

## **Die Bewertung der Rezyklierbarkeit von grafischen Druckerzeugnissen**

### **Zusammenfassung**

Spätestens seit der im Jahre 1994 in Deutschland eingegangenen freiwilligen Selbstverpflichtung für eine Rücknahme und Verwertung von grafischen Papieren stehen die an der grafischen Papierkette beteiligten Firmen und Verbände in der Verpflichtung, das Recycling von Druckprodukten durch die Auswahl geeigneter Materialien zu fördern. Voraussetzung dafür ist jedoch eine Methode, mit der die Eignung der Druckerzeugnisse für das Recycling, also deren Rezyklierbarkeit, objektiv charakterisierbar wird.

Diesem Themenkomplex widmet sich der Beitrag, der sich schwerpunktmäßig sowohl mit der Deinkbarkeit wie auch mit der Bewertung des Fragmentierverhaltens von Klebstoffapplikationen als den wesentlichsten Merkmalen der Rezyklierbarkeit von grafischen Druckerzeugnissen auseinandersetzt. Nach einer kurzen Beschreibung der methodischen Herangehensweise an beide Bewertungsparameter werden aktuelle Prüfergebnisse vorgestellt und die wichtigsten Anforderungen an die recyclinggerechte Gestaltung von Druckerzeugnissen herausgearbeitet. Abschließend werden Empfehlungen für deren Realisierung abgeleitet.

### **Recyclability of print products – Evaluation methods and latest results**

#### **Summary**

Since 1994, when the voluntary commitment in Germany for the recovery and utilization of graphic papers was introduced, the manufacturers of graphic papers as well as the publishers and the printing industry have been obliged to support the recycling of printed products by means of using appropriate materials. This requires an available method allowing an objective characterization of the recyclability of printed products.

---

\*Dr.-Ing. Christiane Ackermann, Institut für Papierfabrikation, TU Darmstadt, Alexanderstraße 8, 64283 Darmstadt

Vortrag beim INGEDE-Seminar „Integrierte Produktpolitik für Grafische Druckerzeugnisse – Wege zur Verbesserung der Rezyklierbarkeit“, 14. Mai 2002, Berlin

The paper is involved in this topic which especially deals with both deinkability and testing the fragmentation behaviour as the most essential characteristics of recyclability of printed products. After a short description of the methodical way to define both parameters current test results are shown and the most important requirements on recycling-friendly forming of printed products. Finally recommendations for their realization are derived.

## 1 Einleitung

In Abhängigkeit von ihrer Aktualität gelangen die meisten Druckerzeugnisse nach ihrem Gebrauch über die haushaltsnahen Erfassungssysteme ins Altpapier und werden durch manuelle Sortierung als Deinkingware generiert, die die wichtigste Rohstoffquelle für die Papierproduktion der INGEDE-Mitgliedsfirmen darstellt. Die Eignung dieser Altpapiersorte für die Wiederaufbereitung zu neuen grafischen Papieren bestimmt wesentlich den qualitativen Erfolg und die Wirtschaftlichkeit des Aufbereitungsprozesses.

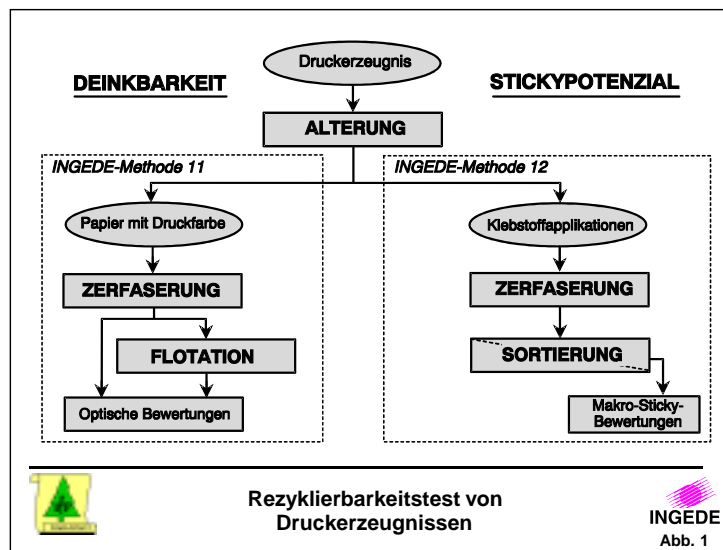
Bereits bei der Herstellung der Druckerzeugnisse muss deshalb durch Auswahl geeigneter Materialien sichergestellt werden, dass einerseits die stoffliche Kombination von Papier, Druckfarbe und Klebstoff eine ausreichende Deinkbarkeit gewährleistet, andererseits die verwendeten Materialien zu keinen Ablagerungen an Maschinenteilen infolge eines zu hohen Stickypotenzials führen.

Noch bestimmen aber Kriterien, wie die Ver- und Bedruckbarkeit, das qualitative Druckergebnis sowie das Verhalten bei der Weiterverarbeitung des bedruckten Papiers, maßgeblich die Beurteilung des Herstellungsprozesses von Druckerzeugnissen. Jedoch spätestens seit der im Jahre 1994 eingegangenen freiwilligen Selbstverpflichtung für eine Rücknahme und Verwertung von grafischen Papieren stehen alle an dieser Papierkette beteiligten Unternehmen in der Verpflichtung, auch der Rezyklierbarkeit als Produkteigenschaft mehr Bedeutung zuzumessen.

## 2 Bewertung der Deinkbarkeit (INGEDE-Methode 11)

Der Test zur Bewertung der Rezyklierbarkeit von Druckerzeugnissen ist mit den Parametern Deinkbarkeit und Stickypotenzial zweigeteilt (**Abb. 1**). Im Auftrag der INGEDE (Internationale Forschungsgemeinschaft Deinking-Technik e.V.) wurde zunächst ein Prüfverfahren entwickelt, mit dem die Deinkbarkeit als wichtigste Eigenschaft der Rezyklierbarkeit von grafischen Papierprodukten quantifiziert werden kann. Das Laborprozedere sieht nach einer beschleunigt durchgeführten Alterung des Testobjekts, die die klimatischen Einflüsse während des Gebrauchs simulieren soll, die Aufbereitungsstufen Zerfaserung und Flotation vor. Sowohl vom undeinkten wie

auch vom deinkten Stoff werden definierte Präparate hergestellt, an denen die optische Beurteilung des Testergebnisses anhand von fünf Bewertungsparametern vorgenommen wird /1/.



Der als INGEDE-Methode 11 /2/ erarbeitete Test wird derzeit mit den an der grafischen Papierkette beteiligten Firmen und Verbänden mit dem Ziel diskutiert, einen Konsens bezüglich der zu erreichenden numerischen Zielvorgaben als Minimalforderungen an die fünf Bewertungsparameter zu finden.

Fortsetzung hat die Thematik in der Erarbeitung einer weiteren Prüfung gefunden (INGEDE-Methode 12 /3/), die eine schnelle und aussagekräftige Information zum Stickypotenzial liefert, welches über Klebstoffapplikationen in den Aufbereitungsprozess eingetragen wird. Die Anforderungen an Klebstoffapplikationen bei der Herstellung von Druckerzeugnissen wurden in der Vergangenheit ausschließlich von Seiten der Papierverarbeitung formuliert. Mit der auf hohem quantitativen Niveau betriebenen Wiederverwertung wächst aber auch die Bedeutung der Rezyklierbarkeit der Applikationen als Produkteigenschaft. Klebstoffe, die in diesem Bereich zur Anwendung kommen, müssen sich somit auch durch Eigenschaften auszeichnen, die den erneuten Papierherstellungsprozess nicht stören. Störungen von Klebstoffapplikationen in Form von Stickys lassen sich immer dann am besten vermeiden, wenn es gelingt, derartige Partikel vollständig durch Sortierprozesse abzutrennen. Deswegen sollen Klebstofffilme während der Zerfaserung möglichst wenig zerkleinert werden.

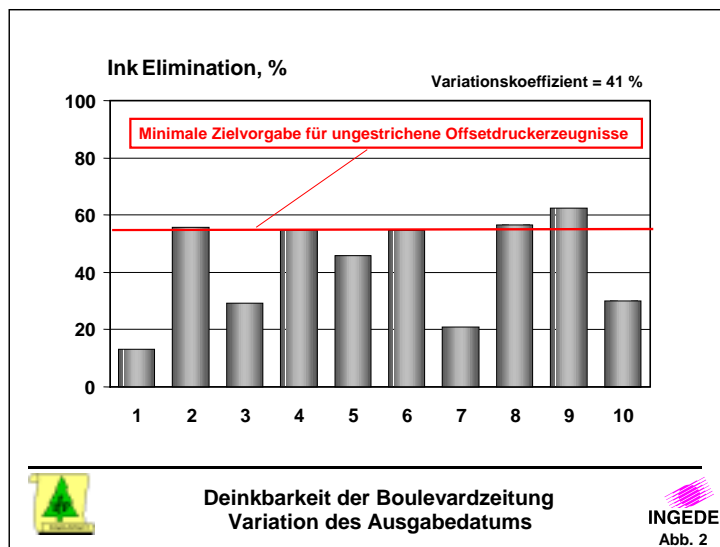
Entsprechend der Forderung, dass Klebstoffapplikationen generell mittels Sortierung abtrennbar sein sollen, werden die vom Druckerzeugnis separierten Klebstofffilme nach ihrer praxisnahen Zerkleinerung in einem Laborpulper einer Laborsortierung ausgesetzt und die Größenverteilung der abgetrennten klebenden Partikel (Makrostickys) ermittelt. Bei einem ausreichend großen Anteil an auch unter industriellen Bedingungen noch sortierbaren Stickys kann davon ausgegangen werden, dass aus ihrer Anwesenheit in der Deinkingware keine Probleme bei der Altpapieraufbereitung und der nachfolgenden Papierherstellung sowie Papierverarbeitung resultieren.

### 3 Ausgewählte Laborergebnisse zur Bewertung der Deinkbarkeit

#### 3.1 Einfluss der Druckfarbenmenge

Seit die INGEDE-Methode 11 entwickelt wurde, konnten bereits mehr als 150 – bevorzugt mengenrelevante – Druckerzeugnisse nach diesem Verfahren bewertet werden. Die immer wieder beobachtete große Schwankungsbreite der Prüfergebnisse von Zeitungen wurde seitens der Verleger häufig damit erklärt, dass der Bildanteil und damit die Druckfarbenmenge in Abhängigkeit vom Ausgabedatum und Zeitungsdesign starken Schwankungen unterliegen kann.

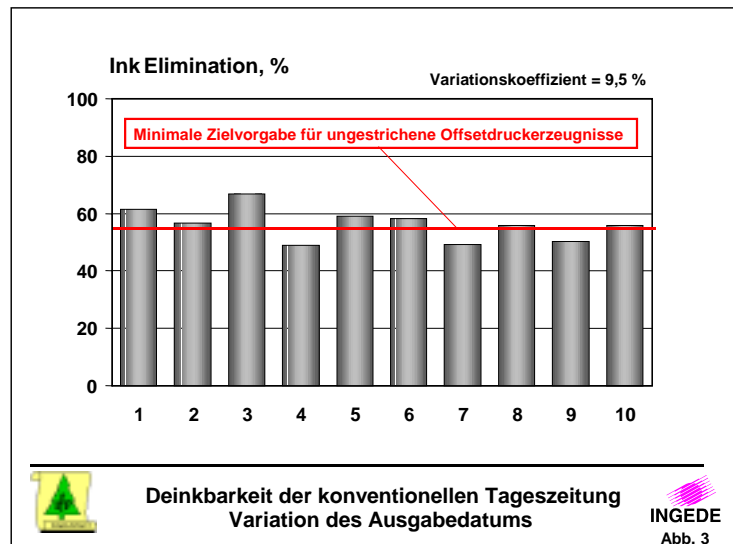
Deswegen sollte die Frage geklärt werden, ob es tatsächlich einen Einfluss der Bildgestaltung auf die Deinkbarkeit von Zeitungen gibt. Zu diesem Zweck wurden zwei auflagenstarke Tageszeitungen an zehn hintereinander folgenden Tagen am Zeitungskiosk gekauft, deren Bildanzahl und Bildgröße erfasst und anschließend nach INGEDE-Methode 11 deinkt. Beide Druckerzeugnisse unterscheiden sich dabei wesentlich in ihrer Gestaltung. Während die eine Zeitung als Vertreter der Boulevardpresse zahlreiche farbige Bilder aufweist, ist die andere den konventionellen Tageszeitungen zuzuordnen, bei denen trotz zunehmender Farbigkeit noch der schwarze Schriftsatz dominiert.



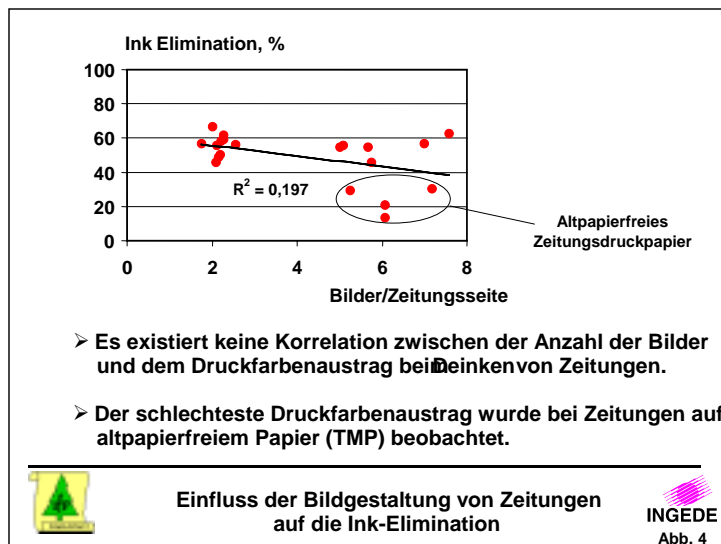
Dargestellt ist exemplarisch als einer der fünf Deinkbarkeitsparameter des Tests die Ink Elimination IE der zehn untersuchten Boulevardzeitungen, die den relativen Druckfarbenaustrag bei der Flotation beschreibt (**Abb. 2**). Der ausgewiesene Variationskoeffizient von 41 % belegt, dass die IE dieses Druckerzeugnisses in Abhängigkeit von der Ausgabe extremen Schwankungen unterliegt. Dabei variiert das

Bewertungsergebnis mit einem Wert von 13 % (Exemplar 1) von katastrophal bis gut, belegt durch eine IE von 62 % für Exemplar 9. Nur die Hälfte der untersuchten Exemplare erreicht den als minimale Zielvorgabe vorgeschlagenen Wert von 55 % (rote Linie), der sich aus der statistischen Vorhersage des Mittelwerts für ungestrichene Offsetdruckerzeugnisse ableitet /4/. Die andere Hälfte liegt dagegen zum Teil erheblich unter diesem Zielniveau.

Auch bei der konventionellen Tageszeitung zeigen sich erhebliche Schwankungen der IE in Abhängigkeit von der Ausgabe, die allerdings – wie der Variationskoeffizient von 9,5 % belegt – deutlich geringer ausfallen als bei der Boulevardzeitung (Abb. 3). Auch wenn keine extrem schlechten Deinkingergebnisse ermittelt wurden, so erreichen immerhin drei Exemplare nicht das gewünschte Zielniveau von 55 %.



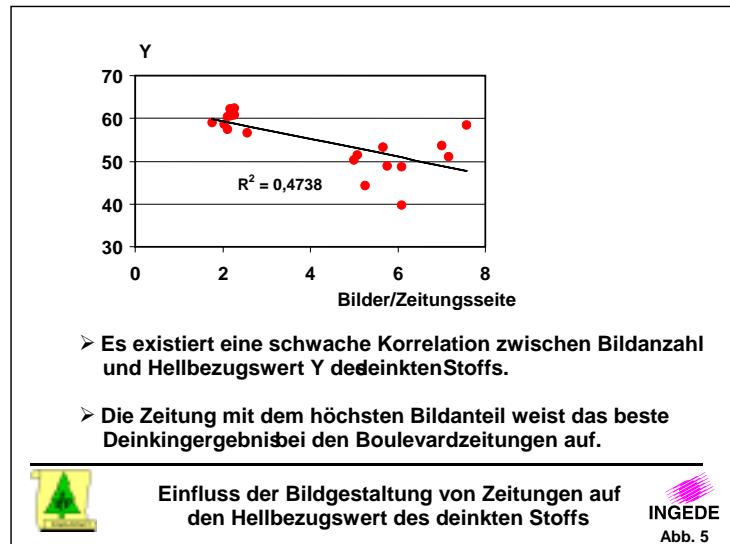
In Abb. 4 ist die Ink Elimination in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Bildanzahl pro Zeitungsseite dargestellt. Während bei den Exemplaren der konventionellen Zeitung der durchschnittliche Bildanteil pro Zeitungsseite nur geringfügig um den Wert 2 schwankt, besitzen die zehn Boulevardzeitungen einen etwa dreifach höheren Bildanteil, der im Fall der untersuchten Ausgaben zwischen 5 und 7,5 variiert.



Im Ergebnis der durchgeführten Korrelationsanalyse konnte kein Zusammenhang zwischen beiden Parametern festgestellt werden. Statt dessen wird mit dem Exemplar, welches den höchsten durchschnittlichen Bildanteil aufweist, eines der besten Deinkingergebnisse erzielt. Zudem wurde beobachtet, dass bei Verwendung altpapierfreier Zeitungsdruckpapiere tendenziell ein schlechterer Druck-

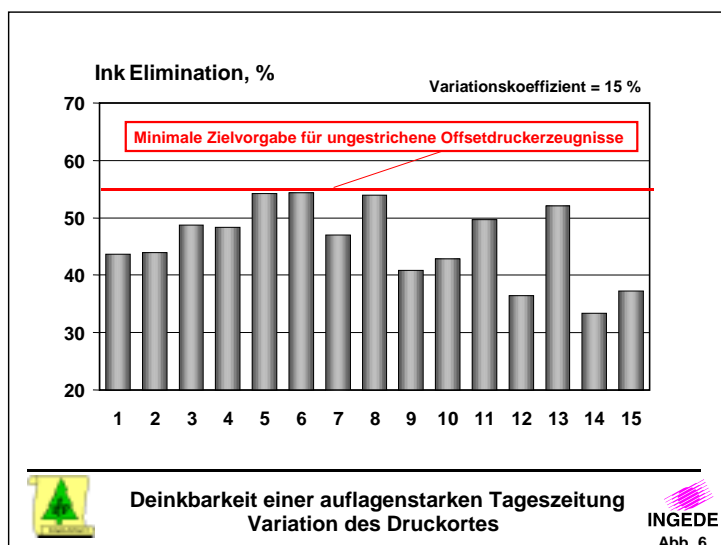
farbenaustrag ermittelt wurde, unabhängig von der Bildgestaltung der Zeitung. Dies lässt erkennen, dass andere Einflussfaktoren, die sich aus dem Zusammenwirken von Papier und Druckfarbe ergeben, den Druckfarbenaustrag sehr viel stärker prägen als die schwankende Druckfarbenaustattung infolge von Bildanzahl und -größe.

Wird der Hellbezugswert Y als Maß für eine hohes Reflexionsvermögen des deinkten Stoffs mit der durchschnittlichen Bildanzahl pro Zeitungsseite korreliert, dann lässt sich ein schwacher Zusammenhang zwischen beiden Parametern erkennen, der aus der absolut steigenden Druckfarbenmenge bei zunehmender Bildanzahl resultiert (**Abb. 5**). Dass die Bildgestaltung aber einen untergeordneten Einfluss auf die Helligkeit des deinkten Stoffs besitzt, belegt wiederum das Exemplar mit der höchsten Bildanzahl, bei dem im Vergleich zu den anderen Exemplaren der Boulevardzeitung die höchste Helligkeit des deinkten Stoffs infolge des besten Druckfarbenaustrags ermittelt wurde.



### 3.2 Einfluss des Druckortes

In weiteren Untersuchungen sollte die Frage geklärt werden, welchen Einfluss unterschiedliche Druckorte auf die Deinkbarkeit eines Druckerzeugnisses bei identischer Ausgabe ausüben können. Durch die Unterstützung eines großen Verlags konnte für die Untersuchung ein auflagenstarkes Druckerzeugnis mit identischem Ausgabedatum von insgesamt 15 verschiedenen Druckorten, wovon sich 5 außerhalb von Deutschland befinden, bereitgestellt werden.



Trotz identischen Ausgabedatums und des damit verbundenen identischen Bildumfangs schwanken die Bewertungsergebnisse, hier wiederum exemplarisch an der Ink Elimination demonstriert, in erheblichem Maße zwischen 33 % für das Exemplar 14 und 54 % für die Exemplare 5 und 6 (**Abb. 6**). Alle 15 Druckerzeugnisse liegen deutlich unter dem für ungestrichene Offsetdruckerzeugnisse gewünschten Zielniveau.

Welche Wechselwirkungen zwischen Papier und Druckfarbe die Deinkbarkeit von Zeitungen so dominant beeinflussen, kann derzeit noch nicht vollständig beantwortet werden. Dass in diesem Zusammenhang auch die Zusammensetzung des Papiers eine wichtige Rolle spielt, sollte jedoch auch die Papierhersteller stärker für die recyclinggerechte Gestaltung ihrer Produkte sensibilisieren.

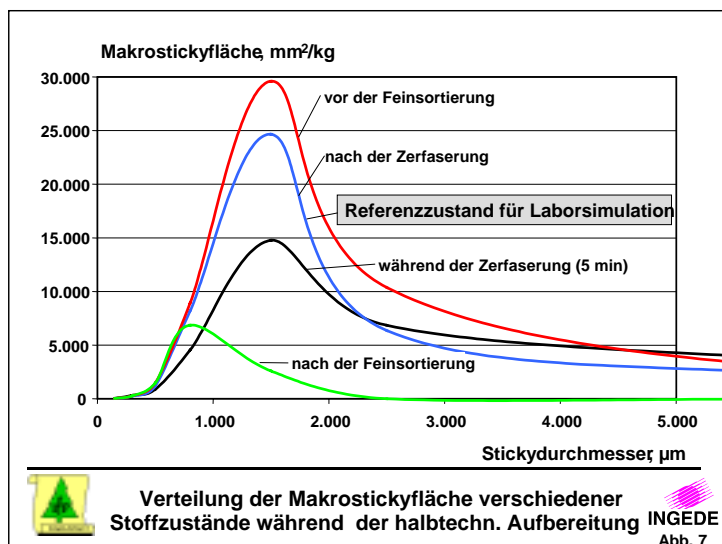
#### 4 Bewertung des Stickypotenzials (INGEDE-Methode 12)

Der ZELLCHEMING-Fachunterausschuss „Klebende Verunreinigungen/Recyclingkriterien der Altpapierverwertung“ veröffentlichte im letzten Jahr einige generelle Definitionen zum Sticky-Begriff. Demnach sind Stickys klebende Verunreinigungen, die aus dem Rohstoff Altpapier resultieren. Zu den wichtigsten Stickyquellen bei der Altpapieraufbereitung gehören Klebstoffapplikationen von Druckerzeugnissen. Um die aus ihrer Anwesenheit im Altpapierstoff resultierenden Probleme während der Papierherstellung und Papierverarbeitung zu vermeiden, müssen Stickys mittels Sortierung abtrennbar sein. Ihre möglichst vollständige Abtrennung kann aber nur dann gewährleistet werden, wenn sie groß genug sind, um von industriellen Sortiermaschinen zurückgehalten zu werden.

##### 4.1 Technikumsversuche

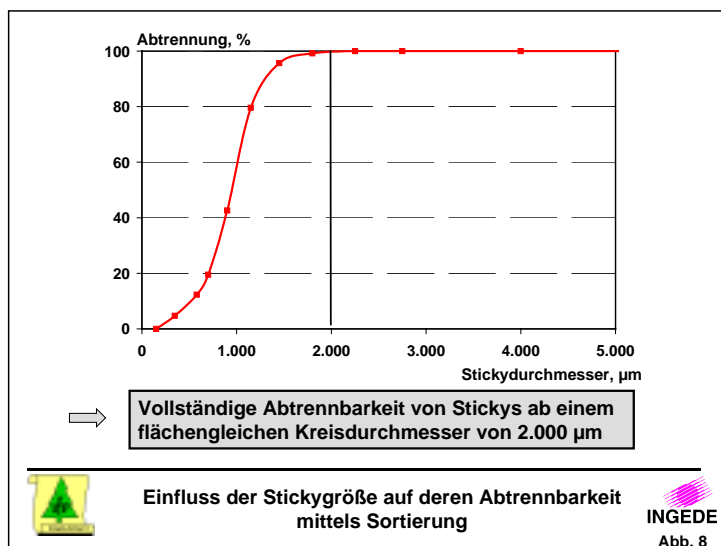
Wie groß Stickys sein müssen, um in industriellen Sortierern abgetrennt zu werden und welche Laborbedingungen am besten die industrielle Stickyfragmentierung simulieren, wurde durch halbtechnische Versuche im Technikum von Voith Paper in Ravensburg geklärt. Der stoffliche Eintrag setzte sich neben stickyfreiem Papier (Zeitungsdruckpapier aus 100 % TMP und LWC-Papier) aus einer Mischung von vier typischen Klebstoffapplikationen in Druckerzeugnissen mit einem Masseanteil von 0,57 % zusammen:

- Hotmelt, appliziert als Rückenverklebung von Katalogen (LWC-Papier)
- Dispersion, appliziert als Rückenverklebung von Katalogen (LWC-Papier)
- Dispersion, appliziert als dünner Klebstofffilm auf Zeitungsdruckpapier
- Dispersion, appliziert als Selbstklebeetikett auf LWC-Papier.



**Abb. 7** zeigt die Häufigkeitsverteilung der Makrostickyfläche für vier

verschiedene Stoffzustände während der halbtechnischen Aufbereitung. Bereits nach einer fünfminütigen Zerfaserung sind Teile der Klebstoffapplikationen soweit zerkleinert, dass sich ein breites Häufigkeitsmaximum um 1.500  $\mu\text{m}$  flächengleicher Kreisdurchmesser abzeichnet. Die aus der Zerkleinerung resultierende gesamte Makrostickyfläche, die sich als Integral der Verteilungsfunktion (schwarze Kurve) ergibt, beträgt zu diesem Zeitpunkt etwa 35.000  $\text{mm}^2/\text{kg}$ . Durch weitere mechanische Krafteinwirkungen und die damit einhergehende zunehmende Zerkleinerung größerer Filmfragmente erhöht sich bis zu Beginn der Feinsortierung die gesamte Stickyfläche auf über 50.000  $\text{mm}^2/\text{kg}$  (rote Kurve), ohne dabei jedoch die Verteilungsfunktion entlang der x-Achse zu verschieben. Eine Verschiebung des Häufigkeitsmaximums tritt erst infolge der gröÙenselektiven Abtrennung von Stickys in der Feinsortierung ein. Durch das bevorzugte Aussortieren größerer Stickys liegt das Maximum der Verteilung danach bei etwa 800  $\mu\text{m}$  flächengleicher Kreisdurchmesser (grüne Kurve).



Aus den beiden Verteilungsfunktionen, die den Zustand der Makrostickyfläche vor und nach der Feinsortierung beschreiben, wurde für jede Größenklasse der Wirkungsgrad der Stickyabtrennung in der mit 150  $\mu\text{m}$  weiten Schlitten ausgestatteten Feinsortierung ermittelt, der als Funktion der Stickygröße in **Abb. 8** dargestellt ist. Während Stickys mit einem flächengleichen Kreisdurchmesser um

500  $\mu\text{m}$  fast ungehindert die Schlitten passieren, steigt der Wirkungsgrad für Stickys um 1.000  $\mu\text{m}$  steil an, um dann für Partikel ab einem flächengleichen Kreisdurchmesser von 2.000  $\mu\text{m}$  eine vollständige Abtrennung auszuweisen.

Dies bedeutet, dass unter den gewählten Sortierbedingungen, die den Stand der Technik bei der Aufbereitung von Deinkingware für die Herstellung von grafischen Papieren repräsentieren, Stickys nach ihrer Präparation entsprechend INGEDE-Methode 4 /5/ bei der bildanalytischen Auswertung mindestens einen flächengleichen Kreisdurchmesser von 2 mm besitzen müssen, um industriell vollständig abgetrennt zu werden.

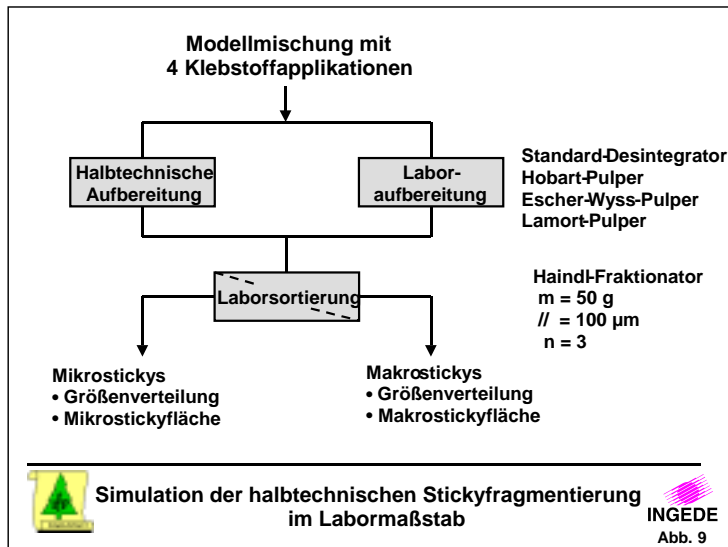
Es sind vor allem zwei Gründe zu nennen, die die vollständig abtrennbaren Stickys mit einem Mindestdurchmesser von 2 mm so groß erscheinen lassen. Zum einen handelt es sich um dreidimensionale Partikel, die im Fall der meisten Klebstoffapplikationen von Druckerzeugnissen nur eine Dicke besitzen, die unter der Schlitzweite von 150  $\mu\text{m}$  liegt. Derartig dünne Partikel passieren bis zu einer gewissen flächigen Ausdehnung problemlos die Öffnungen der Sortiermaschinen. Erst wenn das Teilchen aufgrund seiner Fläche zu sperrig wird, kann es zurückgehalten werden.

Zum anderen ist es mit den derzeitigen Messverfahren nicht möglich, die dreidimensionalen Abmessungen von Stickypartikeln zu erfassen. Eine Messung ist nur zweidimensional als flächengleicher Kreisdurchmesser nach der in INGEDE-Methode 4 beschriebenen Präparation möglich, die zum Spreiten des Stickypartikels infolge von Druck- und Temperatureinwirkung führen /6/. Sowohl in Abhängigkeit von der Dicke des Stickys als auch von seinem thermoplastischen Verhalten breitet sich seine Fläche aus und der Durchmesser nimmt zu. Da sich die Film-partikel in Abhängigkeit von ihrer chemischen Zusammensetzung dabei sehr unterschiedlich verhalten, kann zwischen Dicke und Flächenzunahme der Stickys keine Proportionalität festgestellt werden.

Aus dem angegebenen flächengleichen Kreisdurchmesser der bildanalytisch erfassten Stickyfläche lassen sich somit keine dreidimensionalen Abmessungen von Stickypartikeln abschätzen. Unabhängig davon – Stickys, die nach der Präparation einen flächengleichen Kreisdurchmesser von 2 mm aufweisen, werden entweder wegen ihrer Dicken- oder ihrer Flächenausdehnung von den 150  $\mu\text{m}$  weiten Schlitzten der Drucksortierer zurückgehalten.

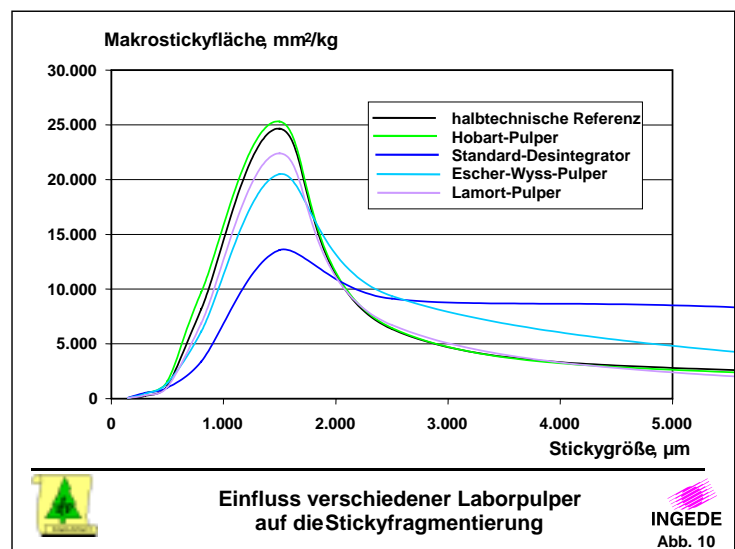
## **4.2 Laborsimulation der industriellen Stickyfragmentierung**

Zur Beantwortung der Frage, welche Laborbedingungen am besten die halbtechnische Stickyfragmentierung simulieren, wurden mit derselben Modellmischung, die auch im Technikumsversuch Verwendung fand, Laboruntersuchungen mit vier verschiedenen Laborpulvern durchgeführt (**Abb. 9**). Die Geräte wurden unter variablen Bedingungen getestet und die erzeugten Stickygrößenverteilungen des Rejekts und Akzepts der Laborsortierung mit der Referenzverteilung des halbtechnischen Versuchs verglichen. Zum Einsatz kamen folgende Geräte:



- Standard-Desintegrator (LC)
- Hobart-Pulper (HC)
- Escher-Wyss-Pulper (LC)
- Lamort-Pulper (MC).

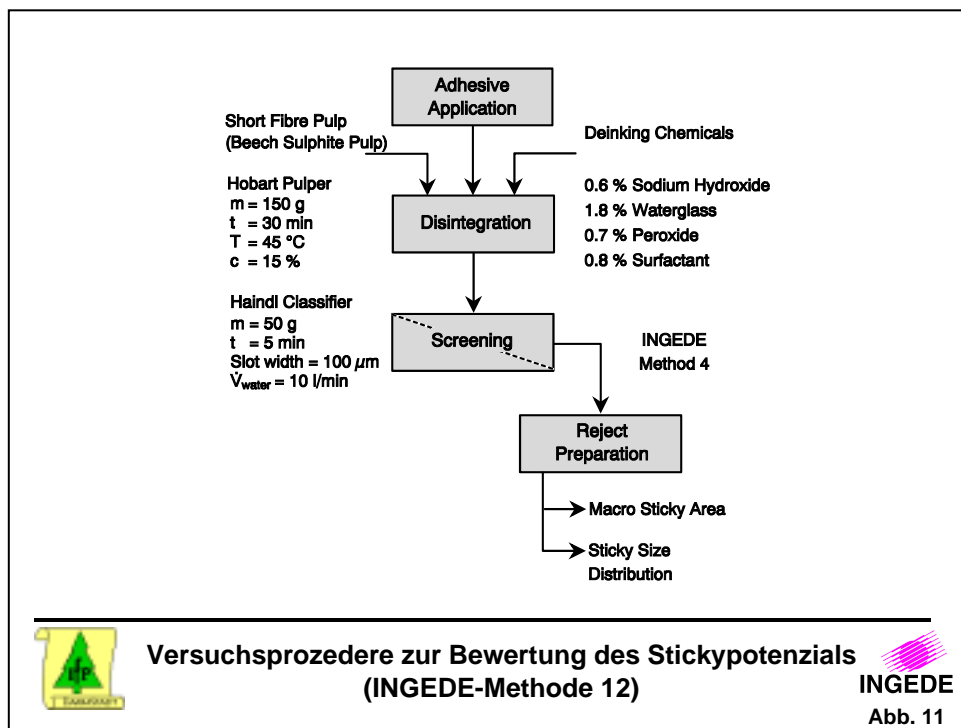
**Abb. 10** zeigt die Verteilungsfunktion der Makrostickyfläche ausgewählter Versuchsvarianten der Laborpulper im Vergleich zum Referenzverlauf des Technikumsversuch (schwarze Kurve). Nur der im HC-Bereich arbeitende Hobart-Pulper ist demnach in der Lage, die halbtechnische Stickyfragmentierung weitgehend im Labor zu simulieren, was sich in der Deckungsgleichheit der grünen und schwarzen Kurven widerspiegelt. Im Gegensatz dazu führt die Desintegration unter LC-Bedingungen (Standard-Desintegrator, Escher-Wyss-Pulper) zu deutlich größeren Stickypartikeln, was den höheren Verlauf der Funktionen ab einem flächengleichen Kreisdurchmesser von etwa 2.000 µm erklärt.



Aus den Ergebnissen der halbtechnischen Untersuchungen resultiert das in **Abb. 11** dargestellte Versuchsprozedere zur Bewertung des Fragmentierverhaltens von Klebstoffapplikationen, das als INGEDE-Methode 12 beschrieben ist. Die Prüfung umfasst folgende Verfahrensschritte:

- Zerfaserung der vom Druckerzeugnis separierten Klebstoffapplikation unter Zugabe von Kurzfasern-Zellstoff und Deinkingchemikalien

- Laborsortierung mit einem Haindl-Fraktionator bei Verwendung einer Schlitzplatte mit 100  $\mu\text{m}$  weiten Schlitzen zur Selektion der bei der Zerfaserung generierten Makrostickys
- Übertragung des Sortierrejekts auf ein weißes Papierfilter
- Visualisierung der Stickys entsprechend INGEDE-Methode 4 (Anfärben mit schwarzer Tinte und Markieren der klebenden Flächen mit weißem Korundpulver)
- Scannerbasierende bildanalytische Messung der weißen Stickyflächen auf schwarzem Hintergrund.

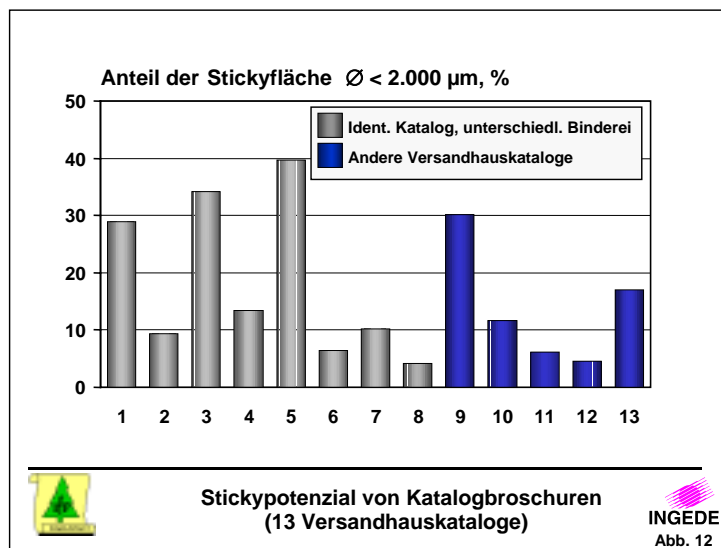


Im Ergebnis der Bildanalyse wird – basierend auf der relativen Größenverteilung der Makrostickyfläche sowie der absoluten Makrostickyfläche – die Bewertung des Fragmentierverhaltens der Klebstoffapplikation anhand von zwei Parametern vorgenommen: Flächenanteil an Makrostickys  $< 2.000 \mu\text{m}$  in Prozent, bezogen auf die gesamte Fläche der erfassten Makrostickys, und Gesamtfläche an Makrostickys  $< 2.000 \mu\text{m}$  in Quadratmillimetern. Beide Kenngrößen sollen so gering wie möglich ausfallen. Dabei wird jedoch keine numerische Grenze des zu erreichenden Stickygehalts als Stickyfläche festgelegt. Statt dessen wird die Bewertung des Prüfergebnisses anhand eines Vergleichs mit Referenzapplikationen vorgenommen.

## 5 Ausgewählte Laborergebnisse zur Bewertung des Stickypotenzials

### 5.1 Broschuren von Zeitschriften und Katalogen

Die größte Mengenrelevanz bei den Klebstoffapplikationen von Druckerzeugnissen besitzt die Broschur, die zum Binden von Zeitschriften und Versandhauskatalogen mit höherem Seitenumfang angewendet wird. Bisher wurde bei der aus einer Rücken- sowie einer Seitenverklebung



bestehenden Applikation davon ausgegangen, dass wegen der Dicke des Rückens und der damit einhergehenden mechanischen Stabilität des Films, die einer stärkeren Fragmentierung entgegenwirkt, eine nahezu vollständige Abtrennbarkeit gewährleistet werden kann. Dass dies nur bedingt der Fall ist, zeigen die in **Abb. 12** dargestellten Sortiererergebnisse von untersuchten Katalogbroschuren.

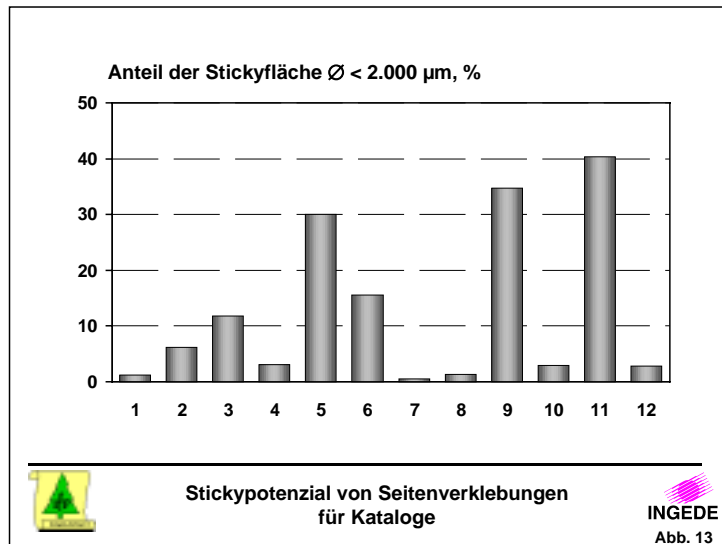
Dargestellt ist der Anteil der Makrostickys, die wegen ihrer Größe die Schlitzlöcher der Industriesortierung passieren können, die also nach der Präparation einen flächengleichen Kreisdurchmesser von weniger als 2 mm besitzen. Bei den grauen Säulen handelt es sich um Prüfergebnisse eines identischen Versandhauskatalogs, der lediglich in verschiedenen Bindereien gefertigt wurde. Die fünf blauen Säulen stellen Ergebnisse anderer typischer Versandhauskataloge dar.

Die Broschuren, die nach INGEDE-Methode 12 getestet wurden, fragmentieren in ein sehr unterschiedliches Stickyspektrum. Im Fall der identischen Kataloge schwankt der Anteil in einem weiten Bereich zwischen 4 % und 40 %, in dessen Folge wegen der erheblichen Klebstoffmasse, die für die Herstellung einer Broschur benötigt wird, ein dramatischer Unterschied in der Stickfracht des Gutstoff resultiert.

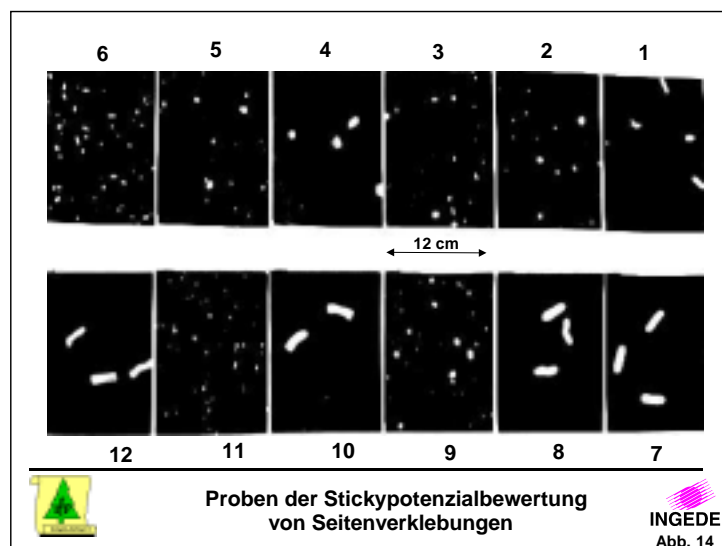
Während durch Broschuren, wie die der Exemplare 6, 8, 11 oder 12, kaum Probleme beim Recycling zu erwarten sind, dürften die der Exemplare 1, 3, 5 und 9 wohl nur bedingt industriell abtrennbar sein und somit als Störpotenzial im Prozess verbleiben.

## 5.2 Seitenverklebungen für Broschurbindungen

Werden nur Seitenverklebungen bewertet, wie im Fall der in **Abb. 13** dargestellten 12 Untersuchungsergebnisse, wird deutlich, woher das unterschiedliche Verhalten der Broschuren resultiert. Mit den Filmen 1, 7 und 8, aber auch 4, 10 und 12 sind Vertreter dabei, die sich ausgezeichnet



für den Recyclingprozess eignen. Dagegen generieren die Filme 5, 6, 9 und 11 so viele kleine Stickys, dass ihre Abtrennung in Industrieanlagen nur in begrenztem Maße möglich sein dürfte. Auf derartige Klebstoffsysteme sollte bei der Herstellung von Broschuren verzichtet werden.

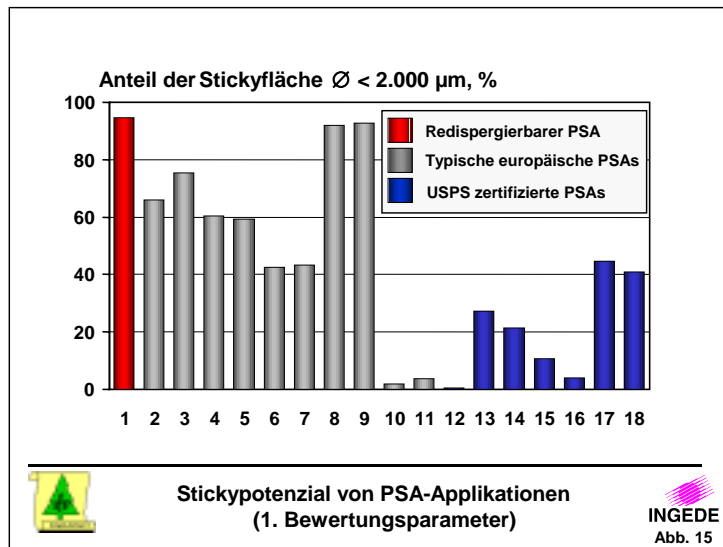


Verdeutlicht wird das unterschiedliche Stickygrößenspektrum der Seitenverklebungen durch die in **Abb. 14** dargestellten Aufnahmen der Präparate. Die weißen Flächen stellen die mit Korundpulver markierten Stickys auf dem schwarz angefärbten Papierfilter dar. Der deutlich höhere Anteil kleinerer Stickys, vor allem der Proben 5, 6, 9 und 11, kann sehr gut beobachtet werden.

## 5.3 Selbstklebeapplikationen (PSA)

In **Abb. 15** sind die Prüfergebnisse von 18 verschiedenen Selbstklebeapplikationen (PSA = Pressure Sensitive Adhesives) dargestellt, die sich in drei Gruppen einordnen lassen. Die erste Gruppe wird durch einen speziellen PSA vertreten, der mit redispersierbaren Eigenschaften ausgestattet wurde (rote Säule). In Folge dessen zerfällt der Klebstofffilm unter den angewandten Desintegrationsbedingungen fast vollständig in Stickys, die einen kleineren flächengleichen Kreisdurchmesser als  $2.000 \mu\text{m}$  aufweisen und damit nur bedingt bzw. überhaupt nicht mittels Sortierung abtrennbar sind. Die Klebstoffpartikel verbleiben somit in der Stoffsuspension und können

sowohl primär infolge ihrer hohen Adhäsionskraft, aber auch durch Sekundärreaktionen, z. B. mit chemischen Hilfsmitteln zu massiven Problemen an der Papiermaschine oder in den nachfolgenden Verarbeitungsstufen führen.



Die zweite Gruppe (blaue Säulen) umfasst sieben Produkte, die im Rahmen eines groß angelegten Forschungsprojekts der nordamerikanischen Post (USPS) als zertifizierte Klebstoffapplikationen, die für den Recyclingprozess geeignete sind, entwickelt wurden und ihre Anwendung u. a. als Briefmarke finden. Vor allem das erste Produkt (Probe 12) stellt in diesem Vergleich die positive Referenz dar, da nahezu alle bei der Zerkleinerung generierten Klebstoffpartikel deutlich größer als  $2.000 \mu\text{m}$  und damit unter industriellen Bedingungen vollständig abtrennbar sind. Mit diesem Testergebnis kann damit die besondere Eignung für den Recyclingprozess bestätigt werden. Auch wenn vier der zertifizierten PSAs zum Teil deutlich kleinere Stickys generieren (Probe 13, 14, 17 und 18), wird mit einem Anteil an Stickys  $< 2.000 \mu\text{m}$  von maximal 45 % im Vergleich zu einigen Vertretern der dritten Gruppe immer noch ein gutes Testergebnis erzielt.

Die ersten vier PSA-Applikationen der dritten Gruppe (graue Säulen) stellen die häufigsten Etiketten-Anwendungen auf dem europäischen Papiersektor dar. Die Filme zerfallen in so kleine Stickys, dass weniger als die Hälfte der gesamten Applikation in industriellen Sortierern abgetrennt werden kann. Dies erklärt die beobachtete Korrelation von Stickers (z. B. Ostern oder Weihnachten) in Zeitschriften und Bahnabrissen in altpapierverarbeitenden Papierfabriken.

Die ersten vier PSA-Applikationen der dritten Gruppe (graue Säulen) stellen die häufigsten Etiketten-Anwendungen auf dem europäischen Papiersektor dar. Die Filme zerfallen in so kleine Stickys, dass weniger als die Hälfte der gesamten Applikation in industriellen Sortierern abgetrennt werden kann. Dies erklärt die beobachtete Korrelation von Stickers (z. B. Ostern oder Weihnachten) in Zeitschriften und Bahnabrissen in altpapierverarbeitenden Papierfabriken.

Wie die Proben 10 und 11 belegen, existieren aber auch in Europa für diesen Anwendungsbereich Klebstoffsysteme, die sich hervorragend für den Recyclingprozess eignen. Dagegen sollten Etiketten, die mit Klebstofffilmen wie die der Proben 8 und 9 ausgestattet sind, keine Verbreitung als Papierverklebung finden. Derartige Systeme verhalten sich wie redispergierbare Klebstoffe und besitzen damit ein unberechenbares Störpotenzial für den Recyclingprozess.

## **6 Empfehlungen für die recyclinggerechte Gestaltung von Klebstoffapplikationen**

Aus den bisher gewonnenen Erkenntnissen lassen sich zur Verbesserung der Abtrennbarkeit von Stickys aus Klebstoffapplikationen folgende Empfehlungen ableiten:

- Klebstoffsysteme für Druckerzeugnisse sollten aus hoch kohäsiven Filmen bestehen, die z. B. durch hohe Erweichungspunkte der verwendeten Polymere oder durch chemische Vernetzung (z. B. UV-Systeme) erzielt werden. Aber auch harte Filme erhöhen die Stabilität der Applikationen und verbessern dadurch ihre Abtrennbarkeit.
- Je dicker Klebstoffe appliziert werden, um so stabiler sind ihre Filme bei der Altpapieraufbereitung /7/.
- Stickys, die aus Raupen- und Filmaufträgen resultieren, lassen sich aufgrund ihrer Dimensionen besser als die von Punktaufträgen abtrennen. Moderne Düsenauftragssysteme, die neben der Einsparung von Klebstoff auch eine schnellere und sauberere Verarbeitung gewährleisten, können dadurch die Rezyklierbarkeit negativ beeinflussen.

## **7 Zusammenfassung**

Mit den INGEDE-Methoden 11 und 12 stehen geeignete Prüfverfahren zur Verfügung, die eine praxisnahe Bewertung der Rezyklierbarkeit von grafischen Druckerzeugnissen gestatten. Aus den bisher gewonnenen Erkenntnissen zu den beiden Bewertungsparametern Deinkbarkeit und Stickypotenzial lassen sich schon jetzt Empfehlungen ableiten, die eine recyclinggerechte Gestaltung von Druckerzeugnissen fördern.

## **8 Dank**

Die Ergebnisse wurden im Rahmen von zwei Forschungsprojekten erarbeitet, die von der INGEDE finanziell gefördert und fachlich begleitet wurden. Die Autorin dankt zudem allen Firmen und Verlagen, die durch ihre großzügige Bereitstellung von Mustern die Arbeiten unterstützt haben.

## **9 Literatur**

- /1/ C. Ackermann, E. Hanecker: Methoden zur Bewertung der Deinkbarkeit – Wie wichtig ist eine Standardisierung?, Wochenblatt für Papierfabrikation 128 (2000), 11/12, 740-748
- /2/ INGEDE-Methode 11, [www.INGEDE.com](http://www.INGEDE.com)
- /3/ INGEDE-Methode 12, [www.INGEDE.com](http://www.INGEDE.com)

- /4/ C. Ackermann, H.-J. Putz, L. Götsching: Druckerzeugnisse auf dem Prüfstand – Prozesssimulierte Charakterisierung der Rezyklierbarkeit, ipw 3/2001, 48-53
- /5/ INGEDE-Methode 4, [www.INGEDE.com](http://www.INGEDE.com)
- /6/ C. Ackermann, H.-J. Putz, L. Götsching: INGEDE-Methode zur Bestimmung von Makrostickies in Deinkingstoffen, Das Papier 51 (1997), 6, 271-282
- /7/ C. Ackermann, H.-J. Putz, L. Götsching: Herkunft und Gehalt klebender Verunreinigungen in braunen Altpapierstoffen, Wochenblatt für Papierfabrikation 129 (2001), 8, 492-497