

## 1. Einführung

Das Praktikum *Flexodruck* befasst sich mit den Problemstellungen der Farbübertragung in Flexodruckmaschinen. Das Druckverfahren Flexodruck entwickelte sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts als Weiterentwicklung des Buchdrucks. Es handelt sich um ein direktes Hochdruckverfahren und ist gekennzeichnet durch eine flexible Druckform.

Die Vorteile des Flexodrucks liegen in der einfachen Konstruktion der Druckwerke sowie der großen Bandbreite der zum Einsatz kommenden Bedruckstoffe. Nachteile des Flexodrucks sind die im Vergleich zum Offsetdruck in der Regel höheren Tonwertzunahmen und die an den druckenden Elementen auftretenden Quetschränder.

## 2. Theoretische Grundlagen

Die Farbübertragung von der Druckform auf den Bedruckstoff wird im Flexodruck durch die direkte Berührung von Druckform und Bedruckstoff unter definierten Druckverhältnissen realisiert. Der Abrollvorgang der Zylinder erfolgt durch das Ineinandergreifen der Antriebszahnäder und wird durch deren Teilkreise, also deren gedachten Durchmesser, bestimmt (Abb.1). Hierbei ist zu beachten, dass es aufgrund der flexiblen Eigenschaften der Druckform unter dem Einfluss der Druckkraft zu einer Verformung der druckenden Bereiche der Druckform kommt. Die Intensität der Verformung der Druckelemente wird durch die auf die Fläche wirkende Kraft (Flächenpressung  $\sigma$ , Druckspannung) bestimmt.

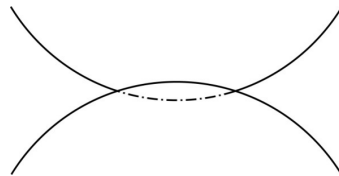


Abbildung 1: Ineinandergreifen von Teilkreisen beim Aufbau der Druckspannung

Der technologische Ablauf der Farbübertragung im Flexodruck kann durch folgende Prozessschritte charakterisiert werden:

1. Einfärbung der Rasterwalze und Dosierung der zu übertragenden Farbmenge durch die Eigenschaften der Rasterwalze
2. Einfärbung der Druckform, auf der die Strukturierung der zu übertragenden Flächenanteile in druckende und nichtdruckende Bereiche durch die Oberflächengeometrie der Druckplatte erfolgt

### *Farbübertragung auf den Bedruckstoff durch Farbspaltung*

Die Dosierung der zu übertragenden Farbmenge erfolgt im Flexodruck mittels einer Rasterwalze. Diese besitzt an ihrer Oberfläche Nöpfchen, durch deren Volumen die Dosierung erfolgt. Die Oberfläche der Rasterwalze (Stege) wird durch eine Rakel frei von Druckfarbe gehalten.

Rasterwalzen bestehen in der Regel aus einem Grundkörper aus Stahl oder einem Rasterwalzensleeve-zylinder. Die Oberfläche der Stahlgrundkörper ist mit Gravierkupfer oder Keramik beschichtet. Zur Erhöhung der Beständigkeit werden die Kupferoberflächen nach der Gravur mit einer Chromschicht überzogen.

Die Nöpfchengravur erfolgt entweder elektromechanisch mit einem Stichel (Kupfer-Chrom) oder mittels Lasergravur (Keramik). Die Gravuren von Rasterwalzen unterscheiden sich in der geometrischen Form der Nöpfchen, der Rasterweite (Anzahl der Nöpfchen/cm), dem Nöpfchenvolumen ( $\text{cm}^3/\text{m}^2$ ) und dem Flächenverhältnis von Stegen und Nöpfchen.

Bei der Auswahl einer geeigneten Rasterwalze sind folgende Parameter zu beachten:

- Rasterweite der Druckform:

Es gilt folgende Empfehlung: Das Verhältnis der Rasterweite der Rasterwalze und der Rasterweite der Druckform sollte bei Kupfer/Chrom-Rasterwalzen ca. 3:1 sowie bei keramischen Rasterwalzen ca. 5:1 bzw. bei sehr hohen Auflösungen und durch Laserdirektgravur hergestellten Druckformen ca. 6:1 betragen.

Hinweis: Ganzzahlige Vielfache der Auflösung von Druckform und Rasterwalze sollten vermieden werden, um Moiré-Effekte zu vermindern! /4/

- Theoretisches Schöpfvolumen der Rasterwalze:

Das Schöpfvolumen bestimmt die erreichbare Farbschichtdicke auf dem Bedruckstoff und muss in Abhängigkeit von den Bedruckstoffeigenschaften (Rauigkeit, Saugfähigkeit) festgelegt werden.

Zur Ermittlung geeigneter Konfigurationen der Rasterwalzen kommen sequenzielle Rasterwalzen zum Einsatz. Diese speziellen Rasterwalzen besitzen Bänder mit unterschiedlichen Gravuren (verschiedene theoretische Schöpfvolumina) und werden beispielsweise zur Charakterisierung von Farbserien und Druckwerken hinsichtlich des erzielbaren optischen Eindrucks genutzt.

Das theoretische Schöpfvolumen errechnet sich aus dem Volumen der Näpfchen (Fläche und Tiefe) sowie dem Flächenanteil von Stegen und Näpfchen (Steg/Näpfchen-Verhältnis) auf der Druckformoberfläche. Angegeben wird das theoretische Schöpfvolumen in der Regel in  $\text{cm}^3/\text{m}^2$ . Die tatsächlich übertragene Farbmenge weicht allerdings deutlich vom theoretischen Schöpfvolumen ab, da diese von verschiedenen Parametern abhängt. Diese Parameter sind unter anderem der Grad der Entleerung der Näpfchen, der Anpressdruck zwischen Rasterwalze und Druckform, die Lage der Farbspaltungsebene zwischen Rasterwalze und Druckform bzw. zwischen Druckform und Bedruckstoff, das Farbannahmeverhalten von Druckform und Bedruckstoff, die Maschinengeschwindigkeit und die Viskosität der Druckfarbe.

Möglichkeiten zur Einfärbung von Rasterwalzen sind in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt.

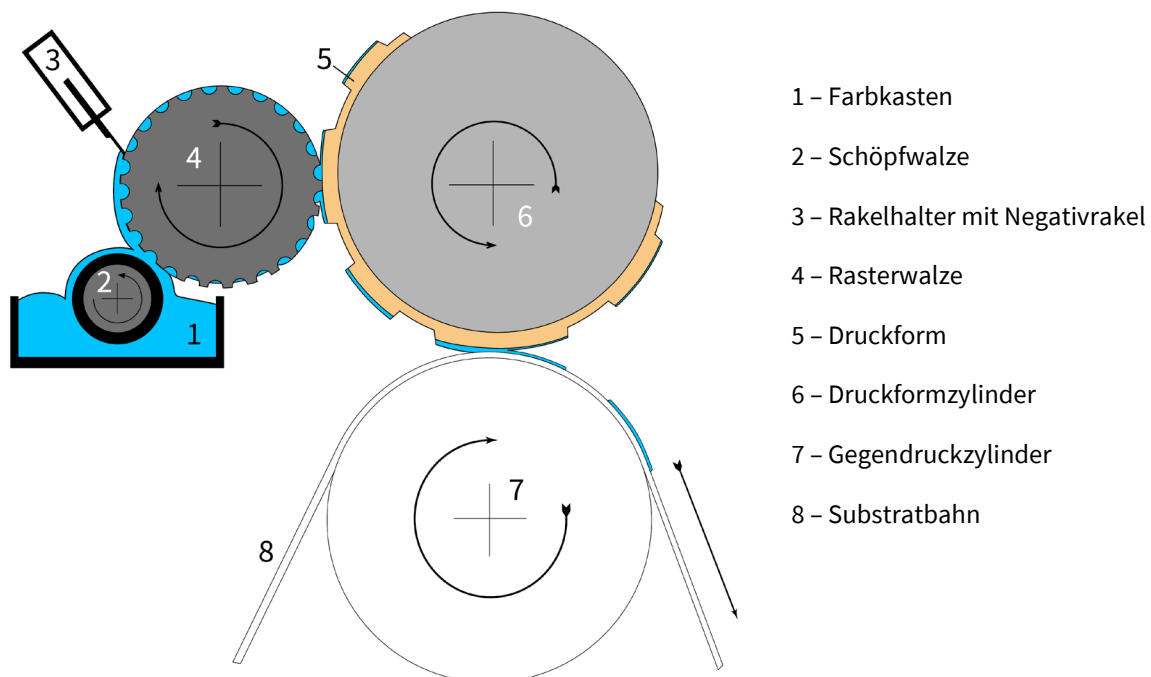
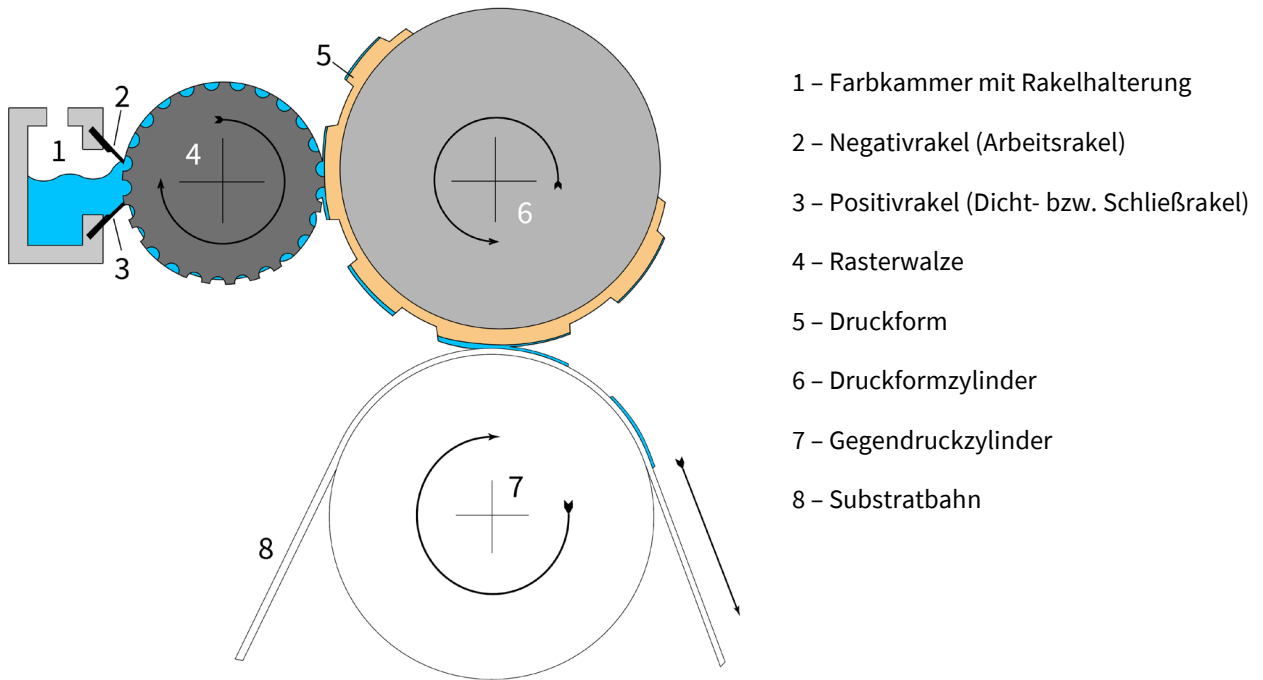


Abbildung 2: Offenes Einfärbesystem für Rasterwalzen (Dreiwalzensystem)



- 1 – Farbkammer mit Rakelhalterung
- 2 – Negativrakel (Arbeitsrakel)
- 3 – Positivrakel (Dicht- bzw. Schließrakel)
- 4 – Rasterwalze
- 5 – Druckform
- 6 – Druckformzylinder
- 7 – Gegendruckzylinder
- 8 – Substratbahn

Abbildung 3: Geschlossenes Einfärbesystem für Rasterwalzen (Kammerrakel)

Flexodruckformen liegen als plane Druckform (Druckplatte oder Klischee) oder als runde Druckform Klischeezylinder zur Befestigung planer Druckformen, Sleevezylinder oder Gummidruckformzylinder vor.

Folgende Materialien werden genutzt:

- Gummi
- Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM)
- Photopolymer

Für die Farbübertragung sind die folgenden Eigenschaften der Druckformen wichtig:

- Elastizität
- Kompressibilität (Schaumklebeband)
- Flexibilität
- Härte
- Exakte, gleichmäßige Dicke

Weitere Eigenschaften von Flexodruckformen sind die Beständigkeit gegen Reinigungs- und Lösemittel, eine hohe Auflagenbeständigkeit, eine gute Lagerfähigkeit und die Beständigkeit gegen Ozon und UV-Strahlung.

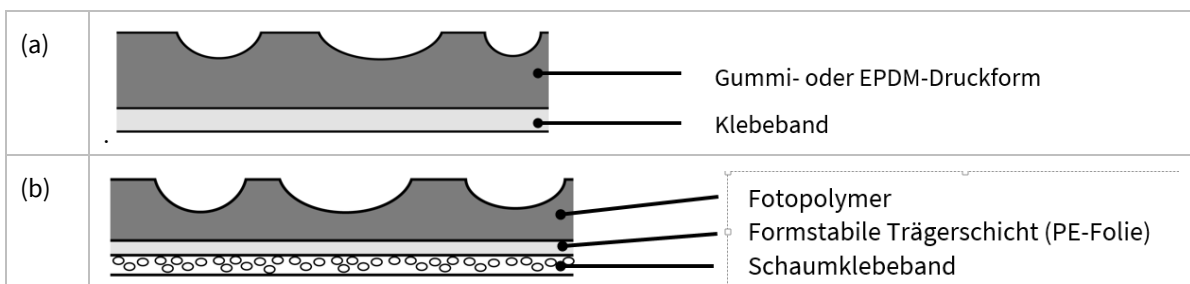


Abbildung 4 (a) Aufbau von Gummi- bzw. EPDM-Druckplatten auf dem Druckformzylinder; (b) Aufbau von fotopolymeren Druckplatten auf dem Druckformzylinder

Die Befestigung von planen Druckformen auf dem Druckformzylinder erfolgt mittels doppelseitigem Klebeband. Zur Verbesserung der Übertragungseigenschaften im Flexodruck kommt es hierbei im hochqualitativen Bereich zum Einsatz von sogenannten Dünnschichtplatten (Dicke < 2mm) in Verbindung mit Schaumklebebändern zur Befestigung der Druckform. Das verwendete Schaumklebeband besitzt kleine Gasbläschen, die so eine kompressible Komponente in Ergänzung zu den elastischen Eigenschaften der Druckform in das Gesamtsystem einbringen. (Siehe Abb. 4a und 4b)

Zur Reduzierung von Rüstzeiten und zur besseren Plattenmontage kann die Druckplatte auf Adapterhülsen (Sleeves) außerhalb der Druckmaschine aufgebracht werden. Sleeves lassen sich aufgrund des geringeren Gewichtes sehr gut transportieren und lagern. Die Befestigung im Druckwerk erfolgt auf Luftdornen. Durch Anlegen von Druckluft wird der Sleeve geweitet und kann auf dem Luftdorn platziert werden. Nach Abschalten der Druckluft wird der Sleeve durch Flächenpressung auf dem Luftdorn gehalten (Abb. 5a-d).

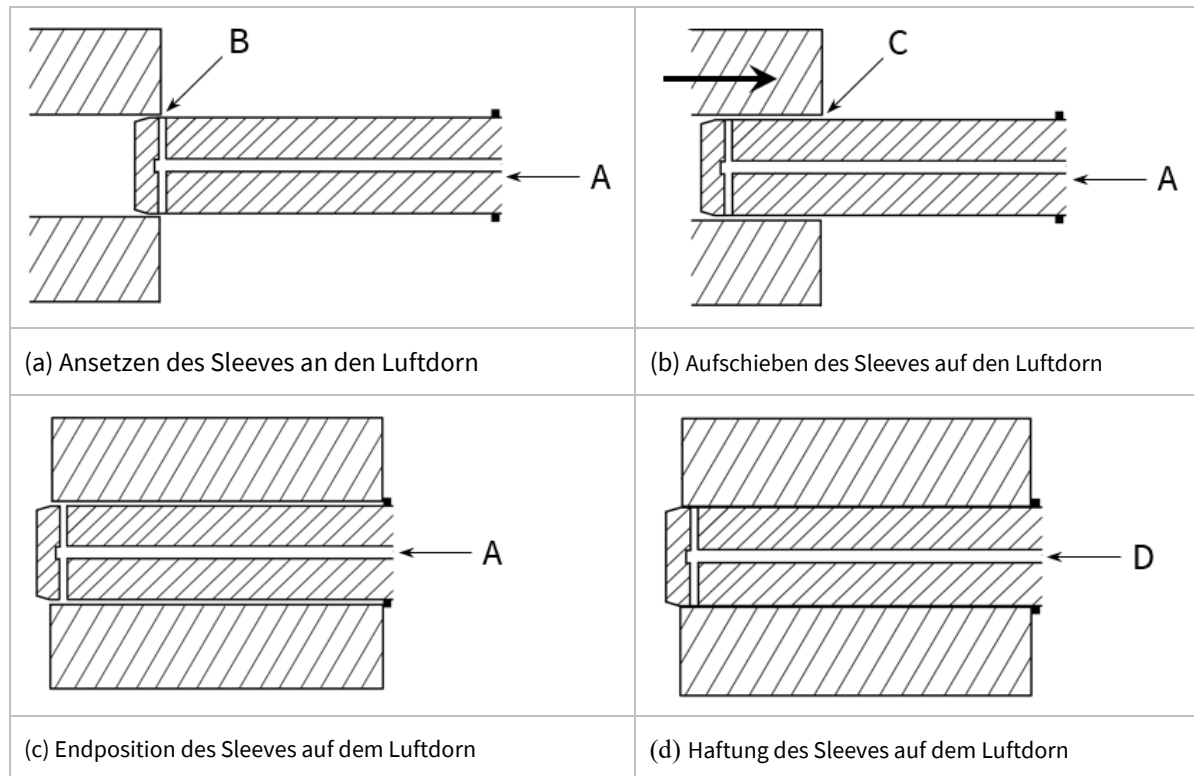


Abbildung 5 Arbeitsschritte zur Aufbringung von Sleeves auf einen Luftdorn. (A Druckluft, B Öffnung zum Entweichen der Druckluft, C Weitung des Sleeves durch Luftpolster, D Normaldruck)

Die in Abbildung 6 dargestellte Seitenansicht eines Sleevezylinders mit darauf befestigter Druckform zeigt den Aufbau eines solchen Systems. Der zwischen dem Sleevemantel und der Schaumstofffüllung verwendete Füllstoff kann bei geringeren Rapportlängen (Länge des Druckbildes) auch entfallen. Die Schaumstofffüllung zwischen Glasfaserhülse und Füllstoff dient als Puffer, um die Dehnung der Glasfaserhülse beim Aufschieben auf den Luftdorn zu ermöglichen.

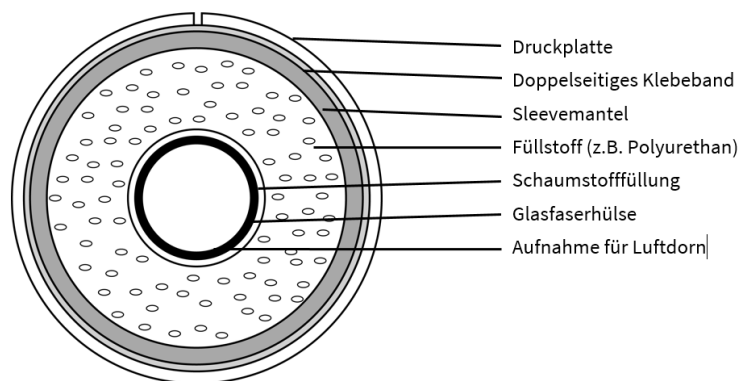


Abbildung 6: Aufbau Adaptersleeve mit Druckplatte

Die Einstellung der Druckspannung erfolgt im Flexodruckwerk über die Abstände der Achsen der einzelnen Zylinder zueinander (Abb. 7). Durch eine Verringerung bzw. Verbreiterung lassen sich unterschiedliche Druckbedingungen in der Druckzone realisieren. Hierbei gilt das Kiss-Print-Prinzip, welches aussagt, dass so viel Druck wie nötig (alle druckenden Bereiche der Druckform werden durch die Rasterwalze eingefärbt bzw. Farbübertragung an allen druckenden Bereichen auf den Bedruckstoff) und so wenig Druck wie möglich (keine Einfärbung der Flanken auf der Druckform und keine Verformung, druckender Bereiche, der Druckform auf dem Bedruckstoff) eingestellt werden soll.

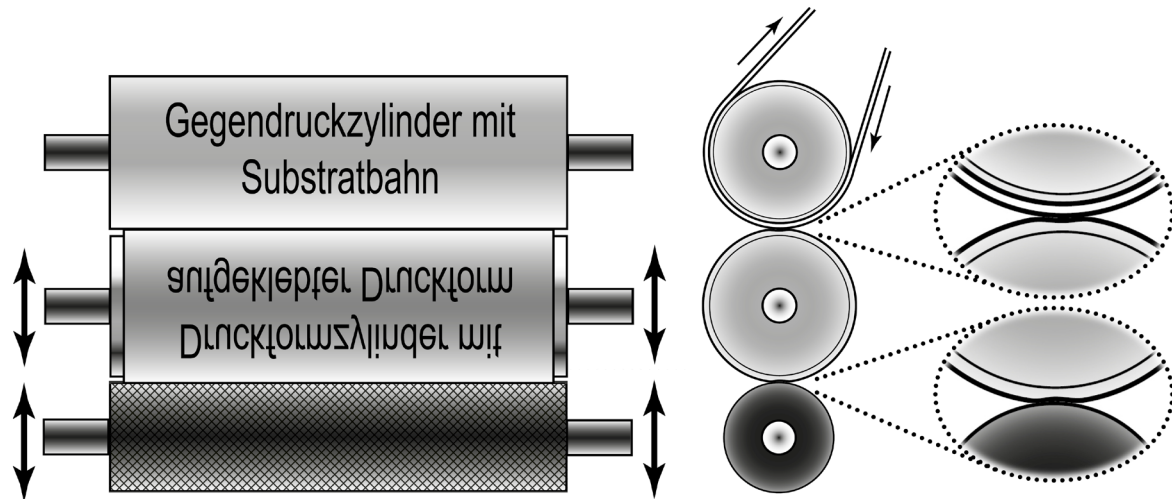


Abbildung 7: Schematische Darstellung eines Flexodruckwerks mit angedeuteter Einstellmöglichkeit der Druckspannung.

Flexodruckfarben sind im Vergleich zu konventionellen Hochdruck- und Offsetfarben niedrigviskos (ca. 200 mPas). Folgende Einteilung von Flexodruckfarben wird vorgenommen:

- Wasserbasierte Druckfarben
- Druckfarben auf Basis organischer Lösemittel (z.B. Isopropanol, n-Propanol, MEK, Ethanol, Ethylacetat, Ethoxypropanol)
- Strahlungshärtende Druckfarben (Härtung durch UV-, UV-LED- oder EB (Elektronenstrahl, Elektron Beam))

*Zusammensetzung von Flexodruckfarben:*

- Wasserbasierende Druckfarben:
  - Farbmittel (Pigmente, selten lösliche Farbstoffe)
  - Bindemittel (verseifte Harze)
  - Wasser
  - Zusätze (Additive, Entschäumer, Stabilisatoren usw.)
- Lösemittel-Druckfarben:
  - Farbmittel (Pigmente, selten lösliche Farbstoffe)
  - Bindemittel (lösliche Harze und/oder Wachse)
  - Organische Lösemittel
  - Zusätze (Additive, Entschäumer, Stabilisatoren usw.)
- UV-/UV-LED-Druckfarben:
  - Farbmittel (Pigmente)
  - Monomere und Präpolymere
  - Photoinitiatoren
- EB-Druckfarben:
  - Farbmittel (Pigmente)
  - Monomere und Präpolymere

Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Druckfarben werden verschiedene Technologien zur Trocknung bzw. Härtung angewandt. Da in der Regel Bedruckstoffe mit geschlossenen Oberflächen (nicht saugend) zum Einsatz kommen, trocknen bzw. härten Flexodruckfarben im Bereich des Drucks von flexiblen Verpackungen nicht wegschlagend. Die erforderliche Energie zur chemischen oder physikalischen Härtung/Trocknung muss hierbei von außen zugeführt werden. Hinsichtlich der hohen Maschinengeschwindigkeiten von bis zu 600 m/min und Farbschichtdicken von bis zu 10 µm ist die Härtung/Trocknung ein bedeutender Faktor im Produktionsprozess.

Folgende Technologien zur *Trocknung* von Flexodruckfarben werden gegenwärtig eingesetzt:

- Wasserbasierende Druckfarben werden mittels Heißluftgebläsen und zusätzlichen Infrarotstrahlern (IR-Spektrum: 780-3000 nm) getrocknet.
- Druckfarben auf der Basis organischer Lösemittel werden aufgrund der Explosionsgefahr ausschließlich mit Heißluftgebläsen getrocknet.

Die *Härtung* von Flexodruckfarben wird mit folgenden Technologien realisiert:

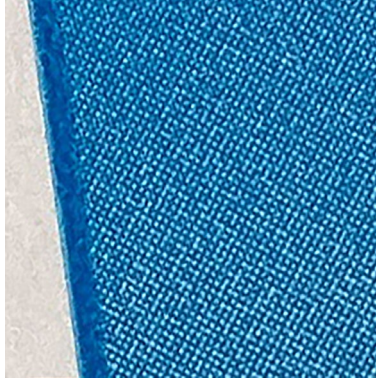
- UV- bzw. UV-LED-härtende Druckfarben werden durch die Bestrahlung mit Licht im UV-Spektrum (200-400 nm) gehärtet. Hierbei muss eine Anpassung der vom UV-Strahler emittierten Wellenlänge an die erforderliche Wellenlänge zur Aktivierung der in der UV-Druckfarbe enthaltenen Fotoinitiatoren erfolgen. Um eine große Palette an Farbserien verarbeiten zu können, werden UV-Strahler mit einem möglichst breiten Spektrum eingesetzt. UV-LED-Strahler sind in definierten Wellenlängenbereichen (365 nm, 385 nm, 395 nm, 405 nm, 450 nm) verfügbar.
- EB-Farben härten durch die Bestrahlung mit Elektronenstrahlen. Auf den Einsatz von Fotoinitiatoren kann durch den hohen Energiegehalt der Elektronenstrahlung verzichtet werden. Durch den negativen Einfluss des Luftsauerstoffs auf die Härtung ist eine Inertisierung erforderlich.

### 3. Aufgabe

Im Druckverfahren Flexodruck ist eine Versuchsaufgabe zu drucken und diese hinsichtlich der Wiedergabe von Rastertonwerten zu untersuchen.

#### Problemstellung

Ein Hauptproblem des Flexodrucks ist seit seiner Entwicklung die Wiedergabe gerasterter Druckformelemente. Mit der konventionellen Gummidruckform konnten nur sehr grobe Raster gedruckt werden. Die gedruckten Rasterelemente zeigten dabei starke Quetschränder (Tonwertzunahme) und waren außerdem noch oft zugesetzt (unsauberes Aussehen).



*Abbildung 8: Quetschränd am Übergang zwischen Bedruckstoff und gerasterter Fläche.*

Historisch gesehen, konnte ein großer Qualitätssprung bei der Wiedergabe von Rasterarbeiten durch die Einführung der fotopolymeren Druckform erreicht werden. Dies bezieht sich hauptsächlich auf den Vergleich zu den Gummidruckformen die mittels Mater erzeugt wurden. Erfahrungsgemäß sind heute Druckformen aus Fotopolymer die gebräuchlichsten Druckformen. Im Spannungsdreieck zwischen Kosten, Zeit und Qualität leisten Fotopolymerdruckformen, nach aktueller Sicht, ein durchschnittliches bis gutes Qualitätsniveau. Zur Herstellung qualitativ anspruchsvoller Drucke kommen zunehmend Laser direktgravierte Gummi/EPDM-Druckformen zum Einsatz. Diese sind allerdings in der Herstellung zeit- und kostenintensiv. Ebenso unterscheiden sich die mechanischen Anforderungen an die Druckmaschinen zur Herstellung von hochqualitativen Drucken hinsichtlich der Maschinengüte wie Rundlaufgenauigkeit und Schwingungsverhalten, sodass auch bei der Beschaffung der erforderlichen Technik vergleichsweise hohe Investitionen zu tätigen sind. Betrachtet man die vorgenannten Erfahrungen, so kann resümiert werden, dass die Druckqualität des modernen Flexodrucks ein hohes Niveau erreicht hat und der Flexodruck bei der Herstellung von Verpackungen aus Kunststofffolien mit dem Tiefdruck und Verpackungen aus Faltschachtelkarton, mit dem Offsetdruck konkurrieren kann.

Rastertonwertwiedergabe im Flexodruck /7/

Im Vergleich mit dem Offsetdruck weisen die Rastertonwerte im Flexodruck eine wesentlich stärkere Tonwertzunahme auf. Den größten Einfluss haben dabei die elastische Druckform und die Druckspannung während der Farbübertragung auf den Bedruckstoff und der Einfärbung der Druckform. Die höchsten Tonwertzunahmen treten in den Spitzlichtern auf. Die Hauptursache dafür liegt in der stärkeren Belastung der Spitzlichter während des Druckprozesses. Da in der Druckzone, unabhängig von den druckenden Flächenanteilen, überall die gleiche Druckkraft  $F$  vorliegt, muss die Druckspannung  $\sigma (F/A)$  an Stellen mit einem geringen druckenden Flächenanteil  $A$  (Spitzlicht) höher sein. Dies hat eine größere Deformation dieser druckenden Elemente (Quetschung) zur Folge. Weitere Einflussgrößen, die Tonwerterhöhungen zur Folge haben können, sind in der nachfolgenden Übersicht angegeben.

Druckform		Druckspannung	
Material	Polymer	zwischen Rasterwalze und Druckform	
	Gummi	zwischen Druckform und Bedruckstoff	
	EPDM	<b>Bedruckstoff</b>	
Plattendicke:	Dünnschichtplatte	saugend	
	Normalplatte	nichtsaugend	
Klebeunterlagen:	Klebeband (inkompressibel)	Glätte	
	Schaumklebeband	Dickendifferenzen	
Härte		<b>Druckfarbe</b>	
Elastizität		Viskosität	
Kompressibilität		pH-Wert (bei wasserlös. Farben)	
Druckform-herstellung:	Lösemittel-Platte	<b>Rasterwalze</b>	
	FAST-Technologie	Rasterweite	
	Direktgravur	Näpfchentiefe	
Bedildering:	Film	theoretisches Schöpfvolumen	
	LAMS	<b>Druckgeschwindigkeit</b>	
Rasterweite		gering	
		hoch	

Tabelle 1: Einflussgrößen auf die Übertragung von Rastertonwerten im

Die in Tabelle 1 aufgezählten Einflussgrößen haben die in Abb. 9 dargestellte typische drucktechnische Kennlinie des Flexodruckes zur Folge.

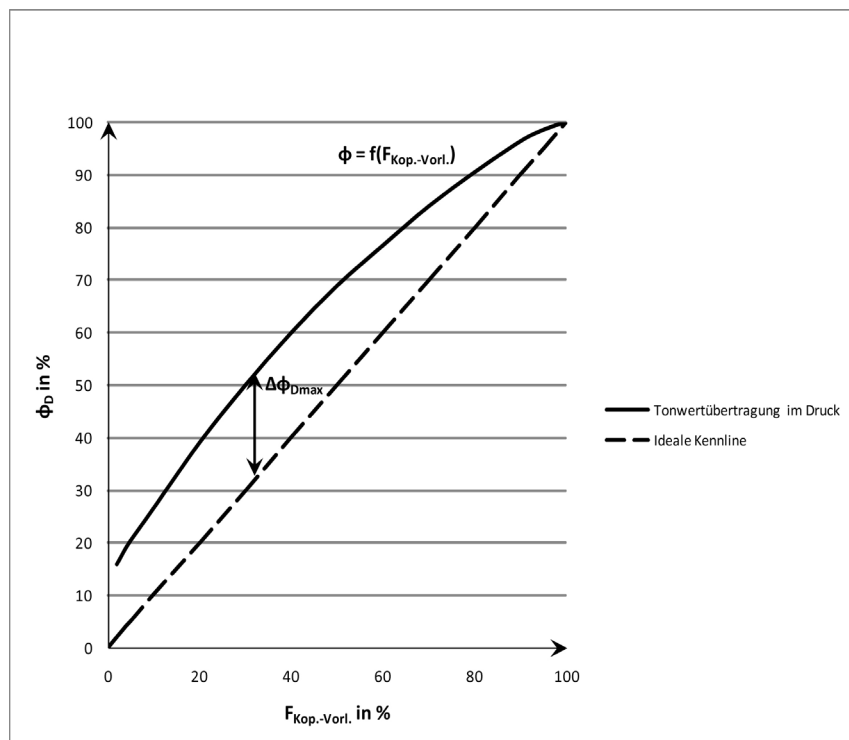


Abbildung 9: Prinzipieller Verlauf der drucktechnischen Kennlinie im Flexodruck  
( $\phi_D$  – Rastertonwert im Druck,  $F_{Kop.-Vorl.}$  – Flächendeckungsgrad der Kopiervorlage)

#### 4. Maschinen und Geräte

- Flexodruckmaschine
- Flexodruckplatte mit Stufen- und Verlaufskeilen verschiedene Auflösungen
- Auflichtdensitometer
- Video-Mikroskopie mit Auswertesoftware

#### 5. Versuchsdurchführung

Nach dem Rüsten der Flexodruckmaschine wird anschließend eine ausreichende Anzahl von Versuchsdrucken im stabilen Fortdruck gedruckt.

Mit Hilfe des Densitometers werden die Rastertonwerte der Stufenkeile gemessen und protokolliert. Weiterhin wird der Flächendeckungsgrad in zu definierenden Bereichen mittels mikroskopischer Messung bestimmt. Es erfolgt eine visuelle Bewertung der reproduzierten Verlaufskeile.

#### 6. Versuchsauswertung

1. Beschreiben Sie den Rüstvorgang zur Herstellung der Testdrucke!
2. Diskutieren Sie die Wiedergabe der Testmotive auf den Testdrucken!
3. Fertigen Sie für die fünf Stufenkeile mit unterschiedlichen Rasterweiten der Testdrucke ein Diagramm der drucktechnischen Kennlinien  $\varphi_D = f(F_{\text{Kop.-Vorl.}})$  an und diskutieren Sie deren Kurvenverläufe!
4. Fertigen Sie Diagramme der relativen Tonwertzunahme  $\Delta\varphi_{\text{Drel}} = f(F_{\text{Kop.-Vorl.}})$  an!
5. Bestimmen Sie auf ausgewählten Testfeldern der Vergleichsdruckplatte den Flächendeckungsgrad im Raster! Diskutieren Sie die Messergebnisse!
6. Vergleichen Sie den Flächendeckungsgrad der mikroskopisch erfassten Rasterflächen mit den densitometrischen Messungen auf den Testdrucken! Diskutieren Sie Unterschiede!

## 7. Literatur

- /1/ Meyer, K.-H.: Motivabhängige Klischeemontage, In: Dokumentation zur 19. DFTA- Fachtagung. Flexodruck in der Produktion, 1989
  - /2/ Schulz, E.: Flexodruck von A bis Z, Polygraph Verlag, 1987
  - /3/ Meyer, H.-J.: Aufbau und Zusammensetzung von Flexofarben, In: Dokumentation zur 15. DFTA- Fachtagung: Flexodruckfarben, 1987
  - /4/ DFTA und Meyer, K.-H.: Technik des Flexodrucks, Rek & Thomas Medien AG, St. Gallen, 5. völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage 2006
  - /5/ Ottersbach, J.: Bedruckstoff und Farbe, Verlag Beruf + Schule, 4. veränderte Auflage 2005
  - /6/ Kipphan, H.: Handbuch der Printmedien, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 2000
  - /7/ Hars, Ch.; Kohrs, H.: Zustellempfindlichkeit von Fotopolymer-Druckplatten, In: Flexo Druck, Verlag: G & K Messe- und Verlags- Vertretungen GmbH, 1990
  - /8/ Arbeitskreis UV-Druck, BG Druck und Papier (Hg.): UV-Technologie, der Praxisleitfaden für alle Druckverfahren, Wiesbaden 2007
  - /9/ Metzger, B.: Viele Faktoren mit mehr oder weniger Einfluss, Etiketten-Labels, Ausgabe 02/2005
- © Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Fakultät Informatik und Medien, Lehrgebiet Druckprozesse, 2008 (Erarbeitet von Dipl.-Ing. (FH) Henning Nagel), aktualisiert 2021