

# Einblicke in die Prozesse bei der Farbstoff-Fixierung

Ein Beitrag von Nop Elemans, Gerlof Wiersma, Jaco Kramer und Sonja Müller

**Der Dämpfprozess wird gerne mit viel Mystik umgeben. In der Literatur findet man regelmäßig Beschreibungen, die äußerst vage oder manchmal sogar purer Unsinn sind. Dabei sind die zugrunde liegenden chemischen und physikalischen Gesetzmäßigkeiten schon seit Jahrzehnten bekannt und beschreiben den Prozess qualitativ hervorragend.**

Das rein theoretische Modell von Adsorption und Reaktionskinetik ist quantitativ sehr schwierig anwendbar. Die äußerst große Anzahl von Variablen, wie z.B. die reaktive(n) Gruppe(n), Molekülgröße, pH-Wert, Ionenstärke, Farbstoffaffinität, Chemikalien im Druckfilm, Redoxpotenzial, Feuchtigkeitsgehalt, Temperatur, Druckart, Substrattyp, Oberflächenbeschaffenheit des Substrats, Restchemikalien auf dem Substrat, u.v.m. macht eine quantitative Beurteilung sehr komplex. Eine Lösung der, größtenteils voneinander abhängigen, Differenzialgleichungen ist nahezu unmöglich.

## Vorgehensweise

Eine qualitative Beschreibung des Dämpfprozesses ist

ausreichend, um Maßnahmen zur Erzielung eines möglichst optimalen Dämpfprozesses treffen zu können. Bezüglich der auftretenden Probleme und der resultierenden Effekte reicht eine relativ einfache Umschreibung aus.

## Ausgangssituation

Ziel des Bedruckens von Textil ist die lokale Anbringung einer zuvor definierten Farbe. Abhängig vom gewünschten Verwendungszweck und verwendetem Basismaterial wird aus der verfügbaren Gruppe der Pigmente, Reaktiv-, Dispersions-, Säure- (Acid-), basische\* und Küpenfarbstoffen\* eine geeignete Farbstoffklasse ausgewählt. Mittels eines Druckprozesses (Sieb-, Film- oder Inkjetdruck) wird der Farbstoff an der gewünschten Stelle auf dem Substrat aufgebracht.

Zur Farbstoff-Fixierung benötigt man Hilfsmittel, die chemisch oder physikalisch für eine Fixierung des Farbstoffs an oder in der Faser sorgen. Diese für die Fixierung notwendigen Chemikalien

## Teil 2: Die Tauglichkeit der Fixierlösung

Im ersten Artikel „Schwierigkeiten des digitalen Textildrucks“ (Ausgabe SIP-Textil 3/2003) der Serie „Textil-Inkjetdruck und Farbstoff-Fixierung“ wurde auf die Schwierigkeiten und möglichen Fehlerquellen beim Produzieren von bedrucktem Textil und insbesondere auf Probleme, die mit dem Fixierprozess verbunden sind, eingegangen. In diesem Artikel erklären die Autoren die Prozesse, die sich bei der Farbstoff-Fixierung mittels Dampf (auch als „Steamen“ bezeichnet) abspielen. Ein Einblick in den Prozess macht es möglich, eine Fixierlösung auf seine Tauglichkeit hin beurteilen zu können.

werden im Sieb- und Film- und Druck zusammen mit dem Farbstoff durch Beimischen zur Druckpaste aufgebracht. Dies ist beim Inkjet-Printing jedoch nur sehr beschränkt möglich. Darum werden beim Inkjetdruck die Chemikalien bereits vor dem Printen in einer Vorbe-

handlungspassage oder evtl. in einem Nachbehandlungsschritt (Pigment) auf das Substrat aufgetragen.

Die Gruppe der Pigmente wird fixiert, indem die Pigmentteilchen in einen Binderfilm eingebettet und so an die Faser „geklebt“ werden. Im Inkjetdruck-Verfah-

## Übersichtstabelle verschiedener Fixierverfahren

Fixiermethode / Farbstoffklasse	Normaltemperatur-Verfahren (NT-Verfahren)	Hochtemperatur-Verfahren (HT-Verfahren)	Heißluft-Fixierung (HL-Fixierung)
Dispersion		X	
Reaktiv	X		
250 Säure (Acid)	X		
Pigment			X

Tabelle 1

\* Farbstoffe und Verfahren, die aus dem konventionellen Textildruck bekannt sind, jedoch (noch) nicht im Inkjetdruck erhältlich bzw. möglich sind.

# Daiber 1/3h 4c

ren besteht aber das Problem, dass die erforderliche große Bindermenge nicht oder nur teilweise an die Tinte zugefügt werden kann, weil ansonsten die Nozzles verstopfen würden und dies zu Lasten der ohnehin schon mageren Farbstoffkonzentration ginge.

Darum muss man wahlweise vor oder nach dem Drucken einen Binderfilm aufbringen. Was die Fixierung von Pigment angeht, kann wenig schief gehen: eine einfache Wärmebehandlung mit Heißluft, Infrarot oder Kontaktwärme reicht aus.

Ausgangspunkt beim Dämpfen (Steamen) ist immer ein Textil, worauf

Trägermedium für die Energie und vor allem im Normaltemperatur-Verfahren ( $\pm 100^\circ\text{C}$ ) ist Wasser das Transportmittel des Farbstoffs von der Oberfläche zur Faser, um dort fixieren zu können. Bildlich ausgedrückt, „schwimmt“ der Farbstoff quasi zur Faser (Diffusion). Ist das Substrat zu trocken, kann der Farbstoff nicht zu der Faser gelangen, ergo auch nicht fixieren!

Der Dämpfprozess wird in eine Reihe von Prozess-Phasen unterteilt. Insgesamt lassen sich vier unterschiedliche Phasen beschreiben (siehe Tabelle 3).

Die Abbildungen 1 bis 5 zeigen anschaulich den Prozessverlauf des Dämpfens.

Übersichtstabelle verschiedener Fixierkonditionen

Fixiermethode	Temperatur (°C)	Konditionen	Verweilzeit (min)
NT-Verfahren	101 - 103	gesättigter Dampf	5 - 40
HT-Verfahren	160 - 180	überhitzter Dampf	6 - 8
HL-Fixierung	150 - 170	Heißluft	5 - 3

Tabelle 2

Reaktiv-, Säure- (Acid-), Dispersions-, basische\* oder Küpenfarbstoffe\* und die jeweils dazugehörige Chemie vorhanden sind. Wie bereits gesagt, ist es das Ziel des Fixierprozesses, den Farbstoff an oder in der Faser zu fixieren (=binden). Wasser in Form von Dampf ist das

Die vier Prozess-Phasen des Dämpfens

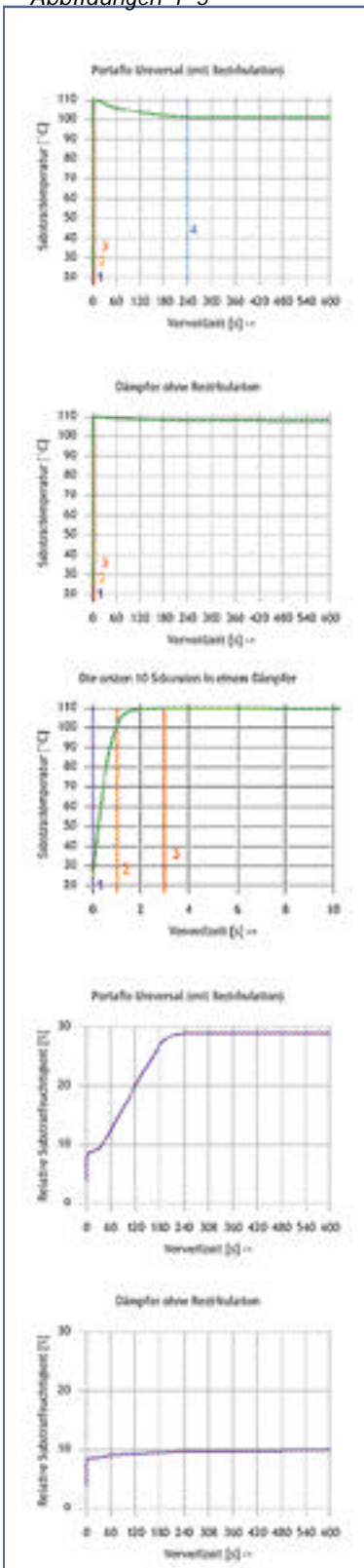
## Phase 1 des NT- und HT-Verfahrens: der Eintritt in den Dampfraum

Beim Eintritt von Textil in den Dampfraum wird das kalte und trockene Substrat durch Kondensation von Dampf erwärmt. Da das Substrat kälter als der umgebende Dampf ist, kondensiert Dampf aus der Gasphase auf dem Substrat. Dadurch, dass bei der Kondensation von Dampf enorm viel Energie freigesetzt wird, ist nur wenig Dampf nötig, um das Substrat auf  $100^\circ\text{C}$  zu erwärmen. Ein repräsentativer Wert hierfür ist 4% bezogen auf die Substratmasse. Dies bedeutet also, dass auf einem Substrat mit einem spezifischen Gewicht von  $100\text{ g/m}^2$  nur  $4\text{ g}$  Dampf per  $\text{m}^2$  kondensieren muss, um es von Raumtemperatur auf  $100^\circ\text{C}$  zu erwärmen. Die Geschwindigkeit, mit der dieser Prozess abläuft, ist ausschließlich abhängig von der Geschwindigkeit, die der Dampf benötigt,

Methode	NT-Verfahren	HT-Verfahren
Phase 1	Eintritt in den Dampfraum	Eintritt in den Dampfraum
Phase 2	Überhitzung	Verdunsten von Feuchtigkeit
Phase 3	Abkühlung/Wärmeabfuhr	Erwärmung auf Dampftemperatur
Phase 4	Gleichgewicht	Gleichgewicht

Tabelle 3

Abbildungen 1-5



um die Substratoberfläche zu erreichen. In einer 100%-igen Dampfumgebung findet dies innerhalb weniger Zehntelsekunden bis einigen Sekunden statt.

Phase 1 ist für alle Substrate identisch. Für die Beschreibung der anschließenden

fasern, können an ihrer Oberfläche Wasser aufnehmen. Diese Eigenschaft bezeichnet man als hydrophil, was nicht mehr bedeutet als „Wasser-Liebend“. Die Erscheinung, dass Wasser sich anlagert, bezeichnet man als Adsorption und ist eine bekannte physikalische Erschei-

adsorbiertem Wasser in Abhängigkeit von der Substrattemperatur am Beispiel von Viskose wiedergegeben. Bei einer Substrattemperatur von 100°C besitzt Viskose eine Feuchtigkeit von 30%, bei einer Substraterwärmung auf 105°C nur noch 13% und bei 110°C nur noch 9%! Je weniger Wasser bei der Farbstoff-Fixierung zur Verfügung steht, desto geringer ist letztendlich die Fixierausbeute des Farbstoffs.

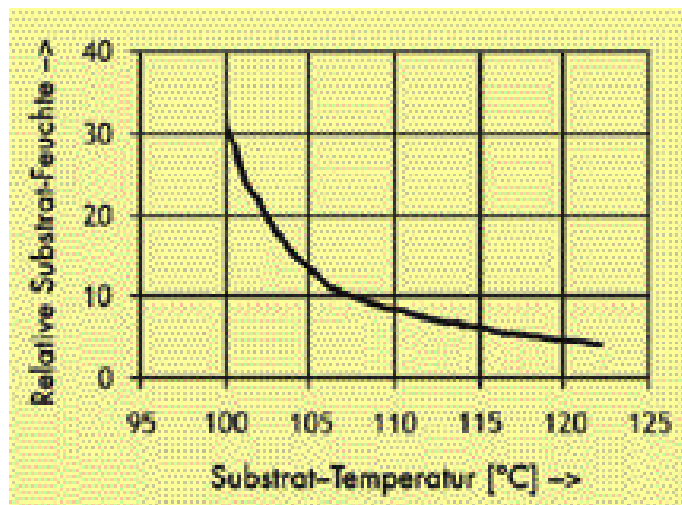


Abb. 6: Zusammenhang von Temperatur und Feuchtigkeit bei Viskose (die sogenannte Adsorptions-Isobare)

Prozess-Phasen muss je Fixiermethode differenziert werden: global in **Normaltemperatur-Verfahren (NT)** und in **Hochtemperatur-Verfahren (HT)**.

**Phase 2 des NT-Verfahrens: die Überhitzung**

Vorab ist es notwendig, zunächst einige ergänzende Fakten anzuführen: Natürliche Fasern, z.B. Regenerat-

Der Vorgang der Adsorption (Wasseranlagerung) ist temperatur- und druckabhängig. Der Zusammenhang von adsorbiertem Wasser und Substrattemperatur wird in einem Adsorptions-Gleichgewicht beschrieben – man spricht in diesem Zusammenhang von einer Adsorptions-Isobaren.

Ein Beispiel einer Isobaren ist in Abb. 6 wiedergegeben. Hierbei wird die Relation von

Wieder zurück zum NT-Dämpfprozess: Die Adsorptions-Isobare bestimmt den Verlauf der Wasseranlagerung und das Entstehen von Überhitzung. Wenn das Substrat eine Temperatur von 100°C erreicht hat, aber der dazu korrespondierende Feuchtigkeitsgehalt noch unter dem Gleichgewichtswert liegt, wird sich das Substrat solange aufwärmen, bis sich ein Gleichgewicht zwischen Temperatur und Feuchtigkeit eingestellt hat. Je nach Substrattyp kann die Substrattemperatur durch Überhitzung bis zu 130°C ansteigen!

Wie unglaublich dies auch klingen mag, dies ist eine vollkommen normale und schon lang bekannte Erscheinung der Adsorptions-Theorien.

In vielen Publikationen wird die Überhitzung des Sub-

strats als eine Folge von exothermen Reaktionen bezeichnet. Dies kann einige Verwirrung stiften, weil außerdem noch exotherme Nebenreaktionen stattfinden können. Adsorption wie exotherme Reaktionen verursachen eine Temperaturerhöhung, haben jedoch total unterschiedliche Ursachen. Die Adsorption (Wasseranlagerung) ist die weitaus wichtigere Ursache von Überhitzung.

### Phase 3 des NT-Dämpfprozesses: die Abkühlung

Das Substrat ist jetzt, in jeder Hinsicht erklärbar, wärmer als die umgebende Dampftemperatur von etwas über 100°C (dem Kochpunkt von Wasser). Die Dampfumgebung ist also kühler, wodurch das Substrat auch abkühlt. Bei einer Abkühlung muss gemäß dem Adsorptions-Gleichgewicht (Abb. 6) der Feuchtigkeitsgehalt des Substrats zunehmen. Diese Feuchtigkeit kann nur aus der

umgebenden Gasphase durch Adsorption von Dampf kommen, wobei die Wasseranlagerung sofort wieder Adsorptionsenergie freisetzt.

Ein einfaches Rechenbeispiel: Die Adsorptionsenergie, die bei der Anlagerung von 1 g Wasser freigesetzt wird, beträgt 2500 Joule.

All diese freikommende Energie kann ausschließlich über den umgebenden Dampf abgeführt werden. Wenn sich Dampf von 100°C auf 110°C erwärmt, nimmt dieser Dampf ca. 20 Joule per Gramm Dampf auf. Will man also die Adsorptionsenergie von 1 g Wasser abführen, ist dafür ca.  $2500/20 = 125$  g Dampf nötig. Dies sind ungefähr 400 l Dampf. Zu Beginn liegt der Temperaturunterschied von umgebendem Dampf (ca. 100°C) und überhitztem Substrat (~110°C) bei ca. 10°C, d.h. ein Gefälle von 10°C. In dem Maß, wie sich das Substrat abkühlt, verringert sich das Temperaturgefälle. Je geringer das

Temperaturgefälle, desto mehr Dampf ist nötig, um die Überhitzung des Substrats abzuführen. Bei einem Temperaturgefälle von nur noch 1°C benötigt man die zehnfache Menge Dampf, also 4.000 l. Am Schwierigsten ist es deshalb, die letzten Grade auf 100°C abzukühlen.

Das Substrat kühlt aufgrund der enormen Menge überschüssiger Energie nur sehr langsam ab und dies auch nur, wenn ausreichend Dampf vorhanden ist. Falls jedoch kein Dampfaustausch an der Substratoberfläche erfolgt, weil schlichtweg zu wenig Dampf vorhanden ist, findet überhaupt keine Abkühlung statt. In der Praxis ist in erster Instanz diese Menge konditionierter Dampf bezogen auf die Substratmenge wichtig, die so genannte „Massenbalance“ zwischen Substrat und Dampf.

Je nach Applikation verbleibt das Substrat einige bis mehrere Minuten im Dampf-

raum. Bei einem zu geringen Dampfaustausch kann es sogar vorkommen, dass das Substrat den Dämpfer verlässt, bevor die Abkühlphase (Phase 3) abgeschlossen ist. In diesem Fall kann keine gute Fixierung erfolgen, die Fixierausbeute bleibt gering.

Anders ausgedrückt: um die Substratfeuchtigkeit eines Substrats von 100g/m<sup>2</sup> um nur 10% zunehmen zu lassen, ist per m<sup>2</sup> jeweils 10g Wasser nötig. Dies entspricht einer Dampfmenge von 14,5 m<sup>3</sup> Dampf oder einer Energiemenge von 6,5 Kilowattstunde.

Wird, bezogen auf eine gewisse Menge Substrat/Rauminhalt/Zeit, zu wenig Dampf erzeugt, hat dies außerdem auch nachteilige Folgen für die Reproduzierbarkeit des Fixierergebnisses. Bei Kontinue-Dämpfern äußert sich dies u.a. in einem Endenablauf (Farbunterschied Beginn/Ende eines Produktionsauftrages), bei Batch-Dämpfern ergibt sich eine

# Fruit of the Loom

## 1/8 q

Abhängigkeit des Fixierresultats von der Beladungsmenge (3m Ware ergeben einen anderen Farbton als 10 m der selben Farbstellung).

#### Phase 4: der Gleichgewichtszustand

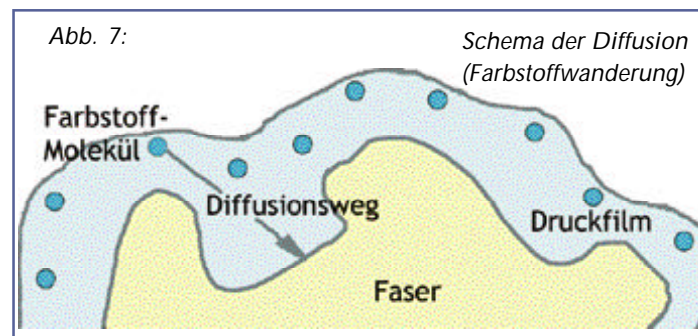
In den vorausgegangenen Schritten ist, bei ausreichend Dampf, das Substrat auf eine Temperatur von etwas über 100°C und dem dazu korrespondierenden Feuchtigkeitswert (siehe Abb. 6: Adsorptions-Isobare) gebracht worden. Nun sind die idealen Fixierbedingungen erreicht, nämlich maximale Substratfeuchtigkeit. Dieser Zustand muss so schnell wie möglich nach dem Eintritt in den Dampfraum erreicht werden, sodass Verweilzeit = Fixierzeit gilt.

#### HT-Dämpfprozess aus der Sicht des Farbstoffs

Überhitzung und ein niedriger Feuchtigkeitsgehalt beeinflussen den Farbstofftransport (Farbstoff-Diffusion) in Richtung Faser nachteilig (siehe Bild 7). Da der Farbstoff nicht zur Faser gelangen kann, bleibt die Fixierausbeute (relativer fixierter Farbstoffanteil) gering.

Besonders für Reaktivfarbstoffe ist dies fatal. Neben

den der gewünschten Fixierung treten hierbei auch chemische Nebenreaktionen des Farbstoffs mit eventuellen Verdickungsmitteln aus der Vorbehandlung und mit Wasser auf. Während der Farbstofftransport zur Faser schwierig ist, verlaufen die Nebenreaktionen ungehindert. Farbstoff, der bereits an



einer Nebenreaktion teilgenommen hat, kann nicht mehr mit der Faser reagieren und wird ungenutzt ausgewaschen. Zudem verursacht dieser ausreagierte Farbstoff (Hydrolisat) schlechte Nassechtheiten (wie z.B. Wasch-, Wasser- und Reibechtheiten).

Säure- (Acid-), basische\* und Küpenfarbstoffe\* zeigen zwar selbst keine Nebenreaktionen, jedoch die zur Fixierung notwendigen Chemikalien, die sich in der Vorbehandlung oder dem Druckfilm befinden. Diese neigen zum Zerfall (Dissoziation) und stehen für die eigentliche

Fixierreaktion nicht mehr zur Verfügung.

Eine Verlängerung der Dämpfzeit scheint Abhilfe schaffen zu können. Leider kann damit nicht (mehr) die Fixierausbeute erreicht werden, die unter günstigen Bedingungen möglich gewesen wäre. Kurzum: Überhitzung und ein zu niedriger Feuch-

tigkeitsgehalt sind Gift für eine gute Fixierausbeute und tiefe, brillante Farben.

#### Phase 2 des HT-Dämpfprozesses

In Phase 1 des HT-Dämpfprozesses (siehe S. 21) kondensiert Dampf auf dem Substrat, wodurch sich das Substrat auf 100 °C erwärmt und sich ca. 4% Feuchtigkeit niederschlägt.

Polyester hat ein sehr niedriges Adsorptions-Gleichgewicht. Die überschüssige Feuchtigkeit muss erst verdunsten, bevor sich das Substrat auf Dampftemperatur er-

wärmen kann. Dies dauert nur wenige Sekunden bis evtl. Minuten.

Das Phänomen von Überhitzung durch Adsorption spielt beim HT-Dämpfprozess keine Rolle.

#### Phase 3 des HT-Dämpfprozesses: die Erwärmung

Dispersionsfarbstoffe werden für Kunstfasern verwendet, v.a. für Polyester. Diese Farbstoffe lösen sich so gut wie nicht in Wasser, sondern liegen in dispergierter (fein verteilter) Form in Wasser vor. Der Dispersionsfarbstoff verbindet sich mit der Polyesterfaser, indem er sich darin auflöst. Die Polyesterfaser muss dafür so weit erhitzt werden, bis sie für den Farbstoff zugänglich wird. Beim Erwärmen kann der Dispersionsfarbstoff, der bei diesen Temperaturen von der festen Phase in die Gasphase übergeht (Sublimation), einfach eindringen (diffundieren). Die dafür notwendigen Temperaturen liegen zwischen 160°C und 180°C.

#### Phase 4 des HT-Dämpfprozesses

Im Gleichgewichtszustand hat sich die Substrattemperatur an die Dampftemperatur angeglichen. Damit sind die Voraussetzungen zur weiteren Farbstoff-Fixie-

rung erreicht. Der eingedrungene Dispersionsfarbstoff kann sich nun gleichmäßig in der Polyester­masse verteilen. Dies beeinflusst Echtheiten, wie z.B. Reib- und Lichtechtheit, positiv.

#### HT-Dämpfprozess hinsichtlich des Farbstoffs

Für die Fixierung von Dispersionsfarbstoffen setzt man häufig eine Wärmebehandlung mittels Infrarot oder Kalandrierung ein. Damit erzielt man relativ gute Ergebnisse. Die besten Resultate werden jedoch mit einem HT-Dämpfprozess bis 180 °C erreicht, weil die Faser durch Heißdampf zugänglicher wird. Zudem wird die Faser gleichmäßiger erwärmt als mit einer Kontakthitzequelle.

Der große Vorteil der Dampffixierung liegt in der Möglichkeit, die Farbstoffpenetration mit Hilfe der Parameter Verweilzeit und Dampftemperatur zu steuern. Für eine Flaggenapplikation ist ein hoher Durchdruck erforderlich, wohingegen bei POS-Artikeln Druckschärfe und Farbbrillanz im Vordergrund stehen.

#### Dämpfprozess aus Sicht des Maschinenskonzepts

Anhand der Erkenntnisse aus Chemie und Physik wur-

de verdeutlicht, was die Folgen einer schlechten Temperaturbeherrschung beim Dämpfen sind. Langsame oder gar keine Eliminierung der Überhitzung führt zu schlechten Fixierausbeuten.

Im Fixierraum muss eine gleichmäßige, reproduzierbare Temperatur herrschen.

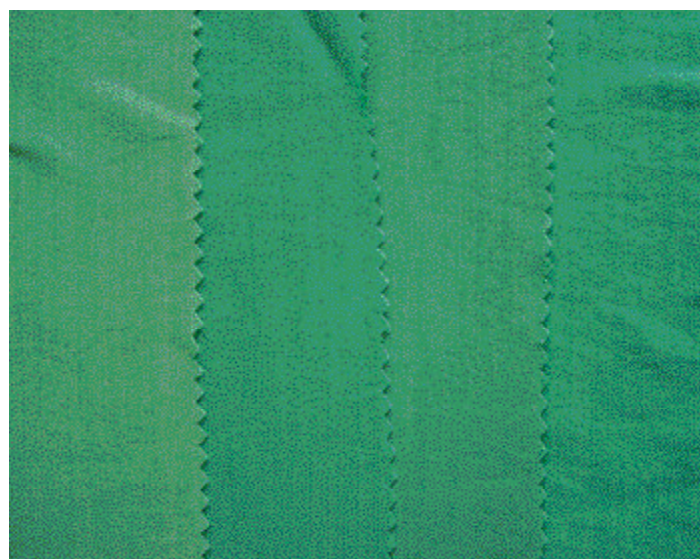


Abb. 8: Farbtonunterschiede bei „froschgrün“ (Cyan/Gelb-Mischung) verursacht durch unterschiedliche Fixiertemperaturen (100°C - 105°C)

Darüber hinaus muss man in der Lage sein, die freikommende Adsorptionsenergie schnell abzuführen.

Eine nicht-uniforme Temperaturverteilung im Fixierraum, wie z.B. Temperaturunterschiede von linker und rechter Seite im Dämpferraum von nur 1°C,

führen bereits zu unterschiedlichen Fixierausbeuten und damit zu sichtbar unakzeptablen Farbtonunterschieden von linkem und rechtem Warenrand.

Bei Batch-Dämpfern, wo das Substrat in mehreren Lagen fixiert wird, entstehen oft große Temperatur- und Feuchtigkeitsunterschiede in-

che Substratbreiten bereits Temperaturunterschiede, und damit andere Farbausfälle verursachen. Ganz zu schweigen vom Endenablauf (Fixierunterschiede Anfang/Ende eines Druckauftrags) der durch die auflaufende Temperatur während des Dämpfprozesses entsteht.

Ein guter Dämpfer „steamt“ das Substrat von allen Seiten frei zugänglich und verfügt über einen großen Dampfdurchsatz (Menge Dampf pro Zeiteinheit [m<sup>3</sup>/h]).

Der Portafix Universal von SETeMa ist deshalb so entworfen, dass eine Temperaturbeherrschung so optimal möglich ist. Kernpunkte hierbei sind der hohe Dampfdurchsatz und die große Rezirkulation (Zirkulation plus Konditionierung des Dampfes), womit das Substrat schnell auf die richtige Temperatur gebracht werden kann.

Die Möglichkeit der Konditionierung des rückgeführten Dampfes im Portafix Universal macht den für Sattedampf nötigen, relativ beschränkten Energieverbrauch möglich. Ohne Rezirkulation wäre 20 mal mehr Frischdampf nötig, und damit ein Energieverbrauch von nicht nur 10 kW, sondern 200 kW. Bei einer Rezirku-

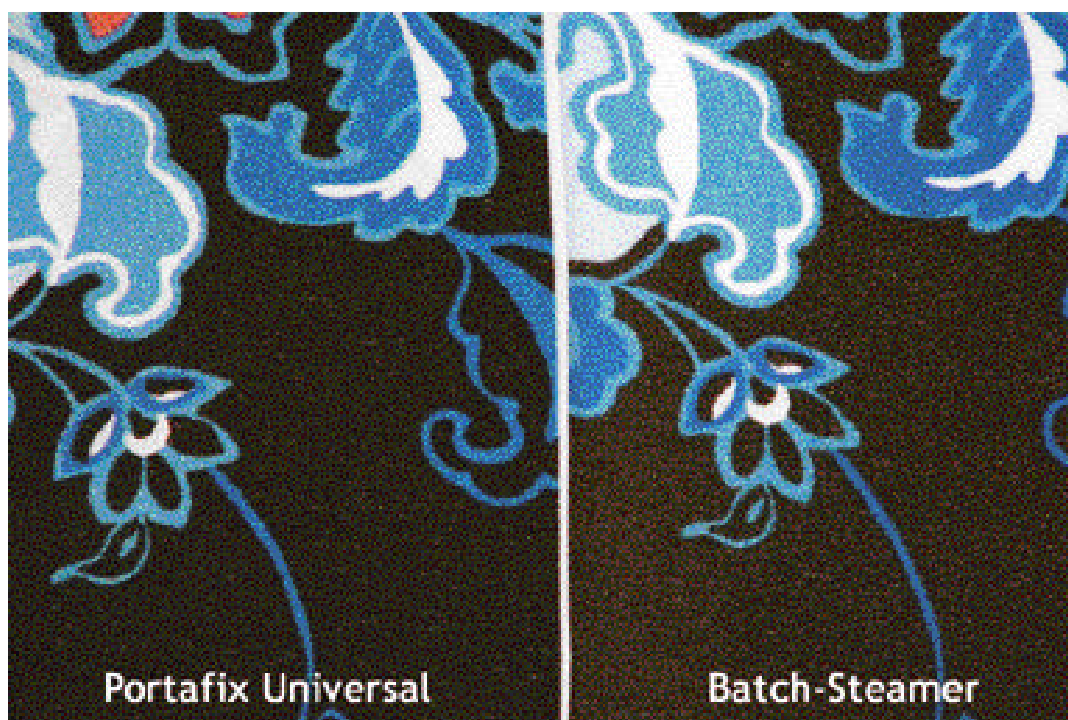


Abb. 9: Farbunterschiede bei Schwarz von einem Batch-Dämpfer im Vergleich zum Portafix Universal.

lation wird energetisch reicher Dampf durch Konditionieren (Abkühlen oder Erhitzen) wieder auf die eingestellte Soll-Temperatur gebracht und in den Kreislauf zurückgeführt, anstatt ihn wegzublauen.

Ein sehr wichtiger Punkt ist die Reproduzierbarkeit. Falls der Wärmetransport durch große Rezirkulation und ausreichend Dampf gewährleistet ist, hat die Beladung des Dämpfers keinen Einfluss auf das Fixierresultat. Egal wie lang der Auftrag ist – einige Zentimeter, viele Meter oder bei Wiederholungsaufträgen

– die Fixierbedingungen sind immer die selben.

Bei Batch-Dämpfern verursacht eine Beladung eines halben Quadratmeters im Vergleich zu einer vollen Beladung mit zig Quadratmetern eine enorme Verschiebung der Massenbalance nebst der unterschiedlichen Zugänglichkeit des Substrats durch das Aufrollen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass Batch-Dämpfer, die mit aufgerolltem Substrat arbeiten, nie eine optimale Fixierung ergeben können.

#### Praxismessungen im NT-Verfahren

Farbmessungen zeigen, dass ein Temperaturunterschied von 1°C einen sichtbaren Farbunterschied verursacht. Vor allem großmolekulare Farbstoffe wie Cyan und Schwarz sind dafür sehr empfindlich. Farbmischungen, die diese Komponenten enthalten, neigen sofort zu Tonverschiebungen (Bild 8).

Im konventionellen Textildruck verfügt man dann noch über den „Luxus“, den drohenden Farbausbeutenverlust durch einen Farbüberschuss

z.T. kompensieren zu können. Dies verhindert allerdings nicht die Farbtonverschiebung, wie sie Bild 8 zeigt.

Inkjetdrucke sind bezüglich der Dampfbedingungen noch empfindlicher. Da im Inkjetdruck nur eine beschränkte Menge an Farbe aufgebracht werden kann, machen sich nicht-optimale Fixierbedingungen sofort durch einen Farbeinbruch bemerkbar.

Messungen an Testfiles ergaben eine sehr hohe Reproduzierbarkeit des Portafix Universal. Zum einen die Reproduzierbarkeit über eine größere Auftragslänge (60m Testauftrag): Eine gemessene Abweichung von weniger als 1 CMC (1:2) über die Warenbreite (li. Kante / Mitte / re. Kante) und über die gesamte Auftragslänge von 60 Metern ergab keine sichtbaren Farbabweichungen. Zum anderen die Reproduzierbarkeit bei Wiederholung: dazu wurde ein Printauftrag geteilt und an mehreren Tagen jeweils mit den selben Einstellungen fixiert. Die Messungen ergaben eine CMC (1:2)-Abweichung von 1 und weniger, also auch hier keine sichtbaren Farbabweichungen.

[www.setema.com](http://www.setema.com)

[www.2-some.com](http://www.2-some.com)

