

**Ermittlung des Standes der Technik
und der Emissionsminderungspotentiale
zur Senkung der VOC-Emissionen
aus Druckereien**

UFOPLAN-Vorhaben Nr. 297 44 906/01
des Umweltbundesamtes

D. Jepsen, A. Grauer, C. Tebert

Hamburg, Oktober 1999

UFOPLAN-Vorhaben Nr. 297 44 906/ 01

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

Endbericht des Projektes

**Ermittlung des Standes der Technik
und der Emissionsminderungspotentiale
zur Senkung der VOC-Emissionen
aus Druckereien**

im Auftrag des Umweltbundesamtes

Das Projekt wurde zwischen 1997 und 1999 von
den folgenden Gutachtern bearbeitet:

Dirk Jepsen, Angelika Grauer und Christian Tebert
ÖKOPO - Institut für Ökologie und Politik GmbH
Nernstweg 32 – 34; 22765 Hamburg;
Tel.: 040/39 16 28, Fax.: 040/399 00 633

Diese Studie wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes
im Rahmen des Umweltforschungsplanes
– Förderkennzeichen 297 44 906/01 –
erstellt und mit Bundesmitteln gefördert

UFOPLAN-Vorhaben Nr. 297 44 906/ 01

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	8
1.1 Gegenstand der Untersuchung	8
1.1.1 VOC-Emissionen als Umweltfaktor.....	8
1.1.2 Aufbau und Wirkung der EG VOC-RL	8
1.1.3 Europäische Zieldiskussion zur VOC-Emissionsminderung.....	9
1.1.4 IST-Stand der VOC-Emissionsminderung in der Bundesrepublik Deutschland	10
1.2 Zielsetzung des Vorhabens.....	12
1.3 Aufbau des Gesamtberichtes	12
2. PROJEKTBEARBEITUNG.....	15
2.1 Anforderungen.....	15
2.2 Vorgehen	17
2.2.1 Grundlegender Projektaufbau.....	17
2.2.2 Definition des Untersuchungsrahmens und zusammenfassende Bestandsaufnahme	17
2.2.3 Gezielte Ergänzung der Datenbasis.....	20
2.2.4 Vertiefende Untersuchung der Minderungsmaßnahmen	22
2.2.5 Projektbegleitende Fachgespräche	23
3. VOC-EMISSIONSBILANZ DER DRUCKINDUSTRIE	24
3.1 Datenstruktur	24
3.2 Primärdaten-Erhebung.....	28
3.3 Ermittelte Datenbasis.....	31
3.4 Reichweite der EG VOC-Richtlinie	35
4. VOC-MINDERUNGSMABNAHMEN	39
4.1 Auswahl der prioritär zu bewertenden Maßnahmen.....	39
4.2 Bewertung der prioritären Minderungsmaßnahmen	39

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

4.2.1	Beschreibung der prioritären Maßnahmen und Quantifizierung der Minderungswirkung	40
4.2.2	Bildung von Modellmaschinen	41
4.2.3	Konkretisierung und ökonomische Bewertung der Maßnahmen für die Modellmaschinen	43
4.2.4	Berechnung der spezifischen Vermeidungskosten	44
4.3	Zusammenfassende Ergebnisse der Minderungsmaßnahmen-Bewertung	44
4.3.1	Emissionsminderung im Illustrationstiefdruck	45
4.3.2	Emissionsminderung bei der Maschinenreinigung im Offsetdruck	47
4.3.3	Emissionsminderung bei der Isopropanol-Feuchtung	48
4.3.4	Emissionsminderung bei der Maschinenreinigung im Verpackungsdruck	51
4.3.5	Emissionsminderung beim Farb- und Lackauftrag im Verpackungsdruck	52
4.3.6	Emissionsminderung im Siebdruck	55
4.3.7	Gesamtsicht der VOC-Minderungsmöglichkeiten	55
4.4	Zusammenfassung der Minderungswirkung verschiedener Ansätze	57
4.4.1	Minderungsanforderungen der Emissionsgrenzwerte des Anhang IIA.....	57
4.4.2	Minderungsanforderungen der Reduzierungspläne des Anhang IIB	60
4.4.3	Abgleich der Minderungsanforderungen und der Minderungspotentiale.....	63
4.4.4	Fazit aus der Abschätzung der Minderungswirkungen der verschiedenen Ansätze..	64
5.	PRAKTISCHE UMSETZUNG DER EG VOC-RICHTLINIE	66
5.1	Allgemein.....	66
5.2	Anforderungen an die Anlagenbetreiber	66
5.2.1	Grundlegende Betreiberpflichten	66
5.2.2	Aufstellen der Lösemittelbilanz	67
5.3	Probleme bei der betrieblichen Umsetzung	69
5.3.1	Grundlegende Materialbilanz-Probleme	70
5.3.2	Lösemittelbilanz spezifische Probleme	70
5.4	Beispiele für betriebliche Lösemittelbilanzierungen	73
5.4.1	Heatset-Betrieb	73
5.4.2	Verpackungsdruck-Betrieb.....	76
6.	ZUSAMMENFASSUNG.....	84

6.1	Anlaß und umweltpolitischer Hintergrund.....	84
6.2	Ermittlung einer qualifizierten und abgestimmten VOC-Datenbasis für die Druckbranche	85
6.3	Bewertung praxisrelevanter VOC-Minderungsmaßnahmen.....	88
6.4	Effekte der Umsetzung der EG VOC-RL in deutsches Recht.....	89
7.	EMPFEHLUNGEN AN DIE AKTEURE	92
7.1	Empfehlungen an die staatlichen Institutionen	92
7.1.1	Im Bereich der umweltpolitischen Rahmenbedingungen	92
7.1.2	Im Bereich der Betriebsbetreuung und -überwachung.....	94
7.2	Empfehlungen an die Verbände.....	94
7.3	Empfehlungen an die Anlagenbetreiber	95
7.4	An die Farb- und Hilfsmittellieferanten.....	96
7.5	An die Maschinenhersteller.....	97
8.	ABKÜRZUNGEN.....	100
9.	DRUCKEREISPEZIFISCHE FACHBEGRIFFE	102
10.	LITERATURVERZEICHNIS	106

ANLAGENBÄNDE:

Anlagenband 1:	Detailinformationen zu den Maschinenkonstellationen und den Minderungsmaßnahmen
Anlagenband 2:	Hintergrundinformationen zur VOC-Datenbasis
Anlagenband 3:	Fragebögen zur Betriebsdatenerhebung
Anlagenband 4:	Teilnehmer und Themen der Fachgespräche

1. Einleitung

1.1 Gegenstand der Untersuchung

1.1.1 VOC-Emissionen als Umweltfaktor

Die Druckbranche zählt neben der Lackierung und Oberflächenreinigung zu den wesentlichen Anwendern von organischen Lösemitteln. Bei einem Teil dieser Lösemittel handelt es sich um sogenannte VOC. Dies ist die englische Abkürzung für flüchtige organische Verbindungen (Volatile Organic Compounds).

In der aktuellen Gesetzgebung¹ werden unter VOC diejenigen flüchtigen organischen Verbindungen verstanden, die bei 20°C mit einem Dampfdruck von mehr als 0,1 hPa verdunsten bzw. die aufgrund der Bedingungen bei der Verwendung einen ähnlich hohen Dampfdruck haben und daher verdunsten (z.B. beim Austreiben eines Lösemittels in einem Heißlufttrockner). VOC sind in verschiedensten Einsatzstoffen der Druckindustrie enthalten, u.a. als Lösemittel in Farbsystemen, Wasch- und Reinigungsmittel auf der Basis von Mineralöl-Kohlenwasserstoffen, Isopropanol im Wischwasser von Offsetdruckanlagen sowie lösemittelhaltige Lacke und Kleber aus den Klebe- und Kaschierprozesse insbesondere im Verpackungsdruck.

Werden VOC bei ihrer Anwendung nicht abgesaugt und durch entsprechende Abluftreinigungsanlagen zerstört oder im Kreislauf geführt, entweichen sie in die Umgebungsluft. Ist die Umgebungsluft z.B. mit Verkehrsabgasen vorbelastet und gleichzeitig einer intensiven Sonneneinstrahlung ausgesetzt, reagieren VOC-Emissionen mit Stickoxiden zu Ozon und anderen „Photooxidantien“ - der sogenannte „Sommersmog“ entsteht.

1.1.2 Aufbau und Wirkung der EG VOC-RL

Die EG-Richtlinie 99/13/EG des Rates über die „Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel entstehen“ (EG VOC-RL) ist nach langjähriger Diskussion im März 1999 verabschiedet worden.

Ziel der EG VOC-RL ist es, die VOC-Emissionen zu reduzieren, um die menschliche Gesundheit und die Umwelt vor schädlichen Auswirkungen zu schützen. Die Richtlinie betrifft 20 Anwendungsbe-
reiche („Tätigkeiten“) für Lösemittel darunter auch die Druckindustrie. Ab einem bestimmten

Schwellenwert des VOC-Lösemittelverbrauch (hier in Klammern gesetzt) betrifft die Richtlinie folgende Rotationsdruckverfahren: Illustrationstiefdruck (25 t/a), sonstigen Tiefdruck (15 t/a), Heatset (15 t/a), Flexodruck (15 t/a), Rotationssiebdruck auf Textilien und Pappe (30t/a), sonstiger Rotations-siebdruck (15 t/a). Weiterhin fällt der Auftrag von Klarlack (15 t/a) und die Laminierung im Zuge einer Drucktätigkeit (15 t/a) unter die Bestimmungen der EU-Richtlinie, nicht jedoch z.B. der Bogenoffsetdruck oder der Coldsetdruck (Zeitungsoffsetdruck).

Fällt ein Betrieb unter eine der genannten Kategorien, schreibt die EU-Richtlinie Emissionsgrenzwerte für die gefaßten Emissionen z.B. nach einer Abluftreinigungsanlage (ARA) vor. Weiterhin sind Grenzwerte für den Anteil der diffus emittierten VOC am gesamten Einsatz derartiger Lösemittel in eine Anlage festgelegt. Die Einhaltung der Grenzwerte ist im Rahmen einer Lösemittelbilanz zu prüfen und der Behörde gegenüber darzulegen. Neuanlagen müssen die Grenzwerte ab sofort einhalten, bestehende Anlagen bis zum 31.10.2007. Wird der Grenzwerte für gefaßte Emissionen überschritten, muß z.B. die Abluftreinigung optimiert werden, wird der Grenzwert für diffuse Emissionen überschritten, sind diffuse Emissionsquellen z.B. durch die Umstellung auf nicht verdunstende Reinigungsmittel o.ä. zu vermindern.

Alternativ zur Einhaltung der Grenzwerte kann den Behörden ein Reduzierungsplan vorgelegt werden (bei bestehenden Anlagen bis spätestens 31.10.2005), mit dem die Einhaltung der in Anhang II B festgelegten Emissionsminderungen sichergestellt wird.

Die Vorgaben der EG VOC-RL müssen spätestens bis März 2001 in deutsches Recht umgesetzt werden. Die Ausgestaltung der deutschen Umsetzung befindet sich zur Zeit in der Diskussion. Dabei sind weitere Eckpunkte der politischen Diskussion um die VOC-Reduzierung zu beachten.

1.1.3 Europäische Zieldiskussion zur VOC-Emissionsminderung

Die VOC-Emissionsreduzierung wird international auf der Ebene der UN-ECE² als Teilbaustein des sogenannten Multikomponentenprotokolls über grenzüberschreitende Luftverunreinigungen behandelt. Das Multikomponentenprotokoll („Multi Pollutant Multi Effect Protokoll“) ist, etwas vereinfacht, die Fortschreibung des Protokolls von 1979 zur Begrenzung von weiträumigen grenzüberschreitenden Luftverunreinigungen (CLRTP)³ für Einzelstoffe, die für VOC beispielsweise im Genfer Protokoll bereits begrenzt wurden.

¹ Definition nach EG-Richtlinie 99/13/EG

² United Nations, Economic Commission for Europe

³ CLRTAP = Control of Long Range Transboundary Air Pollutants

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

Diese Vorgehensweise trägt der Erkenntnis Rechnung, daß Umweltwirkungen wie Versauerung, Eutrophierung, Sommersmogbildung und Ozonabbau in der Regel nicht Resultate eines einzigen Schadstoffes sind, sondern auf dem Zusammenwirken mehrerer Komponenten beruht. Die betrachteten Schadstoffe im UN-ECE Multikomponentenprotokoll sind SO₂, NO_x, NH₃ und VOC.

Die UN-ECE hat sich in ihrer „Task force on VOC“ als mittelfristiges europäisches Immissionsziel festgelegt, daß der Leitwert der Weltgesundheitsorganisation für eine Gesundheitsgefährdung (120 mg/m³ als maximaler Achtstunden-Mittelwert) in den am stärksten belasteten Gebieten nur noch an weniger als 20 Tagen im Jahr überschritten werden darf. Ebenso ist ein Zielimmissionswert zum Schutze der Vegetation festgelegt. Die UN-ECE hat in Zusammenarbeit mit der europäischen Kommission ein Rechenmodell für die Sommersmogbildung erstellen lassen, das ausgehend von diesem Ziel die maximal mögliche VOC-Emissionen für die europäischen Länder berechnet. Für Deutschland ergibt sich eine maximale VOC-Emission für 2010 („National Emission Ceilings-NEC“), die in der Summe emittiert werden dürfte, um den Zielwert auf europäischer Ebene zu erreichen. Basierend auf diesen Überlegungen und Rechenmodellen hat die europäische Kommission Mitte 1999 einen Vorschlag für eine NEC-Richtlinie sowie für eine verschärfte Ozon-Richtlinie verabschiedet.

Für Deutschland ergibt sich daraus aufgrund seiner geographischen Lage und seines sehr hohen Emissionsniveaus ein sehr anspruchsvolles Ziel: Es muß eine Reduktion der VOC-Emissionen von mehr als 80% im Vergleich zum Jahr 1990 erreicht werden.⁴

1.1.4 IST-Stand der VOC-Emissionsminderung in der Bundesrepublik Deutschland

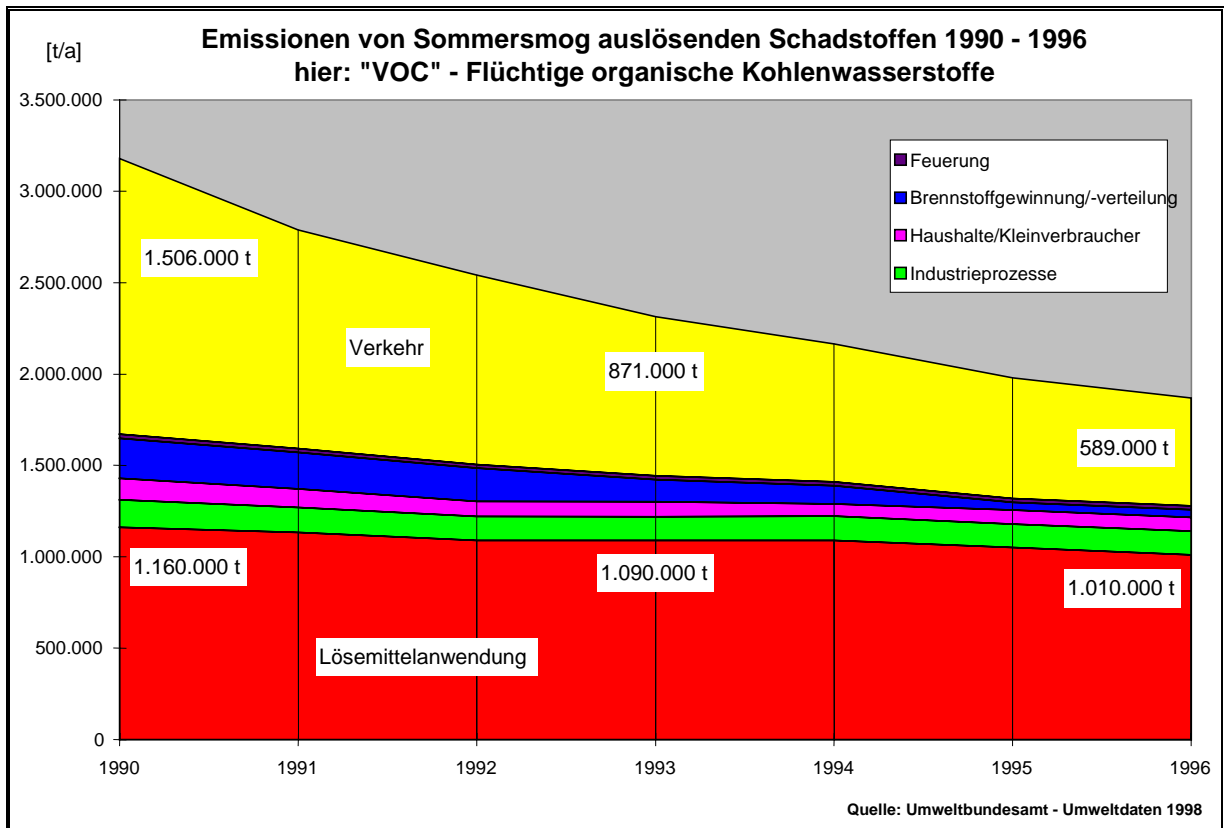
Die Abbildung 1 zeigt auf der Basis von Daten des Umweltbundesamtes⁵ die aktuelle Entwicklung der VOC-Emissionen in Deutschland in den letzten Jahren. Erkennbar ist der deutliche Rückgang im Quellbereich Verkehr, bei gleichzeitiger Stagnation im Bereich der Lösemittelanwendungen:

In Zukunft wird diese „Schieflage“ noch ausgeprägter werden, da durch die Implementierung der auf europäischer Ebene verschärfte Emissionsgrenzwerte EURO 2, EURO 3 und EURO 4 mit weiteren deutlichen Emissionsminderungen im Verkehrsbereich zu rechnen ist.

Mangels einer ausreichend detaillierten Aufgliederung der Produktions- und Handelsstatistiken, basieren alle Zahlen zum derzeitigen VOC-Einsatz und den VOC-Emissionen in einzelnen Bereichen der Lösemittelanwendung bislang allerdings auf Abschätzungen und Hochrechnungen.

⁴ Die Darstellungen zur Einbindung in die EU-Zielskussion basieren z.T. auf Böttcher-Tiedemann, C. Mahrwald, B.: „Die neue EU- Lösemittelrichtlinie und ihre nationale Umsetzung“ in Umwelttechnik, September 1999

Abbildung 1: Entwicklung der VOC-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland 90-96



Hochrechnungen für den Bereich der Lösemittelanwendung in der deutschen Druckindustrie erfolgten in den letzten Jahren sowohl im Rahmen des Dialoges BMU/VCI, in welchen die Druckindustrie als eine der Beispielbranchen involviert war⁶, als auch im Rahmen vom Umweltbundesamt beauftragter bundesweiter Datenermittlungen zum Stand der VOC-Emissionen und entsprechender Minderungsmöglichkeiten⁷.

⁵ nach UBA in www.umweltbundesamt.de/udd/luf/luf4.htm, Stand 27.10.1998

⁶ vergl. BMU/VCI 1997 a.a.O.

⁷ vergl. u.a.:

Bräutigam, M., Kruse, D.: „Ermittlung der Emissionen organischer Lösemittel in der Bundesrepublik Deutschland“ UBA Forschungsbericht 10404116/01, April 1992;

Rentz, O. u.a.: „Minderung der VOC-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland“, UBA Forschungsbericht 104 04 167, Mai 1993;

Eisele, F.: VOC-Emissionen aus Druckbetrieben in der Bundesrepublik Deutschland 1994“, Studie des Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER) im Auftrag des UBA, Stand Oktober 97, unveröffentlicht

Nach diesen Studien lagen die VOC-Gesamtemissionen der bundesdeutschen Druckindustrie in der Mitte der 90er Jahre bei etwa 70.000 t/a. Die Druckbranche stellt damit einen der wesentlichen Emittenten von VOC-Emissionen im Bereich der industriellen Lösemittelanwendungen dar.

1.2 Zielsetzung des Vorhabens

Vor dem vorstehend skizzierten Hintergrund sollen mit dem vorliegenden Forschungsvorhaben die folgenden Zielstellungen erreicht werden:

- Erarbeitung einer VOC-Emissionsbilanz für die Druckbranche, die sowohl nach den verschiedenen Druckverfahren als auch nach verschiedene Verfahrensstufen differenziert ist
- Getrennter Ausweis der Emissionen aus Anlagen die von der EG VOC-RL erfaßt werden und aus dem übrigen Bereich
- Ermittlung des Anteils diffuser Emissionen für verschiedene Anlagentypen
- Zusammenstellung der fortschrittlichen Maßnahmen zur VOC-Minderung
- Ermittlung des Emissionsminderungspotentials der VOC-Minderungsmaßnahmen bezogen auf den IST-Stand
- Bewertung der Effizienz der VOC-Minderungsmaßnahmen unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte. Relevante Verlagerungseffekte von Belastungen in andere Umweltbereiche sind dabei qualitativ mit zu erfassen
- Darstellung der Anforderungen an Druckereien im Rahmen der Umsetzung der VOC-Minderung

1.3 Aufbau des Gesamtberichtes

Die im Rahmen der Gesamtuntersuchung bearbeiteten Themen und die angesprochenen Personengruppen weisen eine sehr großen Spannbreite auf. Einerseits reichen die Themenfelder von technischen Detailfragen an einzelnen Druckaggregaten bis hin zur europaweiten Harmonisierung des Umweltrechtes. Andererseits wendet sich diese Untersuchung an betriebliche Druckspezialisten, an in der umweltpolitischen Debatte stehenden Verbands- und Politikvertreter sowie an branchenfremden Mitarbeitern der Umweltverwaltung. Es wurden im Rahmen dieser Untersuchung Darstellungsformen verwendet, die es ermöglichen, Leser mit unterschiedlichem Informationsbedarf und unterschiedlichen (druckspezifischen) Vorkenntnissen, gezielt mit Informationen zu versorgen.

Zu diesem Zweck wurde eine deutliche Untergliederung des Gesamtberichtes in einen vergleichsweise komprimierten Hauptband und vier z.T. sehr umfangreiche Anlagenbände vorgenommen. Im folgenden werden die Inhalte und die jeweiligen Adressatenkreise kurz dargestellt:

Der **Hauptband** enthält:

- die Beschreibung der Untersuchungsmethodik
- die zentralen Ergebnisse der Ermittlung einer VOC-Datenbasis für die Druckbranche
- die zusammengefaßten Ergebnisse der Bewertung der VOC-Minderungsmaßnahmen
- für alle wesentlichen Akteursgruppen Empfehlungen zur weiteren Verbesserung der VOC-Emissionssituation in der Druckindustrie

Er dient als Basisinformation und richtet sich damit an alle potentiellen Leserkreise.

Der **Anlagenband 1** enthält für alle untersuchten Maschinenkonstellationen⁸ jeweils:

- eine kurze Beschreibung des Druckverfahrens, der installierten Maschinenbasis, der Produkte der eingesetzten Stoffe und der Genehmigungssituation
- eine schematisierte Beschreibung der VOC-Einsatzprozesse und der VOC-Emissionsquellen
- die VOC-Bilanz einer repräsentativen „Modellmaschine“⁹
- die detaillierte Darstellung und Bewertung der untersuchten VOC-Minderungsmaßnahmen

Dieser Anlagenband (bzw. seine einzelnen Abschnitte) richtet sich jeweils an die Betreiber von Druckanlagen, sowie an Leser, die speziell an den technischen und ökonomischen Detailinformationen der Untersuchung in einzelnen Druckbereichen interessiert sind.

Um Adressaten aus dem Bereich bestimmter Druckverfahren (Maschinenkonstellationen wie z.B. kleinformatiger Bogenoffset-Druck oder wasserbasierter Verpackungsflexo-Druck) eine möglichst zusammengefaßte Unterlage an die Hand geben zu können, wurden Redundanzen von Verfahrens- oder Minderungsmaßnahmenbeschreibungen zwischen verschiedenen Druckverfahren (Maschinenkonstellationen) bewußt in Kauf genommen.

Der **Anlagenband 2** enthält:

⁸ Zum Begriff und zur Abgrenzung der „Maschinenkonstellationen“ in diesem Untersuchungszusammenhang vergl. Kapitel 3.1

⁹ Zum Begriff und zur Bedeutung der „Modellmaschinen“ in diesem Untersuchungszusammenhang vergl. Kapitel. 4.2.2

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

- Hintergrundinformationen zu den verwendeten Basisdaten bzw. getroffenen Abschätzungen über VOC-Anteile, Mengenanteile und Einsatzorte der jeweiligen (Hilfs-) Stoffe in den verschiedenen Maschinenkonstellationen, gegliedert nach den VOC-relevanten Stoffgruppen.

Dieser Anlagenband richtet sich an Leser, die die Entstehung der branchenweiten VOC-Datenbasis nachvollziehen wollen sowie an Leser, die vergleichbare Hochrechnungen an anderen VOC-Anwendungsbereichen durchführen möchten.

Der **Anlagenband 3** enthält für alle untersuchten Maschinenkonstellationen:

- die Fragebögen, die für die Ermittlung der betrieblichen VOC-Situation im Rahmen der branchenweiten Datenerhebung verwendet wurden.

Dieser Anlagenband soll Leser, die mit ergänzenden Datenerhebungen im Bereich der Druckindustrie oder mit vergleichbaren Datenerhebungen in angrenzenden Produktionsbereichen befaßt sind, Hilfestellung geben.

Der **Anlagenband 4** enthält:

- die in den „Fachgespräche“¹⁰ behandelten Themen
- sowie eine Liste der Teilnehmer.

Dieser Anlagenband soll Lesern, die mit der umwelt- und verbandspolitischen Diskussion der Umsetzung der VOC-Richtlinie in bundesdeutsches Recht befaßt sind, die Möglichkeit geben, gezielt Beteiligte aus diesem Abstimmungsprozess zu weitergehenden Hintergrundinformationen zu befragen.

¹⁰ Diese Fachgespräche waren zentraler Bestandteil eines projektbegleitenden Branchendialoges zur VOC-Thematik (vergl. auch Kapitel 2.2.5) und wurden im Rahmen der Gesamtuntersuchung durchgeführt

2. Projektbearbeitung

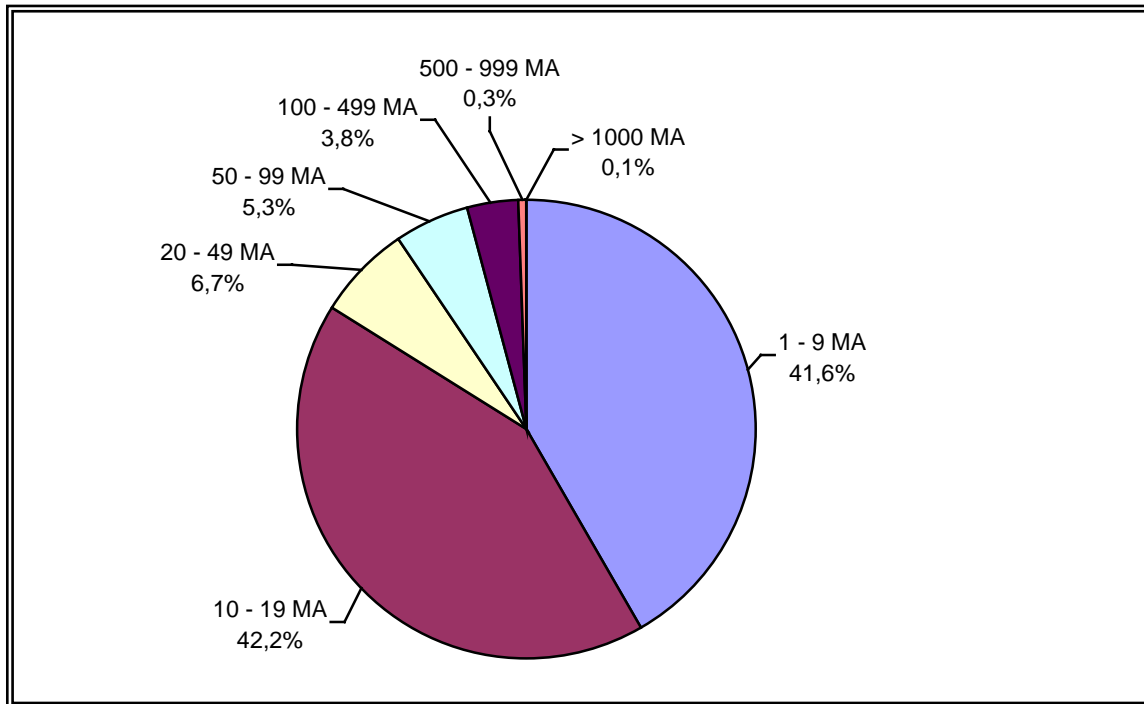
2.1 Anforderungen

Ein grundlegendes Problem bei branchenweiten Untersuchungen in der Druckindustrie ist die kleinteilige Branchenstruktur bei gleichzeitig sehr verschiedenartigen Produktionstechniken. Dies läßt weder einfache Übertragungen exemplarischer Untersuchungen auf die Gesamtbranche noch repräsentative Untersuchungen bei wenigen dominierenden Akteuren zu.

Eine weitere Schwierigkeit stellt die unscharfe Branchenabgrenzung dar. So lassen sich zwischen 13.000 und 15.000 Betriebe der Druckbranche zuzuordnen. Fließende Übergänge gibt es insbesondere zwischen Betrieben im Verpackungsherstellungsbereich und Druckbetrieben sowie Betrieben, die überwiegend Packstoffe (Folien, Wellpappen o.ä.) herstellen und eher nebenbei einige kleinere Druckaggregate für den Eindruck von Logo's o.ä. betreiben. Ähnlich unscharf ist die Branchenabgrenzung im Bereich der Hausdruckereien in Behörden und Großbetrieben, die statistisch vielfach nicht getrennt ausgewiesen werden. Produktionstechnische „Randbereiche“ finden sich darüber hinaus im Möbeldekor- und im Textildruck, die sich neben dem Bedruckstoff, auch in der Art der verwendeten Farben und in ihrer Verbandsorganisation deutlich von den anderen Druckbereichen unterscheiden.

Von der Größenstruktur her dominieren in der Druckbranche eindeutig kleinere mittelständische Betriebe. Die folgende Grafik zeigt die Größenklassenverteilung der deutschen Druckbetriebe im Überblick.

**Abbildung 2: Betriebsgrößenverteilung in der deutschen Druckindustrie 1997
bezogen auf die Zahl der Mitarbeiter (MA)¹¹**



[BVD/ÖKOPOL 1998]

Gerade in der sehr kleinteilig, handwerklich geprägten Druckbranche setzen viele VOC-Minderungsmaßnahmen auf der Ebene von einzelnen (Handhabungs-) Prozessen an. Die auftragsgemäß durchzuführende Bewertung der Minderungspotentiale solcher Maßnahmen setzt naturgemäß die Kenntnis der bisherigen branchenweiten Emissionsrelevanz dieser Einzelprozesse voraus.

Vor dem skizzierten Branchenhintergrund ergeben sich hier verschiedene Probleme, von denen an dieser Stelle die folgenden benannt seien:

- Aufgrund der Vielzahl der unterschiedlichen Druckverfahren, mit ihren jeweiligen spezifischen Produktionsprozessen und der dort wiederum zu berücksichtigenden Vielzahl unterschiedlicher Aggregate, ergibt sich eine kaum überschaubare Zahl theoretisch zu quantifizierender emissionsrelevanter Einzelprozesse (⇒ Problem der Vielfalt).
- Bei diesen emissionsrelevanten Prozessen selbst, handelt sich vielfach um rein händische oder zumindest von der Handhabungspraxis dominierte Arbeiten (z.B. Handreinigungsarbeiten oder Viskositätseinstellungen durch händisches Zudosieren von Lösemittel u.ä.). Es sind in diesen Fällen somit keine anlagentechnischen Abhängigkeiten zu untersuchen, sondern es bedarf ei-

¹¹ nach BVD: „Druckindustrie in Zahlen 1997“ ergänzt um Verpackungsbetriebe durch ÖKOPOL

ner möglichst repräsentativen Momentaufnahme der sehr verschiedenartigen Handhabungspraxis in den unterschiedlichen Betrieben (⇒ Problem der exemplarischen Repräsentativität).

- Um die Bedeutung von Minderungsmöglichkeiten bei Einzelprozessen für die Gesamtbranche bewerten zu können, ist zunächst ihre Mengen- und Emissionrelevanz im Kontext zur Gesamtbranche zu ermitteln. Diese Angaben sind bislang nicht unmittelbar verfügbar (⇒ Problem der strukturellen Repräsentativität).

Die bislang vorliegenden Datenbasen¹² erwiesen sich als nicht ausreichend differenziert, um diese Probleme lösen zu können. Aus diesem Grund mußte im Projektrahmen eine neue Datenbasis über VOC-Einsatz und –Emissionen in der deutschen Druckindustrie erarbeitet werden.

2.2 Vorgehen

2.2.1 Grundlegender Projektaufbau

Im Zusammenhang mit dem beschriebenen methodischen Ansatz wurde ein mehrstufiger Projektaufbau gewählt, der aus den folgenden Projektphasen mit den jeweils angeführten Bearbeitungszeiträumen bestand:

- Zusammenfassende Bestandsaufnahme und Festlegung des ergänzenden Qualifizierungsbedarfes der Datenbasis, Oktober 1997 bis März 1998.
- Gezielte Ergänzung der Datenbasis und Priorisierung von VOC-Minderungsmaßnahmen, April 1998 – November 1998.
- Vertiefende Untersuchung und Bewertung von Minderungsmaßnahmen; Dezember 1998 bis Juli 1999.

2.2.2 Definition des Untersuchungsrahmens und zusammenfassende Bestandsaufnahme

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden die folgenden Untersuchungsgrenzen gesteckt:

- Nicht berücksichtigt werden der Textildruck, der Möbeldekordruck sowie der Tapetensiebdruck. Die Ausgrenzung dieser Verfahren erfolgte aufgrund der grundlegend anderen Maschinenteknik und Farbzusammensetzung sowie aufgrund des vom übrigen Druckbereich deutlich abgegrenzten Akteursfeldes.

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

- Kaschier- und Laminierprozesse waren entsprechend den Definitionen der EG VOC-RL ursprünglich Untersuchungsbestandteil. Im Verlauf der Bearbeitung zeigte sich jedoch, dass sich für diese Anlagen zwar auf einzelbetrieblicher Ebene Einsatz- und Emissionsmengen ermitteln lassen, aber keine branchenweiten Strukturdaten¹³ zur Hochrechnung verfügbar sind. Aus diesem Grunde sind weder belastbare Abschätzung des Gesamtemissionbeitrages noch realitätsnahe Bewertungen von Minderungsmaßnahmen durchführbar. Deshalb wurde in Abstimmung mit den Auftraggebern diese Prozesse aus der Untersuchung ausgeklammert.
- Das gleiche Struktur-Datenproblem wie bei den Klebern stellte sich grundsätzlich auch bei den in den Druckereien eingesetzten Lacken. Auch hier fehlt eine geschlossene statistische Basis zu Mengen- und VOC-Anteilen. Da aber relevante Produkt-Mengen über die Druckfarbenhersteller auf den Markt gebracht werden, gelang es im Projektrahmen ausreichend genaue Abschätzungen für die Integration der Lacke in die branchenweite Emissionshochrechnung vorzunehmen.

Im Rahmen der Bestandsaufnahme von geeigneten Sekundärdaten wurde eine gezielte Recherche nach einschlägigen Branchenuntersuchungen und Gutachten im Kontext mit VOC-Emissionen aus der Druckindustrie durchgeführt. Recherchiert wurde vorrangig nach Hinweisen von Branchenexperten und darüberhinaus im Internet sowie in Bibliotheken.

Bei der Auswertung der Recherchen zeigten sich, daß im Hinblick auf den im aktuellen Untersuchungskontext benötigten Informationsgehalt, fast alle Sekundärstudien verschiedene Defizite aufwiesen:

- Zu geringe Detaillierung
Viele Untersuchungen beschränken sich auf die Ebene der Hauptdruckverfahren, wie Offsetdruck, Tiefdruck, Flexodruck. Sie sind damit die Abbildung der maschinentechnischen und handhabungsbezogenen Besonderheiten der praxisrelevanten Prozesse nur begrenzt geeignet.
- Keine hochrechnungsfähigen Strukturdaten
Wie geschildert besteht die Notwendigkeit exemplarische Einzelergebnisse, wie in sie in verschiedenen Sekundäruntersuchungen zu finden sind, auf die Branche hochrechnen zu können. Da sich im Verlauf der Untersuchung zeigte, das die Statistik des Verbandes der Druckfarbenindustrie (VdD) über die in Deutschland eingesetzten Druckfarben die einzig belastbare Basis für derartige Hochrechnungen im Bereich der Druckindustrie ist, ist es z.B. notwendig, neben Angaben über Lösemittelverbräuche u.ä. jeweils auch die zugehörigen Farbverbräuche zu kennen. Diese Angaben fehlen in vielen Quellen.

¹² vergl. Hierzu u.a. die Angaben im Kapitel 2.2.2

¹³ Innerhalb der klebstoffproduzierenden Industrie gibt es keine statistischen Daten aus denen die Klebermengen ableitbar sind, die in den Bereich der Verpackungsdruckereien u.ä. gelangen. Aufgrund der großen Vielfalt von Klebern und den jeweiligen Besonderheiten der zu kaschierenden Materialien lassen sich darüberhinaus keine repräsentativen VOC-Gehalte angeben.

- Mangelnde Quantifizierung
Einige Untersuchungen führen z.B. nur Nutzungshäufigkeiten oder aber Kostengrößen an, ohne dass ein Bezug zu den entsprechenden Mittelverbräuchen hergestellt wird. Auch diese Ergebnisse lassen sich im gewählten Quantifizierungsansatz nicht verwenden.

Die Tabelle 1 zeigt eine Auflistung von Studien mit stichwortartiger Benennung ihrer Schwachstellen im Hinblick auf den vorliegenden Untersuchungsauftrag.

Tabelle 1: Ausgewertete Sekundärstudien zu VOC-Emissionen aus der Druckindustrie

Verfasser	Titel	Schwachstelle
VCI/BMU 1997	Gemeinsamer Abschlußbericht zum Dialog des BMU und des VCI zu Umweltzielen am Beispiel VOC	Verpackungsdruckbereich wenig ausdifferenziert
Carbotech; 1994	Grundlagen und Instrumente für eine Vereinbarung über die VOC-Reduktion in der grafischen Branche	Keine Berücksichtigung von Nebenprozessen (Kleben, Lacken etc.) beim Hauptdruckverfahren; Bezugsraum Schweiz (andersartige Branchenstruktur)
UN-ECE; 1997	Solvents and other Product Use - Kapitel 3.4.4.2 Printing Industry (Entwurfsfassung)	Einsatz von Reinigungsmitteln und Lacken nicht nach Druckverfahren aufgliedert, Emissionsfaktoren nicht ausreichend transparent für eigene Hochrechnungen, Bezugsraum Gesamteuropa & Schweiz (andersartige Branchenstruktur)
IER, Stand 1997 (unveröffentlicht)	VOC-Emissionen aus Druckereibetrieben in der Bundesrepublik Deutschland 1994	Keine Aufgliederung des Verpackungsdruckbereiches, unschärfen in der Mengengrundbasis der Druckfarben (Aussenhandelsdifferenz), kaum Primärdaten
IIP, 1993	Minderung der VOC-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland	Hilfsmittel-Verbräuche nicht den Druckverfahren zugerechnet, keine Primärdaten, Mengenangaben für die alte BRD
EPA, 1993	Locating and Estimating Air from Sources of Toluene	Keine Emissionskennzahlen, fragmentarische Angaben zu VOC-Gehalten und einzelnen Minderungsmaßnahmen
EPA, 1995	Compilation of Air Pollutant Emission Factors	Keine Mengenangaben oder spezifischen Kennzahlen, Emissionsfaktoren nur in Abhängigkeit von Abluftreinigungseffektivitäten
EMEP/CORINAIR, 1996	Atmospheric Emission Inventory Guidebook	Intransparente Emissionsfaktorenbildung (Reinigungsmittel- und Lackeinsätze teilw. nicht berücksichtigt), keine ausreichende Aufgliederung, Bezugsraum Gesamteuropa
CITEPA, 1990	Control of Emissions of Volatile Organic Compounds from Printing Industries	Keine Aufgliederung der Emissionsfaktoren nach Farbauftrag und Hilfsprozessen, Datenherkunft nicht transparent
Brätigam et.al., 1992	Ermittlung der Emissionen organischer Lösemitteln in der Bundesrepublik Deutschland	Reinigungsmittel und Verdüner nicht den Druckverfahren zugerechnet, keine ausreichende Aufgliederung der Druckverfahren, Emissionsabschätzung für die eigene Anwendung zu intransparent
Amt für Arbeitsschutz Hamburg, 1996	Einsatzstoffe im Offsetdruck	Keine hochrechnungsgerechte Zuordnung von Reinigungsmittelverbräuchen zu Strukturdaten (wie z.B. Farbeinsatz)

[ÖKOPOL 1999]

Das Ergebnis der Sekundärdatenrecherche führte dazu, dass die im Projektrahmen durchzuführende Primärdatenrecherche deutlich über den im Projektangebot angelegten Umfang hinaus ausgedehnt wurde, um eine ausreichend belastbare Basis für alle weiteren Arbeitsschritte zu erhalten.

Eine orientierende Emissionsabschätzung für die Branche¹⁴ wurde auf Basis der von ÖKOPOL erstellten internen Branchendatenbank, der Daten der schweizerischen Druckindustrie¹⁵, der Ergebnisse des VCI/BMU Dialoges sowie der Mengenstatistik des Verbandes der Druckfarbenindustrie in der ersten Projektpause durchgeführt und mit den Branchexperten diskutiert. Mit ca. 72.000 t VOC-Emissionen pro Jahr lag sie dicht an den bislang verfügbaren Emissionsabschätzungen für diesen industriellen Sektor.

2.2.3 Gezielte Ergänzung der Datenbasis

Zur Erarbeitung der benötigten detaillierten Emissionsdatenbasis wurde ein Verfahren gewählt, das zwei methodische Ansätze miteinander kombiniert. Einen bottom-up Ansatz, mit exemplarischer Ermittlung von sehr detaillierten Einzelprozessdaten in einer Vielzahl von Betrieben und eine top-down-Betrachtung, mit gezielter Recherche branchenweiter Strukturdaten über den Materialeinsatz, die installierte Anlagenbasis und die erzeugten Produkte u.ä..

Als weiteres wesentliches methodisches Element wurden die auf Basis der Eingliederung und Gewichtung der Einzelprozesse in die Branchenstruktur ermittelten verschiedenen Hochrechnungen und Abschätzungen jeweils einem breiten Kreis von Branchenexperten zur kritischen Begutachtung vorgelegt. Im Verlauf eines konstruktiven Diskurses konnten die Daten schrittweise weiter qualifiziert werden.

Die oben angeführten Grundprobleme wurden im Kontext dieser Untersuchungsmethode wie folgt gelöst:

- Dem Problem der Vielfalt wurde durch die Bildung von sogenannten "Maschinenkonstellationen" begegnet (vergl. Kapitel 3.1), die jeweils eine bestimmte Maschinen- und damit auch Handhabungstechnik repräsentieren. Diese Differenzierung ist deutlich detaillierter als die in den meisten Branchenbetrachtungen vorgenommene Untergliederung in die Hauptdruckverfahren (wie z.B. Offsetdruck, Tiefdruck, Flexodruck etc.). Sie erlaubt dennoch die Eingrenzung auf eine überschaubare Zahl von emissionsrelevanten Einzelprozessen, die alle im gesteckten Zeitrahmen quantifiziert werden konnten.
- Das Problem der exemplarischen Repräsentativität wurde durch eine sehr umfangreiche Primärdatenrecherche reduziert. Diese wurden sowohl mittels einer branchenweiten Fragebogenaktion als auch durch eine größere Zahl von Vor-Ort Besuchen ermittelt.

¹⁴ ÖKOPOL: „1. Hochrechnung der VOC-Emissionen in der deutschen Druckindustrie“, März 1998, projektinterne Datenbasis - unveröffentlicht

¹⁵ Kaltenbach, J., Basel 1997

- Dem Problem der strukturellen Repräsentativität wurde dadurch entgegengewirkt, dass einerseits anhand der betrieblichen Daten ermittelt wurde, in welchem Verhältnis die VOC-Emissionen zur eingesetzten Farbmenge stehen (Bildung des „spezifischen Emissionsfaktors“). Mit diesen Faktoren und der Statistik über den Druckfarbeneinsatz des VdD konnten belastbare branchenweite Hochrechnungen erstellt werden. Andererseits wurde für alle weiteren Strukturdaten (z.B. die installierte Maschinenbasis und deren Ausstattung) gezielt auf die Vertriebsstatistiken und Einzelangaben diverser Hersteller und Lieferanten zurückgegriffen und zu einem Strukturbild der Branche zusammengetragen.

Um bei der Fragebogenabfrage jeweils möglichst dicht an der betrieblichen Realität zu bleiben, wurde für jede Maschinenkonstellation ein speziell angepaßter Fragebogen erstellt. Im Anlagenband III finden sich die verwendeten Fragebogen.

Die Auswahl der zu befragenden Betriebe erfolgte so, dass für die Maschinenkonstellationen jeweils möglichst repräsentative Stichproben gebildet wurden. Als Adressenbasis kamen die folgenden Quellen zum Einsatz:

- Kundendatenbank der ÖKOPOL GmbH
- Empfehlungen der beteiligten Verbände
- Querverweise der beteiligten Branchenzulieferer
- sowie Hinweise in Branchenpublikationen

Im Vorfeld der Datenerhebung wurden die Pilotbetriebe besucht. Dies diente dazu die VOC-relevanten Stoffstromdaten abzufragen, durchgeführte bzw. geprüfte VOC-Minderungsmaßnahmen zu diskutieren und den entwickelten Fragebogen gemeinsam mit den Betriebspraktikern auf Verständlichkeit und Praxistauglichkeit zu prüfen.

Vor dem Versand der Fragebögen wurde mit jedem Betrieb Kontakt aufgenommen, um die grundsätzliche Bereitschaft zur Teilnahme zu klären sowie die tatsächlich im Einsatz befindlichen Maschinenkonstellationen zu erfragen.

Trotz dieses vergleichsweise aufwendigen Vorlaufes erwies es sich als notwendig im Rahmen des Fragebogenrücklaufes die angeschriebenen Betrieben erneut zur konsultieren, um den Rücklauf sicherzustellen. Desweiteren wurden Ermittlungsmöglichkeiten für die in den Betrieben nicht unmittelbar verfügbaren Daten diskutiert und Unstimmigkeiten bei den gemachten Angaben geklärt. Die Daten wurden unmittelbar nach dem Rücklauf in einer Datenbank erfaßt und anhand von Kennzahlenbildungen auf Plausibilität geprüft.

Die folgende Tabelle 2 zeigt das Mengengerüst der durchgeführten betrieblichen Primärdatenabfrage im Überblick:

Tabelle 2: Rahmendaten der betrieblichen Primärdatenerhebung

Betriebskontakte	Anzahl
Zahl der direkten Betriebsbesuche im Projektkontext	25
Zahl der Kontaktaufnahmen zu Betrieben	385
Zahl der versandten Fragebogen	226
Zahl der auswertbaren Fragebogen	137
Zusätzliche Datensätze aus ÖKOPOL-Branchendatenbank	53

[ÖKOPOL 1999]

Wesentliche Hemmnisse beim Rücklauf der Fragebögen waren:

- die mangelnde Verfügbarkeit betrieblicher Stoffstromdaten in der notwendigen Detaillierung
- begrenzte personelle Ressourcen insbesondere in den Klein- und Kleinstbetrieben
- Unsicherheiten über die Betroffenheit von der EG VOC-RL gerade in den Betrieben die wasserbasierten Druckverfahren anwenden
- Fragen des Vertrauensschutzes im sehr wettbewerbsorientierten Verpackungsdruck-Bereich

Im Rahmen der parallel durchgeführten Abfrage von Strukturdaten der Branche wurde zu insgesamt 97 Branchenexperten, überwiegend aus der Zulieferindustrie, Kontakt aufgenommen. Dies erfolgte meist telefonisch.

2.2.4 Vertiefende Untersuchung der Minderungsmaßnahmen

Begleitend zu den vorstehenden Arbeitsschritten wurde eine Gesamtliste der theoretischen Minderungsmaßnahmen zusammengestellt, die nach den im Projektrahmen gebildeten Maschinenkonstellationen untergliedert ist. Maßnahmen, die wegen grundlegender technischer Restriktionen nicht praxisnah erschienen, wurden nicht aufgenommen.

Aus der Liste der theoretischen Minderungsmöglichkeiten wurden prioritär zu bewertende Maßnahmen ausgewählt. Die Auswahl erfolgte dabei nach folgenden Kriterien:

1. Mengenrelevanz, d.h. die Minderungsmaßnahme wurde ausgewählt, wenn die in den Produktionsprozessen emittierenden VOC-Mengen bezogen auf die Gesamtemissionen der Branche relevant sind (> 1% der Gesamtemissionen der Branche).
2. Realisierbarkeit, d.h. die Minderungsmaßnahme wurde ausgewählt, wenn nach Einschätzung von Branchenexperten es nicht ausgeschlossen schien, dass die betreffende Maßnahme in den nächsten 10 Jahren technisch/ökonomisch in der Lage ist, einen relevanten VOC-Minderungsbeitrag zu leisten.

Die so ausgewählten Maßnahmen wurden beschrieben und hinsichtlich ihres Minderungspotentials, ihrer Umsetzungsprobleme und ihrer ökonomischen Effekte bewertet. Für technischen Maßnahmen wurden im Rahmen kleinerer Marktrecherchen die konkret angebotenen technischen Lösungen, die Preise, die derzeitige Marktdeckung sowie Referenzanwender ermittelt. Auch bei rein organisatorischen Maßnahmen wurde Kontakt mit Referenzanwendern aufgenommen, um ggf. bestehende Restriktionen bei der Umsetzung praxisnah zu erfassen.

2.2.5 Projektbegleitende Fachgespräche

Als essentieller Projektbestandteil zur diskursorientierten Qualifizierung der Zwischenergebnisse und zur Erreichung einer erhöhten Akzeptanz im Hinblick auf eine spätere Umsetzung der Projektempfehlungen erfolgte im Projektrahmen eine intensive Einbindung der Fachöffentlichkeit. Diese Akteurseinbindung wurde insbesondere über die Durchführung von 4 Fachgesprächen, sowie durch eine Reihe bilateraler Abstimmungen realisiert. Die Fachgespräche wurden jeweils nach dem Ende der drei großen Bearbeitungsphasen (vergl. Kap. 2.2.1) sowie zum Projektabschluß durchgeführt. In diesem Rahmen wurden jeweils die Zwischenergebnisse präsentiert und zur Diskussion gestellt.

An diesem sehr konstruktiven Dialog waren die folgenden Akteursgruppen beteiligt:

- Die Fachverbände des grafischen und des Verpackungsdruckes
- Die großen deutschen Druckmaschinenhersteller
- Die Farb- und Hilfsstofflieferanten
- Die Hersteller von umwelttechnischen Anlagen
- Die Anlagenbetreiber

Die Dokumentation der durchgeführten Fachgespräche findet sich im Anlagenband V.

3. VOC-Emissionsbilanz der Druckindustrie

3.1 Datenstruktur

Um eine ausreichende Differenzierung der Datenbasis für die Bewertung konkreter VOC-Minderungsmaßnahmen zu erhalten, erfolgte eine Aufgliederung der Druckbranche in die in Tabelle 3 aufgeführten „Maschinenkonstellationen“. Diese sind durch gleichartige anlagentechnische Faktoren (z.B. Maschinen vergleichbarer Druckformate), sowie produkt- und bedruckstoff spezifische Faktoren gekennzeichnet (z.B. durch ein ähnliches Produktspektrum).

Tabelle 3: Zur Datenstrukturierung gebildete Maschinenkonstellation

Maschinenkonstellation	Nummer der Maschinenkonstellation im Projektrahmen
Illustrations-Tiefdruck	60
Zeitungsdruck	110
(Bogendruck gemischte Formate)	(120)
Bogendruck groß- und mittelformatig	121
Bogendruck kleinformatig	122
Heatsetdruck	150
Endlosdruck	160
Buchdruck	200
Verpackungs-Tiefdruck lösemittelbasiert	311
Verpackungs-Tiefdruck wasserbasiert	312
Verpackungs-Flexodruck lösemittelbasiert	321
Verpackungs-Flexodruck wasserbasiert	322
Siebdruck	400

[ÖKOPOL 1998]

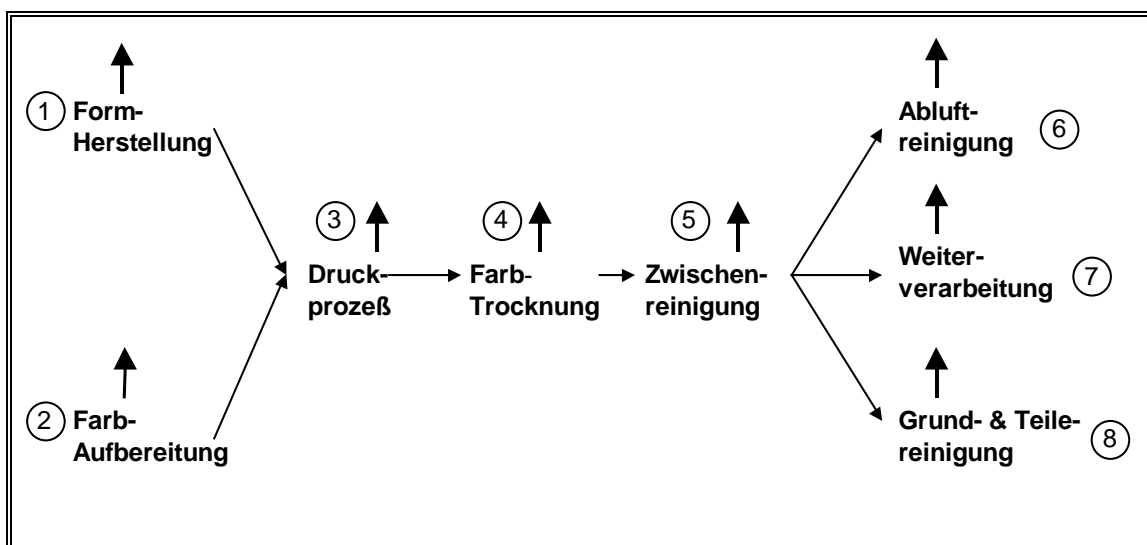
Im Bogendruck wird zwischen Betrieben mit „kleinformatigen“ Maschinen (Bogenformate < 50 x 70 cm) und „groß- und mittelformatigen“ Maschinen unterschieden (Bogenformate \geq 50 x 70 cm), da in beiden Bereichen deutlich unterschiedliche technische und auftragsbezogene Rahmenbedingungen vorliegen. Die Maschinenkonstellation „Bogendruck Gemischte Formate“ faßt solche Betriebe zusammen, die sowohl kleinformatige als auch groß- und mittelformatige Bogenoffsetmaschinen einsetzen. Die Ausweisung dieser Maschinenkonstellation war notwendig, da in vielen kleineren Betrieben, die beide Anlagentypen einsetzen, keine differenzierte Aufteilung der Stoffeinsätze möglich ist.

Die Differenzierung im Verpackungsdruck in „lösemittelbasiert“ und „wasserbasiert“ bezieht sich auf das jeweils verwendete Farbsystem. Der Druck mit UV-härtenden Farbsystemen wurde nicht als gesonderte Maschinenkonstellation abgebildet, da die Mengenrelevanz dieser Farbsysteme derzeit noch sehr gering ist. Der Umstieg auf dieses Farbsystem wird als Minderungsmaßnahme dargestellt.

Auch im Siebdruck werden unterschiedliche Farbsysteme eingesetzt. Da sich bei der Datenerhebung ergab, daß in der Regel in den Betrieben mehrere Farbsysteme parallel eingesetzt werden und eine Differenzierung insbesondere der Hilfsmittel meist nicht möglich ist, wurde das Druckverfahren nicht in Maschinenkonstellationen differenziert.

Im nächsten Differenzierungsschritt wurden die Anwendungsprozesse für VOC-haltige Farben und Hilfsstoffe in den einzelnen gebildeten Maschinenkonstellationen beschrieben¹⁶. Die Abbildung 3 zeigt eine standardisierte Struktur der potentiellen VOC-Anwendungsprozesse für verschiedene Maschinenkonstellationen.

Abbildung 3: VOC-Einsatzprozesse und -Emissionsquellen in der Druckindustrie



[Ökopol 1999]

Es handelt sich im einzelnen um die folgenden Prozesse:

1. Form-Herstellung: Bei einigen der in Tabelle 3 genannten Maschinenkonstellationen kommen bei der Herstellung der Druckform VOC-relevante Hilfsmittel zum Einsatz (insbesondere bei der Herstellung von Flexodruckklischees und bei der Reinigung im Rahmen der Zylinderkorrektur im Tiefdruck), die je nach Verfahrenskonstellation mehr oder minder stark freigesetzt werden. Die Herstellung von Flexoklischees erfolgt heute nur noch in geringem Maß in Druckbetrieben, da

¹⁶ Diese Beschreibungen zu den einzelnen Maschinenkonstellationen finden sich im Anlagenband I

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

der überwiegende Anteil dieser Druckformen von spezialisierten Dienstleistern geliefert werden, die mit geschlossenen Auswaschanlagen arbeiten.¹⁷

2. Farb-Aufbereitung: Bei einigen Maschinenkonstellationen, insbesondere bei den Verpackungsdruckverfahren und im Siebdruck, erfolgt die druckfertige Aufbereitung der Farben erst innerhalb der Druckereien selbst. In Abhängigkeit vom VOC-Gehalt der eingesetzten Grund- und Hilfsstoffe und den konkreten Prozeßbedingungen können hierbei VOC-Emissionen auftreten. Es handelt sich um die folgenden Teilprozesse (die allerdings nicht alle in allen Maschinenkonstellationen zum Tragen kommen):
 - Einstellung des Farbtons durch gezieltes Mischen verschiedener Grundfarben (es gibt verschiedene Farbskalen mit unterschiedlichen Grundfarben)
 - Einstellung der Farbtintensität und spezieller Qualitäten der Farbschicht durch Mischung der Farbe mit „Verschnitt“ (nicht pigmentierte Farbe)
 - Einstellung der Viskosität und des Trocknungsverhaltens durch Zugabe von Lösemitteln, Beschleunigern und Verzögerern.
3. Druckprozeß: Bei einigen Druckverfahren und Maschinenkonstellationen entweichen unmittelbar im Druckprozeß VOC-Anteile aus der zum Druck bereitgestellten Farbe oder aus Hilfsmitteln für den Druckprozeß (z.B. Isopropanol aus dem Wischwasser im Offsetdruck). Diese VOC-Emissionen während des eigentlichen Druckprozesses können von den Lösemittelmmissionen aus der Farbtrocknung im Anschluß an den Druckprozeß getrennt betrachtet werden, wenngleich es hier teilweise fließende Übergänge gibt.
4. Farb-Trocknung: Je nach Farbsystem und Bedruckstoffeigenschaften basiert die Trocknung der aufgetragenen Farbe zu unterschiedlichen Anteilen auf den folgenden Wirkungsmechanismen:
 - physikalische Trocknung durch Ausdampfen des Lösemittels
 - physikalische Trocknung durch Eindringen von Druckfarbenbestandteilen (Ölen, Harzen) in den Bedruckstoff („Wegschlagen“) sowie
 - chemische Trocknung von Druckfarbenbestandteilen durch Oxidation.

Relevante VOC-Emissionen treten lediglich beim Ausdampfen organischer Lösemittel auf. Der Trocknungsvorgang kann - abhängig von der Maschinenkonstellation - entweder direkt in bzw. hinter dem Farbwerk oder aber in gesonderten Trocknungseinheiten erfolgen.

¹⁷ Vergl. hierzu die Gesamtemissionsabschätzung für diesen ausgelagerten Anwendungsbereich im Kapitel 14.3 des Anlagenbandes I

5. Zwischenreinigung: Bei einigen Maschinenkonstellationen ist es in Abhängigkeit vom Druckbild und der Auflagenhöhe notwendig zur Aufrechterhaltung einer gleichmäßigen Produktqualität periodisch Zwischenreinigungen der Druckformen und anderer farbführender Maschinenteile vorzunehmen. Hierbei kommen vielfach VOC-relevante Hilfsmittel zum Einsatz, die entsprechende VOC-Emissionen verursachen. Ebenfalls zu diesen Zwischenreinigungen werden die Umwaschvorgänge zwischen zwei Aufträgen mit unterschiedlichem Druckbild und/oder unterschiedlicher Farbigkeit gezählt, solange es sich um eine Reinigung von farbführenden Teilen in der Maschinen handelt. Werden im Rahmen von Umwaschungen dagegen farbführende Teile ausgebaut (z.B. Farbkästen im Zeitungsdruck oder ganze Druckwerke im Verpackungstiefdruck) und in gesonderten Waschplätzen oder in Waschanlagen gereinigt, so zählen diese Prozesse zur Grund- und Teilereinigung.
6. Abluftreinigung: Werden VOC-Emissionen aus dem Druck, der Farbtrocknung oder aus Neben- und Hilfsprozessen wie der Grund- und Teilereinigung über Absauganlagen oder ähnliches erfaßt, so können sie einer Abluftreinigungsanlage (ARA) zugeführt und hier zurückgehalten oder zerstört werden. Je nach Typ der ARA, Höhe der VOC-Konzentrationen in dem der ARA zugeführten Rohgas und dem Wartungszustand der Anlage sind auch im Reingas der ARA mehr oder minder relevante VOC-Frachten enthalten.
7. Weiterverarbeitung: Im Rahmen der Weiterverarbeitung kommt es teilweise zur Emission von VOC-Restgehalten aus den Druckerzeugnissen. Vielfach werden weitere Produktionsprozesse unmittelbar mit der Druckmaschine verkettet durchgeführt („Inline“), bei denen VOC freigesetzt werden können. Es handelt sich hierbei insbesondere um Lackierungen und um verschiedene Formen des Klebens (z.B. Kaschieren oder Laminieren).
8. Grund- und Teilereinigung: Für die Reinigung der verschiedensten Teile der Druckmaschinen und der Nebenaggregate nach Ende des eigentlichen Druckprozesses kommen häufig VOC-relevante Hilfsstoffe zum Einsatz. Je nach Maschinenkonstellation, betrieblicher Handlungspraxis und dem Dampfdruck der eingesetzten Reinigungsmitteln unterscheidet sich die VOC-Relevanz dieser Hilfsprozesse deutlich. Es ist zu unterscheiden zwischen:
 - Reinigungsarbeiten an ausgebauten, farbführenden Maschinenteilen an speziellen Waschplätzen oder in entsprechenden Teilewaschanlagen
 - Reinigungsarbeiten im Rahmen von Instandhaltungs- und Wartungsaktivitäten, die insbesondere auch die nicht-farbführenden Teile der Druckaggregate wie z.B. lackierte Gehäuse, Trittleche, Laufflächen u.ä. umfassen

Die vorstehend dargestellte Differenzierung der VOC-Stoffströme in die einzelnen Anwendungsprozesse ist bei der betriebliche Datenabfrage allerdings nicht sinnvoll umsetzbar, da in der überwie-

genden Zahl der Betriebe keine derart detaillierten Daten über die Lösemittelverwendung verfügbar sind.¹⁸

Aus diesem Grunde wurde für die Primärdatenabfrage lediglich eine Untergliederung in die wesentlichen Einsatzstoffe vorgenommen. In vielen der betrachteten Maschinenkonstellationen lassen sich diese unterschiedlichen Stoffe bereits mit ausreichender Schärfe einzelnen Anwendungsprozessen zuordnen. Es handelt sich um die in der Tabelle 4 dargestellten Stoff-Gruppen.

Tabelle 4: Gliederung nach VOC-relevanten Stoffgruppen

Stoffgruppe	Prozesse	Erläuterungen / Bemerkungen
Druckfarben	2,3 und 4	die grundlegende Differenzierung nach VOC-Gehalten erfolgte bereits durch die Bildung der Maschinenkonstellationen
Isopropanol	2	als Druckhilfsstoff in mehreren Maschinenkonstellationen des Offsetdruckes im Einsatz
Lacke	7	In der Abfrage untergliedert in verschiedene Typen mit unterschiedlichen VOC-Gehalten
Kleber	7	Müßte in verschiedene Typen mit unterschiedlichen VOC-Gehalten untergliedert werden (Eine Bildung derartiger Typen, die sowohl für die Betriebsdatenabfrage als auch für den Abgleich mit Strukturdaten der Hersteller geeignet wäre erwies sich als nicht durchführbar)
Verdüner, Verzögerer	2,3 und 4	Dienen insbesondere der Anpassung der gelieferten Farben an ganz bestimmte Bedruckstoffe (Vorrangig im Verpackungsdruck von Bedeutung)
Reinigungsmittel	(1),5 und 8	Untergliedert in die VbF-Klassen (A I, A II, A III bzw. kennzeichnungsfrei) 19, die eine orientierende Zuordnung zu Gruppen mit unterschiedlichem VOC-Emissionsverhalten zulassen

[ÖKOPOL1998]

3.2 Primärdaten-Erhebung

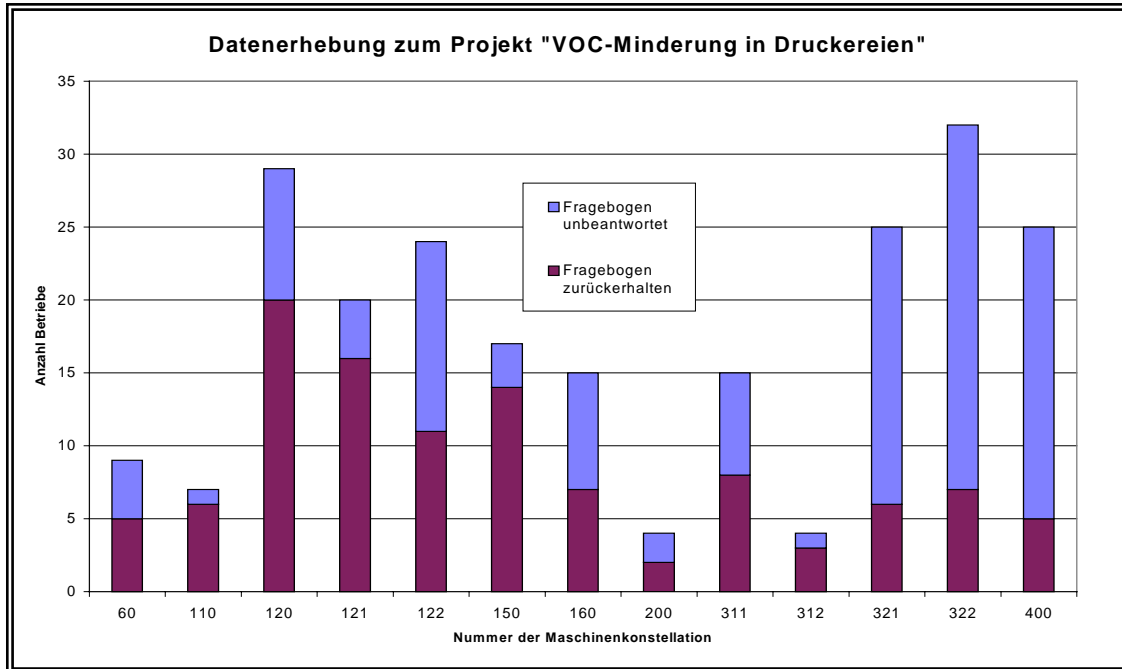
Für die Datenerhebung wurde an 226 Betrieben ein speziell entwickelter Fragebogen mit der folgenden Verteilung auf Maschinenkonstellationen zugeschickt.

Die folgende Abbildung 4 zeigt den Fragebogenversand und den entsprechenden Rücklauf im Überblick:

¹⁸ Erfahrungen über die Möglichkeiten und Probleme bei der Detaildatenermittlung liegen bei ÖKOPOL aus einer Reihe von vergleichbaren Untersuchungen in Druckereien vor. Vergl. hierzu auch die Kapitel 5.3.1 und 5.3.2

¹⁹ Klassifizierung brennbarer Flüssigkeiten nach ihrem Flammpunkt in der Verordnung für brennbare Flüssigkeiten (VbF)

Abbildung 4: Daten zur Primärdatenermittlung mittels Fragebogen



[ÖKOPOL 1998]

Die geringen Rücklaufquoten aus dem Bereich des kleinformatigen Bogendruck (46%) und des Siebdruck (20%) sind auf die geringen Betriebsgrößen dieser Druckereien und die damit zusammenhängende eher geringe Bereitschaft zur Beantwortung von Fragebögen aufgrund fehlender "Manpower" zurückzuführen. Auffällig ist die vergleichsweise geringe Rücklaufquote im Bereich der Verpackungs-Flexobetriebe (22 bzw. 24%). Dies liegt z.T. in dem sehr umfangreichen Fragebogen für diese Maschinenkonstellation begründet, der aufgrund der Vielzahl der dort angewendeten Prozesse und der eingesetzten Stoffe notwendig ist. Im Verpackungs-Tiefdruck wo ein vergleichbar umfangreicher Fragebogen zum Einsatz kommt, liegt die Rücklaufquote deutlich höher da hier mehr Großbetriebe mit entsprechenden personellen Ressourcen am Markt sind.

Aus der obenstehenden Graphik wird deutlich, daß die Anzahl der ausgefüllten Fragebogen je nach Maschinenkonstellation z.T. erheblich schwankt. Hinzukommt, daß nicht alle zurückgesandten Fragebögen auswertbar waren, da manche Betriebe keine ausreichende Differenzierung der Verbrauchsmengen in Bezug auf die abgefragten Maschinenkonstellationen durchführen konnten.

Um die Datengrundlage zu vervollständigen wurde zusätzlich zu den Daten aus der aktuellen Datenerhebung 53 betriebliche Datensätzen herangezogen, die aus anderen Druckerei Beratungsprojekten von Ökopol stammen.

Die Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Anzahl der Datensätze (Stichprobenumfang) und die Repräsentativität jeder Maschinenkonstellationen.

Tabelle 5: Repräsentativität der Primärdatenermittlung

Maschinenkonstellation	Anzahl verwendeter Datensätze	Repräsentativität Farbe (%)	Qualität
Illustrations-Tiefdruck	7	47,0	1-2
Zeitungsdruck	23	23,0	1
Bogendruck gemischte Formate	41	4,5	2-3
Bogendruck groß- und mittelformatig	18	4,3	2-3
Bogendruck kleinformatig	31	0,2	3
Heatsetdruck	21	12,6	2
Endlosdruck	9	4,5	2-3
Buchdruck	2	46,3	2
Verpackungs-Tiefdruck lösemittelbasiert	8	20,6	2
Verpackungs-Tiefdruck wasserbasiert	3	4,6	3
Verpackungs-Flexodruck lösemittelbasiert	10	2,8	3
Verpackungs-Flexodruck wasserbasiert	6	5,7	3
Siebdruck	11	0,5	3

[ÖKOPOL 1998]

Als Maß für die Repräsentativität wird die in der Stichprobe erfaßte Farbmenge auf die gesamte in Deutschland eingesetzte Farbmenge in dieser Maschinenkonstellation bezogen. In der Spalte „Qualität“ wird unter Berücksichtigung des Stichprobenumfangs und der Repräsentativität die z.T. unterschiedliche Datenlage für einzelne Stoffe pro Maschinenkonstellation zusammengefaßt und bewertet. Dabei bedeutet 1 = sehr gut, 2 = mittel und 3 = schlecht.

Wie diese Aufstellung zeigt finden sich weitere Optimierungsmöglichkeiten der jetzt erzeugten Datenbasis (2. Hochrechnung) insbesondere im Verpackungsdruck im Siebdruck und im kleinformatigen Bogendruck.

3.3 Ermittelte Datenbasis

Bei der Auswertung der ermittelten Betriebs- und Strukturdaten ergibt sich das in der folgenden Tabelle 6 dargestellte Gesamtbild:

Tabelle 6: VOC-Einsatz und Emissionen in der deutschen Druckindustrie (Gesamt)

Maschinen-Konstellation	Farb-Input	Gesamt-Input (Farben + Hilfsstoffe)	Gesamt VOC-Input	Gesamt-Emissionen	Diffuse Emissionen
		Gesamtinput in Relation zur Farbe	Durchschnittlicher VOC-Anteil im Gesamt-Input	Emittierter Anteil am Gesamt VOC- Input	Anteil der diffusen Emissionen am Ge- samt VOC-Input
	Menge [t/a]	Menge [t/a]	Menge [t/a]	Menge [t/a]	Menge [t/a]
60 - Illustrations-Tiefdruck	89.800	233,3% 209.470	80,0% 167.477	4,7% 7.802	2,7% 4.539
110 - Zeitungs-Druck	26.500	116,9% 30.983	9,5% 2.933	36,3% 1.065	36,3% 1.065
120 - Bogen-Druck Gemischte Formate	7.000	281,2% 19.684	54,4% 10.700	81,8% 8.750	81,8% 8.750
121 - Bogen-Druck Großformatig	5.800	271,5% 15.747	33,7% 5.310	86,2% 4.576	86,2% 4.576
122 - Bogen-Druck Kleinformatig	700	382,3% 2.676	63,6% 1.702	76,4% 1.300	76,4% 1.300
150 - Heatset-Druck	40.800	108,6% 44.320	50,3% 22.298	40,3% 8.975	39,7% 8.849
160 - Endlos-Druck	800	238,6% 1.909	58,6% 1.119	85,1% 953	85,1% 953
200 - Buch-Druck	700	187,3% 1.311	25,8% 339	70,0% 237	70,0% 237
311 - Verpackungs-Tiefdruck Lösemittelbasiert	17.130	260,7% 44.664	73,3% 32.722	27,1% 8.868	24,1% 7.881
312 - Verpackungs-Tiefdruck Wasserbasiert	13.391	151,9% 20.334	16,0% 3.249	99,3% 3.225	99,3% 3.225
321 - Verpackungs-Flexodruck Lösemittelbasiert	8.174	240,6% 19.664	69,8% 13.734	26,7% 3.665	23,6% 3.241
322 - Verpackungs-Flexodruck Wasserbasiert	6.000	171,9% 10.311	20,7% 2.139	67,8% 1.450	67,8% 1.450
400 - Siebdruck	1.130	805,1% 9.097	70,3% 6.392	38,0% 2.427	38,0% 2.427
Gesamt	217.938	197,4% 430.205	62,8% 270.119	19,7% 53.293	18,0% 48.492

[ÖKOPOL 1999]

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

Weitere detailliertere Analysen der Datenbasis strukturiert nach:

1. den verschiedenen Maschinenkonstellationen und
2. den wesentlichen VOC-relevanten Einsatzstoff-Gruppen

finden sich zusammen mit den verwendeten Hintergrundinformationen im Anlagenband II. Die Tabelle 7 zeigt exemplarisch eine dieser Detail-Auswertungen.

Tabelle 7: VOC-Einsatz und Emissionen der deutschen Druckindustrie [1997 in t/a]

Maschinen-Konstellation	Farbe			Lacke			Verdüner/Verzögerer			Reinigungsmittel			Isopropanol		Gesamt-Emis.
	spez. Menge	VOC-Anteil	Emis.-Anteil	spez. Menge	VOC-Anteil	Emis.-Anteil	spez. Menge	VOC-Anteil	Emis.-Anteil	spez. Menge	VOC-Anteil	Emis.-Anteil	spez. Menge	Emis.-Anteil	
	Menge		Emis.	Menge		Emis.	Menge		Emis.	Menge		Emis.	Menge	Emis.	
Illustrations-Tiefdruck	100,0%	54,7%	4,8%	0,0%			100,0%	100,0%	4,6%	31,8%	100,0%	4,6%	0,0%	0,0%	7.802
	89.800		2.358			0	89.800		4.131	28.556		1.314	0		
Zeitungs-Druck	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%			0,0%			12,9%	85,8%	36,3%	0,0%	0,0%	1.065
	26.500		0			0			0	3.419		1.065	0		
Bogen-Druck gemischt	100,0%	0,0%	100,0%	30,3%	0,0%		0,0%			93,3%	91,6%	67,4%	67,4%	100,0%	8.750
	7.000		0	2.121		0	0		0	6.531		4.032	4.718	4.718	
Bogen-Druck großform.	100,0%	0,0%	100,0%	111,3%	0,0%		0,0%			38,0%	91,7%	63,7%	56,7%	100,0%	4.576
	5.800		0	6.455		0	0		0	2.204		1.287	3.289	3.289	
Bogen-Druck kleinform.	100,0%	0,0%	100,0%	5,2%	0,0%		0,0%			171,8%	94,7%	64,7%	80,4%	100,0%	1.300
	700		0	36		0	0		0	1.203		737	563	563	
Heatset-Druck	100,0%	30,0%	4,9%	0,2%	0,0%		0,0%			5,6%	90,2%	56,0%	19,6%	90,3%	8.975
	40.800		600	82		0	0		0	2.285		1.154	7.997	7.221	
Endlos-Druck	100,0%	0,0%	100,0%	0,1%	0,0%		0,0%			82,6%	92,9%	72,9%	63,2%	100,0%	953
	800		0	1		0	0		0	661		448	506	506	
Buch-Druck	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%			0,0%			53,4%	90,6%	70,0%	0,0%		237
	700		0	0		0	0		0	374		237	0	0	
Verpackungs-Tiefdruck lösemittel	100,0%	60,0%	16,8%	30,0%	43,4%	40,1%	101,0%	100,0%	23,5%	17,0%	100,0%	74,9%	0,0%		8.868
	17.130		1.727	5.139		894	17.301		4.066	2.912		2.181	0	0	
Verpackungs-Tiefdruck wasserbasiert	100,0%	5,0%	100,0%	30,0%	24,2%	100,0%	2,0%	100,0%	98,5%	10,0%	100,0%	98,5%	0,0%		3.225
	13.391		670	4.017		972	268		264	1.339		1.319	0	0	
Verpackungs-Flexodruck lösemittelbas.	100,0%	60,0%	16,4%	34,9%	37,3%	39,4%	81,0%	100,0%	23,7%	14,0%	100,0%	76,2%	0,0%		3.665
	8.174		804	2.853		419	6.621		1.569	1.144		872	0	0	
Verpackungs-Flexodruck wasserbasiert	100,0%	5,0%	100,0%	50,0%	37,3%	39,4%	2,0%	100,0%	98,5%	10,0%	100,0%	98,5%	0,0%		1.450
	6.000		300	3.000		441	120		118	600		591	0	0	
Siebdruck	100,0%	48,7%	96,6%	47,2%	14,5%	100,0%	41,0%	100,0%	32,0%	469,1%	100,0%	31,5%	0,0%		2.427
	1.130		532	533		77	463		148	5.301		1.670	0	0	
															53.292

[ÖKOPOL 1999]

Die wesentlichen Basiszahlen für die Hochrechnung sind die in die Maschinenkonstellation eingesetzten Farbmengen. Alle anderen Stoffströme wurden über spezifische Mengen (Anteilsfaktoren) aus dieser Basiszahl ermittelt.

Als Beispiel:

Die Reinigungsmittelmengeneinsatzmenge im Zeitungsdruck (Coldset Offsetdruck) errechnet sich durch Multiplikation der jährlich verdruckten Zeitungsdruckfarbe (26.500 t/a) mit der ermittelten spezifischen Reinigungsmittelmengeneinsatzmenge ($\frac{\text{Reinigungsmittel}}{\text{Druckfarbe}} = 12,9\%$) zu 3.419 t/a.

Der Bezug auf die verdruckte Farbmenge als zentraler Kenngröße hat sich sowohl in branchenbezogenen als auch in einzelbetrieblichen Untersuchungen als sinnvoll erwiesen. Nicht nur weil die Farbmengen die einzig belastbare statistische Basisangabe für eine branchenweite Hochrechnung

sind, sondern auch weil der Stoffeinsatz (z.B. Reinigungsmittel) in einem direkten inhaltlichen Zusammenhang zur Bezugsgröße Farbe steht, er wird sozusagen durch den Farbeinsatz induziert.

Bei den spezifischen Mengen der verschiedenen Einsatzstoffe handelt es sich grundsätzlich um maschinenkonstellationspezifische Durchschnittswerte, d.h. die absoluten Stoffmengen der einzelnen Betriebe werden addiert und durch die Summe der in diesen Betrieben eingesetzten Farbmengen dividiert. Dies bedeutet, daß Betriebe mit großen Stoff- bzw. Farbmengen den Durchschnittswert stärker beeinflussen. Diese Art der Berechnung liefert insbesondere dann sehr gute Hochrechnungsergebnisse, wenn die vorliegende betriebliche Stichprobe in ihrer Größenstruktur und ihrer anlagentechnischen Ausstattung für die Grundgesamtheit der Betriebe (der jeweiligen Maschinenkonstellation) repräsentativ ist.

Neben den aus den betrieblichen Primärdaten ermittelten spezifischen Mengen (-Faktoren) sind in die Berechnung der VOC-Emissionen aus den einzelnen Maschinenkonstellationen eine Reihe weiterer Daten eingeflossen. Es handelt sich u.a. um:

- Die durchschnittlichen VOC-Gehalte der eingesetzten Stoffgruppen (bzw. gewichtete Mittelwerte der VOC-Gehalte beim Einsatz verschiedenartiger Stoffe). Dabei wurden auch die konkreten Anwendungsbedingungen (z.B. Temperaturbedingungen und Art der Exposition z.B. in Putztüchern mit entsprechendem Diffusionsverhalten) berücksichtigt
- Die Aufteilung auf verschiedene Einsatzprozesse (z.B. der Einsatz in einer geschlossenen Teilereinigungsanlage oder an offenen Handwaschplätzen)
- Der Ausstattungsgrad mit Abluft-Reinigungs-Anlagen
- Der Erfassungsgrad der VOC-Emissionen aus verschiedenen Teilprozessen
- Der Zerstörungsgrad der ARA (über die verschiedenen Anlagentypen gewichteter Mittelwert)
- Die über Abfälle oder Kreislaufführungen erfaßten VOC-Mengen

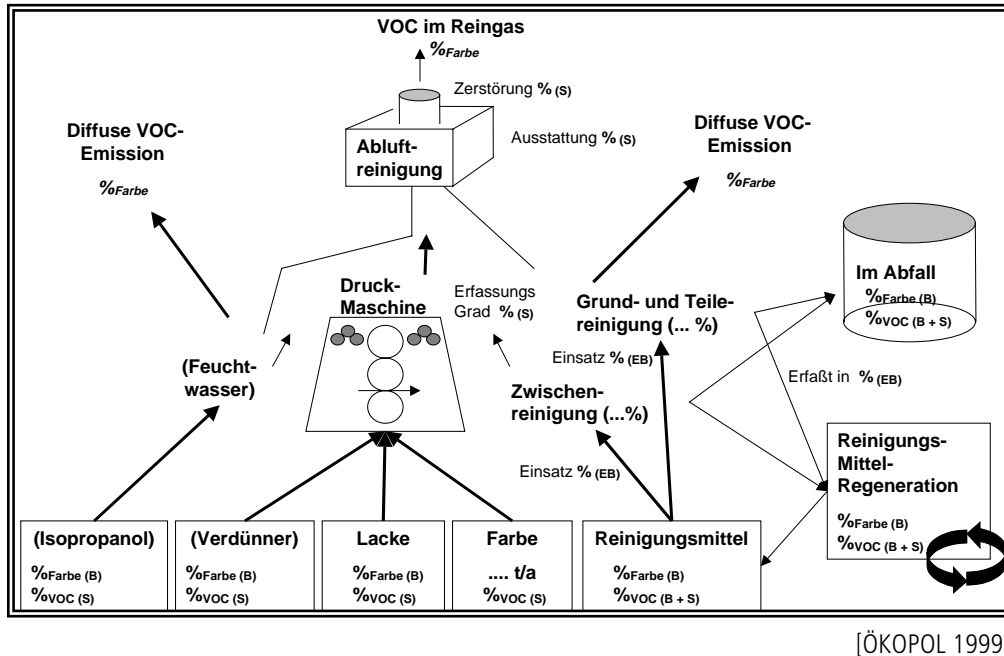
Die Abbildung 5 zeigt die verwendeten Daten zusammenfassend in einem allgemeinen Prozeßschema für eine beliebige Maschinenkonstellation. Zu den Daten sind dort auch die jeweiligen Datenherkünfte entsprechend der folgenden Legende kenntlich gemacht.

Datenherkunft

B =	Betriebsdaten aus der Primärdatenabfrage
S =	Strukturdaten aus der Expertenbefragung
EB =	Einzelbetriebliche Detaildaten aus vertiefenden Stoffstromaufnahmen in einer kleineren Zahl von Betrieben

Die Daten für die Diffusen und die gefaßten VOC-Emissionen (in % der eingesetzten Farbe) werden dabei aus den anderen angegebenen Daten errechnet. Die in Klammern gesetzten Stoffe/Prozesse betreffen nur wenige Maschinenkonstellationen.

Abbildung 5: Einzeldaten der VOC-Datenbasis



Für die in Deutschland eingesetzten Druckfarbenmengen wurde auf die Statistik des Verbandes der Druckfarbenindustrie (VdD) zurückgegriffen. Tabelle 8 zeigt die dort ausgewiesenen Farbmengen:

Tabelle 8: Farbeinsatzmengen in der Bundesrepublik Deutschland 1997

Absatzmengen von Druckfarben 1997		
Offsetdruck	Bogendruck	14.100
	Heatsetdruck	40.800
	Zeitungsdruck	26.500
	Endlosdruck	850
Sonstiger graphischer Druck	Illustrations-Tiefdruck	89.800
	Buchdruck	700
Verpackungsdruck	Verpackungs-Tiefdruck lösemittelbasiert	19.700
	Verpackungs-Tiefdruck wasserbasiert	15.400
	Verpackungs-Flexodruck lösemittelbasiert	9.800
	Verpackungs-Flexodruck wasserbasiert	8.100
Siebdruckverfahren	Siebdruck lösemittelbasiert	900
	Siebdruck wasserbasiert	100
	Siebdruck UV-trocknend	130

[VdD, 1998]

Die Abweichungen gegenüber der VOC-Datenbasis in Tabelle 7 erklären sich daraus, dass in den obenstehenden Farbmengen teilweise (Druck-)Lacke mit enthalten sind. Aus Gründen der Datenkonsistenz wurden diese herausgezogen und mit weiteren Lackmengen (die nicht in der VdD-Statistik enthalten sind) addiert.

Diese Berechnungen sowie diverse weitere Detailangaben zu den verwendeten Daten, den angesetzten Abschätzungen und den Hintergrundberechnungen finden sich im Anlagenband II.

3.4 Reichweite der EG VOC-Richtlinie

Aufbauend auf der ermittelten VOC-Datenbasis der Druckbranche wurde in einem folgenden Untersuchungsschritt abgeschätzt, welcher Anteil der insgesamt emittierten VOC-Mengen aus Anlagen stammt, die in den Geltungsbereich der EG VOC-RL fallen. Die Durchführung und das Ergebnis dieser Abschätzung wird im folgenden dokumentiert.

Nach Artikel 1 in Verbindung mit dem Anhang I der EG VOC-RL unterliegen nur die in der Tabelle 9 zusammengestellten Maschinenkonstellationen den Regelungen dieser Verordnung. Allerdings fällt eine Druckanlage aus diesen Maschinenkonstellationen nur dann in den Regelungsrahmen der EG VOC-RL, wenn in ihr die im Anhang II A definierten Mengenschwellen für den jährlichen Gesamt-Lösemittelverbrauch überschritten werden.

Tabelle 9: Zuordnung der Anwendungsbereiche der EG VOC-RL zu den Maschinenkonstellationen aus dem Projektrahmen

Nr	Maschinenkonstellation	Mengenschwelle nach Anhang IIA
60	Illustrations-Tiefdruck	> 25
150	Heatset-Rollenoffset	> 15
311	Verpackungs-Tiefdruck lösemittelbasiert	> 15
312	Verpackungs-Tiefdruck wasserbasiert	> 15
321	Verpackungs-Flexodruck lösemittelbasiert	> 15
322	Verpackungs-Flexodruck wasserbasiert	> 15

[Ökopol 99 / EG VOC-RL, 99]

Da die in der EG VOC-RL definierten Mengenschwellen durch ihren Bezug auf den gesamten Lösemittelsatz in eine Anlage eine gänzlich andere Berechnungsbasis als die bislang bestehenden Regelungssysteme (TA-Luft/4. BImSchV) hat, ist zu prüfen, welcher Anteil der Anlagen und damit der VOC-Emissionen in den benannten Maschinenkonstellationen tatsächlich von dieser Richtlinie erfaßt wird.

Zu diesem Zweck wurden die im Rahmen der VOC-Hochrechnung ermittelten spezifischen (d.h. auf den Farbeinsatz bezogenen) Inputmengen an VOC-haltigen Hilfsmitteln (Verdünner, Lacke, Reini-

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

ger, etc.) herangezogen. Auf dieser Basis wurde geprüft, ab welcher jährlich verdruckten Farbmenge die Summe der in den Druckfarben enthaltenen VOC und der in diesen Hilfsstoffen enthaltenen VOC die Mengenschwellen der EG VOC-RL überschreitet. Die Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse dieser Prüfung²⁰

In einem weiteren Prüfschritt wurde eine Abschätzung vorgenommen, welcher Anteil der insgesamt in den einzelnen Maschinenkonstellationen zum Einsatz kommenden Farbmenge über Anlagen verdruckt wird, die oberhalb der ermittelten Mengenschwellen liegen.²¹ Auch dieses Prüfergebnis findet sich in der Tabelle 10.

Tabelle 10: Abschätzung der Farbverbrauchsmengen ab denen eine Anlage unter die EG VOC-RL fällt

Nr	Maschinen-Konstellation	VOC-Mengenschwelle nach Anhang IIA [t/a]	Farb-Mengenschwelle errechnet [t/a] (gerundet)	Anteil der Farbmenge (abgeschätzt) [%]
60	Illustrations-Tiefdruck	> 25	> 15	100
150	Heatset-Rollenoffset	> 15	> 30	100
311	Verpackungs-Tiefdruck lösemittelbasiert	> 15	> 10	100
312	Verpackungs-Tiefdruck wasserbasiert	> 15	> 60	100
321	Verpackungs-Flexodruck lösemittelbasiert	> 15	> 10	90
322	Verpackungs-Flexodruck wasserbasiert	> 15	> 60	75

[Ökopol 99 / EG VOC-RL, 99]

Interessant an diesem Prüfergebnis ist einerseits die sehr geringen Farbmengenschwellen in den lösemittelbasierten Druckverfahren, die durchaus schon durch ein einzelnes Vorsatzdruckwerk mittlerer Breite erreicht werden können. Zum anderen wird bei diesen Berechnungen deutlich, dass auch die wasserbasierten Verpackungsdruckereien zum überwiegenden Teil in den Regelungsbereich der EG VOC-RL fallen. Und dies selbst unter der in dieser Untersuchung vorgenommenen Ausgrenzung der möglicherweise VOC-relevanten Klebe- und Kaschierprozesse in diesen Betrieben.

²⁰ Dabei wurde der gesamte VOC-Input als „Verbrauch“ im Sinn des Anhang IIA der EG VOC-RL angesetzt. Diese Verbrauchsdefinition mit $C = I/1 + I/2$ weicht von anderen Definitionen $C = I/1 - O/8$ (Anhang III EG VOC-RL) oder $C = I/1 - (O/6 + O/7 + O/8)$ (UBA-Diskussion 1999) ab, ist aus Sicht der Gutachter unter dem Aspekt der Gleichbehandlung verschiedener Anlagen aber sinnvoll. Die Verwendung einer anderen Verbrauchsdefinitionen verschiebt das skizzierte Prüfergebnis nur geringfügig. Zur Problematik der Verbrauchsdefinition vergl. auch die Ausführungen im Kapitel 5.2.2. (Die hier verwendete Nomenklatur für die Benennung der Input-Outputströme entspricht dem Anhang III EG VOC-RL. Vergl. auch Abbildung 7 im Kap. 5.2.2)

Es ist allerdings ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass es sich bei diesen Angaben nur um eine orientierende Abschätzung handeln kann. Die wesentlichen Unschärfen liegen in den folgenden Punkten begründet:

- Bei den spezifischen (d.h. auf den Farbeinsatz bezogenen) Verbrauchsmengen an VOC-haltigen Hilfsmitteln (Verdüner, Lacke, Reiniger, etc.) handelt es sich um Branchen- bzw. Maschinenkonstellations-Durchschnittswerte. An einer konkreten Druckanlage können sich aufgrund der spezifischen Produktionsbedingungen (Bedruckstoff, Produktgestaltung, ..) grundlegend andere Bedingungen ergeben. Diese Abweichungen von den in Tabelle 10 angeführten Farbmengenschwellenwerten können durchaus mehr als 50% betragen.²²
- Bei der Frage, welcher Anteil der gesamten Farbmengen in Anlagen verdruckt werden, die nicht oberhalb der Mengenschwelle der EG VOC-RL liegen ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass die im Markt installierten Anlagenkonfigurationen nur vergleichsweise unscharf ermittelt und ihre konkreten Kapazitätsauslastungen und Produktionsbedingungen nur grob abgeschätzt werden können.

Die Gesamtsituation für die Druckbranche unter dem Aspekt der Erfassung durch die EG VOC-RL stellt sich mit diesen Einschränkungen wie folgt dar:

Tabelle 11: Gesamtübersicht über die Reichweite der EG VOC-RL in der Druckbranche

Nr	Maschinenkonstellation	Von der EG VOC-RL erfaßt		Von der EG VOC-RL nicht erfaßt	
		VOC-Emissionen [t/a]	Betriebe [ca. Stck]	VOC-Emissionen [t/a]	Betriebe [ca. Stck]
60	Illustrations-Tiefdruck	7.802	16	-	0
110	Zeitungsdruck	-	-	1.065	200
120	Bogendruck gemischte Formate	-	-	8.750	In 121/122 enthalten
121	Bogendruck groß- und mittelformatig	-	-	4.576	ca. 1000
122	Bogendruck kleinformartig	-	-	1.300	ca. 8000
150	Heatset-Rollenoffset	8.975	160	-	-
160	Endlosdruck	-	-	953	250
200	Buchdruck	-	-	237	2
311	Verpackungs-Tiefdruck lösemittelbasiert	8.868	ca. 100	-	-

²¹ Zu diesem Zweck wurden gemeinsam mit den Maschinenherstellern Durchsatzkapazitäten verschiedener Druckanlagenkonfigurationen durchgerechnet und mit den im Markt befindlichen Anlagen und typischen Fahrweisen abgeglichen. Weitere Hinweise zu diesen Berechnungen finden sich im Anlagenband I "Detailinformationen zu den Maschinenkonstellationen"

²² So könnten z.B. an einer wasserbasiert gefahrenen Flexodruckanlage (Maschinenkonstellation 322) durchaus auch 90 t/a Farbe gefahren werden, wenn dort auch ausschließlich wasserbasierte Lacke zum Einsatz kommen

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

Nr	Maschinenkonstellation	Von der EG VOC-RL erfaßt		Von der EG VOC-RL nicht erfaßt	
312	Verpackungs-Tiefdruck wasserbasiert	3.225	In 311 enthalten	-	-
321	Verpackungs-Flexodruck lösemittelbasiert	3.299	ca. 150	366	800
322	Verpackungs-Flexodruck wasserbasiert	1.088	In 321 enthalten	362	ca. 500
400	Siebdruck (gewerblich) ²³	-	-	2.427	550
	Gesamt:	33.257	ca. 426	20.036	ca. 11.300
	Anteil der Gesamtemissionen:	62,4%	-	37,6%	-

[ÖKOPOL 1999]

Diese Auswertung zeigt einerseits, dass mehr als ein Drittel der branchenweiten Emissionen in Anlagen/Betrieben entstehen, die nicht in den Regelungsbereich der EG VOC-RL fallen. Auf der anderen Seite macht sie deutlich, dass dieses Drittel aus einer sehr großen Zahl (ca. 11.000)²⁴ von kleinen und kleinsten Betrieben (< 50 Mitarbeiter) stammt und damit für einen kontinuierlichen anlagenbezogenen Vollzug ordnungsrechtlicher Regelungen vergleichsweise schwer zugänglich ist.

²³ Da der Tapetendruck und andere Sonderdruckverfahren in Abstimmung mit dem Auftraggeber nicht betrachtet wurden, sind keine Rotationssiebdruckanlagen nach Tätigkeitsbereich 3 des Anhang IIA (..Rotationssiebdruck auf Textilien oder Pappen...) zu berücksichtigen.

²⁴ Im Bereich der Anlagen die nicht in die EG VOC-RL fallen sind die Zeitungshäuser fast durchgehend größer als 50 Mitarbeiter. Auch einige große Bogenoffset- und Endlosdruckereien liegen z.T. deutlich oberhalb dieser Grenze. Aus diesem Grund wurde davon ausgegangen, dass ca. 300 Betriebe aus dem Nicht-EG VOC-RL Bereich mehr als 50 Mitarbeiter beschäftigen.

4. VOC-Minderungsmaßnahmen

4.1 Auswahl der prioritär zu bewertenden Maßnahmen

Auf Basis der Auswertung von Sekundärstudien sowie unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der eigenen Beratungspraxis und aus Gesprächen mit anderen Branchenexperten wurde eine Gesamtliste der theoretischen Minderungsmaßnahmen zusammengestellt, die nach den im Projektrahmen gebildeten Maschinenkonstellationen untergliedert ist. Maßnahmen, die wegen grundlegender, technischer Restriktionen nicht praxisnah erschienen, wurden hier nicht aufgenommen.

Aus dieser Liste der theoretischen Minderungsmöglichkeiten wurden prioritär zu bewertende Maßnahmen ausgewählt. Die Auswahl erfolgte dabei nach folgenden Kriterien:

1. Mengenrelevanz, d.h. die Minderungsmaßnahme wurde ausgewählt, wenn die in den Produktionsprozessen emittierenden VOC-Mengen bezogen auf die Gesamtemissionen der Branche relevant sind (> 1% der Gesamtemissionen der Branche).
2. Realisierbarkeit, d.h. die Minderungsmaßnahme wurde ausgewählt, wenn nach Einschätzung von Branchenexperten es nicht ausgeschlossen schien, dass die betreffende Maßnahme in den nächsten 10 Jahren technisch/ökonomisch in der Lage ist, einen relevanten VOC-Minderungsbeitrag zu leisten.

4.2 Bewertung der prioritären Minderungsmaßnahmen

Auftragsgemäß sollten die prioritären Minderungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Minderungswirkung, ihrer (technischen) Umsetzbarkeit und des ökonomischen Aufwandes bewertet werden. Das Vorgehen bei dieser Bewertung wird im folgenden erläutert. Stichwortartig finden sich die Bewertungsergebnisse in den Tabellen 13 - 17 in diesem Bericht.

Differenzierte Ausführungen sind den ausführlichen Maßnahmenbeschreibungen im Anlagen-Band I zu entnehmen. Diese sollten bei der Beurteilung einzelner Maßnahmen in jedem Fall berücksichtigt werden, da den diversen wechselseitigen technisch-ökonomischen Abhängigkeiten in den sehr vielfältigen Produktionsprozessen der Druckbranche bei einer verkürzten Darstellung nicht ausreichend Rechnung getragen werden kann.

4.2.1 Beschreibung der prioritären Maßnahmen und Quantifizierung der Minderungswirkung

Für alle prioritären Minderungsmaßnahmen liegt eine kurze Beschreibung der Maßnahme und eine Darstellung der Art der Minderungswirkung vor. Die technischen, organisatorischen und ökonomischen Umsetzungsprobleme werden verbal argumentativ ausgeführt. Basis hierfür sind eine Vielzahl von Einzelgesprächen mit Anwendern, Herstellern und anderen Branchenexperten sowie Literaturrecherchen.

Um das VOC-Reduktionspotential einer Maßnahme zu bestimmen, wurde auf die Emissionsberechnungen für die einzelnen Teilprozesse in der VOC-Hochrechnung (Datenbasis 1997) zurückgegriffen. Ausgehend von den hier ausgewiesenen Gesamtemissionen (z.B. aus Reinigungsmitteln oder aus der IPA-Feuchtung) für die verschiedenen Maschinenkonstellationen wurde eine Abschätzung, der durch die einzelne Maßnahme erzielbaren VOC-Minderung in Tonnen_{VOC}/Jahr vorgenommen. Die Werte bilden das nach Einschätzung der Gutachter unter optimalen Bedingungen erreichbare Potential in den nächsten 10 Jahren ab.

In die Berechnung dieses Minderungspotentials gehen ein:

- der derzeitige und der zukünftige Umsetzungsgrad der Maßnahme in der Branche
- die Minderungswirkung der Minderungsmaßnahme sowie
- der Anteil der Emissionen aus dem konkret veränderten Prozeß am gesamten betrachteten Emissionsprozeß

Die entsprechende Formel lautet:

$$EM = EHp \times ATp \times MF \times (U_{Zukunft} - U_{IST})$$

mit:

EM = Emissionsminderung [t/a]

EHp = Emissionen des Hauptprozesses [t/a]

ATp = Anteil des Teilprozesses an den gesamten Emissionen des Hauptprozesses

MF = Emissionsminderungsfaktor der Maßnahme (gegenüber den Emissionen des Teilprozesses ohne Maßnahme)

U_{IST} = Umsetzungsgrad IST in der jeweiligen Maschinenkonstellation

$U_{Zukunft}$ = erwarteter Umsetzungsgrad ZUKUNFT in der Maschinenkonstellation in 10 Jahren

Diese Rechnung wird am folgenden Beispiel verdeutlicht:

Maßnahme 150 – Einbau von Gummituchwaschanlagen in Heatsetrotationen

Ausgangsdaten:

Emissionen des Hauptprozesses (EHp): Gesamtemissionen aus den Reinigungsprozessen im Heatsetdruck 1.153 t/a

Anteil des Teilprozesses (ATp): Anteil des Reinigungsmittelverbrauches für die Gummituch-Reinigung am gesamten Reinigungsmittelverbrauch ca. 70%

Emissionsminderungsfaktor der Maßnahme (MF): Minderverbrauch der automatischen Gummituch-Reinigung gegenüber händischer Reinigung ca. 20%

Umsetzungsgrad IST (U_{IST}): Ausstattungsgrad mit Gummituch-Waschanlagen derzeit ca. 80%

Umsetzungsgrad ZUKUNFT ($U_{ZUKUNFT}$): Erwarteter Ausstattungsgrad in 10 Jahren ca. 90%

Rechnung:

Emissionsminderung (EM) = $1.153 \text{ t/a} \times 0,7 \times 0,2 \times (0,9 - 0,8) = 16,14 \text{ [t/a]}$

Die einzelnen Annahmen und Rechengrößen, die in die Berechnung des Minderungspotentials eingegangen sind, werden jeweils detailliert in den Minderungsmaßnahmenbeschreibungen im Anlagen-Band I dargestellt.

Ergänzt wird die (Maximal-)Abschätzung des VOC-Minderungspotentials durch eine verbale Einschätzung der tatsächlichen Erschließbarkeit dieses Potentials. Hier werden Faktoren wie z.B. die Abhängigkeit von der Marktentwicklung, Probleme bei der Beteiligung einer Vielzahl gering organisierter Akteure, aber auch die quasi automatische Maßnahmenumsetzung im Rahmen des Anlagenaustausches abgebildet.

4.2.2 Bildung von Modellmaschinen

Um zu einer ökonomischen Beurteilung der prioritären Maßnahmen zu gelangen, war es notwendig, von der allgemeinen Branchenbetrachtung auf eine definierte Modellmaschine zu gehen, für die auf der Basis konkreter Marktpreise Investitionsrechnungen gemacht werden können.

Als Modellmaschinen wurden die in der jeweiligen Maschinenkonstellation besonders weitverbreiteten Maschinentypen angesetzt. Basierend auf realen Farbdurchsatzdaten an derartigen Maschinen aus der durchgeführten Primärdatenerhebung und weiteren Verbrauchsdaten aus der ÖKOPOL-Branchendatenbank wurden den Modellmaschinen durchschnittliche Farb- und Hilfsmittelverbräuche zugeordnet.²⁵

²⁵ Es ist somit deutlich zu betonen, dass es sich um fiktive "Durchschnitts-Maschinen" mit einer durchschnittlichen Ausstattung (z.B. einige Farbwerke mit automatischer Wascheinrichtung andere ohne) handelt, die in exakt dieser Form und Betriebsweise ggf. nirgendwo betrieben werden.

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

Die Beschreibung dieser Modellmaschine für die Maschinenkonstellation und einige Eckdaten finden sich in Tabelle 12.

Tabelle 12: Modellmaschinen für die Bewertung der Minderungsmaßnahmen

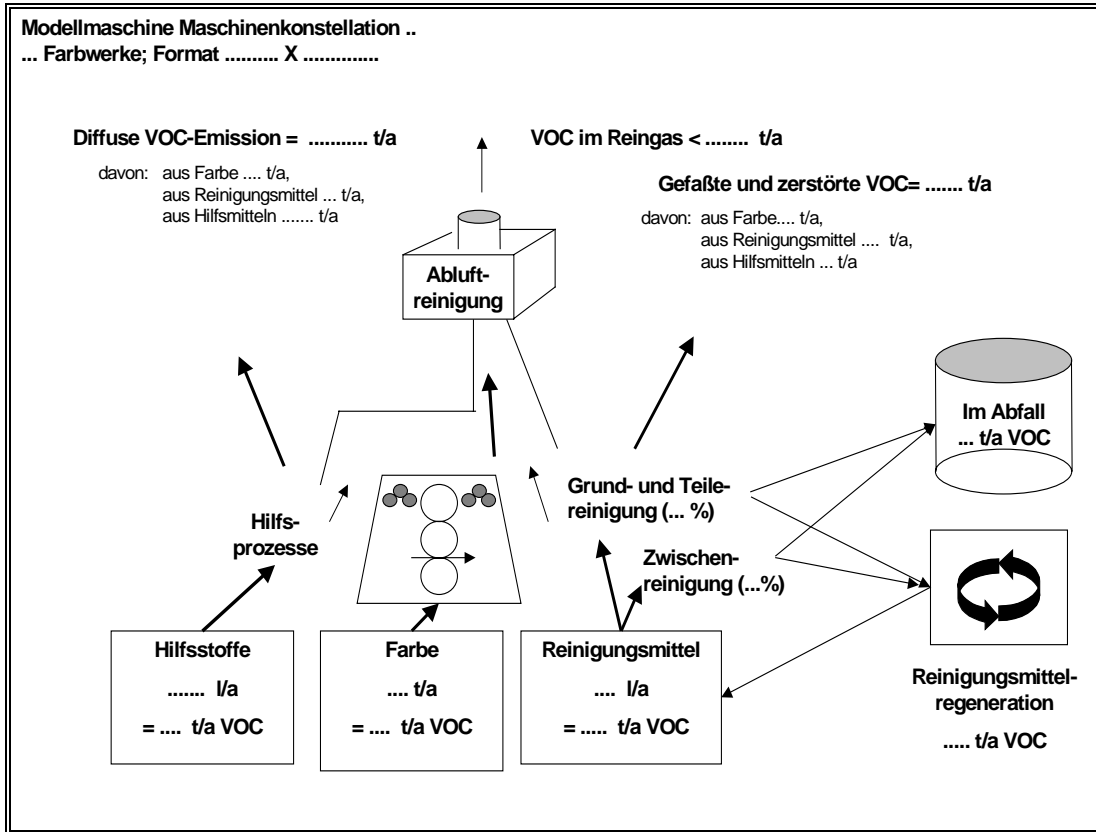
Machinen-Konstellation	Beschreibung	Format [cm x cm]	Farbwerke [Anzahl]	Farbverbrauch [t Farbe / a]	VOC-Einsatz [t VOCges / a]	
60	Illustrationstiefdruck	entfällt, da keine repräsentative Anlage gebildet werden kann				
110	Zeitungsdruck	MAN Colorman 35 S	114 x 160	96	744,00	82,30
121	Bogendruck mittel-/großformat	Heidelberg Speedmaster SM 102-5	72 x 104	5	4,65	5,70
122	Bogendruck kleinformat	Heidelberg GTO 52 - 2	36 x 52	2	0,09	0,21
150	Heatsetdruck	MAN Rotoman/Polyman	63 x 97	10	80,00	34,70
160	Endlosdruck	entfällt, da keine repräsentative Anlage gebildet werden kann				
200	Buchdruck	entfällt, da keine prioritären Minderungsmaßnahmen				
311/312	Verpackungs-Tiefdruck	Reihenmaschine	100 x 120	8	252,50	482,2 (lösebas.) 61,1 (wasserbas.)
321/322	Verpackungs-Flexodruck	Zentral-Zylindermaschine	100 x 127	8	70,01	117,7 (lösebas.) 17,0 (wasserbas.)
400	Siebdruck	entfällt, da keine repräsentative Anlage gebildet werden kann				

[ÖKOPOL 1999]

Der IST-Stand der Stoffströme und der VOC-Emissionssituation an den Modellmaschinen wird zur Veranschaulichung im Kontext mit den Detailbeschreibungen der einzelnen Maschinenkonstellationen im Anlagenband I jeweils nochmals bildhaft dargestellt.

Die Abbildung 6 zeigt das Schema dieser grafischen Darstellungen:

Abbildung 6: Generelles Schema der Stoffflüsse einer Modellmaschinen



[ökopol 1999]

4.2.3 Konkretisierung und ökonomische Bewertung der Maßnahmen für die Modellmaschinen

Ausgehend von den konkreten Modellmaschinen mit ihren skizzierten IST-Stoffströmen werden sowohl die Investitionskosten als auch die Veränderungen bei den Hilfsmittelmengen und –kosten für die ökonomische Bewertung der verschiedenen Minderungsmaßnahmen herangezogen. Hinter den verwendeten Preisen stehen jeweils marktgängige Produkte mit ihren derzeitigen Listenpreisen.²⁶

Bei Investitionen wird der Anschaffungspreis periodisiert. Als Abschreibungszeitraum (AfA) werden bei reinen (zusätzlichen, umweltbezogenen) Emissionsminderungsmaßnahmen 3 Jahre, während bei grundlegenden Investitionen in neue Produktionsanlagen (die ggf. auch unabhängig vom Emis-

²⁶ Aus Gründen des Wettbewerbsschutzes werden die konkreten Produkte in den veröffentlichten Dokumentationen nicht benannt.

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

sionsschutz erfolgen) 7 Jahre angesetzt. Um organisatorische und qualifikatorische Maßnahmen (z.B. Schulungen o.ä.) mit ihrer besonderen Bedeutung im handwerklich geprägten Umfeld vieler Druckprozesse gleichgewichtig mit technischen Investitionen abbilden zu können, werden auch diese „weichen“ Investitionen entsprechend den vorgenannten Regeln abgeschrieben.

4.2.4 Berechnung der spezifischen Vermeidungskosten

Da die Modellmaschine stellvertretend für eine gesamte Maschinenkonstellation steht, wird die in den nächsten 10 Jahren erwartete Umsetzung in der Branche bei der Berechnung der anfallenden Minderungskosten entsprechend berücksichtigt. Die Investitions- und Hilfsmittelkosten (bzw. –einsparungen) an der Modellmaschinen werden mit dem auf diese Weise berechneten Umsetzungsgrad gewichtet, um zu den Kosten pro Jahr zu gelangen, die mit der Umsetzung der Minderungsmaßnahme in der Maschinenkonstellation verbunden sind.

Durch die Bildung der Relation dieser durchschnittlichen Kosten pro Jahr mit der erreichbaren Minderungswirkung der Maßnahme an der jeweiligen Modellmaschine ergeben sich die Kosten pro vermiedener Tonne VOC. Maßnahmen mit negativen Kosten pro vermiedener Tonne VOC sind nach der vorgenommenen Investitionsrechnung selbsttragend bzw. mit Kostenentlastungen verbunden.

Aufgrund der Vielzahl der notwendigen Annahmen und der bezogen auf den Einzelfall nicht immer unproblematischen Durchschnittsbildungen kann es sich bei einer derartigen Berechnung spezifischer Kosten naturgemäß nur um eine bestmögliche Abschätzung der branchenweiten ökonomischen Effekte handeln. Für die undifferenzierte Übertragung auf betriebliche Einzelfälle sind diese Daten dagegen nicht geeignet.

4.3 Zusammenfassende Ergebnisse der Minderungsmaßnahmen-Bewertung

Abweichend von der übrigen Gliederung nach Maschinenkonstellationen werden im folgenden die Minderungsmaßnahmen getrennt nach Illustrationstiefdruck, Offsetdruck und Verpackungsdruck aufgeführt. Dies hat den Vorteil, dass für größere Branchenbereiche gleichartige bzw. vergleichbare Maßnahmenkomplexe gemeinsam behandelt werden können.

In den tabellarischen Darstellungen sind neben dem Gesamtpotential einer Maßnahme in den betrachteten Druckverfahren, die folgenden Angaben enthalten:

Maßnahme	max ges.	max. einz.	Masch.-Konst. (Maßn.Nr.)	Ökonomischer Aufwand	max. zus. Umsetzungsgrad / Hemmnisse
Kurztitel der Minderungs-	xxx t	xx t	z.B. 110–1 Zeitungsdruck	Aufwand: z.B. gering, selbsttragend	75%; Qualifizierungsbedarf, teilw. technische Restriktionen

Maßnahme	max ges.	max. einz.	Masch.-Konst. (Maßn.Nr.)	Ökonomischer Aufwand	max. zus. Umsetzungsgrad / Hemmnisse
maßnahme					

Zur Erläuterung:

- Kurztitel der Maßnahme (eine Beschreibung der Maßnahmen findet sich im Anlagenband I)
- Maximal erwartetes Gesamtminderungs-Potential der Maßnahme (über alle betroffenen Maschinenkonstellationen)
- maximales erwartetes Minderungs-Potential der Maßnahme in der einzelnen Maschinenkonstellation mit Angabe der jeweiligen Maßnahmennummer und der Maschinenkonstellation
- Orientierende Angaben zum ökonomischen Aufwand
Dabei werden die folgenden Kategorien verwendet:
meist selbsttragend \Rightarrow rechnerische Kosteneinsparungen $> 1.000 \text{ DM/t}_{\text{vermiedener VOC}}$
teilw. selbsttragend \Rightarrow rechnerische Kosteneinsparungen $< 1.000 \text{ DM/t}_{\text{vermiedener VOC}}$
geringer Aufwand \Rightarrow rechnerische Zusatzkosten $< 1.000 \text{ DM/t}_{\text{vermiedener VOC}}$
mittlerer Aufwand \Rightarrow rechnerische Zusatzkosten $> 1.000 - < 10.000 \text{ DM/t}_{\text{vermiedener VOC}}$
deutlicher Aufwand \Rightarrow rechnerische Zusatzkosten $> 10.000 \text{ DM/t}_{\text{vermiedener VOC}}$
- Maximaler zusätzlicher Umsetzungsgrad und zentrale Hemmnisse
Der prozentuale Umsetzungsgrad gibt denjenigen Anteil der verdruckten Farbmenge an, der in Anlagen verdruckt wird, in denen unter optimalen Bedingungen eine zusätzliche Umsetzung der entsprechenden Minderungsmaßnahmen in den nächsten 10 Jahren erwartet wird.
Die Hemmnisse benennen stichwortartig denjenigen Bereich (technisch, organisatorisch, ökonomisch) in dem die wesentlichen Hemmnisse bei einer breiteren Umsetzung der Maßnahme liegen.

4.3.1 Emissionsminderung im Illustrationstiefdruck

Illustrationstiefdruckanlagen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Größenstruktur und des erreichten technologischen Standards deutlich von den anderen Maschinenkonstellationen in der Druckbranche. In nur 16 Betrieben werden mehr als 40% der insgesamt in der Bundesrepublik Deutschland eingesetzten Farbmenge verdruckt. Die Effizienz der VOC-Rückhaltung liegt dabei über alle Prozessen betrachtet bei ca. 95%. Dennoch tragen die Restemissionen von ca. 7.800 t/a signifikant zu den gesamten Branchenemissionen bei (ca. 15%).

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

Da die Restemissionen zu relevanten Anteilen aus dem Reingas der Abluftreinigungsanlagen und aus den Restbeladungen der Druckprodukte stammen, sollten Minderungsanstrengungen sinnvollerweise in diesen Bereichen ansetzen. Die Restbeladungen der Druckprodukte können durch den Einsatz sogenannter „resttoluolreduzierender Farben“ um 30 – 50% reduziert werden. Diese Farben ermöglichen durch ihr optimiertes Trocknungsverhalten, dass bereits in der Druckmaschine ein deutlich höherer Anteil des Toluols ausgetrieben und der Abgasreinigung mit integrierter Lösemittelrückgewinnung zugeführt wird. Sie sind bereits seit mehreren Jahren im Einsatz und haben bereits einen vergleichsweise hohen Marktanteil erreicht.²⁷

Hinsichtlich der Emissionsminderung im Reingas besteht eine Möglichkeit in der Installation von Umlufttechnikanlagen. Vereinfacht gesagt wird hier das Reingas nach der Abluftreinigung wieder als Zuluft für die gekapselte Druckmaschinen verwendet und damit der Rest VOC-Austrag deutlich reduziert. Diese Technik ist bei einem Pilotbetrieb im Praxiseinsatz und führt dort zu guten Ergebnissen. Da diese Ablufttechnik in Abhängigkeit von der konkreten Anlagenfahrweise und der Konzeption der Abluftreinigungsanlage unterschiedlich starke Auswirkungen auf den Energieverbrauch der Gesamtanlage haben kann, ist zur umweltbezogenen (und ökonomischen) Bewertung eine Gesamtbetrachtung notwendig.²⁸ Konzeptionelle Vorüberlegungen und Abstimmungen zur Durchführung einer derartigen vergleichenden Gesamtbeurteilung werden derzeit im Kreis von Fachexperten vorbereitet.²⁹ Bis Mitte 2000 ist mit entsprechenden Ergebnissen zu rechnen.

Mit den angeführten Einschränkungen zeigt Tabelle 13 zusammenfassend die Minderungspotentiale der prioritären Maßnahmen im Illustrationstiefdruck.

Tabelle 13: VOC-Minderungsmaßnahmen im Illustrationstiefdruck

Maßnahme	Potential gesamt	Ökonomischer Aufwand	max. zusätzlicher Umsetzungsgrad / Hemmnisse
Einsatz resttoluolreduzierender Farben	320 t	Gering	20%; Kostenaspekte und spezielle Produkthanforderungen
Installation von Umlufttechnik-Anlagen	1.320 t	Geringer bis mittlerer Zusatzaufwand (abhängig vom Gesamtkonzept)	30%; Installationsaufwand nur bei Neuanlagen sinnvoll

[ÖKOPOL1999]

²⁷ Bedauerlicherweise konnten von den Farblieferanten im Projektrahmen keine belastbaren statistischen Angaben über den erreichten Marktanteil zur Verfügung gestellt werden. Eine eigene Recherche bei den Illustrationsdruckereien deutet jedoch auf einenderzeitigen Mengenanteil von > 70% hin.

²⁸ Je nach dem Energiekonzept der Gesamtanlagen und der konkreten Anlagenfahrweise (insbes. Den konkreten Klimabedingungen in der Maschinenkapselung) stehen den vermiedenen VOC-Emissionen mehr oder minder relevante Steigerungen der CO₂, SO₂ und NO_x-Emissionen entgegen.

²⁹ Federführend ist bei diesen Vorüberlegungen der Bundesverband Druck, u.a. im August 1999 ein Fachgespräch zu diesem Thema organisierte

Insgesamt ließen sich im Illustrationstiefdruck somit ca. 1.500 t/a VOC-Emissionen durch die Umsetzung der skizzierten Maßnahmen vermeiden.

4.3.2 Emissionsminderung bei der Maschinenreinigung im Offsetdruck

Mit ca. 10.200 t/a trägt der weitgehend umweltoffene Einsatz VOC-haltiger Mittel bei den verschiedenen Maschinenreinigungsoperationen im Offset-Druck relevant zu den Gesamtemissionen der Branche bei (ca. 19% der Gesamtemissionen). Die Maschinenreinigung als einer der Hauptprozesse in dem VOC-haltige Mittel angewendet werden, ist abhängig von den verschiedenen Maschinentypen (Maschinenkonstellationen) allerdings in eine Vielzahl unterschiedlicher Teilprozessen untergliedert, die bei der Bewertung der einzelnen Minderungsmaßnahmen jeweils differenziert betrachtet werden müssen).

Tabelle 14: Minderungspotentiale bei Reinigungsoperationen im Offsetdruck

Maßnahme	max ges.	max. einz.	Masch.-Konst. (Maßn.Nr.)	Ökonomischer Aufwand	max. zusätzlicher Umsetzungsgrad / Hemmnisse
Einsatz hochsiedender Reinigungsmittel	8.229 t	940 t	110-1 Zeitungsdruck	gering, teilw. selbsttragend	75%; Qualifizierungsbedarf, teilw. technische Restriktionen
		4.813 t	121-1 Mittel-/großform. Bogenoffsetdruck	gering	87%; Qualifizierungsbedarf, teilw. technische Restriktionen
		990 t	122-1 Kleinformatiger Bogenoffsetdruck	gering, teilw. selbsttragend	85%; Qualifizierungsbedarf, teilw. technische Restriktionen
		1.088 t	150-1 Heatsetdruck	gering, teilw. selbsttragend	83%; Qualifizierungsbedarf, teilw. technische Restriktionen
		399 t	160-1 Endlosdruck	gering	83%; Qualifizierungsbedarf, teilw. technische Restriktionen
bessere Handhabung der Reinigungsmittel	2.763 t	426 t	110-2 Zeitungsdruck	gering, meist selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
		1.485 t	121-2 Mittel-/großform. Bogenoffsetdruck	meist selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
		443 t	122-3 Kleinformatiger Bogenoffsetdruck	teilw. selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
		231 t	150-2 Heatsetdruck	meist selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
		179 t	160-2 Endlosdruck	teilw. selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
Reduzierung von Farbwechsell	301 t	53 t	110-4 Zeitungsdruck	Nicht übergreifend quantifizierbar	5%; Geringe Freiheitsgrade bei der Belegungsplanung
		247 t	121-4 Mittel-/großform. Bogenoffsetdruck	Nicht übergreifend quantifizierbar	5%; Geringe Freiheitsgrade bei der Belegungsplanung
Umstellung auf Digitaldruckverfahren	277 t	277 t	122-2 Kleinformatiger Bogenoffsetdruck	Deutliche Zusatzkosten	25%; Eigenes Produktfeld, eher Branchentrend bei Ersatzinvestitionen

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

Maßnahme	max ges.	max. einz.	Masch.-Konst. (Maßn.Nr.)	Ökonomischer Aufwand	max. zusätzlicher Umsetzungsgrad / Hemmnisse
Installation automatischer Waschanlagen	241 t	32	110-3 Zeitungsdruck	Deutliche Zusatzkosten	30%; Automatischer Branchentrend, bei Neuinvestitionen
		139 t	121-3 Mittel-/großform. Bogenoffsetdruck	Deutliche Zusatzkosten	20%; Automatischer Branchentrend, bei Neuinvestitionen
		46 t	122-4 Kleinformatiger Bogenoffsetdruck	Deutliche Zusatzkosten	35%; teilw. Branchentrend bei Neuinvestitionen
		16 t	150-3 Heatsetdruck	Deutliche Zusatzkosten	10%; Weitgehend umgesetzt, automatischer Trend bei Neuinvestitionen
		8 t	160-4 Endlosdruck	Deutliche Zusatzkosten	15%; teilw. Branchentrend bei Neuinvestitionen
Installation gekapselter Teilwaschanlagen	48 t	48 t	110-5 Zeitungsdruck	Gering, vielfach selbsttragend	30%; Installationsaufwand

[Ökopool 1999]

Eine Addition der einzelnen Minderungsbeiträge zu einem Gesamtminderungspotential ist nicht möglich, da es sich vielfach um alternative Maßnahmen handelt bzw. bei der Kombination verschiedener Maßnahmen jeweils nur kleinere Minderungsbeiträge zu erreichen sind. Dies gilt insbesondere für die Umstellung auf höhersiedende (VOC-arme bzw. VOC-freie) Reinigungsmittel³⁰ und die sorgfältigere Handhabung der (derzeit) eingesetzten Reinigungsmittel.

Wird aus den Maßnahmen die mit geringem Zusatzaufwand erschließbar sind sowie den Maßnahmen, die aufgrund anderer Anpassungstrends (z.B. Reduzierung der Rüstzeiten) in der Branche weitgehend automatisch ablaufen ein realistisches Maßnahmenmix gebildet, so ergibt sich in den nächsten 10 Jahren eine mögliche VOC-Reduzierungen von ca. 9.000 t/a.

Die wesentlichen Anteile dieses Reduzierungspotentials liegen im Bereich der Reinigungsmittelsubstitution und der Reinigungsmittelhandhabung. Zur Erschließung dieser weniger im investiven als im organisatorischen Bereich liegenden Potentiale sind insbesondere eine offensive Informationspolitik über die Möglichkeiten der Reinigungsmittelsubstitution sowie eine umfassende Qualifizierung und Motivation der Druckereimitarbeiter notwendig.

4.3.3 Emissionsminderung bei der Isopropanol-Feuchtung

Ogleich nur in einem Teil der Offset-Druckverfahren Isopropanol als Hilfsmittel dem Wischwasser für die Feuchtung beigegeben wird, stellt dieser weitestgehend umweltoffene VOC-Einsatz mit Gesamtemissionen von ca. 16.300 t/a einen sehr gravierenden Anteil an den Gesamtbranchenemissionen (ca. 30%).

³⁰ Da die Umstellung auf hochsiedende A III-Reinigungsmittel (Flammpunkt ca. 90°C) technisch und handhabungsbezogen weniger aufwendig ist, wird derzeit bei der Substitution leichtsiedender Mittel häufig auf derartige gewechselt.

Da die Feuchtung im Offsetdruck unmittelbarer Bestandteil des Druckprozesses ist, und das Druckergebnis sehr labil auf Veränderungen im Farb-Wassergleichgewicht reagiert, sind die Minderungsmöglichkeiten hier regelmäßig vor der Prämisse des möglichst störungsarmen Funktionierens der Gesamtproduktion zu betrachten.

Tabelle 15: Minderungspotentiale bei Isopropanol-Emissionen aus dem Offsetdruck

Maßnahme	max. ges.	max. einz.	Masch.-Konst. (Maßn.Nr.)	Ökonomischer Aufwand	Max. zusätzlicher Umsetzungsgrad / Hemmnisse
IPA-Reduzierung (ohne Technik)	3.359 t	2.062 t	121-7 Mittel-/großform. Bogenoffsetdruck	Meist selbsttragend	100%; Steigende Anforderungen an die Sorgfalt der MA
		93 t	122-8 Kleinformatiger Bogenoffsetdruck	Meist selbsttragend	50% (bezogen auf IPA-Feuchtwerke); Steigende Anforderungen an die Sorgfalt der MA
		1.204 t	150-5 Heatsetdruck	Meist selbsttragend	100%; Steigende Anforderungen an die Sorgfalt der MA
Genaue IPA-Messung und -Dosierung	3.445 t	1.547 t	121-8a/b Mittel-/großform. Bogenoffsetdruck	Gering, teilweise selbsttragend	100%; Steigende Anforderungen an die Sorgfalt der MA
		93 t	122-9 Kleinformatiger Bogenoffsetdruck	Deutlicher Zusatzaufwand	50% (bezogen auf IPA-Feuchtwerke); Vergleichsweise aufwendige Technik f. Kleinbetriebe
		1.805 t	150-6a/b Heatsetdruck	Meist selbsttragend	100%; Steigende Anforderungen an die Sorgfalt der MA
Ersatzstoffeinsatz und angepaßte Maschinenteknik	3.445 t	1.547 t	121-9a-c Mittel-/großform. Bogenoffsetdruck	Gering, nicht selbsttragend	100%; Hoher einzelfallbezogener technischer Anpassungsbedarf
		93 t	122-10a-c Kleinformatiger Bogenoffsetdruck	Mittlerer Zusatzaufwand	50% (bezogen auf IPA-Feuchtwerke); Hoher einzelfallbezogener technischer Anpassungsbedarf
		1.805 t	150-7a-e Heatsetdruck	Mittlerer bis deutlicher Zusatzaufwand	100%; Hoher einzelfallbezogener technischer Anpassungsbedarf kaum Systemlösungen
Umstellung auf Wasserlosoffset	1.044 t	631 t	121-5 Mittel-/großform. Bogenoffsetdruck	Deutlicher Zusatzaufwand	8%; Mangelnde Markteinführung, reduzierte Produktionsflexibilität
		52 t	122-5 Kleinformatiger Bogenoffsetdruck	Mittlerer Zusatzaufwand	6%; Mangelnde Markteinführung, reduzierte Produktionsflexibilität
		361 t	150-4 Heatsetdruck	Deutlicher Zusatzaufwand	5%; Mangelnde Markteinführung, reduzierte Produktionsflexibilität
Einbau IPA-freier Feuchtwerke	403 t	193 t	121-6 Mittel-/großform. Bogenoffsetdruck	Für Modellmaschine nicht quantifizierbar	3%; in dieser Formatklasse bislang nur technische Lösungen für einen kleinen Maschinenanteil
		209 t	122-6 Kleinformatiger Bogenoffsetdruck	Deutlicher Zusatzaufwand	25%; Investitionsaufwand bei nachträglicher Umstellung
Digitaldruck	105 t	105 t	122-7 Kleinformatiger	Deutlicher	13% (bezogen auf IPA-

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

Maßnahme	max. ges.	max. einz.	Masch.-Konst. (Maßn.Nr.)	Ökonomischer Aufwand	Max. zusätzlicher Umsetzungsgrad / Hemmnisse
			Bogenoffsetdruck	Zusatzaufwand	Feuchtwerke; eingegrenzter Anwendungsbereich

[Ökopol 1999]

Die drei erstgenannten, mengenrelevanten Minderungsmaßnahmen sind hier additiv aufgebaut. Dabei wird davon ausgegangen, dass vom derzeitigen Einsatzniveau gesehen mit jedem der Reduzierungsschritte Isopropanolreduzierungen von ca. 3-5% durchgeführt werden können.³¹ Innerhalb der zweiten und dritten Minderungsstufe gibt es dabei teilweise bis zu vier verschiedene technische Alternativen, die einzeln oder in Kombination zum Einsatz kommen können.³² Die gewählte Reihenfolge der Maßnahmen zur Isopropanolminderung ist technologisch nicht determiniert. Bei der hier dargestellten Stufung steigt der finanzielle und technische Aufwand von Reduzierungsstufe zu Reduzierungsstufe.

Unabhängig von der im Einzelfall gewählten Maßnahmenkombination sinkt die Stabilität des Druckprozesses mit abnehmender Isopropanol-Konzentration. Wenngleich es einzelne Anwendungen und Pilotmaschinen gibt, die vollständig ohne Isopropanol arbeiten ist davon auszugehen, dass beim derzeitigen technologischen Stand abhängig von den konkreten Produkthanforderungen ein gewisser Rest-Isopropanolanteil für die Aufrechterhaltung der Produktionssicherheit notwendig bleibt.

Dieser Wert läßt sich allerdings nicht branchenweit definieren, sondern kann nur das Ergebnis der Einzeloptimierungen sein.³³ Die anderen benannten Maßnahmen vermeiden den Isopropanol-Einsatz in einzelnen Anwendungsbereichen vollständig und können somit nur sehr begrenzt additiv zu den vorgenannten Verminderungsmaßnahmen hinzugezogen werden. Aus den angeführten Gründen läßt sich das Gesamtminderungspotential im Bereich der Isopropanolfeuchtung nur grob abschätzen. Es liegt in den nächsten 10 Jahren bei ≤ 10.000 t/a.

Dieses Minderungspotential läßt sich über einen Mix aus verschiedenen Umsetzungsstrategien erschließen. Hierzu zählt einerseits die breite Streuung von Informationen über die praktischen Möglichkeiten und Vorteile der Isopropanolreduzierung. Zum anderen sind die additiven technischen

³¹ Die in den einzelnen Maschinenkonstellationen exakt angesetzten Werte sind den Detailbeschreibungen im Anlagen-Band I zu entnehmen.

³² Z.B. den Einsatz von Isopropanol Ersatzstoffen, die Verwendung hydrophiler Walzenbezüge sowie die Installation einer Farbwärmeabfuhr. Für die detailliertere Beschreibung der Prozesse siehe Anlagen-Band I.

³³ Die Erfahrungen aus der Schweiz, wo im Vorfeld der Einführung der Lösemittelabgabe u.a. vielfältige Bemühungen zur Absenkung des Isopropanolverbrauches unternommen werden, zeigen, dass durch eine sorgfältigere Organisation (wie das häufigere Kontrollieren der Anlagen und der Dosierungen, die bessere Reinigung der Feuchtsysteme u.ä.) die ggf. durch technische Maßnahmen unterstützt werden (in der Schweiz spielt insbesondere die Wasseraufbereitung aber auch die exaktere Meßtechnik eine Rolle) über eine Vielzahl von Anlagen Werte von $< 5\%$ Isopropanol-Gehalt erreicht werden können. pers. com Kaltenbach J., Basel, Okt. 99

Minderungsmaßnahmen weiterzuentwickeln und bei sinkenden Preisen in ihrer Praxistauglichkeit weiter zu verbessern. Schlußendlich sollten die Druckmaschinen- und Farbhersteller ihrer Herstellerverantwortung in Hinblick auf eine technologische Weiterentwicklung des gesamten Druckmaschinen-Systems wahrnehmen, mit dem Ziel mittelfristig eine vollständige Isopropanol-Vermeidung realisieren zu können.

Insbesondere bei den kleinen und Kleinstbetrieben können darüberhinaus entsprechende finanzielle Förderprogramme die breite Umsetzung der Minderungsmaßnahmen sinnvoll unterstützen. Gerade diese Betriebsgruppe ist im derzeitigen Strukturwandel der Branche vor tiefgreifende Anpassungsanforderungen gestellt und hat damit nur geringe finanzielle Spielräume, um nicht unmittelbar produktionsrelevante Verbesserungsmaßnahmen durchzuführen.

4.3.4 Emissionsminderung bei der Maschinenreinigung im Verpackungsdruck

Die Maschinenreinigung im Verpackungsdruck trägt mit ca. 3.800 t/a zur Gesamtemission der Druckbranche bei (ca. 7%). Der Gesamtprozess ist wie im Offsetdruck in eine größere Zahl von Teilprozessen untergliedert, die teilweise sehr maschinenspezifisch sind. Aufgrund der sehr viel größeren Vielfalt an Bedruckstoffarten und Farbprezepturen kommen allerdings deutlich mehr unterschiedliche Reinigungsmittel zum Einsatz als beim Druck der grafischen Erzeugnisse (im Offsetdruck). Aus diesem Grund müssen insbesondere Substitutionsbemühungen in Richtung auf VOC-ärmere Alternativmittel einzelfallbezogen auf ihre stoffliche „Passung“ zu den anderen Einsatzstoffen geprüft werden. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass bislang fast ausschließlich mit den Lösemitteln gereinigt wird, die Bestandteil der jeweiligen Farbprezepturen sind. Dies hat den Vorteil, dass z.B. bei Zwischenreinigungen Reinigungsmiteleinträge in die Farbsysteme schadlos bleiben. Aus den benannten Problemen haben stoffliche Alternativen bislang praktisch keine Mengenbedeutung bei der Maschinenreinigung erlangt.³⁴

Damit beschränken sich die übergreifend anzuführenden Minderungsmaßnahmen weitestgehend auf einen sorgfältigeren Umgang mit den VOC-haltigen Hilfsmitteln im Betriebsalltag³⁵ sowie auf Prozeßoptimierungen. Gerade im Bereich der Teilereinigung lassen sich zusätzlich auch technische Emissionsminderungsmaßnahmen ergreifen.

³⁴ Im Rahmen der durchgeführten 10 Jahresprognose wurden derartigen Stoffsubstitutionen dennoch ein, wenn auch geringer, Mengenanteil eingeräumt.

³⁵ Hierunter fällt eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen des sorgfältigen Umgangs, wie z.B. die Sicherstellung des Verschlusszustandes von VOC-Behältern, eine möglichst nicht umweltschädliche Aufbewahrung von benutzten Putztüchern, der sparsame Reinigereinsatz bei flächigen Verunreinigungen im Maschinenumfeld u.a.m..

Tabelle 16: Minderungspotentiale bei der Maschinenreinigung im Verpackungsdruck

Maßnahme	max. ges.	max. einz.	Masch.-Konst. (Maßn.Nr.)	Ökonomischer Aufwand	Max. zusätzlicher Umsetzungsgrad / Hemmnisse
Verbesserte Handhabung	1.489 t	654 t	311-1 Verpackungstiefdruck lösemittel-basiert	Gering, meist selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
		177	312-1 Verpackungstiefdruck wasserbasiert	meist selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
		262	321-1 Verpackungsflexodruck lösemittelbas.	Gering, meist selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
		177 t	322-1 Verpackungsflexodruck wasserbasiert	Gering, meist selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
Einsatz VOC-armer Reinigungsmittel	61 t	65 t	311-2 Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	Deutliche Zusatzkosten	2%; Kaum geeignete Mitteln, Einsatzprobleme , Materialverträglichkeit
		17 t	321-3 Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	Deutliche Zusatzkosten	2%; Kaum geeignete Mitteln, Einsatzprobleme , Materialverträglichkeit
Waschplatz + Teilwaschanlage an ARA anschließen	255 t	245 t	311-4 Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	Geringer Zusatzaufwand	25%; Abhängig vom ARA-Konzept und den installierten Kapazitäten
		10 t	321-6 Verpackungsflexodruck lösemittelbas.	Geringer Zusatzaufwand	25%; Abhängig vom ARA-Konzept und den installierten Kapazitäten
Einsatz optimierter Teilwaschanlagen	114 t	82 t	311-3 Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	Geringer Zusatzaufwand	15%; Investitionsmittelbedarf
		33 t	321-5 Verpackungsflexodruck lösemittelbas.	Mittlerer Zusatzaufwand	15%; Investitionsmittelbedarf
Einsatz von Laugen-Teilwaschanlagen	87 t	87 t	321-1 Verpackungsflexodruck lösemittelbas.	Mittlerer Zusatzaufwand	20%; Investitionsmittelbedarf, Materialverträglichkeitstests notwendig
automatische Wascheinrichtung	16 t	16 t	321-4 Verpackungsflexodruck lösemittelbas.	Deutlicher Zusatzaufwand	15%; Investitionskosten, aber automatischer Trend beim Anlagenaustausch

[Ökopol 1999]

Wie erkennbar ist, liegen auch hier die wesentlichen Minderungspotentiale eher im Bereich der sorgfältigeren Handhabung als bei technischen Minderungsmaßnahmen. Die technischen Maßnahmen stellen teilweise Alternativlösungen dar, so dass nicht aufaddiert werden kann. Das Gesamtinderungspotential liegt in diesem Bereich bei ca. 1.800 t/a.

4.3.5 Emissionsminderung beim Farb- und Lackauftrag im Verpackungsdruck

Mit Emissionen von 12.253 t/a trägt der Farb- und Lackauftrag aus dem Verpackungsdruck ebenfalls relevant zu den Gesamtemissionen der Branche bei (ca. 23%). Aufgrund des hohen Durchsatz

an Farben und Lacken bei gleichzeitig hohen Anteilen leichtflüchtiger VOC in den lösemittelbasierten Farb- und Lacksystemen führen bereits kleinere Verluste in den Handhabungs- und Anwendungsprozessen zu diesen Gesamtemissionen. Bei Anlagen, die überwiegend wasserbasierte Farbsysteme verarbeiten, tragen die VOC-Gehalte in diesen Farbsystemen trotz ihrer vergleichsweise deutlich geringeren VOC-Anteile relevant zu den Gesamtemissionen bei, da diese Anlagen nicht mit Abluftreinigungsanlagen ausgestattet sind. Die fehlenden Abluftreinigungsanlagen sind um so mehr relevant, als teilweise auch lösemittelbasierte Lacksysteme oder Spezialfarben in derartigen Anlagen verarbeitet werden.

Neben Optimierungen in der Handhabung und bei den technischen Prozessen der Erfassung und Zerstörung der flüchtigen Emissionen kommt (dennoch) die grundlegende Umstellungen auf VOC-arme (wasserbasierte) und VOC-freie (UV-trocknende) Farbsysteme als Minderungsmaßnahmen in Betracht.

Derartige Farbsystemänderungen sind allerdings nur in begrenzten Anwendungsfällen möglich. Dies liegt in den jeweils sehr spezifischen Anforderungen der verschiedenen Produkte begründet. So lassen sich z.B. nicht-saugende Bedruckstoffe nur eingeschränkt mit wasserbasierenden Farbsystemen bedrucken. Weitere Einschränkungen ergeben sich aus den verschiedensten geforderten „Echtheiten“ gegenüber Umwelt- bzw. Füllguteinflüssen. Insofern ist bei Substitutionsüberlegungen jeweils eine Einzelfallprüfung der Produktpalette hinsichtlich der Farbsystemeignung notwendig.³⁶

Der UV-Farbeneinsatz stößt insbesondere beim Verpackungstiefdruck derzeit noch auf enge technologische Grenzen³⁷, die einen breiten Praxiseinsatz bislang verhindern.

Im Gegensatz zu den anderen betrachteten Hauptemissionsprozessen spielen im Bereich des Farb- und Lackauftrages die technischen Minderungsmöglichkeiten eine bedeutendere Rolle. Insbesondere die Verbesserung der Kapselung und Absaugung an den Maschinen selbst kann hier zu relevanten Emissionsentlastungen führen.

Weitere Minderungspotentiale bestehen theoretisch in der Umstellung von lösemittel- auf wasser- oder UV-basierte Farbsysteme. Hierbei sind im Einzelfall jedoch eine Vielzahl produktbezogener Einschränkungen zu beachten, so dass die Substitutionsmöglichkeiten bereits weitgehend ausgeschöpft sind. Aus diesem Grund sind hier höhere Marktanteile der VOC-armen/-freien Alternativen nur im Zuge der technologischen Weiterentwicklung der Farbsysteme zu erwarten, die das jeweilige Anwendungsspektrum erweitern würden.

³⁶ Aus den benannten Gründe wurde im Rahmen der Minderungsberechnungen ein Umstellungspotential von maximal 10% der derzeit lösemittelbasierten Produktionsmenge in bei den Hauptdruckverfahren angenommen.

Tabelle 17: Minderungspotentiale beim Farb- und Lackauftrag im Verpackungsdruck

Maßnahme	max. ges.	max. einz.	Masch.-Konst. (Maßn.Nr.)	Ökonomischer Aufwand	Max. zusätzlicher Umsetzungsgrad / Hemmnisse
Sorgfältigere Handhabung	1.227 t	654 t	311-7 Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	teilweise selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
		191 t	312-2 Verpackungstiefdruck wasserbasiert	Gering, teilweise selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
		280 t	321-9 Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	Gering, teilweise selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
		86 t	322-2 Verpackungsflexodruck wasserbasiert	Gering, teilweise selbsttragend	100%; fehlende Mitarbeitermotivation, -qualifizierung, Zeitdruck
Umstellung auf UV-Farbsystem	587 t	335 t	311 - 5 Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	Geringer / mittlerer Zusatzaufwand	5%; Technologische Probleme, eingeschränkter Produktbereich
		252 t	321 - 7 Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	Mittlerer Zusatzaufwand	9%; Technologische Probleme, eingeschränkter Produktbereich
Umstellung auf wasserbasiertes Farbsystem	664 t	471 t	311 - 6 Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	Geringer / mittlerer Zusatzaufwand	20%; Qualitative Probleme, eingeschränkter Produktbereich
		193 t	321 - 8 Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	Mittlerer Zusatzaufwand	20%; Qualitative Probleme, eingeschränkter Produktbereich
verrohrte Lösemittelzufuhr	152 t	107 t	311 - 8 Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	Mittlerer Zusatzaufwand	40%; Installationsaufwand bei Altanlagen ⇒ automatischer Trend bei Neuanlagen
		45 t	321 – 10 Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	Mittlerer Zusatzaufwand	40%; Installationsaufwand bei Altanlagen ⇒ automatischer Trend bei Neuanlagen
verbesserte Kapselung	1.354 t	750 t	311 – 9 Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	Mittlerer Zusatzaufwand	21%; Installationsaufwand bei Altanlagen ⇒ automatischer Trend bei Neuanlagen
		604 t	321 – 11 Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	Mittlerer Zusatzaufwand	40%; Installationsaufwand bei Altanlagen ⇒ automatischer Trend bei Neuanlagen
regelungstechnische ARA-Optimierung	6 t	3 t	311 – 10 Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	Geringer Zusatzaufwand	10%; Investitions- und Installationsaufwand ⇒ automatischer Trend bei Neuanlagen

37 Diese liegen u.a. in der für den schnellaufenden Tiefdruck zu hohen Viskosität von UV-Farbsystemen sowie im Reflexionsverhalten insbesondere von Farben mit hohem Weißanteil begründet. Für den Tiefdruck wurde deshalb in der 10 Jahresprognose nur ein maximal erreichbarer Marktanteil von 5% gegenüber 10% im Flexodruck angesetzt.

Maßnahme	max. ges.	max. einz.	Masch.-Konst. (Maßn.Nr.)	Ökonomischer Aufwand	Max. zusätzlicher Umsetzungsgrad / Hemmnisse
		3 t	321 –12 Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	Mittlerer Zusatzaufwand	15%; Investitions- und Installationsaufwand ⇒ automatischer Trend bei Neuanlagen

[Ökopol 1999]

Im Bereich der sorgfältigeren Handhabung, die auch in diesem VOC-Anwendungsbereich ein deutliches Minderungspotential ermöglicht, sind insbesondere die Sicherstellung des Verschleißzustandes der diversen Bereitstellungs- und Vorratsbehälter, aber auch der Zufuhrsysteme direkt an den Maschinen zu benennen. Daneben treten relevante Emissionen bei der händischen Viskositätseinstellung der Farben sowie bei der Handhabung von Überfarbmengen in den Maschinenbehältern nach Produktionsende auf, die im Rahmen des sorgfältigen Umgangs reduziert werden können.

Da die angeführten Minderungsmöglichkeiten, weitestgehend additiv betrachtet werden können, ergibt sich ein Gesamtminderungspotential von ca. 3.900 t/a.

4.3.6 Emissionsminderung im Siebdruck

Mit insgesamt 2.427 t/a trägt der Siebdruck (ohne die im Rahmen dieser Untersuchung nicht berücksichtigten Sonderdruckverfahren wie Tapetendruck oder Textildruck) nur untergeordnet zu den Gesamtemissionen der Branche bei (ca. 4,6%). Allerdings weist er die höchsten spezifischen VOC-Einsätze und VOC-Emissionen bezogen auf die verdruckte Farbe von allen Druckverfahren auf (vergl. Kapitel 3.3).

Aufgrund der Inhomogenität sowohl der Verarbeitungsprozesse als auch der eingesetzten VOC-haltigen Stoffe gibt es in diesem Bereich praktisch keine verallgemeinerbaren mengenrelevanten Minderungsmöglichkeiten. Unter Bezug auf einzelne Anlagen wurde im Rahmen dieser Untersuchung abgeschätzt, dass sich durch eine sorgfältigere Handhabung der VOC-haltigen Einsatzstoffe ca. 30% der gesamten Emissionen vermeiden lassen. Dies entspricht einer VOC-Minderung von ca. **730 t/a**. Diese sorgfältigere Handhabung kann durch verschiedenste Maßnahmen, wie etwa den Einsatz gekapselter Reinigungsanlagen, die Umstellung auf UV-basierte Farbsysteme oder die Installation von Biofiltern für die Abluftreinigung unterstützt werden. Die spezifischen Vermeidungskosten für derartige Maßnahmen liegen in Anbetracht der meist sehr kleinen Siebdruckanlagen vielfach allerdings sehr hoch. Aus diesem Grund sollte vorrangig auf organisatorische Verbesserungen (gute Handhabungspraxis) abgezielt werden.

4.3.7 Gesamtsicht der VOC-Minderungsmöglichkeiten

Bei der Zusammenfassung der Emissionsminderungspotentiale der verschiedenen Hauptemissionsprozesse der deutschen Druckindustrie zeigt sich das in Tabelle 18 dargestellte Gesamtbild.

Tabelle 18: Minderungspotentiale der Hauptemissionsprozesse

Haupt-Emissionsprozesse	Minderungs- Potential [ca. t/a]		
	EG VOC-RL Anlagen ³⁸	Nicht-EG VOC-RL Anlagen	Gesamt
Illustrationstiefdruck - Gesamtsystem	1.500	-	1.500
Offsetdruck - Maschinenreinigung	1.200	7.800	9.000
Offsetdruck - Isopropanolfeuchtung	4.800	5.200	10.000
Verpackungsdruck - Reinigungsprozesse	1.720	80	1.800
Verpackungsdruck - Farb- und Lackauftrag	3.750	150	3.900
Siebdruck - Gesamtsystem	-	730	730
Gesamt	12.970	13.960	26.930

[ÖKOPOL 1999]

Im Rahmen der durchgeführten 10-Jahresprognose ließen sich demnach die VOC-Emissionen aus der deutschen Druckindustrie von ca. 53.293 t/a (Bezugsjahr 1997) um 50% auf ca. 26.363 t/a reduzieren. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um eine Summation der maximalen Erwartungswerte in den einzelnen Minderungsbereichen handelt. Dabei entfällt der kleinere Teil dieses Minderungspotentials auf Anlagen die in den Geltungsbereich der EG VOC-RL fallen (EG VOC-RL Anlagen).³⁹ Außerdem ist zu beachten, dass insbesondere das letzte Viertel dieser Minderungs Menge nur mit deutlich sinkendem Grenznutzen der eingesetzten Finanzmittel erschließbar ist.

Während gerade bei den ersten 50% der möglichen Minderungs Menge teilweise ökonomisch selbsttragende Prozesse vorzufinden sind, erreichen die Grenzkosten bei den fortgeschrittenen Minderungsbemühungen Werte von $\gg 10.000 \text{ DM/t}_{\text{vermiedener VOC}}$. Ein Teil dieser unter dem Blickwinkel der Emissionminderung sehr unökonomischen Maßnahmen wird im Prognosezeitraum dennoch umgesetzt, insbesondere soweit es sich um effizienzsteigernde und damit stückkostensenkende Automatisierungsmaßnahmen von Hilfsprozessen handelt. Als Beispiel sei hier die Installation automatischer Gummituchwanchanlagen in Zeitungsrotationen benannt, die unter reinen Emissionsschutzaspekten einen Grenznutzen von $> 800.000 \text{ DM/t}_{\text{vermiedener VOC}}$ aufweisen.

Megenmäßig dominieren Minderungsmaßnahmen, die in den Bereichen der organisatorischen und handhabungsbezogenen Optimierung sowie bei der Hilfsstoffsubstitution ansetzen. Diese Maßnahmen weisen fast durchweg eine vergleichsweise hohe Kosteneffizienz auf. Die wesentlichen Umsetzungshemmnisse liegen hier vorrangig im Bereich „weicher“ Faktoren. Zu ihrer erfolgreichen Realisierung müssen breite Beschäftigtenkreise sowohl über veränderte Anwendungskennnisse als

³⁸ Anlagen, die sowohl in die Tätigkeitsbereiche des Anhang I als auch oberhalb der Mengenschwellen des Anhang IIA liegen.

³⁹ Bezüglich der Minderungswirkung der EG VOC-RL selbst vergl. die Abschätzungen in den Tabellen 20-22 im Kapitel 4.3.7

auch über die notwendige Motivation zur Handhabungsänderung verfügen. Die im Rahmen der Kostenabschätzung angesetzten Schulungs- und Unterweisungsmaßnahmen können hier sicherlich nur ein Teil der notwendigen Rahmenbedingungen sichern. Doch bereits zur Durchführung der kalkulierten Qualifizierungsmaßnahmen bestünde ein Bedarf an fachlich und didaktisch kompetenten Instruktoren, der deutlich über die derzeit verfügbaren Kapazitäten hinausreicht. Daneben besteht in diesen Bereichen das grundlegende Problem, wie die Beschäftigten bei der Vielzahl der Kleinbetriebe der Branche (> 10.000 Betriebe mit < 20 MA) erreicht werden können.

Mangelnde Umsetzungskennntnisse bestehen allerdings nicht nur auf der Ebene der Produktionsmitarbeiter. Trotz der bereits seit mehreren Jahren laufenden Brancheninitiative "Emissionsarmes Drucken" sind auch auf der Ebenen der Leitungsfunktionen immer wieder Defizite im Hinblick auf den erreichten technisch-stofflichen Stand der Minderungsmöglichkeiten zu konstatieren. Eine Forführung der entsprechenden Informationsmaßnahmen der Berufsgenossenschaft, der Gewerbeaufsicht, der Verbände und der Hersteller ist deshalb unbedingt notwendig. Darüber hinaus ist nach zusätzlichen Möglichkeiten zu suchen, wie das Wissen über fortgeschrittene Maßnahmen der Emissionsminderung verbreitet werden kann, so dass es auch die Mitarbeiter in den nicht verbandsgebundenen Betrieben und in Kleinbetrieben erreicht (vergl. hierzu auch das Kapitel 6 Empfehlungen).

Bei den anlagentechnischen Minderungsmaßnahmen zeigt die ökonomische Bewertung häufig, dass der Aufwand für Nachrüstungen überproportional groß ist. Realistischerweise kann die Umsetzung von derartigen Minderungsmöglichkeiten somit vielfach erst im Rahmen des Anlagenaustausches erfolgen. Bei durchschnittlichen Maschinennutzungsdauern von ca. 15 bis 20 Jahren sind damit mittlere Marktdurchdringungszeiten von 8 – 9 Jahren anzusetzen.

4.4 Zusammenfassung der Minderungswirkung verschiedener Ansätze

4.4.1 Minderungsanforderungen der Emissionsgrenzwerte des Anhang IIA

Wie die Auswertung in Kapitel 3.4 zeigt, erfaßt die EG VOC-RL insbesondere aufgrund der Beschränkung auf bestimmte Tätigkeitsbereiche nur ca. 62,5% der gesamten VOC-Emissionen aus dem untersuchten Bereich der Druckindustrie.⁴⁰ Nur in diesem Bereich kann die Richtlinie somit prinzipiell eine Minderungswirkung besitzen. Die materiellen Emissionsstandards der Richtlinie ergeben sich aus den Zahlenwerten im Anhang II A. Die Tabelle 19 zeigt diese Anforderungen für die untersuchten Maschinenkonstellationen.

Tabelle 19: Emissionsanforderungen der EG VOC-RL im Bereich der Drucktätigkeiten

Maschinenkonstellation	Nr.	Mengenschwelle [t VOC-Einsatz /a]	Emissionsgrenzwert im Abgas [mg C/Nm ³]	Grenzwert für diffuse Emissionen [% eingesetzter VOC]
Illustrations-Tiefdruck	60	-	75	10 (bzw. 15 bei bestehenden Anlagen)
Heatset-Rollenoffset	150	15 – 25	100	30
		> 25	20	30
Verpackungsdruckverfahren	311, 312, 321, 322	15 – 25	100	25
		> 25	100	20

[Ökopol 99 / EG VOC-RL, 99]

Da die Anforderungen der EG VOC-RL an die gefaßten Emissionen je nach Art der jeweiligen Lösemittel zwischen 30 und 50% oberhalb der Emissionsgrenzwerte der deutschen TA-Luft⁴¹ liegen, ist hier kaum ein zusätzlicher Minderungseffekt zu erwarten. Änderungen könnten sich nur dort ergeben, wo die TA-Luft bislang nicht vollzogen wurde. Dies ist im Druckbereich nur in wenigen Bereichen bei vergleichsweise kleinen Anlagen der Fall.

Die Anforderungen des Anhang IIA sollen im Normalfall auf einzelne Anlagen angewendet bzw. dort umgesetzt werden. Um eine Orientierung über die Wirkungseffekte dieser Regelungen zu erhalten, werden sie im folgenden jeweils auf die Gesamtheit der Anlagen in den gebildeten Maschinenkonstellationen angewendet. Die Tabelle 20 weist den Minderungseffekt einer vollständigen Ausstattung aller Anlagen, die unter die EG VOC-RL fallen mit ARA aus (Minderungsanforderung I). Dabei wurde auf die im Kapitel 3.4 abgeschätzte Reichweite der Richtlinie zurückgegriffen.⁴²

Neben dem Emissionsgrenzwert enthält der Anhang IIA der EG VOC-RL als weitere materielle Anforderung für die Druckverfahren einen Höchstanteil der diffusen Emissionen am gesamten VOC-Einsatz in die Anlagen. Wie sich im Rahmen der im Kapitel 3.3 dokumentierten Datenermittlung zeigt, liegen viele Betriebe derzeit oberhalb der definierten Werte.⁴³ In der Theorie läßt sich nun anhand der Differenz zwischen den tatsächlichen derzeitigen diffusen Emissionen und den nach Anhang IIA zulässigen Höchstanteilen eine Minderungsanforderung durch die EG VOC-RL errechnen. Dies ist allerdings aus zwei Gründen nicht unproblematisch:

⁴⁰ Die Mengenschwelen spielen dagegen eine sehr untergeordnete Bedeutung wie die Tabelle 10 in Kapitel 3.4 zeigt.

⁴¹ Dies liegt an den unterschiedlichen Bezugsgrößen. In der TA-Luft (Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“, Stand 27. Februar 1986) sind die Emissionsgrenzwerte im Gegensatz zur EG VOC-RL als mg_{stoff}/Nm³ definiert.

⁴² Vergl. hierzu insbesondere die Tabelle 10

⁴³ Vergl. hierzu insbesondere die Tabelle 6

1. Beim Höchstwert für die diffusen Emissionen handelt es sich um eine relative Angabe, die nichts über das absolute quantitative Niveau der Emissionen aussagt. Wird z.B. ein leichtsiedendes Reinigungsmittel in einer Druckanlage gegen einen Hochsieder ausgetauscht, so sinken unzweifelhaft die absoluten (diffusen) Emissionen. Da aber auch der VOC-Input in die Anlage sinkt muß nicht notwendigerweise auch der Wert für den Anteil der diffusen Emissionen sinken.
2. Problematisch ist der diffuse Grenzwert auch in Anlagen, die nicht über eine ARA verfügen. So wird sich z.B. bei einer wasserbasierten Flexodruckanlage selbst bei weitestgehender Reduktion aller VOC-Inputs immer noch ein Anteil der diffusen Emissionen von > 90% ergeben, da neben dem Abfall keine anderen Austragspfade als die diffusen Emissionen für die VOC existieren.

Unter den benannten Einschränkungen läßt sich dennoch auch eine Minderungsanforderung der Beschränkung der diffusen Emissionen (Minderung II) bestimmen. In Tabelle 20 sind die Minderungsanforderungen I und II für die verschiedenen Maschinenkonstellationen dargestellt und zu einer Gesamt-Minderungsanforderung zusammen addiert.

Tabelle 20: Minderungsanforderungen bei Anwendung der Emissionsgrenzwerte nach Anhang IIA (Minderungen kursiv gesetzt)

Maschinenkonstellation	Ausstattungsgrad		Minderung I [t _{voc} /a]	Diffuse Emissionen		Minderung II [t _{voc} /a]	Gesamt VOC-Minderung [t _{voc} /a]	
	IST	SOLL		IST	SOLL ⁴⁴			
Illustrations-Tiefdruck	100%	100%	0 t/a	2,7%	10%	0 t/a	0 t/a	0,0%
Heatset-Rollenoffset	98%	100%	256 t/a	39,7%	30%	2.160 t/a	2.416 t/a	26,9%
Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	90%	100%	2.107 t/a	24,1%	20%	1.377 t/a	3.484 t/a	39,3%
Verpackungstiefdruck wasserbasiert				99,3%	20%	<i>2.575 t/a</i>	<i>2.575 t/a</i>	<i>79,8%</i>
Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	85%	90%	477 t/a	23,6%	20%	494 t/a	971 t/a	26,5%
Verpackungsflexodruck wasserbasiert				67,8%	20%	<i>1.022 t/a</i>	<i>1.022 t/a</i>	<i>70,5%</i>
Gesamt:			2.840 t/a			4.031 t/a <i>7.628 t/a</i>	6.871 t/a 10.468 t/a	20,1% 31,1%

[Ökopol 99 / EG VOC-RL, 99]

⁴⁴ Für die Verpackungsdruckverfahren wurde im Rahmen dieser Maximalabschätzung durchgehend der Höchstwert von 20% angesetzt. Dies ist notwendig, da keine belastbare Datenbasis für den Mengenanteil der Anlagen mit einem VOC-Einsatz zwischen 15 – 25 t/a verfügbar ist.

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

Unter Ausgrenzung der kursiv gesetzten Minderungsanforderungen im Bereich der wasserbasierten Verpackungsdruckverfahren, die in ihrer Berechnung wie angeführt nicht ganz unproblematisch sind, ergibt sich eine maximale Gesamt-Minderungsanforderung von 6.871 t/a. Dies sind ca. 19,6% der branchenweiten Emissionen in den untersuchten Druckverfahren bzw. ca. 31,1% bezogen auf die Gesamtemissionen der von der EG VOC-RL erfaßten Anlagen.

Bezogen auf diese EG VOC-RL Anlagen liegt diese Minderungsanforderung etwas unterhalb der Minderungspotentiale nach der erstellten 10 Jahresprognose (vergl. Tabelle 18). Allerdings liegen die Schwerpunkte der Minderung in sehr unterschiedlichen Bereichen. Während nach der 10 Jahresprognose z.B. deutliche Minderungspotentiale von bis zu 6.000 t/a im Bereich der Maschinenkonstellation Heatsetdruck liegen, stellt die EG VOC-RL hier lediglich Minderungsanforderungen von ca. 2.400 t/a. Im Verpackungsdruckbereich stellt sich die Situation entgegengesetzt dar.

4.4.2 Minderungsanforderungen der Reduzierungspläne des Anhang IIB

Neben den Emissionsanforderungen im Anhang IIA definiert die EG VOC-RL im Anhang IIB Anforderungen an einen Reduzierungsplan. Auch dieser soll im Normalfall auf eine einzelne konkrete Anlage angewendet werden. Die folgende Tabelle 21 zeigt welche Minderungsanforderungen sich beim pauschalen Ansatz eines solchen Reduzierungsplanes gemäß Anhang IIB der EG VOC-RL auf die gesamten Maschinenkonstellationen ergeben würden.

Tabelle 21: Minderungsanforderungen der Anwendung eines Reduzierungsplanes nach Anhang IIB (Minderungen kursiv gesetzt)

Maschinen-Konstellation	Festkörper	Faktor 1	Faktor 2	IST-Stand	Zielwert bis 2005 ⁴⁵	Zielwert bis 2007 ⁴⁶
	Anteil [Gew. %]	Nach ⁴⁷	Nach ⁴⁸		Minderung %	Minderung %
	Festkörper [t/a]			VOC-Emission [t/a]	VOC-Emission [t/a]	VOC-Emission [t/a]
Illustrations-Tiefdruck	50,0% 44.900	4	15%	7.802	40.410	26.940
Heatset-Rollenoffset ⁴⁹	70,0% 28.560	Kein Wert	35%	8.975		
Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	40,0% 8.908	4	25%	8.868	13.361	8.908
Verpackungstiefdruck wasserbasiert	40,0% 6.963	4	25%	3.225	10.445	6.963
Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	40,0% 4.411	4	25%	3.299	6.616	4.411
Verpackungsflexodruck wasserbasiert	40,0% 3.600	4	25%	1.088	5.400	3.600
theoretisch mögliche Emissionen				33.257	76.225	50.818
Minderung					0	0

[ÖKOPOL 1999]

Die vorstehende Auswertung zeigt, dass sich aus einer Umsetzung des Reduzierungsplanes nach den Anforderungen des Anhang IIB der EG VOC-RL weder im Zwischenziel für das Jahr 2005 noch im Endziel für das Jahr 2007 Minderungen gegenüber dem derzeitigen Stand (1997) ergeben würden.

Somit erfüllt der Reduzierungsplan in dieser Form auch nicht die in der EG VOC-RL formulierte materielle Mindestanforderung,⁵⁰ dass sich aus seiner Umsetzung die gleichen Emissionsminderungen wie beim Ansatz der Emissionsgrenzwerte des Anhang IIA ergeben.

⁴⁵ für Neuanlagen bereits bis 31.10.2001

⁴⁶ für Neuanlagen bereits bis 31.10.2004

⁴⁷ nach Anhang II B, 2, ii,b der EG VOC-RL

⁴⁸ nach Anhang II B, 2, ii,c in Verbindung mit Anhang II A der EG VOC-RL

⁴⁹ Da für den Heatsetdruck im Anhang II B, 2, ii,b der EG VOC-RL keine Multiplikationsfaktoren enthalten sind, wurde er aus dieser Rechnung herausgenommen

⁵⁰ vergl. Anhang IIB 1

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

Aus diesem Grund wird im Rahmen der Umsetzung der EG VOC-RL in bundesdeutsches Recht über eine Anpassung der Multiplikationsfaktoren des Anhang IIB an den Stand der Emissionsminderung in den Tätigkeitsbereichen des Anhang IIA geprüft.⁵¹

Für den hier betrachteten Bereich der Druckanlagen sind dabei Multiplikationsfaktoren von 2,5 in der Diskussion.⁵² Die Auswirkungen einer derartigen Anpassung des Anhang IIA werden in Tabelle 22 aufgezeigt.

Tabelle 22: Minderungsanforderungen bei Anwendung eines angepaßten Reduzierungsplanes (Minderungen kursiv gesetzt)

Maschinen-Konstellation	Festkörper in Farbe + Lack	Faktor 1	Faktor 2	IST-Stand	Zielwert bis 2005	Zielwert bis 2007
	Anteil [Gew. %]				Minderung %	
	Festkörper [t/a]	VOC-Emission [t/a]	VOC-Emission [t/a]	VOC-Emission [t/a]		
Illustrations-Tiefdruck	50,0% 44.900	2,5	15%	7.802	25.256	16.838
Heatset-Rollenoffset ⁵³	70,0% 28.560	0,65	35%	8.975	9.746	27,6% 6.497
Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	40,0% 8.908	2,5	25%	8.868	5,8% 8.351	37,2% 5.567
Verpackungstiefdruck wasserbasiert	40,0% 6.963	2,5	25%	3.225	6.528	4.352
Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	40,0% 4.411	2,5	25%	3.299	4.135	24,8% 2.757
Verpackungsflexodruck wasserbasiert	40,0% 3.600	2,5	25%	1.088	3.375	2.250
theoretisch mögliche Emissionen				33.257	57.388	36.761
<i>Minderung</i>					1,5% 517	19,9% 6.686

[ÖKOPOL 1999]

Der in der vorstehenden Form modifizierte Reduzierungsplan führt kurzfristig (bis 2001/2005) nur zu geringen Minderungen. Erst in der zweiten Stufe (bis 2004/2007) werden relevante Minderungen von ca. 20% erreicht, die in etwa in gleicher Größenordnung wie bei der Anwendung der An-

⁵¹ Dieses Vorgehen ist im Anhang II B Pkt. 2, ii, b insofern angelegt als dort ausgeführt wird: „die zuständigen Behörden, können eine Anpassung dieser Faktoren auf einzelne Anlagen vornehmen, um dem nachgewiesenen erhöhten Wirkungsgrad beim Einsatz von Feststoffen Rechnung zu tragen.“

⁵² Die verwendeten Multiplikatoren wurden dem Entwurf des UBA für die Umsetzung der EG VOC-RL in deutsches Recht vom 20.9.99 entnommen

forderungen des Anhang IIA liegen (vergl. Tabelle 20).⁵⁴ Die Minderungsschwerpunkte unterscheiden sich allerdings.

4.4.3 Abgleich der Minderungsanforderungen und der Minderungspotentiale

In Tabelle 23 wurde der Versuch unternommen, die verschiedenen Minderungsschwerpunkte, der 10 Jahresprognose der Minderungspotentiale, der Anforderungen des Anhang IIA und der Anforderungen eines Reduzierungsplanes nach Anhang IIB EG VOC-RL nochmals zusammenfassend gegenüberzustellen. Aufgrund der bereits mehrfach angeführten Problematik einer derart pauschalen Zusammenstellung von Einzelanlagen bezogenen auf Anforderungen und Potentialen, kann es sich hierbei ausdrücklich nur um eine Orientierungshilfe handeln.

Tabelle 23: Summarische Auswertung der Minderungspotentiale und der Minderungsanforderungen in EG VOC-RL Anlagen (Minderungen kursiv)

EG VOC-RL Anlagen	IST-Stand	VOC-Minderung in [t/a] und [% von IST]			
		Minderungspotential 10 Jahresprognose	Minderungsanforderung nach Anhang IIA	Minderungsanforderung nach angepaßt. Anhang IIB ⁵⁵	
Maschinenkonstellationen	ÖKOPOL – Datenbasis 99				
Illustrations-Tiefdruck	7.802	1.500 19,2%	-	-	
Heatset-Rollenoffset	8.975	6.000 66,9%	2.416 26,9%	2.478 27,6%	
Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	8.868	3.240 36,5%	3.484 39,3%	3.301 37,2%	
Verpackungstiefdruck wasserbasiert	3.225	580 17,9%	<i>(2.575 79,8%)</i>	-	
Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	3.299	1.460 44,3%	971 29,4%	908 27,5%	
Verpackungsflexodruck wasserbasiert	1.088	190 17,5%	<i>(1.022 93,9%)</i>	-	
Gesamt	33.257	12.970 39,0%	6.871 20,7%	6.686 20,1%	
Zum Vergleich: Nicht-EG VOC-RL Anlagen	20.035	13.960 69,8%			

[ÖKOPOL 1999]

Die vorstehende Auswertung zeigt auf zwei Ebenen deutliche Ergebnisse:

⁵³ Für den Heatset-Druck wurde von den Gutachter mit 0,65 ein eigener Minderungsfaktor angesetzt, der sich in seiner Wirkung an den Minderungseffekten des Anhang IIA orientiert (vergl. Tab. 20)

⁵⁴ Dies gilt, wenn der wie vorstehend ausgeführt problematisch zu berechnende Minderungseffekt bei den wasserbasierten Verpackungsdruckverfahren ausgeblendet wird.

⁵⁵ Mit den Multiplikatoren aus dem Entwurf des UBA für die Umsetzung der EG VOC-RL in deutsches Recht vom 20.9.99, sowie unter Ansatz des zusätzlichen Multiplikators von 0,65 für den Heatsetdruck

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

1. Beim Abgleich der Minderungsanforderungen nach Anhang IIA und Anhang IIB EG VOC-RL wird erkennbar, dass die im Entwurf des Umweltbundesamtes zur Umsetzung der VOC-Richtlinie in deutsches Recht vorgenommene Anpassung der Multiplikatoren zur Errechnung der Bezugs- und Zielemissionen von Reduzierungsplänen nach Anhang IIB⁵⁶ an den erreichten Emissionsminderungsstandard sinnvoll und notwendig ist. Sie stellt sicher, dass der in der Richtlinie formulierten Grundsatz der Gleichwertigkeit der beiden Instrumente „Erfüllung der Emissionsminderungsstandards nach Anhang IIA“ oder aber „Durchführung eines VOC-Reduzierungsplanes nach Anhang IIB“ eingehalten wird.
2. Bei Abgleich der Minderungspotentiale mit den Minderungsanforderungen wird deutlich, dass die Anforderungen der EG VOC-RL prinzipiell umsetzbar sind. Während im Bereich des Heatsetdrucks die Minderungspotentiale größer sind als die Minderungsanforderungen der EG VOC-RL, liegen die Potentiale und die Minderungsanforderungen in den Maschinenkonstellationen lösemittelbasierter Verpackungstiefdruck und Verpackungsflexodruck dichter beieinander.

Auffälligkeiten finden sich in den wasserbasierten Verpackungsdruckverfahren. Hier wären einerseits die Anforderungen nach Anhang IIA deutlich höher als die im Rahmen dieser Untersuchung identifizierten Minderungspotentiale und andererseits ergeben sich auch beim angepassten Reduzierungsplan keine Anforderungen aus diesem Instrument. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass der Anhang IIA in diesem Bereich aufgrund der bereits angeführten Probleme bei der Bewertung und Begrenzung der diffusen Emissionen aus diesen nicht mit ARA ausgestatteten Anlagen nicht praktikabel umsetzbar ist. Um auch hier zu sinnvollen und vollziehbaren Minderungsanforderungen zu gelangen und die bestehenden Minderungspotentiale zu erschließen, wäre ggf. eine weitere Anpassung des Reduzierungsplans nach Anhang IIB zielführend. Aufgrund der nicht uneingeschränkt repräsentativen VOC-Datenbasis für diesen Bereich sollten im Vorfeld einer entsprechenden Modifikation der Multiplikatoren allerdings noch gezielt weitere Datenermittlungen durchgeführt werden, um eine fundierte Absicherung für einen solchen Schrittes zu erlangen.

4.4.4 Fazit aus der Abschätzung der Minderungswirkungen der verschiedenen Ansätze

Dem im politischen Raum definierten Umwelthandlungsziel, die VOC-Emissionen von um ca. 80% bezogen auf 1990⁵⁷ zu reduzieren, stehen im Bereich der Lösemittelanwendung in der Druckindustrie nach der durchgeführten 10-Jahresprognose Minderungspotentiale von ca. 50% gegenüber.

⁵⁶ Die Multiplikatoren beschreiben in sehr komprimierter Form die VOC-Effizienz des Feststoffauftrages der verschiedenen Druckverfahren. Hier fließt der erreichte Stand der produkt- und anlagenbezogenen Minderungstechnik ein.

⁵⁷ vergl. hierzu die Ausführungen im Kapitel 1.3

Ein direkter Vergleich beider Zahlenwerte ist problematisch, da für das Jahr 1990 keine gleichermaßen detaillierte Datenbasis verfügbar ist, wie sie im Rahmen des durchgeführten Vorhabens ermittelt werden konnte. Das Umwelthandlungsziel erscheint aber grundsätzlich erreichbar, wenn davon ausgegangen wird, dass die in älteren Untersuchungen durchgeführten Emissionsabschätzungen für die Druckindustrie, mit Werte von ca. 70.000 t/a für den Bezugsraum 1989-91⁵⁸, ausreichend belastbar sind.

Selbst eine vollständige Umsetzung der Anforderungen der EG VOC-RL in ihrer derzeitigen Form würde die branchenweiten VOC-Emissionen um maximal 12,9 % vermindern. Dies liegt insbesondere darin begründet, dass nur ca. 62,5% dieser Emissionen aus Anlagen resultieren, die in den Geltungsbereich der Richtlinie fallen. Während im Bereich der EG-VOL-RL Anlagen relevante Anteile der verfügbaren VOC-Minderungspotentiale durch die Umsetzung der Richtlinie erschlossen werden können, werden bedeutende Minderungs-Potentiale in den Nicht EG-VOC-RL Anlagen nicht erfaßt (Vergl. insbesondere die Tabelle 23).

Soll das benannte Umwelthandlungsziel in der Druckbranche realisiert werden, so ist es unverzichtbar, dass diese Minderungspotentiale in den Nicht EG VOC-RL Anlagen ebenfalls erschlossen werden. Theoretisch wäre dies durch eine Ausweitung der Regelungen der EG VOC-RL auf weitere Tätigkeitsbereiche⁵⁹ möglich. Aufgrund der sehr kleinteiligen Struktur dieser zusätzlichen Tätigkeitsbereiche (vergl. Tabelle 11 im Kapitel 3.4), wäre allerdings ein sinnvoller ordnungsrechtlicher Vollzug einer entsprechenden Verordnung kaum denkbar.

Aus diesem Grund empfehlen die Gutachter die folgenden Maßnahmen:

- Abschluß einer Zielvereinbarung mit der Branche über die Umsetzung einer summarischen VOC-Reduktion in Höhe von 40-50% in den nächsten 10 Jahren mit konkret terminierten und quantifizierten Meilensteinen. Die jeweilige Zielerreichung sollte durch ein entsprechendes Monitoring transparent gemacht werden
- Prüfung von Vermarktungs- und Verwendungsbeschränkungen leichtsiedender Hilfsstoffe (z.B. von A I-Reinigern) als flankierende Maßnahmen im Bereich der sehr kleinen, auch für die Branchenorganisationen selbst nur schwer erreichbaren Anlagen.

⁵⁸ vergl. hierzu die Ausführungen im Kapitel 1.4

⁵⁹ Durch eine Ausweitung auf die Tätigkeitsbereiche Bogenoffsetdruck, Zeitungsoffsetdruck und Nicht-Rotationssiebdruck wäre der größte Teil der Branchenemissionen erfaßt.

5. Praktische Umsetzung der EG VOC-Richtlinie

5.1 Allgemein

Bei den Betriebskontakten, die sich im Rahmen der VOC-Bestandsaufnahme im Sommer 1998 ergaben, zeigte sich, dass die Existenz der EG VOC-RL nur wenigen Praktikern bekannt war. Selbst bei den Mitarbeitern der zumeist größeren Druckereien, die bereits über die kommende gesetzlichen Regelung informiert waren, bestand zumeist größere Unsicherheit über den konkreten Regelungsansatz und -umfang der Richtlinie.

Ein ähnliches Bild zeigte sich auch bei den Herstellerbefragungen. Während es bei den großen Farb- und Maschinenherstellern jeweils einige Experten mit guten Detailkenntnissen über den Stand der gesetzlichen Regelungsdiskussion gab und gibt, zeigten sich bei den Reinigungsmittelformulierern und anderen Hilfstofflieferanten große Informationsdefizite. Im Bereich des grafischen Fachhandels war, wie auch bei den Druck-Betrieben selbst, praktisch keine Vorkenntnis über die kommenden Anforderungen vorzufinden.

Diese Informationsdefizite sind u.a. deshalb bemerkenswert, als dass es gerade im Bereich des grafischen Drucks durch den Bundesverband Druck und andere Institutionen in der Vergangenheit eine Reihe von Publikationen in der Fachpresse und Vorträge auf Branchentagungen zu dieser Thematik gab.

Auf der anderen Seite bestätigt die vorgefundene Situation die Einschätzung der Gutachter, dass die überwiegend klein- und mittelständisch strukturierten Druckereien angesichts der Flut der umweltrechtlichen Regelungen eher reaktiv mit sich ändernden rechtlichen Rahmenanforderungen umgehen. Proaktives Handeln durch eine offensive strategische Ausrichtung auf künftige Anforderungen sind dagegen eher die Ausnahme. Dies ist bei der Bewertung der Umsetzbarkeit von Minderungsmöglichkeiten zu berücksichtigen.

5.2 Anforderungen an die Anlagenbetreiber

5.2.1 Grundlegende Betreiberpflichten

Aus der EG VOC-RL ergeben sich für den Anlagenbetreiber eine Reihe von neuen/zusätzlichen Verpflichtungen. Im folgenden werden die wesentlichen Betreiberpflichten unter Nennung der jeweiligen Passagen aus der Richtlinie aufgelistet:

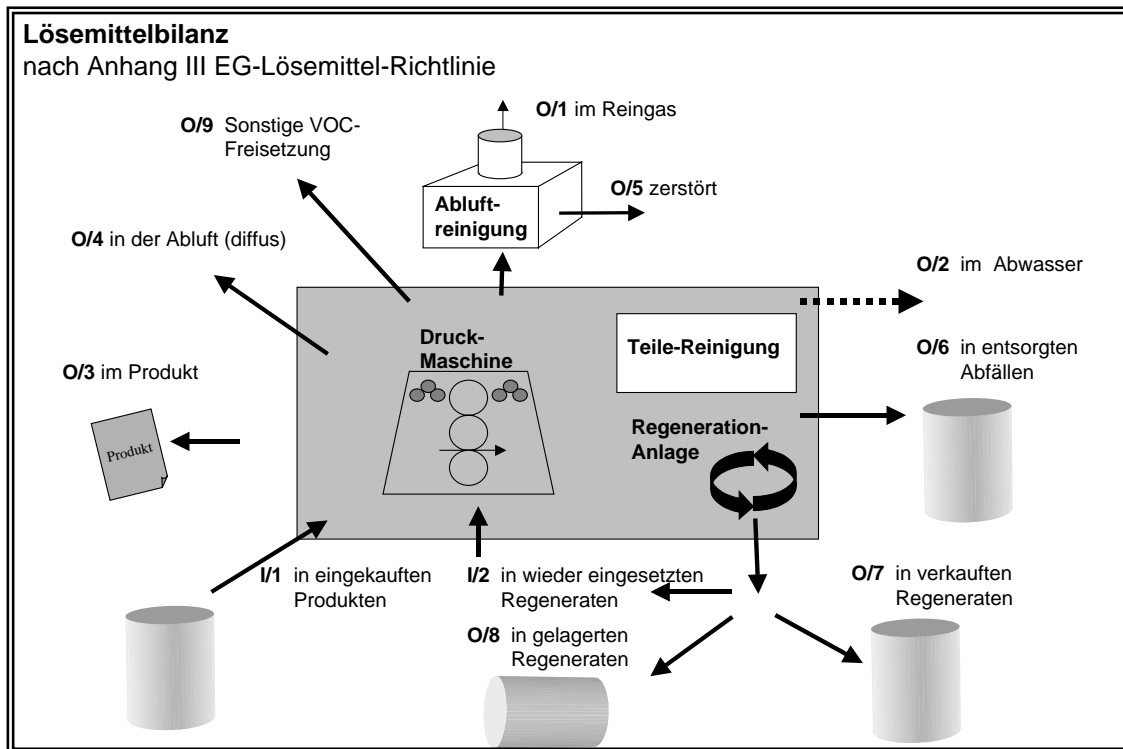
1. 1 mal jährlich sind der Behörde Daten zur Verfügung zu stellen, anhand derer eine Prüfung der Einhaltung der Anforderungen der Richtlinie erfolgen kann. (Artikel 8 , (1)) Dies wird üblicherweise eine „Lösemittelbilanz“ entsprechend Anhang III der EG VOC-RL sein.
2. Ist eine Abgasreinigungsanlage installiert, um die Emissionsgrenzwerte des Anhang IIA einzuhalten, sind kontinuierliche (bei VOC-Massenströmen von > 10kg/h) oder periodische Messungen aus jeweils 3 Einzelmessungen vorzunehmen (Artikel 8, (2), (3) + (4)).
3. Die Emissionsgrenzwerte gelten als eingehalten, wenn:
bei kontinuierlichen Messungen kein 24 Std-Mittel \geq dem Grenzwert ist
und kein Std-Mittel $> 1,5*$ Grenzwert ist;
bei periodischen Messungen der Durchschnitt aller Messungen $<$ dem Grenzwert ist
und kein Std-Mittel $> 1,5*$ Grenzwert ist
(Artikel 9 (3) + (4))
4. Werden die Anforderungen der EG VOC-RL von einer Anlage nicht eingehalten, muß der Betreiber die zuständige Behörde informieren und die erneute Einhaltung der Anforderungen so schnell wie möglich sicherstellen (Artikel 10, a)).
5. Alle Anlagen die in den Geltungsbereich der EG VOC-RL fallen, müssen behördlich registriert (angezeigt) oder genehmigt werden. Bei Altanlagen gilt eine Übergangsfrist bis spätestens 31. 10.2007. (Artikel 3 und Artikel 4).

5.2.2 Aufstellen der Lösemittelbilanz

Die Erstellung von Lösemittelbilanzen nach den Leitlinien des Anhang III der EG VOC-RL stellt eines der zentralen Instrumente zur Dokumentation und Prüfung der Einhaltung der Anforderungen der EG VOC-RL dar. Die Lösemittelbilanz wird für verschiedene Zwecksetzungen verwendet, die im folgenden dargestellt werden.

Da der Anhang III eine Reihe eigener Abkürzungen für die verschiedenen VOC-Input- und Outputpfade verwendet, werden diese Bezeichnungen zunächst anhand eines entsprechenden Bilanzschemas in der Abbildung 7 erläutert.

Abbildung 7: Eckdaten und Nomenklatur einer Lösemittelbilanz gemäß EG VOC-



RL

[ÖKOPOL 1999]

1. Zwecksetzung: Prüfung des Schwellenwertes nach Anhang IIA

Nach Auffassung der Gutachter kann als Bezugsgröße für die Prüfung der Einhaltung der Schwellenwerte gemäß Anhang IIA sinnvollerweise nicht nur die Einkaufsmenge I/1 abzüglich der gelagerten Menge an Regeneraten O/8⁶⁰ (d.h. $C = I/1 - O/8$) sondern die Gesamtmenge der jährlich in der Anlage eingesetzten VOC herangezogen werden (d.h. $C = I/1 + I/2$). Nur so kann sichergestellt werden, dass an gleichartigen Druckanlagen (mit unzweifelhaft gleichen Umweltwirkungen) auch dann die gleichen materialien Anforderungen gestellt werden, wenn z.B. in einer Anlage eine Redestillation für flüssige Lösemittelrückstände aus einer Teilwaschanlage installiert ist, während bei der anderen Anlage die Mittel im Rahmen einer Herstellerrücknahme der Wiederverwendung zugeführt werden. Diese Verbrauchsdefinition gewinnt im Zusammenhang mit der Bildung und Bewertung betrieblicher Effizienzkennzahlen in

⁶⁰ In der Praxis spielt O/8 in Druckbetrieben keine Rolle da nur sehr wenige Anlage über relevante Lagerkapazitäten verfügen

der Druckbranche zunehmend an Bedeutung, da sie den tatsächlichen (ökonomischen) Aufwand des Hilfsstoffeinsatzes im Rahmen der Druckproduktion am sinnvollsten abbildet.⁶¹

Die weitere in der aktuellen Diskussion teilweise angeführte Definition des Verbrauchs als $C = I/1 - (O/6 + O/7 + O/8)$ vermeidet das skizzierte Problem der Verzerrung ebenfalls, führt aber naturgemäß dazu, dass die Verbrauchswerte hier niedriger liegen als bei der im Projektrahmen verwendeten Berechnung.

2. Zwecksetzung: Prüfung des Grenzwertes für diffuse Emissionen

Für die Berechnung des Wertes der diffusen Emissionen eröffnet der Anhang III zwei Wege:

- Die Differenzrechnung: Verbrauch minus alle nicht-diffusen Emissionen oder in der Nomenklatur des Anhang III $F = C - (O/1 + O/5 + O/6 + O/7 + O/8)$
- Die Addition aller als diffus deklarierten VOC-Austragspfade oder $F = O/2 + O/3 + O/4 + O/9$

In der Praxis hat sich sowohl auf einzelbetrieblicher Ebene als auch im Rahmen der Branchenbilanzierung der Weg über die Differenzrechnung als deutlich praktikabler erwiesen, da für die einzelnen „diffusen“ Austragspfade praktisch durchgehend keine belastbaren Daten verfügbar sind.

5.3 Probleme bei der betrieblichen Umsetzung

Wie vorstehend skizziert haben sich bislang erst sehr wenige Betriebe mit den Anforderungen der EG-VOC Richtlinie befaßt. Bei der im Projektrahmen durchgeführten betrieblichen Lösemittelabfrage stellte sich heraus, dass eine detaillierte Zusammenstellung des Lösemittelsatzes und –verbleibs, wie sie im Rahmen von Lösemittelbilanzen notwendig ist, für die allermeisten Druckereien Neuland darstellt. Dies gilt auch für nach BImSchG genehmigte Betriebe, denn auch bei den im Rahmen von Emissionserklärungen zusammengestellten Daten handelt es sich in der Praxis zumeist um Abschätzungen auf vergleichsweise hochaggregierter Ebene, die in Abstimmung mit den Überwachungsbehörden durchgeführt werden.

Bei der Zusammenstellung belastbarer Lösemittelbilanz-Informationen zeigte sich eine Reihe wiederkehrender Probleme. Zum einen handelt es sich um grundlegende Schwächen in den betrieblichen Datenbasen, die die Gutachter bereits bei umfangreichen Detailanalysen in Druckereien in an-

⁶¹ Eine vielfach verwendete Kennzahl ist z.B. die Relation Gesamtreinigungsmittelverbrauch/ Verdruckter Farbe; derartige Kennzahlen werden derzeit u.a. vom Bundesverband Druck im Rahmen eines überbetrieblichen Benchmarkings von Zeitungsdruckbetrieben erhoben.

derem Kontexten feststellten.⁶² Zum anderen gibt es einige lösemittelspezifische Schwierigkeiten. Gegliedert nach diesen beiden Bereichen werden im folgenden diese Probleme zusammenfassend dargestellt.

5.3.1 Grundlegende Materialbilanz-Probleme

- Keine zentrale Verfügbarkeit von Materialdaten
In der Druckindustrie sind aufgrund vielfältiger Besonderheiten der Vormaterialien bislang kaum Materialwirtschaftssysteme im Einsatz. Ausnahmen sind hier die großen Illustrationstiefdruck- und Verpackungsdruckereien. Aus diesem Grund gibt es nur in sehr wenigen Betrieben eine bestehende Datenbasis über Einkauf, Einsatz und Lagerbestand von Vormaterialien und Hilfs- und Betriebsstoffen. Damit läßt sich das VOC-Inventar nicht „auf Knopfdruck“ ermitteln. Vielfach lassen sich derzeit die Gesamteinkaufsmengen der Lösemittel bzw. der lösemittelhaltigen Stoffe pro Periode nur über gezielte Lieferantenabfragen mit ausreichender Genauigkeit ermitteln.
- Unzureichende Kenntnisse über die innerbetrieblichen Materialflüsse
Als weiteres Problem erweist sich vielfach die mangelhafte Datenlage über die innerbetrieblichen Materialflüsse. Dies ist naturgemäß insbesondere bei Materialien, die in unterschiedlichen Anlagenbereichen (z.B. ein Reinigungsmittel, welches sowohl direkt an der Druckmaschine als auch in einer separaten Waschküche verwendet wird) oder in ganz unterschiedlichen Anlagen (z.B. Isopropanolmengen, die einerseits im Bogendruckbereich und andererseits an einer Heatset-Rotation des gleichen Betriebes verwendet werden) zum Einsatz kommen der Fall.
- Fehlende Daten über Lösemittelkreislaufführungen
In den meisten Betrieben bestehen bislang keine Meßdaten oder Aufschreibungen über die Menge der rückgewonnen und wiedereingesetzten Lösemittel. Dies liegt u.a. darin begründet, dass die am Markt befindlichen Standard Redestillations-Anlagen nicht mit Durchflußzählern ausgestattet sind, so daß eine einfache Mengenkontrolle technisch nicht möglich ist.

5.3.2 Lösemittelbilanz spezifische Probleme

- Fehlende VOC-Angaben bei den Einsatzstoffen
Die Anlagenbetreiber sind bei der Erstellung von VOC-Bilanzen darauf angewiesen, dass sie relativ problemlos die VOC-Anteile (in Gew.%) in den verschiedenen Einsatzstoffen ermitteln können. Bislang gestaltet sich diese Aufgabe schwierig, da in den Produktinformationen und

⁶² Vergl. Hierzu u.a.: Jepsen, D. et.al: "Abfall- und Materialflußcontrolling in mittelständischen Druckereien – Kooperationsprojekt in der niedersächsischen Druckindustrie", Gutachten der ÖKOPOL GmbH im Auftrag des niedersächsischen Umweltmini-

Datensicherheitsblättern keine derartigen Angaben enthalten sind.⁶³ Auch die Informationen zum Dampfdruck werden in verschiedenen Einheiten angegeben, so dass hier jeweils Umrechnungen notwendig werden.

- Fehlende Dichte-Umrechnungen

Praktisch alle Liefer- und Rechnungsdaten, die Bestandsdaten in betrieblichen Einkaufs- oder Materialwirtschaftssystemen sowie mittels Durchflußzählern oder Füllstandsanzeigern bestimmten Verbrauchsdaten liegen in Liter vor. Sämtliche Schwellen und Bilanzangaben in der VOC-Verordnung sind dagegen in Tonnen also als Massenangaben ausgewiesen bzw. sollen in diesen Einheiten angegeben werden. Nur in den wenigsten Betrieben wurden bislang entsprechende Dichtenumrechnungen vorgenommen bzw. sind die entsprechenden Dichteschlüssel überhaupt bekannt. Bei fast allen den Gutachtern bekannten bisherigen Abschätzungen durch Betriebspraktiker wurden 1 zu 1 Umrechnungen vorgenommen. Bei Dichten zwischen 0,72-0,98 kg/l für druckereitypische Lösemittel ergeben sich hier relevante Fehler.

- Fehlende Informationen über den VOC-Gehalt in den Abfällen

Die im Rahmen der betrieblichen Lösemittelbilanz nach Anhang III EG VOC-RL als O/6 benötigten VOC-Austräge über die entsorgten Abfälle lassen sich in der Praxis nur sehr schwer bestimmen. Unabhängig von den allgemeinen Problemen der exakten Massenbestimmungen bei der Abfallentsorgung sind bei üblichen Abfallgemischen z.B. Reinigungsrückständen mit Farb-, Lösemittel- und Wasseranteilen keine belastbaren Daten über die Mengenanteile der Einzelfraktionen verfügbar und erst recht keine Informationen über die Restlösemittelgehalte der meist über längere Zeit offen gehandhabten und teilweise auch länger offen gelagerten Stoffe. Neben der vorstehend behandelten Frage der VOC-Gehalte in den zur Entsorgung bereitgestellten Abfällen, ist es jeweils problematisch welche VOC-Anteile aus den Abfallsammelbehältern (diffus) in die Umgebungsluft emittieren. Hier spielt der Verschlußzustand der Sammelbehälter eine Rolle⁶⁴ sowie die Art der Abfälle. Gerade mit Lösemitteln beladene Putztücher oder Gewebepapier⁶⁵ weisen je nach Struktur des Gewebes und nach Art der Packung ein sehr unterschiedliches Diffusionsverhalten auf.

- Fehlende Informationen über VOC-Gehalte im Abwasser

Auch die über den Abwasserpfad ausgetragenen Lösemittelanteile wurden bislang in den meisten Betrieben nicht bestimmt oder bilanziert. Gerade bei der Maschinenreinigung mit Wasser

steriums, Hamburg/Hannover 1999

⁶³ Seit Mitte 1999 sind hier allerdings erste Veränderungen festzustellen. So weisen die Sicherheitsdatenblätter der Druckfarbenhersteller für lösemittelbasierte Farbsysteme zunehmend entsprechende VOC-Gehalte explizit aus.

⁶⁴ vergl. hierzu das Minderungspotential einer sorgfältigeren Handhabung in den Kapiteln 4.3.2, 4.3.3 sowie 4.3.4.

⁶⁵ Derartige Polyester-Baumwollmischgewebepapier kommen teilweise in automatischen Gummituchwaschanlagen im Offsetdruck zum Einsatz.

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

und bei der Säuberung von lösemittelhaltigen Anlagenteilen (z.B. den Feuchtsystemen von Offsetmaschinen) sind relevante Austräge festzustellen. Durch die in Vorbereitung befindliche Verabschiedung eines Anhangs 56“Druckereiabwässer“ zur Indirekteinleiterverordnung wird dieses Problem voraussichtlich etwas an Bedeutung verlieren, da dort Grenzwerte für den Mineralölgehalt der Abwässer definiert werden.

- Lückenhafte Bestimmung der VOC-Restgehalte in den Produkten

Der Rest-VOC-Gehalt in den Produkten (O/3) kann in der Praxis ebenfalls nur abgeschätzt werden, da er sehr stark vom konkreten Druckprodukt abhängig ist und dementsprechend im Jahresverlauf deutlich schwankt. Beeinflußt wird er neben dem verwendeten Farbsystem von der Bedruckstoffart (mehr oder minder saugend) von der Flächendeckung des Druckbildes sowie vom Aufbau der aufgetragenen Farb- und Lackschichten (z.B. mehr oder weniger diffusionsmindernde Abdecklacke). Die VOC-Restgehalte lassen sich damit rechnerisch nur grob abschätzen und müssen für ihre exakte Bestimmung gemessen werden. Außer bei Produkten für die kundenseitig entsprechende Anforderungen definiert werden⁶⁶, finden solche kostenaufwendige Messungen in der Praxis kaum statt.

Darüberhinaus ist gerade bei der Akzidenz- und einigen Verpackungsproduktionen die Summation der jährlich ausgebrachten Produktmenge mit den entsprechenden Eckdaten (Druckfläche, Farbauftrag, Farbarten, Bedruckstoff) auf Basis der derzeit installierten Auftragsverwaltungs- oder Produktionssteuerungssysteme nicht möglich.

- Unsicherheiten über die VOC-Erfassungsgrade der Abluftanlagen bei Hilfsprozessen

Während es, zumindest bei neueren Abluftreinigungsanlagen, Meßprotokolle über die Erfassungsgrade der über die Farbe in den Druckprozeß eingebrachten VOC und den Erfassungsgrad dieser Mittel durch die Abluftanlage gibt, ist die Datenlage bei den Hilfsprozessen schwieriger. Bereits bei händischen Waschvorgängen am Druckwerk können die Werte je nach Handhabung und je nach Maschinenzustand stark schwanken. Noch problematischer sind weitere Hilfsprozesse, wie z.B. die händische Viskositätseinstellung der Druckfarben neben der Maschine oder aber die Reinigung weiterer nicht druckwerksnaher Maschinenteile.

- Unschärfen bezüglich der Wirkungsgrade der ARA

Gerade bei älteren ARA auf Adsorber-Basis ist der jeweilige Wirkungsgrad nicht exakt bekannt, zumal meist keine kontinuierliche Meßtechnik installiert ist, die über Volumenstrom und Konzentration exakte Auskunft gibt. Hier wird vielfach mit theoretischen Wirkungsgraden gearbeitet, die von den laufenden Anlagen teilweise deutlich unterschritten werden.

⁶⁶ Entsprechende Anforderungen finden sich einerseits insbesondere im Bereich von Lebensmittelverpackungen und andererseits bei einigen hochauflagigen Illustrationstiefdruckprodukten (insbesondere in den skandinavischen Ländern werden mittlerweile nur noch definierte Resttoluol-Gehalte akzeptiert).

5.4 Beispiele für betriebliche Lösemittelbilanzierungen

Die Auswirkung der Umsetzung der EG VOC-RL wird im folgenden an zwei betrieblichen Beispielen der Lösemittelbilanzierung illustriert. Es handelt sich dabei ausdrücklich um exemplarische Darstellungen einzelbetrieblicher Situationen konkreter Druckereien, die sich nicht ohne weiteres auf die gesamten Maschinenkonstellationen übertragen lassen.

5.4.1 Heatset-Betrieb

Kurzbeschreibung des Betriebes

Es handelt sich um den Rollenakzidenz-Bereich eines mittelständischen Druckhauses in dem überwiegend Zeitungsbeilagen mittlerer und höherer Qualität produziert werden.

Installierte Druckanlagen

Es wird auf den in Tabelle 24 dargestellten Druckanlagen und mit den der Tabelle 25 zu entnehmenden Stoffeinsätzen produziert.

Tabelle 24: Installierte Heatset-Anlagen

Anz.	Druckanlage Typ; Baujahr	Format	Zahl der Farbwerke
1 x	MAN-Roland Rotoman;1996	63 cm x 96,5 cm	5 Doppeldruckwerke

Tabelle 25: VOC-relevante Einsatzstoffe

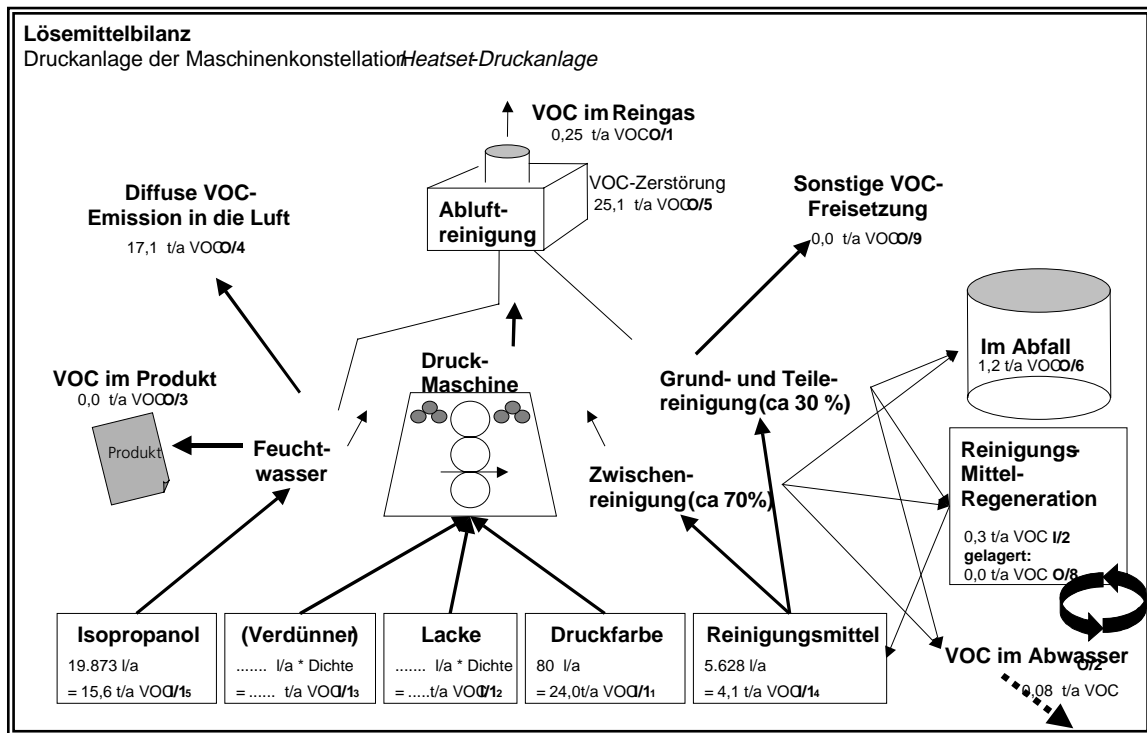
Einsatzstoff	Menge	VOC-Gehalt [durchschn. Gew.%]	VOC-Menge [t/a]
Druckfarben	80,0 [t/a]	30 (bzw. 27)	24 (bzw. 21,6)
Isopropanol	19.873 [l/a]	100	15,6
Reinigungsmittel	5.628 [l/a]	ca. 90	4,1

Mit den vorstehenden Basisangaben und unter Ansatz der in Tabelle 26 dargestellten Prozeßdaten ergibt sich das in Abbildung 8 skizzierte Bilanzschema.

Tabelle 26: Prozeßbedingung

ARA	ARA	ARA	ARA	Abfall	Regenerat	Abwasser	IPA-Gehalt
Zerstörungsgrad	Erfassung Farbe	Erfassung RM	Erfassung IPA	Austrag RM	Rückgew. RM	Austrag IPA	durchschnittlich
99%	98%	7,5%	ca. 10%	29%	7%	0,5 %	15,3% (real)

Abbildung 8: Lösemittelbilanz Heatsetbetrieb



[ÖKOPOL 1999]

Prüfung der Emissionsgrenzwerte und der Anforderungen an die diffusen Emissionen

1. Überschreitung des Schwellenwertes?

Definition des Lösemittelverbrauch als $C = I/1 + I/2$, $C = I/1 - O/8$ oder $C = I/1 - (O/8 + O/7 + O/6)$ im Beispiel: $C = (15,6 + 24,0 + 4,1) + 0,3 = 44,0$ oder $C = (15,6 + 24,0 + 4,1) - 0,0 = 43,7$ oder

$$C = (15,6 + 24,0 + 4,1) - (0,0 + 0,0 + 1,2) = \mathbf{42,5 \text{ t/a}}$$

Er liegt somit in jedem Fall über dem oberen Schwellenwert von 25 t/a

2. Einhaltung des Grenzwertes?

Der Grenzwert für Heatsetanlagen > 25 t/a liegt bei 20 mgC/cbm. Dieser Wert kann mit der installierten TNV gut eingehalten werden.

3. Einhaltung der Obergrenze für diffuse Emissionen?

Die diffusen Emissionen sind definiert als: $F = I/1 - O/1 - O/5 - O/6 - O/7 - O/8$

Im Beispiel ergibt sich: $F = 43,7 - 0,25 - 25,1 - 1,2 - 0,0 - 0,0 = \mathbf{17,2 \text{ t/a}}$

Dieser Wert soll mit dem Input $I = I/1 + I/2$ ins Verhältnis gesetzt werden und 30% nicht überschreiten. Im Beispiel: $F (17,2) / I (44) = \mathbf{39,1\%}$, d.h. der Grenzwert wird deutlich überschritten!

Prüfung der Anforderungen eines Reduzierungsplanes

1. Bestimmung der Bezugsemissionen

Die Bezugsemissionen errechnen sich aus der Masse der Feststoffe in der Farbe x einem Multiplikator aus dem Anhang IIB (für Heatset fehlt dieser Multiplikator, für die anderen Druckverfahren liegt er bei 4)

Im Beispiel: 80 t/a Druckfarbe mit einem durchschn. LM-Gehalt von 30%. \Rightarrow 24 t/a. Davon werden unter den Verfahrensbedingungen im Heizkanal ca. 90% zu VOC \Rightarrow 21,6 t/a.

Die 3% im Druckprodukt verbleibenden LM (hochsiedende Mineralöle) können trotzdem sicherlich nicht als Festkörper gerechnet werden, so dass sich die Bezugsemission als (70% von 80 t/a) x 0,65 zu **36,4 t/a** ergeben.

2. Bestimmung der Zielemissionen bis zum Jahr 2007 (da Altanlage!)

Zur Bestimmung der Zielemissionen bis zum Jahr 2007 ist die Bezugsemission mit dem Grenzwert für die diffusen Emissionen + 5 % zu multiplizieren.

Im Beispiel: $36,4 \text{ t/a} \times (0,30 + 0,05) = \mathbf{12,7 \text{ t/a}}$

3. Bestimmung der Zielemissionen bis zum Jahr 2005 (da Altanlage!)

Zur Bestimmung des Übergangsgrenzwertes wird die Zielemission mit 1,5 multipliziert

Im Beispiel: $12,7 \text{ t/a} \times 1,5 = \mathbf{19,1 \text{ t/a}}$

4. Bestimmung des Minderungsbedarfes

Die derzeitigen Gesamtemissionen liegen mit 17,45 t/a (0,25 t/a gefaßte Emissionen + 17,2 t/a diffuse Emissionen) unterhalb der Zielemissionen für das Jahr 2005 und um ca. **4,8 t/a** oberhalb der Zielemissionen für das Jahr 2007.

Minderungsmaßnahmen

Die zur Erfüllung des Reduzierungsplanes bis 2007 notwendige VOC-Emissionsreduzierung von 4,8 t/a läßt sich bei der betrachteten Anlage besonders effizient durch eine Reduktion des Isopropanolgehaltes im Wischwasser erreichen. Bereits durch eine Reduktion des IPA-Gehaltes um ca. 6% von

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

derzeit 15,3% auf 9% würde eine Verbrauchs- und Emissionverminderung um ca. 40 % bzw. von ca. 5,9 t/a bewirken.

Eine solche IPA-Reduzierung läßt sich teilweise allein durch sorgfältigere Handhabung erreichen (Maßnahme 150-5). Sinnvoll ist zur Unterstützung der Produktionssicherheit allerdings die Installation einer kontinuierlich arbeitenden, exakten IPA-Meßtechnik zur IPA-Dosierung im Wischwasserkreislauf (Maßnahme 150–6a/b). Hierfür wäre ein entsprechende Meßgerät zu installieren. Bei einer Investitionssumme von DM 9.000,- sowie einer AfA von 7 Jahren und einem Literpreis für Isopropanol von 1,20 DM/l würde sich eine Kostenentlastung des Betriebs um ca. 6.060,- DM/a ergeben.

Probleme/offene Fragen bei der Prüfung:

Im Verlauf der durchgeführten betrieblichen Bilanzierung ergaben sich die folgenden Schwierigkeiten:

- Unklare VOC-Definition für den Heatset. Wie ist der VOC-Anteil der Farbe definiert?
- Fehlender Multiplikator im Punkt 2 ii des Anhangs II B, der ersatzweise verwendete Faktor 0,65 liegt allerdings in einer sinnvollen Größenordnung
- Unscharfe Verbrauchsdefinition
- Keine belastbaren betriebliche Daten über den VOC-Anteil im Abfall (O/6) und im Abwasser (O/2)
- Keine belastbaren Daten über IPA- und RM-Erfassung durch die ARA
- Schwierigkeiten bei der Dichteumrechnung, da betrieblich nur Literangaben vorliegen.

5.4.2 Verpackungsdruck-Betrieb

Kurzbeschreibung des Betriebes

Es handelt sich um ein größeres mittelständisches Unternehmen mit 500 Mitarbeitern und 300 Mio. DM Umsatz, in dem mit lösemittelbasierten Farbsystemen im Rotationstiefdruckverfahren Verpackungsfolien bedruckt werden.

Installierte Druckanlagen

Es wird auf den in Tabelle 27 dargestellten Druckanlagen und mit den der Tabelle 28 zu entnehmenden Stoffeinsätzen produziert.

Tabelle 27: Installierte Rotationstiefdruck-Anlagen

Anz.	Druckanlage Typ; Baujahr	Format [cm x cm _{max}]	Zahl der Farbwerke
3 x	Reihen-Tiefdruck Rotationen, 78 - 88	140 x 104	Insgesamt 17 Druckwerke
1 x	Reihen-Tiefdruck Rotationen, 1987	170 x 104	Insgesamt 7 Druckwerke
3 x	Reihen-Tiefdruck Rotationen, 87 - 94	200 x 104	Insgesamt 14 Druckwerke

Tabelle 28: VOC-relevante Einsatzstoffe

Einsatzstoff	Menge	VOC-Gehalt [durchschnittl. Gew.%]	VOC-Menge
Druckfarben	1.169,36 [t/a]	68,8	804,52 [t/a]
Drucklacke	359,23 [t/a]	60,0	215,54 [t/a]
Summe Farben und Lacke	1.528,59 [t/a]	66,7	1.020,06 [t/a]
Verzögerer	0,62 [t/a]	100,0	0,62 [t/a]
Verdünner Ethylacetat	1.074,94 [t/a]	100,0	1.074,94 [t/a]
Ethanol	340,19 [t/a]	100,0	340,19 [t/a]
Spezialbenzin	18,23 [t/a]	100,0	18,23 [t/a]
Ethoxypropanol	14,81 [t/a]	100,0	14,81 [t/a]
n-Butanol	5,08 [t/a]	100,0	5,08 [t/a]
Isopropylacetat	2,21 [t/a]	100,0	2,21 [t/a]
Isopropanol	0,60 [t/a]	100,0	0,60 [t/a]
Summe Verdünner und Verzögerer	1.456,68 [t/a]	100,0	1.456,68 [t/a]
Reinigungsmittel Ethylacetat	268,73 [t/a]	100,0	268,73 [t/a]
Ethanol	85,05 [t/a]	100,0	85,05 [t/a]
Summe Reinigungsmittel	353,78 [t/a]	100,0	353,78 [t/a]
Summe Einsatzstoffe	3.339,05 [t/a]	84,8	2.830,52 [t/a]
Regenerat (Reinigungsmittel) aus verschmutzt. Reinigungsmittel	88,00 [t/a]	100,0	88,00 [t/a]

Tabelle 29: VOC-relevante Abfälle

Abfall	Menge	VOC-Gehalt [durchschnittl. Gew.%]	VOC-Menge
Farben und Lacke	100,00 [t/a]	ca. 66,7	66,70 [t/a]
Lösemittelgemische gesamt	144,00 [t/a]	100,0	144,00 [t/a]
davon Verdünner+Verzögerer	ca. 104,00 [t/a]	100,0	104,00 [t/a]
davon Reinigungsmittel	ca. 40,00 [t/a]	100,0	40,00 [t/a]
Summe Abfälle	244,00 [t/a]	86,3	210,70 [t/a]

In Tabelle 30 werden die spezifischen VOC-Einsatzmengen aufgeführt (bezogen auf den Farbeinsatz von 1.169,36 t/a) und den Durchschnittswerten der Maschinenkonstellation 311 „Lösemittel-basierter Tiefdruck“ gegenüber gestellt (vgl. Tabelle 7). Es wird deutlich, dass der Betrieb überdurchschnittlich hohe Mengen Hilfsstoffe einsetzt (Verdünner, Verzögerer, Reinigungsmittel).

Tabelle 30: VOC-Einsatz im Vergleich mit dem Branchendurchschnitt

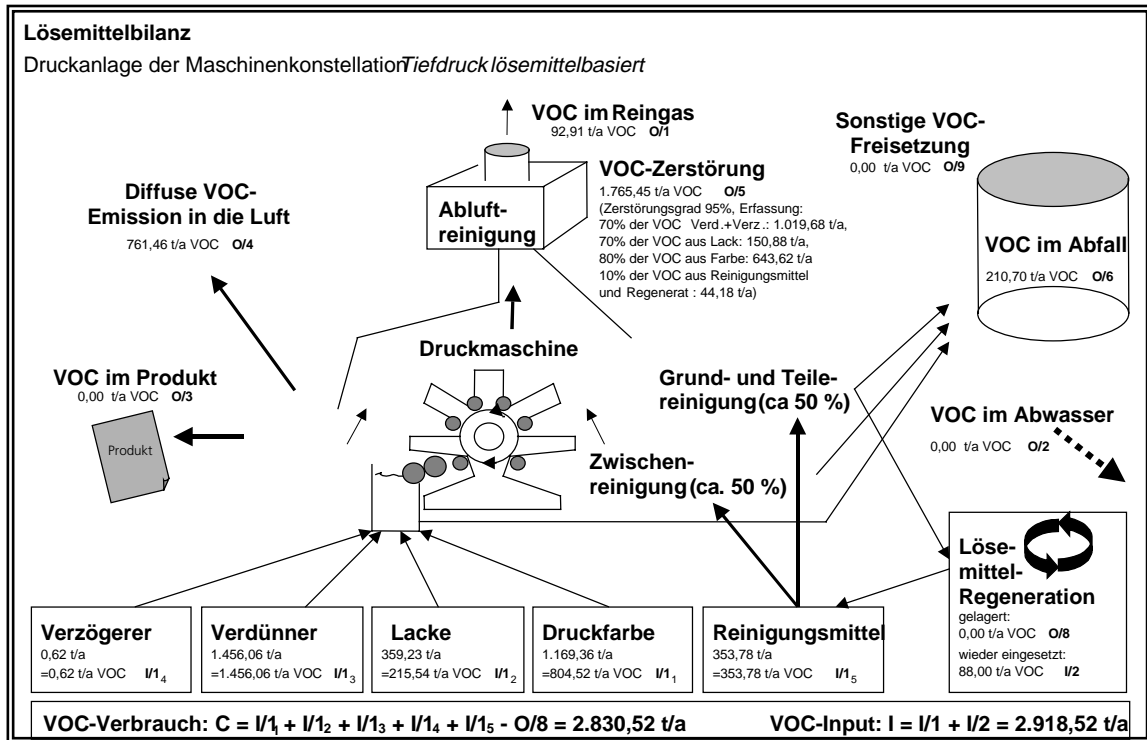
	VOC-Anteil der Farben	spez. VOC-Anteil der Lacke bezogen auf die eingesetzte Farbmenge	spez. VOC-Anteil der Vedünner+Verzögerer bezogen auf die eingesetzte Farbmenge	spez. VOC-Anteil der Reinigungsmittel bezogen auf die eingesetzte Farbmenge
Beispiel- betrieb	68,8%	18,4%	124,6%	37,8%
Durch- schnitt	60,0%	43,4%	101,0%	17,1%

Tabelle 31: Prozeßbedingungen

	Erfassung Farbe	Erfassung Lack	Erfassung Verdünner +Verzög.	Erfassung Reinigungsmittel	Zerstörungsgrad der ARA
Beispiel- betrieb	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Durch- schnitt	80%	70%	70%	10%	95%

Mit den vorstehenden Angaben und unter Ansatz der durchschnittlichen Prozeßdaten von Abluft-reinigungsanlagen in dieser Maschinenkonstellation ergibt sich das folgende Bilanzschema.

Abbildung 9: Lösemittelbilanz Verpackungsdruckbetrieb



[ÖKOPOL 1999]

Prüfung der Emissionsgrenzwerte und der Anforderungen an die diffusen Emissionen

1. Überschreitung des Schwellenwertes?

Die Menge der eingesetzten Lösemittel ist in der EG-Richtlinie definiert als

Verbrauch: $C = I/1 - O/8$ (Anhang III Nr. 4i),

im Beispiel: $C [t/a] = (804,52 + 215,54 + 1.456,06 + 0,62 + 353,78) - 0,00 = \mathbf{2.830,52 [t/a]}$

bzw. als Input $I = I/1 + I/2$ (Anhang III Nr. 4ii)

im Beispiel: $I [t/a] = (804,52 + 215,54 + 1.456,06 + 0,62 + 353,78) + 88,00 = \mathbf{2.918,52 [t/a]}$

Die Menge der eingesetzten Lösemittel liegt somit über dem oberen Schwellenwert von 25 t/a.

2. Einhaltung des Grenzwertes?

Der Grenzwert im Abgas für Rotationstiefdruckanlagen mit einem Lösemittelleinsatz von

> 25 t/a liegt (wenn es sich nicht um Illustrationstiefdruckanlagen handelt) bei 100 mgC/cbm.

Dieser Wert kann mit der installierten Abluftreinigungsanlage gut eingehalten werden.

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

3. Einhaltung der Obergrenze für diffuse Emissionen?

Die diffusen Emissionen sind definiert als: $F = I/1 - O/1 - O/5 - O/6 - O/7 - O/8$

Im Beispiel ergibt sich:

$$F \text{ [t/a]} = (804,52 + 215,54 + 1.456,06 + 0,62 + 353,78) - 92,91 - 1.765,45 - 210,70 - 0,00 =$$

761,46 [t/a]

Dieser Wert F soll mit dem Input ($I = I/1 + I/2$) ins Verhältnis gesetzt werden und 20% nicht überschreiten. Im Beispiel:

$$I \text{ [t/a]} = I/1 + I/2 = (804,52 + 215,54 + 1.456,06 + 0,62 + 353,78) + 88,0 = 2.918,52 \text{ [t/a]}$$

$$F (761,46) / I (2.918,52) = \mathbf{26,1\%}, \text{ d.h. der Grenzwert von 20\% wird deutlich überschritten!}$$

Prüfung der Anforderungen eines Reduzierungsplanes

4. Bestimmung der Bezugsemissionen

Die Bezugsemissionen errechnen sich aus der Masse der Feststoffe in der Farbe multipliziert mit dem Multiplikator aus Anhang II B. Für Rotationstiefdruckverfahren liegt der Wert bei 2,5 (nach Entwurf des Umweltbundesamtes zur Umsetzung der Richtlinie in deutsches Recht).

Im Beispiel: 1.169,36 t/a Druckfarbe mit einem durchschnittlichen Lösemittel-Gehalt von 68,8% ergibt 364,84 t/a Feststoffe. Der Einsatz von 359,23 t/a Drucklack mit einem durchschnittlichen Lösemittelgehalt von 60% ergibt 143,69 t/a Feststoffe. Somit beträgt der gesamte Feststoffeinsatz 508,53 t/a. Aus Feststoffeinsatz und Multiplikator (508,53 t/a x 2,5) ergibt sich ein Wert von **1.271,33 t/a** (Bezugsemission).

5. Bestimmung der Zielemissionen (da es sich um eine Altanlage handelt, ist die Zielemission bis zum 31.10.2007 einzuhalten!)

Zur Bestimmung der Zielemissionen ist der Wert für die Bezugsemission zu multiplizieren mit einem Prozentwert, der sich aus dem Grenzwert für die diffusen Emissionen (20%) zuzüglich 5% ergibt. Im Beispiel: $1.271,33 \text{ t/a} \times (20\% + 5\%) = \mathbf{317,83 \text{ t/a}}$ (Zielemissionen)

6. Bestimmung der Übergangs-Zielemissionen (einzuhalten bis zum Jahr 2005, da Altanlage!)

Zur Bestimmung des Übergangsgrenzwertes wird die Zielemission für das Jahr 2007 mit dem Faktor 1,5 multipliziert.

$$\text{Im Beispiel: Zielemissionen (Übergangswert)} = 317,83 \text{ t/a} \times 1,5 = \mathbf{476,75 \text{ t/a}}$$

7. Bestimmung des Minderungsbedarfes

Die derzeitigen Gesamtemissionen setzen sich aus den gefaßten Emissionen (92,91 t/a) und den diffusen Emissionen (761,46 t/a) zusammen und liegen somit bei **854,37 t/a**, d.h. der

Minderungsbedarf liegt bei 377,62 t/a bis zum 31.10.2005 (Zielemission 476,75 t/a) und bei 536,54 t/a bis zum 31.10.2007 (Zielemission 317,83 t/a).

Minderungsmaßnahmen

In der bestehenden Situation kann der Betreiber verschiedene Wege beschreiten, um die Vorgaben der EG-VOC-Richtlinie zu erfüllen:

- Einerseits kann er durch technische oder organisatorische Maßnahmen gezielt den Anteil der diffusen Emissionen reduzieren, um so die Vorgaben des Anhangs II A zu erfüllen (max. 20% diffuse Emissionen bezogen auf die Menge der eingesetzten Lösemittel).
- Andererseits kann er durch übergreifende Maßnahmen zur effizienteren und emissionsärmeren Lösemittel-Handhabung erreichen, dass die Vorgaben des Reduzierungsplans nach Anhang II B der Richtlinie eingehalten werden (Grenzwert für Gesamtemissionen: max. 20% der Bezugsemissionen, Übergangsgrenzwert für Gesamtemissionen: max. 25% der Bezugsemission).

Im folgenden werden die beiden Möglichkeiten dargestellt.

Unterschreitung des Grenzwertes für diffuse Emissionen nach Anhang II A

Die diffusen Emissionen können besonders effizient gemindert werden, wenn Waschplätze und Waschanlagen an die Abluftreinigungsanlage angeschlossen werden (Maßnahme 311-4). Dadurch können die diffusen Emissionen aus dem Einsatz von Reinigungsmitteln, die bei der Teilereinigung entstehen, deutlich vermindert werden.

Von den eingesetzten Reinigungsmitteln (353,78 t/a) und den Reinigungsmitteln aus der Rückgewinnung (88,00 t/a) werden etwa 50% zur Teilereinigung eingesetzt (220,89 t/a). Der Anschluss der Teilereinigung an die Abluftreinigungsanlage bewirkt hier eine Emissionsminderung von ca. 90%, so dass die Umsetzung der Maßnahme mit einer Minderung der diffusen VOC-Emissionen um 198,80 t/a verbunden ist.

Damit ergibt sich für die diffusen Emissionen nach der Umsetzung der Maßnahme ein Wert von $F = 761,46 - 198,80 = 562,66$ [t/a].

Wird dieser Wert mit dem Input ($I = I/1 + I/2$) ins Verhältnis gesetzt, so ergibt sich im Beispiel:

$F (562,66) / I (2.918,52) = \mathbf{19,3\%}$, d.h. der Grenzwert von 20% aus Anhang II A der Richtlinie wird unterschritten

Die Maßnahme ist mit Investitionskosten von etwa 60.000 DM für die Anschlüsse der Waschplätze bzw. der Teilereinigungsanlage verbunden, so daß dem Betrieb bei einer Abschreibung auf 7 Jahre jährliche Kosten von **8.571 DM/a** entstehen.

Umsetzung des Reduzierungsplanes nach Anhang II B

Bei der Anwendung eines Reduzierungsplans muss der Beispielbetrieb wie oben aufgezeigt bis zum 31.10.2005 den Wert von 476,75 t/a Gesamtemissionen unterschreiten, bis zum 31.10.2007 müssen die Gesamtemissionen weniger als 317,83 t/a betragen.

Ein Teil der VOC-Reduzierung kann dadurch erreicht werden, dass für die beschäftigten Drucker ein Schulungsprogramm zum sorgfältigeren Umgang mit lösemittelhaltigen Einsatzstoffen durchgeführt wird. Durch diese übergreifende Maßnahme kann die Menge der eingesetzten Reinigungsmittel um etwa 30% (Maßnahme 311-1), die Menge der eingesetzten Verdünner und Verzögerer um 20% vermindert werden (vgl. Maßnahme 311-7). Aufgrund des derzeit überdurchschnittlich hohen Verbrauchs werden hier bei der Maßnahmen 311-7 20% Verminderung statt durchschnittlich 10% angesetzt. Somit ergeben sich im Reduzierungsplan die folgenden Werte für diffuse Emissionen:

- 1) Nicht erfaßte VOC-Emission Reinigungsmittel (90%) nach der Reduzierung der Einsatzmenge auf 70%: $353,78 \text{ t/a} \times 70\% \times 90\% = 222,88 \text{ t/a}$. Abzug der VOC aus Reinigungsmitteln im Abfall, die ebenfalls auf 70% reduziert werden: $222,88 - (40,00 \text{ t/a} \times 70\%) = 194,88 \text{ t/a}$.
Diffuse Emission nach Reduzierung der Einsatzmenge um 30%: 194,88 t/a.
- 2) Nicht erfaßte VOC-Emission Verdünner+Verzögerer (30%) nach der Reduzierung der Einsatzmenge auf 80%: $1.456,68 \text{ t/a} \times 80\% \times 30\% = 349,60 \text{ t/a}$. Abzug der VOC aus Verdünner und Verzögerer im Abfall, die ebenfalls auf 80% reduziert werden: $349,60 \text{ t/a} - (104,00 \text{ t/a} \times 80\%) = 266,40 \text{ t/a}$.
Diffuse Emission nach Reduzierung der Einsatzmenge um 20%: 266,40 t/a.
- 3) Nicht erfaßte VOC-Emission Farbe ($804,52 \text{ t/a} \times 20\% = 160,90 \text{ t/a}$) und Lack ($215,54 \text{ t/a} \times 30\% = 64,66 \text{ t/a}$) abzüglich VOC aus Farbe und Lack im Abfall (66,70 t/a): 158,86 t/a.
Diffuse Emission (unverändert): 158,86 t/a.
- 4) Summe der diffusen Emissionen: $194,88 \text{ t/a} + 266,40 \text{ t/a} + 158,86 \text{ t/a} = 620,14 \text{ t/a}$.

Durch die Maßnahme werden die diffusen Emissionen somit von derzeit 771,46 t/a um 20% auf 620,14 t/a reduziert.⁶⁷ Die VOC-Emissionen im Reingas (derzeit 92,91 t/a) werden durch die Maßnahme ebenfalls um diesen Anteil (ca. 20 t/a) reduziert, so dass die Gesamtemissionen etwa 640 t/a betragen. Der Grenzwert für den 31.10.2005 (476,75 t/a) sowie der Grenzwert für den 31.10.2007 (317,83 t/a) werden somit noch übertroffen. Daher muß der Reduzierungsplan die Umsetzung weiterer Maßnahmen enthalten.

⁶⁷ Der Höchstanteil der diffusen Emissionen nach Anhang IIA von 20% würde mit ca. 24% allerdings unverändert deutlich überschritten, da sich neben den diffusen Emissionen auch der VOC-Input in gleicher Weise reduziert hat.

Die Maßnahme ist mit Schulungskosten von 4.000 DM verbunden (Instruktorkosten von 400 DM bei einer 4-stündigen Schulung und 3.600 DM Ausfallkosten für 9 Drucker à 100 DM/h). Somit entstehen dem Betrieb bei einer Wiederholung der Schulung im 3-jährigen Rythmus jährliche Zusatzkosten von 1.333 DM. Dem stehen Einsparungen für den Minderverbrauch von 106,13 t/a Reinigungsmittel (30%) und 291,34 t/a Verdünner/Verzögerer (20%) gegenüber. Bei einer Dichte von 0,78 l/kg entspricht dies einer eingesparten Menge von 509.580 l/a bzw. jährlichen Einsparungen von 835.000 DM (Literpreis für Ethanol ca.1,20 DM). Die Umsetzung der Maßnahme ist für den Betrieb mit einer jährlichen Kostenminderung von 833.667 DM/a verbunden. Wie bereits angeführt sind allerdings weitere Minderungsmaßnahmen notwendig um die Zielsetzungen des Reduzierungsplanes zu erreichen.

Probleme / offene Fragen bei der Prüfung:

Im Verlauf der betrieblichen Bilanzierung ergaben sich die folgenden Schwierigkeiten:

- Keine belastbaren betrieblichen Daten über den Reinigungsmittel-Anteil der eingesetzten Menge Ethylacetat und Ethanol (Aufteilung auf Reinigungsmittel und Verdünner/Verzögerer durch den Betrieb geschätzt)
- Keine belastbaren betrieblichen Daten über den VOC-Anteil im Farbabfall (Teilmenge von O/6)
- Keine belastbaren Daten über die von der Abgasreinigungsanlage erfaßten Anteile VOC aus Farbe, Lack, Verdünner, Verzögerer und Reinigungsmittel
- Zusatzaufwand bei der Dichteumrechnung der Einsatzstoffe (Dichteangaben aus Sicherheitsdatenblättern), da betrieblich nur Literangaben vorliegen

6. Zusammenfassung

6.1 Anlaß und umweltpolitischer Hintergrund

Die VOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen liegen in der Bundesrepublik Deutschland seit Jahren in der Größenordnung von 1.000 kt/a. Aufgrund der Reduzierungserfolge in anderen Quellbereichen anthropogener VOC-Emissionen (insbesondere im Verkehrsbereich) tragen die Lösemittelanwendungen mittlerweile mit mehr als 55% zu den Gesamtemissionen bei. Insbesondere im Hinblick auf das auf europäischer Ebene vereinbarte Umwelthandlungsziel, die VOC-Emissionen in der Bundesrepublik bis zum Jahr 2010 um 70 - 80% gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren, besteht hier Bedarf an wirksamen Minderungsstrategien. In diesem Kontext steht u.a. die im März 1999 verabschiedete EG-Richtlinie 99/13/EG des Rates über die „Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in Anlagen bei der Verwendung organischer Lösemittel entstehen“ (EG VOC-RL).

Nach bislang verfügbaren Untersuchungen trug die Druckbranche als einer der wesentlichen industriellen Anwender VOC-haltiger Produkte mit ca. 70 kt/a relevant zu den Gesamtemissionen in der Bundesrepublik bei. Aufgrund ihrer Emissionsrelevanz fallen einige Typen von Druckanlagen in den Geltungsbereich der EG VOC-RL. In diesen Anlagen sind die materiellen und organisatorischen Anforderungen der Richtlinie zu erfüllen, sobald diese in bundesdeutsches Recht umgesetzt ist.

Vor dem skizzierten Hintergrund war es Ziel des durchgeführten Vorhabens, die in der Druckindustrie bestehenden Maßnahmen zur Minderung von VOC-Emissionen zusammen zu stellen und in Bezug auf ihre Potentiale und ihre ökonomischen Effekte zu bewerten. Daneben sollten die Reichweite und die Minderungswirkungen der EG VOC-RL ermittelt und ggf. absehbare Probleme bei ihrem praktischen Vollzug in Druckbetrieben identifiziert werden.

Die Bearbeitung des Vorhabens wurde durch eine Reihe intensiver Fachgespräche mit einem Kreis von Verbandsvertretern und Branchenexperten begleitet.

Die im Rahmen der Gesamtuntersuchung bearbeiteten Themen und die angesprochenen Personengruppen weisen eine sehr großen Spannweite auf. Einerseits reichen die Themenfelder von technischen Detailfragen an einzelnen Druckaggregaten bis hin zur europaweiten Harmonisierung des Umweltrechtes. Andererseits wendet sich diese Untersuchung an betriebliche Druckspezialisten, an in der umweltpolitischen Debatte stehenden Verbands- und Politikvertreter sowie an branchenfremden Mitarbeitern der Umweltverwaltung. Um die Leser mit unterschiedlichem Informationsbedarf und unterschiedlichen (druckspezifischen) Vorkenntnissen, gezielt mit Informationen zu versor-

gen wurde eine deutliche Untergliederung des Gesamtberichtes in einen vergleichsweise komprimierten Hauptband und vier z.T. sehr umfangreiche Anlagenbände vorgenommen.

6.2 Ermittlung einer qualifizierten und abgestimmten VOC-Datenbasis für die Druckbranche

Um eine belastbare Basis für die Auswahl und Bewertung der verschiedenen Minderungsmöglichkeiten zu erhalten, erwies es sich als notwendig, eine deutlich differenziertere Datenbasis über den VOC-Einsatz und die VOC-Emissionen zu erstellen als sie bislang verfügbar war.

Durch eine bundesweite Fragebogenaktion, diverse Betriebsbesuche und durch Rückgriff auf bestehende Geschäftskontakte der Ökopol GmbH konnten 190 detaillierte Betriebsdatensätze zusammengeführt werden. Über branchenweite Strukturdaten zum Farbeinsatz, zur installierten Maschinenbasis u.ä. konnten diese Detaildaten auf die gesamte Branche hochgerechnet werden.

Die Druckformherstellung sowie Lackierprozesse im Zuge von Drucktätigkeiten wurden in dieser Datenbasis berücksichtigt. Die ebenfalls emissionsrelevanten (Kaschier)-Klebeprozesse konnten hingegen nicht mit abgebildet werden. Für diesen Bereich weisen die derzeit verfügbaren Statistikdaten deutliche Detaillierungs-Defizite auf, so dass keine belastbare Zuordnung zwischen Klebe- und Druckprozessen für die Gesamtbranche möglich ist.

Druckprozesse in den Bereichen Textildruck, Möbeldekordruck, Tapetensiebdruck sowie Tampondruck wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber in dieser Untersuchung nicht betrachtet. Die Ausgrenzung dieser Druckverfahren erfolgte insbesondere aufgrund des vom übrigen Druckbereich weitestgehend getrennten Akteursfeldes.

Diese VOC-Datenbasis, die in einer Vielzahl von Fachgesprächen mit Branchenexperten ergänzt und abgestimmt wurde ist in Tabelle Z1 dargestellt.⁶⁸

Der Wert der Gesamtemissionen von **53,293 kt/a** deckt sich relativ gut mit den Emissionsabschätzungen und Minderungsprognosen aus dem VCI/BMU-Dialog zu Umweltzielen am Beispiel VOC, der eine vergleichbare Reichweite in Bezug auf die betrachteten Produktionsprozesse aufweist.⁶⁹ Allerdings ergeben sich markante Verschiebungen der Emissionsschwerpunkte. Während die grafischen Druckverfahren nach der ÖKOPOL-Datenbasis etwas weniger VOC emittieren⁷⁰ als nach dem

⁶⁸ Detaillierte Informationen finden sich im Kapitel 3.3 sowie im Anlagenband II zu diesem Gutachten

⁶⁹ Je nach Interpolationsmethode zwischen den Emissionswerten für 1988, 1995 und 2007 des VCI/BMU-Dailoges ergeben sich Abweichungen zu der ÖKOPOL-Datenbasis für 1997 von +/- 10%.

⁷⁰ Je nach Interpolationsmethode ca. 10 – 20% geringer als VCI/BMU

VCI/BMU-Dialog weist der Bereich der Verpackungsdruckverfahren hier deutlich höhere Emissionen auf.⁷¹

Tabelle Z1: VOC-Datenbasis der deutschen Druckindustrie (Bezugsjahr 1997)

Anlagen-Typen	Gesamt VOC-Input	Gesamt VOC-Emissionen		Diffuse VOC-Emissionen	
	Menge [t/a]	Menge [t/a] ; Anteil am Input		Menge [t/a]; Anteil am Input	
Maschinen-Konstellation					
60 - Illustrations-Tiefdruck	167.477	7.802	4,7%	4.539	2,7%
110 - Zeitungs-Druck	2.933	1.065	36,3%	1.065	36,3%
120 - Bogen-Druck Gemischte Formate	10.700	8.750	81,8%	8.750	81,8%
121 - Bogen-Druck großformatig	5.310	4.576	86,2%	4.576	81,8%
122 - Bogen-Druck kleinformatig	1.702	1.300	76,4%	1.300	76,4%
150 - Heatset-Druck	22.298	8.975	40,3%	8.849	39,7%
160 - Endlos-Druck	1.119	953	85,1%	953	85,1%
200 - Buch-Druck	339	237	70,0%	237	70,0%
311 - Verpackungs-Tiefdruck lösemittelbasiert	32.722	8.868	27,1%	7.881	24,1%
312 - Verpackungs-Tiefdruck wasserbasiert	3.249	3.225	99,3%	3.225	99,3%
321 - Verpackungs-Flexodruck lösemittelbasiert	13.734	3.665	26,7%	3.241	23,6%
322 - Verpackungs-Flexodruck wasserbasiert	2.139	1.450	67,8%	1.450	67,8%
400 - Siebdruck	6.392	2.427	38,0%	2.427	38,0%
Gesamt	270.119	53.293	19,7%	48.492	18,0%

[ÖKOPOL 1999]

Nur die in der Tabelle Z1 grau unterlegten Anlagentypen gehören zu den Tätigkeitsbereichen, die von der EG VOC-RL erfaßt werden. Ein Teil der übrigen Anlagentypen (Maschinenkonstellationen) trägt ebenfalls relevant zu den gesamten VOC-Emissionen der Branche bei. Inwieweit es durch die unterschiedlichen Anforderungsstandards zu Wettbewerbsverzerrungen kommen wird, ist pauschal schwer abschätzbar, da eine Vielzahl von Teilmärkten zu betrachten wäre.

Die im Anhang IIA der EG VOC-RL angeführten Schwellenwerte für den Gesamt-VOC-Einsatz, ab dem eine Anlage den Regelungen der Richtlinie unterliegt, werden von Druckanlagen schnell erreicht. Dies ist insbesondere den umfangreichen VOC-Einsätzen im Bereich der Hilfsstoffe geschuldet.

Die Tabelle Z2 zeigt eine Abschätzung, ab welcher jährlich verdruckten Farbmenge eine Anlage durchschnittlich in den Geltungsbereich der EG VOC-RL fällt.

⁷¹ Je nach Interpolationsmethode ca. 30 – 140% höher als VCI/BMU

Tabelle Z2: Abschätzung der Farbverbrauchsmengen ab denen eine Anlage unter die EG VOC-RL fällt

Anlagen-Typen	VOC-Schwelle Gesamt VOC Einsatz nach Anhang IIA [t/a]	Farb-Schwelle errechnete jährliche Farbmenge [t/a]	Anteil an der insgesamt verdruckten Farbmenge
Maschinen-Konstellation			
60 - Illustrations-Tiefdruck	> 25	> 15	100%
150 - Heatset-Rollenoffset	> 15	> 30	100%
311- Verpackungs-Tiefdruck lösemittelbasiert	> 15	> 10	100%
312- Verpackungs-Tiefdruck wasserbasiert	> 15	> 60	100%
321 -Verpackungs-Flexodruck lösemittelbasiert	> 15	> 10	90%
322 - Verpackungs-Flexodruck wasserbasiert	> 15	> 60	75%

[Ökopol 99 / EG VOC-RL, 99]

Auffällig ist, dass auch Anlagen, die mit wasserbasierten Farbsystemen arbeiten, bereits bei vergleichsweise geringen verdruckten Farbmengen der EG VOC-RL unterliegen. Neben den VOC-Gehalten in den Farbsystemen selbst liegt dies im VOC-Einsatz in den Hilfsprozessen der Maschinenreinigung begründet.

Die Reichweite der EG VOC-RL stellt sich demnach wie folgt dar:

Tabelle Z3: Reichweite der EG VOC-RL

Nr	Maschinenkonstellation	Von der EG VOC-RL erfaßt		Von der EG VOC-RL nicht erfaßt	
		VOC-Emissionen [t/a]	Betriebe [ca. Stck]	VOC-Emissionen [t/a]	Betriebe [ca. Stck]
60	Illustrations-Tiefdruck	7.802	16	-	-
110	Zeitungsdruck	-	-	1.065	200
120	Bogendruck gemischte Formate	-	-	8.750	In 121/122 enthalten
121	Bogendruck groß- und mittelformatig	-	-	4.576	ca. 1.000
122	Bogendruck kleinformartig	-	-	1.300	ca. 8000
150	Heatset-Rollenoffset	8.975	160	-	-
160	Endlosdruck	-	-	953	250
200	Buchdruck	-	-	237	2
311	Verpackungs-Tiefdruck lösemittelbasiert	8.868	ca. 100	-	-
312	Verpackungs-Tiefdruck wasserbasiert	3.225	In 311 enthalten	-	-
321	Verpackungs-Flexodruck lösemittelbasiert	3.299	ca. 150	366	800
322	Verpackungs-Flexodruck wasserbasiert	1.088	In 321 enthalten	362	ca. 500
400	Siebdruck (gewerblich)	-	-	2.427	550

Nr	Maschinenkonstellation	Von der EG VOC-RL erfaßt		Von der EG VOC-RL nicht erfaßt	
		VOC-Emissionen [t/a]	Betriebe [ca. Stck]	VOC-Emissionen [t/a]	Betriebe [ca. Stck]
	Gesamt:	33.257	ca. 426	20.036	ca. 11.300
	Anteil der Gesamtemissionen:	62,4%	–	37,6%	-

[ÖKOPOL 1999]

6.3 Bewertung praxisrelevanter VOC-Minderungsmaßnahmen

Im Abgleich mit der detaillierten VOC-Datenbasis wurden nach den folgenden Kriterien prioritär zu bewertende Minderungsmaßnahmen ausgewählt:

1. Mengenrelevanz, d.h. die Minderungsmaßnahme setzt an emittierenden Prozessen an, die bezogen auf die Gesamtemissionen der Branche relevant sind (> 1% der Gesamtemissionen der Branche, d.h. Emissionen des Prozesses > 530t/a)
2. Realisierbarkeit, d.h. nach Einschätzung von Branchenexperten ist es wahrscheinlich, dass die betreffende Maßnahme in den nächsten 10 Jahren technisch/ökonomisch in der Lage ist, einen relevanten Beitrag zur VOC-Minderung zu leisten.

Die so ausgewählten Maßnahmen wurden im Rahmen einer 10-Jahresprognose hinsichtlich ihrer Minderungswirkung, ihrer (technischen) Umsetzbarkeit und des ökonomischen Aufwandes bewertet.⁷²

Für die Berechnung der ökonomischen Effekte wurden praxisnahe „Modellmaschinen“⁷³ verwendet, an denen die Minderungsmaßnahmen auf Basis konkreter Produkte und Marktpreise durchkalkuliert wurden.

Die folgende Tabelle Z4 zeigt summarisch die Wirkung der ausgewählten und untersuchten Minderungsmaßnahmen gruppiert nach den Hauptemissionsprozessen.

⁷² Differenziertere Ausführungen sind den ausführlichen Maßnahmenbeschreibungen im Anlagen-Band I zu entnehmen. Diese sollten bei der Beurteilung einzelner Maßnahmen in jedem Fall berücksichtigt werden, da den diversen wechselseitigen technisch-ökonomischen Abhängigkeiten in den sehr vielfältigen Produktionsprozessen der Druckbranche bei einer verkürzten Darstellung nicht ausreichend Rechnung getragen werden kann.

⁷³ Es handelt sich dabei jeweils um weitverbreitete Aggregate innerhalb der untersuchten Maschinenkonstellationen, die mit durchschnittlichen Stoffverbräuchen aus der Datenbasis belegt wurden. (Vergl. hierzu Kapitel 4.2.2 Tab. 12)

Tabelle Z4: Minderungspotentiale der Hauptemissionsprozesse

Haupt-Emissionsprozesse	Minderungs-Potential [ca. t/a]		
	EG VOC-RL Anlagen ⁷⁴	Nicht-EG VOC-RL Anlagen	Gesamt
Illustrationstiefdruck - Gesamtsystem	1.500	-	1.500
Offsetdruck – Maschinenreinigung	1.200	7.800	9.000
Offsetdruck – Isopropanolfeuchtung	4.800	5.200	10.000
Verpackungsdruck - Reinigungsprozesse	1.720	80	1.800
Verpackungsdruck - Farb- und Lackauftrag	3.750	150	3.900
Siebdruck – Gesamtsystem	-	730	730
Gesamt	12.970	13.960	26.930

[ÖKOPOL 1999]

Im Rahmen der durchgeführten 10-Jahresprognose ließen sich demnach die VOC-Emissionen aus der deutschen Druckindustrie von ca. 53,29 kt/a (Bezugsjahr 1997) um **gut 50%** auf ca. 26,36 kt/a reduzieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich um eine Summation der maximalen Erwartungswerte in den einzelnen Minderungsbereichen handelt. Weniger als die Hälfte dieses Minderungspotentials entfällt auf Anlagen, die im Geltungsbereich der EG VOC-RL liegen (EG VOC-RL Anlagen).⁷⁵ Beim letzten Viertel dieser Minderungsmenge sinkt der Grenznutzen der zu ihrer Realisierung eingesetzten Finanzmittel deutlich.⁷⁶

6.4 Effekte der Umsetzung der EG VOC-RL in deutsches Recht

Aufbauend auf den angeführten Basisberechnungen wurde eine Gegenüberstellung der verschiedenen Minderungsschwerpunkte und -mengen, der 10-Jahresprognose, der Anforderungen des Anhang IIA und der Anforderungen eines Reduzierungsplanes nach Anhang IIB EG VOC-RL erstellt.⁷⁷

⁷⁴ Anlagen, die sowohl in die Tätigkeitsbereiche des Anhang I als auch oberhalb der Mengenschwellen des Anhang IIA liegen.

⁷⁵ Bezüglich der Minderungswirkung der EG VOC-RL selbst vergl. die Abschätzungen in den Tabellen 20-22 im Kapitel 4.3.7

⁷⁶ Ein Teil dieser „nicht-kosteneffizienten Maßnahmen“, die meist in den Bereich der Maschinenautomation fallen, wird in den nächsten 10 Jahren dennoch realisiert, da ihr Hauptnutzen in der Reduzierung von Rüst- und Hilfszeiten liegt.

⁷⁷ Aufgrund der Problematik einer derart pauschalen Zusammenstellung von eigentlich auf Einzelanlagen bezogenen Anforderungen und Potentialen kann es sich hierbei ausdrücklich nur um eine Orientierungshilfe handeln.

Tabelle Z5: Summarische Zusammenfassung der Minderungspotentiale und der Minderungsanforderungen in EG VOC-RL

EG VOC-RL Anlagen	IST-Stand	VOC-Minderung in [t/a] und [% von IST]			
		Minderungspotential 10 Jahresprognose	Minderungsanforderung nach Anhang IIA	Minderungsanforderung nach Anhang IIB entsprechend UBA-Entwurf ⁷⁸	
Maschinenkonstellationen	Emissionen nach Ökopol- Datenbasis 99				
Illustrations-Tiefdruck	7.802	1.500 19,2%	-	-	
Heatset-Rollenoffset	8.975	6.000 66,9%	2.416 26,9%	2.478 27,6%	
Verpackungstiefdruck lösemittelbasiert	8.868	3.240 36,5%	3.484 39,3%	3.301 37,2%	
Verpackungstiefdruck wasserbasiert	3.225	580 17,9%	-	-	
Verpackungsflexodruck lösemittelbasiert	3.299	1.460 44,3%	971 29,4%	908 27,5%	
Verpackungsflexodruck wasserbasiert	1.088	190 17,5%	-	-	
EG VOC-RL Anlagen Gesamt	33.257	12.970 38,9%	6.871 20,7%	6.686 20,1%	
Zum Vergleich: Nicht-EG VOC-RL Anlagen	20.035	13.960 69,7%			
Druckbranche Gesamt	53.292	26.930 50,5%	12,9%	12,5%	

[ÖKOPOL 1999]

Diese Auswertung zeigt die folgenden wesentlichen Ergebnisse:

1. Die im Entwurf des Umweltbundesamtes zur Umsetzung der VOC-Richtlinie in deutsches Recht vorgenommene Anpassung der Multiplikatoren zur Errechnung der Bezugs- und Zielemissionen von Reduzierungsplänen nach Anhang IIB⁷⁹ an den erreichten Emissionsminderungsstandard ist sinnvoll und notwendig. Sie stellt sicher, dass der in der Richtlinie formulierte Grundsatz der Gleichwertigkeit der beiden Instrumente „Erfüllung der Emissionsminderungsstandards nach Anhang IIA“ oder aber „Durchführung eines VOC-Reduzierungsplanes nach Anhang IIB“ erfüllt wird.
2. Selbst eine vollständige Umsetzung der Anforderungen der EG VOC-RL in ihrer derzeitigen Form würde die branchenweiten VOC-Emissionen um maximal 12,9% vermindern. Während im Bereich der „EG-VOC-RL Anlagen“ die bestehenden Minderungspotentiale durch die Um-

⁷⁸ Unter Verwendung von Multiplikatoren, die an den erreichten Stand der Emissionminderung angepaßt wurden aus dem Entwurf des UBA für die Umsetzung der EG VOC-RL vom 20.9.99 verwendet ergänzt um einen Vorschlag der Gutachter für den Heatsetbereich (0,65).

⁷⁹ Die Multiplikatoren beschreiben in sehr komprimierter Form die VOC-Effizienz des Feststoffauftrages der verschiedenen

setzung der Richtlinie erschlossen werden können, werden die bedeutenden Minderungspotentiale in den „Nicht EG-VOC-RL Anlagen“ nicht erfaßt. Soll das eingangs benannte Umweltschutzziel in der Druckbranche realisiert werden, so ist es unverzichtbar, dass diese Minderungspotentiale in den „Nicht EG VOC-RL Anlagen“ ebenfalls erschlossen werden.

Die exemplarische Anwendung der EG VOC-RL auf real existierende Betriebe hat gezeigt, dass insbesondere die Ermittlung der Daten in den Betrieben zu Problemen führt. Die bislang in der überwiegenden Zahl der Druckereien verfügbaren Informationen über die betrieblichen Lösemittelflüsse reichen bei weitem nicht aus, um den Dokumentationsanforderungen der Lösemittelbilanzen nach Anhang III der EG VOC-RL gerecht zu werden.

Diese Probleme reichen von der mangelnden Kenntnis über die VOC- und Feststoffgehalte der eingesetzten Vorprodukte und Hilfsstoffe, über Unschärfen der Verteilung von Hilfsstoffen auf verschiedene Einsatzzwecke bis zu Unsicherheiten über die tatsächlichen Erfassungs- und Zerstörungsgrade installierter Abluftreinigungsanlagen.

Durch Rückfragen bei den Chemikalienlieferanten, den Rückgriff auf praxisnahe Verteilungsfaktoren aus vergleichbaren Betrieben und die Verwendung praxistypischer Wirkungsgrade konnten diese Datenlücken für den Verlauf der Pilotuntersuchungen temporär geschlossen werden. Bei einem Vollzug der in deutsches Recht umgesetzten EG VOC-RL besteht hier allerdings noch deutlicher Beratungs- und Implementationsbedarf in Hinblick auf „alltagstaugliche“ betriebliche Bilanzierungssysteme. Hierzu gehört u.a. auch der Ausweis der VOC-Gehalte durch die Chemikalienlieferanten in Produktinformationen und Sicherheitsdatenblättern.

Druckverfahren. Hier fließt der erreichte Stand der produkt- und anlagenbezogenen Minderungstechnik ein.

7. Empfehlungen an die Akteure

Bei den im Projektrahmen durchgeführten intensiven Fachgesprächen mit den verschiedenen Akteuren in der Druckbranche zeigte sich, dass zwischen allen Beteiligten ein breiter Konsens über die Notwendigkeit gemeinsamer Anstrengungen zur Erreichung der Emissionsminderungsziele besteht. Von allen Akteuren wurden darüber hinaus bereits in der Vergangenheit konstruktive Beiträge zur Umsetzung von Minderungsmaßnahmen geleistet.

Die nachfolgenden Empfehlungen der Gutachter an die verschiedenen Akteursgruppen sind ausdrücklich als Beiträge zur Fortführung dieses erfolgreichen und konstruktiven Branchendialoges zu verstehen.

7.1 Empfehlungen an die staatlichen Institutionen

7.1.1 Im Bereich der umweltpolitischen Rahmenbedingungen

- Abschluß einer Zielvereinbarung mit den Branchenverbänden über die Umsetzung einer summarischen VOC-Reduktion in Höhe von 40-50% in den nächsten 10 Jahren mit konkret terminierten und quantifizierten Meilensteinen, die eine sinnvolle Gesamtoptimierung der VOC-Reduktion sicher stellen.⁸⁰ Die jeweilige Zielerreichung sollte durch ein entsprechendes Monitoring transparent gemacht werden

Ersatzweise: Ausweitung der ordnungsrechtlichen Regelungen der in bundesdeutsches Recht umgesetzten EG VOC-RL auf die Tätigkeitsbereiche: Bogenoffsetdruck, Zeitungsoffsetdruck und Nicht-Rotationssiebdruck

Hintergrund dieser essentiellen Basisempfehlung ist, dass sich nur durch eine gleichmäßige VOC-Reduktion in den verschiedenen Tätigkeitsbereichen / Anlagentypen / Maschinenkonstellationen Marktverzerrungen und überhöhte Grenzkosten bei der Umsetzung des übergeordneten Umwelthandlungszieles vermeiden lassen

- Prüfung von Vermarktungs- und Verwendungsbeschränkungen leichtsiedender Hilfsstoffe (z.B. von A I-Reinigern) als flankierende Maßnahmen im Bereich der sehr kleinen, auch für die Branchenorganisationen selbst nur schwer erreichbaren Anlagen

⁸⁰ Hier kann auf den erfolgreich begonnenen „Dialog des BMU und des VCI zu Umweltzielen am Beispiel VOC“ zurückgegriffen werden, der auf diese Weise zu einem konkreten Abschluß geführt würde.

- Verwendung der an den erreichten Emissionsstandard angepaßten „Multiplikatoren“ für die Bestimmung der Bezugs- und Zielemissionen im Anhang IIB der EG VOC-RL aus dem Entwurf des Umweltbundesamtes für die Umsetzung der EG VOC-RL in bundesdeutsches Recht vom 20.9.1999
- Einführung eines praxisnahen Multiplikators für die Bestimmung der Bezugs- und Zielemissionen im Anhang IIB der EG VOC-RL für den Heatsetdruck von 0,65
- Erstellung von Musterreduzierungsplänen als Handlungshilfe für Anlagenbetreiber und Vollzugsbehörden
- Anpassung der in $\text{mg C}_{\text{ges}}/\text{Nm}^3$ angegebenen Emissionsgrenzwerte des Anhang IIA an die auf $\text{mg Substanz}/\text{Nm}^3$ bezogenen Emissionsgrenzwerte der TA-Luft, auf Basis der typischerweise eingesetzten Lösemittel-(gemische)
- Verwendung eindeutiger Begriffsdefinitionen bei der Umsetzung der EG VOC-RL in deutsches Recht. Dies betrifft u.a. die Mengenstromabgrenzungen im Rahmen der Lösemittelbilanzierung (Anhang III), die durch praxisnahe Erhebungsbögen für den praktischen Vollzug operationalisiert werden sollten
- Klärung der Frage, wie eine eindeutige Festlegung der Abluftvolumina (Abgase im Sinne der EG VOC-RL) bei Druckanlagen erfolgen soll, so dass Prüfungen der Emissionsgrenzwerte nach Anhang IIA möglich werden
- Festlegung des Einsatzes sogenannter „resttoluolreduzierender Farben“ als Stand der Technik in Illustrationstiefdruckanlagen
- Prüfung der Frage, ob der Einsatz der sogenannten „Umlufttechnik“ im Illustrationstiefdruck im Rahmen einer medienübergreifenden Gesamtbeurteilung (IVU-Betrachtung) als umweltfreundlichere Alternative zu bewerten und damit ebenfalls zum Stand der Technik für Neuanlagen erhoben werden sollte
- Festlegung eines Isopropanolgehaltes von $< 8\%$ im Wischwasser von Heatset-Rotationen als Stand der Technik, ggf. unter Einsatz entsprechender Meß- und Regelungstechniken
- Definition des Einsatzes gekapselter und an die Abluftreinigungsanlage angeschlossener Teilereinigungsanlagen als Stand der Technik in Verpackungsdruckanlagen
- Gezielte Ergänzung⁸¹ und Fortschreibung der gewonnenen Datenbasis um ein sinnvolles Monitoring der Umsetzung und der Wirkung der VOC-Richtlinie durchführen zu können und um ei-

⁸¹ Da die aktuelle Untersuchung zeigt, dass im Bereich des Verpackungsdruckes deutlich höhere Emissionen auftreten als bisherige Untersuchungen ausweisen, sollte insbesondere hier sowohl die Repräsentativität der Datenbasis weiter gesteigert (zu

ne belastbare Basis für die staatlichen Berichtspflichten aus der EG VOC-RL (insbesondere Artikel 8 Abs. 5 und Artikel 11 Abs. 1,2) verfügbar zu haben.

7.1.2 Im Bereich der Betriebsbetreuung und -überwachung

- Gezielte Überwachung und Information von Kleinbetrieben im Hinblick auf die Umsetzung emissionsmindernder Maßnahmen durch die Gewerbeaufsicht und die Berufsgenossenschaft, ggf. im Rahmen gezielter anlagenbezogener Programme
- Qualifizierung der Behördenmitarbeiter über fortgeschrittene, technisch-organisatorische Minderungsmöglichkeiten, damit sie ihrer Rolle als Informationsvermittler gerecht werden können. Das Fachwissen kann im Rahmen entsprechender Fortbildungsveranstaltungen durch Branchenexperten von Maschinenherstellern, Chemikalienlieferanten und Anlagenbetreibern vermittelt werden. Derartige Veranstaltungen sollten flächendeckend initiiert und ggf. aus Bundes- und Landesmitteln ihrer Bedeutung entsprechend finanziell unterstützt werden
- Gezielte Förderung von Qualifizierungs-, Schulungs- und Unterweisungsmaßnahmen für Anlagenbetreiber und Beschäftigte im Zusammenhang mit dem sorgfältigeren Umgang mit VOC-haltigen Einsatzstoffen sowie dem Umstieg auf Substitutionsalternativen
- Förderung von Techniken, die eine Reduzierung des Isopropanol-Einsatzes beim Offsetdruck in Kleinbetrieben unterstützen.

7.2 Empfehlungen an die Verbände

- Aktive Information der Mitgliedsfirmen über den Regelungsumfang der kommenden Verordnung. Dies gilt insbesondere für den Bereich des Verpackungsdruckes, wo viele der Flexo- und Tiefdruckbetriebe, die überwiegend mit wasserbasierten Farbsystemen arbeiten, bislang davon ausgehen, dass sie nicht in den Regelungsbereich der EG VOC-RL fallen
- Abschluß einer Zielvereinbarung mit dem Bundesumweltministerium über die Umsetzung einer summarischen VOC-Reduktion in Höhe von 40-50% in den nächsten 10 Jahren mit konkret terminierten und quantifizierten Meilensteinen. Die jeweilige Zielerreichung sollte durch ein entsprechendes Monitoring transparent gemacht werden
- Erarbeitung praxisnaher Erhebungsbögen für die Lösemittelbilanzierung in den verschiedenen Maschinenkonstellationen. Dies kann sinnvollerweise auch in Form von einfachen EDV-Lösungen erfolgen, in denen die entsprechenden Berechnungsfaktoren der EG VOC-RL, Stoff-

den bestehenden Schwachstellen vergl. Kapitel 3.3) als auch mit Nachdruck nach Möglichkeiten zur sinnvollen Quantifizierung der VOC-Emissionen aus dem Bereich der Klebprozesse gesucht werden.

merkmale typischer Einsatzstoffe sowie praxisnahe Erfassungs- und Zerstörungsgrade von Abluftreinigungsanlagen hinterlegt sind

- Erarbeitung von Musterreduzierungsplänen für die verschiedenen Maschinenkonstellationen
- Offensive Information der Mitgliedsunternehmen über die fortgeschrittenen Möglichkeiten der Emissionsminderung und Durchführung entsprechender Schulungsmaßnahmen im Rahmen des überbetrieblichen Ausbildungswesens
- Fortschreibung der definierten Anforderungen der Brancheninitiative „lösemittelarmes Drucken“. Dies gilt insbesondere für das Ausweiten der Bemühungen auf eine Isopropanol-Reduzierung an Offsetmaschinen. Hier ist, ggf. gestaffelt nach verschiedenen Anlagentypen und mit Ausnahmen für bestimmte problematische Produkte, ein Richtwert für die Isopropanolgehalte festzulegen. Denkbar wäre z.B. für Neuanlagen ein Grenzwert von < 5% im Wischwasser während für Altanlagen Werte zwischen 8 – 10% realisierbar sind. Für den Bereich der Reinigungsmittel sollte eine eindeutigere und progressivere Zieldefinition gewählt werden als „Umstellung auf A III-Mittel“. Aktuell und zielführend wäre die Angabe eines Höchst-Dampfdruckes der eingesetzten Mittel, wie z.B. Dampfdruck < 1 hPa.⁸² Voraussetzung für die praxisnahe Umsetzung ist der leicht erkennbare Ausweis der entsprechenden Angaben in den Produktinformationen und Sicherheitsdatenblättern.

7.3 Empfehlungen an die Anlagenbetreiber

- Gezielte Information und Motivation der Mitarbeiter im Hinblick auf den sorgfältigen Umgang mit VOC-haltigen Einsatzstoffen. Unterstützend sind konkrete Arbeitsanweisungen für die Lösemittelhandhabung in verschiedenen Anwendungsprozessen zu formulieren, die die zu berücksichtigenden Aspekte des Gesundheits- und Umweltschutzes in kurzer verständlicher Form zusammenfassen⁸³
- Periodisch wiederkehrende Prüfung von Substitutionsmöglichkeiten durch VOC-ärmere oder VOC-freie Einsatzstoffe
- Umgehende Nutzung der material- und kosteneffizienzsteigernden Minderungsmöglichkeiten im Bereich der VOC-haltigen Hilfsstoffe, insbesondere bei der Isopropanolreduzierung im Offsetdruck und bei der Vermeidung umweltoffener Waschprozesse mit Leichtsiedern

⁸² Dies würde dem Praxistrend zur Umstellung auf hochsiedende A III-Mittel Rechnung tragen. Derartige Mittel mit Flammpunkten zwischen 80 und 110 Grad Celsius haben, je nach konkreter Rezeptur, Dampfdrücke, von ca. 1 hPa.

⁸³ Derartige Arbeitsanweisungen sollten im Zuge der betrieblichen Umsetzung der Regelungen des Arbeitsschutzgesetzes, des Gefahrstoffrechtes und bei der Implementation von Umweltmanagementsystemen nach EMAS eigentlich flächendeckend vorliegen, dies ist in der Praxis aber nur in Ausnahmefällen der Fall.

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

- Berücksichtigung der Emissionsminderungsmöglichkeiten (Kapselung, Anwendbarkeit hochsiedender Reiniger, ...) als Auswahlkriterium bei der Beschaffung neuer Produktionsanlagen
- Kontinuierliche Prüfung und Wartung der Emissionsminderungsanlagen auf optimale Funktion
- Umstellung der Einkaufs- und Materialwirtschaftssysteme, so dass Einsatzstoffe (wie z.B. Druckfarben) mit deutlich unterschiedlichen VOC-Gehalten getrennt bilanziert werden können. Dafür ist es zusätzlich notwendig, dass neben den Preisen auch die Liefer-/Verbrauchsmengen in diesen Systemen ausgewiesen werden
- Installation von Durchfluß-Meßuhren an Rückgewinnungsanlagen und in den verschiedenen Bereichen der Lösemittelanwendung, um die Datenbasis für die Erstellung von Lösemittelbilanzen zu verbessern
- Optimierung der Anlagenfahrweise im Hinblick auf die Emissionsminderung (z.B. Reduzierung der Farbwechsel, Vermeidung VOC-haltiger Lackierungen in Anlagen ohne Abluftreinigungsanlage,...).

7.4 An die Farb- und Hilfsmittellieferanten

- Information der Kunden über die VOC-Gehalte der verkauften Produkte (z.B. als Zusatzinformation in den Sicherheitsdatenblättern und in den Produktinformationen). Es sollte sich dabei um Angaben in Gew.% handeln. Darüber hinaus sind Dichteschlüssel für die Produkte auszuweisen, so daß Massenumrechnungen erfolgen können. Noch günstiger wäre der direkte Ausweis der VOC-Mengen in kg oder t in den Lieferscheinen/Rechnungen oder aber die summarische Auflistung der Jahreseinkaufsmengen der jeweiligen Kunden
- Aufnahme verständlicher und praxisnaher Hinweise zur VOC-mindernden Handhabung der Stoffe in die Produktinformationen. In diesem Kontext wäre eine umfassende Strategie hilfreich, wie Produktinformationen so gestaltet werden können, dass sie neben anwendungstechnischen Informationen auch die zentralen Hinweise für die Bereiche Arbeits- und Umweltschutz enthalten. Derartige qualifizierte Produktinformationen könnten zu einem wesentlichen Hilfsmittel bei der Umsetzung betrieblicher Arbeitsanweisungen werden
- Die Lieferanten von Klebern, Verdünnern und Lacken sollten sowohl hausintern als auch innerhalb ihrer jeweiligen Verbände umgehend Lieferstatistiken aufbauen, aus denen u.a. die Liefermengen (einschl. der jeweiligen VOC-Mengen) in die verschiedenen Anwendungsbereiche der EG VOC-RL unmittelbar ablesbar sind. Erst auf einer derartigen Basis sind sowohl der IST-Stand als auch die Wirkung von Minderungsmaßnahmen für die entsprechenden Tätigkeitsbereiche transparent darstellbar und damit sowohl in der Fachöffentlichkeit als auch im politischen Raum sinnvoll diskutierbar

- Durchführung einer Qualifizierungsoffensive bei den Außendienstmitarbeitern (Vertrieb, Service, Instruktoren, ...), so dass diese in die Lage versetzt werden, auch fortgeschrittene Maßnahmen der Emissionsminderung fundiert zu vermitteln
- Kunden, die VOC-haltige Einsatzstoffe beziehen, sind offensiv über Substitutionsalternativen zu beraten
- Die Entwicklung VOC-armer Einsatzstoffe (z.B. UV-Farbsysteme im Verpackungsdruckbereich) für weitere Anwendungsbereiche ist mit Nachdruck voranzutreiben.

7.5 An die Maschinenhersteller

- Die Druckmaschinenhersteller sollten als zentrale Systemführer ihre umweltbezogene Herstellerverantwortung für das Gesamtsystem Druckmaschine und Druckprozess wahrnehmen. Dies könnte sich u.a. darin manifestieren, dass sie sich im Rahmen einer freiwilligen Vereinbarung dazu verpflichten, im europäischen Markt nur noch Anlagen zu vermarkten, die mindestens den folgenden Emissionsminderungsstandards genügen:

Bei Offsetdruck-Aggregaten

- Alle Reinigungsoperationen können uneingeschränkt mit VOC-freien Reinigungsmitteln durchgeführt werden
- Stabile Druckbedingungen werden bei verschiedensten Produkthanforderungen mit einem Isopropanolgehalt von < 5% erreicht.

Bei Verpackungsdruck-Aggregaten

- Die Erfassungsgrade für eingesetzte VOC durch die Abluftanlagen liegen im Durchschnitt über alle produktionsrelevanten Prozesse (einschließlich Zwischen- und Grundreinigungen) bei > 95%. Hierzu ist neben einer verbesserten Absaugung insbesondere auch der Reinigungsbedarf an den Aggregaten durch konstruktive Verbesserungen deutlich zu senken.

Die Realisation der vorstehend skizzierten Projekte sollte in enger Zusammenarbeit und Abstimmung mit den Chemikalienlieferanten und den Druckbetrieben erfolgen.

- Ebenfalls im Rahmen der Herstellerverantwortung sollten die Maschinenhersteller eine Qualifizierungsoffensive bei ihren Außendienstmitarbeitern (Vertrieb, Service, Instruktoren, ...) durchführen, so dass diese in die Lage versetzt werden, auch fortgeschrittene Maßnahmen der Emissionsminderung fundiert zu vermitteln
- Preise und Marketing sind so zu gestalten, dass keine unvermeidbaren Barrieren gegen die kundenspezifische Nach-/Umrüstung auf emissionsmindernde Techniken und Hilfsstoffe beste-

„Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“

hen. So sollte z.B. der Einbau IPA-freier Feuchtwerke von Drittanbietern unter Gutschrift der Original-Feuchtwerke und in transparenter Rechnungstellung des zusätzlichen Montageaufwandes erfolgen. Auch die Kosten für eine nachträgliche Maschinenumstellung auf emissionsmindernde Einsatzstoffe sind weitest möglich zu reduzieren.



8. Abkürzungen

A I, A II, A III	Flammpunkt-Klassifizierungen nach der Verordnung über brennbare Stoffe: A I < 21°C, A II 21° bis < 55°C, A III 55°C bis < 100°C, kennzeichnungsfrei > 100°C
HCA	High boiling Cleaning Agents (engl. für Reinigungsmittel auf Basis von hochsiedenden Mineralölen)
hPa	Hectopascal, Druckeinheit
IPA	Isopropylalkohol (= 2-Propanol)
MA	Mitarbeiter
MIK	Methylisobutylketon
OPP	flexible Verpackungen
4c	Vierfarbendruck
VCA	Vegetable based Cleaning Agents (engl. für Reinigungsmittel auf Pflanzenölbasis)
VOC	Volatile Organic Carbons (engl. für flüchtige organische Kohlenwasserstoffverbindungen), die i.d.R. charakterisiert werden durch einem Dampfdruck von > 0,1 hPa (bei 20°C) bzw. wenn bei ihrer Verwendung eine entsprechende Flüchtigkeit erreicht wird (z.B. durch Hitzeeinwirkung)



9. Druckereispezifische Fachbegriffe

Akzidenz

Akzidenzen sind Drucksachen kleineren Umfangs für Privatpersonen, Betriebe und Verwaltungen etc., diese werden i.d.R. im Offsetdruck hergestellt. Zeitungen, Zeitschriften, Bücher und Verpackungen fallen nicht unter diesen Begriff, Zeitungs-Beilagen werden jedoch zu den Akzidenzen gerechnet.

Auflage

Anzahl der Drucke, die ein Druckauftrag umfaßt.

Bedruckstoff

Unter Bedruckstoff wird das zu bedruckende Material verstanden, z.B. Papier, Karton, Folien, Bleche.

Coldset

(engl. für „kalt absetzen“) Rotations-Offsetdruckverfahren, bei dem die Farbe ohne Hitzeeinwirkung trocknet. Kommt im Zeitungsdruck zur Anwendung.

Farbduktor

Der Farbduktor ist die Walze eines Farbwerkes, die die Farbe aus dem Farbkasten aufnimmt.

Farbwerk

Das Farbwerk überträgt die Druckfarbe auf den Bedruckstoff. Die Farbwerkskonstruktionen unterscheiden sich zwischen den verschiedenen Druckverfahren deutlich. Grundsätzlich bestehen sie jedoch aus einem Farbkasten in dem die Druckfarbe für den Druckprozeß vorgehalten wird und dem Druckformzylinder der das eigentliche Druckbild enthält. Die Farbübertragung vom Farbkasten/Farbwanne zum Druckformzylinder erfolgt über mehr oder minder viele Zwischenwalzen.

Feuchtwasser

Als Feuchtwasser bezeichnet man das Wasser-Alkohol-Gemisch, mit dem beim Offsetdruck die nichtdruckenden Bereiche der Druckplatte benetzt werden. Dieses Wasser enthält als Zusatz vielfach ISO-Propanol sowie Biozide und andere Zusätze. Synonym: *Wischwasser*

Feuchtwerk

Das Feuchtwerk hat bei Offsetmaschinen die Aufgabe, die Druckplatte an den nichtdruckenden Stellen mit einem gleichmäßigen Feuchtwasserfilm zu benetzen. Diese Aufgabe erfüllt ein System aus mehreren Übertragungswalzen.

Format

Größe der bedruckbaren Fläche (Breite mal Umfang des Druckformzylinders bei Rotationsanlagen bzw. Breite mal Höhe bei Flachbett-Siebdruckanlagen) oder des Bedruckstoffes (z.B. im Bogen- druck Größe eines Papierbogens)

Gummituch

Das Gummituch ist Bestandteil des *Farbwerkes* bei Offsetdruckmaschinen. Das Druckbild wird vom Druckplattenzylinder (Druckform) auf den Gummituchzylinder und von dort schließlich auf den Bedruckstoff übertragen. Durch die indirekte Übertragung des Druckbildes über das Gummituch auf den Bedruckstoff ist es auch möglich, strukturierte Bedruckstoffe und Bleche zu bedrucken

Heatset

(engl. für „heiß absetzen“) Rotations-Offsetdruckverfahren, bei dem die Farbtrocknung durch Hitze einwirkung beschleunigt wird. Es wird insbesondere zum Druck von Akzidenzen höherer Qualität in mittleren und hohen Auflagen verwendet.

Hochdruck

Hochdruckverfahren zeichnen sich dadurch aus, daß die druckenden Bereiche der Druckform gegenüber den nichtdruckenden Bereichen erhöht sind. Die in einer Höhe liegenden druckenden Bereiche nehmen die Druckfarbe auf und übertragen sie auf den Bedruckstoff.

Inline-Fertigung

Inline-Fertigungsschritte sind zusätzliche Fertigungsschritte wie Lackieren, Kleben, Gummieren, Perforieren, Nummerieren, etc., die durch Zusatzeinrichtungen durchgeführt werden, die direkt mit dem Produktionsfluß der Druckmaschine gekoppelt sind.

Kaschieren

Unter Kaschieren versteht man das Beschichten von Karton mit Papieren, Folien und Geweben.

Näpfchen

Als Näpfchen werden die Vertiefungen in einem Tiefdruckzylinder bezeichnet, die die Druckfarbe aufnehmen und während des Druckvorgangs auf den Bedruckstoff übertragen.

Passergenauigkeit

Beim Mehrfarbendruck ist der genaue Über- bzw. Nebeneinanderdruck der einzelnen Farben von großer Bedeutung. Die hierbei erreichte Genauigkeit wird als Passergenauigkeit bezeichnet.

Rakel

Ein Rakel ist ein Abstreifer, der im Tiefdruck die überschüssige Druckfarbe von den nicht-druckenden Bereichen des Druckzylinders entfernt. Im Offsetdruck wird mittels eines Rakels Farbbrest-Reinigungsmittelschlamm von den Walzen des Farbwerks abgenommen.

Reihenmaschine

Bezeichnung für ein Grundkonzept von Verpackungsdruckmaschinen (Tiefdruck und Flexodruck). Die einzelnen Druckwerke stehen hintereinander und verfügen jeweils über einen eigenen Gegen-druckzylinder. (Unterscheidung zur ⇒ Zentralzylindermaschine)

Rollen-Akzidenzdruck

siehe Rollenrotations-Offsetdruck

Rollenrotations-Offsetdruck

Im Rollenrotationsoffsetverfahren werden im Gegensatz zum Bogenoffset bahnförmige Bedruckstoffe eingesetzt. Nach der Art der erzeugten Produkte und der Trocknungsverfahren der dafür eingesetzten Farben unterscheidet man in den qualitativ höherwertigen Rollen-Akzidenz-Druck (oder Heatset-Verfahren), bei dem die Farben in einem Heizkanal trocknen und den qualitativ einfacheren Rollen-Zeitungs-Druck (oder Coldset-Verfahren) bei dem die Farben durch Wegschlagen in das Papier trocknen.

Rotationsanlagen

Druckmaschine die mit zylindrischen Druckformen arbeitet. Mit Rotations-Druckanlagen können sowohl bahnenförmig angelieferte Bedruckstoffe (z.B. Zeitungspapierrollen) als auch bogenförmige Bedruckstoffe bedruckt werden.

Skalenfarben

sind genormte Druckfarben nach der DIN 16 539. Es gibt vier verschiedene genormte Skalenfarben: Die drei Primärfarben Cyan (Blauton), Magenta (Rotton), Gelb und zusätzlich Schwarz. Mit Hilfe dieser vier Skalenfarben ist es möglich, durch Übereinanderdrucken (exakter Nebeneinanderdrucken bei aufgerasterten Druckbildern) einen großen Umfang an Farbtönen zu erzeugen. Mit dem diesen Skalenfarben-Druck auch 4c-Druck (für Vierfarben-Druck) kann in weiten Bereichen der Einsatz von *Sonderfarben* ersetzt werden.

Spotfarben

Andere Bezeichnung für *Sonderfarben*. Ist insbesondere im Zeitungsdruck gebräuchlich.

Sonderfarben

sind Farben mit einem Farbton, der nicht den *Skalenfarben* angehört. Der Einsatz erfolgt, wenn ein hoher Anspruch an die exakte Farbwirkung gestellt wird.

Trockenhorden

Ablagegestelle für frisch bedruckte Druckbögen. Diese werden insbesondere im Siebdruck während der Trocknung der Druckbögen verwendet.

Verschnitt

nicht pigmentierte Druckfarbe

Wegschlagen

Als Wegschlagen bezeichnet man das Eindringen von Binde- oder Lösungsmittel der Druckfarbe in das Papier im Verlauf der physikalischen Trocknung. Die an der Oberfläche verbleibenden Harzanteile und Pigmente bilden einen Farbfilm.

Wischwasser

siehe *Feuchtwasser*

Zentralzylindermaschinen

Bezeichnung für ein Grundkonzept von Verpackungsdruckmaschinen (Tiefdruck und Flexodruck). Die einzelnen Druckwerke sind um einen zentralen Gegendruckzylinder herum angeordnet. (Unterscheidung zur ⇒ Reihenmaschine)

10. Literaturverzeichnis

Mit Kurzbezeichnung

[Amt für Arbeitsschutz Hamburg, 1996]

Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales der Freien und Hansestadt Hamburg, Amt für Arbeitsschutz [Hrsg.]: „Ersatzstoffe im Offsetdruck- Bericht über Erhebungen in Offsetdruckereien und bei Herstellern von Reinigungsmitteln“, Hamburg 1996

[BMU/VCI, 1997]

N.N.: „Gemeinsamer Abschlußbericht zum Dialog des BMU und des VCI zu Umweltzielen am Beispiel VOC“, Dezember 1997

[Bräutigam et.al., 1992]

Bräutigam M., Kruse, D.: „Ermittlung der Emissionen organischer Lösemittel in der Bundesrepublik Deutschland“, Bericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, UFOPLAN-Nr. 104 04 116/01, Köln, April 1992

[BVD, 1996]

Bundesverband Druck e.V. [Hrsg.]: „Umweltschutz in der Druckindustrie“, Wiesbaden, 1996

[Carbotech, 1994]

Kaltenbach, J. u.a.: „Grundlagen und Instrumente für eine Vereinbarung über die VOC-Reduktion in der grafischen Branche“, Bericht im Auftrag des Ausschusses Vereinbarung, Basel Juli 1994

[CITEPA, 1990]

Allemand, N.: „Control of Emissions of volatile organic compounds from printing industries“, final report, Paris Oktober 1990

[DFTA, 1989]

Kunkel, M. u.a.: „DFTA-Handbuch zur Abluftentsorgung in Flexo-Druckereien“, Darmstadt 1989

[EMEP/CORINAIR, 1996]

McInnes, G.: „Atmospheric Inventory Guidebook“, Bericht der EMEP Task Force on Emission Inventories- 1. Ausgabe, Kopenhagen Februar 1996

[EPA, 1996]

N.N.: „Pollution Prevention Experiences in Three Flexographic Printing Facilities – Design for the Environment Printing Project“, Studie der United States Environmental Protection Agency, September 1996

[IER, 1997]

Eisele, F.: VOC-Emissionen aus Druckbetrieben in der Bundesrepublik Deutschland 1994“, Studie des Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER) im Auftrag des Umweltbundesamtes, Stand Oktober 97-unveröffentlicht

[IIP, 1993]

Rentz, O., u.a.: „Minderung der VOC-Emissionen in der BRD“, Bericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, UFOPLAN-Nr. 104 04 167, Karlsruhe, Mai 1993

[LASI, 1997]

Länderausschuß für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) [Hrsg.]: „Ersatzstoffe und Verwendungsbeschränkungen in der Reinigungstechnik im Offsetdruck“, Leitfaden der Arbeitsgruppe Reinigungsmittel im Offsetdruck, Wiesbaden, Juli 1997

[InfoMil, 1998]

N.N.: „KWS 2000 Jaarverslag – Annual Report 96 –97“, ein Bericht des Informatiecentrum Milieuvergunningen (InfoMil), Den Haag Februar 1998

[Ökopol, 1997]

Jepsen, D., Grauer A.: „Ergebnisse der bundesweiten Primärdatenerhebung zu VOC-Emissionen in Offsetdruckereien“, Bericht im Auftrag des Bundesverband Druck, Hamburg Februar 1997

[Ökopol / B.A.U.M., 1997]

Jepsen, D., Rauscher, L.: „Branchengutachten zur Abfallvermeidung in der baden-württembergischen Druckindustrie“, im Rahmen des Beratungsprogrammes zur Reststoffvermeidung und –verwertung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart, 1997

[UN-ECE, 1997]

N.N.: „Solvents and other Product Use - Kapitel 3.4.4.2 Printing Industry Entwurfsfassung“, Hintergrundbericht der UN-ECE Task Force on NOx and VOC, Stand 1997, unveröffentlicht

Ohne Kurzbezeichnung

Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales der Freien und Hansestadt Hamburg, Amt für Arbeitsschutz [Hrsg.]: „Einsatzstoffe in Offset-Druckereien“, in Jahresbericht 1996, Hamburg 1997

Berufsgenossenschaft Druck und Papier [Hrsg.]: „Sicheres Arbeiten in der Siebdruckerei, Broschüre Nr. 218, Wiesbaden 1996

Böttcher-Tiedemann, C. Mahrwald, B.: „Die neue EU- Lösemittelrichtlinie und ihre nationale Umsetzung“ in Umwelttechnik, September 1999

Bundesverband Druck e.V. [Hrsg.]: „Druckindustrie in Zahlen 1997“, Wiesbaden 1998

Deutscher Drucker [Hrsg.]: Wasserloser Offsetdruck in der täglichen Praxis – Verfahrensvarianten mit guter Perspektive“, in Deutscher Drucker 7/95

Deutscher Drucker [Hrsg.]: „Kein einfaches Pauschalrezept für reduzierte Emissionen aus Feuchtmitteln im Offsetdruck“, Bericht vom FOGRA-Umwelttag 1996, in Deutscher Drucker 5/1997

Druckwelt [Hrsg.]: „Wasserloser Offsetdruck – Praxisanwendungen und Kostenvergleich“, Sonderdruck der Druckwelt 1997

Dolezalek, F.: „Druckversuche mit Alkoholversatzstoffen im Bogenoffset“, Forschungsbericht des Bundesverband Druck Nr. 3.297, Wiesbaden 1993

Fleck, W., Jepsen, D., Rauh, W.: „Lösungsmittel im Offsetdruck – Sachverhalte und Handlungshinweise zur Verminderung von Emissionen“, Information des Bundesverband Druck, Wiesbaden III/1997

Hanke, K.: „Druckfarben für den Rollen-Akzidenzdruck“, Seite 34, in Huber Gruppe (Hrsg): Druckfarben-Echo 4, Celle 1989

Hanke, K.: „ Hochgeschwindigkeitskonzepte für Heasetdruckfarben, Bedruckstoffe und Trocknung“, Vortragsmanuskript des FOGRA-Symposiums Druckfarben im Offset – Möglichkeiten und Grenzen, 23./24. November 1998 in München

Heidelberg Druckmaschinen AG: „Alkoholfrei Drucken – saubere und wirtschaftliche Lösungen für die tägliche Praxis“, Information der Heidelberg Druckmaschinen AG in der Reihe Druck & Umwelt, Heidelberg, 1994

Hesekamp, D.: „Alkoholfreies Drucken – Ersatz des IPA durch physikalische Behandlung des Feuchtmittels?“ in Deutscher Drucker 42/1997

Jepsen, D., u.a.: „Abfall- und Materialflußcontrolling in mittelständischen Druckereien – Kooperationsprojekt in der niedersächsischen Druckindustrie“, Gutachten der ÖKOPOL GmbH im Auftrag des niedersächsischen Umweltministeriums, Hamburg/Hannover 1999.

Jepsen, D.: „workflow – Blattplanungssysteme in Verlagen, Leitstände in der Druckindustrie und Papierverarbeitung“, Auftragsverfolgung in der Druckvorstufe“, Schriftenreihe der IG Medien Heft 36, Stuttgart 1998

Leustenring, C.: „Reduzierung des Alkoholgehaltes im Feuchtmittel“, Information des Bundesverband Druck, I/1993

Loy, H.W.: „UV-Klatstrahler – Alternative für den Bogenoffsetdruck?“ in Deutscher Drucker 26/98

Rauh, W.: „Lösungsmittlemissionen aus Wasch- und Reinigungsprozeß im Offsetdruck reduzierbar – Verbrauchsmengen, Anwendungs- und Produktempfehlungen“, in Deutscher Drucker 30-31/1997

Röll, C.: „Zur Klassifizierung flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) im Hinblick auf Emissionsminderungsstrategien“, Europäische Hochschulschriften, Band 1592, Karlsruhe, 1994

Schröter, K.-D.: „Druckfarben für den Verpackungsmarkt im Wandel“ in Der Polygraph 10-91

Sächsisches Institut für die Druckindustrie GmbH [Hrsg.]: Ergebnisse des Verbundprojektes – Ökologische Druckmaschine 2000“, Presse Information des SID, Februar 1999

Sterger, O.: „Konzepte für den ganzheitlichen Umweltschutz im Siebdruck“, in Entsorgungspraxis 1-2/1995

Uhlemann, G. H.: „Dauerthema Trocknung – Druckfarben und Drucklacke für UV-Härtung“ in Druckwelt 3/98, S. 73-76

Uhlemann, G. H.: „Marktübersicht: UV-Härtung im Aufwind“ in Offsetpraxis 12/98, S. 66-69

Uhlemayr, A.: „Maßnahmen zur Eliminierung des Isopropanolanteils in Feuchtwasserkreisläufen durch Verwendung optimierter Feuchtwasserzusätze in Wwechselwirkung mit neuartigen Feuchtwalzenbeschichtungen“, Sonderdruck der VEGRA GmbH, Anschau a.l., 1996

Verein Deutscher Ingenieure [Hrsg.]: „Emissionsminderung Rollenoffsetdruckanlagen mit Heißlufttrocknung“ Entwurfsfassung der VDI 2587 – Blatt 1, Stand September 1999

Verein Deutscher Ingenieure [Hrsg.]: VDI-Richtlinie 2587 (Entwurf): „Emissionsminderung Tief- und Flexodruckanlagen für Verpackungen“ Entwurfsfassung der VDI 2587-Blatt 2, Stand April 1997