

# Konzepte für den ganzheitlichen Umweltschutz im Siebdruckbetrieb

Dr.-Ing. O. Sterger, Dr. D. Rottgardt, Prof. Dr.-Ing. H.-P. Lühr, Berlin; W. Deck, Heidelberg; Dr. W. Weise, Köln

Der Siebdruck ist ein Flachdruckverfahren, dessen wirtschaftliche Bedeutung in den letzten Jahren stark zugenommen hat. Die Umweltschadensrelevanz der Siebdruckbetriebe ergibt sich vor allem aus dem Einsatz organischer Lösemittel in den Druckfarben sowie verschiedener Hilfs- und Betriebsstoffen und den damit einhergehenden Abluft-, Abwasser- oder Abfallproblemen. Einige Lösungsmöglichkeiten im Sinne einer ganzheitlichen Problemsicht, die oft Verbesserungen in bezug auf mehrere Umweltkompartimente bieten, werden beispielhaft erläutert.

**A**us den Produktionsstatistiken des statistischen Bundesamts geht hervor, daß der Anteil des Flachdrucks an den untersuchten Druckverfahren (Hochdruck, Flachdruck, Tiefdruck) von 24 % im Jahre 1970 auf 64 % im Jahre 1991 angestiegen ist. Der aus diesem Vergleich erkennbare enorme Zuwachs wird anteilig auch vom Siebdruck, ein dem Flachdruck zuzurechnendes Durchdruckverfahren, getragen. Seine Stärke liegt vor allem in der schnellen Verfügbarkeit und Anpassungsfähigkeit an Kundenwünsche.

Charakteristisch für das Siebdruckverfahren ist, daß die Druckfarbe mit Rakeln durch die freien Stellen einer bildgemäß abgedichteten Kopierschablone (Sieb) auf den Bedruckstoff übertragen wird. Die Herstellung der Siebe kann auf verschiedene Weise erfolgen.

In Deutschland gibt es ca. 5000 Siebdruckbetriebe, deren Betriebsgröße vom typischen kleinen Unternehmen mit bis zu 20 Mitarbeitern (ca. 80 % der Unternehmen) bis hin zu mittelständischen Industrie-Siebdruckereien reicht. Die wirtschaftliche Bedeutung der Siebdruckereien läßt sich auch anhand der geradezu unerschöpflichen Produktpalette veranschaulichen:

Sie umfaßt großformatige farbige Plakate oder Transferklebefolien für die Außenwerbung (als ein typisches Produkt des grafischen Siebdrucks), die Oberflächengestaltung und -behandlung von

Sportgeräten (z.B. Alpin-Ski), das Bedrucken von Leiterplatten, den Textildruck (z.B. Beflockung von T-Shirts), den keramischen Siebdruck (z.B. Dekore auf Fliesen, Wappen auf Vereinskrügen) bis hin zur Antiblend-Beschichtung von Auto-scheiben.

Damit einhergehende Umweltprobleme und ganzheitliche Ansätze zu deren Lösung wurden mit Unterstützung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und des Deutschen Instituts Druck e. V. im vergangenen Jahr untersucht und in einem Branchenkonzept zum Umweltschutz im Siebdruckbetrieb<sup>1</sup> niedergelegt. Im folgenden soll mit einigen Ergebnissen die etwa 600 Seiten umfassende Arbeit bekanntgemacht werden.

## Produktionsprozesse im Siebdruckbetrieb

Im Regelfall ist in Siebdruckbetrieben die nachstehende Abfolge von Produktionsprozessen anzutreffen:

Druckvorlagenherstellung – Fotografischer Prozeß (Filmentwicklung, Fixierung)  
Siebherstellung (Rahmenpräparation, Besspannung, Gewebeverklebung, Rahmenschutzlackierung)  
Gewebevorbereitung (Gewebeentfettung, Gewebepräparationen)  
Schablonenherstellung (Gewebebeschichtung, Schablonenretusche, Geweberandabdeckung)  
Druckvorgang inkl. Trocknung  
Schablonenreinigung (Druckmedienentfernung)  
Schablonenentschichtung (Kopierschichtentfernung)  
Gewebebehandlung (Farbrest- und Geisterbildentfernung)

Je nach Produktausrichtung und Ausstattung können einzelne Prozeßstufen der o.g. Standardabfolge ausgelassen sein, andere können hinzukommen (z.B. Brennöfen in keramischen Siebdruckbetrieben).

## Siebdrucktypische Problemfälle

Häufig anzutreffende Defizite beim Umweltschutz in Siebdruckbetrieben sind Überschreitung der zulässigen MAK-/TRK-Werte, z. B. für Toluol in der Raumluft des Arbeitsbereichs Druck/Trocknung (Quelle: Lösemittel aus den Druckfarben)

Überschreitung der Anforderungen an die Abluft nach TA Luft (wie vor)

Überschreitung der zulässigen Silberwerte im Abwasser aus dem Fotolabor (Quelle: Silberhalogenide aus der Filmentwicklung/-fixierung)

unzulässig hohe Schwermetallanteile im Abwasser aus der Siebreinigung und -entschichtung (Quelle: Farbpartikel)

überhöhte Frachten oder Konzentrationen an BTX-Aromaten\*, Mineralölkohlenwasserstoffen\*\* und/oder AOX im Abwasser aus der Siebreinigung und -entschichtung (Quelle: Lösemittel aus den Druckfarben)  
unsachgemäße Abfallbeseitigung (z.B. der verbrauchten fotografischen Chemikalienbäder oder des anfallenden Schlamms aus Abwasserbehandlungsanlagen)

nicht ordnungsgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, besonders hinsichtlich Lagerung (z.B. Fußboden nicht hinreichend dicht, unzureichende oder fehlende Auffangvorrichtungen, keine getrennte Lagerung brennbarer wassergefährdender Stoffe)

Überschreitung der Lärmgrenzwerte bei der manuellen Siebreinigung oder -entschichtung mittels Hochdruckreinigern

## Lösungen im Sinne des produktionsintegrierten Umweltschutzes

In jüngster Zeit macht der sog. produktions- oder prozeßintegrierte Umweltschutz immer mehr von sich reden. Integrierter Umweltschutz bedeutet, „... daß Produktionsverfahren und Produkte bereits bei der Konzeption so ausgelegt, optimiert und aufeinander abgestimmt werden, daß Abgase, Abwässer und Abfälle weitgehend gar nicht erst entstehen, sondern möglichst umfassend schon an der Quelle vermieden werden. Unvermeidbare Reststoffe müssen im Sinne einer Kreis-

### Keywords

- Siebdruck
- Produktionsintegrierter Umweltschutz
- Branchenkonzept
- Druckfarben
- Lösemittel

\* Bestimmung nach DIN 38407 Teil 9

\*\* Bestimmung nach DIN 38409 H 18

laufschiebung oder Vernetzung entweder direkt wieder in den Produktionsprozeß zurückgeführt werden oder in anderen Prozessen als Roh- bzw. Hilfsstoffe wieder einsetzbar sein. Die Produkte selbst sollen aus umweltschonenden Stoffen hergestellt sein, sich durch umweltfreundliche Benutzbarkeit auszeichnen und am Ende der Produktlebenszeit in ihren Komponenten oder Ausgangsmaterialien weitgehend wiederverwertbar sein<sup>2</sup>.

Auf einige Möglichkeiten, die ganz im Sinne des integrierten Umweltschutzes liegen und bei Anwendung in der Siebdruckpraxis oft Verbesserungen in bezug auf mehrere Umweltkompartimente bieten, soll kurz eingegangen werden.

Eine wesentliche Quelle der Umweltprobleme in bezug auf Abwasser und Abluft stellen die in Siebdruckfarben und Hilfs- und Betriebsstoffen eingesetzten organischen Lösemittel dar. Eine Übersicht der eingesetzten Lösemittel enthält Abb. 1.

Mit einem Ersatz lösemittelbasierter durch lösemittelarme Farbsysteme können sowohl einige der o. g. Abluft- wie auch Abwasserprobleme vermieden werden. Hierzu stehen heute eine Vielzahl von guten, mit Wasser verdünnbaren Farben zur Verfügung. Derartige Farben, egal ob sie lufttrocknend oder UV-härtend sind, können für viele, jedoch nicht alle Anwendungsgebiete eingesetzt werden. Der Druck mit derartigen Farbsystemen erfordert ein gewisses Umdenken bei den Druckern und manchmal auch bei den Auftraggebern.

Das zur Zeit größte Problem ist, daß für ein gutes Druckergebnis eine optimale Abstimmung zwischen Farbsystem, Anlagentechnik und Bedruckstoff unumgänglich ist, dafür aber noch zu wenig Erfahrungen aus der betrieblichen Praxis und auch noch recht wenig Auswahl auf seiten der Bedruckstoffe vorliegen. Geeignete Bedruckstoffe und Anlagenkonfigurationen für wasserbasierte Farbsysteme sowie deren Hersteller und Lieferanten werden im Branchenkonzept im einzelnen aufgeführt.

Ein nicht zu unterschätzender Teil der Siebdruckproduktion wird jedoch auch langfristig gesehen nur mit lösemittelhaltigen Farben in der gewohnten Qualität und kostengünstig gedruckt werden können. Abgesehen von der zu erzielenden Qualität der Druckgüter im Hinblick auf Farb- und Lichteinheit sowie Alterungs- und Witterungsbeständigkeit, bleibt das Problem der wasserverdünnbaren Farben, daß diese nicht vollständig frei von organischen Lösemitteln sind, sondern noch einen unverzichtbaren Lösemittelanteil von ca. 5 % haben. Somit sind auch weiterhin oberhalb bestimmter Betriebs-

größen additive Umweltschutzmaßnahmen unumgänglich.

Eine in jeder Hinsicht uneingeschränkt empfehlenswerte Anlagenumrüstung im Sinne des produktionsintegrierten Umweltschutzes ist der Ersatz manueller Anlagen durch vollgekapselte automatische Anlagen zur Siebreinigung und -entschichtung. Die mit den offenen Wannen zur manuellen Wäsche oder Entschichtung verbundenen Abluft- und Abwasserprobleme können erheblich gemindert werden, die Lärmprobleme entfallen.

Unabhängig vom jeweils gewählten Farbsystem muß die Siebdruckform in bestimmten Abständen durch Siebwaschen

mit Lösemitteln von anhaftenden Farbresten befreit werden.

Ein Beispiel für die in einer automatischen Siebreinigungsanlage ablaufenden Prozesse zeigt Abbildung 2.

Die zu reinigenden Kopierschablonen (Siebe) werden in die automatische Siebwaschanlage eingeschoben und bei geschlossener Tür gewaschen. Häufig sind die Anlagen mit zwei getrennten Tanks ausgestattet, aus denen die Lösemittel entnommen und mittels Druck auf die zu reinigenden Siebe gesprüht werden. Die beim Reinigungsprozeß abtropfenden Lösemittel mit den gelösten Farbrückständen gelangen in diese Tanks zurück. Sofern ge-

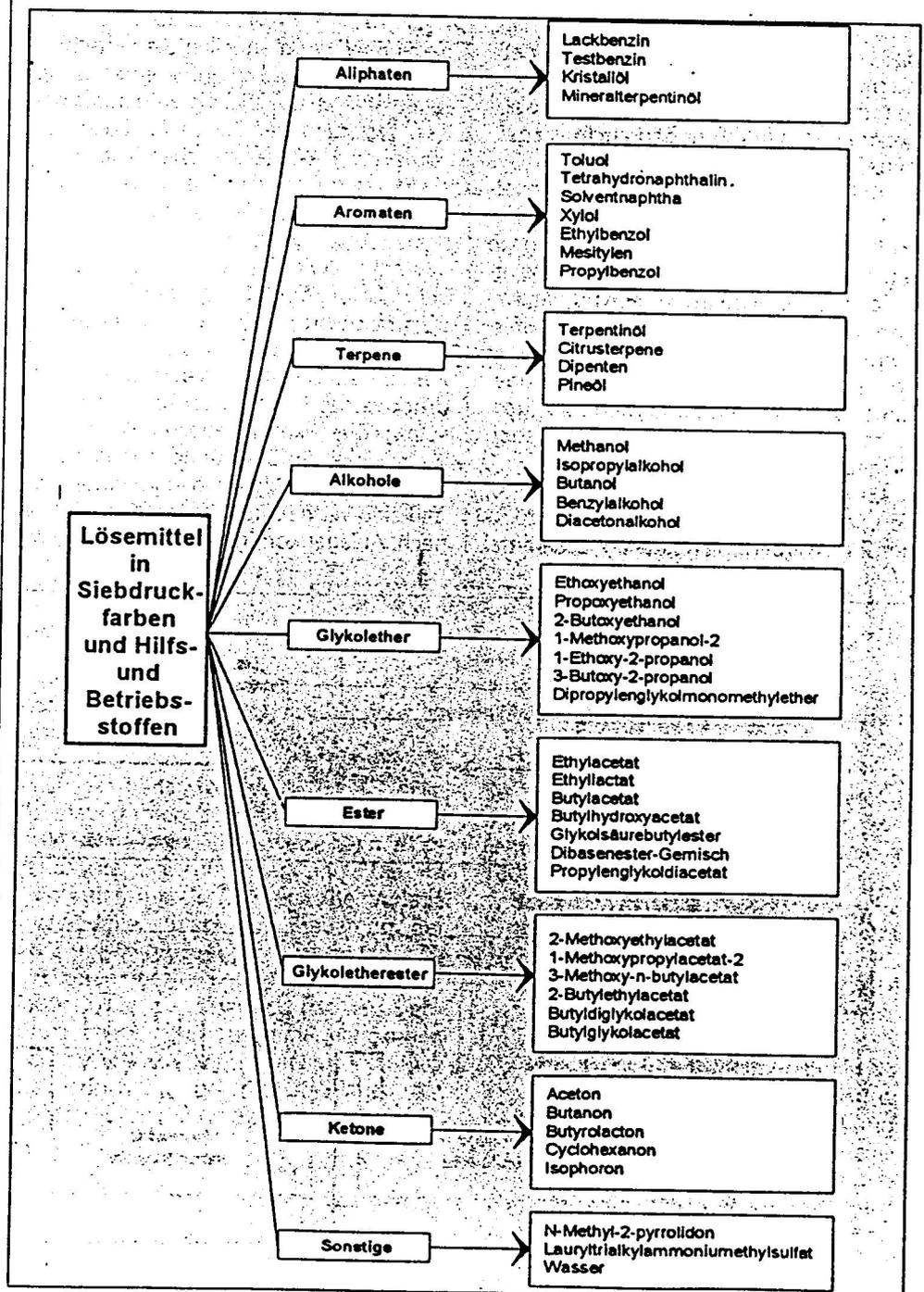


Abb. 1: Übersicht der gebräuchlichen Lösemittel für Siebdruckfarben sowie Hilfs- und Betriebsstoffe im Siebdruck

trennte Tanks vorhanden sind, wird der Vorwaschgang meist mit bereits gebrauchtem Lösemittel vorgenommen.

Das Klarspülen erfolgt dann mit wenig oder ungebrauchtem Lösemittel. Wird die Tür der automatischen Siebwaschanlage zur Siebentnahme geöffnet, schaltet sich automatisch eine zusätzliche Absaugung der Türöffnung ein. Damit werden Lösemittellemissionen in den Arbeitsraum weitestgehend vermieden.

Nach Verlassen der Siebwaschanlage wird das Sieb getrocknet. Die dabei anfallende Abluft wird abgesaugt und ggf. einer Abluftbehandlung zugeführt. Je nach Größe und Verschmutzungsgrad der Siebe können mehrere Waschgänge durchgeführt werden. Hat sich das Lösemittel so weit mit Farbrückständen angereichert, daß kein befriedigendes Reinigungsergebnis mehr erzielt werden kann, muß das Lösemittel aus dem Waschkammertank abgezogen und durch ungebrauchtes Lösemittel ersetzt werden.

Im Regelfall wird das anfallende, vor allem mit Farbresten verunreinigte Lösemittel einem Sammel tank zugeführt. Je nach regionalen Gegebenheiten und Ausstattungsgrad der Siebdruckerei wird das Altlösemittel entweder zur externen Aufarbeitung abgegeben (z. B. Rückgabe an den Lieferanten), der Entsorgung zugeführt oder im eigenen Unternehmen durch atmosphärische oder Vakuumdestillation aufgearbeitet.

Lösemittel-Recyclate können wieder in den Sammel tank zum Klarspülen zurückgeführt werden. Verluste an Lösemittel

werden durch frische Lösemittel ergänzt. Der gesamter Vorgang ist somit i. d. R. abwasserfrei.

Nach praktisch dem gleichen Verfahrensprinzip arbeiten auch Anlagen zur Reinigung der Rakeln zum Farbauftrag, der farbverschmutzte Behälter (entleerte Farbdosen) oder der mit Farbe verunreinigten Druckmaschinenteile.

Bei der Siebentschichtung werden die durch UV-Belichtung vernetzten Kopierschichten von den Siebgeweben entfernt. Dabei ist der Einsatz entsprechender chemischer Entfettungs- und Entschichtungs mittel unumgänglich. Abb. 3 zeigt an einem Beispiel den Prozeßverlauf in einer automatischen Siebentschichtungsanlage.

Ein wichtiger Vorteil der automatischen gegenüber der manuellen Siebentschichtung ist der Prozeßverlauf in einer gekapselten Anlage. Gleichzeitig wird durch präzise Dosierung der Bedarf an Entschichtungs- und Entfettungschemikalien auf ein Minimum reduziert. Dementsprechend gering ist die anfallende und zu behandelnde Abwasserfracht.

Ähnlich wie bei der automatischen Siebwäsche erfolgt bei der automatischen Siebentschichtung die Applikation der Behandlungsmittel i. d. R. durch Aufsprühen auf die zu behandelnden Siebe. Hochdruckwasser, Frischwasser und die eingesetzten Chemikalien haben im Regelfall jeweils einige Sprühsysteme mit Pumpen, Verrohrung, Sprüharmen und -düsen, so daß eine Vermischung vermieden wird. Je nach Anlagenkonfiguration stehen zwei

oder mehrere Chemikaliensysteme zur Verfügung.

Das anfallende Abwasser enthält vor allem Farbreste (Pigmente, Farbstoffe), Bestandteile der Kopierschichten (Fotoemulsionen, Schichtreste, Siebfüller) und der Siebbehandlungschemikalien sowie deren Umsetzungsprodukte. Es wird in den meisten Siebdruckereien heute noch ohne Behandlung der Kanalisation zugeführt. Wichtig ist, daß die zur Siebentschichtung kommenden Siebe vorher gründlich gereinigt und getrocknet wurden, damit die Lösemittelverschleppung in das Abwasser gering gehalten wird.

Werden die relevanten Grenzwerte für die Ableitung in die Kanalisation überschritten, muß vor der Einleitung eine Behandlung erfolgen. Soweit eine Abwasserbehandlungsanlage vorhanden ist, wird das Abwasser zunächst in einem Vorlagetank gesammelt. Von dort wird es diskontinuierlich der Behandlung zugeführt.

Für die Behandlung des Abwassers aus der Siebentwicklung und -entschichtung haben sich bisher Verfahrenskombinationen aus Feststoff- und Leichtflüssigkeitsabscheidung sowie Emulsionsspaltung in der Praxis bewährt. Eine daran unmittelbar anschließende Aktivkohlefiltration macht wenig Sinn, da wegen der hohen Eingang-CSB-Konzentrationen (ca. 1000 bis 5000 mg/l) bis zum Durchbruch des Filters i. d. R. nur unwirtschaftlich kurze Laufzeiten von wenigen Tagen erreicht werden („Konkurrenzadsorption“).

Das mittels Schwerkraftabscheidung und Emulsionsspaltung gereinigte Abwas-

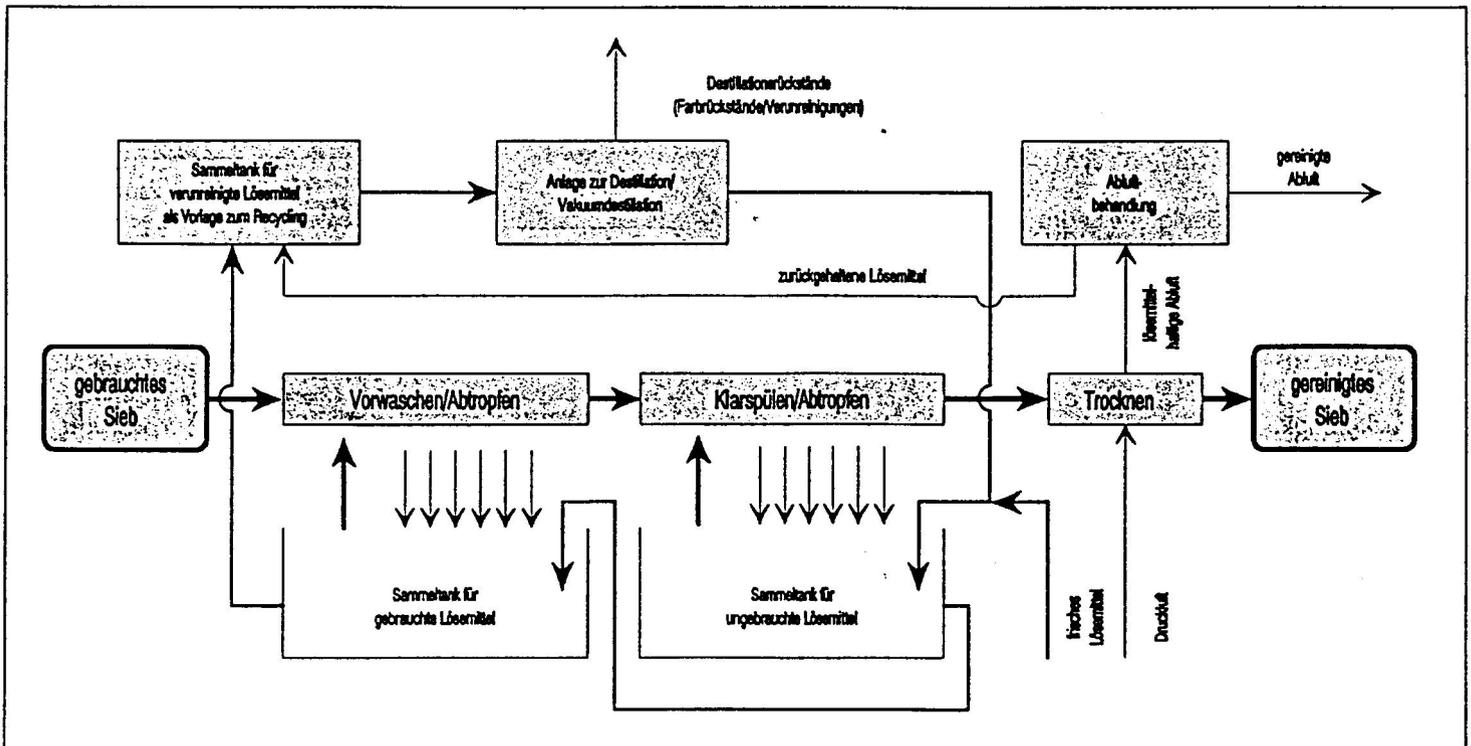


Abb. 2: Schematische Darstellung der Prozesse bei der Siebreinigung in automatischen Siebwaschanlagen (Beispiel, mit Lösemittelrecycling und Abluftbehandlung)

ser kann u.U. in den ersten Verfahrensschritten der Siebentschichtung wieder eingesetzt werden. Lediglich zur Endspülung ist Frischwasser aus dem Trinkwassernetz erforderlich. Die der Frischwasserzuführung entsprechenden Überschusswassermengen werden nach Behandlung aus dem Kreislauf durch Ableitung in die Kanalisation ausgeschleust.

Damit wird ein weiterer Vorzug der automatischen Anlagen zur Siebentschichtung deutlich: Tests ergaben, daß der spezifische Wasserverbrauch bei der manuellen Siebentschichtung mit ca. 70 l/m<sup>2</sup> zu veranschlagen ist<sup>4</sup>. Automatische Anlagen kommen mit etwa einem Drittel dieser Wassermengen aus; sind Anlagen zur Abwasserbehandlung angeschlossen, kann durch Kreislaufführung der Wasserbedarf bei der Entschichtung bis auf 10 % reduziert werden.

### Zukünftige Entwicklung

An erster Stelle ist die weitere Entwicklung auf dem Gebiet der Computer- und Mikrosystemtechnik zu nennen. Computer haben bereits heute in fast allen Siebdruckereien für Aufgaben der grafischen Gestaltung und des Desk-Top-Publishing (DTP) bei der Erstellung der Druckvorlagen Einzug gehalten. Gegenwärtig steht die Computertechnik an, den Weg von der Vorlage zum Sieb drastisch zu verkürzen.

Mit der sog. digitalisierten Direktprojektion der Vorlage aus dem Computer auf die mit der Kopierschicht versehene Schablone entfallen die im konventionellen Verfahren notwendigen Arbeitsgänge im Fotolabor. Dabei wird ein Laserbelichter direkt vom Computer nach der per DTP erarbeiteten Vorlage gesteuert. Derartige Geräte sind bereits auf dem Markt, das Branchenkonzept nennt Anbieter.

Ein weiteres Feld technischer Erneuerungen besteht in der Anwendung der Computertechnik für komplette Farbmischsysteme. Die Kopplung von immer perfekteren Farbmeßsystemen mit entsprechender Hard- und Software sowie computergestützter Wägetechnik erlaubt, die gewünschten Farbtöne fast verlustfrei zu mischen. Dabei können u. U. auch nicht mehr gebrauchte Restfarbbestände aus älteren Druckaufträgen wiederverwendet werden. Es liegt auf der Hand, daß mit der Anwendung derartiger Technik vor allem Abfall, aber auch der Anfall von Abwasser, reduziert wird.

Bei Anwendung von sog. Schneidplotttern für den Zuschnitt großflächiger Beschriftungen oder einfacher Strichzeichnungen aus Schneidfilm bzw. -folien, z. B. für die Außenwerbung, steht schon eine Technik zur Verfügung, bei der im Siebdruckbetrieb keinerlei Abwasser mehr anfällt. Praktisch völlig abwasserfrei kann

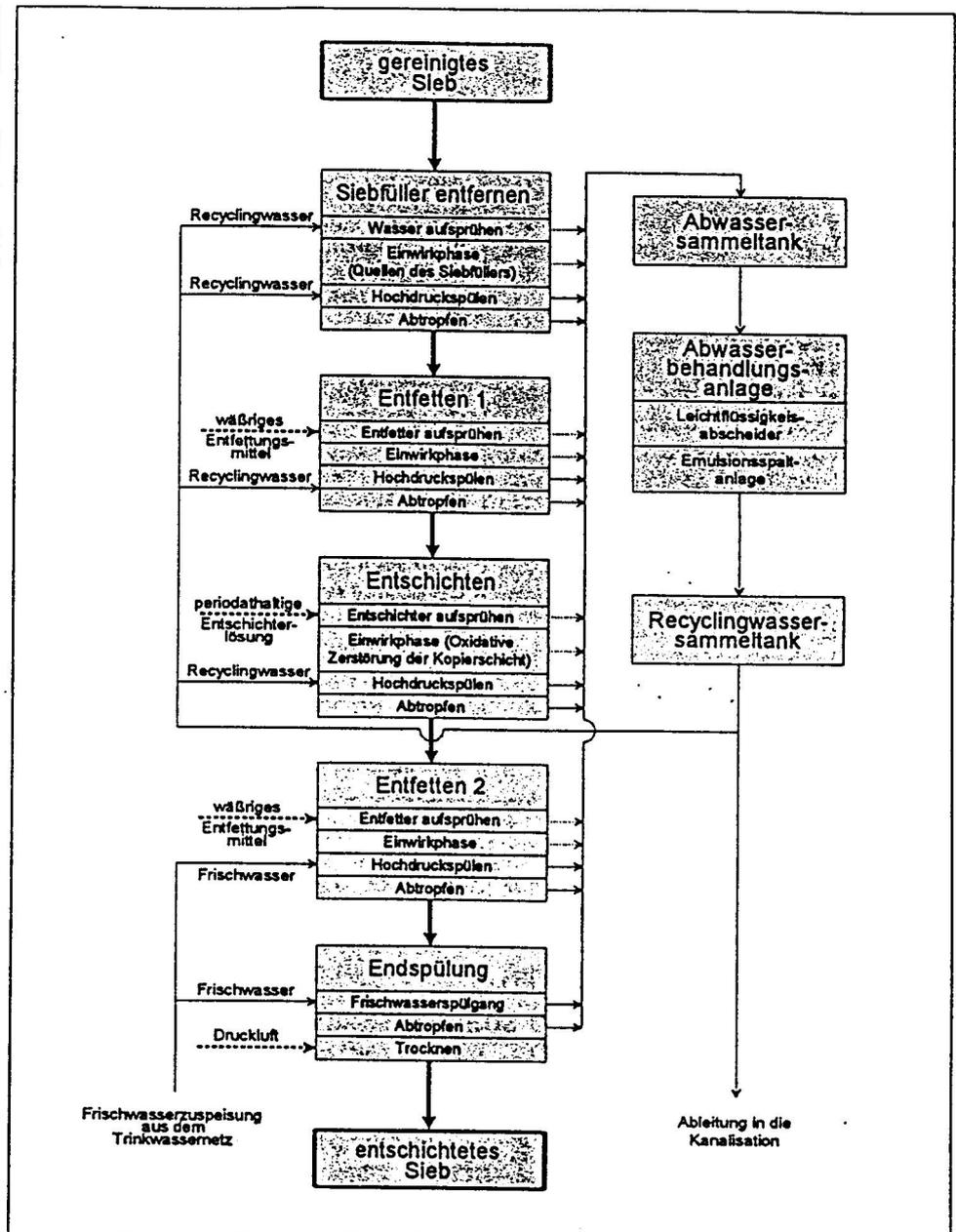


Abb. 3: Schema der Prozesse bei der Siebentschichtung in einer automatischen Siebentschichtungsanlage (Beispiel)

auch gearbeitet werden, wenn sog. Airbrush-Verfahren zur Anwendung kommen, die von der Arbeitsweise her mit Tintendruckern vergleichbar sind. Die im Computer mittels DTP erstellte Vorlage dient dabei direkt zur Steuerung der Sprühköpfe. Die beim herkömmlichen Verfahren notwendigen Arbeiten im Fotolabor sowie die gesamten mit den Siebdruckschablonen zusammenhängenden Schritte entfallen. Diese Technik kann bisher jedoch nur bei Kleinstauflagen mit großen Formaten wirtschaftlich eingesetzt werden.

Fortschritte im Siebdruck zeichnen sich auch infolge der Anwendung neuester Ergebnisse aus der Materialforschung durch die Verfügbarkeit sogenannter Nanodispersionen ab: Dabei kann der Durchmesser der Ausgangsmaterialien, z. B. für den Siebdruck elektronischer Bauteile, auf

50 nm reduziert werden<sup>4</sup>. Die bisherige untere physikalische Grenze der konventionellen Fotolithographie liegt bei 100 nm.

Bei diesen Nanodispersionen herrschen in der Nähe der Grenzflächen andere molekulare Strukturen als im Innern. Die Grenzflächenphase bestimmt ab einer bestimmten Größenordnung die Eigenschaften dieser Materialien<sup>5</sup>.

Als Vorteile der Anwendung dieser Materialien sind vor allem die Erhöhung der Auflösung (Konturenschärfe, Packungsdichte) und der sparsamere Materialeinsatz zu nennen. Allerdings steht z. Zt. einer breiten Anwendung der vergleichsweise hohe Preis dieser Materialien entgegen.

Weitere absehbare Entwicklungen liegen auf dem Gebiet der prozeßnahen Recycling- und Behandlungstechnik für siebdrucktypische Einsatz- und Hilfsstoffe

und für Wasser. Die Anlagen zum Recycling im Fotolabor sowie zur Wasserkreislaufschließung im Bereich der Siebkopie und -entschichtung werden ständig weiterentwickelt, wobei sicher vor allem die Integrierbarkeit neuer Systeme in bestehende Anlagen, die Größe dieser Geräte, ihre Bedienungs- und Wartungsfreundlichkeit und die Entsorgung unvermeidbar anfallender Reststoffe im Zentrum der Aufmerksamkeit stehen werden.

Absehbar ist auch, daß sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz derartiger Anlagen verbessern werden, einerseits, weil die Preise bei weiterer Miniaturisierung und breiterer Anwendung dieser Anlagen eher fallen dürften, und andererseits, weil die Kosten, Gebühren und Abgaben für die Einleitung von Abwasser, für Abfall und Abluft mit Sicherheit steigen.

### Zusammenfassung

Der Artikel enthält eine (notwendigerweise kleine) Auswahl gekürzt wiedergegebener Gedanken aus dem unlängst mit

Unterstützung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und des Deutschen Instituts Druck e. V. erarbeiteten Branchenkonzept Siebdruck.

Zur Verminderung der Umweltbelastungen, die von Siebdruckbetrieben ausgehen können, stehen neben den herkömmlichen additiven Umweltschutzmaßnahmen („am Ende der Röhre“) verschiedene produktionsintegrierte Lösungen zur Verfügung. Eine Möglichkeit der Reduzierung von Emissionen ist die Umstellung der verwendeten Farbsysteme von Siebdruckverfahren auf Basis organischer Lösemittel auf wasserbasierte Systeme. Erhebliche Reduzierungspotentiale lassen sich auch durch den Einsatz automatischer Siebwasch- und -entschichtungsanlagen erschließen. Dabei werden anstelle offener Waschwannen vollständig gekapselte Anlagen eingesetzt. Geschlossene Anlagen bieten im Vergleich zur manuellen Siebreinigung und -entschichtung u. a. den Vorteil eines wesentlich sparsameren Einsatzes von Hilfs- und Betriebsstoffen und weitgehende Möglichkeiten zum Recycling.

Zukunftweisende Innovationen in der Siebdruckbranche mit erheblichen Umwelteffekten sind anlagentechnisch u. a. von der weiteren Entwicklung bei Computersystemen (z. B. zur Direktprojektion der Motive unter Umgehung der Fotolaborarbeiten, Einsatz von Farbmischsystemen) und materialeitig von der Verwendung von Nanodispersionen zu erwarten.

### Literatur

- 1 O. Sterger, D. Rottgardt, H.-P. Lühr, W. Deck und W. Weise: Ganzheitliches, umweltbezogenes Branchenkonzept, Siebdruck, IWS Berlin 1994.
- 2 Anonymus: Produktionsintegrierter Umweltschutz, Förderkonzept des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Bonn, Januar 1994.
- 3 Anonymus: Integrierter Umweltschutz für kleine und mittlere Druckereien – Branchenkonzept. Autec Ingenieurgesellschaft für Anlagen- und Umwelttechnik, Berlin, November 1992.
- 4 Guenther, B. (Fraunhofer-Institut für Angewandte Materialforschung, Bremen), persönliche Mitteilung.
- 5 Martin, G.: Nanotechnik erzeugt neue Werkstoffe für neue Anwendungen, in: VDI-Nachrichten Nr. 47/93 vom 26. 11. 93, S. 6.