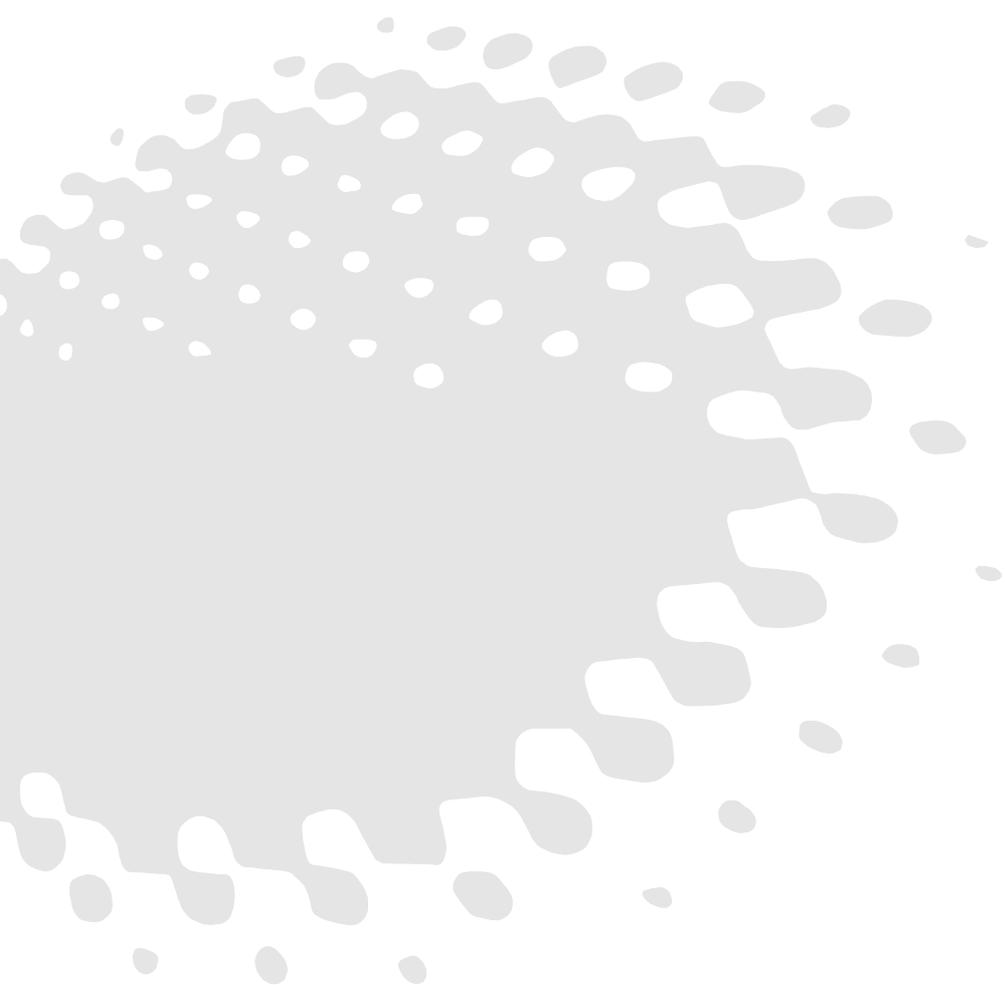




München, Mai 2022

# Mineralölfreie Coldset-Druckfarben

Philipp Stolper



## Inhalt

---

Inhalt	2
1 Einleitung	4
2 Kurzzeitdruckversuche	4
2.1 Durchführung der Druckversuche	4
2.2 Drucktechnische Eigenschaften	6
2.3 Farbergiebigkeit	6
2.4 Tonwertzunahme	9
2.5 Verschmutzungsverhalten	10
2.6 Quellungseigenschaften	10
2.7 Zusammenfassung der Kurzzeitdruckversuche	12
3 Produktionsbegleitende Langzeitdruckversuche	13
3.1 Mineralölgehalte der Druckprodukte	13
3.2 Deinkingverhalten	16
3.3 Erfahrungen mit den Druckfarben	19
4 Literaturverzeichnis	20



Dr. Philipp Stolper

## Zusammenfassung der Ergebnisse

---

Diese Untersuchung ist als Nachfolgeprojekt zu einem Vorhaben, das im Namen des Umweltbundesamtes durchgeführt wurde, zu sehen. Ziel war es, mineralölfreie Druckfarben für weitere Druckmaschinenkonfigurationen als die im abgeschlossenen Projekt auf ihre Praxis-tauglichkeit hin zu untersuchen.

Im Rahmen dieser Untersuchung konnte von zwei Druckfarbenherstellern jeweils ein mineralölfreier Druckfarbensatz erfolgreich für Langzeitversuche qualifiziert werden. Diese Qualifikation umfasste Kurzzeitdruckversuche, bei denen das drucktechnische Verhalten geprüft wurde sowie die Kompatibilität mit den in der Druckmaschine verbauten Walzenmaterialien.

Mit diesen Druckfarbenserien wurden über jeweils ca. 3 Monate produktionsbegleitende Druckversuche mit ca. 4,5 t Schwarz und ca. 2 bis 3 t je Buntfarbe durchgeführt. Dabei erfolgte der Fortdruck mit bis zu 42.000 U/h. Nach Aussage der Drucker und des Schichtführers konnten die Druckfarben zur Produktion genutzt werden, lediglich das Anschmutzungsverhalten erwies sich bei einer der beiden Druckfarbenserien als erhöht. Die Ausdrücke von großen Vollflächen mit hoher Farbbelegung wiesen teilweise eine erhöhte Wolkigkeit auf. Das Farb-Wasser-Gleichgewicht liegt bei den neuartigen Druckfarben anders als bei den konventionellen Druckfarben, was jedoch nicht zur Beeinträchtigung der Verdruckbarkeit führt.

Das Deinkingverhalten der mineralölfreien Druckfarben nach der INGEDE Methode 11 wurde als gut eingestuft, lediglich die Parameter Helligkeit, Schmutzpunkte  $A_{50}$  und  $A_{250}$  sowie Faserausbeute zeigten geringere Werte als ein vergleichbares Produkt aus der konventionellen Farbserie eines der beiden Hersteller. Damit erwiesen sich die Deinkingergebnisse als positiver als beim Vorgängerprojekt, durchgeführt für das Umweltbundesamt.

Die Mineralölgehalte der Druckprodukte wurden innerhalb des Versuchszeitraums zweimal gemessen. Dabei konnte bei den Farben des einen Herstellers ein Rückgang um 30 bis 40 % festgestellt werden.

Mit beiden Druckfarbenserien war es möglich, die produktionsbegleitenden Langzeitdruckversuche über einen Zeitraum von ca. 3 Monaten ohne Unterbrechung durchzuführen. Damit konnte zusammen mit den vom Umweltbundesamt geförderten Projekt gezeigt werden, dass die Verwendung von mineralölfreien Druckfarben zum jetzigen Stand der Technik schon in Praxisbetrieben für die Zeitungsproduktion einsetzbar sind.

*Die Fogra dankt der Heilbronner Stimme, insbesondere Herrn Sobkowiak, und der Maschinenbedienung für die Durchführung der Druckversuche. Weiter dankt sie dem PMV Darmstadt (v.a. Frau Kersten) für die Durchführung der Deinkinguntersuchungen sowie Herrn Dr. Dietrich von der Moritz J. Weig GmbH Co. KG für die Untersuchung der Mineralölgehalte. Natürlich gilt ein Dank der AGRAPA (v.a. Herrn Drews und Herrn Hotop) für die Finanzierung des Projektes.*

## 1 Einleitung

---

Im Rahmen eines Forschungsprojektes (Forschungskennzahl 3715313190), das die Fogra im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) durchgeführt hat, wurden Druckversuche an einer Druckmaschine mit Druckfarbenserien von zwei Druckfarbenherstellern durchgeführt [1]. Diese sollten produktionsbegleitend in der täglichen Produktion über einen Zeitraum von drei Monaten zum Einsatz kommen. Dabei erfolgten neben der Überwachung der drucktechnischen Eigenschaften wie Tonwertzunahmen und Farbverbrauch auch die Bestimmung der Deinkbarkeit sowie der messbaren Mineralölgehalte. Zum Ende des Projektes erwiesen sich die beiden verwendeten Druckfarbenserien als einsetzbar für die Produktion über einen längeren Zeitraum. Allerdings waren die Druckfarben noch nicht uneingeschränkt ausentwickelt, so dass noch weiteren Optimierungsschritte bezüglich mancher Eigenschaften notwendig waren.

Im Bereich der Coldset-Druckmaschinen gibt es unterschiedliche Druckwerkkonstruktionen, die im Gegensatz zum Bogenoffset eine Anpassung der Druckfarben notwendig machen, vor allem in Bezug auf die Viskosität. Im Rahmen des oben beschriebenen Projektes im Auftrag des UBA erfolgten die Druckversuche auf einer Druckmaschine mit nur einer Druckwerkskonfiguration. Die Druckmaschine, mit der die Druckversuche für das vorliegende, von der AGRAPA finanzierte Forschungsprojekt durchgeführt wurden, besitzt eine stark unterschiedliche Druckwerkskonfiguration: es handelt sich um eine Druckmaschine mit untenliegenden Farbmessern. Beide Projekte zusammengefasst sollten eine Aussage über die Anwendbarkeit der Druckfarben auf einer größeren Anzahl unterschiedlicher Druckmaschinen ermöglichen.

Das vorliegende Projekt gliedert sich in zwei generelle Phasen: In einem ersten Schritt erfolgen eintägige Kurzzeitversuche, bei denen die angepassten Druckfarbenserien von zwei Herstellern auf deren generelle Verdruckbarkeit und Verschmutzungsneigung getestet werden. Zusätzlich erfolgen in dieser ersten Phase Quelluntersuchungen mit den Druckfarben und ausgewählten Walzenmaterialien, um sicherzustellen, dass bei den in Phase zwei durchzuführenden Langzeitversuchen über mehrere Monate keine Walzenschäden auftreten.

## 2 Kurzzeitdruckversuche

---

### 2.1 Durchführung der Druckversuche

Bei den eingesetzten Druckfarben handelt es sich um modifizierte Varianten jener Druckfarben, die im Rahmen des vorherigen UBA-Projektes in der Frankfurter Societäts-Druckerei eingesetzt wurden. Diese Modifikationen machten vorab Druckversuche notwendig, um die generelle Einsetzbarkeit der Druckfarben in den Langzeitversuchen zu gewährleisten und Maschinenschäden und Produktionsausfall zu vermeiden.

Dafür lieferten die beiden im Projekt beteiligten Druckfarbenhersteller je ca. 50 kg Druckfarbe pro Farbton (CMYK), die für die Druckversuche manuell in die Farbkästen gespachtelt wurden. Im Rahmen dieser Versuche wurden ca. 30.000 bis 60.000 Exemplare mit jedem Farbsatz gedruckt. Diese Menge erwies sich als notwendig, um auch das Verschmutzungsverhalten der Druckfarben beurteilen zu können. Bei den Kurzzeitdruckversuchen kamen die Testformen aus Abb. 1 zur Qualitätskontrolle und zur Ermittlung der Ergiebigkeit der Druckfarben zum Einsatz.



Abb. 1: Verwendete Druckformen für die Kurzzeitversuche.

In den Kurzzeitdruckversuchen kamen folgende zwei Papierqualitäten zum Einsatz: ein Papier mit 100% Recyclingfasern (Papier 1) und ein Papier mit 50% Recyclingfasern (Papier 2). Bei beiden Papieren handelte es sich um Standardpapiere der Druckerei. Im Rahmen der Langzeitversuche wurde jedoch nur noch das Papier 1 verwendet, da es eine Umstellung der Standardpapiere in der Druckerei gab.

Um für die Versuche möglichst produktionsübliche Bedingungen zu haben, wurden die Buntfarben Cyan, Magenta und Gelb jeweils mit einer Volltondichte von 0,9 und Schwarz mit 1,15 angedruckt.

Bei den Kurzzeitdruckversuchen sollten vor allem die folgenden Druckfarbeneigenschaften der mineralölfreien Druckfarben untersucht werden:

1. Farb-/Wassergleichgewicht
2. Farbverbrauch
3. Verhalten in den Klammern und nach Wicklung auf Trommeln in der Weiterverarbeitung
4. Bewertung des Verschmutzungspotenzials

Diese Versuche dienen dazu, die generelle Verdruckbarkeit der mineralölfreien Zeitungsdruckfarben v. a. in Bezug auf das Farb-/Wassergleichgewicht und die Tonwertzunahmen zu beurteilen. Um die Farbergiebigkeit der einzelnen Druckfarben zu bestimmen, kamen zwei verschiedene Methoden zum Einsatz: die bei den Druckfarbenherstellern gängige Methode, bei der Laborandrucke hergestellt und ausgewertet werden, und die in der Frankfurter Societäts-Druckerei etablierten Methode, bei der Vollflächen mit bestimmter Dichte angedruckt und anschließend gewogen werden. Da mineralölfreie Druckfarben derzeit nicht zu den gleichen Preisen wie konventionelle Coldset-Druckfarben angeboten

werden können, ist der Farbverbrauch der neuen Generation von Druckfarben eine wichtige Größe bei der Qualifikation. Außerdem erfolgte eine Beurteilung der Volltonflächen v.a. in Bezug auf die Wolkigkeit sowie die Farbwidrigkeit der beiden Hausfarben der Heilbronner Stimme (Sand 05Y 08K und Hausfarbe HKS39Z 100C 35M).

Weiterhin wurde die komplette Weiterverarbeitung der Druckerei mit in die Versuche einbezogen, um sicherzustellen, dass bei den produktionsbegleitenden Langzeitversuchen keine Probleme auftreten. Vor allem das Verhalten der Druckprodukte in den Klammern der Ketten sowie beim Auf- und Abwickeln von Wickelrollen (Lagerung von Vorproduktionen) wurde untersucht und bewertet, indem jeweils eine Rolle für 2 Tage gelagert und anschließend abgewickelt wurde.

Neben dem drucktechnischen Verhalten von Druckfarben ist deren Verschmutzungspotenzial in der Druckmaschine eine wichtige Eigenschaft. Dabei sind vor allem das Spritz- und Nebelverhalten sowie das Abschmieren der Druckfarbe wichtige Indikatoren. Daher stellte während aller Kurzzeitdruckversuche diese Beurteilung des Verschmutzungspotenzials der Druckfarben einen wichtigen Parameter dar. Vor jedem Druckversuch erfolgte jeweils die Reinigung der Falztrichter und Umlenkstangen, über die die Druckprodukte liefern. Ferner wurden an den Farbkästen weiße Papierbogen positioniert, um das Nebelverhalten der Druckfarben zu visualisieren.

### 2.2 Drucktechnische Eigenschaften

Die drucktechnischen Eigenschaften wurden zum einen während des Druckversuchs durch die Drucker beurteilt, die die Drucke anfertigten und zum anderen anhand der gedruckten Exemplare beurteilt. Ein besonderes Augenmerk lag auf den Volltonflächen der einzelnen Farbtöne (CMYK).

Die Farbserien beider Hersteller zeigten eine leicht erhöhte Wasseraufnahme. Das Farb-/Wassergleichgewicht der mineralölfreien Druckfarben lag jedoch in einem für Coldsetdruckfarben üblichen Bereich. Die drucktechnischen Eigenschaften beider Farbserien wurden durch die Drucker als gut eingestuft, das Freilaufen der Druckplatten zeigte keine Probleme.

Die Vollflächen beider aller Druckfarben wiesen keine bis sehr geringe Wolkigkeit auf. Unter Wolkigkeit (oder auch Mottling) versteht man ein ungewollt unruhiges, wolkiges oder auch fleckiges Erscheinungsbild im Druck. Lediglich die zweite Version der Schwarzfarbe von Hersteller 2 musste vor dem Einsatz im Langzeitversuch erneut angepasst werden, da hier eine für die Praxis zu starke Wolkigkeit zu beobachten war.

Bei beiden Druckfarbserien der 1. Generation zeigten die Farbtöne Cyan und Schwarz eine erhöhte Rupfneigung, die durch Rezepturanpassungen eliminiert werden konnte. Unter Rupfen versteht man das Herausreißen einzelner Partikel aus der Papieroberfläche während des Druckprozesses.

### 2.3 Farbergiebigkeit

In den Druckfarbenfabriken erfolgt die Überprüfung der fertigen Druckfarben üblicherweise nach ISO 2846-2 [2]. Dabei wird für die Messung der Ergiebigkeit das Verfahren nach Bertholdt, Zins und Schless empfohlen [3]. Hier werden verschiedene Farbmengen mit einem Probedruckgerät angedruckt und nach 24 h die Dichte der resultierenden Vollflächen gemessen. Aus der daraus zu erstellenden

Grafik, bei der die Dichte über die angedruckte Farbmenge aufgetragen wird (Abb. 2), lassen sich dann die benötigten Druckfarbmengen für eine geforderte Farbdichte ableiten.

In Abb. 2 sind die Ergebnisse der Ergiebigkeitsmessung der für den Langzeitversuch qualifizierten Druckfarben beider Hersteller im Vergleich zu den korrespondierenden konventionellen Druckfarben dargestellt. Es zeigen sich nur marginale Unterschiede zwischen den Farbserien. Lediglich bei Schwarz zeigt sich ein geringerer Verbrauch der Druckfarben von Hersteller 2.

Die Ergiebigkeit liegt im gleichen Bereich wie die der mineralölfreien Druckfarben für andere Maschinenkonfigurationen, die mit dem gleichen Verfahren im Rahmen des abgeschlossenen UBA-Projektes ermittelt wurden. Auch im Vergleich mit der Ergiebigkeit der korrespondierenden konventionellen Druckfarben beider Druckfarbenhersteller zeigen sich keine signifikanten Unterschiede.

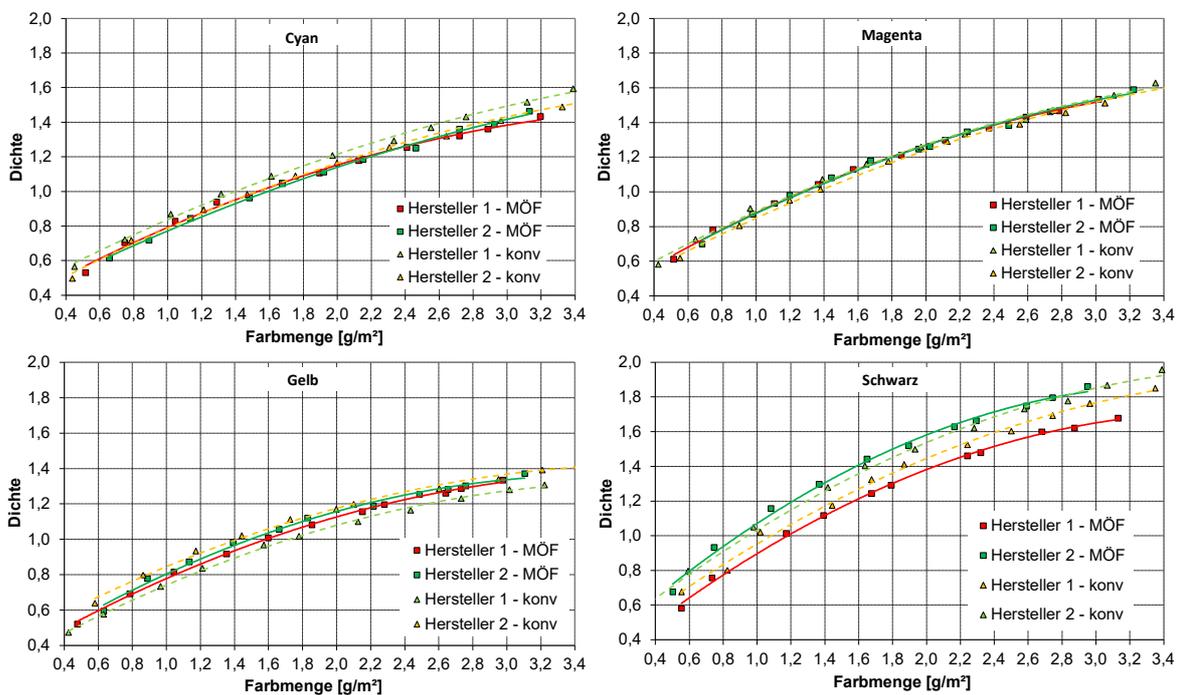


Abb. 2: Farbergiebigkeitskurve sowohl der mineralölfreien (MÖF) als auch der konventionellen Druckfarben (konv) beider Hersteller, die für die Langzeitversuche qualifiziert wurden, nach der Labormethode auf Papier 2 (100% Recyclingfasern).

Eine weitere Methode zur Bestimmung der Ergiebigkeit basiert auf dem Andrucken von Vollflächen bei gegebener Dichte und der anschließenden Wägung der auf eine definierte Fläche übertragenen Farbmenge. Dazu werden mit einer Schablone sowohl aus den Volltonflächen als auch aus der unbedruckten Papierfläche 448 cm<sup>2</sup> geschnitten. Jeweils 20 dieser Flächen (entspricht 8960 cm<sup>2</sup>) werden zusammen gewogen und auf 1 m<sup>2</sup> umgerechnet. Auf diese Weise lässt sich der Farbverbrauch für die angedruckte Farbdichte bestimmen.

Die Ergiebigkeit der Druckfarben mit dieser Cut&Weight-Methode für eine Dichte von 0,9 (Cyan, Magenta und Gelb) bzw. 1,15 (Schwarz) sind in Abb. 3 und Abb. 4 dargestellt.

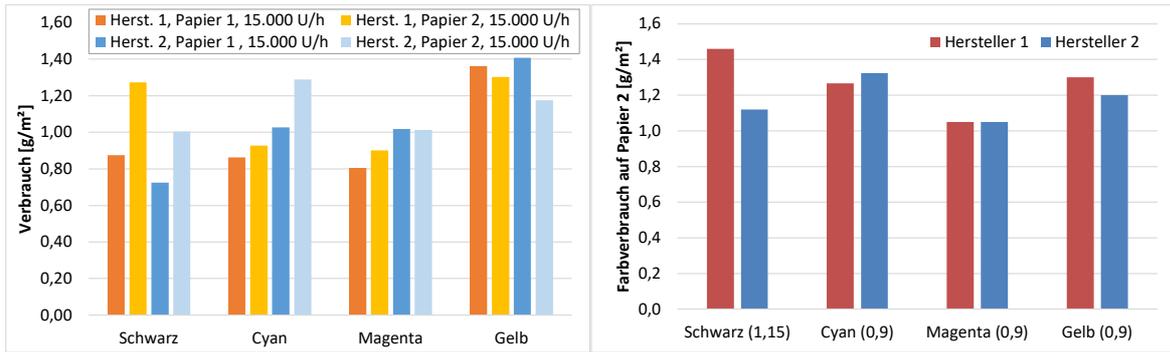


Abb. 3: Farbergiebigkeit nach der Cut&Weight-Methode (links) der 1. Generation Druckfarben auf zwei unterschiedlichen Papieren sowie der für die Dichte 0,9 (CMY) bzw. 1,15 (K) berechneten Werte aus dem Laborversuch (rechts); gezeigt sind Mittelwerte aus 5fach-Bestimmungen beider Druckfarbenhersteller.

Da die Druckfarben von Hersteller 1 und das Schwarz von Hersteller 2 für die Langzeitversuche modifiziert werden mussten, wurden die Messungen auch für die 2. Generation der Druckfarben durchgeführt. Insgesamt zeigt sich, dass nach diesen Messungen der Verbrauch der Druckfarben von Hersteller 2 etwas höher liegt. Ein geringer Papiereinfluss auf die Ergiebigkeit ist erkennbar. Die Langzeitversuche wurden später überwiegend mit Papier 2 durchgeführt, also einem Papier, das zu 100 % aus Recyclingfasern besteht. Für dieses Papier liegt der Farbverbrauch aller Druckfarben nach beiden Messverfahren eher hoch.

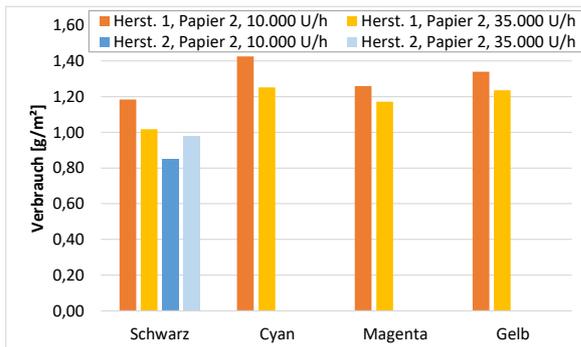


Abb. 4: Farbergiebigkeit nach der Cut&Weight-Methode. 2. Generation Druckfarben auf Papier 2 (100 % Recycling) und bei unterschiedlichen Produktionsgeschwindigkeiten. Gezeigt sind Mittelwerte aus fünf-fach-Bestimmungen beider Druckfarbenhersteller.

Mit der Erhöhung der Produktionsgeschwindigkeit von 10.000 U/h auf 35.000 U/h (Abb. 4) unter Beibehalten der Farbdichten konnten bei Hersteller 1 eine geringe Abnahme des Verbrauchs festgestellt werden, bei dem Schwarz von Hersteller 2 eine geringfügige Zunahme.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Ergiebigkeit der Druckfarben mit dem Cut&Weight-Verfahren für alle Druckfarben mit Ausnahme von Gelb gute Werte für beide Farbenhersteller zeigen. Die Ergiebigkeit für die gelbe Druckfarbe ist als zu gering einzustufen, ebenso die von Cyan des Herstellers 2 auf Papier 2 und von Hersteller 1 auf Papier 1. Nach der Auswertung der Probedruckmethode weisen alle Druckfarben vergleichbare Ergiebigkeit wie die konventionellen Druckfarben auf. Durch diese Ergebnisse steht zu erwarten, dass keine signifikanten Mehrkosten aufgrund von zu hohen Farbverbräuchen mit den neuen Druckfarben entstehen.

## 2.4 Tonwertzunahme

Die Tonwertzunahmen wurden ebenfalls von beiden Druckfarbenserien untersucht. Die Ergebnisse sind als Tonwertzunahmekurven zusammen mit den in der ISO 12647-3 [4] definierten Sollwerten und tolerierten Abweichungen (rote Linien) in Abb. 5 dargestellt. Die Messungen erfolgten an Drucken, die mit einer Geschwindigkeit von 15.000 U/h hergestellt wurden.

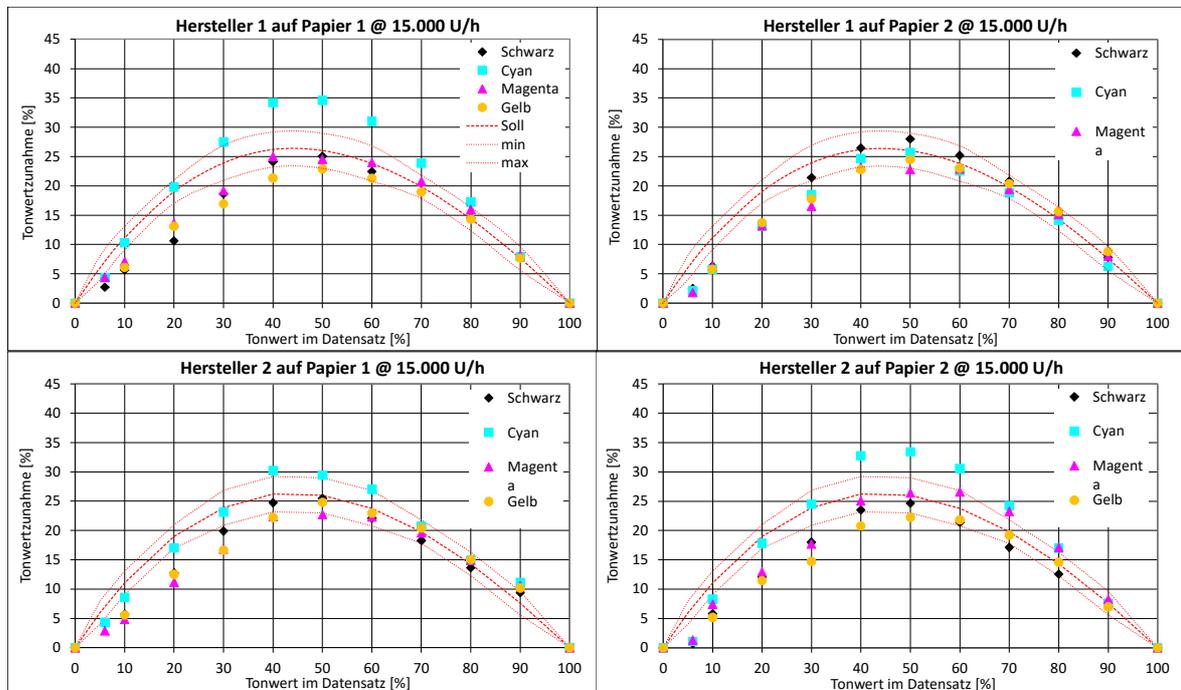


Abb. 5: Tonwertzunahmen der mineralölfreien Druckfarben (1. Generation) von Hersteller 1 (oben) und Hersteller 2 (unten) auf beiden Papieren mit den Sollwerten aus ISO 12647-3 (rote Linien).

Für die Druckfarben Gelb, Magenta und Schwarz des Herstellers 1 lagen auf beiden Papieren die Tonwertzunahmen zwischen 40% und 100% Tonwert im Datensatz im Toleranzbereich der ISO 12647-3. Bei geringeren Tonwerten in Datensatz lagen die Tonwertzunahmen etwas unterhalb des Toleranzbereichs. Cyan zeigte vor allem in den mittleren Werten bei Papier 1 zu hohe Tonwertzunahmen. Die Tonwertzunahmen der Druckfarben von Hersteller 2 verhielten sich ähnlich wie die Druckfarben von Hersteller 1 und zeigten über einen weiten Bereich eine Konformität mit der ISO 12647-3. Lediglich Cyan auf Papier 2 ergab etwas zu hohe Werte im mittleren Bereich.

Die Veränderung der Druckgeschwindigkeit hatte einen Einfluss auf die Tonwertzunahmen. Bei einer Produktionsgeschwindigkeit von 35.000 U/h lag Cyan immernoch über den erlaubten Maximalwerten, Magenta und Schwarz lagen im Bereich der Tonwerte im Datensatz bis ca. 30 % unterhalb der erlaubten Minimalwerte.

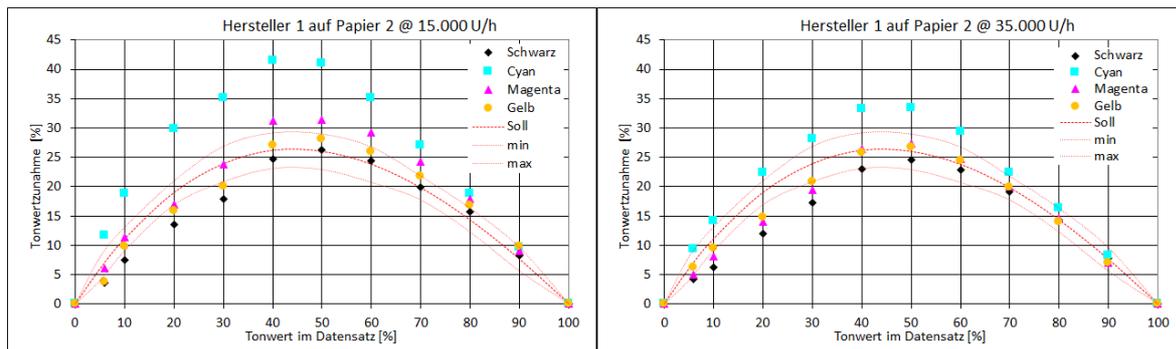


Abb. 6: Tonwertzunahmen der für den Langzeitversuch qualifizierten mineralölfreien Druckfarben (Hersteller 1) bei zwei Druckgeschwindigkeiten mit den Sollwerten aus ISO 12647-3.

Bei den Tonwertmessungen ist allerdings zu beachten, dass die Belichterkurven in der Druckplattenherstellung nicht für die neuen Druckfarben adaptiert wurden und somit nicht optimal sind. Eine Anpassung würde eine deutliche Verbesserung der Tonwertzunahmekurven bewirken. Diese Anpassung erfolgte im Rahmen des AGRAPA-Projektes ebenso wenig wie bei den Versuchen für das UBA.

## 2.5 Verschmutzungsverhalten

Generell zeigten beide Druckfarbensätze wenig Verschmutzungspotenzial im Rahmen der Kurzzeitversuche mit Auflagen von ca. 30.000 – 60.000 Exemplaren. Sowohl Falztrichter als auch Führungsrollen wiesen eine vom Schichtführer als normal bezeichnete Anschmutzung auf. Die Begutachtung der über den Farbkästen platzierten weißen Papierbahnen ergab, dass das Nebelverhalten aller Druckfarben als unkritisch einzustufen ist. Lediglich die erste Generation Druckfarben von Hersteller 1 zeigten ein zu starkes Rückspalten ins Feuchtwerk, so dass durch den Waschvorgang sowohl die Druckplatten als auch die Chromzylinder (Feuchtwalzen) nicht vollständig gesäubert werden konnten. Dieses Rückspalten konnte durch die Modifikation der Druckfarben bei der zweiten Generation unterbunden werden.

Alle für den Langzeitversuch qualifizierten Druckfarben wiesen im Rahmen der Kurzzeitdruckversuche keine signifikanten Verschmutzungspotenziale auf.

## 2.6 Quellungseigenschaften

Bei der Bearbeitung des UBA-Forschungsprojektes traten zu Beginn immer wieder Probleme hinsichtlich des Quellens und Schrumpfens von Elastomermaterialien durch die Druckfarbenbeschaffenheit auf, die im Laufe des Projektes gelöst werden konnten. Um sicherzustellen, dass die Druckfarben bei den Walzen in der Druckmaschine keine Beschädigungen (Schrumpfung, Quellung) hervorrufen, wurden auch im Rahmen des vorliegenden Projektes Quelluntersuchungen mit jenen Druckfarben durchgeführt, die sich in den Kurzzeitversuchen für die produktionsbegleitenden Langzeitversuche qualifiziert hatten. Um den Einfluss der Druckfarbe auf Masse, Volumen und Shore-Härte A der Elastomere zu untersuchen, existiert ein branchenweit anerkanntes Verfahren in Anlehnung an die DIN 53521 [5] und die DIN 53505 [6] bzw. deren nachfolgenden Normen DIN ISO 1817 [7] und DIN ISO 7619 [8]:

Die Elastomerprüfkörper werden nach vorhergehender Bestimmung von Shore-Härte A, Masse und Volumen in die zu prüfende Druckfarbe eingebracht. Druckfarben und Prüfkörper befinden sich während der Einlagerungszeit in einem mit einem Deckel verschlossenen Gefäß. Die Einlagerung der Prüfkörper findet über 7 Tage bei 50 °C statt. Nach dieser Zeit werden die Prüfkörper entnommen und die anhaftende Druckfarbe mit Waschlappen möglichst vollständig entfernt. Direkt nach der Reinigung erfolgt

erneut die Bestimmung von Masse und Volumen der Prüfkörper auf einer Analysenwaage vom Typ "Sartorius RC 210P" mit einer Wägevorrichtung für Dichtebestimmung analog zu den Messungen vor der Einlagerung. Auch die Shore-Härte A wird erneut bestimmt.

Die Bestimmung der Masse der Prüfkörper erfolgt innerhalb von 5 Minuten nach Entnahme aus der Druckfarbe. Aus der Masse vor und nach dem Einlagerungszeitraum kann die Massenveränderung bestimmen werden. Um die Volumenänderung bestimmen zu können, werden die Prüfkörper neben der Wägung an Luft noch zusätzlich in einer mit Isopropanol gefüllten Wanne gewogen, wobei der Prüfkörper vollständig in die Flüssigkeit eintaucht. Aus der Differenz der Massenänderung an Luft und in Wasser lässt sich das Volumen berechnen. Da diese Messungen vor und nach der Einlagerung erfolgen, kann die Volumenänderung auf diese Weise bestimmt werden.

In Tab. 1 und Tab. 2 sind die Ergebnisse aus den Quelluntersuchungen mit den für die Elastomere vom Hersteller empfohlenen Grenzwerte zusammengestellt. Vor allem die Werte für die Volumenänderung (Tab. 1) sind aus Sicht der Elastomerhersteller ein wichtiges Indiz für die Verträglichkeit der Materialien gegenüber der Druckwalzen.

	Druck- farbe	Farb-/ Feucht- walze	Feucht- walze	Farbwalzen		
		Elastomer 1* $\Delta V$ [%]	Elastomer 2 $\Delta V$ [%]	Elastomer 3 $\Delta V$ [%]	Elastomer 4 $\Delta V$ [%]	Elastomer 5* $\Delta V$ [%]
Hersteller 1	Cyan	0,8	3,6	2,9	2,5	3,6
	Magenta	0,5	2,6	2,4	2	2,6
	Gelb	1,4	3,3	3,4	2,8	3,5
	Schwarz	-2	-1	-0,4	-1	0,1
Hersteller 2	Cyan	-2,3	0,7	1,3	0,1	1,2
	Magenta	-3,0	-0,4	0	-0,7	0,4
	Gelb	-1,9	0,6	1,8	0,8	1,9
	Schwarz	-0,2	-2,5	-1	-2,3	-0,9
	Grenzwert	+5 / -3	+5 / -3	+5 / -3	+5 / -3	+5 / -3

Tab. 1: Volumenänderung ( $\Delta V$ ) durch die für den Langzeitversuch qualifizierten Druckfarben an verschiedenen Walzenmaterialien. Die mit \* markierten Werkstoffe sind in der Druckmaschine der Heilbronner Stimme verbaut.

	Druck- farbe	Farb-/ Feuchtwalze	Farbwalzen			
		Elastomer 1* $\Delta H$ [ShA]	Elastomer 2 $\Delta H$ [ShA]	Elastomer 3 $\Delta H$ [ShA]	Elastomer 4 $\Delta H$ [ShA]	Elastomer 5* $\Delta H$ [ShA]
Hersteller 1	Cyan	1	0	-1	-1	1
	Magenta	-1	1	0	-1	-2
	Gelb	-2	-2	-2	-2	-2
	Schwarz	1	1	1	0	0
Hersteller 2	Cyan	2	-1	1	1	-1
	Magenta	1	0	1	2	0
	Gelb	0	-1	0	1	0
	Schwarz	-1	0	2	3	0
	Grenzwert	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 3$

Tab. 2: Änderung der Shore A Härte ( $\Delta H$ ) durch die für den Langzeitversuch qualifizierten Druckfarben an verschiedenen Walzenmaterialien. Die mit \* markierten Werkstoffe sind in der Druckmaschine der Heilbronner Stimme verbaut.

Die erste Version der Schwarzfarbe von Hersteller 2 erwies sich als zu stark schrumpferzeugend. Das angepasste Schwarz, das im zweiten Druckversuch eingesetzt und qualifiziert wurde, ergab unauffällige Werte bei den Quelluntersuchungen. Insgesamt zeigten die Druckfarben beider Hersteller, die durch die Kurzzeitdruckversuche für den produktionsbegleitenden Langzeitversuch qualifiziert wurden, keine auffälligen Quellungs- oder Schrumpfungseffekte auf die Walzenwerkstoffe. Auch die Härteänderung durch die Einwirkung der Druckfarben erwies sich als unauffällig. Somit konnten die Druckfarben auch aus Sicht des Elastomerherstellers für die produktionsbegleitenden Versuche freigegeben werden.

## 2.7 Zusammenfassung der Kurzzeitdruckversuche

Die Ergebnisse aus den beiden durchgeführten Kurzzeitdruckversuchen können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Die drucktechnischen Eigenschaften der mineralölfreien Druckfarben variieren etwas von denen der konventionellen Druckfarben, wie es auch im Vorgängerprojekt bereits festgestellt wurde. Besonders das Farb-/Wassergleichgewicht unterscheidet sich bei den unterschiedlichen Druckfarbentypen.
- Nach den Laboruntersuchungen zur Ergiebigkeit der neuartigen Druckfarben zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den konventionellen und den mineralölfreien Druckfarben.
- Ein negativer Einfluss auf die Walzenwerkstoffe steht nicht zu erwarten, da alle Ergebnisse aus den Quelluntersuchungen innerhalb der von den Elastomerherstellern festgelegten Grenzen liegen.

Aufgrund der Vorversuche konnten die Druckfarbenserien beider Druckfarbenhersteller für die produktionsbegleitenden Langzeitversuche qualifiziert werden.

### 3 Produktionsbegleitende Langzeitdruckversuche

Im Rahmen der Langzeitdruckversuche wurden in einer der beiden Farbversorgungen der Druckmaschine die mineralölfreie Druckfarbe in die Farbtanks eingefüllt und über einen Zeitraum von ca. 3 Monaten Verkaufsexemplare von Zeitungen begleitend zur täglichen Produktion produziert.

Dabei wurden die in der Druckerei üblichen Druckparameter verwendet, was beispielsweise eine Fortdruckgeschwindigkeit von bis zu 40.000 U/h bedeutet. Der Umfang der Wochenproduktion lag bei ca. 500.000 Exemplaren, bedingt durch die in der Druckerei produzierten Periodika. Über den Versuchszeitraum von ca. drei Monaten wurden die in Tab. 3 aufgelisteten Mengen an Druckfarbe verbraucht.

Mineralölfreie Druckfarbe	Hersteller 1	Hersteller 2
Cyan	2t	3 t
Magenta	2,5 t	3 t
Gelb	3 t	3 t
Schwarz	4,5 t	4,5 t
Dauer der Versuche	12 Wochen	11 Wochen

Tab. 3: Verbrauchte Farbmengen und Dauer der Langzeitdruckversuche.

Neben den Verkaufsexemplaren wurden auch die Testformen aus Abb. 1 gedruckt, um den Mineralölgehalt der einzelnen Druckfarben zu bestimmen. Zu vergleichbaren Zeitpunkten erfolgte ebenfalls die Probenahme von Verkaufsexemplaren, die auf ihr Deinkingverhalten hin untersucht wurde, wie es in Abb. 7 dargestellt ist.

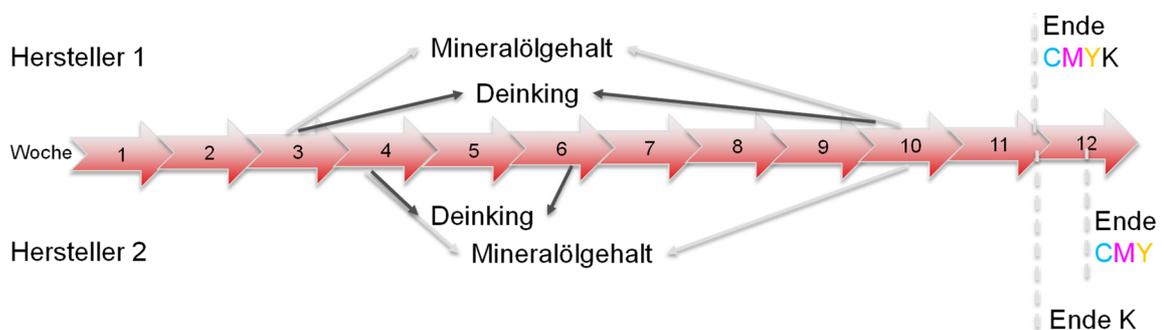


Abb. 7: Darstellung der zeitlichen Probenahme für Deinkingversuche und Bestimmung der Mineralölgehalte in den Druckprodukten von Hersteller 1 und Hersteller 2.

#### 3.1 Mineralölgehalte der Druckprodukte

Die Untersuchungen der Mineralölgehalte in den Druckprodukten wurden zu Beginn und zum Ende der Druckversuche durchgeführt. Zwischen den Druckversuchen mit den Farbserien der beiden Druckfar-

benhersteller lag eine Zeitspanne von ca. 5 Monaten. In dieser Zeit wurde die Farbversorgung mit konventionellen Druckfarben befüllt, so dass die zweite Versuchsdauer mit den Druckfarben des Herstellers 1 unter ähnlichen Bedingungen startete wie die mit den Druckfarben von Hersteller 2.

Die Messung der Mineralölgehalte erfolgte für jede Druckfarbe einzeln. Dabei wurden die Proben aus den Vollflächen der in Abb. 1 dargestellten Druckformen entnommen. Die Bestimmung erfolgte in Anlehnung an die vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) empfohlene Methode [9] nach dem nachfolgend abgebildeten Schema.

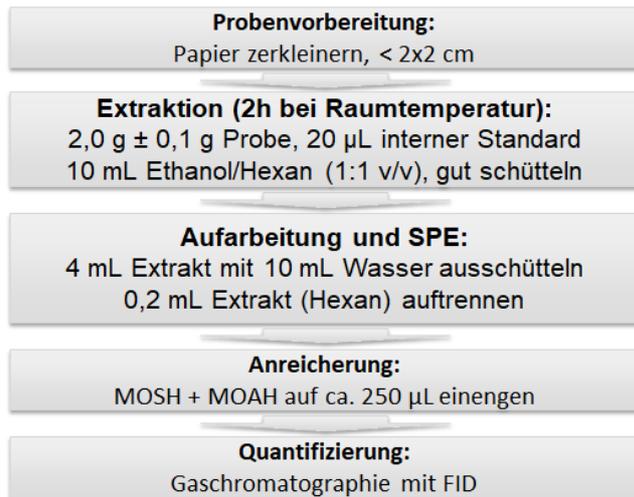


Abb. 8: Schematische Darstellung der Mineralölgehaltsbestimmung in Druckprodukten gemäß der BfR-Methode [10]. Es sind SPE: Solid Phase Extraction, MOSH: Aliphatische Kohlenwasserstoffe aus Mineralöl, MOAH: Aromatische Kohlenwasserstoffe aus Mineralöl, FID: Flammenionisationsdetektor.

Die Papierproben werden zerkleinert und die zu analysierenden Bestandteile extrahiert. Dieser Extrakt wird aufgearbeitet und mittels Festphasenextraktion (SPE, engl. Solid Phase Extraction) eine Trennung von aromatischen (MOAH) und aliphatischen (MOSH) Kohlenwasserstoffen aus Mineralöl durchgeführt. Beide Fraktionen müssen vor der quantitativen Analyse in ihrem Volumen reduziert werden, um geeignete Konzentrationen zu erzielen. Die quantitative Analyse erfolgt mittels Gaschromatographie und Flammenionisationsdetektor.

Durch das BfR sind unter anderem die beiden oben erwähnten Substanzklassen MOSH und MOAH definiert:

*Mineral Oil Saturated Hydrocarbons (MOSH):* gesättigte Kohlenwasserstoffe aus Mineralöl. Diese bestehen aus Paraffinen (offenkettigen Kohlenwasserstoffen) sowie Naphthenen (cyclischen Kohlenwasserstoffen), die meistens hoch alkyliert sind und entweder direkt aus dem Erdöl stammen oder durch die Hydrierung von Aromaten sowie weiteren Umwandlungsprozessen bei der Raffination gebildet wurden.

*Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons (MOAH):* Kohlenwasserstoffe aus Mineralöl, die aus hoch alkylierten mono- und/oder polyaromatischen Ringen bestehen. In teilhydrierten Mineralölen kommen auch gesättigte und aromatische Ringe nebeneinander vor. Kohlenwasserstoffe mit mindestens einem aromatischen Ring werden den MOAH zugerechnet, auch wenn sie zum weit überwiegenden Teil aus gesättigten Kohlenstoffen bestehen.

In Abb. 9 sind die gemessenen Mineralölgehalte der Druckprodukte mit den Druckfarben von Hersteller 2 dargestellt. Zu Beginn der Druckversuche wurden die Farbtanks nicht komplett geleert und gesäubert,

so dass anfänglich noch die Reste der konventionellen Druckfarbe ausgetragen werden. Dies äußert sich in erhöhten Gehalten sowohl von aliphatischen (MOSH) als auch von aromatischen (MOAH) Mineralölkomponenten. Über die Dauer des Druckversuchs, in der keine konventionellen Druckfarben in die Tanks gefüllt wurden, werden die Kontaminationen aus der Druckmaschine ausgetragen, was sich in sinkenden Mengen an Mineralöl zeigt. Die Belastung an MOSH sinkt über 60 Tage um ca. 40 % und die von MOAH um ca. 30 %.

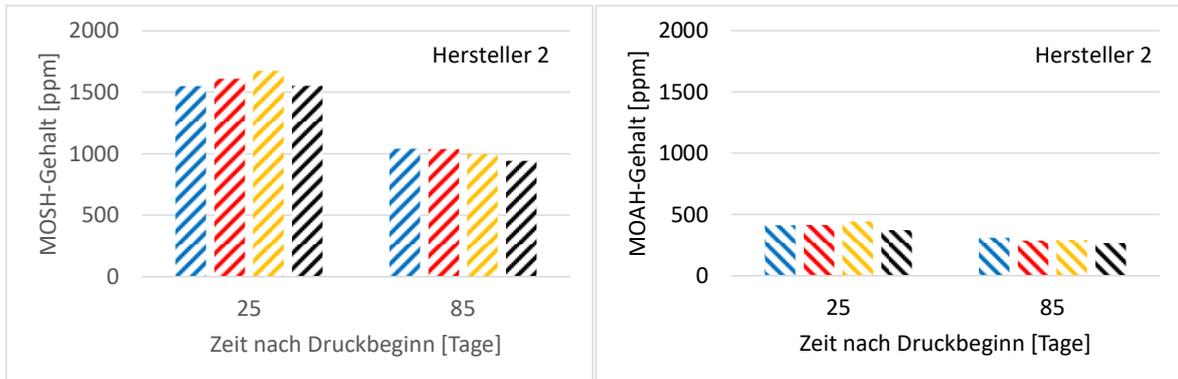


Abb. 9: MOSH- (links) und MOAH- (rechts) Gehalte der einzelnen Vollflächendrucke jeder Druckfarbe von Hersteller 2; Proben genommen aus einer Testdruckform, die zu unterschiedlichen Zeiten während der Langzeitversuche abgedruckt wurden.

Bei den Messungen während der Druckversuche mit den Druckfarben von Hersteller 1 zeigte sich zu Beginn der Druckversuche eine ähnliche Belastung der Druckprodukte mit MOSH und MOAH (Abb. 10). Anders als bei den Messungen mit den Druckfarben von Hersteller 2 konnte keine Abnahme der Mineralölkonzentration über die Dauer des Druckversuchs festgestellt werden. Eine Erklärung hierfür konnte auch in Diskussionen mit dem Farbhersteller nicht gefunden werden. Die Ergebnisse aus den Deinkinguntersuchungen an Mustern, die zeitgleich aus der Produktion entnommen wurden, zeigen aber deutlich, dass zu dem Zeitpunkt noch die mineralölfreien Zeitungsdrukfarben im Einsatz waren.

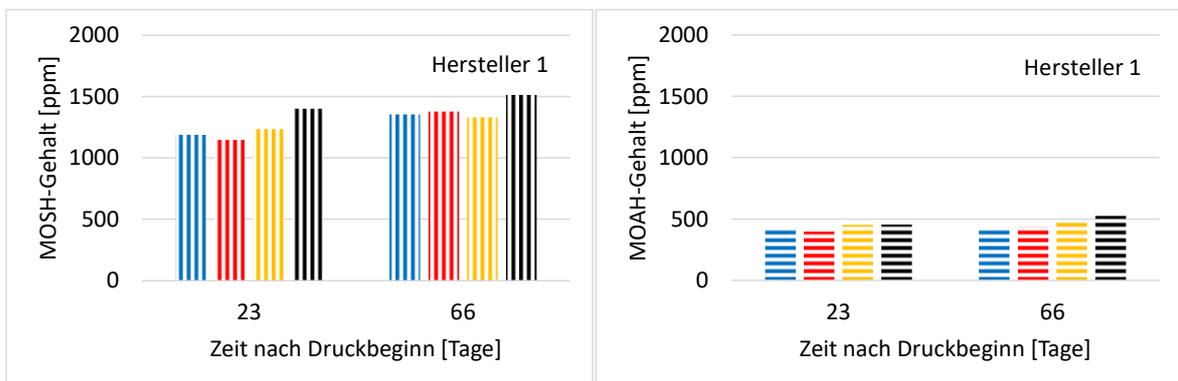


Abb. 10: MOSH- (links) und MOAH- (rechts) Gehalte der einzelnen Vollflächendrucke jeder Druckfarbe von Hersteller 1; Proben genommen aus einer Testdruckform, die zu unterschiedlichen Zeiten während der Langzeitversuche abgedruckt wurde.

## 3.2 Deinkingverhalten

Neben den Untersuchungen zu den Mineralölgehalten erfolgten Deinking-Untersuchungen zu den gleichen Zeitpunkten der Druckversuche, um die Rezyklierbarkeit zu bewerten. Dabei erfolgten die Untersuchungen gemäß der Deinkingmethode INGEDE 11, bei der im Labormaßstab die Deinkbarkeit von Druckerzeugnissen bestimmt werden kann. Die nachfolgende Grafik zeigt schematisch den Ablauf dieser INGEDE 11-Methode [11].

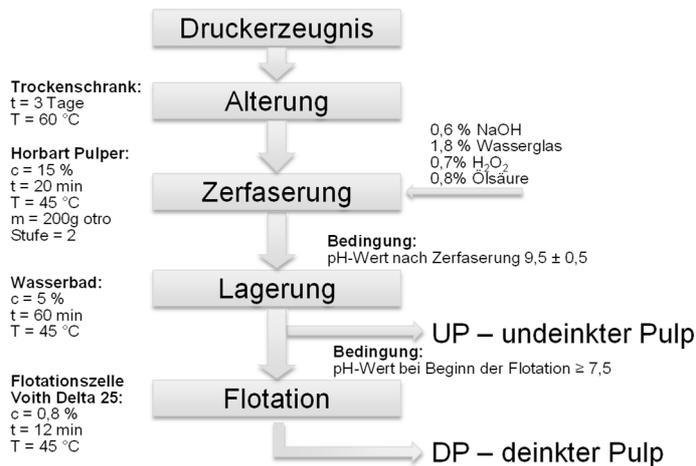


Abb. 11: Schematische Darstellung der INGEDE 11-Methode zur Bewertung der Deinkbarkeit im Labormaßstab.

Im Rahmen dieser Untersuchungen sind folgende Parameter zu bestimmen und haben einen Einfluss auf die Bewertung der Deinkbarkeit eines Druckproduktes:

- Bestimmung des *Hellbezugswerts*  $Y$  und des *Farborts*  $a^*$  an den Nutschenblättern des deinkten Faserstoffs gemäß INGEDE-Methode 2 und der DIN 6174. Diese Nutschenblätter werden mit Hilfe von „Machery-Nagel MN 618“-Filtern (Durchmesser 150 mm) hergestellt.
- Die während der Flotation nicht ausgetragenen Druckfarbenpartikel sollen an den Laborblättern des deinkten Faserstoffs als *Schmutzpunktfläche*  $A$  bestimmt werden. Die Laborblätter werden dabei mit einem Rapid-Köthen-Blattbildner gewonnen.
- Bestimmung des *Farbaustrags*  $IE$  (engl.: Ink Elimination) gemäß INGEDE-Methoden 1 und 2 an den Nutschenblättern des undeinkten und deinkten Faserstoffs. Die Nutschenblätter werden mit Hilfe von „Machery-Nagel MN 618“-Filtern (Durchmesser 150 mm) gewonnen.
- An dem Filtrat, welches bei der Gewinnung der Nutschenblätter des deinkten Faserstoffs anfällt, wird die Filtratverdunkelung mit Hilfe von Zellulose-Nitrat-Filtern der Firma Sartorius (Porengröße: 0,45  $\mu\text{m}$ ) bestimmt. Dabei ist der Verlust im Hellbezugswert  $Y$  des Zellulosefilters als *Filtratverdunkelung*  $\Delta Y$  zu protokollieren.

Die Ergebnisse dieser Deinkinguntersuchungen werden zum sog. Deinkability Score zusammengefasst und können graphisch dargestellt werden, wie dies in Abb. 12 für die Ergebnisse aus den Untersuchungen für dieses Projekt gezeigt ist. Für den Vergleich mit den konventionellen Druckfarben konnte lediglich die Farbserie von Hersteller 2 herangezogen werden, da diese im Versuchszeitraum auf dem anderen Teil der Druckmaschine in der Heilbronner Stimme zum Einsatz kam.

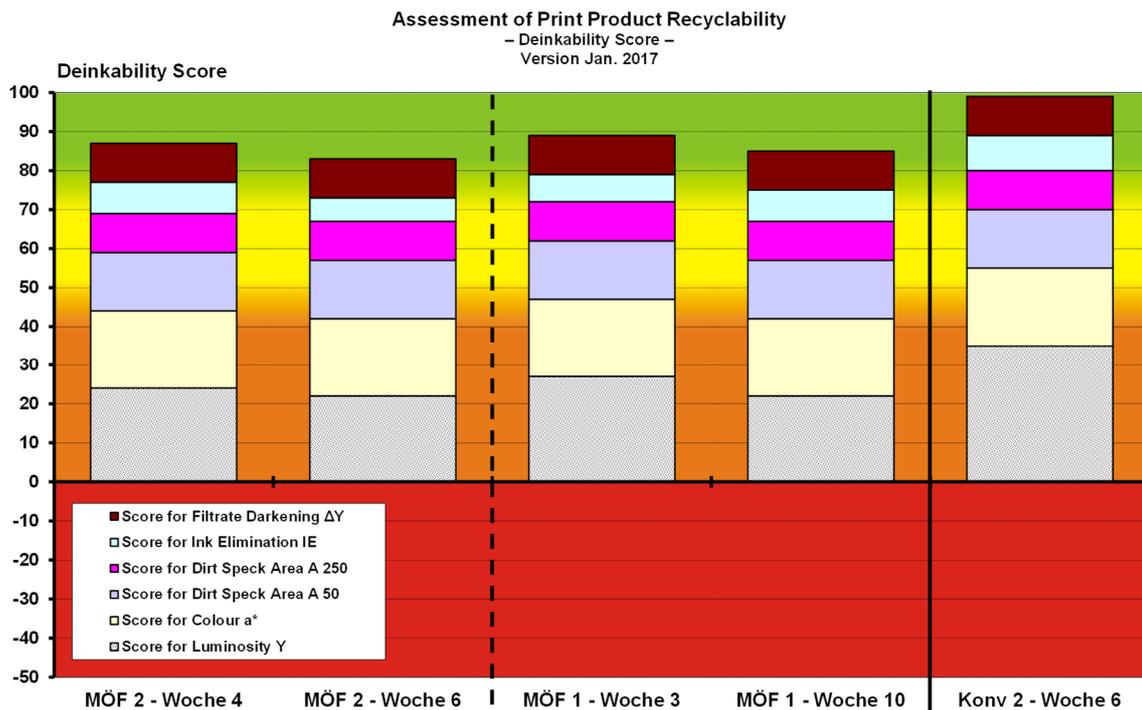


Abb. 12: Deinkability Score für die Druckprodukte mit mineralölfreien Druckfarben von Hersteller 2 (MÖF 2) sowie mit mineralölfreien Druckfarben von Hersteller 1 (MÖF 1). Zum Vergleich gezeigt ist der Deinkability Score für ein Druckprodukt mit konventioneller Druckfarbe von Hersteller 2.

Generell zeigt sich eine gute Deinkbarkeit der Druckprodukte mit mineralölfreier Druckfarbe. Um bessere Vergleiche zwischen den unterschiedlichen Druckfarben anstellen zu können, ist es notwendig, neben den Deinkability-Scores auch die absoluten Messwerte zu betrachten (Abb. 13). Verglichen mit dem Deinkingergebnis mit einer konventionellen Druckfarbe ergeben sich vor allem geringe Verschlechterungen beim Hellbezugswert Y und den Schmutzpunktfleichen  $A_{50}$  und  $A_{250}$ . Letztere waren jedoch deutlich unter dem Zielwert, so dass im Sinne des Deinkability-Scores auch hier die volle Punktezahl gegeben wurde. Diese Ergebnisse zeigen eine Verbesserung im Vergleich zu den Deinking-Ergebnissen aus dem Forschungsprojekt für das Umweltbundesamt, bei dem die Schmutzpunkte zusammen mit dem Hellbezugswert kritische Parameter darstellten.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die etwas schlechteren Deinking-Ergebnisse hauptsächlich durch die geringere Helligkeit bei den Mustern mit mineralölfreien Zeitungsdruckfarben verursacht wird.

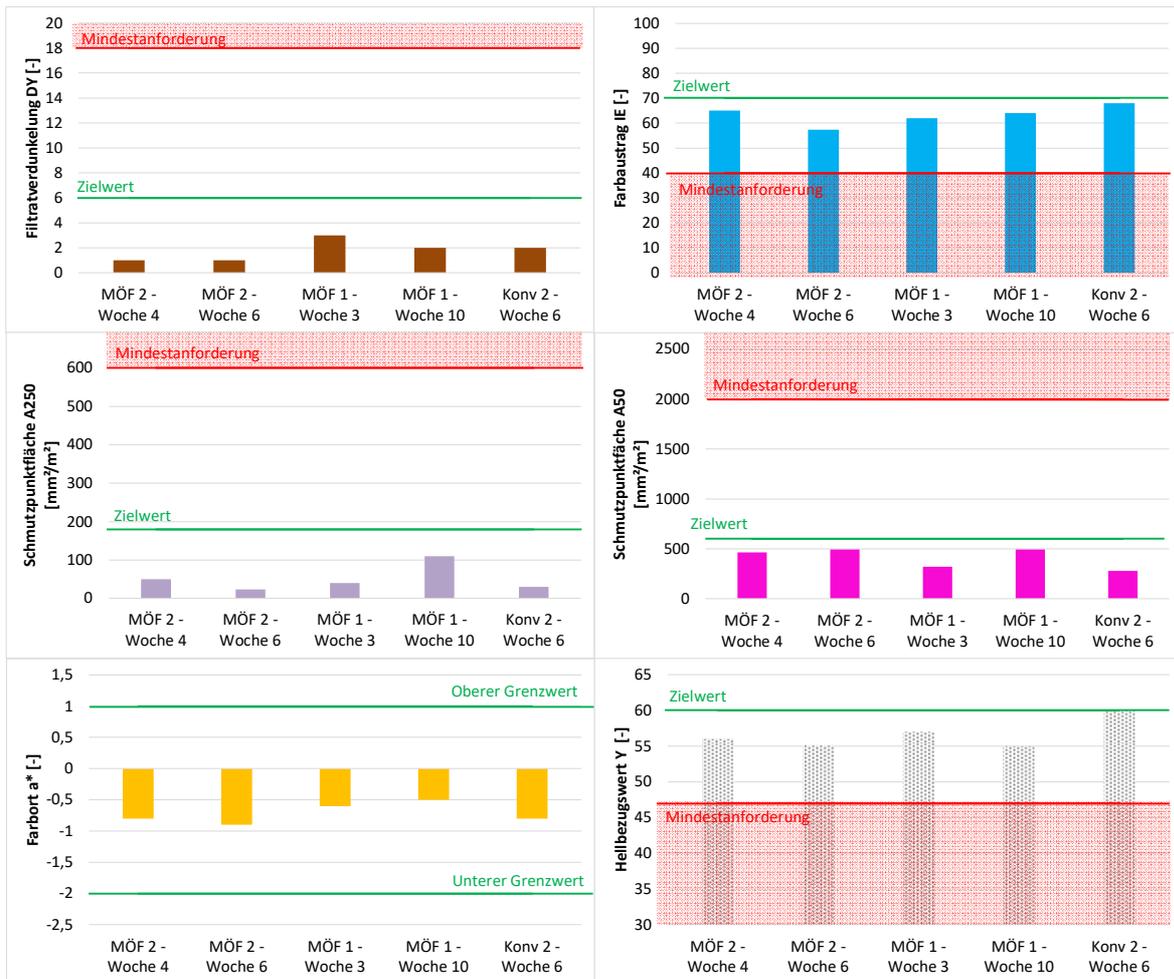


Abb. 13: Messwerte aus den Deinkbarkeitsuntersuchungen für die Druckprodukte mit mineralölfreien Druckfarben von Hersteller 2 (MÖF 2) sowie mit mineralölfreien Druckfarben von Hersteller 1 (MÖF 1). Zum Vergleich gezeigt ist jeweils der Messwert für ein Druckprodukt mit konventioneller Druckfarbe von Hersteller 2.

Neben den Parametern, die in den Deinking-Score einfließen, ist eine weitere wichtige Größe beim Deinking die Faserausbeute nach der Flotation. Diese lag bei den Druckprodukten mit mineralölfreier Druckfarbe durchschnittlich um ca. 10 % niedriger als bei der Vergleichsmessung mit konventioneller Druckfarbe. Dieser Trend bestätigt die bisherigen Untersuchungsergebnisse. Dabei ist jedoch zu beachten, dass es bei der INGEDE-Methode 11 keine Rückgewinnungsschritte gibt, wie dies in der großtechnischen Anwendung in der Regel der Fall ist.

Verglichen mit den Deinking-Ergebnissen aus dem abgeschlossenen UBA-Forschungsprojekt erweisen sich die einzelnen, absoluten Messwerte größtenteils als besser. Vor allem die Schmutzpunkte sind geringer und auch der Farbaustrag ist umfassender bei der in diesem Projekt getesteten Druckfarbe-Papier-Kombination. Lediglich die Werte für den Farbort liegen bei den vorliegenden Ergebnissen etwas weiter weg vom 0-Wert. Diese Beobachtungen manifestieren sich auch in einem etwas besseren Deinking-Score der in diesem Projekt getesteten Kombinationen. Bei diesem Vergleich ist jedoch zu beachten, dass die Papiere in dem UBA- und dem AGRAPA-Projekt unterschiedlich waren. Es ist bekannt, dass das Papier einen Einfluss auf das Deinking-Ergebnis hat, somit ist der direkte Vergleich der beiden Untersuchungen nur als Anhaltspunkt zu werten. In der Gesamtheit beider Projekte lässt sich jedoch

feststellen, dass das Deinking der mineralölfreien Druckfarben generell etwas schlechter ist als das der konventionellen Druckfarben.

### 3.3 Erfahrungen mit den Druckfarben

Um eine qualifizierte Aussage über die Anwendbarkeit der Druckfarben machen zu können, wurden jeweils während und nach den produktionsbegleitenden Druckversuchen Gespräche mit den Druckern und dem Schichtführer der Druckerei geführt.

Generell gilt, dass der Ausdruck vor allem in größeren Vollflächen mit hoher Farbbelegung bei beiden mineralölfreien Farbserien leicht wolkig ist. Dies gilt vor allem für die Schwarzfarbe. Außerdem wurde für beide Druckfarbenserien beschrieben, dass sich das Farb-Wasser-Gleichgewicht deutlich von dem mit konventionellen Druckfarben unterscheidet. So muss beim Andruck mit einer höheren Feuchtwassermenge gedruckt werden, um die Druckplatten frei von Druckfarbe zu bekommen. Im Fortdruck jedoch ist eine Reduktion der Feuchtwassermenge notwendig, um das Emulgieren von Druckfarbe und Feuchtwasser sowie den Effekt des Tonens zu vermeiden. Auf diese geänderte Wasserführung dürfte auch die etwas gestiegene Makulatur zurückzuführen sein. Dieser Mehrbedarf an Makulatur belief sich nach Druckereiangaben auf ca. 30 % beim ersten Andruck im Vergleich zu dem mit konventionellen Druckfarben.

Die Farbwiedergabe im Druck mit mineralölfreien Druckfarben war vergleichbar mit konventionellen Druckfarben. Die Hausfarben der Druckerei konnten farbecht wiedergegeben werden. Weiterhin konnte kein signifikanter Mehrverbrauch an Druckfarbe festgestellt werden.

Bei der Druckfarbe von Hersteller 1 wurde festgestellt, dass das Verschmutzungsverhalten etwas ausgeprägter ist und sich damit der Putzaufwand erhöht, da vor allem die Falztrichter und Wendestangen häufiger als mit konventioneller Druckfarbe gereinigt werden mussten. Weiterhin zeigte sich, dass die Druckfarbe von Hersteller 1 vor allem bei höheren Druckgeschwindigkeiten eine stärkere Nebelneigung aufweist, vor allem im Gelb. Diese ist jedoch durch die Drucker und den Schichtführer der Heilbronner Stimme als insgesamt unkritisch eingestuft worden.

## 4 Literaturverzeichnis

---

- [1] Stolper, P.:  
Weiterentwicklung und Einsatz mineralölfreier Zeitungsdruckfarben im Zeitungsdruck, Forschungskennzahl [3715313190], November 2020.
- [2] N.N.:  
DIN ISO 2846-2:2003-01: Graphische Technik - Farbe und Transparenz der Skalendruckfarben für den Vierfarbendruck - Teil 2: Rollenoffset-Coldset-Druck,
- [3] Bertholdt, U., Schless, M.; Zins, L.:  
Im Fokus Bogen- und Rollenoffset, Druck&Medien März 2014
- [4] N.N.:  
ISO 12647-3: Drucktechnik - Prozesskontrolle für die Herstellung von autotypischen Farbauszügen, Prüfdrucken und Auflagendruckern - Teil 3: Coldset-Offsetdruck auf Zeitungspapier
- [5] N.N.:  
DIN 53521: Prüfung von Kautschuk und Elastomeren: Bestimmung des Verhaltens gegen Flüssigkeiten, Dämpfe und Gase
- [6] N.N.:  
DIN 53505: Prüfung von Kautschuk und Elastomeren - Härteprüfung nach Shore A und Shore D
- [7] N.N.:  
DIN ISO 1817:2016-11: Elastomere oder thermoplastische Elastomere - Bestimmung des Verhaltens gegenüber Flüssigkeiten
- [8] N.N.:  
ISO 7619-1:2011: Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of indentation hardness - Part 1: Durometer method (Shore hardness)
- [9] N.N. (BfR):  
Bestimmung von Kohlenwasserstoffen aus Mineralöl (MOSH und MOAH) oder Kunststoffen (POSH, PAO) in Verpackungsmaterialien und trockenen Lebensmitteln mittels Festphasenextraktion und GC-FID,  
Download über <https://www.bfr.bund.de/cm/343/bestimmung-von-kohlenwasserstoffen-aus-mineraloel-oder-kunststoff-fen.pdf>, Stand: 25.05.2022.
- [10] N.N. (BfR):  
Messung von Mineralöl-Kohlenwasserstoffen in Lebensmitteln und Verpackungsmaterialien, Download über <https://www.bfr.bund.de/cm/343/messung-von-mineraloel-kohlenwasserstoffen-in-lebensmitteln-und-verpackungsmaterialien.pdf>, Stand: 25.05.2022.
- [11] N.N. (INGEDE):  
Bewertung der Rezyklierbarkeit von Druckprodukten - Prüfung der Deinkbarkeit,  
Download über <http://pub.ingede.com/methoden/>; Stand: 26.05.2022