

Schlussbericht

zu IGF-Vorhaben Nr. BG 19080

Thema

Verminderung des Eintrags von Mineralöl in den Altpapierkreislauf durch den Einsatz von mineralölfreien, deinkbaren Druckfarben im (Coldset) Offsetdruck

Berichtszeitraum

01.04.2016 - 31.03.2018

Forschungsvereinigung

PTS - Papiertechnische Stiftung [Erstzuwendungsempfänger laut Zuwendungsbescheid]

Forschungsstelle(n)

PTI - Papiertechnisches Institut

SID - Sächsisches Institut für die Druckindustrie GmbH

München, 31.03.2018



Dr. Elisabeth Hanecker

Leipzig, 31.03.2018



Dipl.-Ing. (FH) Carolin Sommerer

Ort, Datum

Name und Unterschrift aller Projektleiter der Forschungsstelle(n)

Gefördert durch:



**PTS-Abschlussbericht
zum Forschungsvorhaben**

PTS-IGF 19080BG

„Mineralölfreie Druckfarben“

Verminderung des Eintrags von Mineralöl in den Altpapierkreislauf durch den Einsatz von mineralölfreien, deinkbaren Druckfarben im (Coldset) Offsetdruck

**VERMINDERUNG DES EINTRAGS VON MINERALÖL IN DEN ALT-
PAPIERKREISLAUF DURCH DEN EINSATZ VON MINERALÖL-
FREIEN, DEINKBAREN DRUCKFARBEN IM (COLDSET) OFFSET-
DRUCK**

FORSCHUNGSSTELLE 1:

Papiertechnisches Institut – PTS-PTI, München
Leiter der Forschungsstelle: Prof. Dr. Frank Miletzky
Projektleiter: Dr. Elisabeth Hanecker

FORSCHUNGSSTELLE 2:

SID - Sächsisches Institut für die Druckindustrie GmbH
Leiter der Forschungsstelle: Dr.-Ing. Jürgen Stopporka
Projektleiter: Dipl.-Ing.(FH) Carolin Sommerer

LAUFZEIT: 01.04.2016 – 31.03.2018

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Zusammenfassung	3
2 Wissenschaftlich- technische und wirtschaftliche Problemstellung	5
2.1 Stand der Forschung und Entwicklung	8
2.1.1 Altpapiereinsatz	8
2.1.2 Deinkbarkeit	9
2.1.3 Bestandsaufnahme der Deinkbarkeit von Druckprodukten	10
3 Forschungsziel	14
4 Gesamtvorgehen	14
5 Material und Methoden inkl. Projektbegleitung	16
5.1 Vorhabensbezogene Leistungen der Industrie – vAWs	16
5.1.1 Sachleistungen	16
5.1.2 Dienstleistungen	16
5.1.3 Projektbegleitender Ausschuss	16
5.2 Versuchsdurchführung	17
5.2.1 Bewertung der Verdruckbarkeit (SID)	17
5.2.2 Prüfung der Deinkbarkeit nach INGEDE Methode 11	17
5.2.3 Praxisversuche auf industrieller Rollenoffsetmaschine	20
6 Methodenbewertung (vgl. Arbeitspaket 1)	20
6.1 Vorgehen	20
6.2 Bewertung der Verdruckbarkeit	22
6.3 Ergebnis der Deinkbarkeitsprüfung	26
6.4 Methodenanpassung	29
6.5 Fazit	30
7 Druckversuche mit Modelldruckfarben (vgl. Arbeitspakete 2 und 3)	31
7.1 Druckversuche mit Modelldruckfarben	32
7.1.1 Verdruckbarkeitsuntersuchung	32
7.1.2 Deinkbarkeitsbewertung	34
7.2 Fazit	40
8 Auswahl geeigneter Materialkombinationen und Praxisversuche auf industrieller Rollenoffsetmaschine (vgl. Arbeitspaket 4 und 5)	40
Im Rahmen dieses Arbeitspaketes erfolgte eine Auswertung der aus den Arbeitspaketen 1 und 3 vorliegenden Daten sowie Druckversuche mit weiteren Modelldruckfarben, die einen Vergleich zwischen mineralöhlhaltigen und mineralölfreien Druckfarben ermöglichen sollten.	40
8.1 Druckversuche mit weiteren Modelldruckfarben	40
8.1.1 Deinkbarkeitsbewertung	42
8.2 Auswahl geeigneter Materialkombinationen und Praxisversuche auf industrieller Rollenoffsetmaschine	49

9	Empfehlungen (vgl. Arbeitspaket 6)	54
10	Auswertung und Bewertung (vgl. Arbeitspaket 7)	55
11	Koordination der Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern	58
12	Gegenüberstellung der Ergebnisse den Zielen inkl. Diskussion der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	59
13	Maßnahmen zum Transfer der Forschungsergebnisse	62
13.1	Spezifische Transfermaßnahmen während der Laufzeit des Vorhabens.....	62
13.2	Geplante spezifische Transfermaßnahmen nach Abschluss des Vorhabens:.....	63
14	Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (kmU)	65
14.1	Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzung der erzielten Forschungsergebnisse für kleine und mittlere Unternehmen kmU	65
14.2	Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der kleinen und mittleren Unternehmen kmU	66
14.3	Industrielle Umsetzung der FuE-Ergebnisse nach Projektende.....	68
15	Schlussfolgerungen	71
16	Durchführende Forschungsstelle	72
	Literaturverzeichnis	73

1 Zusammenfassung

Zielstellung	<p>Ziel des Projektes war die Reduzierung des Eintrags von Mineralöl in den Altpapierkreislauf durch den Einsatz deinkbarer mineralölfreier Zeitungsdruckfarben. Ein weiteres Ziel war, dass die Vergaberichtlinien für den Blauen Engel für Druckerzeugnisse (RAL-UZ 195) bei der Herstellung von Druckerzeugnissen eingehalten werden können. Dabei sollten eine gute Deinkbarkeit, gute Druckqualität und ein stabiles „Laufverhalten“ auf der Druckmaschine (Optimierung/Anpassung der Maschineneinstellung) gesichert werden.</p>
Ergebnisse	<p>Bei der Materialkombination von Papier und Druckfarbe besteht eine Abhängigkeit des Wegschlagverhaltens von der Saugfähigkeit des Papiers und der Viskosität der Druckfarbe. Dieses hat unmittelbare Auswirkungen auf das Trocknungs- und Vernetzungsverhalten und somit die Bedruckbarkeit und Deinkbarkeit. Durch systematische Untersuchungen wurden im Rahmen dieses Projektes die Mechanismen und Wechselwirkungen dargelegt.</p> <p>Es wurden Zeitungsdruckpapiere (Standardzeitungsdruckpapiere und aufgebesserte Zeitungsdruckpapiere) bei Variation des Recyclingfaseranteils und zwei Druckfarben zur Untersuchung ausgewählt. Die mineralölfreien Druckfarben wurden im Technikumsmaßstab an einer im SID vorhandenen Bogenoffset-Druckmaschine bedruckt und hinsichtlich der Verdruckbarkeit nach den Kriterien Feuchtigkeitsspielraum, Schablonierneigung, Abschmieren, Ablegen der Farbe sowie der Farb- und Tonwertwiedergabe bewertet.</p> <p>Bei der Untersuchung des Deinkingverhaltens dieser Drucke zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Druckmustern, die mit den konventionellen, mineralöhlhaltigen Druckfarben hergestellt wurden und jenen mit mineralölfreien Druckfarben. Der deinkability score beider Farbserien war sehr hoch, Probleme beim Deinking sind somit nicht zu erwarten.</p> <p>Mit den neu entwickelten mineralölfreien Druckfarben ist bei Druckversuchen an der Bogenoffsetdruckmaschine die generelle Verdruckbarkeit positiv getestet worden. Die Druckversuche erfolgten als Vergleich zwischen mineralölfreien und mineralöhlhaltigen Zeitungsdruckfarben. Bei den Druckversuchen an der Bogenoffsetdruckmaschine waren zwar Differenzen zwischen den mineralöhlhaltigen und mineralölfreien Farbsystemen zu erkennen, die notwendigen Anpassungen des Farb-/Feuchtmittelgleichgewichts waren jedoch unproblematisch einstellbar. Für den anschließenden Test an einer industriellen Rollenoffsetmaschine Praxisdruckmaschine wurde ein mineralölfreier Farbsatz auf einem handelsüblichen Zeitungspapier eingesetzt. Es wurde eine Auflage von 60.000 Exemplaren bei einer Druckgeschwindigkeit von bis zu 54.000 Ex/h gedruckt. Bei den Drucktests an der Praxisdruckmaschine konnten die an der Bogenoffsetmaschine erreichten Ergebnisse noch nicht in gleicher Weise erzielt werden. Durch die deutlich höheren Druckgeschwindigkeiten und den abweichenden Aufbau der Druckwerke (wesentlich weniger Walzen im Walzenstuhl)</p>

war teilweise kein qualitativ vertretbarer Druck möglich (Störungen im Druckbild durch Wassermarken und/oder Tonen). Eine Anpassung des Feuchtmittels an die Farbe ist eine zukünftig erfolversprechende Option.

Schlussfolgerung

Das KnowHow zur Weiterentwicklung von geeigneten Druckfarben konnte im vorliegenden Projekt wesentlich gesteigert werden. Probleme beim Deinking sind nicht zu erwarten. Die Realisierung des umfangreichen Einsatzes von den umwelt- und verbraucherschutzgerechten Farben in der Zeitungsindustrie ist nach individueller Optimierung machbar. Die durchschnittlichen Mehrkosten für mineralölfreie Druckfarben wurden auf 0,8 ct/Zeitung beziffert. Der Eintrag von Mineralöl in den Altpapierkreislauf durch den Einsatz deinkbarer mineralölfreier Zeitungsdruckfarben kann so signifikant reduziert werden.

Zielerreichung

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben IGF BG 19080 der AiF-Forschungsvereinigung PTS wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Gefördert durch:



 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

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

2 Wissenschaftlich- technische und wirtschaftliche Problemstellung

Das Forschungsvorhaben wurde durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit aller beteiligten Partner realisiert. Neben den involvierten Forschungsstellen der Papierindustrie PTS-PTI und Druckindustrie SID ermöglichte maßgeblich die Beteiligung von KMU aus dem Bereich Druckfarbenhersteller, Druckereien und Papierhersteller, das Projekt erfolgreich durchzuführen.

Die PTS brachte umfangreiche Erfahrungen im Bereich Deinking und zur Mineralölproblematik ein. Diese resultieren aus langjähriger Bearbeitung von Projekten der industriellen Gemeinschaftsforschung und aus zahlreichen industriefinanzierten Projekten. Das SID trug mit seinen vielfältigen Erfahrungen im Bereich Drucktechnik zum Erfolg des Projektes bei. Diese basieren ebenfalls auf der Bearbeitung von Projekten der industriellen Gemeinschaftsforschung und Gutachtentätigkeiten für die Druckindustrie und ihre Zulieferer.

Aufbauend auf dieser Expertise konnten die FuE-Institute die Entwicklungsarbeit durchführen. Die Druckfarbenhersteller arbeiteten bei der Auswahl und Herstellung geeigneter Druckfarben mit. Die beteiligten Papierhersteller unterstützten das Projekt hinsichtlich auszuwählender Papiere. Die Druckereien begleiteten die Versuche unter Betriebsbedingungen und bereicherten sie durch ihr Praxis-Knowhow.

Mineralölanteile in Lebensmittelverpackungskartons

Die Tatsache, dass in Lebensmittelverpackungskartons Mineralöl-Kohlenwasserstoffe (aliphatische (MOSH) und aromatische (MOAH) Mineralöl-Kohlenwasserstoffe) messtechnisch im oberen ppm Bereich nachgewiesen werden können, ist seit der Veröffentlichung von Grob et al. [1] offiziell publik. Die in Deutschland intensiv geführte Diskussion zwischen Behördenvertretern, Papierherstellern und Forschern zu Quellen für Mineralölgehalte in Lebensmitteln hat zu zahlreichen Aktivitäten aller Beteiligten der Papierkette geführt, nicht zuletzt durch diverse Veröffentlichungen in Funk und Fernsehen und den vielfachen Entwurf zur „Zweiundzwanzigsten Verordnung zur Änderung der Bedarfsgegenständeverordnung (sogenannte „Mineralölverordnung“)“ [2].

Grenzwerte für MOSH und MOAH

Der 3. Entwurf vom 24.07.2014 des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) beinhaltet Grenzwerte für MOSH und MOAH, da einige Bestandteile der Mineralölverbindungen (aromatische Kohlenwasserstoffe - MOAH) im Verdacht stehen, gesundheitsgefährdend zu sein. Dieser 3. Entwurf sah zunächst Grenzwerte für altpapierstoffhaltige Lebensmittelverpackungen vor, und zwar 24 mg/kg an MOSH und 6mg/kg an MOAH, beide jeweils mit Molekülgrößen von 16 bis 35 Kohlenstoffatomen. Bei Überschreitung der Grenzwerte können die Verpackungen dennoch verwendet werden, wenn die in das Lebensmittel migrierenden Mengen nicht mehr als 2 mg/kg an MOSH und 0,5 mg/kg an MOAH betragen.

Der 4. Entwurf vom 07.03.2017 [2] schreibt für altpapierstoffhaltige Lebensmittelbedarfsgegenstände die Verwendung von Migrations-Barrieren gegen MOAH vor, deren Wirksamkeit an einem maximal zulässigen Übergang von MOAH C16-C35 von 0,5 mg je Kilogramm Lebensmittel bzw. Simulanz gemessen wird.

Minimierung der Mineralölkohlenwasserstoffgehalte

Der Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) und die Wirtschaftsverbände Papierverarbeitung (WPV) haben 2011 die „Initiative zur Reduzierung und Vermeidung des Eintrags unerwünschter Stoffe in den Altpapier-Kreislauf“ ins Leben gerufen. Ziel ist die Eliminierung von unerwünschten Stoffen aus dem Altpapier-Kreislauf, insbesondere die Minimierung von Mineralölkohlenwasserstoffen.

Der Vermeidung der Mineralölquellen durch Umstellung auf 100% Frischfaser-Verpackungen stehen wirtschaftliche und ökologische Argumente entgegen. Der Einsatz mineralöhlhaltiger Additive in der Papierproduktion kann hingegen vermieden werden und wurde auch weitgehend umgesetzt.

Die zurzeit verfügbaren Reinigungsverfahren für Altpapierstoffe sind zur vollständigen Entfernung von Mineralölkohlenwasserstoffen nicht geeignet. Die Wirkungsgrade sind zu gering und die Faserstoffverluste zu hoch. Die Entfernung von Mineralöl aus Altpapierstoff erfordert erhebliche Modifikationen an bestehenden Verfahren oder gänzlich neue Verfahren, und eine schnelle industrielle Umsetzung ist als schwierig einzustufen [3].

Verwendung von Barrieren und mineralölfreie Druckfarben

Im Zusammenhang mit der Mineralölproblematik in Lebensmitteln bzw. dem Mineralölgehalt im Karton für Lebensmittelverpackungen werden zwei Aspekte besonders intensiv diskutiert. Einerseits ist dies die Verwendung von Migrations-Barrieren in der Kartonagenschachtel, sei es in Form von Innenbeuteln, Adsorbentien oder von speziell beschichtetem Faltschachtelkarton, die einen Übergang von Mineralöl in das Lebensmittel verhindern. Andererseits sind es mineralölfreie Druckfarben, die im Verpackungsdruck für Lebensmittel bereits Verwendung finden, für Non Food Druckerzeugnisse aber durchaus kontrovers diskutiert werden und dazu beitragen würden, insgesamt die Mineralölkonzentration im Papierkreislauf zu senken.

Barrierebeschichtung gegen Migration

Kurzfristige Lösungen können im Einsatz von Kunststoff-Innenbeuteln im Faltschachtelkarton oder von Barrierebeschichtungen auf dem Karton liegen, sind aus wirtschaftlichen Gründen jedoch nur bedingt umsetzbar. Neben einem daraus resultierenden höheren Preis für die verpackten Lebensmittel ist auch die technische Umsetzung bei der Verarbeitung herausfordernd. Beide Maßnahmen leisten keinen Beitrag zur Absenkung des Mineralölgehalts im Lebensmittelkarton. Langfristig verbrauchen beide Maßnahmen mehr Ressourcen als heute, vergrößern das Abfallproblem (Innenbeutel) bzw. können (noch) nicht nachweisen, dass sie bei Applikation in großer Mengen das Recycling nicht beeinträchtigen (Barrierebeschichtungen) [4].

Mineralölfreie Druckfarben könnten dagegen mit moderater Kostensteigerung eingesetzt werden. In Deutschland wird dies seit 2010 für Lebensmittelverpackungen praktiziert. Aufgrund verschiedener Interessenslagen sind bislang die Chancen auf eine umfassende Vereinbarung unter Beteiligung der graphischen Industrie (v.a. Zeitungsdruck) eher gering. Eine Studie zur Reduktion des Mineralölgehalts im Rahmen des INFOR Projekt 155 [4] belegt, dass die mit Abstand effizienteste Maßnahme die Substitution mineralöhlhaltiger durch mineralölfreie Offsetdruckfarben ist. Alle anderen Maßnahmen sind weit weniger effektiv (**Abbildung 1**).

Zusammenfassende Bewertung

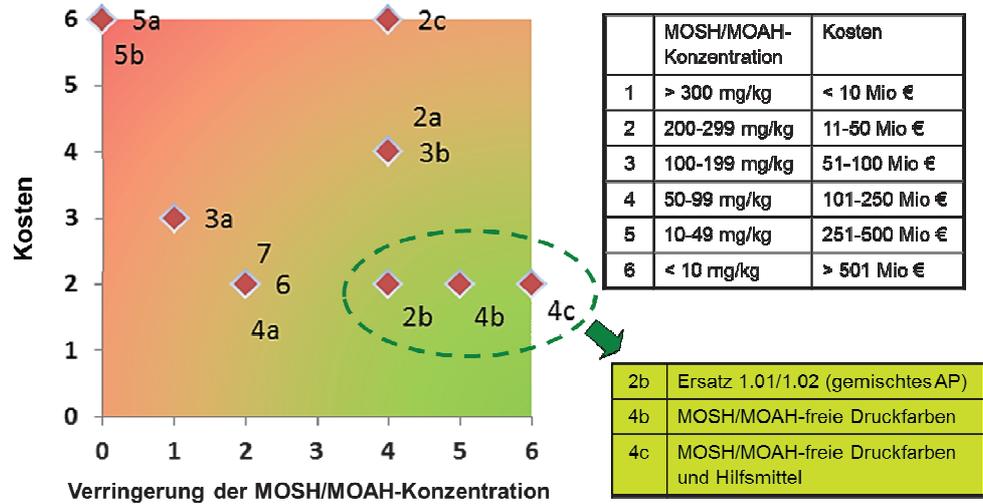


Abbildung 1: Zusammenfassende Bewertung von Maßnahmen zur Verringerung des Mineralölgehalts in Faltschachtelkarton [4]

Umweltzeichen Blauer Engel

Die Vergabegründung für das Umweltzeichen Blauer Engel für Druckerzeugnisse RAL UZ 195 (Ausgabe Januar 2015) fordert, dass zur Vermeidung gesundheitsschädlicher Verunreinigungen bei der Wiederverwendung der Papierfasern für Offsetdruck-Farben und -Lacke bis 31.12.2016 folgende Anforderungen eingehalten werden sollen, die ab 1.1.2017 verpflichtend gelten: Von den aliphatischen Kohlenwasserstoffen dürfen nur Stoffe der Kettenlänge C10 bis C20 eingesetzt werden. Zur Bedruckung sollen nur Druckfarben eingesetzt werden, in denen als konstitutionelle Bestandteile weniger als 1 Gew.-% aromatische Kohlenwasserstoffe aus Mineralöl verwendet werden. Zusätzlich müssen nachhaltige Druckerzeugnisse so hergestellt sein, dass die Weiterverwendung der gebrauchten Faserstoffe im Recycling nicht behindert wird. Voraussetzung dafür ist die Deinkbarkeit der Druckerzeugnisse.

Entwicklung mineralölfreier Druckfarben

Für die betroffene Industrie und auch für die Gesellschaft ist die Entwicklung mineralölfreier Druckfarben für den (Coldset) Offsetdruck ein wichtiges Thema. Mineralölfreie Druckfarben können einen wichtigen Beitrag für eine umfassende und schadstofffreie Kreislaufwirtschaft leisten. Auch die deutschen Verlagshäuser und die Druckbranche als wesentliche Akteure in der Papierrecyclingkette sind aufgerufen, die Ergebnisse der erfolgreichen mineralölfreien Druckversuche einzelner Unternehmen auf die flächendeckende Herstellung von Presseprodukten zu übertragen [5]. Aktuell werden mineralölfreie Rollenoffsetfarben nur vereinzelt und versuchsweise eingesetzt. Nicht sicher ist, ob diese aktuell erhältlichen Offsetfarben bereits den technischen Stand darstellen. Dies gilt sowohl hinsichtlich einer optimierten Deinkbarkeit als auch eines verbesserten „rub-off“ Verhaltens oder eines optimierten „Laufs“ der Farben auf industriellen Druckmaschinen (Wegschlagverhalten, Viskosität, etc.).

Fazit

Fazit: Mineralöl ist das wichtigste Lösungsmittel in konventionell hergestellten Zeitungsdruckfarben. Mineralölbestandteile wie aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe können beim Recycling nicht ausreichend entfernt werden und gelangen deshalb in Lebensmittelverpackungen. Eine Alternative sind mineralölfreie Druckfarben. Deren Praxistauglichkeit muss noch erprobt werden.

2.1 Stand der Forschung und Entwicklung

2.1.1 Altpapiereinsatz

Altpapiereinsatz Altpapier ist in Deutschland der wichtigste Faserrohstoff der Papierindustrie. 2016 wurden insgesamt 16,97 Mio t Altpapier verarbeitet, was 75 % des gesamten Faserstoffeinsatzes zur Herstellung von Papier, Karton und Pappe entspricht [6]. Der jährliche Einsatz von Altpapier für die Herstellung von Verpackungspapieren und Karton ist mit 11,4 Mio t mehr als doppelt so hoch wie zur Herstellung von graphischen Papieren (4,4 Mio t) [6]. Im Bereich von Lebensmittelverpackungen werden ca. 2,88 Mio. t [5] auf der Basis von Sekundärfaserstoff hergestellt.

Hauptquelle für Mineralölkohlenwasserstoffe in Verpackungspapieren und Karton sind Offset-Zeitungsdruckfarben, die mit dem Altpapier eingetragen werden. Die unerwünschten mineralöhlhaltigen Verbindungen können während der Lagerung aus dem Verpackungsmaterial in die darin verpackten Lebensmittel migrieren [1;4].

Verpackungspapiere und -kartons werden aus ökologischen und wirtschaftlichen Erwägungen zu einem großen Teil aus rezykliertem Altpapier hergestellt. Eine Substitution des Altpapierstoffs durch Frischfasern ist neben den ökologischen Erwägungen schon allein aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit der erforderlichen Menge nicht möglich [7].

Bisher werden grafische Altpapiere und Verpackungsaltpapiere in Deutschland überwiegend gemeinsam erfasst. Altpapiersorten mit Anteilen von grafischen Papierprodukten, wie Druckerzeugnissen, werden auch für die Herstellung von Verpackungspapieren eingesetzt. Eine Studie [4] belegt, dass eine 100%-ige Trennung nicht zu erzielen ist. Die weitgehend getrennte Erfassung würde zu zusätzlichen Kosten in Höhe von 65–85 Mio. € führen und könnte den Mineralölgehalt im Recyclingpapier nur um ca. 30 % senken [4].

Durch die Umstellung auf mineralölfreie Farben in allen Offsetdruckverfahren könnte der Eintrag von Mineralöl in den Papierkreislauf sehr effektiv bei vergleichsweise geringen Gesamtkosten vermieden werden [4]. Verpackungshersteller haben eine freiwillige Selbstverpflichtung zur Verwendung mineralölfreier Druckfarben formuliert [22].

2.1.2 Deinkbarkeit

Aufbau

Für den Einsatz von Deinkingware bei graphischen Papieren müssen in Deinkinganlagen die Druckfarben üblicherweise durch Flotation entfernt werden. Voraussetzung für die Umstellung von mineralölhaltigen auf mineralölfreie Druckfarben ist, dass die Deinkbarkeit der hergestellten Druckerzeugnisse auch nach Alterung gewährleistet bleibt, um den Altpapiereinsatz bei graphischen Papieren nicht zu gefährden.

Überblick über Deinkbarkeitsergebnisse von vegetativ basierten Druckfarben

Mineralöle für Druckfarben können unterschiedliche Aromatengehalte aufweisen. Verfügbar sind auch Öle auf Basis nachwachsender Rohstoffe [8]. Pflanzenölbasierte Druckfarben bergen jedoch die Gefahr einer Verschlechterung der Deinkbarkeit, wenn höhere ungesättigte Anteile enthalten sind. Diese können oxidativ vernetzen und dadurch die Druckfarbenablösung und den Druckfarbenaustrag beeinträchtigen. Vor allem durch zunehmende Lagerung bei höheren Temperaturen treten diese Vernetzungsreaktionen auf.

Bereits in den 90er Jahren versuchte die American Soyabean Association (ASA) auf den europäischen Druckfarbenmarkt zu drängen, um in Zeitungsdruckfarben Mineralöl durch Sojaöl teilweise zu substituieren [9,10]. Die Sojaöldruckfarbe, die zu 65 % Sojaöl enthielt und zur Herstellung einer Zeitung eingesetzt wurde, hatte damals im Vergleich zu anderen Druckfarben mit Blick auf die Deinkbarkeit das schlechteste Verhalten. Sie vernetzen gut, haften somit an den Fasern und sind schlechter zu deinken.

Mit Blick auf nachwachsende Rohstoffe als Druckfarbenlösemittel und eine Unabhängigkeit vom Erdöl haben diese Erkenntnisse allerdings dazu geführt, Forschungsprojekte anzustoßen, die sich mit der Entwicklung von mineralölfreien Druckfarben, die als besonders umweltfreundlich gelten, beschäftigten [11]. Einige der Pflanzenölfarben mit niedriger Oxidationsgeschwindigkeit erreichten im Zuge der Lagerung eine zu Mineralölfarben vergleichbare Deinkbarkeit [12]. Die Verbesserung durch Einsatz von Antioxidantien kann allerdings zu Problemen durch Migration der Antioxidantien wie Hydrochinon führen.

Aufgrund der unbekanntenen Farbzusammensetzung, uneinheitlichen Versuchsbedingungen und schwankenden Ergebnissen sind die „historischen“ Untersuchungen zur Deinkbarkeit von vegetativ basierten Druckfarben als wenig belastbar zu sehen. Alte Ergebnisse können daher auf die heutige Situation nicht übertragen werden.

Neuentwicklungen

Die Deinkbarkeit von Druckprodukten wird heute entsprechend eines Dokumentes des europäischen Altpapierrates (ERPC) „Assessment of Print Product Recyclability - Deinkability Score“ [13] mit einem Deinkbarkeitstest nach der INGEDE Methode 11 bewertet [14]. Zur Bewertung werden fünf Parameter, differenziert in Stoff- und Prozessparameter, herangezogen.

Außerdem fehlt eine Definition für mineralölfreie Druckfarben bzw. Pflanzenölfarben. In den USA gelten Schwarzfarben mit einem 30 %igen und Buntfarben mit einem 40 %igen Pflanzenölanteil bereits als Pflanzenölfarben, obwohl der überwiegende Anteil nach wie vor aus Mineralöl bestehen kann. Auch in Japan sind die mit der „Eco Mark Produkt Category No. 102“ zertifizierten Zeitungsdruckfarben nicht zwingend mineralölfrei. Erlaubt ist für Zeitungsdruckfarben ein Mineralölgehalt von maximal 30 %, maximal 3 % VOC's und aromatische Kohlenwasserstoffe dürfen maximal 1 % ausmachen.

Definiert sind die Anforderungen an mineralölfreie Druckfarben in der Vergabegrundlage für Umweltzeichen Blauer Engel für Druckerzeugnisse RAL UZ 195 (Ausgabe Januar 2015). Von den aliphatischen Kohlenwasserstoffen (aus Mineralöl stammende gesättigte Kohlenwasserstoffe) dürfen nur Stoffe der Kettenlänge C10 bis C20 eingesetzt werden; zusätzlich dürfen die folgenden Verbindungen (mit einer Kohlenstoffzahl C > 45) ohne Löseeigenschaften: mikrokristalline Wachse, Vaseline, Polyolefin-, Paraffin-, oder Fischer-Tropsch-Wachse eingesetzt werden. Zur Bedruckung von Erzeugnissen sollen nur Druckfarben eingesetzt werden, in denen als konstitutionelle Bestandteile weniger als 1 Gew.-% aromatische Kohlenwasserstoffe (aus Mineralöl stammende, hoch alkylierte aromatische Kohlenwasserstoffe) verwendet werden.

2.1.3 Bestandsaufnahme der Deinkbarkeit von Druckprodukten

Aufbau

Ergebnisse einer umfangreichen Bestandsaufnahme der Deinkbarkeit europäischer Druckprodukte zeigten, dass 80 % aller Offset-Druckprodukte deinkbar sind [15]. Durch seine weite Verbreitung verdienen der Offsetdruck und seine Deinkbarkeit große Aufmerksamkeit.

Umfangreiche Deinkinguntersuchungen haben gezeigt, dass für Offsetdruckmuster die Materialkombination Papier / Druckfarbe von entscheidender Bedeutung für das spätere Deinkingergebnis ist [16]. Dabei geht vom verwendeten Papier ein größerer Einfluss als von der Druckfarbe aus. Die Deinkbarkeit von altpapierhaltigen Offsetpapieren ist etwas besser einzuschätzen als die der altpapierfreien Offsetpapiere. Eine Lagerung von Offsetdruckerzeugnissen ist der späteren Deinkbarkeit nicht zuträglich. Bei Lagerung, insbesondere bei erhöhter Temperatur, oxidieren die Druckfarbenbindemittel nach, was grundsätzlich eine Verschlechterung der Deinkbarkeit zur Folge hat.

Wirkungs- mechanismus

Druckversuche mit mineralölfreien Zeitungsdruckfarben wurden im Auftrag des Umweltbundesamtes von der Fogra durchgeführt [17]. Zum Einsatz kamen zwei Farben auf zwei Zeitungsdruckpapieren, die auf einer Versuchsdruckmaschine bedruckt wurden. Die mit mineralölfreien Farben produzierten Zeitungen wurden als deinkbar eingestuft. Die Ausbeute war allerdings ca. 20 % geringer. Die Ergebnisse zeigten auch Unterschiede in Abhängigkeit von der Druckfarbenezusammensetzung und vor allem des Papiers auf.

Im Gegensatz dazu führten Untersuchungen der Forschungsstelle an einer Zeitung bei Einsatz einer mineralölfreien Druckfarbe, die im Rahmen der Untersuchungen der Fogra [17] als deinkbar bewertet wurden, zu einer Einstufung dieses Musters 2 als nicht zum Deinking geeignet (**Abbildung 2**). Die schlechte Deinkbarkeit der Zeitung (Muster 2) wird durch unzureichende Druckfarbenablösung und damit einhergehende geringe Helligkeit und hohe Anzahl an Schmutzpunkten verursacht. Für diese auf einer Praxisdruckmaschine bedruckte Zeitung kam ein anderes Zeitungsdruckpapier zum Einsatz. Dies bestätigt die für Offsetdruckmuster gefundene hohe Bedeutung der Materialkombination Papier/Druckfarbe auf das Deinkingergebnis [16]. Eine weitere, ebenfalls auf einer Praxisdruckmaschine bedruckte Zeitung (Muster 1) wurde als zufriedenstellend deinkbar eingestuft.

Abgestimmte Dosierung

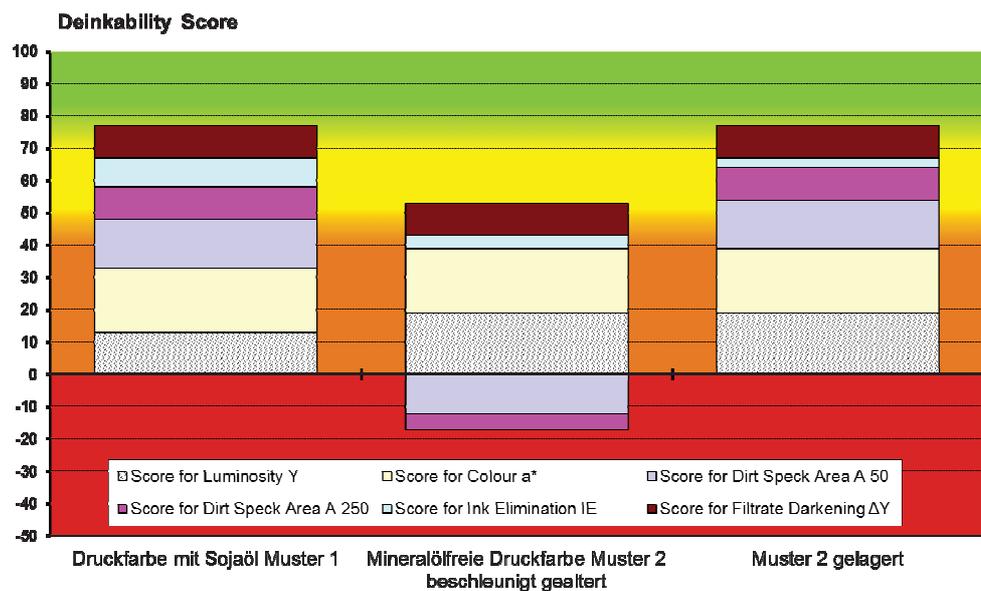


Abbildung 2: Deinkbarkeitsergebnisse mineralölfreier Druckerzeugnisse

Vorteile

Ein Vergleich der Ergebnisse mit der mineralölfreien Zeitung (**Abbildung 2**) nach beschleunigter Alterung und einer Lagerung von sechs Monaten bei Raumtemperatur zeigt, dass die beschleunigte Alterung vor allem eine deutliche Zunahme an Schmutzpunkten hervorruft. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Reaktionen, die zu Vernetzungen und schlechter Deinkbarkeit führen, reaktionskinetisch anders ablaufen als bei konventionellen Offsetdruckfarben.

Forschungsbedarf

Die von der Fogra durchgeführten Untersuchungen [17] zeigten, dass die Verträglichkeit der in den Druckmaschinen befindlichen Gummimaterialien gegenüber mineralölfreien Druckfarben nur mit ausgewählten, hochwertigen Pflanzenölen erreicht werden kann. Mit den getesteten mineralölfreien Druckfarben konnte der branchenübliche Qualitätsstandard noch nicht gewährleistet werden. Zudem lässt das Forschungsvorhaben keine Einschätzung zu, ob die volle Flexibilität des gegenwärtigen Produktionsprozesses mit problemlosem Wechsel von Farbe und Feuchtmittel unterschiedlicher Lieferanten und festen Einstellungen im Druckprozess erreicht werden kann.

In den Niederlanden und der Schweiz gibt es Druckereien, die zeitweise mit mineralölfreien Druckfarben gedruckt haben [18, 19]. Die Druckfarbenhersteller erklären, dass es technisch möglich ist, mineralölfreie Druckfarben in vielfältiger Zusammensetzung herzustellen. Die Optimierung der Druckfarben muss allerdings während der praktischen Anwendung erfolgen.

Fazit

Mineralölfreie Zeitungsdruckfarben sind verfügbar. Untersuchungen zum aktuellen Stand der Deinkbarkeit mineralölfreier Zeitungsdruckfarben zeigen, dass folgender Forschungsbedarf besteht:

- Zur Entwicklung deinkbarer mineralölfreier Zeitungsdruckfarben sind Optimierungen bezüglich Trocknungsgeschwindigkeit und Verträglichkeit von Bindemittel und mineralölfreien Druckfarbenölen erforderlich.
- Zur Sicherstellung und Verbesserung der Deinkbarkeit mineralölfreier Druckprodukte sind Wechselwirkungen zwischen Materialkomponenten Druckfarbe/Papier zu erarbeiten.
- Hinsichtlich der Deinkbarkeitsbewertung ist zu klären, ob die Reaktionen, die zu Vernetzungen und schlechter Deinkbarkeit führen, reaktionskinetisch anders ablaufen als bei konventionellen Offsetdruckfarben. Dies würde eine Anpassung der Bedingungen einer beschleunigten Alterung bei mineralölfreien Systemen erforderlich machen.

Die Klärung der offenen Fragestellungen zum Erreichen der Serienreife für den Zeitungsdruck erfordert eine Validierung in Betriebsversuchen. Aus diesen können Handlungsempfehlungen und Materialkombinationen für die industrielle Praxis abgeleitet werden.

**Arbeits-
hypothese:**

Die Materialkombination von Papier und Druckfarbe führt zu unterschiedlichem Trocknungs- und Vernetzungsverhalten (Abhängigkeit des Wegschlagverhaltens von Saugfähigkeit des Papiers und der Viskosität der Druckfarbe), was unmittelbar auf die Bedruckbarkeit und Deinkbarkeit Auswirkungen hat. Systematische Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes sollen diese Mechanismen und Wechselwirkungen darlegen

- Der Ersatz von Mineralöl durch Pflanzenöl und/oder Fettsäure-Alkylester oder synthetische Öle ist möglich, wenn die erforderliche Viskosität und Temperaturbereiche eingehalten werden (AP 2).
 - Die drucktechnischen Nachteile sind überwindbar und die Sicherstellung der Deinkbarkeit ist möglich, wenn die Zusammensetzung der Druckfarbenbestandteile (Bindemittel/Öle/Additive) abgestimmt ist (AP3 und AP4).
 - Quell/Schrumpfverhalten der Druckmaschinen-Gummiwalzen können an die Druckfarbenzusammensetzung angepasst werden durch geeignete Walzenwerkstoffe und Walzeneinstellungen (in Abhängigkeit von Druckfarbenrezeptur und Papiereigenschaften) (AP5 und AP6).
-

3 Forschungsziel

Ziel Ziel des Projektes ist die Reduzierung des Eintrags von Mineralöl in den Altpapierkreislauf durch den Einsatz deinkbarer mineralölfreier Zeitungsdruckfarben. Ein weiteres Ziel ist, dass die Vergaberichtlinien für den Blauen Engel für Druckerzeugnisse (RAL-UZ 195) bei der Herstellung von Druckerzeugnissen eingehalten werden können.

Dabei sollen die gute Deinkbarkeit, gute Druckqualität und stabiles „Laufverhalten“ auf der Druckmaschine (Optimierung/Anpassung der Maschineneinstellung) gesichert werden.

4 Gesamtvorgehen

Übersicht Das folgende Schema gibt einen Überblick über den Lösungsweg (mit Verweisen auf die Arbeitspakete):

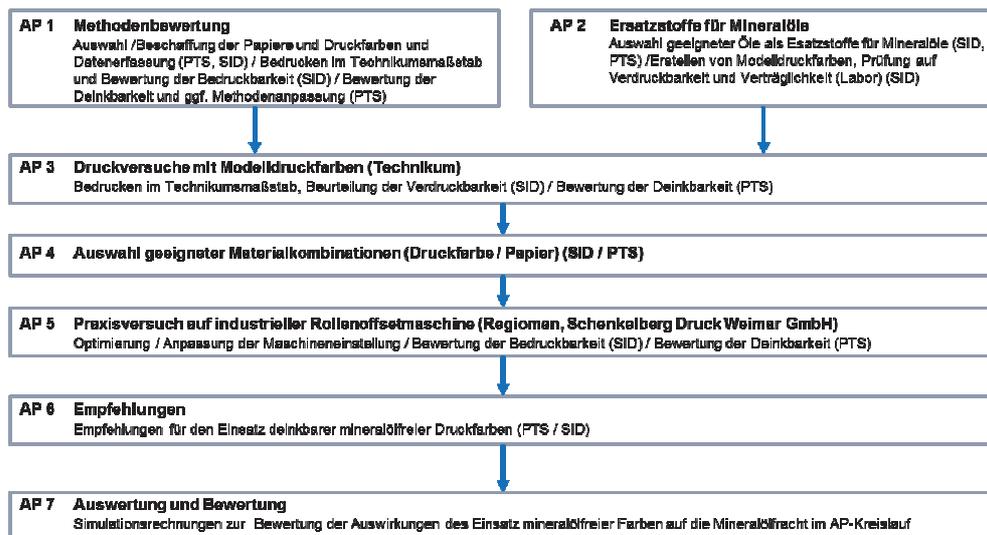


Abbildung 3: Lösungsweg

Die durchzuführenden Arbeiten erfolgen in enger Zusammenarbeit der Forschungsstellen PTS und SID. Die Verknüpfung der Arbeitspakete erfordert eine gemeinsame Erstellung des Versuchsprogramms und die Sicherstellung des Versuchsablaufs.

SID wird die Druckversuche und Bewertung der Verdruckbarkeit durchführen. PTS wird die Deinkbarkeitsbewertung vornehmen.

Arbeitspaket 1	Im Rahmen dieses Arbeitspaketes erfolgte die Überprüfung und eine Anpassung der Methode für die Deinkbarkeitsbewertung mineralölfreier Druckerzeugnisse. Zusätzlich wurden Unterschiede in der Verdruckbarkeit und im Deinkingverhalten bereits verfügbarer Druckfarbenformulierungen in Abhängigkeit von der Papierzusammensetzung ermittelt. (Kap. 6)
Arbeitspaket 2 und 3	Im Rahmen dieser Arbeitspakete erfolgte die Auswahl geeigneter Öle als Ersatzstoffe für Mineralöle gemeinsam mit Druckfarbenherstellern, die Erstellung von Modelldruckfarben und die Prüfung der Modelldruckfarben auf Verträglichkeit im Labor. Die mineralölfreien Modelldruckfarben wurden in Abhängigkeit von der Papierzusammensetzung bewertet. (Kap. 7)
Arbeitspaket 4 und 5	Im Rahmen dieses Arbeitspaketes erfolgte eine Auswertung der aus den Arbeitspaketen 1 und 3 vorliegenden Daten. Die ausgewählten Materialkombinationen werden in einem Praxisversuch auf einer industriellen Rollenoffsetmaschine (Regioman, Schenkelberg Druck Weimar GmbH) bedruckt. Die Praxisversuche dienen dazu, das Verhalten der Farben auf einer industriellen Druckmaschine zu bewerten und Erkenntnisse zur Optimierung zu gewinnen. (Kap. 8)
Arbeitspaket 6	Aus den erhaltenen Ergebnissen werden Unterschiede im Deinkingverhalten unterschiedlicher Druckfarbenformulierungen wie Art und Anteil der Bindemittelkomponenten sowie den enthaltenen Flüssigkomponenten in Abhängigkeit von der Papierzusammensetzung zusammengestellt. Kritische Materialkombinationen werden aufgezeigt. (Kap. 9)
Arbeitspaket 7	Im Rahmen dieses Arbeitspaketes werden die Auswirkungen des Einsatzes mineralölfreier Druckfarben auf die Mineralölfracht im Altpapier-Kreislauf bewertet. (Kap. 10)
Material und Methoden	Die mehrfach eingesetzten Materialien und Methoden sind im Kap. 5 beschrieben. Speziell eingesetzte Materialien und Methoden sind im Vorfeld der jeweilig durchgeführten Untersuchung aufgeführt.

5 Material und Methoden inkl. Projektbegleitung

5.1 Vorhabensbezogene Leistungen der Industrie – vAWs

5.1.1 Sachleistungen

Sachleistung 1 Für die Druckversuche wurden Zeitungsdruckpapiere von mehreren Herstellern zur Verfügung gestellt. Dabei handelte es sich um Zeitungsdruckpapier aus 100 % DIP von Sachsen Papier, neben den Papieren NP aus Hylte mit ca. 50 % TMP und ~50 % DIP sowie improved NP aus Kvarnsveden.

Sachleistung 2 Von drei Druckfarbenherstellern wurden mineralölfreie Druckfarben für die Druckversuche zur Verfügung gestellt.

5.1.2 Dienstleistungen

Dienstleistungen der Wirtschaft Die im Projekt beteiligten Druckfarbenhersteller unterstützten durch unentgeltlich zur Verfügung gestellte Druckfarben

5.1.3 Projektbegleitender Ausschuss

1. Sitzung In der ersten Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses wurde das Konzept des Projektes vorgestellt und befürwortet. Die zu untersuchenden Papiere und die zu untersuchenden Druckfarben wurden festgelegt.

2. Sitzung Im Rahmen der zweiten Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses wurden die Ergebnisse der Deinkbarkeitsuntersuchungen mit verfügbaren mineralölfreien Druckfarben vorgestellt.

3. Sitzung In der dritten Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses wurden die Ergebnisse der Untersuchungen mit optimierten Druckfarben sowie die Endergebnisse des Projektes vorgestellt.

5.2 Versuchsdurchführung

5.2.1 Bewertung der Verdruckbarkeit (SID)

Messverfahren Die mineralölfreien Druckfarben werden auf unterschiedlichen Zeitungsdruckpapieren (Variation des Altpapieranteils) im Technikumsmaßstab an einer im SID vorhandenen Bogenoffset-Druckmaschine Speedmaster CD74 bedruckt und hinsichtlich der Verdruckbarkeit bewertet. Kriterien für die Bewertung sind dabei der Feuchtungsspielraum, die Schablonierneigung, das Abschmieren und Ablegen der Farbe in der Maschine sowie die Farb- und Tonwertwiedergabe.

5.2.2 Prüfung der Deinkbarkeit nach INGEDE Methode 11

Messverfahren Die Drucke werden im Labormaßstab nach der INGEDE Methode 11 „Bewertung der Rezyklierbarkeit von Druckerzeugnissen – Prüfung der Deinkbarkeit“ anhand der optischen Eigenschaften der Stoffe, der Druckfarbenentfernung, der Filtratqualität und der Verluste bewertet.

Prüfablauf Entsprechend der Methode werden die zerkleinerten Proben bei einer Stoffdichte von 15 % in Gegenwart von Deinkingchemikalien bei etwa 45 °C für 20 min zerkleinert. Als Verdünnungswasser wird härteeingestelltes Wasser verwendet, das während des gesamten Aufbereitungsprozesses (Zerkleinerung – Lagerung – Flotation) eine konstante Härte von 14 °dH gewährleistet. Die Einstellung der Wasserhärte erfolgt durch Zugabe von $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ zu entionisiertem Wasser.

Nach der Zerkleinerung wird die benötigte Stoffmenge bei einer Stoffdichte von 5% und einer Temperatur von 45 °C für 60 min im Wasserbad gelagert.

Die Flotation erfolgt in der Voith Laborflotationszelle bei einer Stoffdichte von 0,8 % (mit 180 g Proben zu Beginn der Flotation), einer Temperatur von 45 °C und einer Flotationsdauer von 12 min.. Zusätzlich wurden Proben nach verkürzter Flotationsdauer entnommen. Die Luftzufuhr wurde auf Punkt 8 der Skala eingestellt (entspricht etwa 7 l/min).

Deinkbarkeitsprüfung

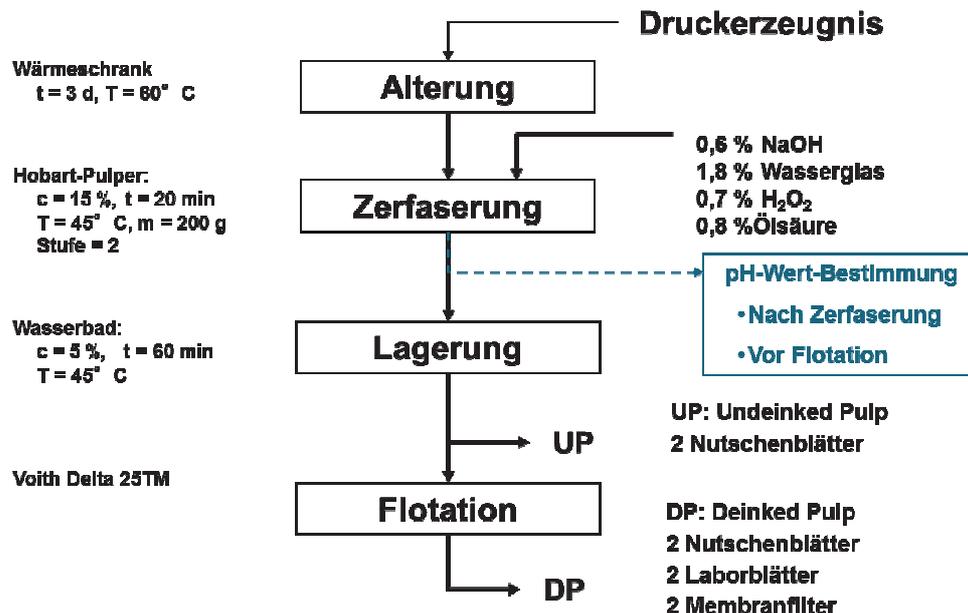


Abbildung 4: Prinzip der Deinkbarkeitsprüfung

Probenpräparation

Sowohl vom undeinkten Stoff (UP = Undeinked Pulp), d.h. vom Stoff aus dem mit Deinkingchemikalien zerfaserten Druckerzeugnis vor der Flotation, als auch vom deinkten Stoff (DP = Deinked Pulp), also dem Stoff nach der Flotation, werden für die Bewertung der optischen Eigenschaften jeweils zwei Nutschenblätter und zwei Laborblätter hergestellt. Für die Beurteilung der Filtratqualität werden zudem vom Nutschenblattfiltrat des deinkten Stoffs zwei Membranfilterpräparate hergestellt (INGEDE Methode 1).

Analyse

An den klimatisierten Nutschenblättern, Laborblättern und Filtratfiltern werden folgende optischen Eigenschaften entsprechend der INGEDE-Methode 02 bestimmt:

Weißgrad R _{457-UV} (without UV)	DIN 53 145-T01 (04.92)
Hellbezugswert Y	DIN 53 140 (07.92)
L*. a*. b* Farbmaßzahlen	ISO 5631
Reflektionsfaktor R ₀₀ bei einer Wellenlänge von 700 nm	INGEDE Methode 2
Filtatverdunklung ΔY	INGEDE Methode 2
Ink elimination IE ₇₀₀	INGEDE Methode 2
Schmutzpunktfläche A (DOMAS)	INGEDE Methode 2

Prüfvorgaben

Die zur Deinkbarkeit zugrunde gelegten Parameter sind die Qualitätsparameter Hellbezugswert Y, Schmutzpunktfäche A und Farbmaßzahl a^* im deinkten Stoff sowie die Prozessparameter Ink Elimination IE und Filtratverdunklung ΔY . Die Ergebnisse der fünf Parameter werden mittels Schwell- und Zielwerten mit Punkten bewertet [ERPC: Assessment of Printed Product Recyclability – Deinkability Score].

Die Summe der Einzelpunkte erlaubt eine Gesamtaussage zur Deinkbarkeit. Verfehlen mindestens eines Schwellenwertes führt zur Beurteilung „Nicht zum Deinking“ geeignet“.

Bewertung der Ergebnisse

Die Deinkbarkeitspunkte werden nach folgender Tabelle bewertet:

Score (Punktzahl)	Evaluation of deinkability (Bewertung der Deinkbarkeit)
71 to 100 Points	Good (Gut)
51 to 70 Points	Fair (Befriedigend)
0 to 50 Points	Tolerable (Ausreichend)
Negative (failed to meet at least one threshold) Negativ (mindestens ein Schwellenwert verfehlt)	Not suitable for deinking (nicht zum Deinking geeignet) *)

*) The product may be well recyclable without deinking
Das Produkt kann gegebenenfalls ohne Deinking recycelt werden.

Schwellenwerte, Zielwerte und maximale Deinkbarkeitspunkte

Zur Bewertung nach Deinkbarkeitspunkten (Deinkability Scores) wurden die Zielwerte (Target) für „Newspaper“ herangezogen.

Tabelle 1: Schwell- und Zielwerte (für Zeitungen)

	Parameter					
	Y low	a^* -value	$A_{>50}$ high	$A_{>250}$ high	IE low	ΔY high
Threshold	47	-3 - +2	2000	600	40	18
Target	Y high	a^* -value	$A_{>50}$ low	$A_{>250}$ low	IE high	ΔY low
Newspapers	≥ 60	-2 - +1	≤ 600	≤ 180	≥ 70	≤ 6
Maximum Score	35	20	15	10	10	10

5.2.3 Praxisversuche auf industrieller Rollenoffsetmaschine

Praxisversuche Ausgewählten Materialkombinationen werden in einem Praxisversuch auf einer industriellen Rollenoffsetmaschine (Regioman, Schenkelberg Druck Weimar GmbH) bedruckt. Die Regioman Druckmaschine der Druckerei besitzt einen Druckturm mit 8 sog. Gummi-Gummi-Druckwerken. Bei diesen Druckwerken sind die Gummituchzylinder für den Vorder- und den Rückseitendruck gegeneinander gestellt. Somit können jeweils vier Farben auf der Vorderseite und der Rückseite verdruckt werden. Das Papier wird mit maximal 630 mm Bahnbreite von einer Abrollung zugeführt. Die Plattenzylinder dieser Maschine erlauben 470 mm Drucklänge, wobei die Gummituchzylinder doppelt so groß sind. Die Bahnführung ist vertikal. Nach dem Druck wird die bedruckte Bahn in einem Falzapparat im Kreuzbruch gefalzt und ausgelegt. Die Druckmaschine ermöglicht eine Druckgeschwindigkeit von bis zu 75.000 Exemplaren/h.

6 Methodenbewertung (vgl. Arbeitspaket 1)

6.1 Vorgehen

Ziel Ziel dieses Arbeitspaketes war die Überprüfung und eine Anpassung der Methode für die Deinkbarkeitsbewertung mineralölfreier Druckerzeugnisse. Zusätzlich wurden Unterschiede in der Verdruckbarkeit und im Deinkingverhalten bereits verfügbarer Druckfarbenformulierungen in Abhängigkeit von der Papierzusammensetzung ermittelt

Auswahl der Materialien Gemeinsam mit Druckfarben- und Papierherstellern wurden die zu untersuchenden Druckfarben und Papiere ausgewählt und festgelegt:

- Definition der Unterschiede in der Zusammensetzung der verfügbaren mineralölfreien Druckfarben
- Definition der einzusetzenden Zeitungsdruckpapiere
- Festlegung der zu untersuchenden Druckmuster

Die unterschiedlichen Zeitungsdruckpapiere wurden anhand der Produktdatenblätter (technische Datenblätter) charakterisiert. Zusätzlich bestimmt wurde der Aschegehalt (DIN 54 370). Es wurden Zeitungsdruckpapiere (Standardzeitungsdruckpapiere und aufgebesserte Zeitungsdruckpapiere) bei Variation des Recyclingfaseranteils und zwei Druckfarben zur Untersuchung ausgewählt.

Bewertung der Verdruckbarkeit

Die mineralölfreien Druckfarben wurden auf unterschiedlichen Zeitungsdruckpapieren (Variation des Altpapieranteils) im Technikumsmaßstab an einer im SID vorhandenen Bogenoffset-Druckmaschine Speedmaster CD74 bedruckt und hinsichtlich der Verdruckbarkeit bewertet. Kriterien für die Bewertung sind dabei der Feuchtungsspielraum, die Schablonierneigung, das Absmieren und Ablegen der Farbe in der Maschine sowie die Farb- und Tonwertwiedergabe.

Deinkbarkeitsbewertung

Die Drucke wurden im Labormaßstab nach der INGEDE Methode 11 „Bewertung der Rezyklierbarkeit von Druckerzeugnissen – Prüfung der Deinkbarkeit“ anhand der optischen Eigenschaften der Stoffe, der Druckfarbentfernung, der Filtratqualität und der Verluste bewertet.

6.2 Bewertung der Verdruckbarkeit

Beurteilung der Farbergiebigkeit

Die Untersuchungen der Farbergiebigkeit erfolgten am Probedruckgerät IGT GST 2. Am Probedruckgerät werden Andrucke mit abgestuften Schichtdicken hergestellt. Dazu wird zunächst mit überhöhtem Farbangebot ein Abdruck gemacht und danach weitere Abdrucke mit abnehmender Farbmenge. Die an die Probedruckstreifen übertragene Farbmenge wird durch Auswiegen der eingefärbten Druckwalze vor und nach dem Abdruck bestimmt. Anschließend werden die dabei erreichten Dichten gemessen (Tollenaar-Kurve). Daraus kann die benötigte Farbmenge für das Erreichen einer vorgegebenen Dichte bzw. die Ergiebigkeit berechnet werden. Im Folgenden Diagramm ist der Vergleich der Ergiebigkeit dargestellt:

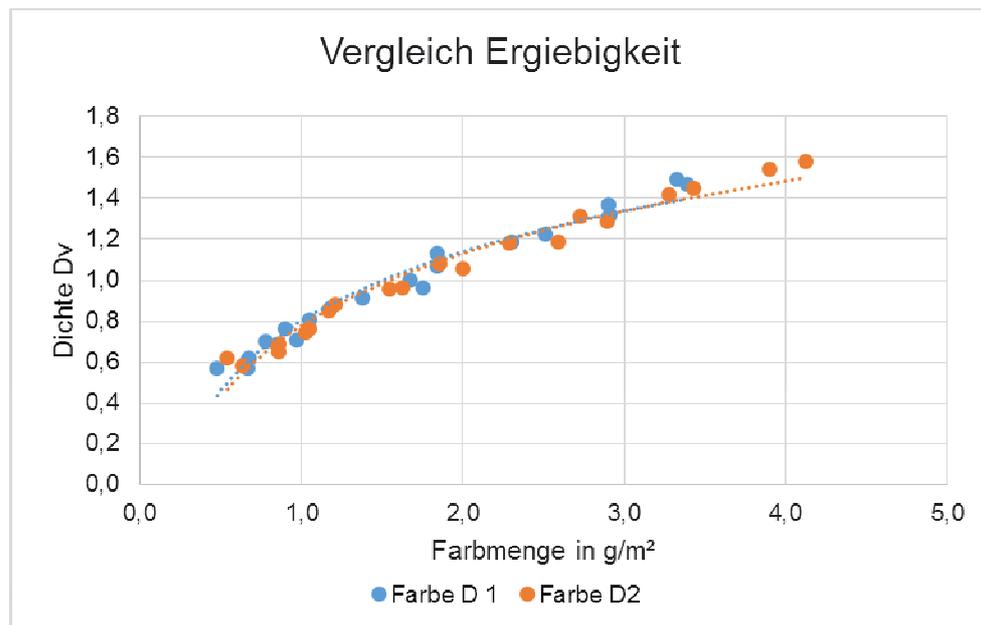


Abbildung 5: Beurteilung der Farbergiebigkeit

Zwischen den untersuchten Farben wurden keine Unterschiede hinsichtlich der Ergiebigkeit festgestellt.

Quellversuche

Die Quellprüfungen werden in Anlehnung an die DIN 53521 durchgeführt.

Die zur Verfügung gestellten Probenkörper sind scheibenförmig, mit einem Durchmesser von ca. 36,6 mm und einer Probendicke von ca. 5,6 mm bis 6,3 mm. Jeder Probenkörper ist mit einer unveränderbaren, eingepprägten Nummer versehen:

Werkstoff 1	114 25
Werkstoff 2	374 35
Werkstoff 3	513 45

Vor der Prüfung wurden die Probenkörper mindestens 16 Stunden in einer Umgebungstemperatur von 23°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) gelagert.

Folgende Parameter der Probenkörper wurden zur Prüfung erfasst:

- Härte nach Shore A
- Masse in Luft
- scheinbare Masse in Wasser

Diese Werte wurden vor und nach der Lagerung der Probenkörper in den Farbmustern aufgenommen. Die Proben wurden 7 Tage bei einer Temperatur von 50°C in den Farben gelagert.

Es wird die Härteänderung und die prozentuale Volumenänderung der Probenkörper bestimmt. Es wurde festgestellt, dass die Härte aller Probenkörper in allen geprüften Druckfarben abnimmt. Diese Verringerung der Härte liegt im Bereich bis zu 5 Shore (A) je nach Farbe-Gummi-Kombination. (Siehe)



Abbildung 6: Prüfung der scheinbaren Masse der Probenkörper in Wasser

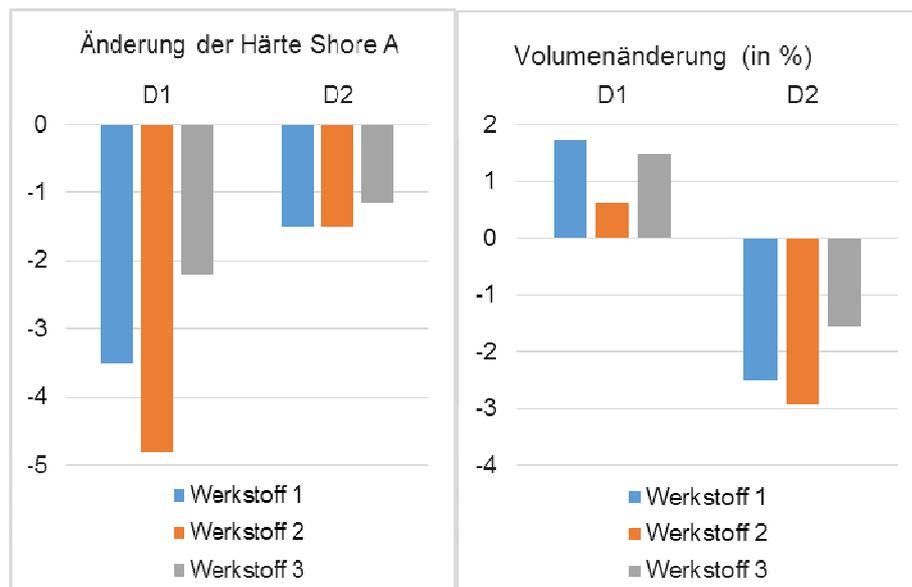


Abb. 7 Ergebnis des Quelltests; li: Änderung der Härte, re: Änderung Volumen

Hinsichtlich der Volumenänderung ist festzustellen, dass Die Farbe D1 die Materialien leicht quellen lässt, wogegen mit Farbe D2 eine Schrumpfung der Probestkörper messbar ist.

Druckversuche

Für die Druckversuche wurden Drucke auf der Heidelberg Speedmaster CD 74-5+L mit folgenden Einstellungen erstellt.

- Druckgeschwindigkeit: 7.000 Bg/h
- Pressungseinstellung: 0,17
- Feuchtmittleinstellung: 22 bzw. 26%
- Volltondichte: 0,9 (Blackback)



Abb. 8: Testform der Druckversuche an der HDM Speedmaster CD 74.

Diese Testform wurde für die Andrucke mit den Modellfarben auf der Bogenoffsetdruckmaschine genutzt. Die Testform beinhaltet einen Druckkontrollstreifen zur Farbregelung (1), Elemente zur Überprüfung von Tonwertzunahme und Farbmessung (2), sowie Schablonenelemente (3), um die Schablonierneigung zu bewerten.

Bei den Farben D1 und D2 konnte beim Verdrucken keine übermäßige Nebelneigung festgestellt werden, Schablonen waren ebenfalls nicht feststellbar.

Die Tonwertzunahme beider Farben war sehr ähnlich, die Farbe D2 druckt etwas spitzer:

	D1	D2
Volltondichte	0,88	0,88
TWZ 40%-Feld	25,6	22,9
TWZ 80%-Feld	16,5	13,9

Die Farbe D2 benötigt etwas mehr Feuchtmittel als die Farbe D1.

Beide Farben ließen sich auf der Bogendruckmaschine gut verdrucken.

6.3 Ergebnis der Deinkbarkeitsprüfung

Druckerzeugnisse Ein Überblick über die untersuchten Druckmuster ist nachfolgend zusammengestellt.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Druckmuster

Nr.	Papier / Anteil deinkter Stoff DIP %	Aschegehalt %	Druckfarbe
S1	P1 / 0 % DIP	5,6	D1
S2	P1 / 0 % DIP	5,6	D2
S4	P2 / 50 % DIP	9,8	D1
S5	P2 / 50 % DIP	9,8	D2
S6	P3 / 100 % DIP	21,0	D1
S3	P3 / 100 % DIP	21,0	D2

Druckbild

Untersucht wurden einseitig bedruckte Muster mit einem gemischten Druckbild (Vollfläche und 50% Raster).



Abbildung 9 Druckbild für Deinkbarkeitsuntersuchungen.

Hellbezugswerte Die Hellbezugswerte Y der deinkten Stoffe lagen alle über dem Grenzwert. Für diese Kenngröße sind die Unterschiede zwischen den beiden Druckfarben D1 und D2 und den unterschiedlichen Papieren P1, P2, P3 nicht signifikant.

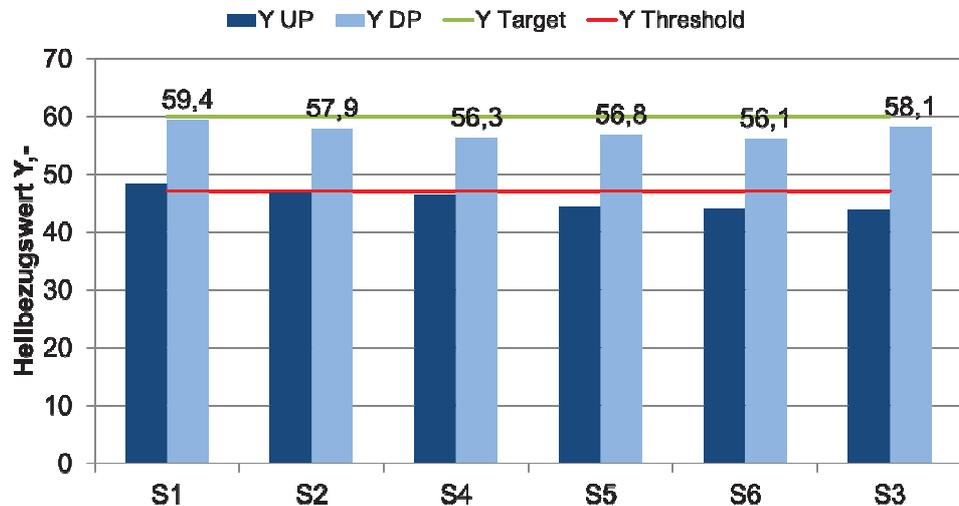


Abbildung 10 Hellbezugswert Y der undeinkten (UP) und deinkten (DP) Stoffe sowie Grenz- und Zielwerte

Filtratverdunkelung

Hinsichtlich kleiner Druckfarbenpartikel, die sich im Filtrat anreichern und zu einer Filtratverdunkelung führen, steigt die Filtratverdunkelung mit zunehmendem Anteil an deinktem Stoff im Zeitungspapier. Die geringste Filtratverdunkelung wurde bei Einsatz von Primärfaserstoff erzielt. Allerdings sind alle Werte unkritisch und liegen unter dem Zielwert.

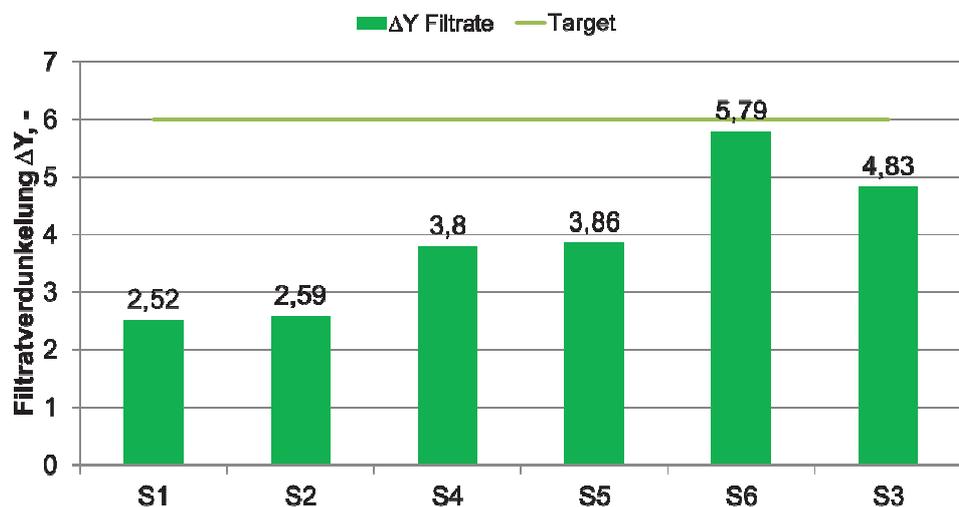


Abbildung 11: Filtratverdunkelung ΔY und Zielwert

Farbwerte a*

Da es sich bei den Druckfarben um Magenta handelte, sind erwartungsgemäß die Farbwerte a* der deinkten und undeinkten Stoffe im roten Bereich. Hinsichtlich der unterschiedlichen Druckfarben waren die Unterschiede gering, aber ein Einfluss der Papiere war erkennbar. Die Muster auf altpapierfreiem Papier waren intensiver gefärbt. Erkennbar ist die Entfernung der Druckfarben durch Flotation.

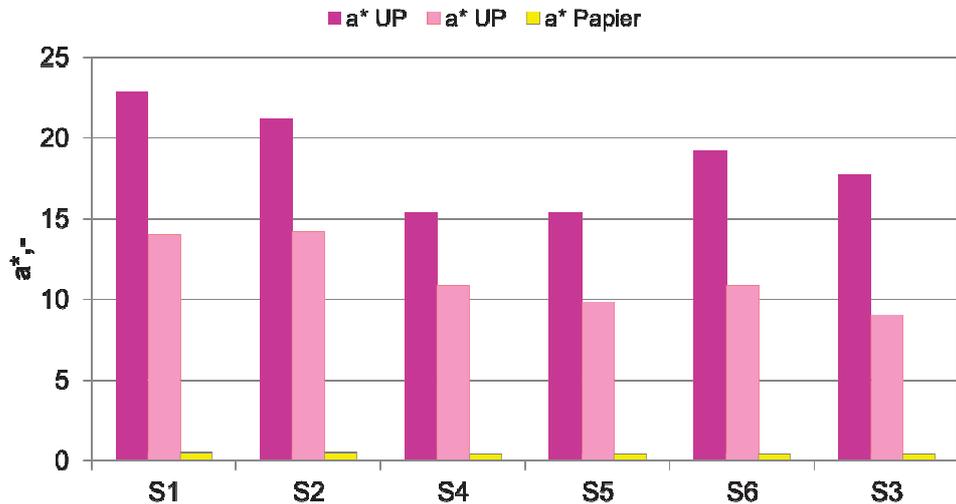


Abbildung 12: Wert für a* der undeinkten (UP) und deinkten (DP) Stoffe sowie der Papiere

Schmutzpunktfläche der deinkten Stoffe

Hinsichtlich der Schmutzpunktfläche war lediglich bei einem Druckmuster der Anteil an Schmutzpunkten > 250 µm zu hoch. Das führt für dieses Muster zur negativen Bewertung. Als kritisch zu bewerten war demnach der Einsatz von altpapierfreiem Papier. Es kann davon ausgegangen werden, dass in Gegenwart von hohem Anteil an Holzstoff an der Papieroberfläche eine Vernetzung mit dem Bindemittel eintreten kann, die zu unzureichender Druckfarbenablösung und damit zu hohem Schmutzpunktanteil führt.

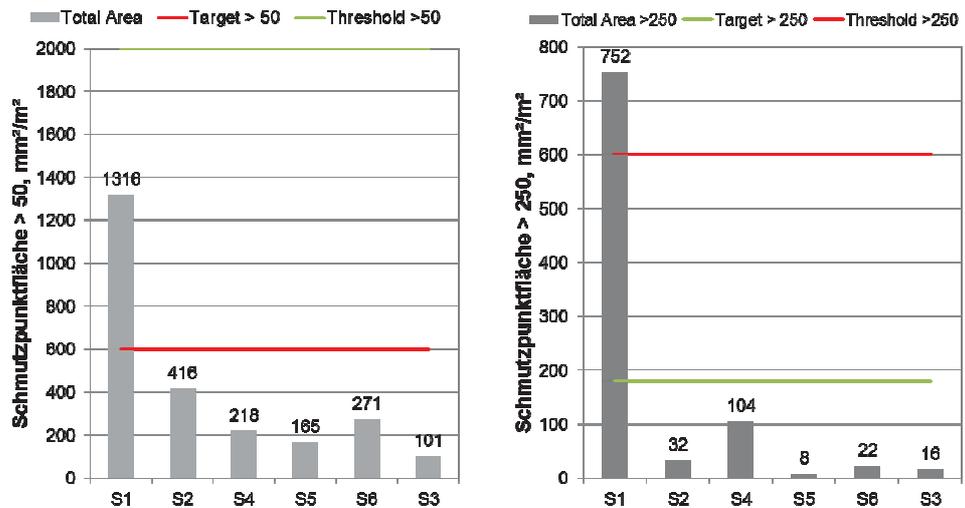


Abbildung 13: Schmutzpunktfläche > 50 und > 250 µm der deinkten Stoffe

6.4 Methoden Anpassung

Vorgehen

Da lediglich ein Druckmuster negativ bewertet wurde, musste keine Untersuchung zum Einfluss der Alterung/Lagerung auf das Deinking-Ergebnis durchgeführt werden. Die beschleunigte Alterung erfolgt entsprechend der INGEDE Methode 11 bei 60 °C über die Dauer von 72 h.

Remissionskurve und Ink Elimination

Die Farbflächen Magenta verhalten sich entsprechend ihrer Farbkomponenten und müssen über den Farbort beschrieben werden, der stellvertretend in dem a^* -Wert dokumentiert ist. Zur Berechnung der Ink Elimination von reinen Farbflächen muss die Schwerpunktswellenlänge der jeweiligen Farbe herangezogen werden. Die üblicherweise verwendete Schwerpunktswellenlänge bei 700 nm ist nur für Schwarzfarben gültig. Die Unterschiede vor und nach der Flotation sind auf Restdruckfarben der altpapierhaltigen Papiere zurückzuführen. Für Magenta muss demnach bei der Berechnung der Ink Elimination der Reflexionsfaktor bei der Schwerpunktswellenlänge von 570 nm herangezogen werden. Dieser gibt Auskunft über die Entfernung der roten Druckfarbenpartikel.

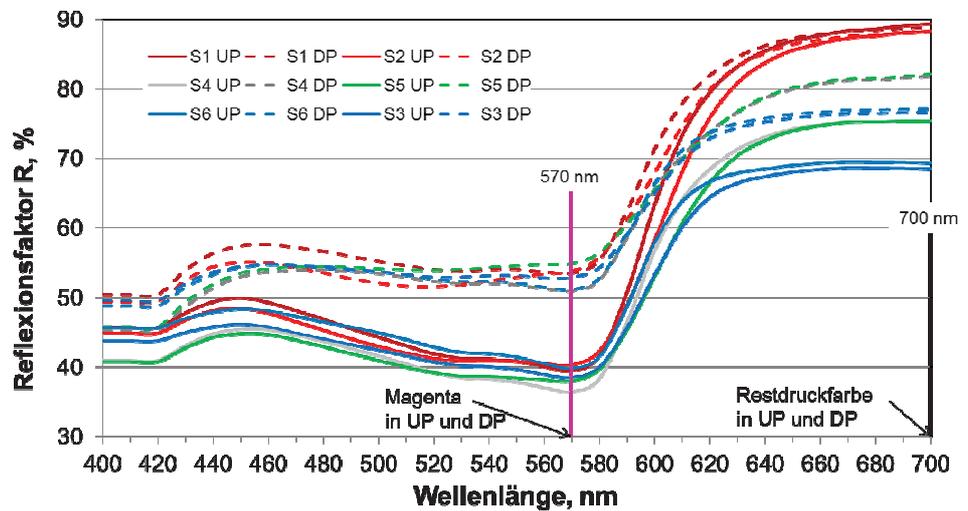


Abbildung 14: Remissionskurven der undeinkten (UP) und deinkten (DP) Stoffe

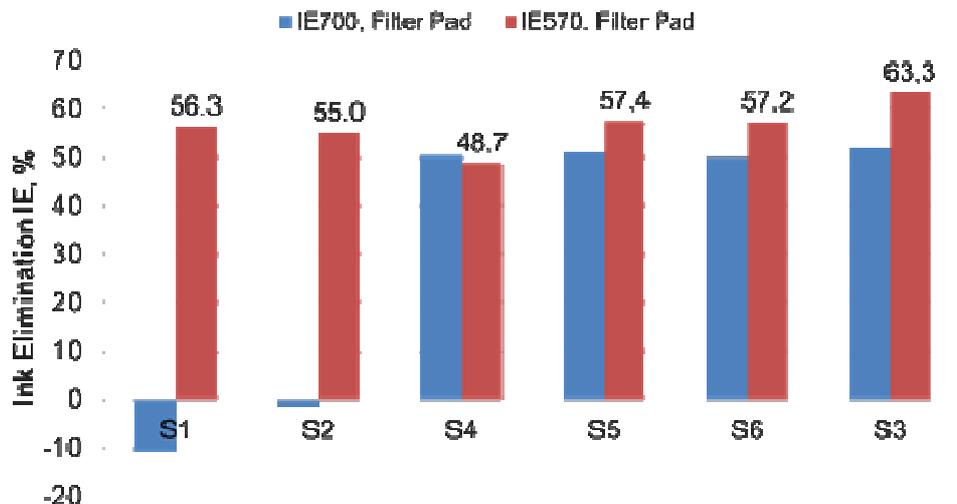


Abbildung 15: Druckfarbenentfernung IE ermittelt bei unterschiedlichen Wellenlängen

Deinkbarkeitsbewertung

Neben der Kenngröße Ink Elimination muss bei der Bewertung der Deinkbarkeit auch der Score für den Farbwert a^* angepasst werden. Für die Drucke mit Magenta wurde dieser Wert auf 0 gesetzt.

Entsprechend dieser Auswertung wird folgendes Ergebnis erzielt:

bei einem Druckmuster war der Anteil an Schmutzpunkten $> 250 \mu\text{m}$ zu hoch.

Das führt zur negativen Bewertung.

Die restlichen Druckmuster wiesen zufriedenstellende bis gute Deinkbarkeit auf.

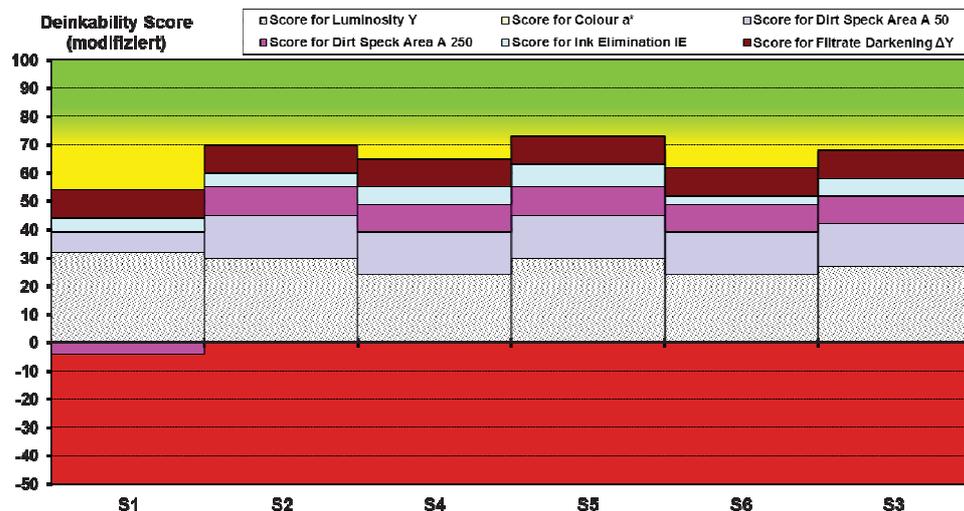


Abbildung 16: Deinkbarkeitsergebnisse mineralölfreier Druckerzeugnisse (modifiziert)

6.5 Fazit

Fazit

Zur Berechnung der Ink Elimination von reinen Farbflächen muss die Schwerpunktwellenlänge der jeweiligen Farbe herangezogen werden.

Die a^* -Farbwerte von Standardoffsetfarben liegen mit unterschiedlichem Rotpigment für

- UP im Bereich 8 – 16
- DP im Bereich 8,5 – 5,5.

Die a^* -Werte der mineralölfreien Druckmuster waren für

- UP im Bereich 15,4 – 22,9
- DP im Bereich 9 – 14,1.

Bei einem Druckmuster war der Anteil an Schmutzpunkten $> 250 \mu\text{m}$ zu hoch. Das führt zur negativen Bewertung. Als kritisch zu bewerten war demnach der Einsatz von altpapierfreiem Papier.

Die restlichen Druckmuster wiesen zufriedenstellende bis gute Deinkbarkeit auf.

7 Druckversuche mit Modelldruckfarben (vgl. Arbeitspakete 2 und 3)

Vorgehen

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes erfolgte die Auswahl geeigneter Öle als Ersatzstoffe für Mineralöle gemeinsam mit Druckfarbenherstellern, die Erstellung von Modelldruckfarben und die Prüfung der Modelldruckfarben auf Verträglichkeit im Labor.

Die Prüfung der Modelldruckfarben auf Verträglichkeit erfolgt im Labormaßstab mit Hilfe von Quellversuchen an Gummimaterialien und der Herstellung von Probedrucken nach folgenden Kriterien: Farbwiedergabe/Ergiebigkeit, Wegschlagverhalten, Neigung zum Abschmieren und Ablegen.

Ziel war die Anpassung/Optimierung der Druckfarbenzusammensetzung an mineralölfreie Öle. Im Ergebnis stehen Modelldruckfarben für die im Arbeitspaket 3 vorgesehenen Druckversuche und Bewertungen der mineralölfreien Modelldruckfarben in Abhängigkeit von der Papierzusammensetzung zur Verfügung.

Auswahl geeigneter Öle

In umfangreichen Untersuchungen wurden von Druckfarbenherstellern geeignete Materialkombinationen untersucht. Ausgewählte und als geeignet erachtete Kombinationen wurden für die Erstellung von Modelldruckfarben verwendet und für die weiteren Untersuchungen zur Verfügung gestellt.

Ausgewählte Modelldruckfarben

Von zwei Druckfarbenherstellern wurden Modelldruckfarben zur Verfügung gestellt. Dabei handelte es sich um folgende Farben:

Tabelle 3: Zusammenfassung der Druckfarben

Abkürzung	Beschreibung
M1	Farbhersteller 1 konventionelle Zeitungsdruckfarbe
M2	Farbhersteller 1 mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe
H1	Farbhersteller 2 mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe 1
H2	Farbhersteller 2 mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe 2

Modelldrucke

Für die Modelldrucke kamen folgende Papiere zum Einsatz.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Druckpapiere

Papier	Anteil deinkter Stoff DIP	Aschegehalt, %
P1 Exopress 68	0 % DIP	5,6
P2 Newspress	50 % DIP	9,8
P3 Newspress	100 % DIP	21,0

7.1 Druckversuche mit Modelldruckfarben

7.1.1 Verdruckbarkeitsuntersuchung

Quelltests Mit den drei zur Verfügung gestellten Probekörpern der Walzenwerkstoffe wurden Quelltests unter Einwirkung der Modelldruckfarben analog zu dem unter Punkt 6.2. beschriebenen Prüfhergang durchgeführt.

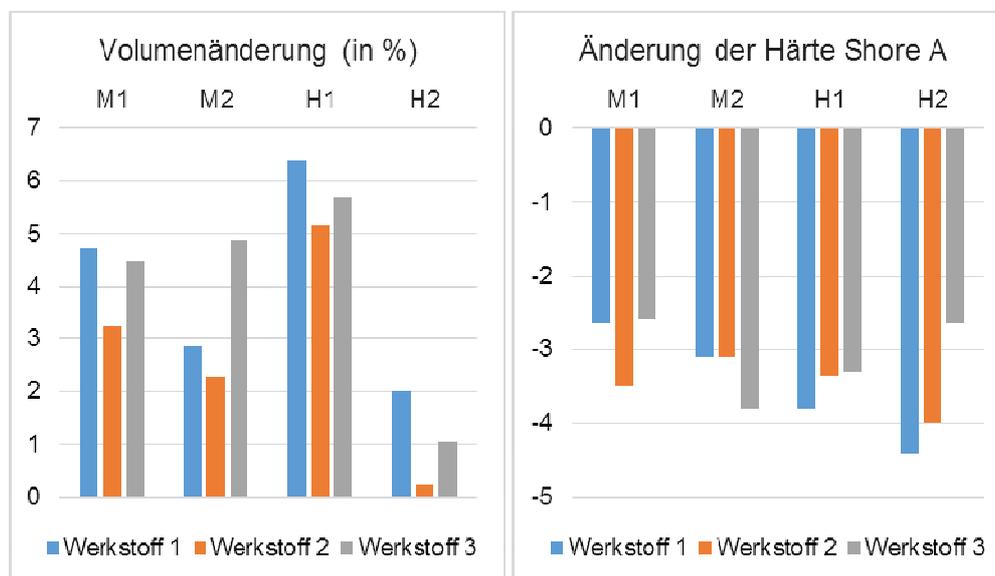


Abbildung 17: Volumenänderung und Härteänderung der Werkstoffe

Die größte Quellung findet beim Einsatz der Druckfarbe H1 statt, die geringste bei H2. Bei allen Modelldruckfarben ändert sich die Shorehärte bei mindestens einem Werkstoff um 3 oder mehr Härtepunkte. Die geringste Härteänderung wird mit der Modellfarbe M1 erzielt.

Bewertung der Verdruckbarkeit

Die gelieferten Modelldruckfarben wurden auf der Druckmaschine Heidelberg Speedmaster verdruckt und dabei hinsichtlich der Schablonierneigung, der Tonwertzunahme und der Nebelneigung untersucht.

Die Modellfarben zeigten keine Nebelerscheinungen bei den Druckversuchen. Weiterhin waren keine Schablonen sichtbar.

Hinsichtlich des Feuchtungsspielraumes beim Druck konnte bei den Testfarben kein gravierender Unterschied festgestellt werden.

Bei der Bewertung der Tonwertzunahme wurde festgestellt, dass mit steigendem Altpapieranteil (DIP) die Zuwächse abnehmen, dargestellt im folgenden Diagramm:

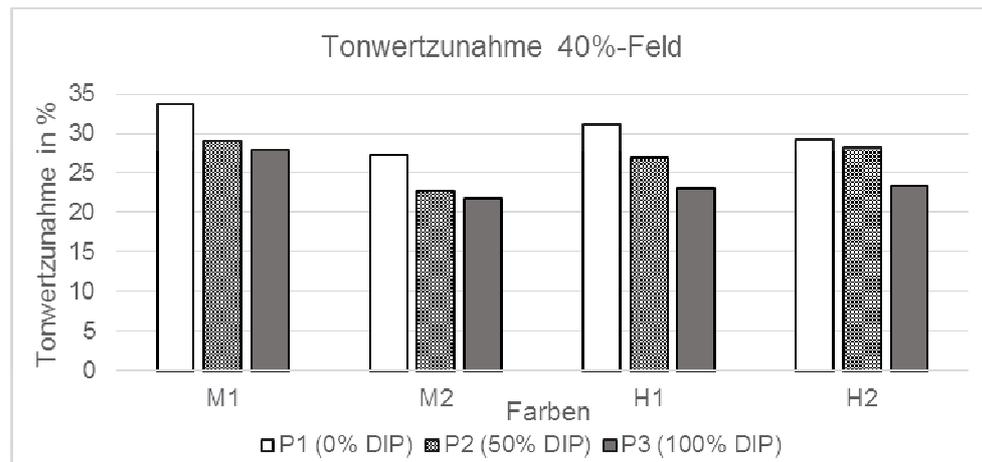


Abbildung 18: Tonwertzunahmen der verschiedenen Modellfarben im 40%-Feld
Weiterhin wurde untersucht, ob mit den Modellfarben ein standardisierter Druck nach den in der Industrie üblichen Vorgaben hinsichtlich der Färbung möglich ist.

Die Abweichung der Farborte der Papiere von den Vorgaben steigt mit zunehmendem Altpapieranteil, erfüllt die Anforderungen jedoch in allen drei Fällen. Die Papierwerte stimmen am besten mit dem Vorgaben für INP überein.

Mit keiner verwendeten Farbe ist Druck im Bereich $\Delta E \leq 5$ nach Medienstandard 2018 (Druck auf INP) möglich:

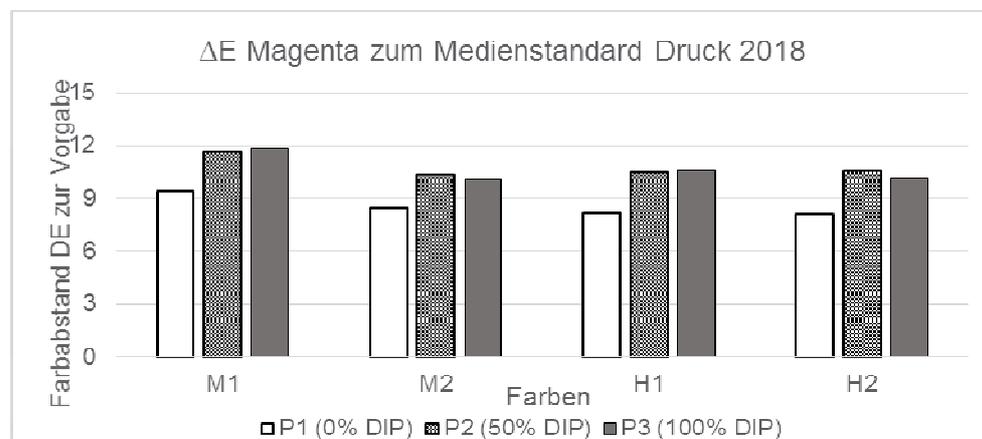


Abbildung 19: Farbabweichung zum Medienstandard Druck 2018 beim Druck auf aufge bessertes Zeitungspapier

7.1.2 Deinkbarkeitsbewertung

Druckerzeugnisse Ein Überblick über die untersuchten Druckmuster ist nachfolgend zusammengestellt. Untersucht wurden einseitig vollflächig bedruckte Muster (siehe Abbildung 20: Muster für Deinking-Versuche.).

Tabelle 5: Zusammenfassung der Druckmuster

Nr.	Papier	Aschegehalt, %	Druckfarben	
P1 H1	P1 0 % DIP	5,6	H1	mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe 1
P1 H2	P1 0 % DIP	5,6	H2	mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe 2
P1 M1	P1 0 % DIP	5,6	M1	konventionelle Zeitungsdruckfarbe
P1 M2	P1 0 % DIP	5,6	M2	mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe 3
P2 H1	P2 50 % DIP	9,8	H1	mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe 1
P2 H2	P2 50 % DIP	9,8	H2	mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe 2
P2 M1	P2 50 % DIP	9,8	M1	konventionelle Zeitungsdruckfarbe
P2 M2	P2 50 % DIP	9,8	M2	mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe 3
P3 H1	P3 100 % DIP	21	H1	mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe 1
P3 H2	P3 100 % DIP	21	H2	mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe 2
P3 M1	P3 100 % DIP	21	M1	konventionelle Zeitungsdruckfarbe
P3 M2	P3 100 % DIP	21	M2	mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe 3



Abbildung 20: Muster für Deinking-Versuche.

Verluste

Die Druckmuster wurden bei zwei unterschiedlichen Flotationszeiten flотиert. Dieses wurde als erforderlich erachtet, da mineralölfreie Druckfarben gegebenenfalls zu höheren Verlusten führen können. Dies sollte einen Vergleich der Ergebnisse bei annähernd vergleichbaren Verlusten ermöglichen (siehe Abbildung 22).

In nachfolgender Abbildung 21 sind die Verluste nach 12 min und 6 min Flotationsdauer für alle Druckmuster aufgezeigt. Erwartungsgemäß steigt mit zunehmender Flotationszeit auch der Verlust.

Die Ausbeute bei Einsatz der altpapierfreien Papiere P1 ist höher im Vergleich zu den altpapierhaltigen Papieren P2 und P3. Steigender Füllstoffgehalt führt zu höheren Verlusten und damit geringerer Ausbeute. Innerhalb einer Papiersorte führt die Druckfarbe mineralölfreie Zeitungsdruckfarbe des Farbherstellers 1 (M2) zu den geringsten Ausbeuten und die konventionelle mineralölhaltige Farbe M1 des Farbherstellers 1 zur höchsten Flotationsausbeute.

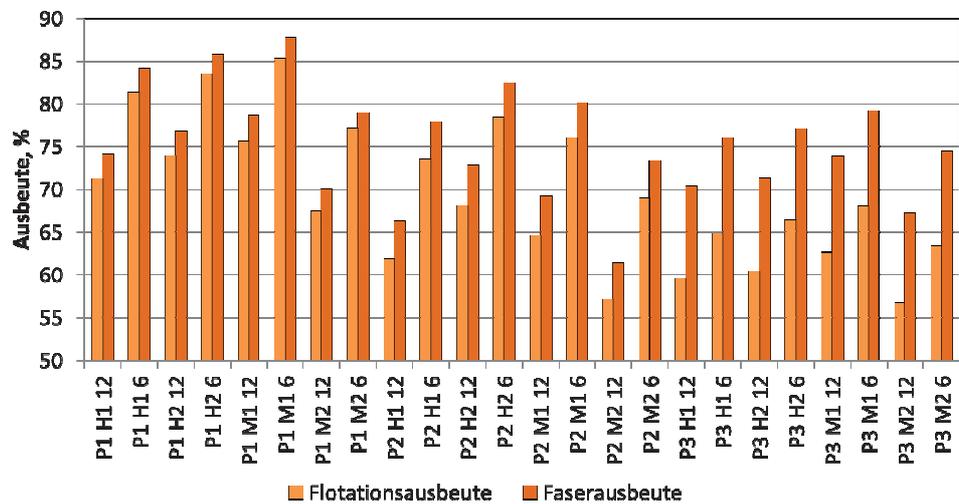


Abbildung 21: Flotationsausbeute und Faserausbeute der Deinkbarkeitsuntersuchungen bei unterschiedlicher Flotationsdauer

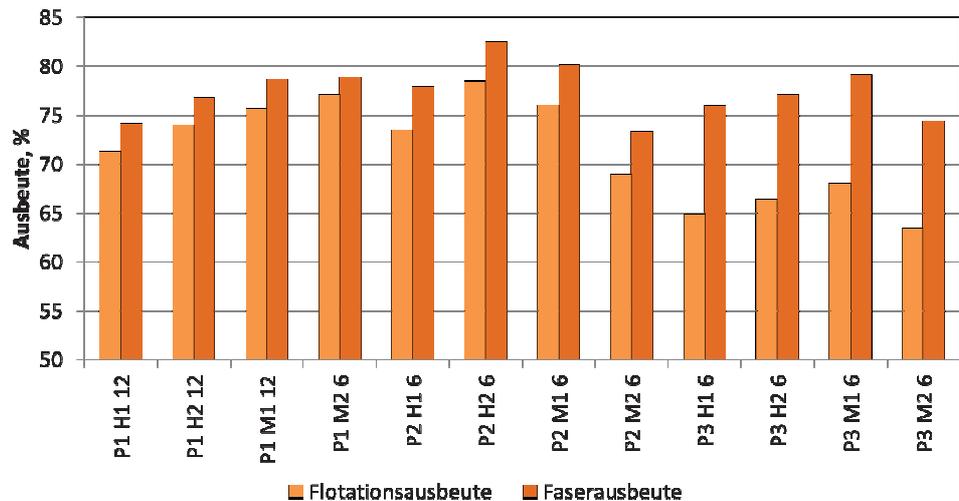


Abbildung 22: Vergleichbare Flotationsausbeute und Faserausbeute der Deinkbarkeitsuntersuchungen

Hellbezugswerte

Die weitergehende Auswertung erfolgte für die in Abbildung 22 aufgeführten Druckmuster mit annähernd vergleichbarer Faserausbeute. Für die Muster auf dem altpapierfreien Papier P1 und den Druckfarben H1, H2 und M1 wurden die Ergebnisse nach 12 min Flotationszeit herangezogen. Alle weiteren Druckmuster wurden nach 6 min Flotationsdauer bewertet.

Die Hellbezugswerte Y der deinkten Stoffe lagen alle über dem Grenzwert. Für diese Kenngröße sind die Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Druckfarben und den unterschiedlichen Papieren nicht signifikant.

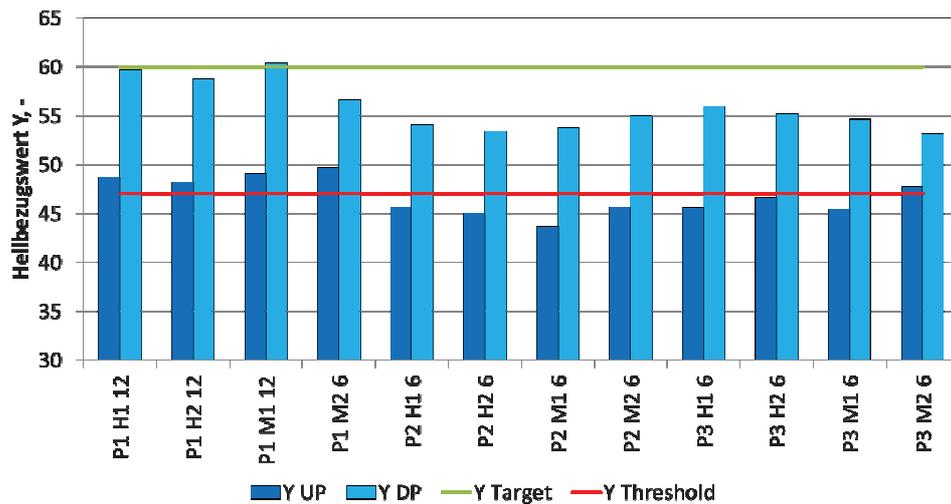


Abbildung 23: Hellbezugswert Y der undeinkten (UP) und deinkten (DP) Stoffe sowie Grenz- und Zielwerte

Filtratverdunkelung

Hinsichtlich kleiner Druckfarbenpartikel, die sich im Filtrat anreichern und zu einer Filtratverdunkelung führen, steigt die Filtratverdunkelung mit zunehmendem Anteil an deinktem Stoff im Zeitungspapier. Die geringste Filtratverdunkelung wurde bei Einsatz von Primärfaserstoff erzielt. Allerdings sind alle Werte unkritisch und liegen unter dem Zielwert.

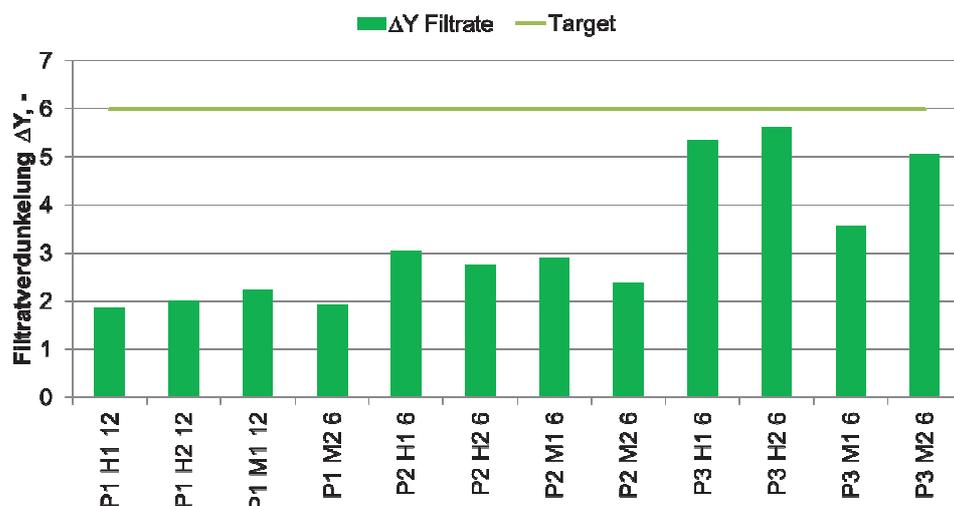


Abbildung 24: Filtratverdunkelung ΔY und Zielwert

Farbwert a*

Da es sich bei den Druckfarben wieder um Magenta handelte, sind erwartungsgemäß die Farbwerte a* der deinkten und undeinkten Stoffe im roten Bereich. Hinsichtlich der unterschiedlichen Druckfarben waren die Unterschiede gering, aber ein Einfluss der Papiere war erkennbar. Die Muster auf altpapierfreiem Papier waren intensiver gefärbt. Erkennbar wird die Entfernung der Druckfarben durch Flotation.

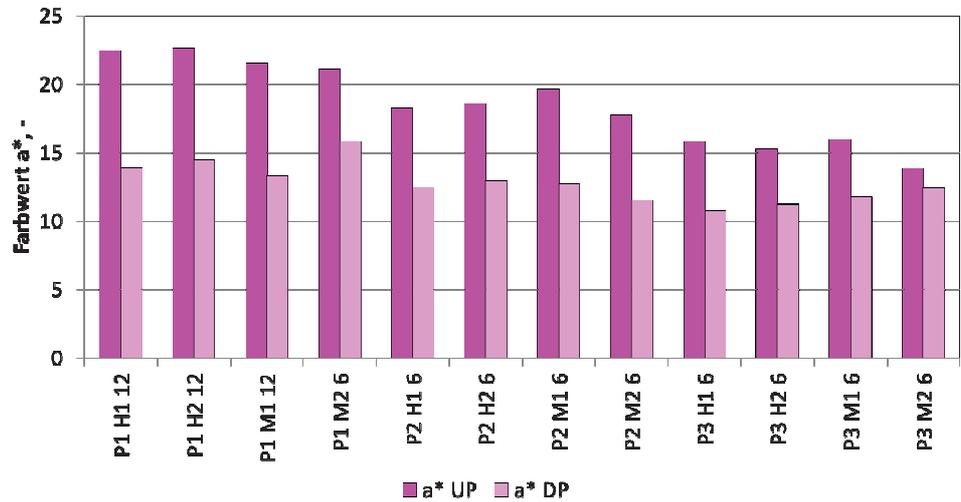


Abbildung 25: Wert für a* der undeinkten (UP) und deinkten (DP) Stoffe

Schmutzpunktfläche der deinkten Stoffe

Hinsichtlich der Schmutzpunktfläche wiesen alle Druckmuster sowohl für die Schmutzpunkte > 50 µm als auch > 250 Werte unterhalb der Zielwerte auf. Bei Einsatz von altpapierfreiem Papier waren die Schmutzpunktflächen etwas höher, aber unkritisch zu bewerten.

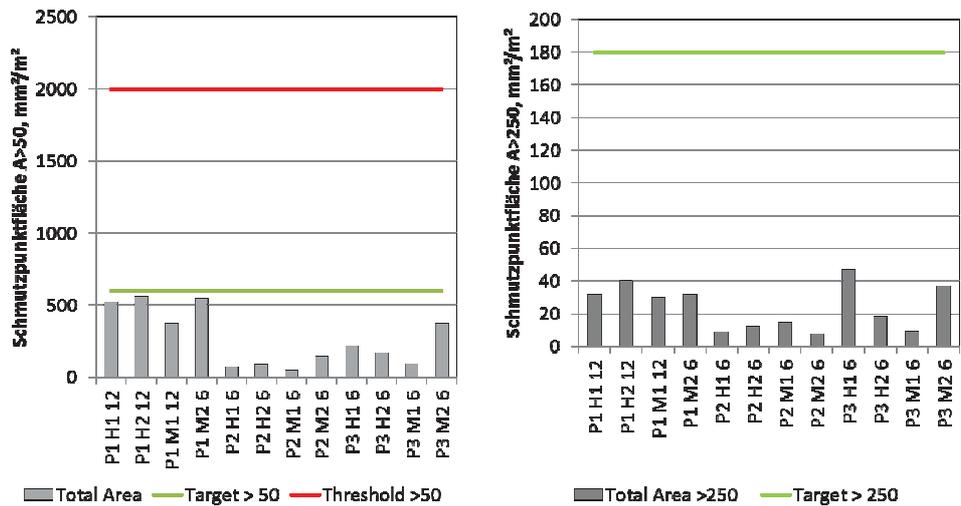


Abbildung 26: Schmutzpunktfläche > 50 und > 250 µm der deinkten Stoffe

Remissionskurve und Ink Elimination

Die Farbflächen Magenta verhalten sich entsprechend ihrer Farbkomponenten und müssen über den Farbort beschrieben werden, der stellvertretend in dem a*-Wert dokumentiert ist. Zur Berechnung der Ink Elimination von reinen Farbflächen muss wieder die Schwerpunkswellenlänge der jeweiligen Farbe herangezogen werden. Die üblicherweise verwendete Schwerpunkswellenlänge bei 700 µm ist nur für Schwarzfarben gültig. Die Unterschiede vor und nach der Flo-tation sind auf Restdruckfarben der altpapierhaltigen Papiere zurückzuführen. Für Magenta muss demnach bei der Berechnung der Ink Elimination der Reflexionsfaktor bei der die Schwerpunkswellenlänge von 570 m herangezogen werden. Klar ersichtlich wird, dass vor allem bei Papier P3 und der Farbe M2 auch der Wert bei 700 nm aussagefähig ist.

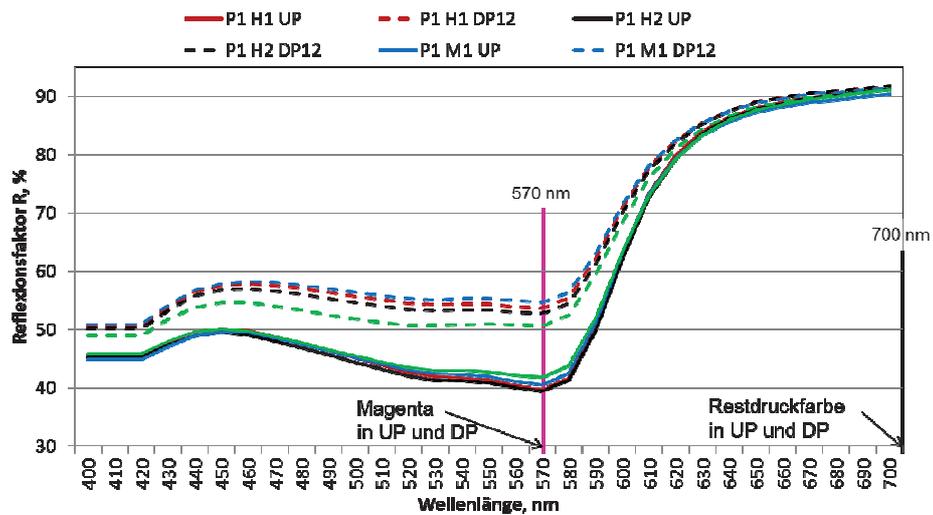


Abbildung 27: Remissionskurven der undeinkten (UP) und deinkten (DP) Stoffe bei Einsatz von Papier P1 (0% DIP)

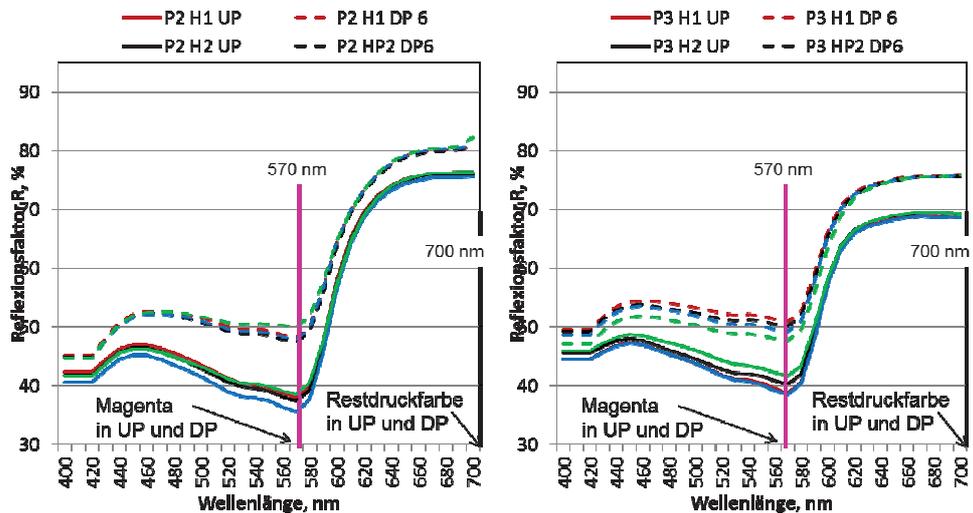


Abbildung 28: Remissionskurven der undeinkten (UP) und deinkten (DP) Stoffe bei Einsatz von Papier P2 (50% DIP) und P3 (100 % DIP)

Ink Elimination

Die ermittelte Ink Elimination bei Heranziehen der Schwerpunktwellenlängen 570 nm und 700 nm ist nachfolgend aufgezeigt. Mit einer Ausnahme (P3M2) liegen die Werte bei Heranziehen der Wellenlänge von 570 nm über den Werten von 700 nm und über dem Grenzwert. Bei Bewertung des Musters P3M2 wurde bei der Auswertung nach der Scorecard die Ink Elimination ermittelt bei 700 nm herangezogen.

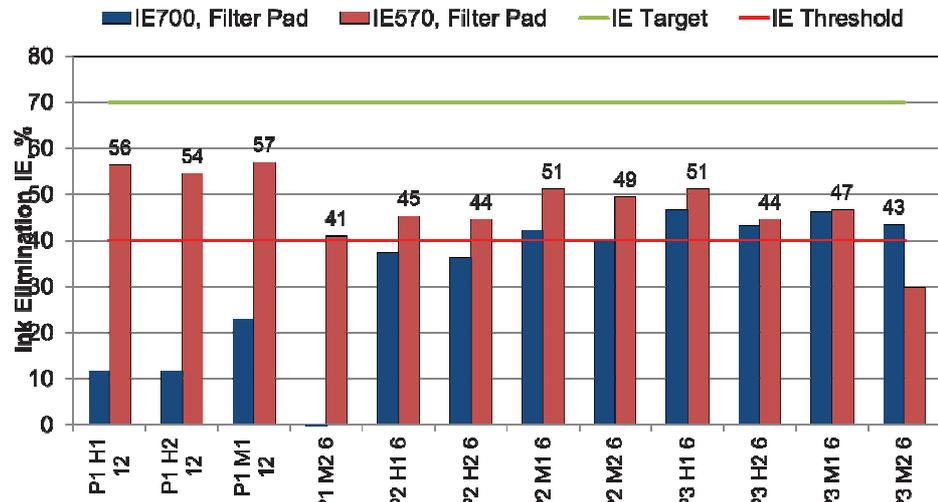
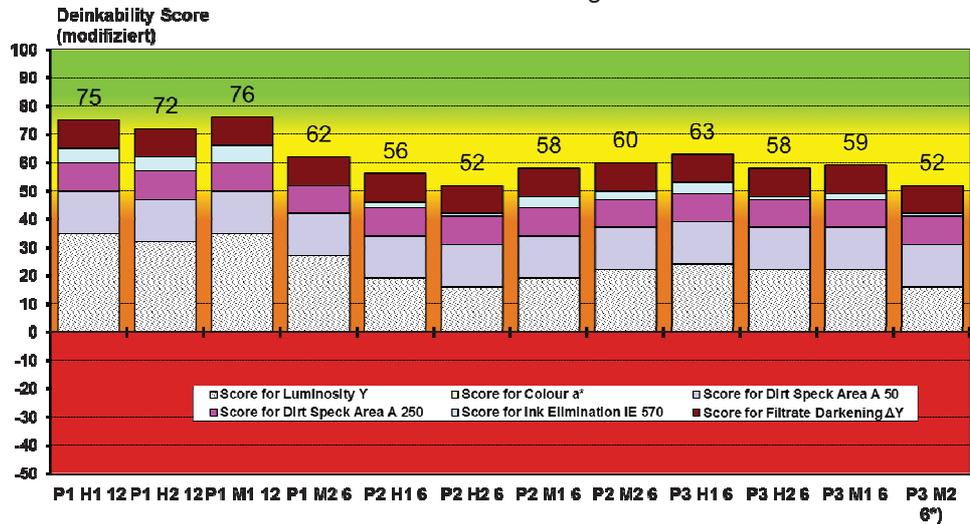


Abbildung 29: Druckfarbenentfernung IE ermittelt bei unterschiedlichen Wellenlängen

Deinkbarkeitsbewertung

Neben der Kenngröße Ink Elimination muss bei der Bewertung der Deinkbarkeit auch der Score für den Farbwert a* angepasst werden. Für die Drucke mit Magenta wurde dieser Wert auf 0 gesetzt.

Alle Druckmuster wiesen zufriedenstellende bis gute Deinkbarkeit auf.



*) Score for Ink Elimination IE 700

Abbildung 30: Deinkbarkeitsergebnisse mineralölfreier Druckerzeugnisse (modifiziert)

7.2 Fazit

Fazit Zur Berechnung der Ink Elimination von reinen Farbflächen muss die Schwerpunktwellenlänge der jeweiligen Farbe herangezogen werden.

Die a^* -Farbwerte von **mineralölhaltigen** konventionellen Zeitungsdruckfarbe liegen bei Einsatz der unterschiedlichen Papiere für

- UP im Bereich 16 - 21
- DP im Bereich 11,8 – 13,3.

Die a^* -Werte der **mineralölfreien** Druckmuster waren für

- UP im Bereich 13,9 – 22,6
- DP im Bereich 10,7 – 14,5.

Alle Druckmuster wiesen zufriedenstellende bis gute Deinkbarkeit auf.

8 Auswahl geeigneter Materialkombinationen und Praxisversuche auf industrieller Rollenoffsetmaschine (vgl. Arbeitspaket 4 und 5)

Hintergrund Im Rahmen dieses Arbeitspaketes erfolgte eine Auswertung der aus den Arbeitspaketen 1 und 3 vorliegenden Daten sowie Druckversuche mit weiteren Modelldruckfarben, die einen Vergleich zwischen mineralölhaltigen und mineralölfreien Druckfarben ermöglichen sollten.

Die Ergebnisse der Bewertung der Verdruckbarkeit und Deinkbarkeit (Zielvariablen) werden den unterschiedlichen Materialkombinationen (Einflussvariablen) gegenübergestellt und daraus der ursächliche Zusammenhang zwischen Druckqualität / Deinkingergebnis und Materialkombination (Druckfarben- und Papierzusammensetzung) erarbeitet.

8.1 Druckversuche mit weiteren Modelldruckfarben

Auswahl weiterer Druckfarben und Druckmuster Umfangreiche Untersuchungen wurden von Druckfarbenherstellern im Rahmen eines bei der Fogra laufenden Forschungsprojektes durchgeführt [20]. In Abstimmung mit dem Umweltbundesamt (UBA) wurden von der Fogra als geeignet erachtete Druckmuster zur Verfügung gestellt. Dabei handelte es sich um Druckfarbenmuster von zwei Farbherstellern, die sowohl konventionelle mineralölhaltige als auch neu entwickelte mineralölfreie Druckfarben zur Verfügung stellten.

Für die Druckversuche wurde altpapierhaltiges Papier mit 100 % DIP-Anteil verwendet. Der Aschegehalt dieses Papiers betrug 27 %.

Druckbild

Folgende Druckbilder wurden verwendet.



Abbildung 31: Testform für die Deinkbarkeitsuntersuchungen der 4 farbigen Drucke

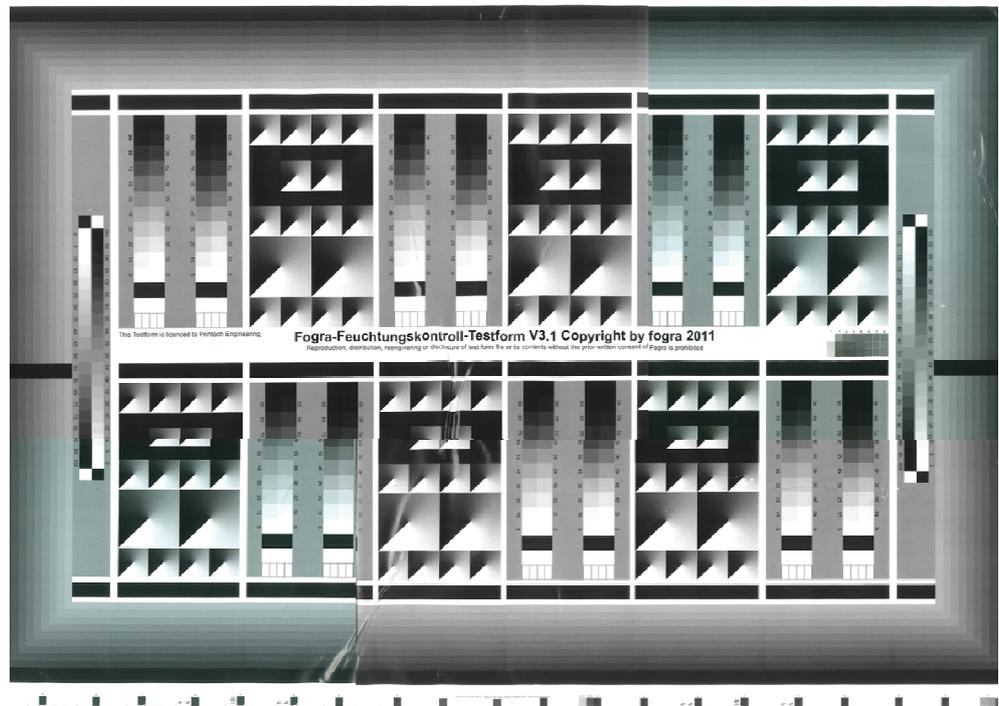


Abbildung 32: Testform für die Deinkbarkeitsuntersuchungen der 1 farbigen Drucke am Beispiel Schwarz (Schwarz und Magenta)

8.1.1 Deinkbarkeitsbewertung

Druckerzeugnisse Ein Überblick über die untersuchten Druckmuster ist nachfolgend zusammengestellt.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Druckmuster

Nr.	Mineralölfrei	Mineralölhaltig	Hersteller	Beschreibung der Maschineneinstellung
A1	Schwarz		1	
E		Magenta	1	
F	Magenta		1	
G		4 farbig	1	Standarddichte Zeitung
H	4 farbig		1	verminderte Dichte im Schwarz zur Druckbildanpassung
I	4 farbig		1	Standarddichte Zeitung
A	4 farbig		2	Standarddichte Zeitung
C		4 farbig	2	Standarddichte Zeitung

Untersucht wurden einseitig bedruckte Muster (Abbildung 31 und Abbildung 32).

Verluste

Die Druckmuster wurden ebenfalls bei zwei unterschiedlichen Flotationszeiten flотиert. Dies wurde als erforderlich erachtet, da mineralölfreie Druckfarben gegebenenfalls zu höheren Verlusten führen können. Dies sollte einen Vergleich der Ergebnisse bei annähernd vergleichbaren Verlusten ermöglichen.

In nachfolgender Abbildung sind die Verluste nach 12 min und 6 bzw. 7 min Flotationsdauer für alle Druckmuster aufgezeigt. Erwartungsgemäß steigt mit zunehmender Flotationszeit auch der Verlust.

Die Ausbeute bei Einsatz der mineralölhaltigen Druckfarben ist höher im Vergleich zu den mineralölfreien Druckfarben.

Die weitergehende Auswertung erfolgte für die in Abbildung 34 aufgeführten Druckmuster mit annähernd vergleichbarer Flotationsausbeute und Faserausbeute.

Für die Muster mit den konventionellen mineralölhaltigen Druckfarben G und A1 sowie E wurden die Ergebnisse nach 12 min Flotationszeit herangezogen. Alle weiteren Druckmuster wurden nach 6 bzw. 7 min Flotationsdauer bewertet.

Ausbeute

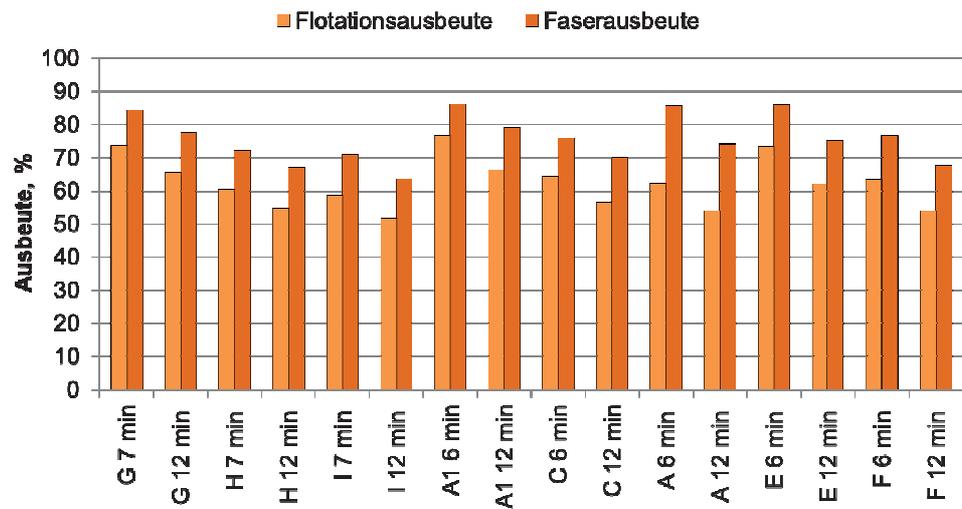


Abbildung 33: Flotationsausbeute und Faserausbeute der Deinkbarkeitsuntersuchungen bei unterschiedlicher Flotationsdauer

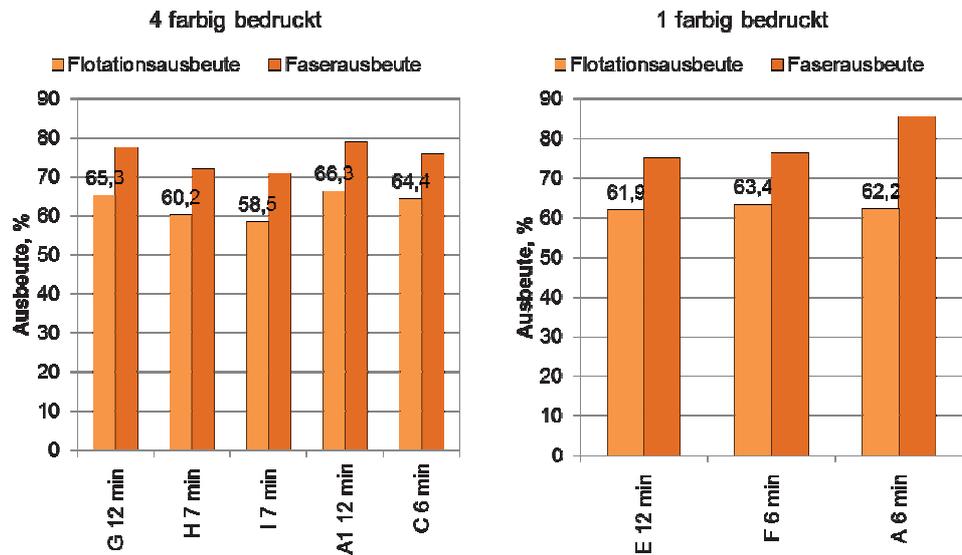


Abbildung 34: Vergleichbare Flotationsausbeute und Faserausbeute der Deinkbarkeitsuntersuchungen

Hellbezugswerte

Die Hellbezugswerte Y der deinkten Stoffe lagen alle über dem Grenzwert. Die Muster mit den konventionellen mineralöhlhaltigen Druckfarben G und A1 sowie E wiesen geringfügig niedrigere Hellbezugswerte der undeinkten und deinkten Stoffe auf.

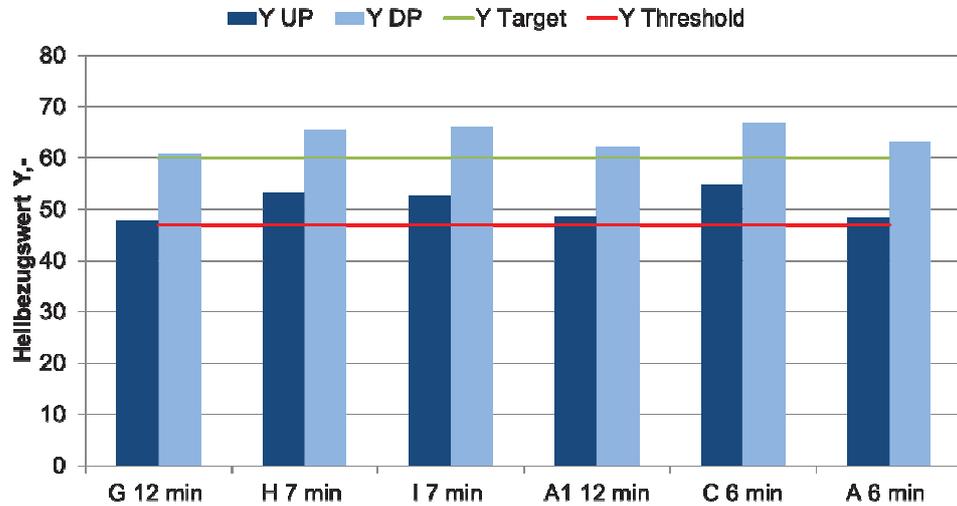


Abbildung 35: Hellbezugswert Y der undeinkten (UP) und deinkten (DP) Stoffe sowie Grenz- und Zielwerte (4 farbig und 1 farbig schwarz bedruckt)

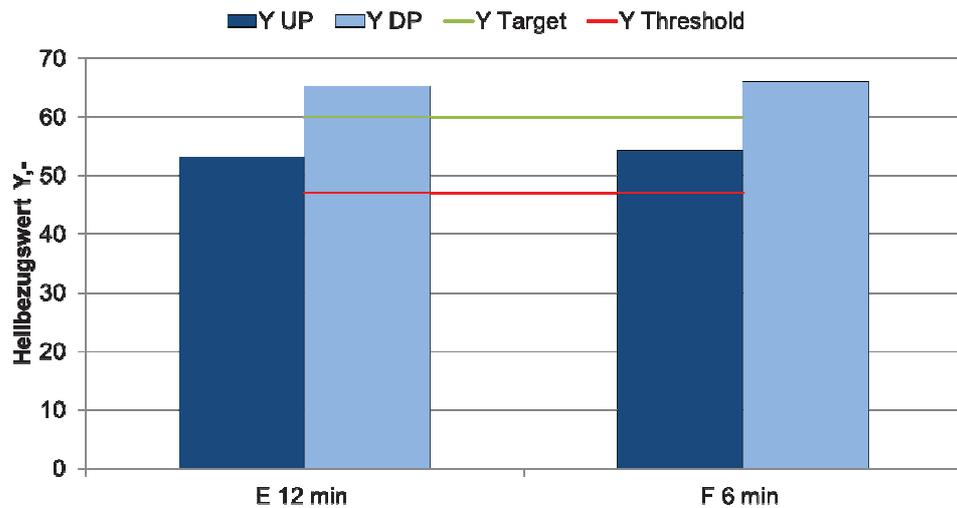


Abbildung 36: Hellbezugswert Y der undeinkten (UP) und deinkten (DP) Stoffe sowie Grenz- und Zielwerte (1 farbig Magenta bedruckt)

Filtratverdunkelung

Die konventionelle mineralöhlhaltige Druckfarbe G wies die höchste Filtratverdunkelung auf. Alle Werte liegen geringfügig über dem Zielwert, der Grenzwert wird jedoch deutlich unterschritten.

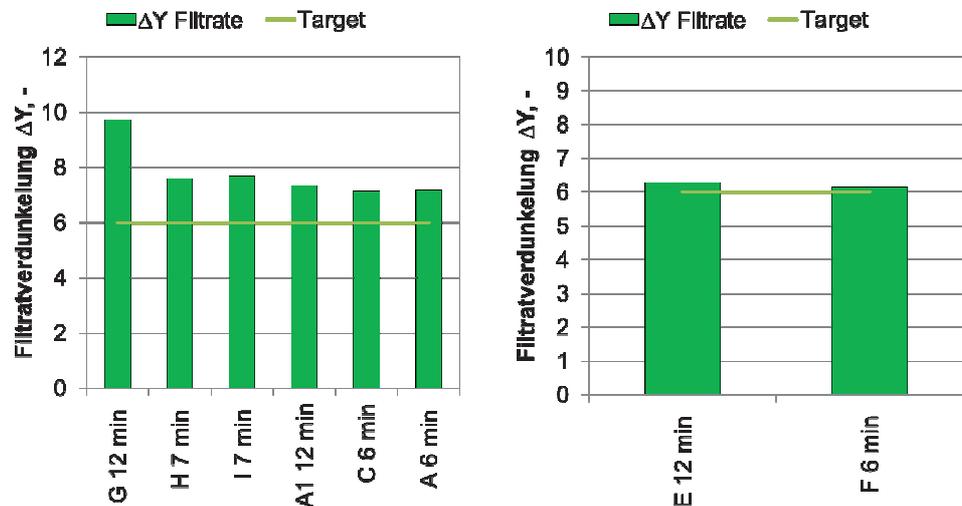


Abbildung 37: Filtratverdunkelung ΔY und Zielwert

Farbwert a^*

Bei den einfarbigen Magenta Drucken sind erwartungsgemäß die Farbwerte a^* der deinkten und undeinkten Stoffe im roten Bereich. Hinsichtlich der unterschiedlichen Druckfarben waren die Unterschiede gering, Erkennbar wird die gute Entfernung der Druckfarben durch Flotation.

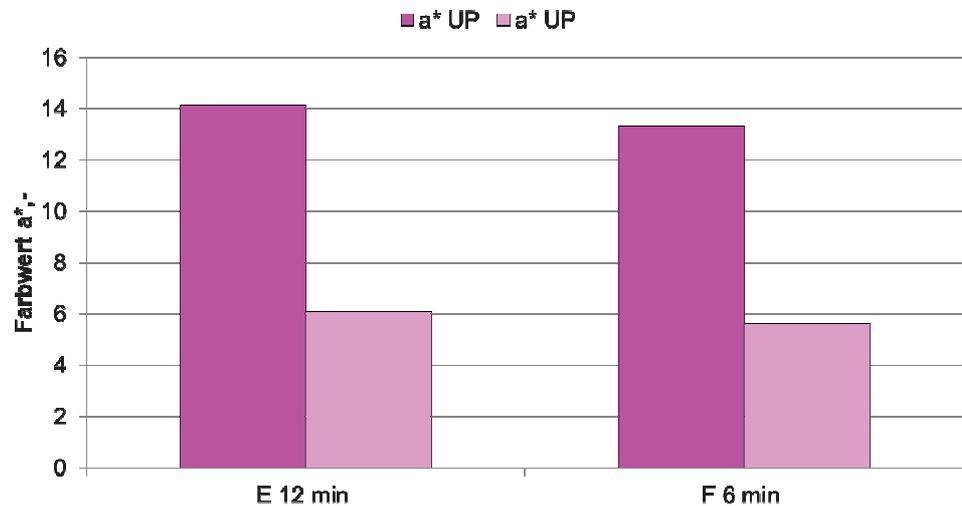


Abbildung 38: Wert für a^* der undeinkten (UP, rosa) und deinkten (DP, hellrosa) Stoffe .

Schmutzpunktfläche der deinkten Stoffe

Hinsichtlich der Schmutzpunktfläche wiesen alle Druckmuster sowohl für die Schmutzpunkte $> 50 \mu\text{m}$ als auch $> 250 \mu\text{m}$ Werte deutlich unterhalb der Zielwerte auf. Alle Druckmuster sind als unkritisch zu bewerten.

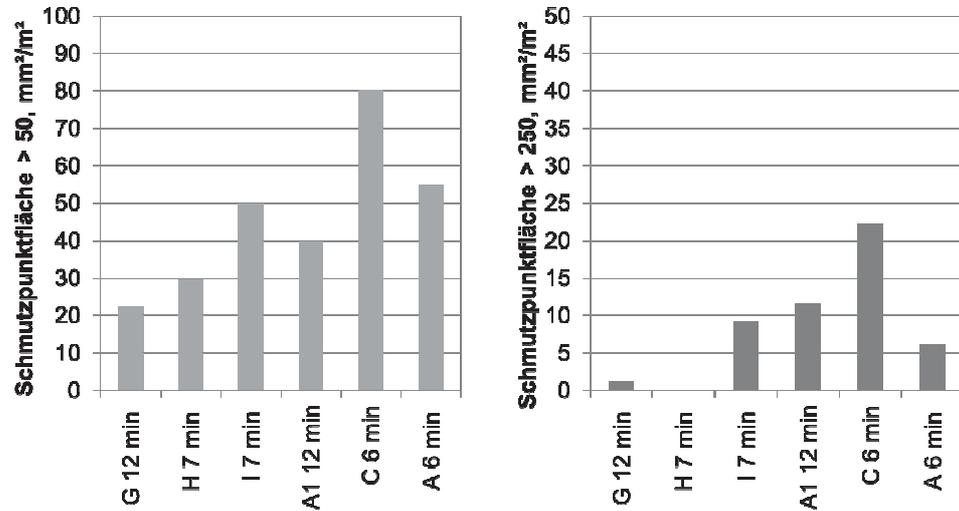


Abbildung 39: Schmutzpunktfläche > 50 und $> 250 \mu\text{m}$ der deinkten Stoffe (4 farbig und 1 farbig schwarz bedruckt)

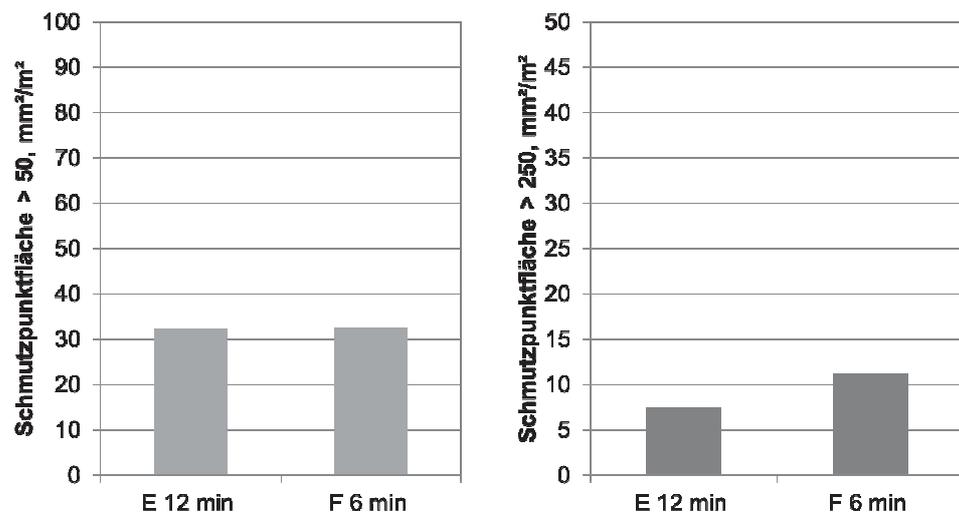


Abbildung 40: Schmutzpunktfläche > 50 und $> 250 \mu\text{m}$ der deinkten Stoffe (1 farbig Magenta bedruckt)

Ink Elimination der 4 farbig und 1 farbig schwarz bedruckten Proben

Die Druckfarbenentfernung war bei allen Druckmustern vergleichbar. Der Grenzwert wurde deutlich überschritten, der Zielwert allerdings nicht erreicht. Ein Unterschied zwischen mineralöhlhaltiger und mineralölfreier Farbe wurde nicht ermittelt.

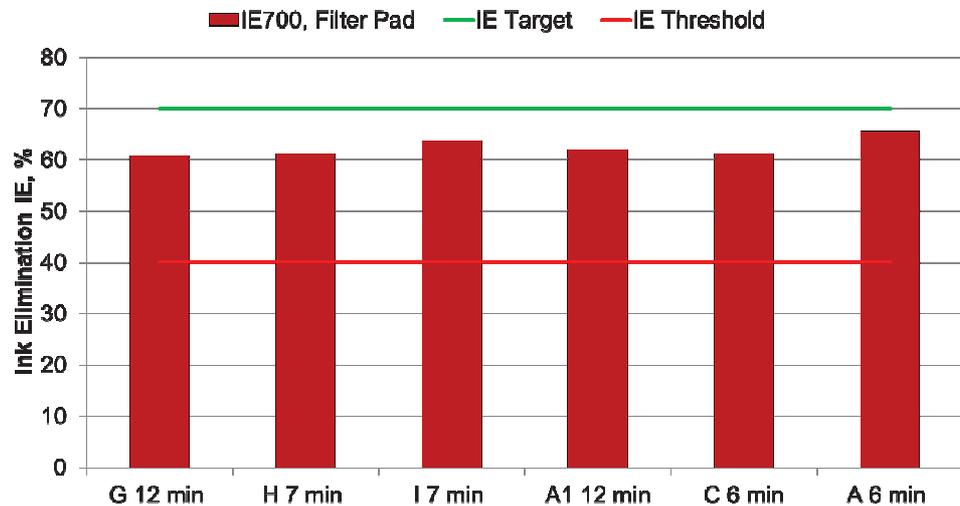


Abbildung 41: Druckfarbenentfernung IE der 4 farbig und 1 farbig schwarz bedruckten Proben, Grenzwerte und Zielwerte

Remissionskurve und Ink Elimination

Die Remissionskurven für Magenta belegen wieder, dass zur Berechnung der Ink Elimination der Reflexionsfaktor bei der Schwerpunkswellenlänge von 570 nm herangezogen werden muss. Klar ersichtlich ist die gute Druckfarbenentfernung sowohl bei der konventionellen mineralöhlhaltigen als auch der mineralölfreien Farbe.

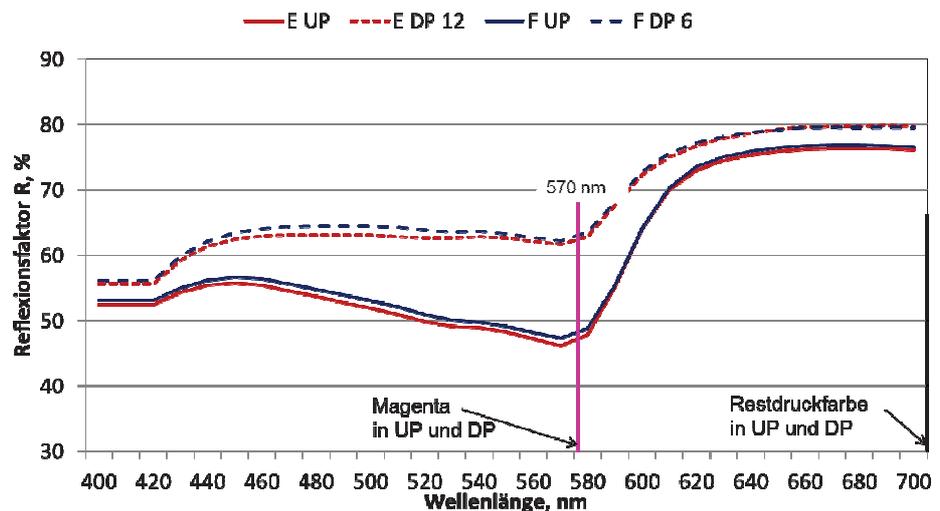


Abbildung 42: Remissionskurven der undeinkten (UP) und deinkten (DP) Stoffe bei Einsatz von Magenta

Ink Elimination

Die ermittelte Ink Elimination bei Heranziehen der Schwerpunktwellenlängen 570 nm und 700 nm ist nachfolgend aufgezeigt.

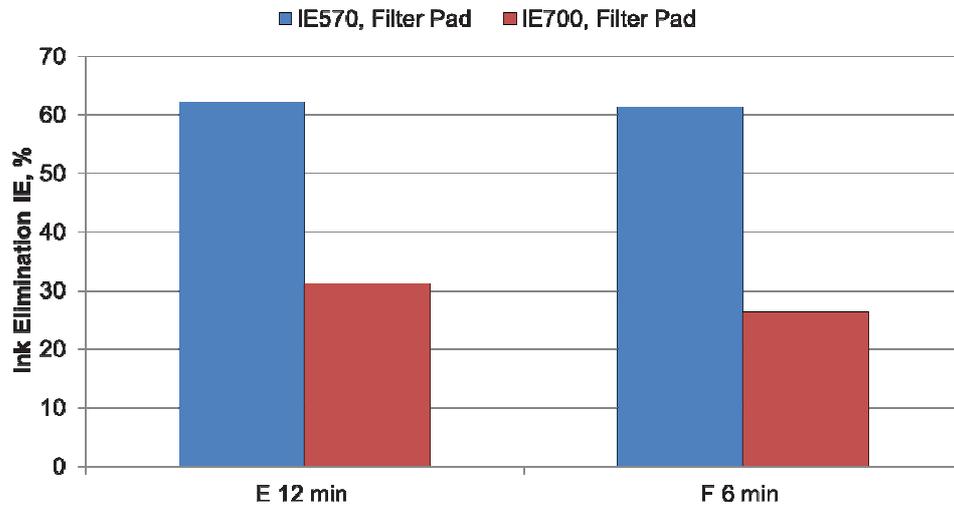


Abbildung 43: Druckfarbenentfernung IE ermittelt bei unterschiedlichen Wellenlängen

Deinkbarkeitsbewertung der 4 farbig und 1 farbig schwarz bedruckten Proben

Alle Druckmuster wiesen gute Deinkbarkeit auf. Es gab keine Unterschiede hinsichtlich der eingesetzten Druckfarben.

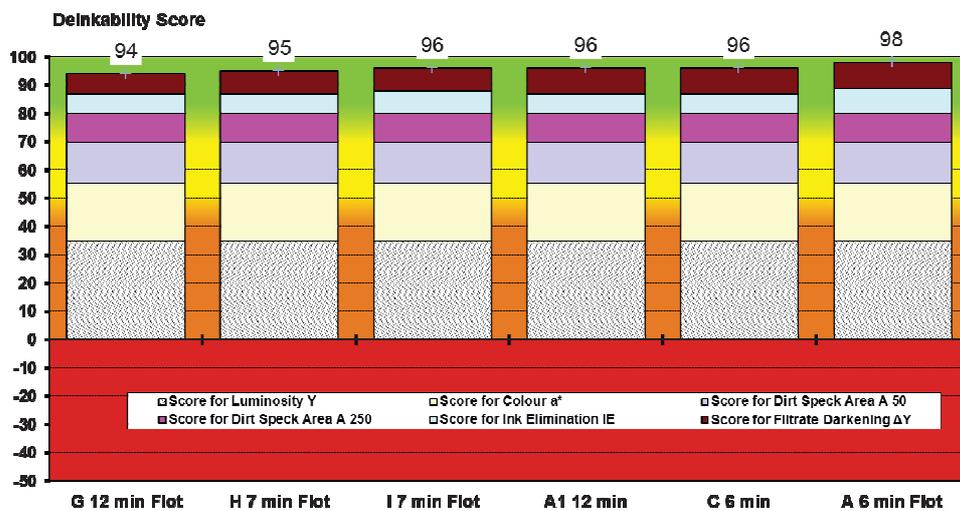


Abbildung 44: Deinkbarkeitsergebnisse der 4 farbig und 1 farbig schwarz bedruckten Proben

Deinkbarkeitsbewertung der 1 farbig mit Magenta bedruckten Proben

Neben der Kenngröße Ink Elimination muss bei der Bewertung der Deinkbarkeit auch der Score für den Farbwert a^* angepasst werden. Für die Drucke mit Magenta wurde dieser Wert auf 0 gesetzt. Die Druckmuster wiesen gute Deinkbarkeit auf.

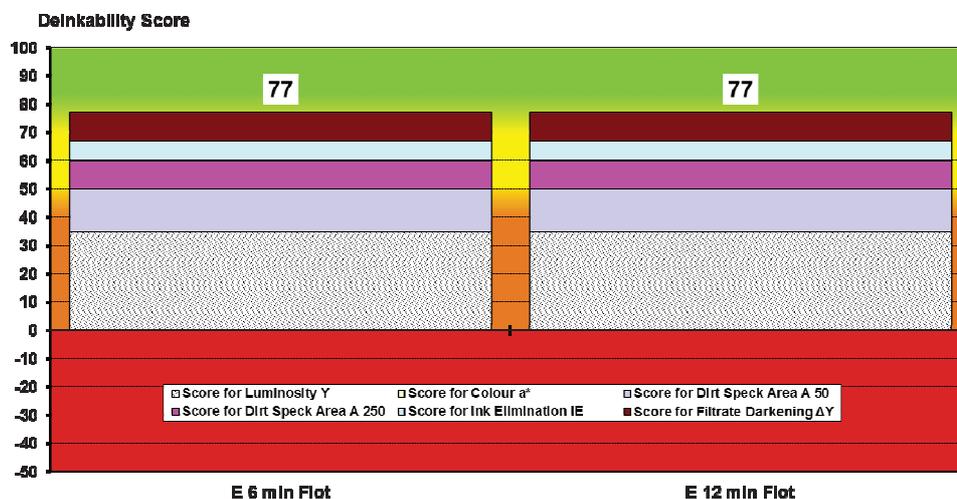


Abbildung 45: Deinkbarkeitsergebnisse der 1 farbig mit Magenta bedruckten Proben (modifiziert)

Fazit

Alle Druckmuster wiesen gute Deinkbarkeit auf. Im Hinblick auf die Wiederverwertbarkeit sind die neu entwickelten mineralölfreien Druckfarben für den Einsatz bei der Herstellung von Zeitungen geeignet.

8.2 Auswahl geeigneter Materialkombinationen und Praxisversuche auf industrieller Rollenoffsetmaschine

Materialkombinationen

Für die Drucke auf einer industriellen Rollenoffsetmaschine wurde ein mineralölfreier Farbsatz auf einem handelsüblichen Zeitungspapier eingesetzt. Pro Farbton standen je 20 kg Druckfarbe zur Verfügung.

Es wurde eine Auflage von 60.000 Exemplaren bei einer Druckgeschwindigkeit von bis zu 54.000 Ex/h gedruckt.

Das eingesetzte Feuchtmittel wurde nicht speziell auf die verwendete Farbe angepasst.

Praxisdrucke

Die Praxisversuche dienten dazu, das Verhalten der Farben auf einer industriellen Druckmaschine zu bewerten und Erkenntnisse zur Optimierung zu gewinnen.

Die ausgewählten Materialkombinationen wurden in einem Praxisversuch auf einer industriellen Rollenoffsetmaschine (Regioman, Schenkelberg Druck Weimar GmbH) bedruckt. Die Regioman Druckmaschine der Druckerei besitzt einen Druckturm mit 8 Gummi-Gummi-Druckwerken. Bei diesen Druckwerken sind die Gummituchzylinder für den Vorder- und den Rückseitendruck gegeneinander gestellt. Somit können jeweils vier Farben auf der Vorderseite und der Rückseite verdruckt werden. Das Papier wird mit maximal 630 mm Bahnbreite von einer Abrollung zugeführt. Die Plattenzylinder dieser Maschine erlauben 470 mm Drucklänge, wobei die Gummituchzylinder doppelt so groß sind. Die Bahnführung ist vertikal. Nach dem Druck wird die bedruckte Bahn in einem Falzapparat im Kreuzbruch gefalzt und ausgelegt. Die Druckmaschine ermöglicht eine Druckgeschwindigkeit von bis zu 75.000 Exemplaren/h.



Abbildung 46: Trichterfalzapparat der Regioman.

Druckbild

Die Druckversuche an der Regioman wurden 4-farbig durchgeführt, um alle Farben eines Farbsatzes zu bewerten.



Abbildung 47: Druckform für die industriellen Druckversuche

Auswertung

Die Farben wurden während der Praxisdrucke hinsichtlich der Verdruckbarkeit bewertet. Die dazu ausgewerteten Kriterien beruhen auf denen, die schon im Technikumsmaßstab herangezogen wurden:

- Feuchtungsspielraum
- Schablonierneigung
- Abschmieren und Ablegen der Farbe in der Maschine
- Farb- und Tonwertwiedergabe

Während der Druckversuche konnten folgende Erkenntnisse gesammelt werden:

Im Vergleich zu konventionellen Coldset-Farben ließen sich die Buntfarben ähnlich verarbeiten, reagierten schnell auf Einstellungsänderungen (Dichteanpassung, Anpassung der Feuchtmittelführung). Beim Schwarz wurde festgestellt, dass fast doppelt so viel Feuchtmittel zur Bildung einer druckfähigen Emulsion nötig ist, wie bei einer konventionellen Druckfarbe. Mit steigender Druckgeschwindigkeit kam es einerseits zu Wassermarken im Druck, die ein Zeichen eines überhöhten Feuchtmittelangebotes sind, und andererseits zum Tonen, (siehe Abbildung 48), was ein Zeichen für eine zu geringe Feuchtmittelführung darstellt.

Der Feuchtungsspielraum wurde bis zur Sättigung der Druckfarben (Tropfenfall) ausgenutzt.

Tonverhalten

Nach dem Anhalten der Maschine und einer Überprüfung der Walzenjustage wurde das Feuchtmittel auf eine Menge zurückgenommen, wie sie bei mineralölhaltigen Druckfarben üblich ist. Auf starkes Tönen wurde wieder mit Erhöhung des Feuchtmittelangebotes reagiert, es ließ sich jedoch ab einer Druckgeschwindigkeit von 15.000 Ex/h keine stabil verdruckbare Emulsion einstellen.

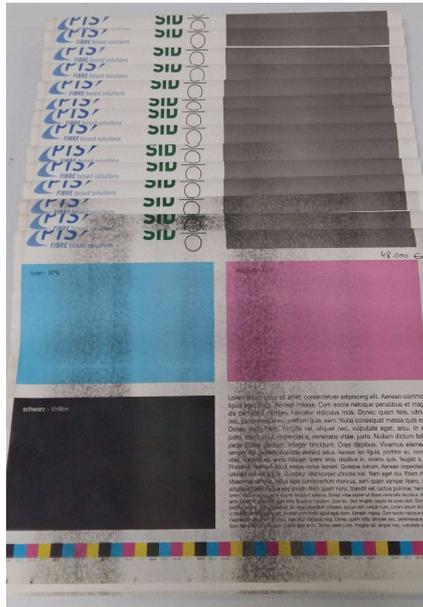


Abbildung 48: Tonverhalten über die Auflage

Bei der Bewertung der Tonwertzunahme im 40%- und 80%-Feld wurden folgende Werte ermittelt:

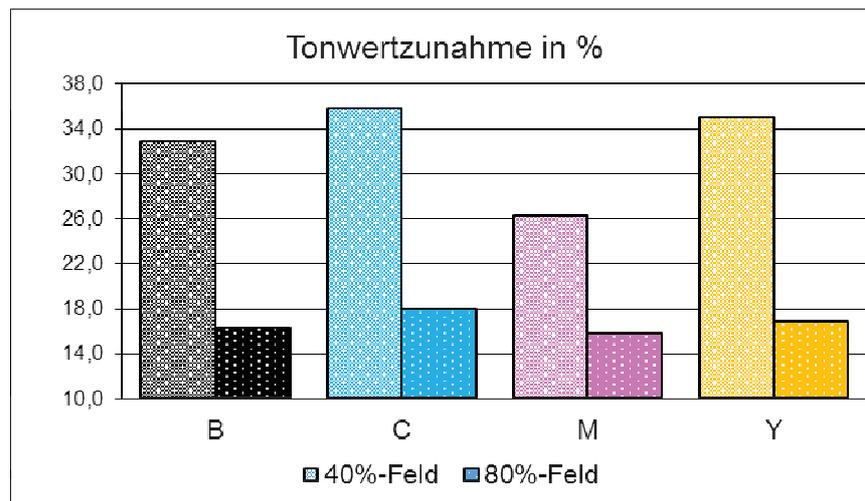


Abbildung 49: Tonwertzunahme der Druckfarbe M1 bei den Praxisversuchen

Die ermittelten Werte sind vor allem im 40%-Feld sehr hoch. Konventionelle mineralölhaltige Druckfarben haben im 40% Feld eine Tonwertzunahme bei den Buntfarben im Bereich von 15-23% und im Schwarz von 18-26%.

Die Druckplatten für den Test wurden mit einer für konventionelle Zeitungsdruckfarben üblichen Kennlinie belichtet.

Schablonier- Verhalten

Beim Druck traten stark sichtbare Schablonen auf, welche auch messtechnisch nachweisbar waren (siehe Abbildung 50).

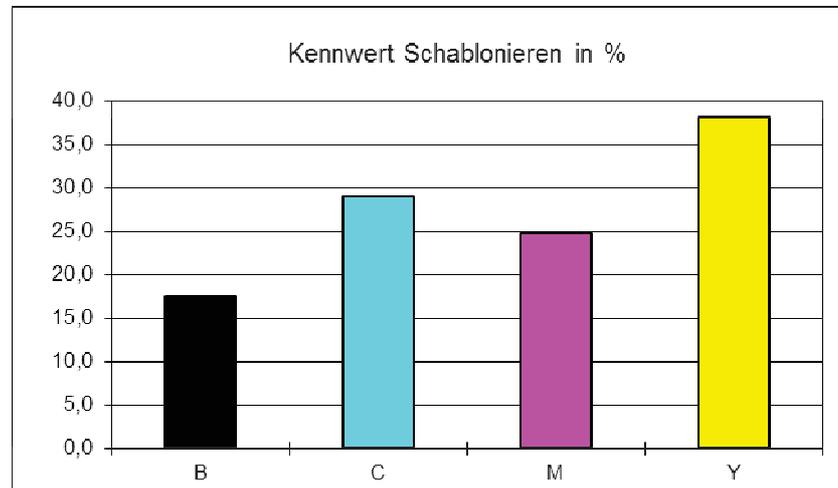


Abbildung 50: Schablonierverhalten der Druckfarbe M1 bei Praxisversuchen

Bei konventionellen Druckfarben sollte ein Schablonierkennwert von 10 nicht überschritten werden. Mit den mineralölfreien Farben wird der Kennwert von 10 in allen Farbtönen deutlich überschritten.

Weiterhin wurden die Dichteschwankungen über die Auflage überwacht:

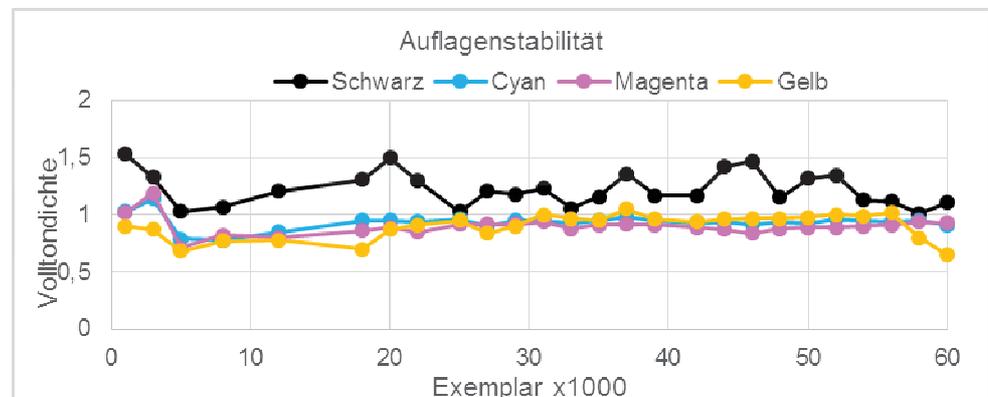


Abbildung 51: Stabilität Volltondichte über die Auflage von 60.000 Exemplaren

Bei den Buntfarben stehen die Volltondichten über die gesamte Auflage nach dem Einstellprozess stabil. Da beim Schwarz über die Auflage sehr auf die Emulsion eingewirkt werden musste und die Feuchtmittelmenge kontinuierlich angepasst wurde, schwanken die Volltondichten sehr, was sich bei einem kommerziellen Auftrag sehr störend auswirkt.

9 Empfehlungen (vgl. Arbeitspaket 6)

Vorgehen

Aus den erhaltenen Ergebnissen werden Unterschiede im Deinkingverhalten unterschiedlicher Druckfarbenformulierungen zusammengestellt. Kritische Materialkombinationen werden aufgezeigt.

- Daraus erarbeitet werden Empfehlungen für Druckereien und Verleger zur Auswahl geeigneter Materialkombinationen, die eine gute Deinbarkeit sicherstellen.
- Zusätzlich werden die dazugehörigen Maschineneinstellungen zusammengefasst, die ein stabiles „Laufverhalten“ auf der Druckmaschine sicherstellen.

In Summe stehen Kenntnisse zu deinkbaren mineralölfreien Zeitungsdruckfarben zur Verfügung, die gute Druckqualität und stabiles Laufverhalten auf der Druckmaschine aufweisen sowie Vorgaben zu Druckmaschineneinstellungen für den Einsatz mineralölfreier Druckfarben.

Zusammenfassung der Verdruckbarkeitsergebnisse

Mit den neu entwickelten mineralölfreien Druckfarben ist bei Druckversuchen an der Bogendruckmaschine die generelle Verdruckbarkeit getestet worden. Die Druckversuche erfolgten als Vergleich zwischen mineralölfreien und mineralölhaltigen Zeitungsdruckfarben. Dabei musste jedoch auf ein Bogenfeuchtmittel zurückgegriffen werden, da das zur Verfügung stehende Zeitungsfeuchtmittel nur zu unzureichenden Schöpfraten im Feuchtwerk führte.

Bei den Druckversuchen an der Bogendruckmaschine waren Differenzen zwischen den mineralölhaltigen und mineralölfreien Farbsystemen zu erkennen, die notwendigen Anpassungen des Farb-/Feuchtmittelgleichgewichts waren unproblematisch einstellbar.

Die Tonwertzunahmen mineralölfreier und -haltiger Farben waren vergleichbar. Die Versuche an der Bogendruckmaschine zeigten, dass keine größeren drucktechnischen Probleme zu erwarten sind, daher war es möglich, einen Test an der Praxisdruckmaschine durchzuführen.

Bei den Drucktests an der Praxisdruckmaschine konnten die an der Bogenoffsetmaschine erreichten Ergebnisse nicht erzielt werden. Durch die deutlich höheren Druckgeschwindigkeiten und den abweichenden Aufbau der Druckwerke (wesentlich weniger Walzen im Walzenstuhl) war teilweise kein qualitativ vertretbarer Druck möglich. Es kam zu Störungen im Druckbild, die sich vor allem durch Wassermarken und/oder Tönen darstellten, was auf Probleme bei der Emulsionsbildung zurückzuführen ist. Eine Anpassung des Feuchtmittels an die Farbe wäre eine erfolgversprechende Option.

Zusammenfassung der Deinkbarkeits-ergebnisse

Die Druckmuster, die deinkt wurden, stammten aus den Druckversuchen an der Bogendruckmaschine. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Druckmustern, die mit den konventionellen, mineralöhlhaltigen Druckfarben hergestellt wurden und denen mit den mineralölfreien Druckfarben. Der deinkability score beider Farbserien war sehr hoch, Probleme beim Deinking sind somit nicht zu erwarten.

10 Auswertung und Bewertung (vgl. Arbeitspaket 7)**Vorgehen**

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes werden die Auswirkungen des Einsatzes mineralölfreier Druckfarben auf die Mineralölfracht im Altpapier-Kreislauf evaluiert. Zur Bewertung werden Simulationsrechnungen durchgeführt. Basis dazu ist ein im Rahmen des INFOR Projektes 155 [4] entwickeltes Bilanzierungsmodell, das aus einer Massenbilanz für Faserrohstoffe und Papierprodukte und einer Massenbilanz für Mineralöl besteht.

Mittels der Stoffströme, deren Zusammensetzung und den Grundeinstellungen wurde ein Excel-basiertes Berechnungsmodell für die betrachteten Papiere genutzt, welches ausgehend von den Produktionsmengen rückwärtig den Bedarf an Altpapiersorten und Primärfaserstoff ermittelt.

Aufbauend auf der Massenbilanz werden die Mineralölgehalte der betrachteten Stoffströme bilanziert. Mittels des erstellten und verifizierten Bilanzierungsmodells ist es möglich, die Auswirkungen des Einsatzes mineralölfreier Zeitungsdruckfarben auf die Mineralölgehalte und Mengen der betrachteten Stoffströme zu berechnen.

Szenario 1 – IST-Zustand

Die weitere Verwendung mineralöhlhaltiger Druckfarben im bisherigen Umfang stellt die Ausgangsbasis dar (Ist-Zustand) und dient als Referenz zur Bewertung. Die Umstellung auf mineralölfreie Druckfarben in unterschiedlichem Ausmaß sind zu betrachtende Szenarien. Diese Szenarien dienen der Bewertung der Folgen einer Umstellung mineralöhlhaltiger auf mineralölfreie Druckfarben, Zusatzstoffe und Prozessadditive. In den ersten beiden Szenarien wird jeweils der Mineralöleintrag durch Druckfarben in den betrachteten Stoffströmen (Papierprodukte) variiert, während im dritten Szenario zusätzlich mineralölfreie Prozessadditive bei der Herstellung von grafischen Papieren sowie von Holzstoff und Zellstoff eingesetzt werden. Im Verpackungspapierbereich wird bereits angenommen, dass keine mineralöhlhaltigen Prozessadditive zum Einsatz kommen.

**Szenarien
Umstellung auf
mineralölfreie
Druckfarben**

- **Szenario 2** – Umstellung von 50 % mineralölhaltiger auf mineralölfreie Druckfarben bei allen betrachteten Papierprodukten:
 - Mineralöleintrag bei Zeitungen: 2.000 mg/kg statt 4.000 mg/kg
 - Mineralöleintrag bei Illustrierten (SC-/LWC-Papiere) und holzfreien Druckerzeugnissen: 207 mg/kg statt 413 mg/kg
 - Mineralöleintrag bei Faltschachteln aus Sekundärfaserstoff (nicht zur Verpackung von Lebensmitteln) und bei Produkten aus sonstigem Karton: 109 mg/kg statt 217 mg/kg
- **Szenario 3** – Umstellung auf 100 % mineralölfreie Druckfarben bei allen betrachteten Papierprodukten:
 - Mineralöleintrag bei Zeitungen: 0 mg/kg statt 4.000 mg/kg
 - Mineralöleintrag bei Illustrierten (SC-/LWC-Papiere) und holzfreien Druckerzeugnissen: 0 mg/kg statt 413 mg/kg
 - Mineralöleintrag bei Faltschachteln aus Sekundärfaserstoff (nicht zur Verpackung von Lebensmitteln) und bei Produkten aus sonstigem Karton: 0 mg/kg statt 217 mg/kg
- **Szenario 4** – Zusätzlich zu Szenario 4b; Umstellung auf mineralölfreie Additive bei allen betrachteten Papierprodukten sowie bei der Herstellung von Holzstoff und Zellstoff:
 - Mineralöleintrag durch Additive bei der Herstellung von Zeitungsdruck- und SC-/LWC-Papieren: 0 mg/kg statt 100 mg/kg
 - Mineralölbelastung bei Primärfaserstoff: 5 mg/kg statt 20 mg/kg

In Folge dieser zusätzlichen Maßnahmen ergibt sich für die restlichen nicht betrachteten Komponenten der Altpapiersorten (holzfreie Druckerzeugnisse, holzfreie und restliche Papiere) sowie für die Altpapiergruppe der mineralölarmer Altpapiersorten jeweils ein Mineralölgehalt von 5 mg/kg.

Modellierte Mineralölgehalte der Rohpapiere

 Tabelle 7: Modellierte Mineralölgehalte der **Rohpapiere** in verschiedenen Szenarien

Mineralölgehalt [otro], Rohpapiere (in Szenarien)	Zeitungsdruck papier	Magazinpapier (SC-/ LWC- Papier)	Wellpappenroh papier	Faltschachtelk arton Sekundärfaser
IST-Zustand [mg/kg]	313	127	360	403
Verhältnis zu IST (=100%)	100%	100%	100%	100%
Szenario 2 [mg/kg]	198	103	197	226
Verhältnis zu IST (=100%)	63%	81%	55%	56%
Szenario 3 [mg/kg]	82	52	34	50
Verhältnis zu IST (=100%)	26%	63%	9%	12%
Szenario 4 [mg/kg]	0	2	4	3
Verhältnis zu IST (=100%)	0%	1%	1%	1%

Modellierte Mineralölgehalte der Papierprodukte in verschiedenen Szenarien

 Tabelle 8: Modellierte Mineralölgehalte der **Papierprodukte** in verschiedenen Szenarien

Mineralölgehalt [otro], Papierprodukte (in Szenarien)	Zeitungen	Magazine (holzhaltig)	Wellpappen	Faltschachteln Sekundärfaserstoff (LM)	Faltschachteln Sekundärfaserstoff
IST-Zustand [mg/kg]	4.313	540	270	403	620
Verhältnis zu IST (=100%)	100%	100%	100%	100%	100%
Szenario 2 [mg/kg]	2.198	310	148	226	335
Verhältnis zu IST (=100%)	51%	57%	55%	56%	54%
Szenario 3 [mg/kg]	82	80	25	50	50
Verhältnis zu IST (=100%)	2%	15%	9%	12%	8%
Szenario 4 [mg/kg]	0	2	3	3	3
Verhältnis zu IST (=100%)	0%	0%	1%	1%	1%

Modellierte Mineralölgehalte der Altpapiergruppen in verschiedenen Szenarien

 Tabelle 9: Modellierte Mineralölgehalte der **Altpapiergruppen** in verschiedenen Szenarien

Mineralölgehalt [otro], Altpapiergruppen (in Szenarien)	1.01/1.02	1.04/1.05	1.11	Krafthaltige AP-Sorten
IST-Zustand [mg/kg]	856	513	1.772	199
Verhältnis zu IST (=100%)	100%	100%	100%	100%
Szenario 2 [mg/kg]	464	281	931	113
Verhältnis zu IST (=100%)	54%	55%	53%	57%
Szenario 3 [mg/kg]	72	49	91	27
Verhältnis zu IST (=100%)	8%	9%	5%	14%
Szenario 4 [mg/kg]	5	7	3	7
Verhältnis zu IST (=100%)	1%	1%	0%	4%

Zusammenfassende Betrachtung

Szenario 2: Mineralöhlhaltige Offsetdruckfarben werden zu 50% durch mineralölfreie Druckfarben substituiert. Diese Maßnahme senkt insgesamt den Mineralölgehalt im Altpapier. Die für diese Umstellung erforderlichen Pflanzenöle (europaweit ca. 75.000 t) machen nur einen sehr geringen prozentualen Anteil des europäischen (16,7 Mio t) bzw. weltweiten (146,7 Mio t) Pflanzenölmarktes aus. Die Umweltauswirkungen sind daher zu vernachlässigen und müssten ohnehin bei objektiver Betrachtung gegen die wegfallenden Umweltbeeinträchtigungen durch die Erdölgewinnung aufgerechnet werden.

Szenario 3: Mineralöhlhaltige Offsetdruckfarben werden vollständig durch mineralölfreie Druckfarben substituiert. Diese Maßnahme senkt insgesamt den Mineralölgehalt im Altpapier deutlich. Die für diese Umstellung erforderlichen Pflanzenöle (europaweit ca. 150.000 t) machen nur einen sehr geringen prozentualen Anteil des europäischen (16,7 Mio t) bzw. weltweiten (146,7 Mio t) Pflanzenölmarktes aus. Die Umweltauswirkungen sind daher zu vernachlässigen und müssten ebenfalls bei objektiver Betrachtung gegen die wegfallenden Umweltbeeinträchtigungen durch die Erdölgewinnung aufgerechnet werden.

Szenario 4: Es gelten die Anmerkungen von Szenario 3. Mittelfristig wird davon ausgegangen, dass mineralölfreie Papierhilfsmittel nicht wesentlich teurer sein werden als die derzeit heute z. T. noch angebotenen mineralöhlhaltigen Produkte, so dass für die Verwendung von mineralölfreien Produkten kein zusätzlicher Kostenaufwand veranschlagt wurde.

11 Koordination der Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern

Zusammenarbeit Die Kooperationspartner SID und PTS entwickelten eine enge und effiziente Zusammenarbeit. In regelmäßigen Abständen wurden Projektbesprechungen bezüglich Versuchsplanung, Sicherstellung des Versuchsablaufs und Auswertung durchgeführt. Dies stellte eine effiziente Zusammenarbeit der Forschungsstellen PTS und SID sicher. Alle Partner schätzen die Kooperation als sehr erfolgreich ein.

12 Gegenüberstellung der Ergebnisse den Zielen inkl. Diskussion der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Projektziel	<p>Reduzierung des Eintrags von Mineralöl in den Altpapierkreislauf durch den Einsatz deinkbarer mineralölfreier Zeitungsdruckfarben. Ein weiteres Ziel ist die Einhaltung der Vergaberichtlinien für den Blauen Engel für Druckerzeugnisse (RAL-UZ 195) bei der Herstellung von Druckerzeugnissen.</p> <p>Dabei sollen die gute Deinkbarkeit, gute Druckqualität und stabiles „Laufverhalten“ auf der Druckmaschine (Optimierung/Anpassung der Maschineneinstellung) gesichert werden. Die geplanten Projekthinhalte wurden vollumfänglich erarbeitet. Die vorgegebenen Teilziele:</p> <ul style="list-style-type: none">• Bewertung der Verdruckbarkeit und des Deinkingverhalten bereits verfügbarer Druckfarbenformulierungen in Abhängigkeit von der Papierzusammensetzung (AP1)• Anpassung/Optimierung der Druckfarbenzusammensetzung an mineralölfreie Öle (AP2)• Modelldruckfarben für Druckversuche (AP3)• Geeignete Materialkombinationen für Praxisversuche (AP4)• Praxisversuch über das Verhalten der Farben auf einer industriellen Druckmaschine (AP5)• Kenntnisse zu deinkbaren mineralölfreien Zeitungsdruckfarbe (AP6)• Bewertung der Folgen einer Umstellung mineralöhlaltiger auf mineralölfreie Druckfarben (AP7) <p>wurden erreicht.</p> <p>Das Projektziel wurde erreicht.</p>
Personaleinsatz Forschungsstelle 1	<p>Das Personal wurde wie geplant in den oben beschriebenen Arbeitspaketen eingesetzt. Für die durchgeführten Recherchen und Untersuchungen wurden mehrere wissenschaftliche Mitarbeiter (auch im Nachweis durch FuE-Controlling belegt) in Teilzeit beschäftigt. Entsprechend kamen 15,79 MM wissenschaftlich-technisches Personal im Zeitraum 01.04.2016 – 31.03.2018 für die Arbeitspakete 1-7 zum Einsatz.</p>
Personaleinsatz Forschungsstelle 2	<p>Das Personal wurde wie geplant in den oben beschriebenen Arbeitspaketen eingesetzt. Für die durchgeführten Recherchen und Untersuchungen wurden mehrere wissenschaftliche Mitarbeiter (auch im Nachweis durch FuE-Controlling belegt) in Teilzeit beschäftigt.</p> <p>Entsprechend kamen 23,02 MM wissenschaftlich-technisches Personal im Zeitraum 01.04.2016 bis 31.03.2018 für die Arbeitspakete 1-6 und 8 zum Einsatz.</p>

Durchgeführte Arbeiten in den Arbeitspaketen;

Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeiten

Erzielte Ergebnisse in Bezug auf die vorgegebenen Ziele

Alle Arbeiten wurden im angemessenen Umfang erledigt und waren gemäß der befürworteten Antragstellung notwendig. Die Projektziele wurden vollumfänglich erreicht. Das Personal wurde wie geplant eingesetzt. Die Arbeiten in den einzelnen Arbeitspaketen wurden wie geplant erfolgreich durchgeführt:

AP1: die geplanten Arbeiten wurden vollumfänglich abgeschlossen; Insbesondere die hierfür geleisteten Arbeiten, im einzelnen Beschaffung und Charakterisierung der Zeitungsdruckpapiere, Druck von mineralölfreien Druckfarben auf unterschiedlichen Zeitungsdruckpapieren und Bewertung der Verdruckbarkeit, Bewertung der Deinkbarkeit und Methodenüberprüfung waren notwendig und angemessen. Das Personal wurde wie geplant im AP1 eingesetzt. Das erzielte Ergebnis der Deinkbarkeitsbewertung mineralölfreier Druckerzeugnisse entspricht dem angestrebten Teilziel.

AP2: die geplanten Arbeiten wurden vollumfänglich abgeschlossen. Insbesondere die hierfür geleisteten Arbeiten, im einzelnen Auswahl geeigneter Öle als Ersatzstoffe für Mineralöle, Erstellung von Modelldruckfarben und Prüfung der Modelldruckfarben auf Verträglichkeit waren notwendig und angemessen. Das Personal wurde wie geplant im AP2 eingesetzt. Das erzielte Ergebnis Modelldruckfarben für Druckversuche und Bewertungen entspricht dem angestrebten Teilziel.

AP3: die geplanten Arbeiten wurden vollumfänglich abgeschlossen. Insbesondere die hierfür geleisteten Arbeiten, im einzelnen Drucke von Modelldruckfarben auf unterschiedlichen Zeitungsdruckpapieren im Technikumsmaßstab und Bewertung der Verdruckbarkeit und des Deinkingverhaltens neuer Druckfarbenformulierungen in Abhängigkeit von der Papierzusammensetzung waren notwendig und angemessen. Das Personal wurde wie geplant im AP3 eingesetzt. Die erzielten Ergebnisse zur Auswahl geeigneter Materialkombinationen und Bewertung entspricht dem angestrebten Teilziel.

AP4: die geplanten Arbeiten wurden vollumfänglich abgeschlossen. Insbesondere die hierfür geleisteten Arbeiten, im einzelnen Erarbeitung der ursächlichen Zusammenhänge zwischen Druckqualität / Deinkingergebnis und Materialkombination (Druckfarben- und Papierzusammensetzung) waren notwendig und angemessen. Das Personal wurde wie geplant im AP4 eingesetzt. Die erzielten Ergebnisse zur Auswahl geeigneter Materialkombinationen für Praxisversuche entspricht dem angestrebten Teilziel.

AP5: die geplanten Arbeiten wurden vollumfänglich abgeschlossen. Insbesondere die hierfür geleisteten Arbeiten, im einzelnen Optimierung/ Anpassung der Druckbedingungen eines Praxisdrucks und Bewertung der Bedruckbarkeit und des Deinkingverhalten von Praxisdrucken waren notwendig und angemessen. Das Personal wurde wie geplant im AP5 eingesetzt. Die erzielten Ergebnisse eines Praxisversuchs über das Verhalten der Farben auf einer industriellen Druckmaschine entsprechen dem angestrebten Teilziel.

AP6: die geplanten Arbeiten wurden vollumfänglich abgeschlossen. Insbesondere die hierfür geleisteten Arbeiten, im einzelnen Zusammenstellung von Unterschieden im Deinkingverhalten unterschiedlicher Druckfarbenformulierungen wie Art und Anteil der Bindemittelkomponenten sowie den enthaltenen Flüssigkomponenten in Abhängigkeit von der Papierzusammensetzung und Aufzeigen kritischer Materialkombinationen waren notwendig und angemessen. Das Personal wurde wie geplant im AP6 eingesetzt. Die erzielten Ergebnisse über Kenntnisse zu deinkbaren mineralölfreien Zeitungsdruckfarben, die gute Druckqualität und stabiles Laufverhalten auf der Druckmaschine aufweisen sowie Vorgaben zu Druckmaschineneinstellungen für den Einsatz mineralölfreier Druckfarben entspricht dem angestrebten Teilziel.

AP7: die geplanten Arbeiten wurden vollumfänglich abgeschlossen. Insbesondere die hierfür geleisteten Arbeiten, im einzelnen die Bewertung der Auswirkungen des Einsatzes mineralölfreier Druckfarben auf die Mineralölfracht im Altpapier-Kreislauf waren notwendig und angemessen. Das Personal wurde wie geplant im AP7 eingesetzt. Die erzielten Ergebnisse über die Bewertung der Folgen einer Umstellung mineralöhlaltiger auf mineralölfreie Druckfarben entsprechen dem angestrebten Teilziel.

**Leistungen
Dritter**

Zur unterstützenden Durchführung des Arbeitspaketes 5 wurden wie geplant folgende Leistungen Dritter erfolgreich in Anspruch genommen:

Durchführung von Druckversuchen (Forschungsstelle 2, SID):

Die ausgewählten Materialkombinationen wurden in einem Praxisversuch auf einer industriellen Rollenoffsetmaschine (Regioman, Schenkelberg Druck Weimar GmbH) getestet.

13 Maßnahmen zum Transfer der Forschungsergebnisse

Als Maßnahmen zum Transfer wurden u.a. Projekttreffen mit dem Projektbegleitenden Ausschuss durchgeführt und die Projektergebnisse vorgestellt. Die Umsetzung des nachfolgend dargestellten Transferplans verlief wie geplant. Dabei konnte beobachtet werden, dass das Interesse von Unternehmen insbesondere von KMU der Ingenieurbüros und beratenden Unternehmen an den Projektergebnissen sehr groß war. Dank der guten Vernetzung der Institute mit der Industrie, insbesondere mit den klein- und mittelständischen Unternehmen und der unten dargestellten Maßnahmen konnte das Transferkonzept gut realisiert werden.

Neben der Darstellung der Ergebnisse durch Veröffentlichung auf der PTS Homepage ist 2018 eine Publikation der Ergebnisse in einer papiertechnischen Fachzeitschrift geplant.

13.1 Spezifische Transfermaßnahmen während der Laufzeit des Vorhabens

	Ziel	Rahmen	Datum/ Zeitraum (Plan)	Datum/ Zeitraum (Ist)
Maßnahme C: Forschungsforen	Institutionalisierter Transfer durch die PTS Forschungsforen „Altpapiertechnologie“ und „Papierveredelung“	aktiver Dialog mit den Teilnehmern C1 „Altpapiertechnologie“ C2 „Papierveredelung“	Zweimal jährlich	10.05.2016 14.06.2016 24.11.2016
Maßnahme D: PTS-News	Eine rasche und umfassende Verbreitung wird durch den elektronischen Newsletter sichergestellt. Zusätzlich werden Print Versionen der PTS News zur Verfügung gestellt.	D1 Während der Laufzeit des Forschungsvorhabens werden ausgewählte Ergebnisse im Newsletter sowie in der Zeitschrift PTS-News (Auflage 2.500) vorgestellt:	Januar 2017 2018	Ausgabe 01/2016 geplant: 02/2018
Maßnahme E: Projektbegleitender Ausschuss PbA	Die Forschungsergebnisse sollen fortlaufend im PbA ausführlich diskutiert werden.	E1 zur Verfügung gestellte Papiere und Druckfarben E2 Ergebnisdiskussion E3 Ergebnisvorstellung	3 mal während der Laufzeit	10.05.2016 06.04.2017 12.10.2017

13.2 Geplante spezifische Transfermaßnahmen nach Abschluss des Vorhabens:

Maßnahme A:	Ziel	Rahmen	Datum/ Zeitraum (Plan)	Datum/ Zeitraum (Ist)
PTS-Fachveranstaltung / Transfer der Projektergebnisse	Weiterbildung von Mitarbeitenden kleiner und mittlerer Unternehmen im Rahmen der von der Forschungsstelle organisierten Weiterbildungsveranstaltungen (Symposien und Seminare)	A1 Vortrag beim Seminar " Qualitätssicherung für Altpapiere" A2 Vortrag beim "CPT PTS Advanced Training Course"	April 2017 Mai 2017	
Maßnahme B:	Gremienarbeit / Einbeziehung von Multiplikatoren	Im Rahmen der Gremienarbeit werden die Forschungsergebnisse vor Fachleuten aus der Industrie und Forschung vorgestellt.	B1 Zellcheming Fachausschuss RECO B2 Zellcheming Fachunterausschuss TECH	Ein- bis zweimal jährlich
Maßnahme G:	Fachveranstaltung / Transfer der Projektergebnisse	Weiterbildung von Mitarbeitern aus KMU ohne eigene Forschungskapazitäten	G2 Vortrag bei der Fachtagung „Papier und Pappe für den Lebensmittelkontakt“	Februar 2019
Maßnahme H:	INGEDE Symposium	Transfer der Projektergebnisse in die Industrie	H1 Vortrag beim INGEDE Symposium	Februar 2019

Maßnahme I: Veröffentli- chung	Ergebnistransfer in die Wirtschaft	I1 Bericht auf der Website der PTS I2 Bericht auf der Homepage des SID I3 Beitrag in Fachzeitschrift	Ab April 2018	

Maßnahme J: Industrie- beratung basie- rend auf erziel- ten For- schungs- ergebnissen	Ziel	Rahmen	Datum/ Zeitraum (Plan)	Datum/ Zeitraum (Ist)
		Maßgeschneiderter Transfer der Ergebnisse in die betriebliche Praxis	Die Weitergabe der im Forschungsvorhaben gewonnenen Erkenntnisse wird auch im Rahmen der sich ständig erweiternden Beratungsdienstleistungen der PTS im Bereich der Rezyklierbarkeit konkret an ihre Partner in der Papierindustrie erfolgen.	laufend

Patentrechtliche Aspekte Bestehende Patente und -anmeldungen werden nicht berührt. Patentanmeldungen sind nicht geplant.

14 Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (kmU)

14.1 Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzung der erzielten Forschungsergebnisse für kleine und mittlere Unternehmen kmU

Zuordnung – Fachgebieten	Die Forschungsergebnisse sind insbesondere nutzbar in den Fachgebieten Ressourceneffizienz, Rohstoffe (FD) sowie Werkstoffe, Materialien (KB).
Zuordnung – Wirtschaftszweige	Die Forschungsergebnisse werden in den KMU`s der Wirtschaftszweige Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (17) und Druckerzeugnisse (18) auf hohes Interesse stoßen.
Nutzerkreis	Die Projektergebnisse können insbesondere von den folgenden Nutzern umgesetzt werden: <ul style="list-style-type: none"> • Papierfabriken mit Altpapieraufbereitungsanlagen • Druckfarbenhersteller • Druckereien und Verleger
Nutzen für die Papierindustrie	Die Entwicklung deinkbarer mineralölfreier Druckfarben ist für die KMU aus der Papierindustrie von großer Relevanz, bei denen die optischen Eigenschaften als Qualitätskriterium eine wichtige Rolle spielen. Die neuen Kenntnisse zur Verbesserung der Deinkbarkeit von Druckerzeugnissen dienen den Altpapier verarbeitenden Papierfabriken und deren Zulieferindustrie perspektivisch der Verbesserung der Fertigstoffqualität bei steigendem Anteil problematischer Druckerzeugnisse. Verbesserte Qualitätseigenschaften des Deinkingstoffes ermöglichen grundsätzlich eine Erweiterung des Einsatzbereiches von deinktem Altpapierstoff und leisten damit einen Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU .
Nutzen für die Druckindustrie	Vor allem für die Druckindustrie wird es mit den Ergebnissen des Forschungsprojektes möglich, nur solche Fertigungsmaterialien sowie Drucktechniken einzusetzen, die eine Verwertung nicht behindern. Für die Druckbranche wird es möglich sein „Zertifikate“ zu erhalten, die eine Recyclingfähigkeit des Produktes herausstellen. Dies ist Voraussetzung für die Vergabe des EU-Umweltzeichens für Druckprodukte und des Blauen Engels. Für eine Vergabe des Blauen Engels für Druckprodukte wird zukünftig auch das Kriterium „Vermeidung des Eintrags unerwünschter Bestandteile wie aromatische Mineralöle in den Faserkreislauf“ verpflichtend gelten.

14.2 Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der kleinen und mittleren Unternehmen kmU

Inovationspotenzial	<p>Als Forschungsergebnisse wurden erhalten:</p> <ul style="list-style-type: none">• Aufzeigen von Zusammenhängen zwischen Papierzusammensetzung und Druckfarbenformulierung, die deinkbare mineralölfreie Zeitungsdrucke ermöglichen.• Vorgaben zu Druckmaschineneinstellungen für mineralölfreie Druckfarben, die gute Druckqualität und stabiles Laufverhalten auf der Druckmaschine erlauben.• Auswirkungen des Einsatzes mineralölfreier Druckfarben auf die Mineralölfracht im Altpapier-Kreislauf.
Angabe zum branchenübergreifenden Interesse	<p>Die Entwicklung deinkbarer Zeitungsdrucke kommt sowohl Papierfabriken als auch Druckereien zugute. Die Druckereien können damit ein Produkt mittels Zertifikat anbieten und leisten somit einen Beitrag zu einem umweltfreundlichen Produkt.</p> <p>Die Verbesserung des Austrags von Zeitungsdruckfarben ist vor allem für Papierfabriken mit Deinkinganlagen zur Herstellung von Papieren mit hohen Anforderungen an die optischen Eigenschaften von Bedeutung, wie Erzeuger von graphischen Papieren, weiße Decke von Faltschachtelkarton und Wellpappenroh-papiere sowie Tissue.</p>
Nutzen für die Papierindustrie	<p>Die Papierindustrie profitiert von einer verbesserten Deinkbarkeit der Druck-erzeugnisse dadurch, dass sie ihre Aufbereitungsprozesse und –verfahren nicht ständig durch schlechter werdende Deinkbarkeit erweitern und im ungünstigsten Fall auf Grund unzureichender Deinkingstoffqualität den Einsatz von Altpapier zur Herstellung grafischer Papiere reduzieren oder sogar einstellen muss.</p> <p>Wird bei Anteilen schlecht deinkbarer Druckprodukte eine zusätzliche oxidative Bleichstufe zur Erhöhung der optischen Eigenschaften erforderlich, so ist dies mit zusätzlichen Chemikalienkosten von bis zu 7 € / t deinkten Stoff verbunden. Die Erweiterung bestehender Anlagen um eine zusätzliche Dispergierung zur Erhöhung der Reinheit (Freiheit von Schmutzpunkten) erfordert für den Betrieb dieser Einrichtung auch einen höheren Energieeinsatz. Die entstehenden Energiekosten können auf ca. 4 € / t deinkten Stoff veranschlagt werden.</p>

Aussichten für die Druckindustrie

Die Druckindustrie in Deutschland ist von der Anzahl der Betriebe her nahezu vollständig mittelständisch geprägt. 83 % der Betriebe haben weniger als 20 Mitarbeiter [21] [35]. Die Bedeutung des Inkjet-Drucks wird vor allem in Niedrigsegmenten steigen.

Grundsätzlich tragen die Projektergebnisse dazu bei, die kosteneffiziente Produktion von deinkbaren Druckerzeugnissen zu ermöglichen.

Zur Druckindustrie zählen Druckereien, Druckmaschinenhersteller sowie eine Reihe von kmU, die Druckfarben, Lack sowie Hilfs- und Reinigungsmittel an Druckereien liefern. Der Umsatz dieser Firmen ist direkt mit der Auftragslage und dem Bestand der Druckereien verbunden. Vor allem für die kmU geprägten Druckfarbenhersteller ist die Möglichkeit, deinkbare mineralölfreie Druckfarben auf den Markt zu bringen, von großer Bedeutung. Printmedien können so attraktiver gestaltet und Märkte aufrechterhalten und zurückgewonnen werden. Ein Markt sind Supermarktketten und Druckereien von deren Kundenzeitschriften. Diese Abnehmer legen besonders großen Wert auf umweltfreundliche Produkte. Die Druckereien können ein deinkbares Produkt mittels Zertifikat anbieten und leisten somit einen Beitrag zu einem umweltfreundlichen Produkt. Ohne diesen Lösungsansatz werden Druckereien aus bestimmten Marktsegmenten verdrängt bzw. können in diese nicht einsteigen. Im Bereich der Anzeigenblätter könnte durch bessere Vermarktung mit zertifizierten Druckprodukten der negative Trend im Produktionsvolumen aufgehalten werden und damit ein **Beitrag zur Entstehung neuer bzw. zur deutlichen Erweiterung bestehender Geschäftsfelder** geleistet werden.

Potentiale der Anwenderbranchen

Für die Anwenderbranchen, d. h. die von den Ergebnissen profitierenden Unternehmen der Wertschöpfungskette, besitzt das Projekt

- das Potenzial zur recyclinggerechten Gestaltung von Druckprodukten,
 - das Potenzial zur Sicherung des Marktes von Printmedien,
 - das Potenzial mittel- bis langfristig zur Sicherung des Altpapiereinsatzes mit all seinen ökologischen und ökonomischen Vorteilen beizutragen.
-

Ressourcenschonung

Das Recycling von Altpapier schont die Ressourcen Rohstoffe, Energie und Wasser und trägt in erheblichem Umfang zur Nachhaltigkeit des Papierkreislaufs bei. Der Einsatz nachweislich deinkbarer mineralölfreier Offset-Coldset-Druckfarben trägt zur Reduzierung des Eintrags von unerwünschten Stoffen in den Altpapierkreislauf bei und ist im Sinne einer ressourcenschonenden, nachhaltigen Kreislaufwirtschaft zukunftsweisend.

Die wirtschaftliche Aufbereitung graphischer Altpapiere sichert das Recycling von Altpapier und erhält die Konkurrenzfähigkeit der deutschen Papierindustrie und leistet damit einen **Beitrag zur Erreichung volkswirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ziele**.

Kreislaufwirtschaftsgesetz

Der Einsatz deinkbarer mineralölfreier Drucke ermöglicht den Beteiligten der Papierrecyclingkette, ihre Produkte so zu gestalten, dass sie nach dem Gebrauch für eine schadlose und hochwertige Verwertung geeignet sind und damit zur Produktverantwortung im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) beitragen [22].

Zur Erreichung der geforderten Grenzwerte für MOSH und MOAH entsprechend eines Entwurfs zur Mineralölverordnung [2] ist die Substitution mineralöhlaltiger durch mineralölfreie Druckfarben mit Unterstützung der Verwendung mineralölfreier Additive von der Rohstoff- bis zur Papierherstellung in allen Produktbereichen die wirksamste Maßnahme, den Mineralölgehalt in Verpackungen signifikant zu reduzieren.

Die Erhaltung der Konkurrenzfähigkeit hat durch die Bewahrung und Schaffung von Arbeitsplätzen positive soziale Auswirkungen. Davon profitiert nicht nur die Papierindustrie, sondern in ihrem Umfeld auch zahlreiche, insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen, die im Bereich der Erfassung und Sortierung von Altpapier und des Transportwesens tätig sind.

14.3 Industrielle Umsetzung der FuE-Ergebnisse nach Projektende**Wirtschaftliche/technische Erfolgsaussichten**

Wegen der breiten Streuung der Risiken auf verschiedene technische Möglichkeiten sind die technischen Erfolgsaussichten insgesamt als sehr hoch einzustufen. Ebenso sind die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten hoch, da für mineralölfreie Zeitungsdruckfarben schon heute eine Nachfrage, d.h. ein Markt, existiert, der in Zukunft noch deutlich wachsen wird.

Beide Faktoren sollten zu einer schnellen Umsetzung in marktreife Produkte schon innerhalb der ersten Jahre nach Projektende führen.

Basierend auf den Projektergebnissen zu Projektende könnten bis zu deren Anwendung innerhalb von 6 - 12 Monaten mineralölfreie, deinkbare Zeitungen bis zur Serienproduktion entwickelt werden. Dieser Zeitraum umfasst die notwendigen prozesstechnischen Umstellungen. Die Umsetzung in marktreife recyclingfähige Zeitungen sollte schon innerhalb des ersten Jahres nach Projektende möglich sein.

Zeithorizont

Basierend auf den Projektergebnissen zu Projektende könnten bis zu deren Anwendung innerhalb von 6 - 12 Monaten mineralölfreie, deinkbare Zeitungen bis zur Serienproduktion entwickelt werden. Dieser Zeitraum umfasst die notwendigen prozesstechnischen Umstellungen. Die Umsetzung in marktreife recyclingfähige Zeitungen sollte schon innerhalb des ersten Jahres nach Projektende möglich sein.

												Denkbare mineralölfreie Druckfarben		Präsentation auf Fachtagungen		Optimierung Markteinführung der Zeitungsdruckfarben		Einsatz in der Endanwendung		Optimierung und Weiterentwicklungen anhand von Praxiserfahrungen			
Projektbearbeitung gemäß Antragstellung												Transfer- und Umsetzungsphase						Weiterentwicklungsphase					
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
Projektlaufzeit												Folgejahr						Folgezeit					

Einschätzung der Finanzierbarkeit einer anschließenden industriellen Umsetzung

Die Mehrkosten für mineralölfreie Coldset-Druckfarben in Europa hat V. Hotop [23] auf dem BfR-Workshop im September 2011 mit 360 Mio € beziffert. Auf Nachfrage in der Diskussion wurden für Deutschland 50 Mio € genannt. Dies ist zwar in Bezug auf die mineralölhaltigen Druckfarbenkosten eine Steigerung von 42 %, bezogen auf den Gesamtumsatz aller Zeitungen in Deutschland in 2009 (8,5 Mrd. €) [24] beträgt die Kostensteigerung für mineralölfreie Druckfarben allerdings nur 0,6 %. Die verkauften Zeitungsaufgaben je Ausgabentag beliefen sich in Deutschland im 1. Quartal 2011 nach Angaben des BDZV [25] auf 23,9 Mio Stück. Rechnet man für Sonntags- und Wochenzeitungen mit 52 Ausgaben pro Jahr und für Tageszeitungen u. ä. mit 312 Ausgaben (= 6 * 52), so wurden in Deutschland auf 2011 hochgerechnet insgesamt 6.147 Mio Zeitungen verkauft. Darauf bezogen errechnen sich die durchschnittlichen Mehrkosten für mineralölfreie Druckfarben auf 0,8 ct/Zeitung.

Nach Frank [26] werden in Europa für Rollenoffset Coldset- und Heatset-Druckerzeugnisse sowie Bogenoffset-Druckerzeugnisse jährlich insgesamt 149.700 t Mineralöl eingesetzt. 52 % davon gelangen nach Trocknung ins Altpapier und damit in den Recyclingkreislauf. Die für die Druckfarbenproduktion eingesetzte Mineralölmenge, die bei Umstellung auf mineralölfreie Druckfarben maximal durch Pflanzenöle zu ersetzen wäre, liegt dementsprechend bei jährlich rund 150.000 t. Laut Statistik des USDA [27] (United States Department of Agriculture) betrug 2010/11 die weltweite Pflanzenölproduktion (Palmöl, Sojaöl, Rapsöl, Sonnenblumenöl, Palmkernöl, Erdnussöl, Baumwollsaatöl, Kokosnussöl, Olivenöl) 146,7 Mio t. In der EU-27 liegt die Produktion dieser Pflanzenöle bei insgesamt 16,5 Mio t. Daraus errechnet sich, dass für die gesamte Substitution des Mineralöls in den in der EU benötigten Druckfarben 0,9 % der europäischen Pflanzenölproduktion bzw. 0,1 % der weltweiten Pflanzenölproduktion erforderlich wäre. Dieser zusätzliche Bedarf und die damit evtl. verbundenen Umweltbelastungen sind vor dem Hintergrund der bereits bestehenden europäischen bzw. weltweiten Produktionskapazitäten vernachlässigbar. Außerdem wäre zur Objektivierung die reduzierte Umweltbelastung durch die reduzierte Mineralölproduktion gegenzurechnen.

Die ökologischen Auswirkungen durch die Verwendung von Pflanzenölen anstelle von Mineralölen in Druckfarben sind zweitrangig, da der Pflanzenölbedarf für Druckfarben in Europa max. 0,1 % der weltweiten und weniger als 1 % der europäischen Pflanzenölproduktion ausmachen würde [27]. Auch die geschätzten Mehrkosten für diese Druckfarben sind irrelevant, da sie durchschnittlich max. 1 Eurocent/Ausgabe einer deutschen Tageszeitung betragen dürften.

Potentiale der Anwenderbranchen

Für die Anwenderbranchen, d. h. die von den Ergebnissen profitierenden Unternehmen der Wertschöpfungskette, besitzt das Projekt

- das Potenzial zur recyclinggerechten Gestaltung von Druckprodukten,
 - das Potenzial zur Sicherung des Marktes von Printmedien,
 - das Potenzial mittel- bis langfristig zur Sicherung des Altpapiereinsatzes mit all seinen ökologischen und ökonomischen Vorteilen beizutragen.
-

Gewerbliche Schutzrechte

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden keine schutzfähigen Geräte und Verfahren entwickelt. Daher sind eine Anmeldung von Patenten oder eine gewerbliche Verwertung der Forschungsergebnisse nicht vorgesehen.

15 Schlussfolgerungen

Die Materialkombination von Papier und Druckfarbe führt zu unterschiedlichem Trocknungs- und Vernetzungsverhalten. Es besteht eine Abhängigkeit des Wegschlagverhaltens von der Saugfähigkeit des Papiers und der Viskosität der Druckfarbe. Dieses hat unmittelbaren Einfluss und Auswirkungen auf die Bedruckbarkeit und Deinkbarkeit. Erstmals konnten durch systematische Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes die Mechanismen und Wechselwirkungen dargelegt werden.

Es wurden Zeitungsdruckpapiere (Standardzeitungsdruckpapiere und aufgebaute Zeitungsdruckpapiere) bei Variation des Recyclingfaseranteils und zwei Druckfarben zur Untersuchung ausgewählt. Die mineralölfreien Druckfarben wurden im Technikumsmaßstab an einer im SID vorhandenen Bogenoffset-Druckmaschine bedruckt und hinsichtlich der Verdruckbarkeit nach den Kriterien Feuchtungsspielraum, Schablonierneigung, Abschmieren, Ablegen der Farbe sowie der Farb- und Tonwertwiedergabe bewertet.

Bei der Untersuchung des Deinkingverhaltens dieser Drucke zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Druckmustern, die mit den konventionellen, mineralöhlhaltigen Druckfarben hergestellt wurden und jenen mit mineralölfreien Druckfarben. Der deinkability score beider Farbserien war sehr hoch, Probleme beim Deinking sind somit nicht zu erwarten.

Mit den neu entwickelten mineralölfreien Druckfarben ist bei Druckversuchen an der Bogenoffsetdruckmaschine die generelle Verdruckbarkeit getestet worden. Die Druckversuche erfolgten als Vergleich zwischen mineralölfreien und mineralöhlhaltigen Zeitungsdruckfarben. Es musste auf ein Bogenoffsetfeuchtmittel zurückgegriffen werden, da das zur Verfügung stehende Zeitungsfeuchtmittel nur zu unzureichenden Schöpfraten im Feuchtwerk führte. Bei den Druckversuchen an der Bogenoffsetdruckmaschine waren zwar Differenzen zwischen den mineralöhlhaltigen und mineralölfreien Farbsystemen zu erkennen, die notwendigen Anpassungen des Farb-/ Feuchtmittelgleichgewichts waren jedoch unproblematisch einstellbar. Für den anschließenden Test an einer industriellen Rollenoffsetmaschine (Praxisdruckmaschine) wurde ein mineralölfreier Farbsatz auf einem handelsüblichen Zeitungspapier eingesetzt. Es wurde eine Auflage von 60.000 Exemplaren bei einer Druckgeschwindigkeit von bis zu 54.000 Ex/h gedruckt. Bei den Drucktests an der Praxisdruckmaschine konnten die an der Bogenoffsetmaschine erreichten Ergebnisse noch nicht in gleicher Weise erzielt werden. Durch die deutlich höheren Druckgeschwindigkeiten und den abweichenden Aufbau der Druckwerke (wesentlich weniger Walzen im Walzenstuhl) war teilweise kein qualitativ vertretbarer Druck möglich (Störungen im Druckbild durch Wassermarken und/oder Tonen). Eine Anpassung des Feuchtmittels an die Farbe wäre eine erfolgversprechende Option.

Das KnowHow zur Weiterentwicklung von geeigneten Druckfarben konnte im vorliegenden Projekt wesentlich gesteigert werden. Die Realisierung des umfangreichen Einsatzes von den umwelt- und Verbraucherschutzgerechten Farben in der Zeitungsindustrie ist nach individueller Optimierung machbar. Die durchschnittlichen Mehrkosten für mineralölfreie Druckfarben wurden auf 0,8 ct/Zeitung beziffert. Der Eintrag von Mineralöl in den Altpapierkreislauf durch den Einsatz deinkbarer mineralölfreier Zeitungsdruckfarben kann so signifikant reduziert werden.

Die Erkenntnisse zur Verbesserung der Deinkbarkeit von Druckerzeugnissen dienen den Altpapier verarbeitenden Papierfabriken und deren Zulieferindustrie perspektivisch der Verbesserung der Fertigstoffqualität bei steigendem Anteil problematischer Druckerzeugnisse. Verbesserte Qualitätseigenschaften des Deinkingstoffes ermöglichen grundsätzlich eine Erweiterung des Einsatzbereiches von deinktem Altpapierstoff und leisten damit einen Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU. Die im Projekt erlangten Kenntnisse zur Einstellung von mineralölfreien Druckfarben können von Druckfarbenherstellern zur Optimierung Ihrer Erzeugnisse genutzt werden.

Resümee

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass das Deinkingverhalten mineralölfreier Druckfarben vergleichbar zu konventionellen, mineralöhlhaltigen Druckfarben ist. Die Verdruckbarkeit der mineralölfreien Farben mit guter Qualität konnte im Technikumsmaßstab gezeigt werden. Bei einer industriellen Anwendung dieser Farben bedarf es weiterer Optimierung z.B. des Feuchtmittels.

16 Durchführende Forschungsstelle

Forschungsstelle 1:	Papiertechnische Stiftung Papiertechnisches Institut – PTS-PTI, München Heßstr. 134 80797 München
Forschungsstelle 2:	SID - Sächsisches Institut für die Druckindustrie GmbH Mommsenstraße 2 04329 Leipzig
Leiter der Forschungsstelle 1: Projektleiter:	Prof. Dr. Frank Miletzky Dr. Elisabeth Hanecker
Leiter der Forschungsstelle 2: Projektleiter: Laufzeit	Dr.-Ing. Jürgen Stopporka Dipl.-Ing.(FH) Carolin Sommerer 01.04.2016 – 31.03.2018

Literaturverzeichnis

- 1 Biedermann, M., Grob, K.: Is recycled newspaper suitable for food contact materials? Technical grade mineral oils from printing inks. *Eur Food Res Technol.* 230 (2010) S. 785-796
- 2 N. N.: Entwurf zur "Zweiundzwanzigste Verordnung zur Änderung der Bedarfsgegenständeverordnung" (Mineralölverordnung), 4. Entwurf, BMEL, Bonn, 07.03.2017
- 3 Ewald, C. ; Kersten, A.: Mineralölentfrachtung von Altpapierstoffen durch thermisch-mechanische Maßnahmen: Abschlussbericht zu dem IGF-Vorhaben 17272N. - 91 S. - Darmstadt, Techn. Univ., FG Papierfabrikation u. Mech. Verfahrenstechnik, Bericht, 2014
- 4 Demel I., Kappen J., Kersten A. und H.-J. Putz: Bewertung von Maßnahmen zur Problemlösung von Mineralöl in Verpackungspapieren und Karton, Schlussbericht INFOR-Projekt 155, Dezember 2012
- 5 Reichart A.: Fachgespräch zum Abschluss des Forschungsvorhabens: Innovative Techniken für den Zeitungsdruck – Einleitung und Hintergründe 09. April 2013 im Umweltbundesamt, Berlin
- 6 N. N.: Papier 2017 – Ein Leistungsbericht. Verband Deutscher Papierfabriken, Bonn, 2017
- 7 Kersten, A., Hamm, U., Putz, H.-J., Schabel, S.: Zur Diskussion um die Migration von Mineralöl in Lebensmittel und das Altpapier-Recycling. *Wochenbl. f. Papierfabrikat.* 139 (2011) Nr. 1, S. 14-21
- 8 Fuß T.: Mineralölfreie Zeitungsdruckfarben: Präsentation zum Fachgespräch im Umweltbundesamt, Berlin am 09. April 2013
- 9 Fuchs, B., Thoyer, B., et al.: Warum sind Sojaöl-Zeitungsfarben in USA so erfolgreich? IFRA Special Report 1.12, Darmstadt, 1995
- 10 Fuchs B.: Zeitungsdruckfarben auf Pflanzenölbasis und ihre Verdrückbarkeitseigenschaften. IFRA Special Report 1.05, 1991
- 11 Anglim, P.: Assessment and improvement of the recycling characteristics of vegetable oil based inks for use with newsprint and sheet fed printed papers. Contract AIR-3-CT94-2272, Leatherhead, Surrey, 1997
- 12 Carré, B., Magnin, L., Galland, G.: Printing Processes and Deinkability. *ipw*, (2003) Nr. 12, S. T195-T199
- 13 N. N.: Assessment of Printed Product Recyclability – Deinkability Score. European Recovered Paper Council (ERPC), 02.04.2015, <http://www.paperrecovery.org>
- 14 N. N.: INGEDE Method 11: Assessment of Print Product Recyclability – Deinkability Test (July 2012). <http://www.ingede.de/ingindx/methods/INGEDE-method-11-2012.pdf>
- 15 Faul, A.; Putz, H.-J.: Europäische Bestandsaufnahme der Deinkbarkeit von Druckprodukten. PTS-CTP Deinking-Symposium, Leipzig, 2008
- 16 Putz H.-J.: Verbesserung der Deinkbarkeit von Druckerzeugnissen durch Industriezweig übergreifende Strategien für ein nachhaltiges Altpapier-Recycling. Schlussbericht des BMBF-Kooperationsprojekts (2009), BMBF-Förderkennzeichen: 01 RI 05162-66
- 17 Rauh W.: Innovative Techniken für den Zeitungsdruck: Druckversuche mit alternativen Druckfarben für den Zeitungsdruck, die aus gesundheitlicher Sicht und aus Umweltsicht unbedenklich sind, Abschlussbericht des UBA Projektes (2014) Forschungskennzahl 3711 43 303 UBA-FB 001701 unter: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/innovative-techniken-fuer-denzeitungsdruck>
- 18 Charlotte Janischewski: Mineralölfreie Zeitungsdruckfarben getestet, unter: <http://www.wan-ifra.org/de/articles/2011/11/28/mineraloelfreie-zeitungsdruckfarben-getestet>

- 19 N.N. Drucken ohne Bedenken? Unter:
http://www.bubw.de/PDF_Dateien/Downloadbereich/Downloads_2014/Drucken_ohne_Bedenken.pdf.
- 20 W: Rauh. Weiterentwicklung und Einsatz mineralölfreier Zeitungsdruckfarben im Zeitungsdruck. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Forschungskennzahl [3715313190]
- 21 Bundesverband Druck und Medien
www.bvdm-online.de
- 22 AGRAPA (1994): Selbstverpflichtung der Arbeitsgemeinschaft graphische Papiere (AGRAPA) für eine Rücknahme und Verwertung gebrauchter graphischer Papiere.
<http://www.gesparec.de/fwselbst.html>
- 23 Hotop, V.: Position der Zeitungsindustrie. Vortrag gehalten auf der BfR-Tagung „Mineralöle in Lebensmittelverpackungen – Entwicklungen und Lösungsansätze“ am 22.09.2011 in Berlin, unter:
http://www.bfr.bund.de/de/uebersicht_der_praesentationen_zur_tagung__mineraloele_in_lebensmittelverpackungen__entwicklungen_und_loesungsansaeetze__am_22__september_2011-127533.html
- 24 N. N.: Die deutschen Zeitungen in Zahlen und Daten. Auszug aus dem Jahrbuch „Zeitungen 2010“, BDZV, Berlin, 2011
- 25 N. N.: IVW: 23,9 Millionen verkaufte Zeitungen pro Erscheinungstag im 1. Quartal. unter:
<http://www.bdzv.de/typo3temp/pics/85659bc784.png>
- 26 Frank, E.: Lösungsansätze aus der Druckfarbenindustrie. Vortrag auf der BfR-Tagung „Mineralöle in Lebensmittelverpackungen – Entwicklungen und Lösungsansätze“ am 22.09.2011 in Berlin, unter:
http://www.bfr.bund.de/de/uebersicht_der_praesentationen_zur_tagung__mineraloele_in_lebensmittelverpackungen__entwicklungen_und_loesungsansaeetze__am_22__september_2011-127533.html
- 27 N. N.: Oilseeds: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service / USDA, Office of Global Analysis, Circular Series, FOP 11 – 11, November 2011