



Stand 29.04.2012 • Version 1.0

 **White Paper**  
**Das Recycling von  
Digitaldrucken**





## 1. Vorbemerkungen

Im Vergleich zum Frischfaserpapier ist Recyclingpapier in vieler Hinsicht die umweltfreundlichere Alternative. Zum einen wird der wertvolle Rohstoff Holz geschont. Zum anderen ist auch der Herstellungsprozess wesentlich energie- und ressourceneffizienter als bei Frischfaserpapier.

Um das Recyclingpapier hinsichtlich der Qualität, aber auch hinsichtlich des Preises zu optimieren, werden in der Herstellung verschiedene Sorten von Altpapier je nach zu erzielender Weiße und Qualität in unterschiedlichen Anteilen eingesetzt, Pappe und Kartonagen werden gesondert recycelt.

Druckereiabfälle zählen dabei generell zu den hochwertigen Sorten. Es wird vorwiegend relativ dickes Papier verwendet. Zudem haben die Papiere oft Randbeschnitt, der nicht bedruckt ist. Es befindet sich also meist wenig Farbe auf gutem Papier. Mit Altpapieren aus Druckereien wird insofern die Qualität, insbesondere der Weißgrad, des Recyclingpapiers aufgewertet.

Die Menge an bedrucktem Büropapier im Altpapier steigt jährlich um ca. 20 %. Bedruckt wurden diese Papiere überwiegend mit Non-Impact-Druckverfahren wie Laser- oder Inkjetdruck auf Desktop- oder Korridordruckern.

Der Anteil an hochvolumigen Digitaldrucken im Altpapier ist trotz der „digitalen Revolution“ dabei noch sehr gering geblieben. Mehr als 95 % des Gesamtaufkommens stammt aus dem Offset oder dem Tiefdruck. Zeitungen machen mit etwa der Hälfte des Volumens den größten Teil des Altpapiers aus.

## 2. Der Recyclingprozess

Vor dem eigentlichen Recycling muss das gesammelte Altpapier sortiert werden. Für das Deinking geeignete Sorten sind in einer Liste beschrieben. In einer Sortieranlage werden mechanisch und zuletzt manuell grobe Verunreinigungen entfernt und Papiere von Kartonagen und Pappe getrennt. Erste Station in der Papierfabrik ist dann das mechanische Zerkleinern. In der Auflöstrommel oder einem großen Bottich wird das Altpapier mit viel Wasser aufgelöst. Es entsteht eine Fasersuppe aus 99 % Wasser und einem Prozent Papierfasern. Dieser läuft durch hauchdünne Schlitzsiebe in der Trommelwand, welche grobe Verunreinigungen wie Plastikfolien, CDs, Warenproben, Drähte etc. herausfiltern.

In Europa nutzt man beim Papierrecycling weitestgehend geschlossene Wasserkreisläufe. Zwar wird ein Teil des Wassers mit den Fasern aus dem System entfernt und ein weiterer Teil geht durch Verdampfung verloren, doch der Großteil wird nach der Papierherstellung als Siebwasser wieder zurück zur Auflösung geführt. Die Abwärme aus der Papiermaschine wird über das Wasser, das zu Beginn des Kreislaufs zum Auflösen der Papierfasern verwendet wird, ebenfalls weiter genutzt. Das ist rohstoffsparend und energieeffizient.

Verschiedene Aggregate sollen die Papierfasern dann von den verschiedensten Verunreinigungen befreien. Heftklammern und andere Metalle werden beispielsweise noch einmal extra über einen Abscheider herausgefiltert. Was wirklich stört, sind viele Klebstoffapplikationen und daraus resultierende „Stickys“. Manche Klebstoffe lösen sich im Kreislaufwasser und kommen, wenn das Wasser verdampft wird, am Papiersieb wieder zum Vorschein – mit unangenehmen Folgen: Die klebrigen Ablagerungen am Sieb aus Adhäsionsklebstoffen führen zu Löchern bzw. dünnen Stellen in der Papierbahn. Da auf



dieser bei den Geschwindigkeiten der Fertigung eine ungeheure Spannung lastet, reichen bereits wenige solcher Fehlstellen aus, um ein Reißen zu forcieren.

Es gibt kaum ein Papierprodukt, bei dem das Verhältnis von Klebstoff zur Faser so ungünstig ausfällt, wie bei Kuverts. Sie werden an den Nähten zusammengeklebt, enthalten einen Adhäsionsverschluss, werden mit einer selbstklebenden Briefmarke und neuerdings auch immer öfter mit einem Adressetikett und anderen Aufklebern ausgestattet. Eine Schweizer Papierfabrik hat eine Zeitlang regelmäßig sämtliche Briefumschläge aus dem Altpapier herausgesucht und dabei signifikant weniger Abrisse festgestellt. Seitdem gehören in der Schweiz Kuverts nicht mehr ins Altpapier.

Give-aways dagegen werden in der Regel mit Hotmelts aufgespendet, die sich im Gegensatz zu vielen Adhäsionsklebern leicht absieben lassen.

### 3. Die Flotation

Die Flotation ist der grundlegende Schritt für das Entfernen der Druckfarbe. Die Farbpartikel werden mit Wasser, Seife und Natronlauge abgelöst. Die Faser quillt auf und die Farbpartikel platzen ab. Gleichzeitig entstehen durch das Einblasen von Luft in das Wasser/Faser-Gemisch mit der Seife Luftblasen, an die sich die hydrophoben Farbpartikel aus Pigmenten und Bindemittel anheften. Die Luftblasen tragen die Farbpartikel an die Oberfläche, wo sie als dunkler Schaum aus Seife, Fasern und Druckfarbe abgeschöpft werden. Dieses Verfahren funktioniert allerdings nur für hydrophobe Farbpartikel in einer Größe von 10 bis 100 µm. Sind die Farbpartikel kleiner oder größer, dann haften sie entweder nur schlecht an den Luftblasen oder sind zu schwer, um nach oben getragen zu werden.

Für Zeitungsdruckpapiere oder andere grafische Papiere gibt es derzeit keine umweltfreundliche Alternative zur Flotation. Die sogenannte Wäsche wird lediglich für Hygienepapiere/Tissue eingesetzt. Dort werden die langen Fasern freigelegt, indem die anderen Bestandteile in einer Siebtrommel mit viel Wasser herausgespült werden. Über dieses Waschverfahren wird in den USA zwar zum Teil auch deinkt, der Preis dafür sind aber hohe Kosten, zum einen für die Umwelt durch die Verschwendung von Frischwasser, zum anderen für die Papierfabriken, die viel höhere Faserverluste und deutlich höhere Energie- und Wasserverbräuche haben.

### 4. Das Bleichen

Standardqualitäten von Recyclingpapieren werden ohne Bleiche hergestellt. Erst wenn auf hohe Weißgrade des resultierenden Papiers abgezielt wird, nutzen Deinkinganlagen eine Bleichstufe. So ist beispielsweise eine Bleiche der Papierfasern mit Peroxid oder Dithionit bei der Herstellung von Standard-Zeitungsdruckpapier kein üblicher Verfahrensbestandteil, wird jedoch häufig für grafische Papiere eingesetzt, um höhere Helligkeiten zu erreichen. Mit Wasserstoffperoxid lässt sich nämlich die durch die Natronlauge bedingte Vergilbung der Papierfasern kompensieren. Die Reste der Bleichmittel müssen aber aus eventuellen Abwässern entfernt werden – allein um diesen Nebeneffekt zu minimieren oder gar auszuschalten, wird in diesem Bereich nach wie vor viel geforscht.



Auch Druckmaschinenhersteller beteiligen sich an diesen Forschungstätigkeiten. So hat die Vereinigung der Hersteller von hochproduktiven InkJet-Systemen DPDA vor diesem Hintergrund eine Studie mit Dithionit-Bleiche durchgeführt. Es besteht jedoch auch bei der DPDA die grundsätzliche Forderung, dass zusätzliches Bleichen weitgehend vermieden werden sollte, um auf weitere Kosten sowie eine Umweltbelastung durch Chemikalien zu verzichten.

### 5. Deinkbarkeit – zentraler Aspekt des Papierrecyclings

Die Deinkbarkeit von Digitaldrucken ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Dazu zählen das Papier, die Farbe und das Druckverfahren sowie eventuelle Beschichtungen des Substrates. Zudem werden diese Faktoren wiederum von chemischen Zusatzstoffen beeinflusst.

Um die Deinkbarkeit von Druckprodukten zu testen, wurde die INGEDE-Methode 11 entwickelt. INGEDE ist die Internationale Forschungsgemeinschaft Deinking-Technik. Bei dieser Methode werden nicht wie im realen Deinkingprozess Mischungen von verschiedenen Druckproben analysiert, sondern mit Proben von nur mit einem Druckverfahren erstellten Printprodukten unter standardisierten Bedingungen die beiden Kernprozesse, die Ablösung der Druckfarbe sowie die Entfernung der Farbe aus dem System mithilfe der Flotation simuliert. Variiert werden können hier das Papier, das Coating, die Druckfarbe, Zusätze wie Primer und gelegentlich auch die Flächendeckung.

Es gibt insgesamt fünf Messparameter, die für die Beurteilung herangezogen werden:

- Der Hellbezugswert Y (Helligkeit im relativen Vergleich zu idealem Schwarz und idealem Weiß) sollte mindestens 47 Punkte betragen. Hier gibt es unterschiedliche Ansprüche je nach Kategorie: Gestrichene Magazinpapiere sollten nach dem Deinken noch einen Hellbezugswert von mindestens 75 Punkten aufweisen. Für den Zeitungsdruck, bei dem die Ausgangshelligkeit deutlich geringer ist, reichen mindestens 60 Punkte.
- Die Druckfarbenentfernung IE (Verhältnis von tatsächlich entfernter zur maximal entfernbaren Druckfarbe) sollte über 40 % liegen. Auch hier gibt es unterschiedliche Grenzen für unterschiedliche Kategorien. So liegt der Richtwert für den Zeitungsdruck und ungestrichene Magazinpapiere bei 70 und für gestrichene Magazinpapiere bei 75 Prozent.
- Die Schmutzpunktfläche A (optische Sauberkeit) sollte nicht größer sein als 2.000 mm<sup>2</sup> pro m<sup>2</sup> bei Partikeln größer als 50 µm bzw. 600 mm<sup>2</sup> pro m<sup>2</sup> bei Partikeln größer als 250 µm.
- Der Farbort a\* sollte zwischen -3,0 und 2,0 liegen.
- Die Filtratverdunkelung ΔY sollte 18 Punkte nicht überschreiten.

Die Qualität des Recyclingpapiers wird dabei vom Hellbezugswert, der Schmutzpunktfläche und dem Farbort direkt bestimmt.

Die Messergebnisse werden anhand der Schwellen- bzw. Zielgrenzen bewertet und entsprechend der Vorgaben des ERPC (European Recovered Paper Council) in „Deinkbarkeitspunkte“ umgerechnet. Werden die Zielwerte erreicht oder überschritten, werden 100 Punkte vergeben. Bei einer guten Deinkbarkeit müssen zumindest 71 Punkte erreicht werden. Wird dagegen zumindest ein Schwellenwert nicht



überschritten, ist der Druck ‚nicht zum Deinking geeignet‘. Vor Kurzem wurde auch eine Korrektur des pH-Werts integriert.

Die Methode 11 wird zumindest für wasserbasierte Farben von einigen Druckmaschinenherstellern infrage gestellt. Die DPDA kritisiert einige Aspekte der Methode 11, insbesondere aber, dass sie im Labormaßstab durchgeführt wird. Der Recyclingprozess werde auf dem einfachst denkbaren Niveau standardisiert und idealisiert ausgetestet und entspreche nicht der industriellen Realität. Ein wichtiges Zielkriterium des Deinkens ist das Erreichen eines bestimmten Helligkeitsgrads des Recyclingpapiers nach einem nur einmaligen Flotationsprozess. Dazu prüft die Labormethode 100 Prozent des mit einem bestimmten Verfahren bedruckten Papiers in einer bestimmten Papier-Farbe-Kombination. In der Praxis liegt dagegen mit dem Altpapier ein Gemisch verschiedener Druckerzeugnisse vor, die mit verschiedenen Techniken auf unterschiedlichen Papieren gedruckt wurden. Der Test soll zeigen, so die INGEDE, welche Ansprüche ein einzelnes Druckerzeugnis an den Prozess stellt.

Tatsächlich ist die Methode 11 ein Schnelltest, der das Druckprodukt und damit elementare Eigenheiten von Recyclinganlagen simuliert und darüber Anforderungen an das Recycling untersucht. Damit wird die Methode 11 praktikabel. Die Tests benötigen deutlich weniger Material und weniger Zeit als Pilotversuche. Entsprechend sind die Tests mit unter 700 Euro auch deutlich kostengünstiger.

## 6. Toner und Inkjet

Die Deinkbarkeit von Inkjetdrucken wird über die Papierwahl und die Wahl der Druckfarbe und gegebenenfalls auch eines Primers beeinflusst. Einige Papiere absorbieren beispielsweise Tinten oder Druckfarben stärker. Bei gestrichenen Papieren lässt sich die Farbe grundsätzlich leichter ablösen. Der Grund ist, dass sie hier nicht im direkten Kontakt zur Faser steht, sondern auf dem Strich liegt. Anders herum kann es natürlich passieren, dass ungestrichene Papiere durch die Mechanik Farben besser freisetzen.

Tonerdrucke, insbesondere von schnell laufenden Produktionsmaschinen, sind unproblematisch deinkbar. Mit Trockentoner bedruckte Papiere liefern sogar einen positiven Beitrag für die Hochwertigkeit von Recyclingpapier. Zum einen lässt er sich anstandslos deinken. Zum anderen werden überwiegend dickere und hochwertige Papiere verwendet.

Bei Inkjet-Druckfarben sind dagegen die wichtigen Anforderungen an eine Druckfarbe für gute Deinkbarkeit nicht gegeben: hydrophobe Partikel einer bestimmten Mindestgröße. Im Labormaßstab und mit der Methode 11 werden regelmäßig farbstichige Recyclingpapiere gefunden, wenn von 100 Prozent Papiereintrag mit nur einem Druckverfahren auf nur einer Papierqualität ausgegangen wird.

Die erste Analyse dieses Phänomens liefert eine einfache Erklärung: Bei manchen Papieren, namentlich bei ungestrichenen Papieren lösen sich wasserlösliche Farben auch im Wasser des Recyclingprozesses. Diese Farben werden nicht im Flotationsschritt ausgetragen – das Wasser wird folglich leicht farbig und die Farbe bleibt im Prozess. Es kann also sein, dass die Papierfasern einen leichten Farbstich bekommen. Das wäre kein Problem, wenn das Ziel des Recyclingprozesses die Herstellung von Karton, Wellpappe oder Papier mit normalem oder mittlerem Weißgrad sind und nur geringe Mengen wasserlöslicher Farben eingetragen werden.



Die Deinkbarkeit hängt in hohem Maß auch von der genutzten Tinten-Papier-Kombination ab. Im wasserbasierten Inkjet gibt es grundsätzlich zwei Farbsysteme: pigmentierte Tinten und wasserlösliche Farbstoffe.

- Bei pigmentierten Tinten liegt der Durchmesser der Farbpartikel im Nanometerbereich. Mit weniger als 3  $\mu\text{m}$  lassen sie sich nicht heraus sieben. Diese Teilchen sind außerdem hydrophil, haften also bei der Flotation nicht an den Luftblasen. Stattdessen nisten sich die wasserlöslichen Farbpartikel mancher Farben bei bestimmten Papieren teilweise in den kleinen Hohlräumen der Fasern ein oder setzten sich auf der Faseroberfläche fest.
- Wasserlösliche Tinten färben wie Tinte aus einem Schulfüller das Wasser bunt und ziehen in Folge auch in die Papierfasern ein.

Die Probleme können durch die geschlossenen Wasserkreisläufe der Papierherstellung ausgeprägter werden. Gerade die wasserlöslichen Farben bleiben im System enthalten und reichern sich kontinuierlich an, wenn entsprechend viele Inkjetdrucke mit ungünstigen Papier-Tinte-Kombinationen recycelt werden. In solchen Fällen führt der Weg aus dem Kreislauf über die Papierfaser und eine Klärung des Wassers. Das Resultat sind Verfärbungen des Recyclingpapiers. Nach den Kriterien des ERCP ist ein Recyklieren von Drucken mit wasserlöslichen Farbstofftinten in Kombination mit holzfreien und ungestrichenen Papieren schwierig, insbesondere, wenn man hohe Ansprüche an den Weißgrad des resultierenden Papiers hat. Die Erzeugung von Recyclingpapier für Kartonagen oder Wellpappen ist dagegen unkompliziert und immer möglich.

In den letzten sechs Jahren nimmt die Helligkeit im Altpapierrohstoff graduell immer weiter ab. Genauer gesagt wird die Filtratverdunkelung  $\Delta Y$ , der Laborparameter, der die Färbung des Kreislaufwassers in der Papierfabrik abbildet, immer höher. Die Anteile an Inkjetdrucken im Altpapier und die damit verbundenen Verunreinigungen sind jedoch zurzeit noch zu gering, um zu gravierenderen Konsequenzen zu führen. Laut InfoTrends beträgt der Anteil des Inkjets am gesamten Digitaldruckvolumen etwa 7% und wird bis 2015 auf 13% ansteigen. Insofern kann der Anteil an Inkjet-Drucken am Altpapieraufkommen von zurzeit 0,05% bis dahin auf 0,5% ansteigen, wobei ein Großteil aus Büroanwendungen und nicht aus dem Produktionsdruck stammt.

Die INGEDE sieht einen kritischen Anteil von zwei Prozent an Inkjetdrucken im verwendeten Altpapier, der die Charge für das Recycling unbrauchbar machen würde, weil diese bereits zu Problemen hinsichtlich einer messbaren Filtratverdunkelung führen. Eine Studie des Centre Technique du Papier (CTP) in Grenoble kam 2001 zu dem Schluss, dass bei einem Inkjet-Anteil von über 10 Prozent der Weißgrad (ISO) die Zielgröße von 58% unterschreitet und somit für den Zeitungsdruck inakzeptabel wäre.

Die DPDA schätzt auf Grundlage des InfoTrends Reports, dass die Volumenanteile jetzt und auch in der näheren Zukunft so gering bleiben, dass auch weiterhin keine Deinkingprobleme auftreten. Dennoch



arbeitet die Industrie an optimierten Tinten, Papieren und Verfahren, um auch bei weiterem Wachstum das Papierrecycling nicht zu behindern.

Solche Lösungen gibt es jetzt schon zum Beispiel bei der JetPress 720 von Fujifilm. Um eine bessere Bildqualität zu erzielen, wurde für diese Maschine eine spezielle Technik entwickelt. Bevor die pigmentierte Tinte aufgebracht wird, kommt ein Primer zum Einsatz, der als Fällungsmittel wirkt. Wird die Tinte in diesen feuchten Primer gespritzt, koaguliert sie sofort. Durch die Aggregation entstehen größere Pigmentpartikel. Dadurch wird nicht nur das Ausbluten verhindert, sondern auch die Rezyklierbarkeit verbessert.

Bei der Solid Ink Technologie von Xerox werden wachsbasierte, also hydrophobe Tinten in der Druckmaschine durch Wärme aufgeschmolzen und durch die Düsen des Druckkopfs gepresst. In dem Moment, in dem die Tropfen auf dem Papier aufschlagen, sind sie aber bereits nicht mehr ganz flüssig. Somit dringen sie nicht in die Papierfaser ein, sondern sitzen auf der Oberfläche auf.

Auch mit harzbasierenden Tinten gibt es bereits Versuche. Hier werden wir auf der drupa bestimmt Neuigkeiten zu sehen sein.

### 7. HP Elektroink

Bezüglich der Deinkbarkeit von HP Elektroink nehmen der Hersteller HP und die INGEDE grundsätzlich zwei unterschiedliche Positionen ein. Während HP angibt, dass die Deinkbarkeit der Elektroink in etwa der eines Trockentoners entspricht, sieht die INGEDE Flüssigtoner als derzeit eine der hartnäckigsten Quellen für Schmutzpunkte in Recyclingpapieren.

Beim Auflösen der Fasern in den Pulpern bleiben bei Indigo-Drucken hauchdünne Fetzchen von HP Elektroink zurück, die durch die Schlitzsiebe hindurch gleiten. Sie wären zwar groß genug, sind aber hauchdünn und flexibel und können deshalb mit den Sieben nicht ausreichend abgetrennt werden. Für die Flotation wiederum sind sie zu groß und zu schwer, so dass sie nicht an den Luftblasen haften bleiben.

In einer Deinkinganlage in Europa mit zwei Flotationsstufen und zwei Dispergern kam es im August 2010 beim Rezyklieren von Altpapierfasern zu einer deutlichen Erhöhung von unlöslichen sichtbaren Verunreinigungen – sogenannten Schmutzpunkten. Letztendlich wurden sieben Rollen zu je 20 Tonnen Papier Recyclingpapier unverkäuflich. Der Schaden lag bei über 100.000 Euro sowie weiteren Kosten durch Stillstandzeiten. Als das Limit für Schmutzpunkte in der Produktion überschritten wurde, untersuchten die Mitarbeiter das Altpapierlager nach möglichen Quellen für die Störung. Als Verursacher wurden dabei die Indigo-Drucke einer Fotobuchdruckerei identifiziert.

In der Regel sind Digitaldrucke in kleineren Anteilen im Gesamtvolumen vorhanden. Bei Druckereiabfällen können allerdings größere Mengen auf einmal anfallen. Die Papierfabrik mischt die angekauften Rohstoffe je nach Qualität. Die Indigomakulatur, die als Sorte „Multidruck“ (3.10) angekauft worden war, machte etwa 3% des eingesetzten Rohstoffs aus. Aufgrund des hohen Anteils und der hohen Flächendeckung im Fotodruck kamen die Schmutzpunkte deutlich über das tolerierbare Limit hinaus. Die betroffene Papierfabrik informierte umgehend den Altpapierhandel, so dass Indigo-Makulatur nur noch für die Verwendung in Karton bzw. Wellpappenrohware eingesetzt wird – ein schon bei UV-Makulatur



praktiziertes Mittel, um Rezyklierbarkeit der Reste sicherzustellen, ohne die Verwendung des übrigen grafischen Altpapiers zu erschweren.

### Deinkbarkeit als Voraussetzung für Umweltsiegel

Für die Beschaffung – und das gilt vor allem auch für den öffentlichen Sektor – sind Umweltzeichen inzwischen ein wichtiges Kriterium. Trotzdem gibt es gerade für Digitaldrucke bisher keine Kennzeichnung der Rezyklierbarkeit. Anders sieht das in Österreich aus. Hier erfordert das österreichische Umweltzeichen die Deinkbarkeit von Druckprodukten. Ist ein Druckerzeugnis mit dem Österreichischen Umweltzeichen gekennzeichnet, kann der Verbraucher davon ausgehen, dass es regelgerecht deinkt werden kann.

Auch das gerade von der EU beschlossene Europäische Umweltzeichen für Druckprodukte sieht in den letzten Entwürfen Deinkbarkeit als eines der Vergabekriterien an. Und auch der gerade angedachte Blaue Engel für Druckerzeugnisse wird auf jeden Fall Deinkbarkeit voraussetzen.

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz, das klare Begriffsdefinitionen, Grundsätze und Verpflichtungen zur Abfallvermeidung und Abfallbewirtschaftung, aber auch zur Produktverantwortung definiert, legt fest, dass der gesamte Prozess inklusive der verwendeten Druckverfahren und -farben einbezogen werden muss, um einen funktionierenden Kreislauf gewährleisten zu können. Wenn Druckverfahren also dazu führen, dass grafisches Altpapier als wichtiger Wertstoff nicht mehr in den Kreislauf geführt werden kann (Deinking), um mit aktuell auf dem Markt verfügbaren Verfahren ressourcenschonend wieder grafische Papiere daraus herzustellen, muss eine Anpassung der Druckverfahren bewirkt werden. Denn sonst müsste man auf primäre Fasern zurückgreifen.

Fachverband Medienproduktions e.V. (f:mp.)  
**MediaMundo**

Waldbornstraße 50  
56856 Zell/Mosel  
fon +49 (65 42) 54 52  
fax +49 (65 42) 54 22  
info@f-mp.de  
www.mediamundo.biz