoff auch nach Hyperflotation eine Vielzahl an großen Schmutzpunkten aufweist. Eine Auswahl von Druckprodukten mit UV- und Flüssigtonerdruck wurde untersucht und ein Druckprodukt für die Herstellung des jeweiligen Rohstoffmixes für die Technikumsversuche ausgewählt.

**Deinkability Score**

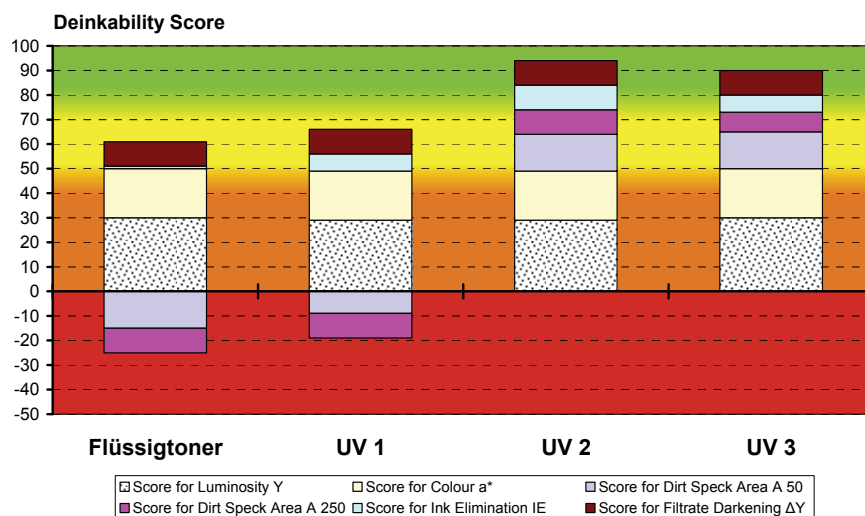


Abb. 7: Deinkability Score der untersuchten Druckprodukte

Der Deinkability Score (Deinkbarkeitspunkte) beinhaltet für die Bewertung der Deinkbarkeit eines Druckproduktes verschiedene Kriterien (Fünf-Parameter-Modell). Die Ergebnisse der fünf Parameter werden unter Zuhilfenahme eines Schwellen- und Zielwertes für jeden Parameter in Punkte umgerechnet. Wird einer der Schwellenwerte nicht erreicht (negative Punktzahl), ist das Druckprodukt als ‚nicht für Deinking geeignet‘ anzusehen. Bei den untersuchten Druckprodukten verfehlen der Flüssigtoner sowie UV 1 den Schwellenwert für das Kriterium Schmutzpunkte (Schmutzpunktfläche > 50 µm / > 250 µm).

**Schmutzpunktläche > 50 µm  
Partikelgröße der deinkten Stoffe**

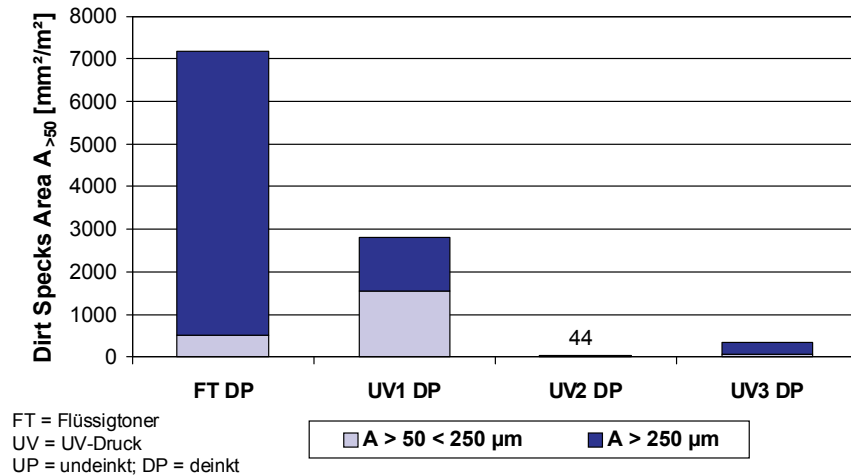


Abb. 8: Schmutzpunktläche der deinkten Faserstoffe

Durch den Deinkingvorgang lassen sich Druckfarbenpartikel - in den vorliegenden Fällen auch große Partikel (> 250 µm) - wirkungsvoll aus dem Faserstoff abtrennen. Für die Druckprodukte mit Flüssigtoner und UV-Druck UV1 können diese großen Druckfarbenpartikel zwar zu einem hohen Anteil entfernt werden, eine vollständige Abtrennung ist nicht möglich. Der deinkte Stoff des Druckproduktes mit Flüssigtoner zeigt im Vergleich einen deutlich höheren Anteil großer Schmutzpunkte, insbesondere einen höheren Anteil an visuell störenden Partikeln (Partikel > 250 µm Ø).

**Fazit**

Basierend auf den Untersuchungsergebnissen wurde für die Herstellung der Rohstoffvarianten für die Dispergierversuche das Druckprodukt mit Flüssigtoner verwendet.

**5.4 Ausgewählte Ergebnisse der Technikumsversuche zur Dispergierung**

**Ergebnisdarstellung**

Nachfolgend sind ausgewählte Ergebnisse der durchgeführten Dispergierversuche wiedergegeben. Dabei wird der Einfluss des Energieeintrags, der Temperatur und Chemie auf wichtige Zielgrößen exemplarisch für niedrige (B1) und hohe (B3) Druckfarbenbeladung des Einlaufstoffes dargestellt. Eine umfassende Berücksichtigung bzw. Bewertung aller Ergebnisse erfolgt unter Kap. 5.5.

5.4.1 Dispergierversuche - Rohstoffvariante I (Zeitungen/Illustrierte)

**Einfluss Energieeintrag bei der Dispergierung - Weißgrad und  $K_{700}$ -Wert**

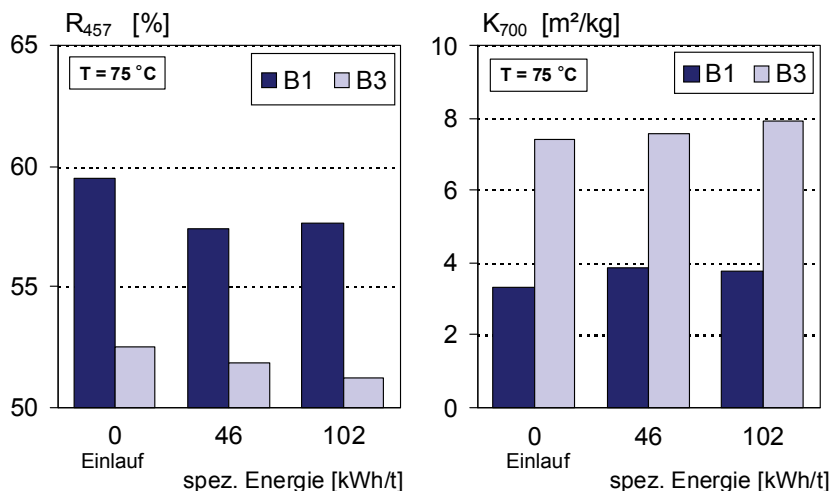


Abb. 9: Weißgrad und  $K_{700}$ -Wert abhängig von der spez. Energie

Die Dispergierbehandlung führt zu einer Verminderung des Weißgrads im Vergleich zum Ausgangsstoff (Stoff vor der Dispergierung) und entsprechend zu einer Zunahme des Anteils kleiner Druckfarbenpartikel (Veränderung des  $K_{700}$ -Werts - Ablösung / Fragmentierung der frei vorliegenden Druckfarbenpartikel). Bei hoher Druckfarbenbeladung ist ein Einfluss der Höhe des Energieeintrages zu erkennen, während bei niedriger Druckfarbenbeladung ein sehr hoher Energieeintrag zu keiner weiteren Veränderung mehr führt.

**Einfluss Energieeintrag bei der Dispergierung - Schmutzpunktfläche gesamtes Partikelgrößenspektrum**

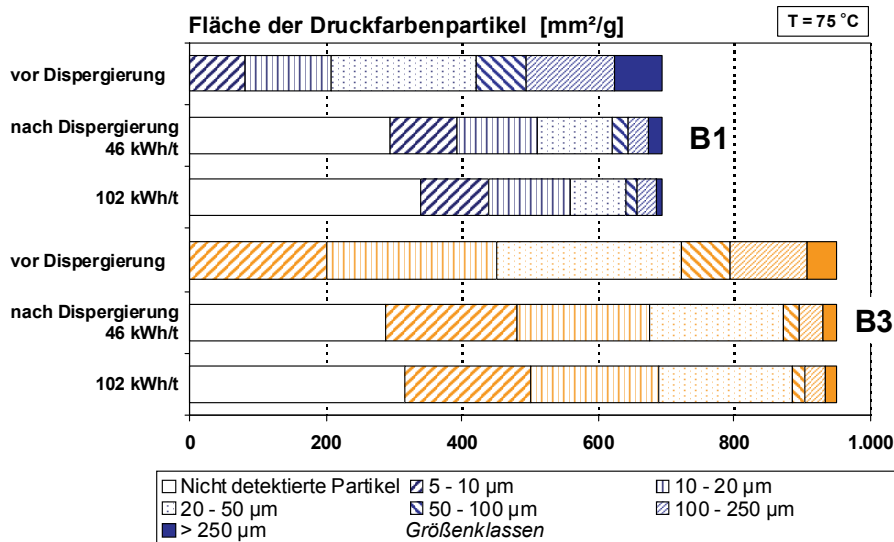


Abb. 10: Veränderung der Schmutzpunktfläche der Faserstoffe durch Dispergierung

Betrachtet man die Schmutzpunktfläche über alle gemessenen Größenklassen, wird ersichtlich, dass der Unterschied bei der Druckfarbenbeladung des Ausgangsstoffes im Wesentlichen die Schmutzpunkte  $< 50 \mu m \varnothing$  betrifft. Eine



höhere Druckfarbenbeladung (geringere Entfernung bei der Vorflotation) weist im Vergleich einen höheren Anteil insbesondere im Bereich sehr kleiner Partikel auf. Durch die Dispergierwirkung kommt es - mit zunehmendem Energieeintrag - zu einer Fragmentierung und einer Verschiebung des Partikelgrößenspektrums. Zur Visualisierung des Zerkleinerungseffektes im Disperger wurden die nach dem Disperger nicht detektierten Flächen der Druckfarbenpartikel aus den Messdaten rechnerisch ermittelt. Dies ist derjenige Anteil innerhalb der Partikelgrößenverteilung, der durch Fragmentierung in den kleineren Bereich  $< 5 \mu\text{m}$  (Messgrenze) verschoben wurde. Abhängig vom Energieeintrag vergrößert sich insbesondere dieser Flächenanteil. Dieser Anteil ist kritisch zu sehen im Hinblick auf die Druckfarbenentfernung in der Nachflotation (siehe auch Kap. 5.5.3).

**Einfluss Energieeintrag bei der Dispergierung - Schmutzpunktfläche  $> 50 \mu\text{m}$  Partikelgröße**

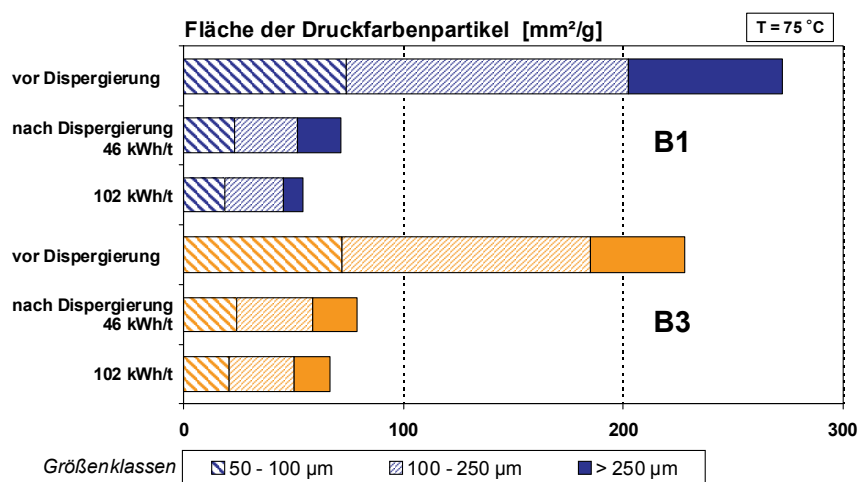


Abb. 11: Veränderung der Schmutzpunktfläche (GSM) der Faserstoffe durch Dispergierung

Durch die Dispergerwirkung kommt es zu einer Fragmentierung der Druckfarbenpartikel und zu entsprechenden Veränderungen in den jeweiligen Größenklassen - insbesondere eine Abnahme der Fläche im Bereich größerer Partikelgrößen (deutliche Reduzierung visuell störender Partikel  $> 250 \mu\text{m}$   $\varnothing$ ). Die Fragmentierung hat jeweils eine Verschiebung hin zu kleineren Größenklassen zur Folge.

**Einfluss von Temperatur und Chemie - Weißgrad**

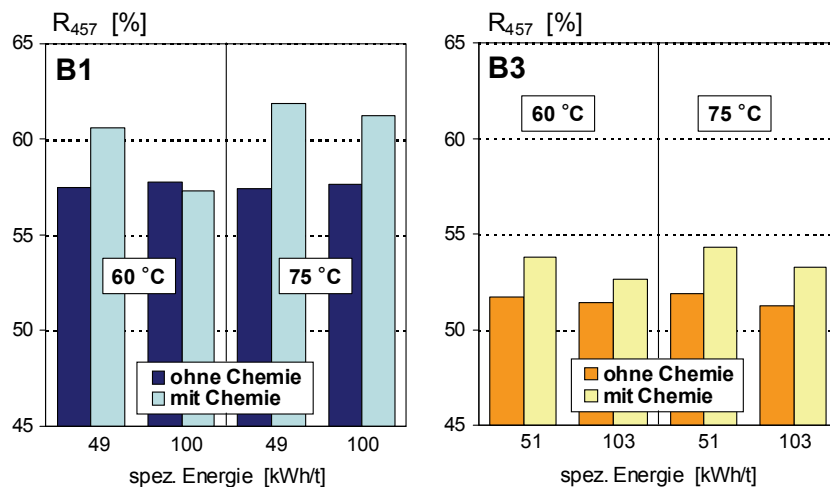


Abb. 12: Veränderung des Weißgrades

Bei den Versuchen ohne Bleichchemikalien ist kein signifikanter Einfluss der Temperatur festzustellen, wobei dies vermutlich versuchstechnisch bedingt war (verwendete Abstufung mit relativ geringem Unterschied zwischen den Temperaturen - ca. 60 °C / 75 °C; Anmerkung: um den Einfluss der Temperatur besser herausarbeiten zu können, wurde für die Versuche unter 5.4.2 und 5.4.3 als niedrige Temperatur ca. 45 °C gewählt). Versuche mit Chemie zeigen einen höheren Weißgrad (Peroxidwirkung) mit der Tendenz zu einer Verbesserung bei höherem Temperaturniveau. Aufgrund der höheren Druckfarbenbeladung der Versuche mit B3 ist das Weißgradniveau im Vergleich niedriger.

**Einfluss von Energieeintrag, Temperatur und Chemie - Ink Detachment**

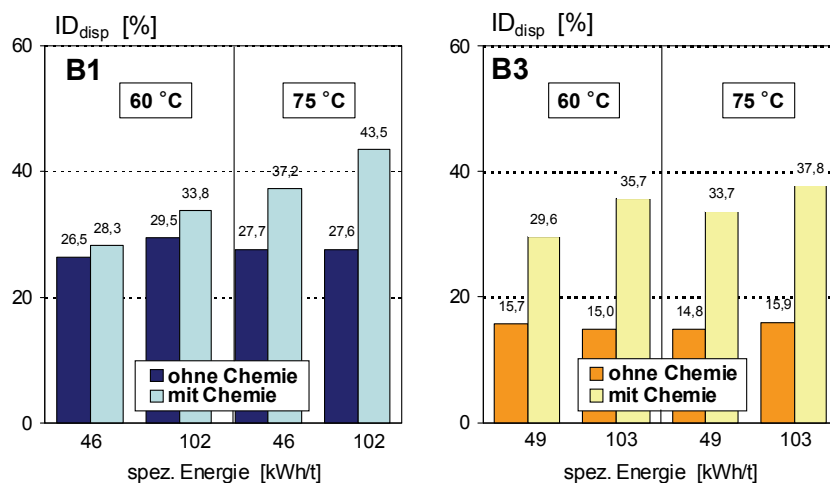


Abb. 13: Druckfarbenablösung durch Dispergierwirkung

Tendenziell wird die Druckfarbenablösung mit zunehmendem Energieeintrag verbessert, insbesondere bei Einsatz von Bleichchemikalien bei der Dispergierung (ohne Chemie bei sehr hohen Energieeinsatz keine weitere Verbesserung). Während die Temperatur bei den Versuchen ohne Chemie im untersuchten Temperaturbereich keinen signifikanten Einfluss zeigt, fördert die Temperatur die Ablösung bei Einsatz von Chemikalien.

**Zusammenfassung Rohstoffvariante I**

Folgende Tendenzen hinsichtlich des Einflusses der untersuchten Betriebsparameter auf das Dispergierergebnis lassen sich ableiten:

- Verbesserung der Druckfarbenablösung mit Zunahme der spez. Energie - bei sehr hohen Energieeinsatz keine weitere Verbesserung (ohne Chemie)
- Verschiebung des Druckfarbenpartikelspektrums mit Zunahme der spez. Energie mit einer Fragmentierung großer Druckfarbenpartikel - bei sehr hohem Energieeinsatz keine oder nur geringfügige weitere Fragmentierung
- Bei den Versuchen ohne Einsatz von Bleichchemie (Peroxidbleiche) kein signifikanter Einfluss der Temperatur im untersuchten Temperaturbereich (geringer Unterschied zwischen den beiden Temperaturniveaus 60 / 75 °C)
- Der Einsatz von Bleichchemie (Peroxidbleiche) bei der Dispergierung verbessert im Wesentlichen die Druckfarbenablösung sowie den Weißgrad, wobei die Temperatur das Ergebnis beeinflusst (positive Wirkung bei höherer Temperatur).

**5.4.2 Dispergierversuche - Rohstoffvariante II (Zeitungen/Illustrierte + 10 % Tonerdruck)**

**Einfluss Energieeintrag bei der Dispergierung - Weißgrad und  $K_{700}$ -Wert**

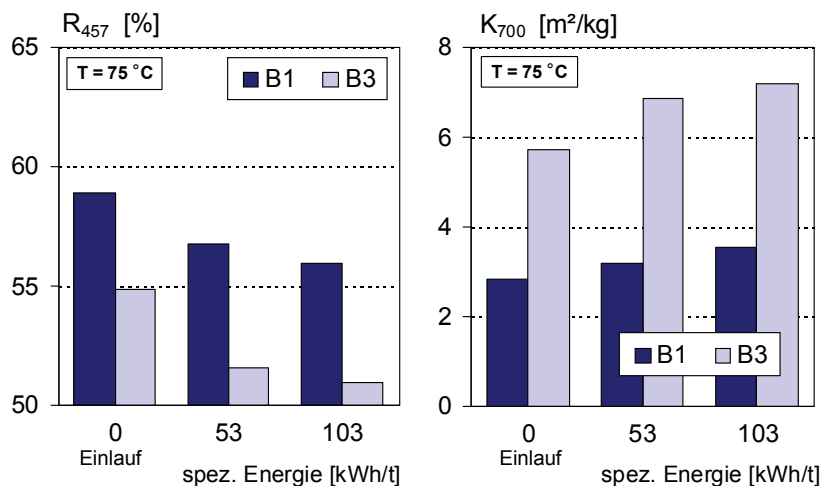


Abb. 14: Weißgrad und  $K_{700}$ -Wert abhängig von der spez. Energie

Hinsichtlich des Energieeinsatzes liegt im Vergleich zu RV I eine klarere Tendenz vor: die Dispergierbehandlung führt zu einer deutlicheren Verminderung des Weißgrads im Vergleich zum Ausgangsstoff und entsprechend zu einer Zunahme des  $K_{700}$ -Werts.

**Einfluss Energieeintrag bei der Dispergierung - Schmutzpunktfläche > 50 µm Partikelgröße**

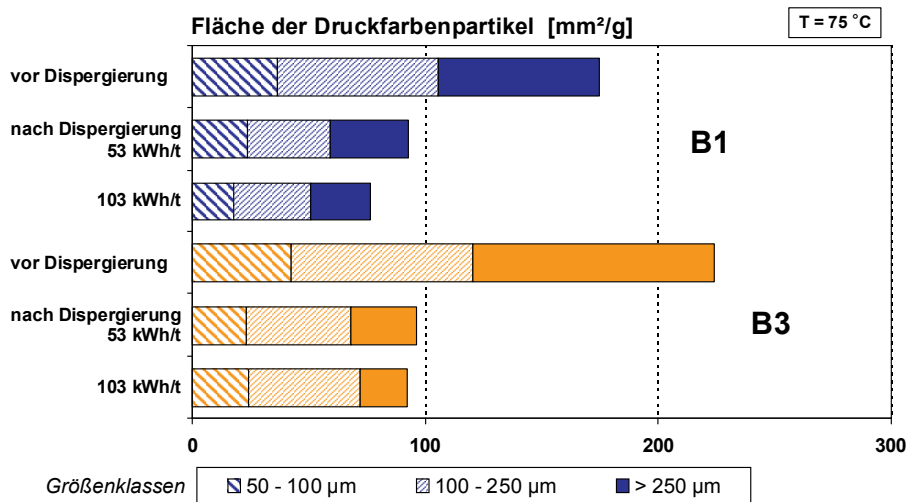


Abb. 15: Veränderung der Schmutzpunktfläche (GSM) der Faserstoffe durch Dispergierung

Im Fokus bei den Rohstoffvarianten II und III (Altpapiermischungen mit Anteilen flüssigtonerbedrucktem Papier) stehen die visuell störenden Druckfarbenpartikel (> 250 µm Ø) und ihre Veränderung bei der Dispergierung. Durch die Dispergierung kommt es - mit zunehmendem Energieeintrag - zu einer Fragmentierung der Druckfarbenpartikel und hier insbesondere zu einer Abnahme der Fläche im Bereich größerer Partikelgrößen.

**Einfluss von Temperatur und Chemie - Weißgrad**

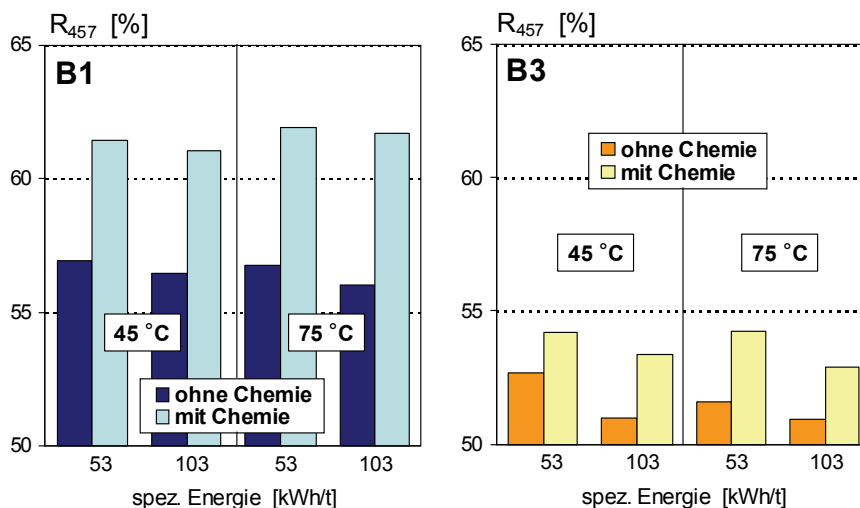


Abb. 16: Veränderung des Weißgrades

Die Versuche unter Einsatz von Bleichchemikalien zeigen einen deutlich höheren Weißgrad (Peroxidwirkung). Offensichtlich wird hier auch der Einfluss der Druckfarbenbeladung: so ist die Bleicheffizienz deutlich höher bei Deinkstoffen mit einem niedrigen Druckfarbenanteil.

**Einfluss von Energieeintrag, Temperatur und Chemie - Ink Detachment**

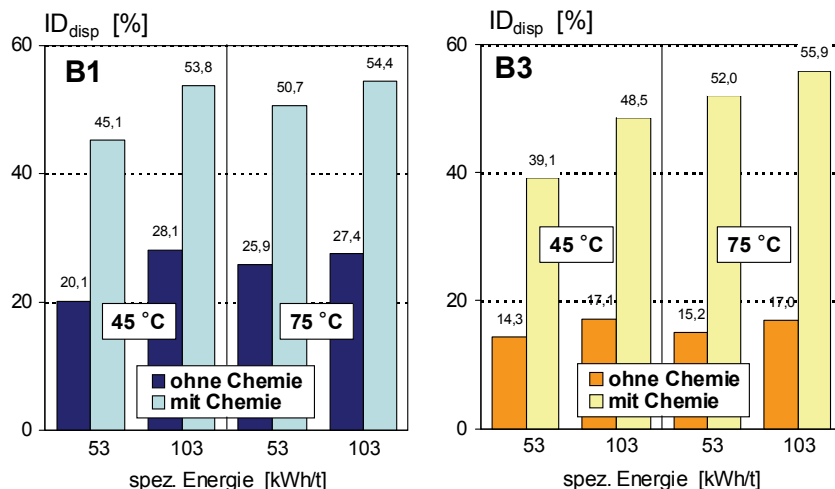


Abb. 17: Druckfarbenablösung durch Dispergierwirkung

Die Druckfarbenablösung wird mit zunehmendem Energieeintrag verbessert, insbesondere bei Einsatz von Bleichchemikalien bei der Dispergierung. Die Temperatur fördert die Ablösung bei Chemieeinsatz.

**Zusammenfassung Rohstoffvariante II**

Es liegen vergleichbare Tendenzen wie bei RV I vor. Deutlich zu sehen war die Verbesserung des Ink Detachments mit Zunahme der spez. Energie.

**5.4.3 Dispergierversuche - Rohstoffvariante III (Zeitungen/Illustrierte + 30 % Tonerdruck)**

**Einfluss Energieeintrag bei der Dispergierung - Weißgrad und K<sub>700</sub>-Wert**

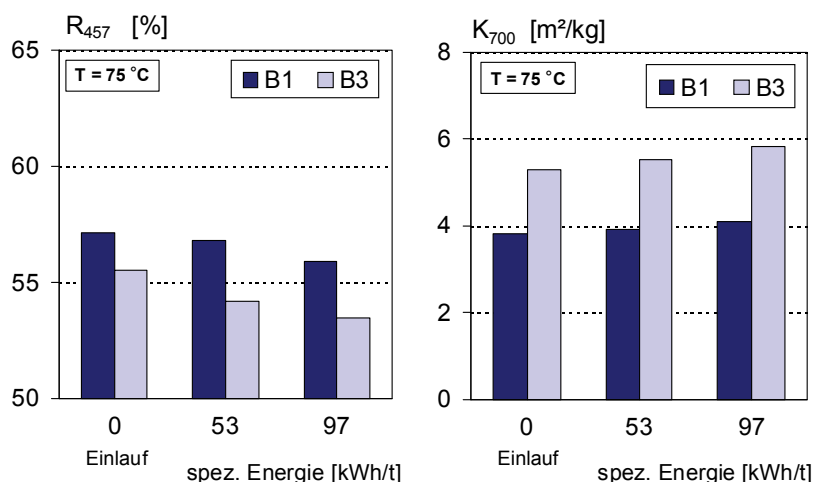


Abb. 18: Weißgrad und K<sub>700</sub>-Wert abhängig von der spez. Energie

Auch bei dieser Rohstoffvariante führt die Dispergierbehandlung zu einer Verminderung des Weißgrads im Vergleich zum Ausgangsstoff und entsprechend zu einer Zunahme des K<sub>700</sub>-Werts.

**Einfluss Energieeintrag bei der Dispergierung - Schmutzpunktfläche > 50 µm Partikelgröße**

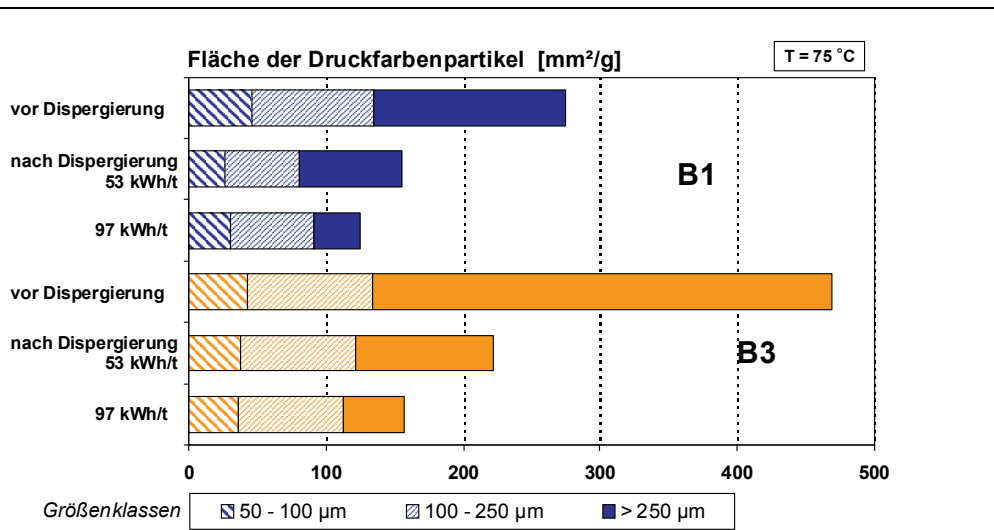


Abb. 19: Veränderung der Schmutzpunktfläche (GSM) der Faserstoffe durch Dispergierung

Durch die Dispergerwirkung kommt es zu einer Fragmentierung der Druckfarbenpartikel und hier insbesondere zu einer Abnahme der Fläche im Bereich größerer Partikelgrößen. Zu beachten ist das hohe Niveau des Anteils großer Schmutzpunkte insbesondere der visuell störenden Partikel > 250 µm Ø). Durch die Dispergierung ist eine deutliche Verringerung in Abhängigkeit vom Energieeinsatz zu verzeichnen. Es wird aber auch bei sehr hohem Energieeinsatz kein absolut optisch homogener Stoff ohne große Schmutzpunkte erzielt (vgl. dazu RVI und RVII, die einen geringeren Anteil < 250 µm Ø aufweisen). Verantwortlich dafür ist der hohe Ausgangsgehalt an großen Schmutzpunkten, der auf den hohen Anteil Papier mit Flüssigtöner in der Mischung zurückzuführen ist.

**Einfluss von Energieeintrag, Temperatur und Chemie - Ink Detachment**

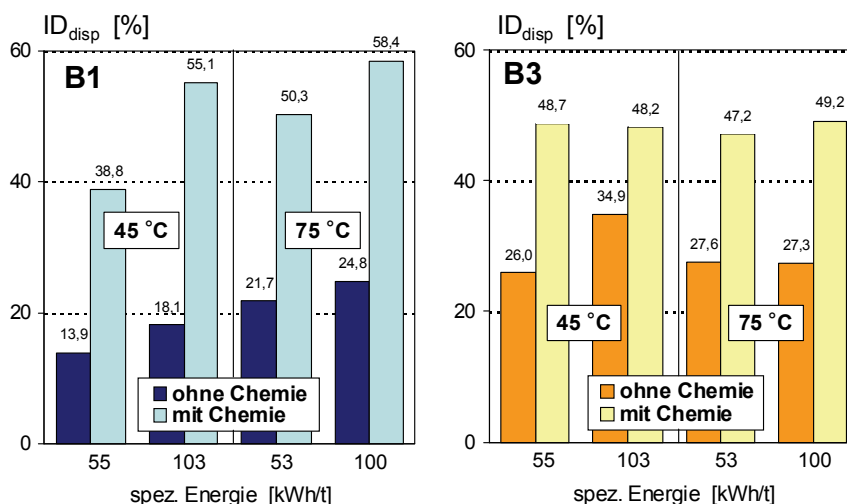


Abb. 20: Druckfarbenablösung durch Dispergierwirkung

Auch bei dieser Rohstoffvariante wird die Druckfarbenablösung mit zunehmendem Energieeintrag verbessert, insbesondere bei Einsatz von Bleichchemikalien bei der Dispergierung.

**Zusammenfassung Rohstoffvariante III**

Es liegen vergleichbare Tendenzen wie bei RV I bzw. RV II vor. Bei dem vorliegenden hohen Anteil von tonerbedrucktem Papier in der Rohstoffmischung ist keine 100 %ige Sauberkeit - insbesondere bei hoher Druckfarbenbeladung - mit den bei den Versuchen eingesetzten Energieeinsätzen erzielbar (vereinzelt große Partikel im dispergierten Stoff).

**5.5 Zusammenfassende Analyse der Technikumsversuche zur Dispergierung****Vorgehensweise bei der Auswertung**

Für die Auswertung wurden alle zur Verfügung stehenden Daten der Technikumsversuche herangezogen (Mittelwertbildung über die Versuchsreihen). Ermittelt wurde der Einfluss von Energie, Temperatur und Chemie bei der Dispergierung auf Druckfarbenablösung, Partikelgrößenverteilung und Druckfarbenaustrag durch Nachflotation. Weiterhin wurde der Einfluss der Druckfarbenbeladung bei der Dispergierung betrachtet.

Es wurde bestimmt, welchen Einfluss die Dispergierung auf die Druckfarbenablösung hat (Kenngröße  $ID_{disp}$ ) und wie hoch der Anteil der abgelösten Druckfarben nach der Dispergierung (Kenngröße  $ID_{ges}$ ) ist. Zusätzlich ermittelt wurde die Druckfarbenentfernung durch Nachflotation über die Kenngröße Ink Elimination IE.

**Kenngrößen**

$$ID_{disp} = \frac{K_{700, HPE} - K_{700, HPA}}{K_{700, HPE}} \times 100 \text{ [%]}$$

HPE = Dispergereinlauf nach Hyperwäsche

HPA = Dispergerauslauf nach Hyperwäsche

$$ID_{ges} = \frac{K_{700, UWP} - K_{700, HPA}}{K_{700, UWP}} \times 100 \text{ [%]}$$

UWP = ungewaschener / nicht flotierter Stoff - Dispergerauslauf

HPA = Dispergerauslauf nach Hyperwäsche

$$IE = \frac{K_{700, UWP} - K_{700, NF}}{K_{700, UWP}} \times 100 \text{ [%]}$$

UWP = ungewaschener / nicht flotierter Stoff

NF = Stoff nach Nachflotation

*Verwendete Bezeichnungen in den Abbildungen: E0 = Stoff vor der Dispergierung; E1 niedriger (ca. 50 kWh/t), E2 mittlerer (ca. 75 kWh/t), E3 hoher (ca. 100 kWh/t) Energieeintrag / T1 niedrige (ca. 45 °C), T2 hohe (ca. 75 °C) Temperatur bei der Dispergierung.*



### 5.5.1 Einfluss Prozessbedingungen

**Zusammenfassung - Einfluss von Energie und Temperatur auf Druckfarbenablösung und Druckfarbenaus- trag durch Nach- flotation**

Der Einfluss von Energie und Temperatur auf die durch Dispergierung hervorgerufene Druckfarbenablösung, ermittelt über die Kenngröße Ink Detachment  $ID_{disp}$ , sowie die nach der Dispergierung vorliegenden freien Druckfarbenpartikel als Kenngröße  $ID_{ges}$  ist nachfolgend dem Druckfarbenaus- trag durch Nachflotation IE gegenübergestellt.

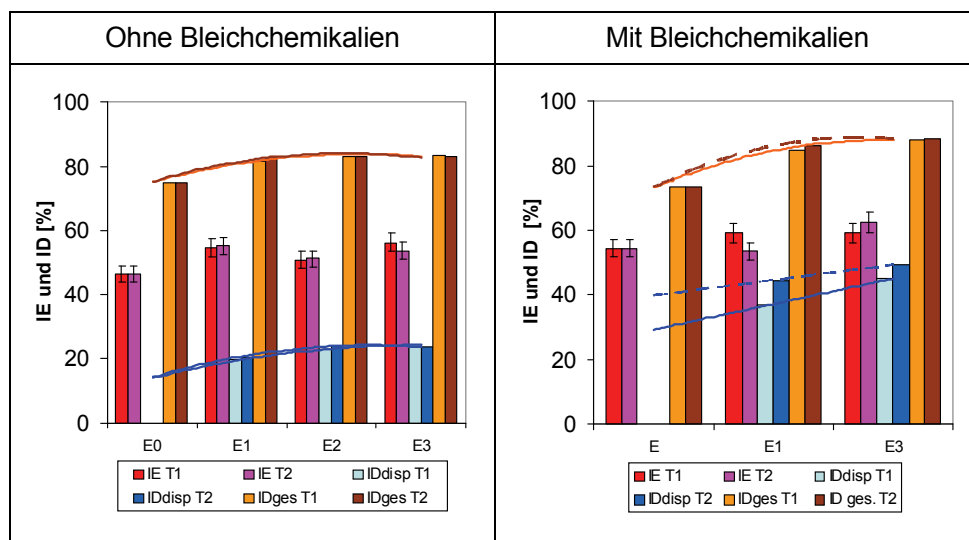


Abb. 21: Druckfarbenablösung und Entfernung in Abhängigkeit von Energieeintrag und Temperatur bei der Dispergierung

Steigender Energieeintrag verbessert die Druckfarbenablösung durch Dispergierung und damit den Anteil an freien Druckfarbenpartikeln, wobei dieser Anstieg ohne Bleichchemikalien nicht linear verläuft. Ohne Bleichchemikalien wird durch Temperaturerhöhung keine Verbesserung erzielt. Deutlich wird, dass die Gegenwart von Bleichchemikalien die Druckfarbenablösung und damit den Anteil freier Druckfarbenpartikel erhöht. Hinsichtlich der Druckfarbenentfernung durch Nachflotation wird ersichtlich, dass durch die Verbesserung der Druckfarbenablösung bei der Dispergierung der Austrag verbessert wird. Eine Erhöhung des Energieeintrags führt allerdings zu keiner weiteren Steigerung der Druckfarbenentfernung (siehe auch Abb. 10 - Zunahme des Anteils kleiner Druckfarbenpartikel mit steigendem Energieeintrag).

**Zusammenfassung - Einfluss von Energie und Temperatur auf die Fragmentierung von Druckfarbenpartikeln**

Nachfolgende Abbildung zeigt den Einfluss von Energie und Temperatur auf die Fragmentierung von Druckfarbenpartikel bei der Dispergierung sowie auf den Druckfarbenaustrag durch Nachflotation. Dargestellt ist der prozentuale Anteil von Druckfarben < 50 µm und > 50 µm Partikelgröße bezogen auf die Gesamtfläche.

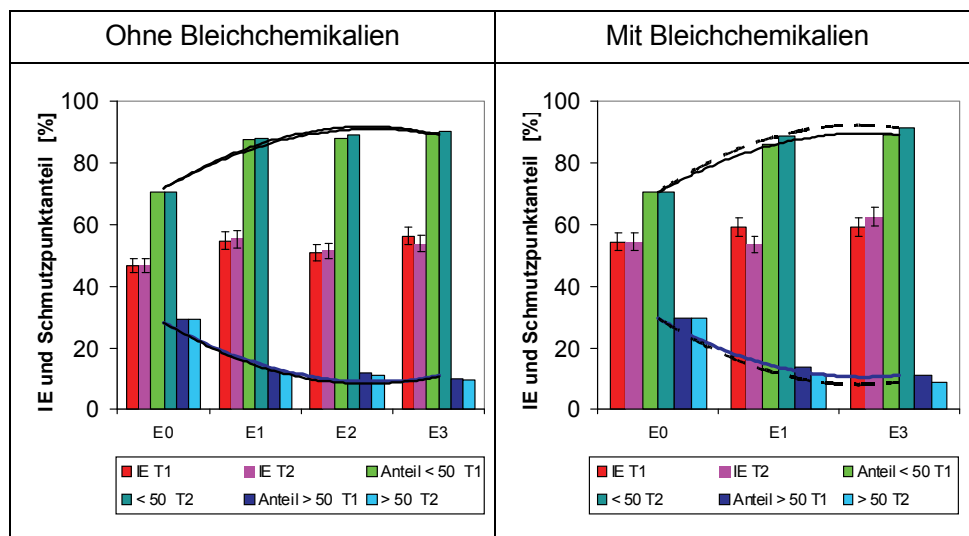


Abb. 22: Druckfarbenfragmentierung und Entfernung in Abhängigkeit von Energieeintrag und Temperatur bei der Dispergierung

Wie zu erwarten, führt eine Dispergierung zu einer Verschiebung des Partikelgrößenspektrums. Allerdings ist mit steigendem Energieeintrag keine lineare Erhöhung der Druckfarbenfragmentierung ersichtlich. Das erklärt auch, dass die Druckfarbenentfernung durch Nachflotation nicht beeinflusst wird.

**Zusammenfassung - Weißgradentwicklung in Abhängigkeit von Energie und Temperatur bei der Dispergierung**

Die Weißgradentwicklung der Stoffe vor und nach der Nachflotation in Abhängigkeit von den Bedingungen bei der Dispergierung ist nachfolgender Abbildung zu entnehmen.

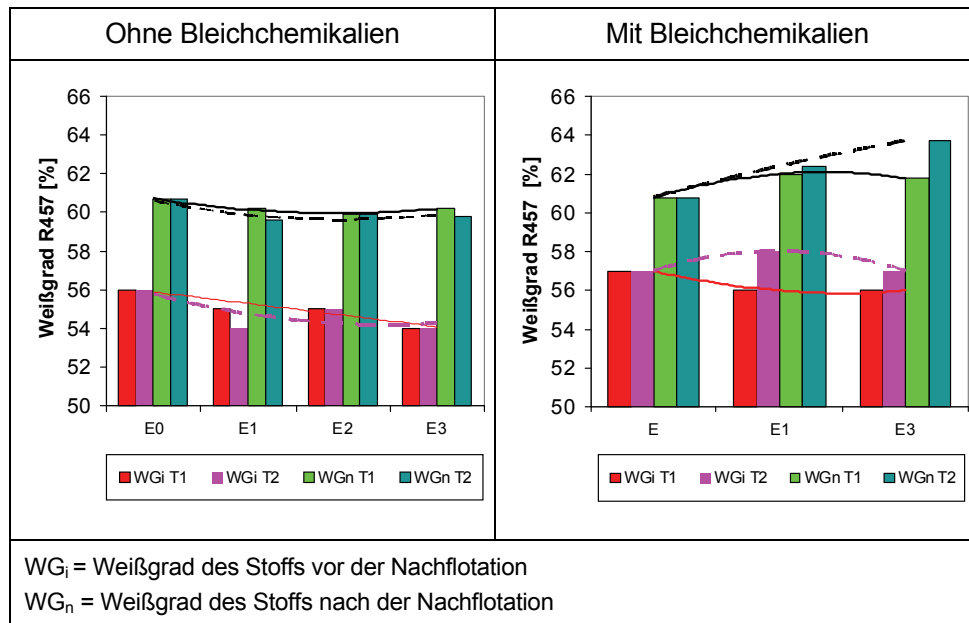


Abb. 23: Weißgradentwicklung in Abhängigkeit von Energieeintrag und Temperatur bei der Dispergierung

In Abwesenheit von Bleichchemikalien führt steigender Energieeintrag zu einer Verringerung des Weißgrades des dispergierten Stoffs, hervorgerufen durch die Fragmentierung der Druckfarbenpartikel. Durch Nachflotation kann diese Reduzierung nicht vollständig kompensiert werden. In Gegenwart von Bleichchemikalien bei der Dispergierung zeigt sich deutlich der Einfluss der Temperatur auf eine Steigerung des Weißgrades. Dies ist auf die Verbesserung des Bleicheffekts und nicht auf den besseren Druckfarbenaustrag durch Nachflotation zurückzuführen.

**Zusammenfassung - Einfluss von Energie und Temperatur bei der Dispergierung auf die optische Homogenität**

Die Anforderungen an die optische Homogenität deinkter Stoffe werden über die Fläche an Schmutzpunkten > 250 µm Ø charakterisiert. Die Reduzierung dieser optisch störenden Schmutzpunkte in Abhängigkeit von den Bedingungen bei der Dispergierung ist nachfolgend dargestellt.

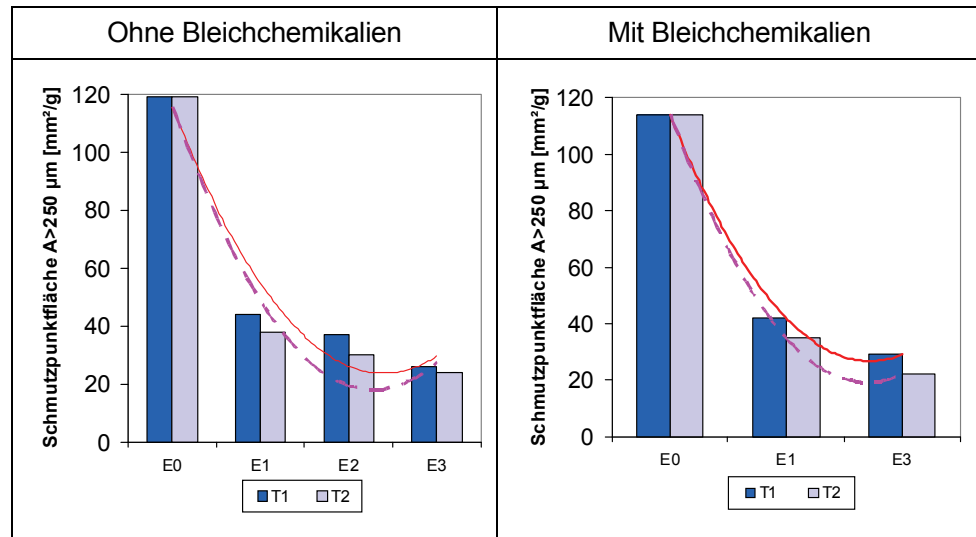


Abb. 24: Schmutzpunktfläche > 250 µm in Abhängigkeit von Energieeintrag und Temperatur bei der Dispergierung

Sowohl Energieerhöhung, als auch Temperaturerhöhung verbessern die Reduzierung optisch störender Schmutzpunkte, wobei mit steigendem Energieeintrag eine Temperaturerhöhung das Ergebnis nur geringfügig verbessert. Der Einfluss von Bleichchemikalien wird nicht ersichtlich.

**Fazit**

Die Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass zur Erhöhung der optischen Reinheit dem Energieeintrag bei der Dispergierung Bedeutung zukommt. Bei niedrigerem Energieeintrag kann mit Temperaturerhöhung eine zusätzliche Verbesserung erzielt werden. Werden höhere Anforderungen an die optischen Eigenschaften wie Weißgrad gestellt, müssen zusätzlich Bleichchemikalien eingesetzt werden. Hier wirken sich höhere Temperaturen zur Verbesserung des Bleicheffekts positiv aus.

**5.5.2 Einfluss Druckfarbenbeladung**

**Einfluss der Druckfarbenbeladung**

Eine weitere Fragestellung war, wie sich die Effizienz der Druckfarbenentfernung in der Vorflotation und damit die Druckfarbenbeladung im Einlauf zum Disperger auf die Entwicklung der optischen Eigenschaften auswirkt. Dazu werden nachfolgend die Ergebnisse für die Beispiele niedrige Beladung (Beladung 1), also hoher Druckfarbenaustrag in der Vorflotation, und hohe Beladung (Beladung 3) mit dem verbundenen schlechteren Druckfarbenaustrag in der Vorflotation zusammengefasst.

**Abhängigkeit der Druckfarbenbeladung - Einfluss von Energie und Temperatur auf Druckfarbenablösung und Druckfarbenaustrag durch Nachflotation**

Nachfolgend dargestellt ist der Einfluss von Energie und Temperatur auf die durch Dispergierung hervorgerufene Druckfarbenablösung und Druckfarbenentfernung bei unterschiedlichen Druckfarbenbeladungen im Einlauf zum Disperger.

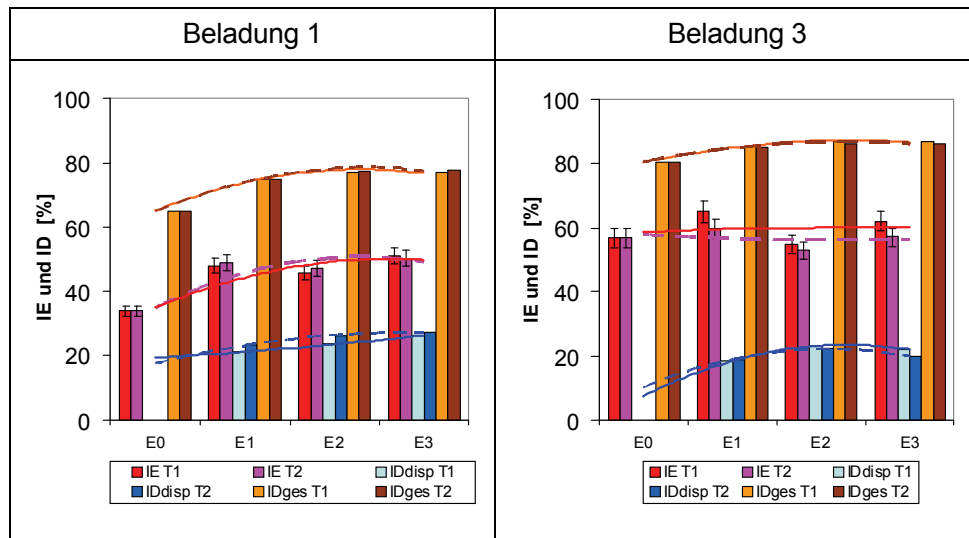


Abb. 25: Einfluss der Druckfarbenbeladung auf Druckfarbenablösung und Entfernung in Abhängigkeit von den Bedingungen bei der Dispergierung

Aufgrund des geringeren Druckfarbenanteils im Ausgangsstoff bei der Beladung 1 ist natürlich auch der Anteil an abgelösten Druckfarbenpartikeln niedriger und damit die Druckfarbenablösung und Druckfarbenentfernung geringer im Vergleich zum Stoff mit höherem Druckfarbenanteil. Die Aussagen zur Verbesserung der Druckfarbenablösung mit steigendem Energieeintrag werden wieder ersichtlich. Bei höherer Beladung führt ein höherer Energieeintrag bei der Dispergierung zu einer schlechteren Druckfarbenentfernung durch Nachflotation.

**Weißgradiententwicklung in Abhängigkeit von der Druckfarbenbeladung und den Bedingungen bei der Dispergierung**

Die Weißgradiententwicklung ist nachfolgend dargestellt.

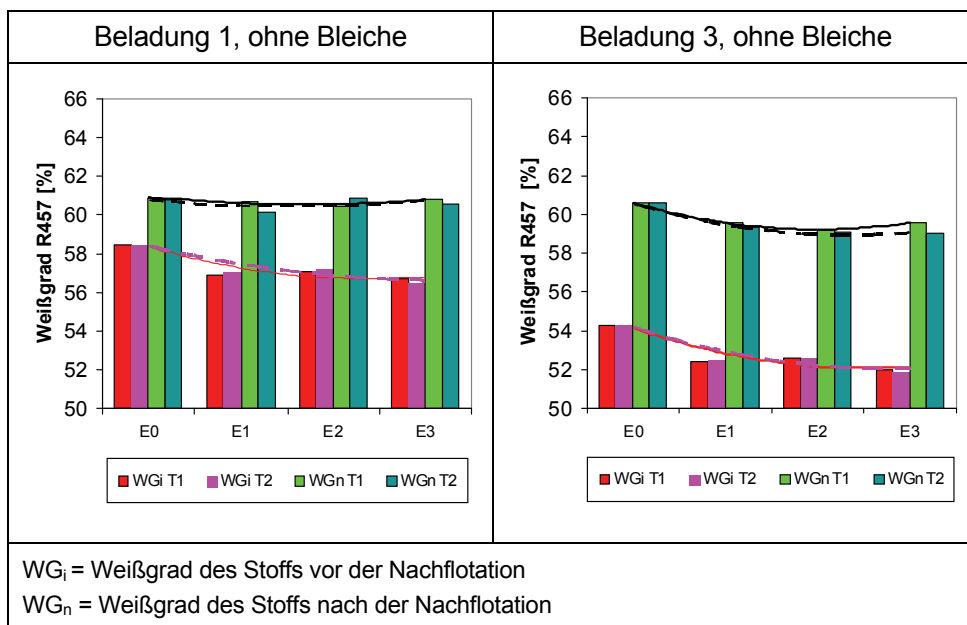


Abb. 26: Einfluss der Druckfarbenbeladung auf die Weißgradiententwicklung in Abhängigkeit von den Bedingungen bei der Dispergierung

Klar ersichtlich wird, dass bei höherem Druckfarbenanteil der Ausgangsweißgrad deutlich niedriger ist. Die steigende Fragmentierung der Druckfarbenpartikel durch höheren Energieeintrag bei der Dispergierung führt dazu, dass eine Nachflotation bei höherem Druckfarbenanteil zu einem schlechteren Ergebnis führt (bei hoher Druckfarbenbeladung steht ein erhöhter Anteil frei vorliegender Druckfarbenpartikel für eine Fragmentierung zur Verfügung, d.h. abhängig vom Energieeintrag wird ein erhöhter Anteil an Partikeln erzeugt, die ein für die Flotation von der Größe her ungünstiges Partikelgrößenspektrum aufweisen - sehr kleine Partikel).

**Optische Reinheit in Abhängigkeit von der Druckfarbenbeladung und den Bedingungen bei der Dispergierung**

Die Entwicklung der optischen Reinheit zeigt nachfolgende Abbildung.

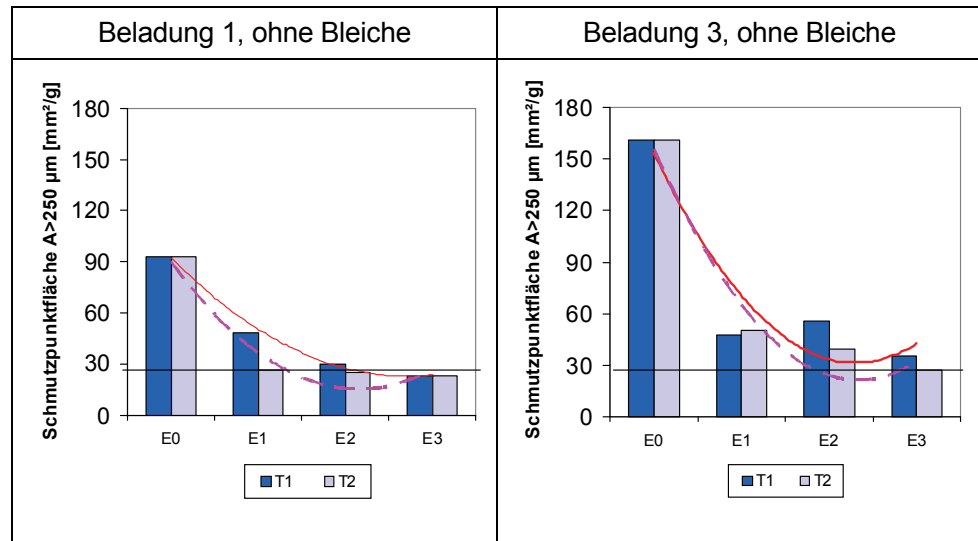


Abb. 27: Einfluss der Druckfarbenbeladung auf die Entwicklung der optischen Reinheit in Abhängigkeit von den Bedingungen bei der Dispergierung

Bei höherem Druckfarbenanteil im Ausgangsstoff ist ein deutlich höherer Energiebedarf notwendig, um die Schmutzpunktkfläche zu reduzieren. Bei niedriger Druckfarbenbelastung verbessert eine Temperaturerhöhung bei geringem Energieeinsatz die Schmutzpunktreduzierung.

**Fazit**

Eine Verringerung des Energieeinsatzes bei der Dispergierung erfordert den optimalen Austrag von Druckfarben in der Vorflotation. Damit können auch die Endweißgrade entsprechend verbessert werden.

Schwankungen in der Druckfarbenbeladung können vor allem über den Energieeintrag gesteuert werden.



### 5.5.3 Einfluss des Anteils visuell störender Druckfarbenpartikel im Faserstoff

#### Einfluss des Anteils an Papier mit Flüssigtoner in der Altpapiermischung - Schmutzpunktfäche > 250 µm

An einem Beispiel ist der Einfluss von flüssigtonerbedrucktem Papier in der Altpapiermischung auf die optische Reinheit des Faserstoffes (Schmutzpunktfäche für den Partikelgrößenbereich > 250 µm Ø) wiedergegeben. Gegenübergestellt sind die Verhältnisse für die Altpapiermischung ohne (RV I) und mit einem Anteil von 30 % Flüssigtonerdruck (RV III) bei niedriger Druckfarbenbelastung B1 (entsprechend einem hohen Druckfarbenaustrag in der Vorflotation).

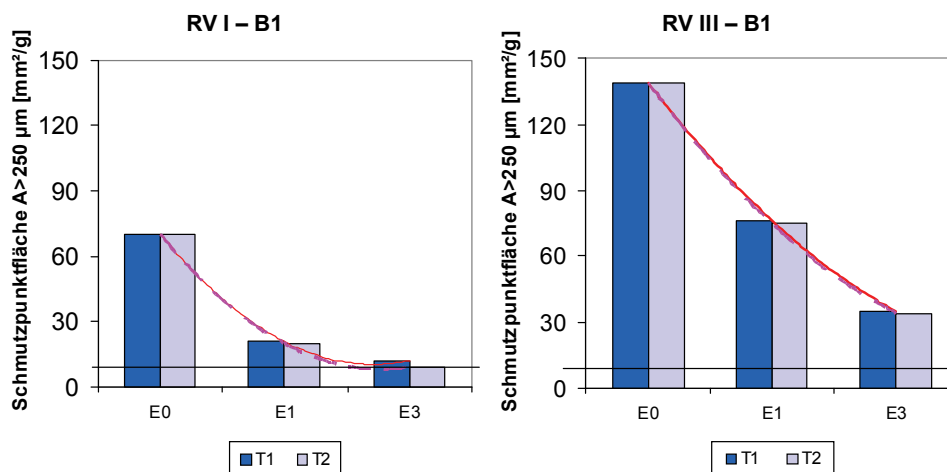


Abb. 28: Einfluss des Anteils Flüssigtonerdruck in der Altpapiermischung auf die Entwicklung der optischen Reinheit in Abhängigkeit von den Bedingungen bei der Dispergierung

Durch die Dispergerwirkung kommt es mit zunehmendem Energieeintrag zu einer Fragmentierung der Druckfarbenpartikel und zu einer Abnahme der Fläche großer Schmutzpunkte > 250 µm Ø (visuell störende Partikel). Während bei RV I dieser Anteil an störenden Partikel weitgehend eliminiert werden kann, wird bei RV III mit dem hohen Anteil Papier mit Flüssigtoner und dem dadurch bedingten hohen Niveau an Druckfarbenpartikel > 250 µm Ø keine 100 %ige Sauberkeit des Stoffes auch bei hohem Energieeinsatz erzielt.

#### Fazit

Mit der Dispergierung lassen sich visuell störende Partikel effektiv reduzieren. Bei Vorhandensein eines sehr hohen Anteils an sehr großen Partikeln konnte in dem untersuchten Bereich der Betriebsbedingungen keine vollständige Beseitigung dieser Partikel (Fragmentierung / Austrag Nachflotation) erreicht werden.

## 6 Untersuchungen zum Energieeinsatz bei der Dispergierung mit Hauptaugenmerk auf die optische Homogenität des Altpapierstoffes

### 6.1 Vorgehen

**Überblick** Die Erkenntnisse aus den Technikumsversuchen zeigen, dass dem Energieeintrag beim Dispergierergebnis die wesentliche Bedeutung zukommt. Insbesondere im Zusammenhang mit der Beseitigung von visuell störenden Druckfarbenpartikeln erschließen sich Möglichkeiten einer gezielten Anpassung des Energieeintrags. Mit den Untersuchungen in zwei Papierfabriken sollte nun ausgelotet werden, wie sich eine Variation des Energieeintrages beim Disperger (im Vordergrund stand eine Energiereduzierung in einem eng gesteckten Rahmen unter Berücksichtigung des üblicherweise eingesetzten Energieeintrags) auf die optischen Qualitätseigenschaften des Faserstoffes auswirkt.

### 6.2 Papierfabrik 1

**Vorgehen** Im Rahmen der Untersuchungen wurden drei verschiedene Abstufungen hinsichtlich des Einsatzes der spez. Energie bei der Dispergierung gefahren. Der übliche Energieeinsatz bei dieser Anlage liegt bei 65 kWh/t.

**Einfluss Energieeinsatz - Ink Detachment**

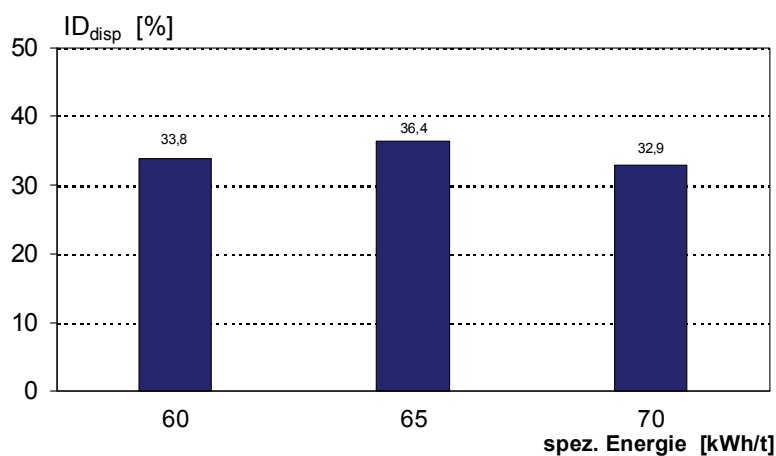


Abb. 29: Ink Detachment in Abhängigkeit vom Energieeinsatz

Hinsichtlich der Druckfarbenablösung sind keine wesentlichen Unterschiede abhängig vom Energieeintrag zu verzeichnen.

**Einfluss  
Energieeinsatz -  
Weißgrad**

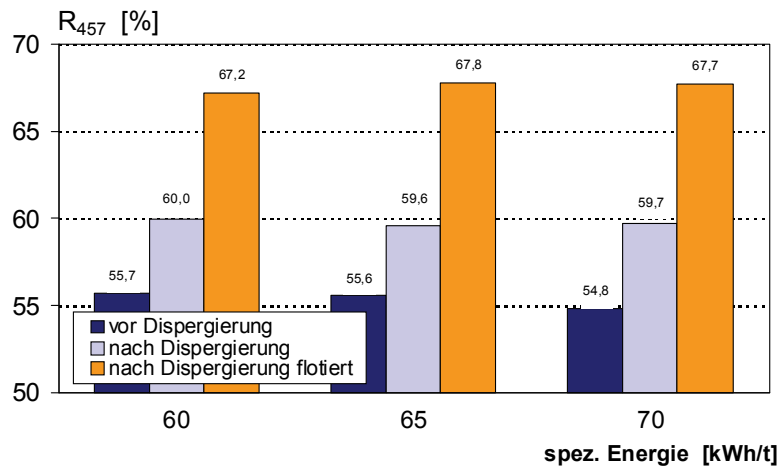


Abb. 30: Weißgrad in Abhängigkeit vom Energieeinsatz

Die Ergebnisse für den Weißgrad zeigen sowohl für den dispergierten als auch für den dispergierten und flотиerten Stoff keine signifikanten Unterschiede abhängig vom Energieeinsatz. Die Zunahme des Weißgrades des dispergierten Stoffes ist auf den Einsatz von Bleichchemikalien bei der Dispergierung zurückzuführen.

**Einfluss  
Energieeinsatz -  
Schmutzpunkt-  
fläche gesamter  
Partikelgrößen-  
bereich**

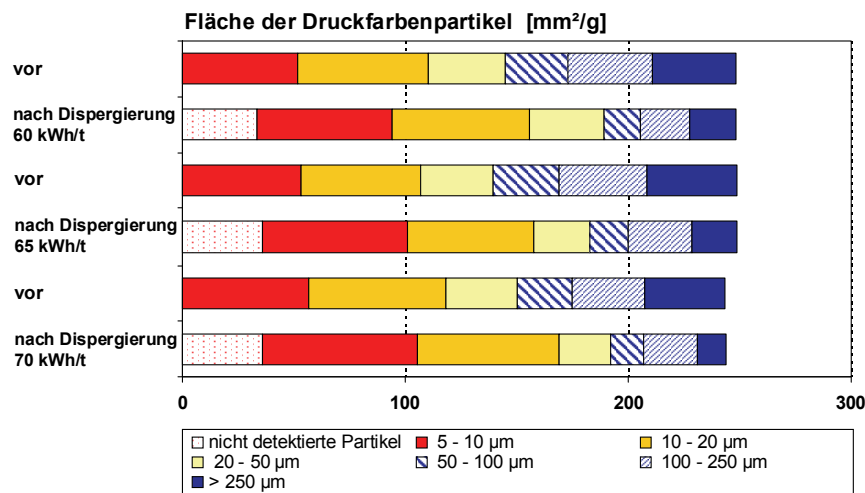


Abb. 31: Veränderung der Schmutzpunktfläche des Faserstoffes durch Dispergierung

Bei dieser Anlage liegt ein relativ niedriges Niveau hinsichtlich der Gesamtschmutzpunktfläche vor. Geringe Unterschiede beim Ausgangsstoff sind auf den jeweils unterschiedlichen Probenahmezeitpunkt zurückzuführen. Durch die Dispergerwirkung kommt es zu einer Fragmentierung und einer Verschiebung des Partikelgrößenspektrums. Die Veränderung der eingesetzten Energie wirkt sich im Wesentlichen auf die Schmutzpunktfläche > 250 µm Partikelgröße aus (siehe auch Abb. 33). Im Bereich der sehr kleinen Schmutzpunkte (< 10 µm) ist im Vergleich beim höchsten Energieeintrag nur eine geringfügige Zunahme festzustellen. Dies zeigt sich auch im Ergebnis der Nachflotation, das keinen signifikanten Unterschied bei erhöhtem Energieeinsatz aufweist.

**Einfluss  
Energieeinsatz -  
Reduzierung  
Schmutz-  
punktfläche > 50  
µm Partikelgröße**

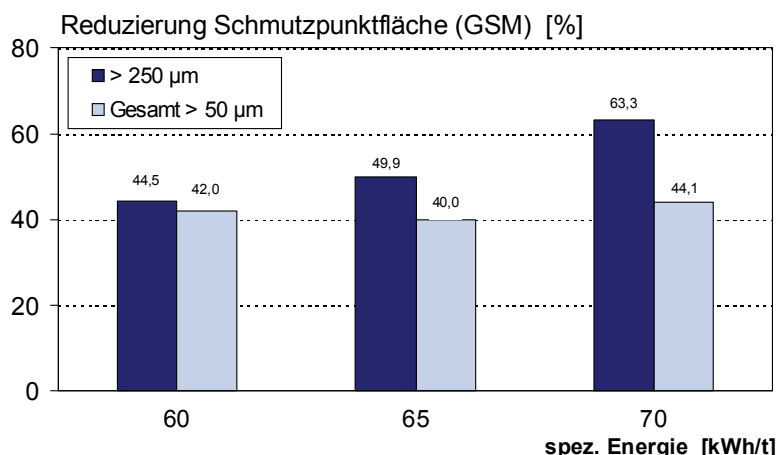


Abb. 32: Schmutzpunktreduzierung in Abhängigkeit vom Energieeinsatz

Die Wirkung eines höheren Energieeinsatzes zeigt sich bei den großen Schmutzpunkten (> 250 µm Ø). Bei 70 kWh/t ist eine höhere Schmutzpunktreduzierung festzustellen. Interessant ist, dass sich zwischen 60 und 65 kWh/t kein deutlicher Unterschied hinsichtlich der Schmutzpunktreduzierung gezeigt hat.

**Fazit**

Der Haupteffekt im Hinblick auf einen erhöhten Energieeinsatz bei der Dispergierung zeigt sich bei der Fragmentierung der visuell störenden Schmutzpunkte. Für diese Anlage, die üblicherweise mit 65 kWh/t dispergiert, wirkt sich eine Reduzierung der Energie um ca. 8 % nicht negativ auf die Schmutzpunktreduzierung aus. Ein niedrigerer spez. Energieeinsatz erscheint möglich.

**6.3 Papierfabrik 2**

**Vorgehen**

Im Rahmen der Untersuchungen wurden zwei verschiedene Abstufungen hinsichtlich des Einsatzes der spez. Energie bei der Dispergierung gefahren. Der übliche Energieeinsatz bei diese Anlage liegt bei 75 kWh/t.

**Einfluss  
Energieeinsatz -  
Ink Detachment**

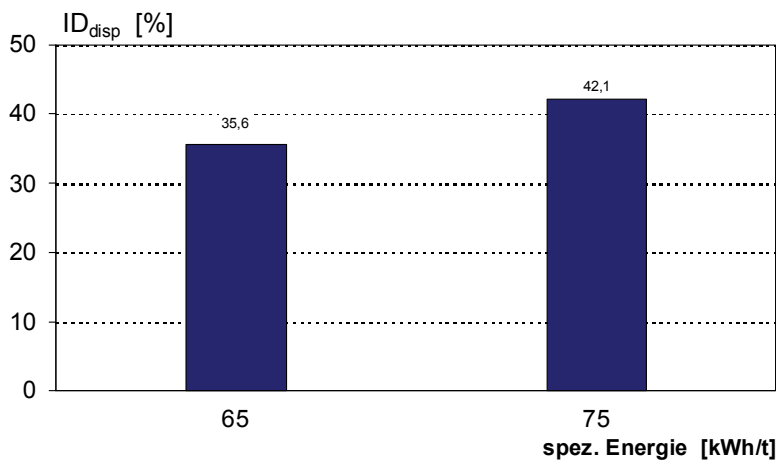


Abb. 33: Ink Detachment in Abhängigkeit vom Energieeinsatz

Mit einem niedrigeren Energieeinsatz ist eine etwas geringere Druckfarbenablösung verbunden.

**Einfluss  
Energieeinsatz -  
Weißgrad**

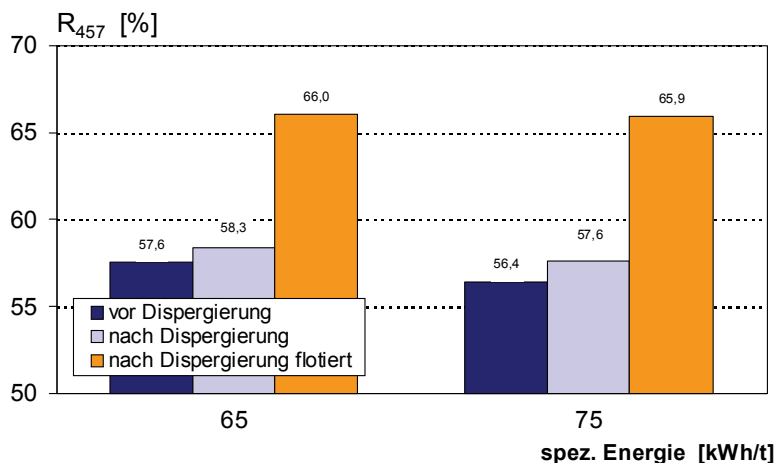


Abb. 34: Weißgrad in Abhängigkeit vom Energieeinsatz

Die beiden Versuchspunkte differieren etwas hinsichtlich der Ausgangswerte (Dispergereinlauf - vermutlich Schwankungen im AP). Berücksichtigt man dies, sind hinsichtlich Weißgrad (gilt auch für den Weißgrad nach Dispergierung und Flotation) keine wesentlichen Unterschiede abhängig vom Energieeintrag zu verzeichnen.

**Einfluss Energieeinsatz - Schmutzpunktfläche gesamter Partikelgrößenbereich**

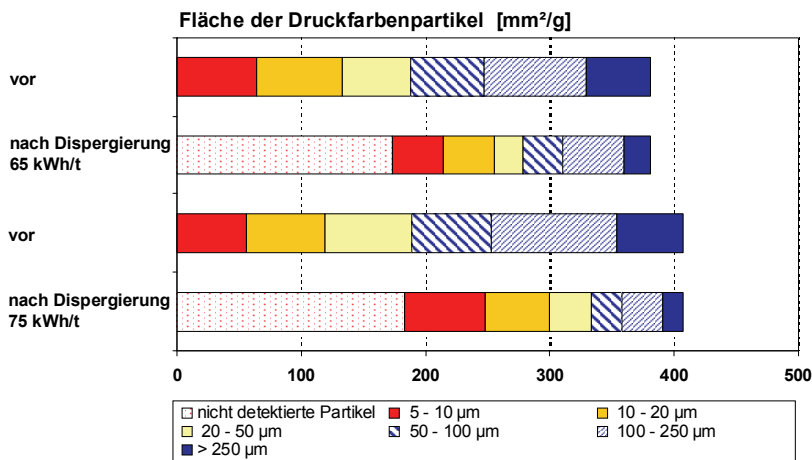


Abb. 35: Veränderung der Schmutzpunktfläche des Faserstoffes durch Dispergierung

Die Unterschiede der Ausgangsstoffe der beiden Probenahmen zeigen sich auch in der Höhe der Gesamtschmutzpunktfläche. Der höhere Energieeintrag nimmt Einfluss auf die Fragmentierung der großen Schmutzpunktpartikel, wirkt sich auch - in geringerem Umfang - auf den Anteil der Partikel < 10 µm aus. Letzteres zeigt sich im Ergebnis der Nachflotation: die geringe Veränderung bei höherem Energieeinsatz hat keinen signifikanten Einfluss auf den Weißgrad des flotierten Stoffes.

**Einfluss Energieeinsatz - Reduzierung Schmutzpunktfläche > 50 µm Partikelgröße**

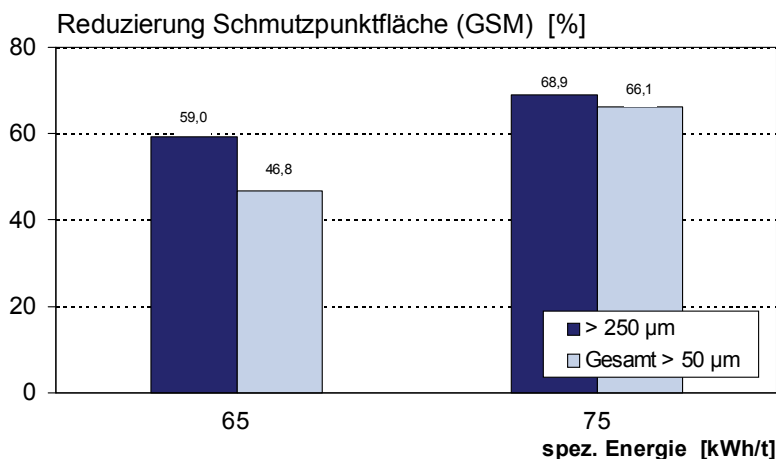


Abb. 36: Schmutzpunktreduzierung in Abhängigkeit vom Energieeinsatz  
Bei den großen Schmutzpunkten (> 250 µm Ø) ist eine höhere Schmutzpunktreduzierung bei 75 kWh/t festzustellen.

**Fazit**

Der Haupteffekt eines höheren Energieeinsatzes ist die Schmutzpunktbeeinflussung (Fragmentierung visuell störender Partikel), nachgeordnet ist ein etwas verbessertes Ink Detachment. Berücksichtigt man den relativ großen Unterschied zwischen den beiden untersuchten Energieeinsätzen, gibt dies Anlass für die Möglichkeit einer Reduzierung des spez. Energieeinsatzes.

## 7 Gesamtbewertung - wirtschaftliche Betrachtung

### 7.1 Vorgehen

#### **Effizienter Einsatz der Prozessstufe Dispergierung im Rahmen der Stoffaufbereitung**

Die Gesamtbewertung hinsichtlich technologischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte schließt die Betrachtung der Verhältnisse bei der Vorflotation mit ein. Von Interesse ist hier insbesondere das Wechselspiel zwischen dem Aufwand in der Vorflotation (insbesondere das Kriterium Flotationsverluste) und dem Aufwand bei der Dispergierung (Kriterium Energieaufwand) sowie den erreichbaren optischen Eigenschaften des Fertigstoffes. Dabei werden Szenarien aufgestellt, die kostenoptimierte Konzepte hinsichtlich des Einsatzes der Dispergierung als Bindeglied zwischen Vor- und Nachflotation in Abhängigkeit von der Rohstoffqualität aufzeigen.

---

#### **Aufstellung Szenarien**

Es wurden verschiedene Modellrechnungen auf Basis der vorliegenden Versuchsdaten (= Vorgaben für die Berechnung) durchgeführt und entsprechende Kosten-Szenarien entwickelt. Die Szenarien sind ausgelegt auf optimale optische Qualitätseigenschaften (Zielgrößen Weißgrad, Freiheit von visuell störenden Schmutzpunkten). Zugrunde gelegt ist eine 2-Loop-Deinking-Anlage. Die Szenarien wurden berechnet für Rohstoffvariante I und II. Bei Rohstoffvariante III wurde die geforderte absolute Freiheit von visuell störenden Schmutzpunkten im Rahmen des untersuchten Energiebereichs bei der Dispergierung nicht erreicht.

---

## 7.2 Szenarien

### Rohstoffvariante I - Zeitungen / Illustrierte

Die nachfolgende Tabelle gibt die Vorgaben für die Aufstellung der Szenarien wieder. Für die Szenarien 1 - 3 ist ein aktueller Altpapierpreis von € 150,--/t, für die Szenarien 4 und 5 einen Preis von € 100,--/t zugrunde gelegt.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
AP-Kosten, €/t	150	150	150	100	100
Verlust Vorflotation, %	16,5	10	10	16,5	10
Verlust Nachflotation, %	4,5	5,5	5,5	4,5	5,5
Disperger - spez. Energie, kWh/t	50	100	100	50	100
Bleiche	-	-	ja	-	ja
Optische Qualitätseigenschaften					
Weißgrad R457	60,9	59,8	61,5	60,9	59,8
Schmutzpunkte > 250 µm, mm²/g	21	14	10	21	14

### Rohstoffvariante I - Szenarien

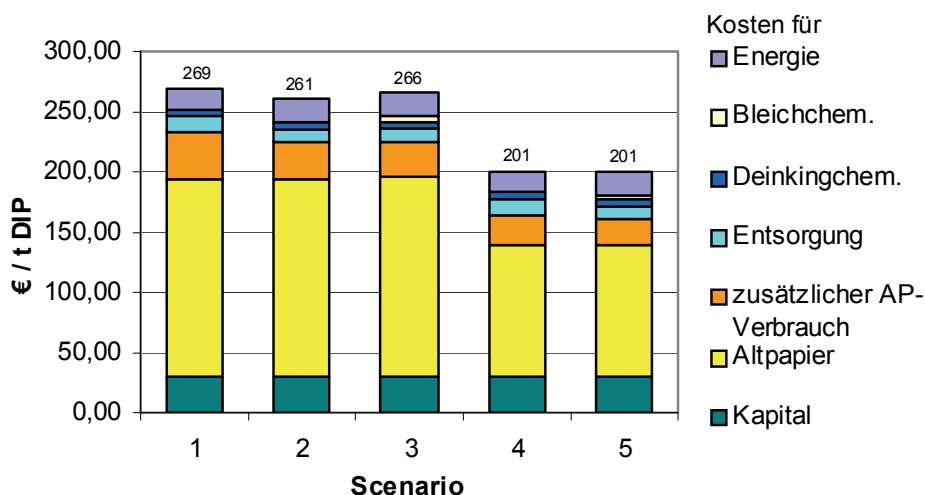


Abb. 37: Kosten-Szenarien für Rohstoffvariante I (Zeitungen/Illustrierte)

Scenario 1 ist im Vergleich mit 2 verbunden mit höheren Verlusten und damit einhergehend mit höheren Entsorgungskosten und einem höheren AP-Mehrverbrauch. Bei ähnlichem Schmutzpunktanteil (die Höhe der Schmutzpunktfäche > 250 µm ist bei allen Szenarien unkritisch, d.h. es liegt ein sauberer Stoff ohne störende Schmutzpunkte vor) und etwas niedrigerer Weiße ist Scenario 2 mit höherem Energieeintrag in der Dispergierung aufgrund der aktuell hohen Altpapierpreise kostenseitig günstiger. Scenario 3 berücksichtigt eine Erhöhung des Weißgrades durch Bleiche (vergleichbarer Weißgrad wie Scenario 1) und ist in der Summe günstiger als Scenario 1. Den beiden Szenarien 4 und 5 ist ein Altpapierpreis von € 100,--/t zugrunde gelegt. Die Kosten für beide Betriebsweisen sind hier gleich, d.h. bei einem noch niedrigeren Altpapierpreis ist Scenario 4 mit höheren Verlusten kostenseitig günstiger.



**Rohstoffvariante II - Zeitungen / Illustrierte + 10 % Flüssigtoner**

Nachfolgend Tabelle zeigt die Vorgaben für die Aufstellung der Szenarien für die Rohstoffvariante II. Es ist ein aktueller Altpapierpreis von € 150,-/t zugrunde gelegt.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 6
AP-Kosten, €/t	150	150	150	150
Verlust Vorflotation, %	16,5	10	10	16,5
Verlust Nachflotation, %	4,5	5,5	5,5	4,5
Disperger - spez. Energie, kWh/t	50	100	100	100
Bleiche	-	-	ja	ja
Optische Qualitätseigenschaften				
Weißgrad R457	60,4	59,2	61	63,1
Schmutzpunkte > 250 µm, mm²/g	34	16	14	14

**Rohstoffvariante II - Szenarien**

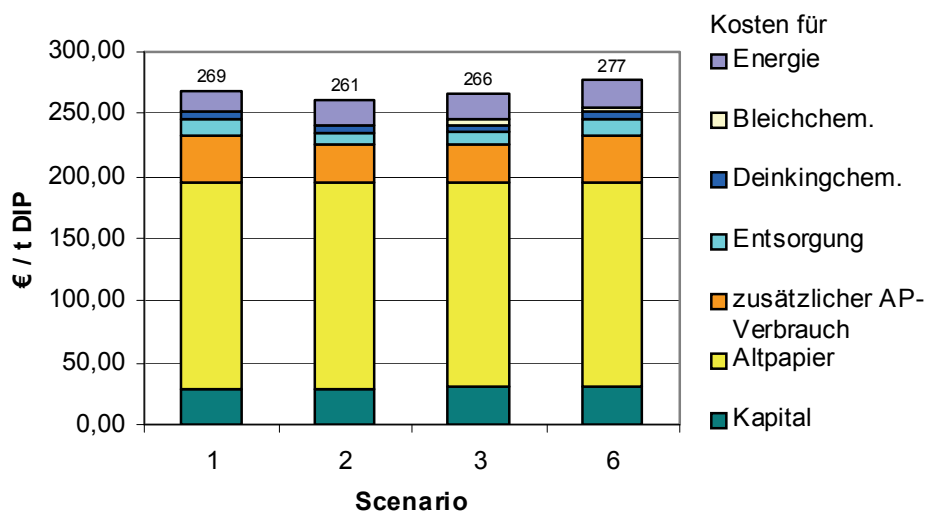


Abb. 38: Kosten-Szenarien für Rohstoffvariante I (Zeitungen/Illustrierte + 10 % Papier bedruckt mit Flüssigtoner)

Der Wert für die Schmutzpunktfläche > 250 µm bei Scenario 1 zeigt auf, dass zwar ein weitgehend sauberer Stoff vorliegt, aber noch vereinzelt größere Schmutzpunkte vorhanden sind. Wenn sehr hohe Anforderungen an die Schmutzpunktfreiheit gestellt werden, scheidet diese Betriebsweise aus, d.h. es muss zur Schmutzpunktfragmentierung mit einem höheren Energieeinsatz beim Disperger kalkuliert werden. Kostenseitig bietet sich dasselbe Bild wie bei Rohstoffvariante I: Scenario 2 und Scenario 3 sind günstiger im Vergleich zu Scenario 1. Bei hohen Anforderungen an die optischen Eigenschaften (Schmutzpunktfreiheit, Weißgrad) ist mit höheren Kosten zu rechnen (Scenario 6).

---

**Fazit**

Geringe Druckfarbenbelastung vor der Dispergierung bietet Vorteile bei der Performance der Dispergierung im Hinblick auf optische Qualitätseigenschaften und Energieaufwand. Wie die vorliegenden Kosten-Szenarien zeigen, ist ihrer Minimierung aufgrund der Faserstoffverluste bei der Vorflotation Grenzen gesetzt. So besitzt bei den aktuellen Altpapierpreisen die Ausbeute bei der Vorflotation Vorrang vor einer höheren Druckfarbenentfernung.

Kostenoptimierte Konzepte unter der Maßgabe hoher Qualitätseigenschaften hinsichtlich Weißgrad und optischer Homogenität (Freiheit von visuell störenden Schmutzpunkten) des Fertigstoffes beschränken sich daher auf eine angemessene Entfernung der Druckfarben in der Vorflotation und auf entsprechende Maßnahmen bei der Dispergierung gegebenenfalls unter Einsatz von Bleiche. Erst bei niedrigeren Altpapierpreisen rechnen sich Maßnahmen hinsichtlich einer Anpassung des Aufwands in der Vorflotation und der Dispergierung aus wirtschaftlicher Sicht.

Wirtschaftliche Potenziale bei der Dispergierung liegen in einer gezielten Anpassung des spez. Energieeinsatzes, wobei hinsichtlich der Fahrweise Hauptaugenmerk auf eine Reduzierung der visuell störenden Druckfarbenpartikel zu legen ist. Ziel sollte sein, sich im unteren Range des Energiebereichs zu bewegen, der ausreichend ist, störende Druckfarbenpartikel weitgehend vollständig zu fragmentieren. Für eine gezielte Steuerung, insbesondere unter Berücksichtigung der Schwankungen der Altpapierqualität, wäre hier eine on-line Schmutzpunktmessung von Vorteil.

---

**Ansprechpartner für weitere Informationen:**

Dipl.-Ing.(FH) Johann Strauß  
Tel. 089/12146-491  
[johann.strauss@ptspaper.de](mailto:johann.strauss@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](mailto:info@ptspaper.de)  
[www.ptspaper.de](http://www.ptspaper.de)

## Literaturverzeichnis

- 1 FAUL A.  
Deinked Pulp - Quality and Trends at INGEDE Member Mills  
INGEDE Seminar  
13 September 2005, London
- 2 STRAUSS J. u. E. HANECKER  
Welches technologische Potenzial steckt heute noch in Altpapierfaserstoffen?  
12. PTS-CTP-Deinking-Symposium  
G. Galland und E. Hanecker (Hrsg.)  
München: PTS 2006, PTS Symposium DE 604
- 3 FAUL A. und H.-J. PUTZ  
Europäische Bestandsaufnahme der Deinkbarkeit von Druckprodukten  
13. PTS-CTP-Deinking-Symposium  
E. Hanecker, G. Galland (Hrsg.)  
München: (PTS), 2008, PTS-Manuskript: PTS-MS 804
- 4 HANECKER E. und A. FAUL  
Veränderungen in den Qualitätseigenschaften von Altpapierstoffen  
ipw - Das Papier, T10-T14 (2007) Nr. 1-2
- 5 FAUL A., HÖKE U. und G. LAMBRECHT  
Deinking und wirtschaftliche Herstellung von Publikationspapieren  
Wochenblatt für Papierfabrikation 134, 1091-1097 (2006) Nr. 19
- 6 MOORE G.  
Print Market Trends  
16. INGEDE Symposium, 31 January 2007, Munich, Germany
- 7 CARRE B., MAGNIN L. und C. AYALA  
Digital prints: A survey of the various deinkability behaviors  
International Conference on Digital Production Printing and Industrial Applications  
Amsterdam, 2005
- 8 FISCHER A.  
European Round Table 'Deinking of Digital Prints', First Results of a European Survey  
16. INGEDE Symposium, 31 January 2007, Munich, Germany
- 9 SCHULZE-HAGENEST D.  
Status und Trends im Digitaldruck einschließlich inkjet  
PTS-CTP Deinking-Symposium 2010  
E. Hanecker, B. Carré (Hrsg.)  
München: (PTS), 2010, Vortragsband DE 1004
- 10 WEINERT S. und H.-J. PUTZ  
Untersuchung der Altpapierqualität 1.11 in verschiedenen Ländern  
PTS-CTP Deinking-Symposium 2010  
E. Hanecker, B. Carré (Hrsg.)  
München: (PTS), 2010, Vortragsband DE 1004
- 11 N.N.  
Digitaldruck: Darling der Umwelt?  
Der Druckspiegel, 23-25 (2010) Nr. 08-09
- 12 CARRE B. und G. GALLAND  
Overview of deinking technology  
9<sup>th</sup> Deinking Training Course  
03.06.-05.06.2009, Grenoble. CTP, Grenoble (Hrsg.)

- 13 VOLK A. und A. SAUER  
Energieeinsparung in der Stoffaufbereitung - effiziente Komponenten, schlanke Konzepte  
12. PTS-CTP-Deinking-Symposium  
G. Galland und E. Hanecker (Hrsg.)  
München: PTS 2006, PTS Symposium DE 604
- 14 HESS H.  
Die konsequente Konzeptionierung des Stoffaufbereitungsprozesses für Altpapier  
Vortrag bei der ZELLCHEMING Jahrestagung 2006
- 15 KUMAR S. und B. FABRY  
Past, present and future of dispersion and kneading  
9<sup>th</sup> Deinking Training Course  
03.06.-05.06.2009, Grenoble. CTP, Grenoble (Hrsg.)
- 16 MAGENHEIMER J.  
Effizientes System zur Dispergierung von Altpapier  
Wochenblatt für Papierfabrikation 138, 823-825 (2010) Nr. 10
- 17 GORDON-HÜLGERTH A.  
CompaDis<sup>TM</sup> – die kompakte Dispergiermaschine  
Wochenblatt für Papierfabrikation 132, 107-110 (2004) Nr. 3-4
- 18 HIETANIEMI M und J. SJÖSTRÖM  
How to select specific energy level for dispersion of RCF pulps  
13. PTS-CTP-Deinking-Symposium  
E. Hanecker, G. Galland (Hrsg.)  
München: (PTS), 2008, PTS-Manuskript: PTS-MS 804
- 19 RUZINSKY F. und C. P. J. BENNINGTON  
Toner Particle comminution in office paper dispersion  
TAPPI JOURNAL, 5, 7-14 (2006) Nr. 5
- 20 ACKERMANN C. und L. GÖTTSCHING  
Quantitative Bewertung von Druckfarbenpartikeln in Deinkstoffen  
Teil 1: Zusammenhänge zwischen schwarzen Druckfarbenpartikeln und optischen Kenngrößen  
von Deinkstoffen  
Wochenblatt für Papierfabrikation 130, 299-305 (2002) Nr. 5
- 21 KLEIN R., SCHULZE U. und E. HANECKER  
Stand und Entwicklungstrends der messtechnischen Bewertung von optischen Inhomogenitäten  
als Grundlage einer Prozessbeurteilung und -optimierung  
Wochenblatt für Papierfabrikation 134, 350-358 (2006) Nr. 7
- 22 STRAUSS J. und K. BLASIUS  
Verbesserung der optischen Eigenschaften des Deinkstoffes unter Berücksichtigung der  
Partikelgrößenverteilung von Druckfarben beim Deinkingprozess  
PTS-Forschungsbericht 01/06 (AiF 13632), PTS-Homepage: [www.ptspaper.de](http://www.ptspaper.de), 2006
- 23 HANECKER E.  
Bewertung und Optimierung der Abtrennung von Druckfarbenpartikeln aus graphischen  
Altpapiersorten in Deinkinganlagen  
PTS-CTP Deinking-Symposium 2010  
E. Hanecker, B. Carré (Hrsg.)  
München: (PTS), 2010  
Vortragsband DE 1004

[www.ptspaper.de](http://www.ptspaper.de)

**Papiertechnische Stiftung**

**PTS in München:** Heßstraße 134 · 80797 München · Telefon +49 (0)89-12146-0 · Telefax +49 (0)89-12146-36

**PTS in Heidenau:** Pirnaer Straße 37 · 01809 Heidenau · Telefon +49 (0)3529-551-60 · Telefax +49 (0)3529-551-899