

Anlagenband 1

Detailinformationen

zu den Maschinenkonstellationen und den Minderungsmaßnahmen

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

D. Jepsen, A. Grauer, C. Tebert

Hamburg, Oktober 1999

Anlagenband 1 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

INHALTSVERZEICHNIS

1. INHALT & AUFBAU	13
1.1 Allgemeines	13
1.2 Betrachtete Maschinenkonstellationen	13
1.3 Einheitliches Schema zur Beschreibung der VOC-Emissionen	14
1.4 Einheitliche Emissionsbilanzen	17
1.5 Beschreibungsraster für VOC-Minderungsmaßnahmen	19
1.6 Datenkonsistenz	21
2. ILLUSTRATIONS-TIEFDRUCK (MASCH.-KONST. 60)	23
2.1 Druckprinzip des Tiefdrucks.....	23
2.2 Farbsysteme	23
2.3 Produkte & Bedruckstoffe	24
2.4 Betriebe & Maschinenpark	24
2.5 VOC-relevante Einsatzstoffe	25
2.6 Genehmigungspflichten	25
2.7 Emissionsquellen, Einflußfaktoren und Emissionsbilanz	26
2.7.1 Emissionsquellen	26
2.7.2 Emissionsbilanz	28
2.8 Minderungsmaßnahmen	29
2.8.1 Maßnahme- Nr.: 60-1 „resttoluol-reduzierende Druckfarben“	29
2.8.2 Maßnahmen-Nr.: 60-2 Umlufttechnik	31
3. OFFSETDRUCK.....	33
3.1 Druckprinzip	33
3.2 Farben	33
3.3 Bedruckstoffe	34
3.4 Produkte.....	34
4. COLDSET-OFFSETDRUCK (MASCH.-KONST. 110)	35
4.1 Farbsystem.....	35
4.2 Produkte & Bedruckstoffe	35
4.3 Betriebe & Maschinenpark	35
4.4 VOC-relevante Einsatzstoffe	36
4.5 Genehmigungspflichten	36
4.6 Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz.....	37

4.6.1	Emissionsquellen.....	37
4.6.2	Emissionsbilanz.....	39
4.7	Minderungsmaßnahmen.....	40
4.7.1	Maßnahmen-Nr.: 110-1 Hochsiedereinsatz.....	40
4.7.2	Maßnahmen-Nr.: 110-2 Verbesserte Handhabung.....	44
4.7.3	Maßnahmen-Nr.: 110-3 Waschanlagen für Gummituch- und Gegendruckzylinder.....	46
4.7.4	Maßnahmen-Nr.: 110-4 Optimierte Farbbelegung.....	49
4.7.5	Maßnahmen-Nr.: 110-5 Installation gekapselte Teilewaschanlagen.....	51
5.	BOGENOFFSETDRUCK ALLGEMEIN.....	53
5.1	Farbsystem.....	53
5.2	Produkte & Bedruckstoffe.....	53
5.3	Betriebe & Maschinenpark.....	53
6.	MITTEL- UND GROßFORMATIGER BOGENOFFSETDRUCK (MASCH.-KONST. 121)	55
6.1	VOC-relevante Einsatzstoffe.....	55
6.2	Genehmigungspflichten.....	55
6.3	Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz.....	56
6.3.1	Emissionsquellen.....	56
6.3.2	Emissionsbilanz.....	58
6.4	Minderungsmaßnahmen.....	59
6.4.1	Maßnahmen-Nr.: 121-1 Hochsiedereinsatz.....	59
6.4.2	Maßnahmen-Nr.: 121-2 Verbesserte Handhabung.....	63
6.4.3	Maßnahmen-Nr.: 121-3 Waschanlagen für Gummituch, Farbwalzen und Gegendruckzylinder.....	65
6.4.4	Maßnahmen-Nr.: 121-4 Farbwechselreduzierung.....	67
6.4.5	Maßnahmen-Nr.: 121-5 Umstellung auf wasserlosen Offsetdruck.....	69
6.4.6	Maßnahmen-Nr.: 121-6 IPA-freie Feuchtwerke.....	73
6.4.7	Maßnahmen-Nr.: 121-7 IPA-Reduzierung.....	75
6.4.8	Maßnahmen-Nr.: 121-8a IPA-Messung und -Dosierung (diskontinuierlich).....	77
6.4.9	Maßnahmen-Nr.: 121-8b IPA-Messung und -Dosierung (kontinuierlich).....	80
6.4.10	Maßnahmen-Nr.: 121-9a IPA-Ersatzstoffe.....	83
6.4.11	Maßnahmen-Nr.: 121-9b Hydrophile Spezialwalzen.....	85
6.4.12	Maßnahmen-Nr.: 121-9c Feuchtmittelkühlung.....	87
6.4.13	Maßnahmen-Nr.: 121-9d Kombination von IPA-Ersatzstoffen, hydrophilen Spezialwalzen und Feuchtmittelkühlung.....	89
6.4.14	Maßnahmen-Nr.: 121-9e Ergänzung der genannten Maßnahmen um eine Wasseraufbereitung.....	91

7.	KLEINFORMATIGER BOGENOFFSETDRUCK (MASCH.-KONST. 122)	93
7.1	VOC-relevante Einsatzstoffe	93
7.2	Genehmigungspflichten	93
7.3	Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz	94
7.3.1	Emissionsquellen	94
7.3.2	Emissionsbilanz	96
7.4	Minderungsmaßnahmen	96
7.4.1	Maßnahmen-Nr.: 122-1 Hochsiedereinsatz	96
7.4.2	Maßnahmen-Nr.: 122-2/122-7 Digitaldruck	101
7.4.3	Maßnahmen-Nr.: 122-3 Verbesserte Handhabung	104
7.4.4	Maßnahmen-Nr.: 122-4 Waschanlagen für Gummituch, Farbwalzen und Gegendruckzylinder	106
7.4.5	Maßnahmen-Nr.: 122-5 Umstellung auf wasserlosen Offsetdruck	108
7.4.6	Maßnahmen-Nr.: 122-6 IPA-freie Feuchtwerke	111
7.4.7	Maßnahmen-Nr.: 122-8 IPA-Reduzierung	113
7.4.8	Maßnahmen-Nr.: 122-9 IPA-Messung (diskontinuierlich) und automatische IPA-Dosierung	115
7.4.9	Maßnahmen-Nr.: 122-10a Ersatzstoffe	118
7.4.10	Maßnahmen-Nr.: 122-10b Hydrophile Spezialwalzen	120
7.4.11	Maßnahmen-Nr.: 122-10c Kombination von IPA-Ersatzstoffen und hydrophilen Spezialwalzen	122
8.	HEATSET-OFFSETDRUCK (MASCH. KONST. 150)	125
8.1	Farbsystem	125
8.2	Produkte & Bedruckstoffe	125
8.3	Betriebe & Maschinenpark	125
8.4	VOC-relevante Einsatzstoffe	126
8.5	Genehmigungspflichten	126
8.6	Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz	127
8.6.1	Emissionsquellen	127
8.6.2	Emissionsbilanz	130
8.7	Minderungsmaßnahmen	131
8.7.1	Maßnahmen-Nr.: 150-1 Hochsiedereinsatz	131
8.7.2	Maßnahmen-Nr.: 150-2 Verbesserte Handhabung	135
8.7.3	Maßnahmen-Nr.: 150-3 Waschanlagen für Gummituchzylinder	137
8.7.4	Maßnahmen-Nr.: 150-4 Umstellung auf wasserlosen Offsetdruck	139
8.7.5	Maßnahmen-Nr.: 150-5 IPA-Reduzierung	142

8.7.6	Maßnahmen-Nr.: 150-6a IPA-Messung und -Dosierung (diskontinuierlich).....	144
8.7.7	Maßnahmen-Nr.: 150-6b IPA-Messung und -Dosierung (kontinuierlich).....	146
8.7.8	Maßnahmen-Nr.: 150-7a IPA-Ersatzstoffe	149
8.7.9	Maßnahmen-Nr.: 150-7b Hydrophile Spezialwalzen	151
8.7.10	Maßnahmen-Nr.: 150-7c Kombination von IPA-Ersatzstoffen und hydrophilen Spezialwalzen	153
8.7.11	Maßnahmen-Nr.: 150-7d Ergänzung der genannten Maßnahmen um eine Wasseraufbereitung.....	155
9.	ENDLOS-OFFSETDRUCK (MASCH. KONST. 160).....	157
9.1	Farbsystem.....	157
9.2	Produkte & Bedruckstoffe	157
9.3	Betriebe und Maschinenpark.....	157
9.4	VOC-relevante Einsatzstoffe	158
9.5	Genehmigungspflichten	158
9.6	Emissionsquellen & Einflußfaktoren	159
9.6.1	Emissionsquellen.....	159
9.6.2	Emissionsbilanz	160
9.7	Minderungsmaßnahmen.....	161
9.7.1	Maßnahmen-Nr.: 160-1 Hochsiedereinsatz.....	161
9.7.2	Maßnahmen-Nr.: 160-2 Verbesserte Handhabung.....	164
9.7.3	Maßnahmen-Nr.: 160-3 Waschanlagen für Gummituchzylinder.....	166
10.	VERPACKUNGSDRUCK.....	169
10.1	Produkte & Druckverfahren	169
10.2	Bedruckstoffe	171
11.	VERPACKUNGS-TIEFDRUCK ALLGEMEIN	173
11.1	Druckprinzip	173
11.2	Betriebe & Druckanlagen.....	173
12.	VERPACKUNGS-TIEFDRUCK LÖSEMITTELBASIERT (MASCH. KONST. 311).....	175
12.1	Farbsysteme	175
12.2	Produkte und Bedruckstoffe.....	175
12.3	VOC-relevante Einsatzstoffe	176
12.4	Genehmigungspflichten	176
12.5	Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz.....	177
12.5.1	Emissionsquellen.....	177
12.5.2	Emissionsbilanz	179

12.6	Minderungsmaßnahmen	179
12.6.1	Maßnahmen-Nr.: 311-1 Verbesserte Handhabung von Reinigungsmitteln.....	179
12.6.2	Maßnahmen-Nr.: 311-2 Einsatz VOC-reduzierter Reinigungsmittel	182
12.6.3	Maßnahmen-Nr.: 311-3 Zylinderwaschanlagen mit optimierter Kapselung.....	185
12.6.4	Maßnahmen-Nr.: 311-4 Anschluß von Waschplätzen und Waschanlagen an die Abluftreinigung	187
12.6.5	Maßnahmen-Nr.: 311-5 Umstellung auf UV-Farbsystem	189
12.6.6	Maßnahmen-Nr.: 311-6 Umstellung auf wasserbasiertes Farbsystem	191
12.6.7	Maßnahmen-Nr.: 311-7 Verbesserter Umgang mit VOC-haltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen	193
12.6.8	Maßnahmen-Nr.: 311-8 Automatische Lösemittelzuführung.....	195
12.6.9	Maßnahmen-Nr.: 311-9 Verbesserte Kapselung von Farbsystemen und Trocknern	197
12.6.10	Maßnahmen-Nr.: 311-10 Regelungstechnische Optimierung der Abluftreinigungsanlage	199
13.	VERPACKUNGSTIEFDRUCK WASSERBASIIERT (MASCH. KONST. 312).....	201
13.1	Farbsysteme	201
13.2	Bedruckstoffe & Produkte	201
13.3	VOC-relevante Einsatzstoffe	202
13.4	Genehmigungspflichten	202
13.5	Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz.....	203
13.5.1	Emissionsquellen	203
13.5.2	Emissionsbilanz	205
13.6	Minderungsmaßnahmen	206
13.6.1	Maßnahmen-Nr.: 312-1 Verbesserte Handhabung von VOC-haltigen Hilfsstoffen	206
13.6.2	Maßnahmen-Nr.: 312-2 Verbesserter Umgang mit VOC- haltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen	208
14.	FLEXODRUCK ALLGEMEIN.....	211
14.1	Druckprinzip	211
14.2	Betriebe & Maschinenpark	212
14.3	Form-Herstellung	213
15.	FLEXODRUCK LÖSEMITTELBASIIERT (MASCH. KONST. 321).....	215
15.1	Farbsysteme	215
15.2	Produkte & Bedruckstoffe	215
15.3	VOC-relevante Einsatzstoffe	216
15.4	Genehmigungspflichten	216
15.5	Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz.....	217

15.5.1	Emissionsquellen.....	217
15.5.2	Emissionsbilanz	219
15.6	Minderungsmaßnahmen.....	220
15.6.1	Maßnahmen-Nr.: 321-1 Einsatz von Teilewaschanlagen auf Laugenbasis.....	220
15.6.2	Maßnahmen-Nr.: 321-2 Verbesserte Handhabung von Reinigungsmitteln.....	222
15.6.3	Maßnahmen-Nr.: 321-3 Einsatz VOC-reduzierter Reinigungsmittel	224
15.6.4	Maßnahmen-Nr.: 321-4 Einsatz automatischer Waschanlagen.....	227
15.6.5	Maßnahmen-Nr.: 321-5 Gekapselte Teilewaschanlagen.....	229
15.6.6	Maßnahmen-Nr.: 321-6 Anschluß von Waschplätzen und Waschanlagen an die Abluftreinigung	231
15.6.7	Maßnahmen-Nr.: 321-7 Umstellung auf UV-Farbsystem	233
15.6.8	Maßnahmen-Nr.: 321-8 Umstellung auf wasserbasiertes Farbsystem	235
15.6.9	Maßnahmen-Nr.: 321-9 Verbesserter Umgang mit VOC-haltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen	237
15.6.10	Maßnahmen-Nr.: 321-10 Automatische Lösemittelzuführung.....	239
15.6.11	Maßnahmen-Nr.: 321-11 Verbesserte Kapselung von Farbsystemen und Trocknern...	241
15.6.12	Maßnahmen-Nr.: 321-12 Regelungstechnische Optimierung der Abluftreinigungsanlage	243
16.	FLEXODRUCK WASSERBASIERT (MASCH. KONST. 322).....	245
16.1	Farbsystem.....	245
16.2	Produkte & Bedruckstoffe	245
16.3	VOC-relevante Einsatzstoffe	247
16.4	Genehmigungspflichten	247
16.5	Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz.....	248
16.5.1	Emissionsquellen	248
16.5.2	Emissionsbilanz	250
16.6	Minderungsmaßnahmen.....	251
16.6.1	Maßnahmen-Nr.: 322-1 Verbesserte Handhabung VOC-haltiger Hilfsmittel	251
16.6.2	Maßnahmen-Nr.: 322-2 Verbesserter Umgang mit VOC-haltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen	253
17.	SIEBDRUCK.....	255
17.1	Druckprinzip	255
17.2	Farbsysteme	255
17.3	Produkte & Bedruckstoffe	256
17.4	Betriebe & Maschinenpark	257
17.5	VOC-relevante Einsatzstoffe im Siebdruck	259

17.6	Genehmigungspflichten	260
17.7	Emissionsquellen & Einflußfaktoren	261
17.7.1	Emissionsquellen	261
17.7.2	Emissionsbilanz	262
17.8	Minderungsmaßnahmen	263
17.8.1	Maßnahmen-Nr.: 400-1 Verbesserte Handhabung von VOC-haltigen Hilfsstoffen	263

1. Inhalt & Aufbau

1.1 Allgemeines

Der folgende Text gibt für die im Rahmen der Gesamtuntersuchung gebildeten Maschinenkonstellationen Basisinformationen zur Verfahrenstechnik, zur Marktsituation und zu den VOC-relevanten Stoffen und Prozessen. Basierend auf der im Projektrahmen durchgeführten Ermittlung einer VOC-Datenbasis für die deutsche Druckindustrie werden für die (meisten) Maschinenkonstellationen jeweils konkrete Jahres VOC-Emissionsbilanzen einer Modellmaschine dargestellt. Diese Modellmaschinen repräsentieren in ihrem Stofffluß jeweils den derzeitigen Branchenquerschnitt.

Als weitere zentrale Information werden zu den einzelnen Maschinenkonstellationen die bewerteten Minderungsmaßnahmen nach einem einheitlichen Beschreibungsraaster detailliert dargestellt.

1.2 Betrachtete Maschinenkonstellationen

Um eine ausreichende Differenzierung der Datenbasis für die Bewertung konkreter VOC-Minderungsmaßnahmen zu erhalten, erfolgte eine Aufgliederung der Druckbranche in die unten 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).

Bei der Einteilung der Maschinenkonstellationen wird aufgrund des unterschiedlichen Akteursbezuges entsprechend dem folgenden Schema zwischen dem Druck grafischer Produkte und den Verpackungs- und Sonderdruckverfahren unterschieden:

Tabelle 1: Unterteilung der Maschinenkonstellationen

Maschinenkonstellation	Kenn-Nummer im Gesamtprojekt
Verfahren zum Druck grafischer Produkte	
Illustrationstiefdruck	60
Coldset-Rotationen (Zeitungs-Rollen)	110
Bogenoffset (mittel- und großformatig)	121
Bogenoffset (kleinformatig)	122
Heatset-Rotationen (Akzidenz-Rollen)	150
Endlos-(Formular) Druck	160
Verpackungs- und Sonderdruckverfahren	
Verpackungstiefdruck (lösemittelbasiert)	311
Verpackungstiefdruck (wasserbasiert)	312
Verpackungsflexodruck (lösemittelbasiert)	321
Verpackungsflexodruck (wasserbasiert)	322
Siebdruck	400
Tapeten-Siebdruck	Im Projektrahmen nicht berücksichtigt

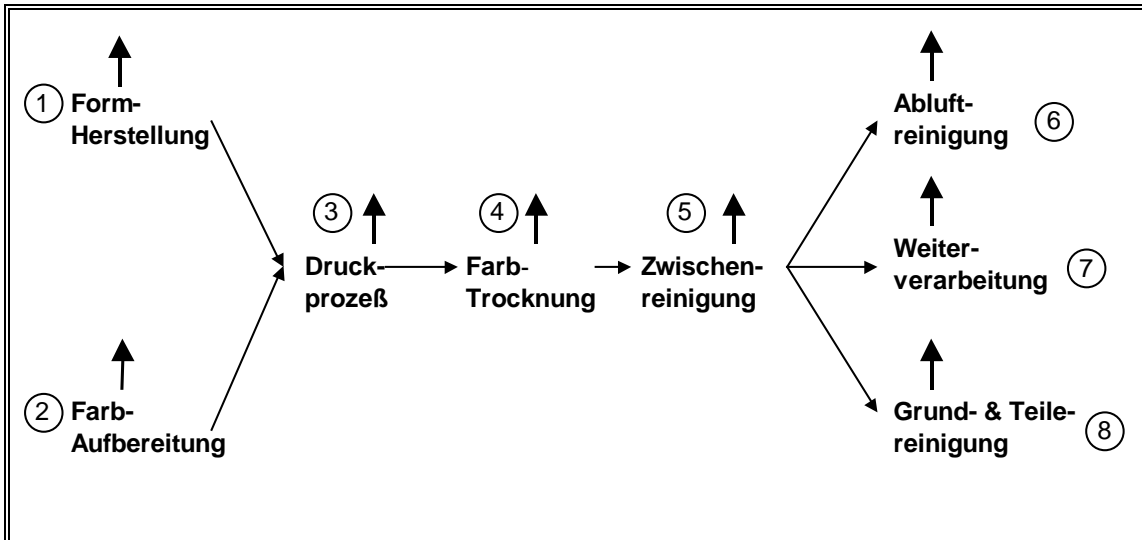
[ÖKOPOL, 1998]

1.3 Einheitliches Schema zur Beschreibung der VOC-Emissionen

Die Abbildung 1 zeigt ein standardisiertes Prozeßschema für die Druckindustrie. Entlang dieses Schemas werden für die einzelnen Maschinenkonstellationen jeweils die relevanten VOC-Emissionsquellen hervorgehoben (fett gesetzt) und kurz erläutert.

Bereits im folgenden werden zusammenfassend die potentiellen VOC-Einsätze und -Emissionsquellen in den einzelnen Prozessschritten erläutert.

Abbildung 1: 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 1 genannten Maschinenkonstellationen werden die Druckformen unter Verwendung VOC-relevanter Hilfsmittel hergestellt (dies gilt insbesondere bei der Herstellung von Flexodruckklischees und Tiefdruckzylindern). Je nach Verfahrenskonstellation werden mehr oder minder stark VOC freigesetzt. Flexoklischees und Tiefdruckzylinder für den Verpackungstiefdruck werden heute allerdings nur noch in geringem Maß in Druckbetrieben hergestellt. Der überwiegende Anteil dieser Druckformen wird von spezialisierten Dienstleistern geliefert.
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 folgende Teilprozesse (die allerdings nicht alle in allen Maschinenkonstellationen zum Tragen kommen):
 - Einstellung des Farbtons durch gezieltes Mischen verschiedener Grundfarben (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 Lösemittlemissionen 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 des Lösemittels in den Bedruckstoff („Wegschlagen“) sowie
 - chemische Trocknung durch Oxidation.

Insbesondere treten relevante VOC-Emissionen beim Ausdampfen organischer Lösemittel auf, z.T. aber auch - in Abhängigkeit von der Farbrezeptur und den Prozessbedingungen - bei der chemischen Trocknung durch Oxidation. Der Trocknungsvorgang kann - abhängig von der Maschinenkonstellation - entweder direkt in bzw. hinter dem Farbwerk oder aber in gesonderten Trocknungseinheiten erfolgen.

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 hier die Umwascvorgänge zwischen zwei Aufträgen mit unterschiedlichem Druckbild und/oder unterschiedlicher Farbigekeit gezählt, solange es sich um eine Reinigung von farbführenden Teilen in der Maschinen handelt. Werden im Rahmen von Umwascungen dagegen farbführende Teile ausgebaut (z.B. Farbkästen im Zeitungsdruck oder ganze Druckwerke im Verpackungstiefdruck) und in gesonderten Waschlätzen 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 zuge-

fürten 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 verschiedenen Teile der Druckmaschinen und der Nebenaggregate nach Ende des eigentlichen Druckprozesses kommen häufig VOC-relevante Hilfsstoffe zum Einsatz. Je nach Maschinenkonstellation, betrieblicher Handhabungspraxis und dem Dampfdruck der eingesetzten Reinigungsmittel unterscheidet sich die VOC-Relevanz dieser Hilfsprozesse deutlich. Es ist zu unterscheiden zwischen:
 - Reinigungsarbeiten an ausgebauten, farbführenden Maschinenteilen an speziellen Waschlätzen 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, Trittbleche, Laufflächen u.ä. umfassen.

1.4 Einheitliche Emissionsbilanzen

Um zu einer konkreten Basis für die Beurteilung der Minderungs-Maßnahmen zu gelangen, war es notwendig, von der allgemeinen Branchenbetrachtung auf eine definierte Modellmaschine zu gehen, für die auf der Basis realer Marktpreise Emissions- und 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.¹

Die Beschreibung dieser Modellmaschine für die Maschinenkonstellation und einige Eckdaten finden sich in der folgenden Tabelle 2.

¹ 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.

Tabelle 2: Modellmaschinen für die Bewertung der Minderungsmaßnahmen

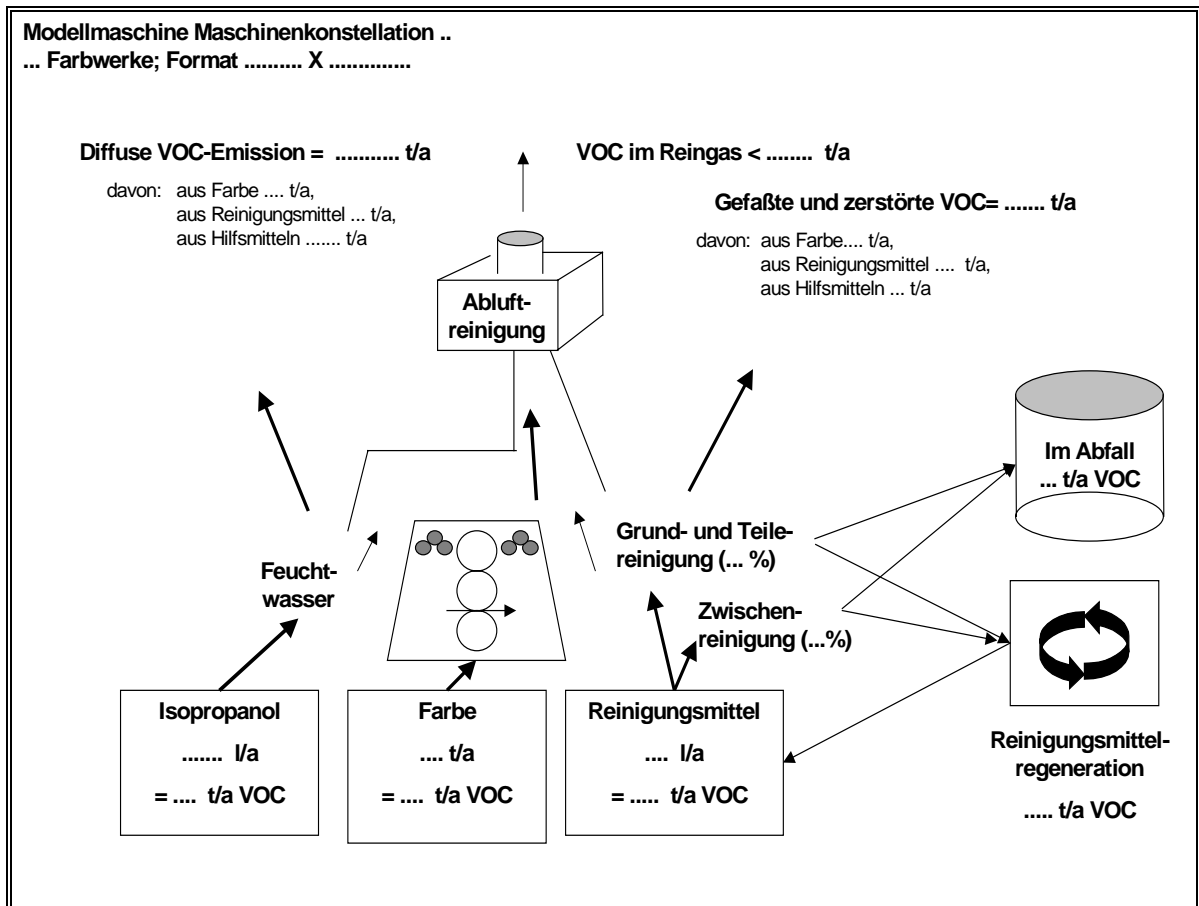
Machinen-Konstellation	Beschreibung	Format [cm x cm]	Farbwerke [Anzahl]	Farbverbrauch [t _{Farbe} / a]	VOC-Einsatz [t _{VOCges} / a]	
60	Illustrationstiefdruck	entfällt, da kein repräsentativer Anlagentyp abgebildet werden kann				
110	Zeitungsdruck	MAN Colorman 35 S	114 x 160	96	744,00	82,30
121	Bogendruck 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 kein repräsentativer Anlagentyp abgebildet werden kann				
200	Buchdruck	entfällt, da keine prioritären Minderungsmaßnahmen				
311/312	Verpackungs- Tiefdruck	Reihenmaschine	100 x 120	8	252,50	482,2 (lösem.) 61,1 (wasser)
321/322	Verpackungs- Flexodruck	Zentral- Zylindermaschine	100 x 127	8	70,01	117,7 (lösem.) 17,0 (wasser)
400	Siebdruck	entfällt, da keine prioritären Minderungsmaßnahmen				

[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 jeweils nochmals bildhaft dargestellt.

Die folgende Abbildung 2 zeigt das Schema dieser grafischen Darstellungen beispielhaft

Abbildung 2: Schema der Stoffflüsse einer Modellmaschinen



[ökopol 1999]

1.5 Beschreibungsraster für VOC-Minderungsmaßnahmen

Um eine einheitliche und vergleichbare Darstellung der sehr verschiedenartigen Minderungsmaßnahmen zu gewährleisten wird das nachfolgend erläuterte Beschreibungsraster verwendet.

Maßnahmen-Nr.:

Innerhalb der Maschinenkonstellationen sind die verschiedenen Minderungsmaßnahmen durchnummeriert, wobei jeweils zuerst Vermeidungsmaßnahmen und dann Verminderungsmaßnahmen dargestellt werden. Maßnahmen die direkte Alternativen darstellen bzw. die sehr eng mit einander verbunden sind erhalten die gleiche Nummer die jeweils um einen Buchstaben ergänzt wird.(also z.B. 121-8a, 121-8b,..)

Kurz-Beschreibung

Einsatz von gekapselten Waschanlagen zur Teilereinigung

Minderungswirkung

Hier wird die VOC-mindernde Wirkungsweise der Maßnahme kurz erläutert.

Umsetzungsprobleme

Es werden technische und ökonomische Umsetzungsprobleme, aber auch Akzeptanzschwierigkeiten kurz dargestellt.

VOC-Reduktionspotential

Quantifizierung der Minderungswirkung der Maßnahme, im Rahmen einer 10-Jahresprognose (d.h. welcher IST-Stand kann nach Einschätzung der Gutachter im Jahr 2009 erreicht werden). Die Basisdaten und die getroffenen Annahmen für diese Prognose werden jeweils angeführt.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Relevante Verlagerungseffekte der Umweltwirkungen in andere Medien sowie sonstige mit der Maßnahmenumsetzung gekoppelte relevante Umweltwirkungen werden qualitativ angeführt.

Erschließbarkeit

An diesem Punkt werden die Möglichkeiten aber ggf. auch die spezifischen Schwierigkeiten, die Maßnahme gezielt zu befördern, aufgeführt.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Über das Hilfskonstrukt „Modellmaschine“ mit definierten Stoffströmen und VOC-Emissionen werden hier die ökonomischen Anforderungen der Maßnahmenrealisierung konkret durchgerechnet. Investitionskosten werden dabei nach dem folgenden Modus periodisiert (abgeschrieben):

- Investitionen in grundlegende Maschinenkomponenten und Anlagen mit längerer Lebensdauer (z.B. spezielle Waschanlagen) werden über 7 Jahre abgeschrieben
- Investitionen in Verschleißteile (und hierunter fallen z.B. auch Schulungsinvestitionen) werden über 3 Jahre abgeschrieben.

Durch die Gegenüberstellung der jährlichen Gesamtkosten für die Minderungsmaßnahme (periodisierte Investitionskosten plus laufende Betriebskosten) mit den realisierten VOC-Minderungen an der „Modellmaschine“ können dezidiert spezifische VOC-Minderungskosten ausgewiesen werden.

1.6 Datenkonsistenz

Alle Mengenangaben über VOC-Einsätze oder –Emissionen sowohl auf Ebene der Modellmaschinen als auch auf Branchenebene basieren auf der ÖKOPOL-Branchendatenbank. In dieser Datenbank sind neben vielen anderen auch die 190 Betriebsdatensätze enthalten, die für die Bildung der VOC-Datenbasis herangezogen wurden.

Alle weiteren vorgenannten Daten wurden durch Hochrechnung und Aggregation aus diesen sehr differenzierten Detaildaten (l oder kg-Angaben) gebildet. Für die übersichtliche Darstellung der ermittelten Ergebnisse sind hierbei Rundungen unumgänglich. Da im Interesse der Nachvollziehbarkeit weitere Berechnungen z.B. über die Minderungswirkung der EG VOC-RL teilweise mit diesen gerundeten Ergebniszahlen vorgenommen wurden, entsteht hier eine geringfügig größere Ergebnisunschärfe. Deutlich werden diese Rundungsabweichungen an Stellen, wo die derart ermittelten Ergebnisse mit direkt aus den detaillierten Basisdaten ohne Rundungsverluste ermittelten Werten verglichen werden.

Derartige marginale Dateninkonsistenzen sind im Rahmen komplexer Datenbasen unvermeidbar und im Ergebnis unbedeutend.² Dennoch wird an dieser Stelle explizit auf die Existenz solcher Abweichungen im Bereich von maximal 10 Tonnen³ hingewiesen.

² Dies wurde durch die Gutachter an verschiedenen Stellen durch Sensitivitätsberechnungen entsprechend überprüft.

³ Bei branchenweiten Hochrechnungen

2. Illustrations-Tiefdruck (Masch.-Konst. 60)

2.1 Druckprinzip des Tiefdrucks

Zum Tiefdruck gehören die Druckverfahren, bei denen die druckenden Stellen der Druckform (*Näpfchen*) vertieft liegen. Die Druckform wird durch Eintauchen in dünnflüssige Druckfarbe eingefärbt und überschüssige Farbe anschließend mit einem Stahlmesser (*Rake*) abgezogen. Während des Druckvorganges wird die Druckfarbe aus den Vertiefungen der Druckform direkt auf den *Bedruckstoff* übertragen (direktes Druckverfahren).

Da man im Tiefdruck im Gegensatz zu den übrigen Druckverfahren sowohl die Farbschichtdicke (Näpfchentiefe) als auch die Rasterflächendeckung (Näpfchenöffnung) bildmäßig variieren kann, ergeben sich drei unterschiedliche Möglichkeiten, einen Bildeindruck auf einem *Bedruckstoff* zu erzeugen: Variation der Näpfchentiefe, der Näpfchenöffnung (Fläche) oder der Tiefe und Öffnung der *Näpfchen*. Zusammen mit einer schnellen Farb-Trocknung können auf diese Art und Weise sehr hochwertige Druckprodukte in hohen Auflagen erstellt werden.

2.2 Farbsysteme

Der Illustrations-Tiefdruck stellt, bedingt durch die Maschinengeschwindigkeiten, hohe Anforderungen an die Farb-Trocknung. Daher kommen Farben mit einem großem Anteil des leichtflüchtigen Lösemittels Toluol zum Einsatz. Der Trocknungsvorgang verläuft unabhängig von der Art des Bedruckstoffes rein physikalisch. Die Lösemittelkomponente verdunstet, wobei der Verdunstungsvorgang unter Zufuhr von Wärme (Heißlufttrockner/beheizte Papierbahnführungen) beschleunigt wird. Als Bindemittel bzw. Filmbildner werden Nitrozellulose oder Hartharze verwendet. Die folgende Tabelle 3 zeigt eine durchschnittliche Basisrezeptur für den Illustrations-Tiefdruck.

Tabelle 3: Durchschnittliche Basisrezeptur von Illustrations-Tiefdruckfarben

Bestandteil	Inhaltstoffe	Anteil (Gew.%)
Bindemittel		
- Lösemittelkomponente	Toluol	50 - 60%
- Bindemittelkomponente	z.B.: Ethylhydroxyethylcellulose, Phenolharze, Kohlenwasserstoff-Harze	30 - 40%
Farbmittel	organische, anorganische Pigmente (überwiegend werden Skalafarben eingesetzt)	8 - 20%
Farb-Hilfsmittel	z.B. Weichmacher, Komplexbildner (EDTA oder Taträte)	1 - 4%
Physik. Eigenschaften: Festkörpergehalt 35 - 55%; unterer Heizwert >20 MJ/kg; Flammpunkt < 21 °C		

[Ökopol GmbH / B.A.U.M., 1997]

Entsprechend der vorstehenden Basisrezeptur bezogenen Druckfarben werden in der Druckerei selbst für den eigentlichen Druckvorgang nochmals deutlich verdünnt. Der Toluolgehalt in der druckfertigen Farbe liegt bei ca. 70 – 80 Gew. %.

2.3 Produkte & Bedruckstoffe

Das Produktspektrum dieses Druckverfahrens ist relativ eng. Hauptsächlich werden Zeitschriften mit hohen Auflagen (meist deutlich größer 500.000 Drucke) produziert. Weitere typische Produkte sind Kataloge und Werbetrucksachen hoher Qualität und hoher Auflage. Im Kontrast zum eng umrissenen Produktspektrum steht das herausragende Marktvolumen des Illustrationstiefdruckes.

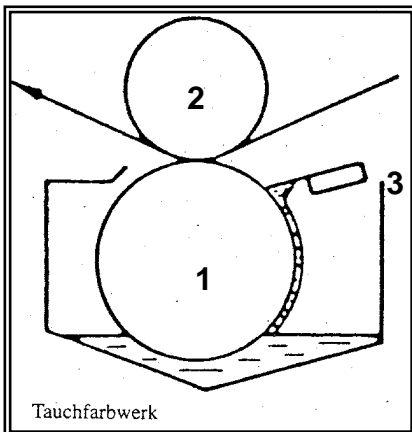
Im Illustrations-Tiefdruck wird mit sehr hohen Druckgeschwindigkeiten gearbeitet. Damit das Papier dabei die Feinheiten des Druckbildes übernehmen kann, muss es eine sehr gleichmäßige Farbanahme haben. Bei Illustrations-Tiefdruckpapieren ist auch die Glätte der Oberfläche von großer Bedeutung. Ebenfalls aus den hohen Druckgeschwindigkeiten resultiert die Anforderung, die an die Zugfestigkeit des Papiers gestellt werden. Die im Tiefdruck verwendeten Papierrollen erreichen Breiten von 3.000 mm und mehr.

2.4 Betriebe & Maschinenpark

In Deutschland sind derzeit 16 Betriebe im Illustrations-Tiefdruck tätig. Etwa 50% dieser Betriebe sind den großen Verlagen angegliedert. Diese betreiben ca. 90 Rotationen mit schätzungsweise 850 Druckwerken. Mehr als die Hälfte der Maschinen hat eine Druckbreite von > 2,20 m [BVD, 1996]. Mittlerweile kommen Anlagen mit einer Druckbreite von bis zu 3,60 m zum Einsatz, während Anlagen mit 4 m Druckbreite in der Projektierung sind.

Beim Tiefdruck erfolgt die Farbaufnahme und -übertragung direkt durch den Druckformzylinder. Durch diesen einfachen Druckwerksaufbau lassen sich hohe Bahngeschwindigkeiten realisieren. Die Farbaufnahme und -übertragung setzt sich aus den in Abbildung 3 dargestellten Teilen zusammen.

Abbildung 3: Aufbau eines Tiefdruckfarbwerkes



Legende:

1 = Druckformzylinder;

2 = Presseur;

3 = Rakeleinheit

[ÖKOPOL, B.A.U.M., 1997]

2.5 VOC-relevante Einsatzstoffe

Tabelle 4: VOC-relevante Einsatzstoffe im Illustrations-Tiefdruck

Stoff	Dampfdruck [bei 20°C]	Spezifische Einsatzmenge [in Gew.% der eingesetzten Farbe]	Einsatzzweck
Toluol	29 hPa	54,7%	Lösemittel in Farbe und Verschnitt
		100,0%	Verdünnungsmittel im Druckprozess
		31,8%	Reinigungsmittel (für verschiedene Reinigungsarbeiten)
Ethanol	59 hPa	k.A.	Trocknungsbeschleuniger bei Zylinderkorrektur
Terpentinersatz	0,4 hPa	k.A.	Reinigungsmittel bei Zylinderkorrektur
Aceton	240 hPa	k.A.	Reinigungsmittel bei Zylinderkorrektur

[Ökopol 1999]

2.6 Genehmigungspflichten

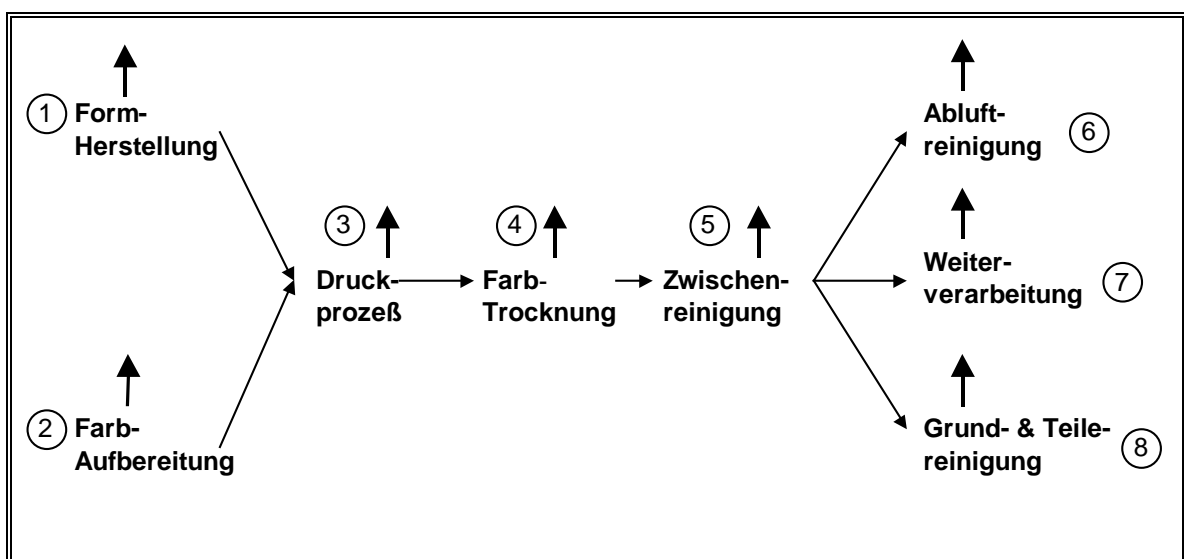
Illustrations-Tiefdruckanlagen sind nach 4. BImSchV (Ziff. 5.2) ab einem Schwellenwert des Lösemittleinsatzes in der Farbe von 25 kg /h genehmigungsbedürftig. Bis zu einem Lösemittleinsatz von 250 kg/h kommt das vereinfachte Genehmigungsverfahren zur Anwendung. Der im Abgas einzuhalten Emissionswert nach TA Luft liegt für Toluol aufgrund der Zuordnung in Stoffklasse II bei 100 mg/m³ (TA-Luft Nr. 3.1.7 und Anhang E).

Alle derzeit in Deutschland installierten Anlagen sind nach 4. BimSchV genehmigungsbedürft.

2.7 Emissionsquellen, Einflußfaktoren und Emissionsbilanz

2.7.1 Emissionsquellen

Abbildung 4: VOC-Emissionsquellen im Illustrations-Tiefdruck



[ÖKOPOL, 1999]

1. Form-Herstellung: Neben verschiedenen Ätzmitteln werden bei der Zylinderherstellung und insbesondere bei der Zylinderkorrektur zur Reinigung Toluol und gelegentlich Ethanol eingesetzt. Bei hartnäckigen Farbresten kommen zusätzlich Aceton, Terpentinersatz und Petroleum zum Einsatz. Bei der anschließenden elektrolytischen Entfettung wird teilweise eine etwa 5%-ige Ethanol- oder Methanollösung verwendet, um die Oberflächenspannung herabzusetzen. Ein großer Teil dieser Lösungsmittel verdunsten, der übrige Teil gelangt ins Abwasser. Da die Korrekturplätze aus Arbeitsschutzgründen mit Abluftabsauganlagen ausgestattet sind, werden die verdunstenden VOC erfasst und über Dach abgeleitet. Eine Zuführung zu den Adsorptionsanlagen des eigentlichen Druckprozesses scheidet aufgrund der wechselnden und teilweise aggressiv ätzenden Zusammensetzung der abgesaugten Abluft der Korrekturplätze aus.
2. Farb-Aufbereitung: Die gewünschte Viskosität der Farbe wird durch den Verschnitt mit Toluol aus dem betriebsinternen Toluol-Kreislauf eingestellt. Die Viskositätseinstellung erfolgt direkt an den Maschinen, so dass die Toluol-Verdunstungsverluste von der Hallen- bzw. Kapselabsaugung des Drucksaales erfasst und den Adsorptionsanlagen der Abluftreinigung zugeführt werden.

3. Druckprozess: Aufgrund des hohen Dampfdruckes von Toluol verdunstet ein Teil dieses Lösemit-tels bereits unmittelbar im Druckprozess. Die Toluol-Verdunstungsverluste werden von der Hal-len- bzw. Kapselabsaugung des Drucksaales erfasst und den Adsorptionsanlagen der Abluftrei-nigung zugeführt. An Andruckmaschinen werden Toluol-Emissionen allerdings in einigen Be-trieben nicht von der Abluftreinigung erfasst, da diese Betriebsteile nicht an die Absaugan-lagen angeschlossen sind. Die Mengenrelevanz des Andrucks ist aufgrund der heutigen digitalen Proofmöglichkeiten stark rückläufig.
4. Farb-Trocknung: Die Trocknung der Farbe durch Verdunstung des Toluols erfolgt überwiegend unmittelbar nach dem Farbauftrag innerhalb der Farbwerkstrockner, die direkt an die Absaug-anlagen angeschlossen sind.
5. Zwischenreinigung:
Zwischenreinigungen werden ebenfalls überwiegend mit Toluol vorgenommen. Während dieser Arbeiten bleiben die Absauganlagen meist in Betrieb, so dass die Verdunstungsverluste den Ad-sorb-tionsanlagen zugeführt werden. Verschleppungen von Toluol in nicht abgesaugte Bereiche, die dort zu diffusen Verdunstungsverlusten führen, erfolgen insbesondere über die für die Rei-nigungsarbeiten verwendeten Putzlappen.
6. Abluftreinigung:
Die mit Toluol beladene Abluft aus dem Druck und den Reinigungsprozessen wird leistungsfä-higen Abluftreinigungsanlagen zugeführt, deren Adsorber hohe Abscheidegrade erreichen. Zu er-höhten Toluolemissionen kann es in Ausnahmefällen bei „Durchbrüchen“ der Adsorber in un-günstigen Beladungssituationen kommen. Nach der Regeneration der Adsorber mit Wasser-dampf erfolgt die überwiegende Rückgewinnung des darin enthaltenen Toluols durch Strippen. Bei der Wiederverwendung des Desorptionswassers treten weitere (untergeordnete) Toluolemis-sionen durch die im Wasser verbliebenen Toluolanteile auf. Zu weiteren relevanten Toluolemis-sionen führt das Trockenfahren der Adsorber unmittelbar nach der Desorption. Die noch feuch-te Aktivkohle hat praktisch kein Adsorptionsvermögen für das Toluol der zugeführten Abluft, so dass es in den ersten 30 – 60 sec der Wiederinbetriebnahme des Adsorbers zur (allerdings schnell abnehmenden) direkten Freisetzung des Toluols kommt. In einigen Anlagen wird die Abluft aus diesen Anfahrzuständen über spezielle Luftführungen erneut der Zuluft der Abluf-treinigung zugeführt, so dass diese Emissionen vermieden werden.
7. Weiterverarbeitung:
Die Druckprodukte tragen in der Auslage der Druckanlagen noch relevante Toluolgehalte (ca. 300 mg/kg Druckprodukt), die im Zuge der Weiterverarbeitung, der Distribution oder der Produktnutzung diffus emittieren.

8. Grund- & Teilereinigung:

Die Reinigungsarbeiten an den Maschinen erfolgen innerhalb des gekapselten Bereichs sowie in speziellen Zylinderwaschanlagen, deren Abluft ebenfalls abgesaugt und der Abluftreinigung zugeführt wird. Grundreinigungsarbeiten im Rahmen von grundlegenden Wartungs- oder Überholungsmaßnahmen werden heute vielfach durch Strahlen mit Trockeneis-Pellets ausgeführt. Hierdurch werden VOC-Emissionen vollständig vermieden. Voraussetzung ist allerdings ein entsprechendes Know-how und sorgfältiges Arbeiten, um Zusatzbelastungen durch Stäube etc. zu vermeiden.

2.7.2 Emissionsbilanz

Entfällt, da in Anbetracht der vielfältigen Besonderheiten der Illustrationstiefdruckanlagen kein repräsentativer Anlagentyp abgebildet werden kann.

2.8 Minderungsmaßnahmen

2.8.1 Maßnahme- Nr.: 60-1 „resttoluol-reduzierende Druckfarben“

Kurzbeschreibung

Umstellung auf sogenannte „Resttoluolreduzierende Farben“

Minderungswirkung

Bei den „resttoluolreduzierende Farben“, wird die Filmbildung auf der Farboberfläche durch veränderte Rezepturen verzögert. So kann ein deutlich höherer Anteil des in der Druckfarbe enthaltenen Toluols direkt in der Farbetrocknung der Druckanlage ausgetrieben werden. Diese Emissionen werden von den installierten Abluftreinigungsanlagen mit hoher Effizienz erfasst und abgeschieden. Die Restbeladungen der Produkte in der Auslage der Maschinen können so um 30-50% reduziert werden. Dies bedeutet eine Reduktion der diffusen Emissionen in gleicher Größenordnung.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf 320t/a, dies entspricht 7% der diffusen Emissionen (4.539 t/a, Maschinenkonstellation 60). Die Rechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Durch „resttoluolreduzierende Druckfarben“ können die diffusen Emissionen aus den Druckprodukten (einschl. Makulaturen) um 30 – 50% reduziert werden. Die diffusen Emissionen werden zu ca. 70% durch die Austräge über die Produkte geprägt. Die diffusen Emissionen wiederum betragen bei einer Anlage, die bislang keine derartigen Farben einsetzt, ca. 65- 70% der Gesamtemissionen. Es können somit ca. 20% der Anlagenemissionen vermieden werden.

Davon ausgehend, dass es sich derzeit bereits bei mehr als 70% der eingesetzten Illustrationstiefdruckfarben um „Resttoluolreduzierende Farben“ handelt⁴ und eine Restgröße von ca. 10% „Sonderfarben“ für Spezialanwendungen unverzichtbar ist, ergäbe sich ein Umsetzungsgrad von ca. 20% bezogen auf die verdruckte Farbmenge.

⁴ Bedauerlicherweise konnten für diesen Bereich von den Farbherstellern keine belastbaren Absatzdaten verfügbar gemacht werden. Aus diesem Grund wurde über eine Kurzumfrage bei einigen Betreibern großer Illustrationstiefdruckanlagen der Anteil resttoluolreduzierender Farben am Gesamtfarbverbrauch abgefragt. Aufgrund der hohen Mengenbedeutung des Druckfarbenverbrauchs an den Großanlagen zeigte sich, dass der Marktanteil der toluolreduzierten Farben bei mindestens 70% liegt.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch den leicht erhöhten Toluoleintrag in die Adsorber-Anlagen steigt der Energiebedarf zur Desorption geringfügig an. Andererseits wird das desorbierte Toluol auf hohem Einsatzniveau wieder verwendet, so dass hier eine Entlastung der entsprechenden Vorkette erfolgt.

Die weiteren Umweltwirkungen sind insgesamt als sehr gering einzustufen.

Erschließbarkeit

Die „resttoluolreduzierende Farben“ sind mittlerweile für eine breite Palette von Anwendungsfällen einsetzbar, so dass technische Restriktionen nur in wenigen Sonderfällen bestehen. Da aufgrund des gestiegenen Produktionsanteils auch praktisch kein Preisunterschied mehr zu konventionellen Farben besteht, ist die Erschließbarkeit des noch bestehenden Marktpotentials gut.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Auf Basis der den Gutachtern zur Verfügung stehenden Daten⁵ ist die Maßnahme als kostenneutral anzusehen.

⁵ Aufgrund der wenigen Marktteilnehmer und der hohen Farbeinkaufsmengen der einzelnen Betriebe, unterliegt die Preisgestaltung der Illustrationstiefdruckfarben zu einem hohen Anteil den bilateralen Verhandlungen zwischen Farbhersteller und Druckbetrieb. Diese Daten werden vertraulich gehandhabt.

2.8.2 Maßnahmen-Nr.: 60-2 Umlufttechnik

Kurz-Beschreibung

Umrüstung auf Umlufttechnik

Minderungswirkung

Bei dieser Technik wird das Reingas nach der Adsorberanlage der Abluftreinigung erneut dem Drucksaal (der Maschinenkapsel) zugeführt. Hierdurch wird die Freisetzung des Resttoluols im Reingas unterbunden. Voraussetzung ist die Installation eines zusätzlichen Adsorbers und Regelungstechnik, um kontrollierte, geringe Toluolbelastungen in der Umluft sicherzustellen.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf 1.320t/a, dies entspricht 40% der Emissionen aus dem Reingas (3.263 ta, Maschinenkonstellation 60). Die Rechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Durch Umrüstung auf Umlufttechnik können die Toluolemissionen mit dem Reingas fast vollständig unterbunden werden. Die Rechnung basiert auf der Annahme, dass 40% der Anlagen in den kommenden 10 Jahren auf Umlufttechnik umgerüstet werden, so dass die Emissionen aus dem Reingas um 40% vermindert werden.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch den zusätzlichen Desorptionsaufwand steigt der Dampfbedarf der Anlage deutlich an. Dieser zusätzliche Energiebedarf kann zum Teil durch eine Veränderung der Klimabedingungen in der Maschinenkapsel und durch eine effiziente Wärme-Kältekopplung gemindert werden.

Die energieseitigen Effekte, die mit einem zusätzlichen Ausstoß an CO₂, SO₂ und NO_x einhergehen, lassen sich unabhängig vom konkreten Gesamtenergie- und Abluftreinigungskonzept der Anlagen nicht sinnvoll quantifizieren. Da Einzelfallberechnungen aber zeigen, dass sie durchaus in Größenordnungen liegen können die im Rahmen einer umweltbezogenen Gesamtoptimierung entscheidend sind, ist hier eine fundiertere Bewertung notwendig. Aufgrund der Vielzahl der zu berücksichtigenden Parameter kann eine solche übergreifende Bewertung nur entlang konkreter Modellfälle operationalisiert werden. Die Bildung repräsentativer und übertragbarer Modellfälle bedarf allerdings

der fundierten Diskussion mit den Betreibern verschiedener Anlagen.⁶ Im Rahmen des durchgeführten Vorhabens konnten weder eine solche auf breiter Diskussion fussende Modellbildung noch die darauf aufbauenden Detailberechnungen geleistet werden.

Initiiert durch die Diskussionen in den projektbegleitenden Fachgesprächen wurde unter Federführung des Bundesverbandes Druck in den betroffenen Fachkreisen mit den entsprechenden Abstimmungsaktivitäten begonnen, mit dem Ziel bis Mitte 2000 entsprechende Bewertungsergebnisse für definierte Anlagentypen vorlegen zu können. Die Gutachter sind in die konzeptionellen Vorüberlegungen zu diesen Aktivitäten involviert. Neben den energieseitigen werden auch die einsatzstoffbezogenen und die abwasserseitigen Effekte der Anlagenumstellung mit in die Bewertung aufzunehmen sein.

Erschließbarkeit

Die Erschließbarkeit dieser Maßnahme ist im hohen Maße von den ökonomischen Effekten der Umstellung abhängig. Ergeben sich selbsttragende Kosteneffekte so ist damit zu rechnen, dass bei Neuanlagen entsprechende Installationen vorgenommen werden.

Nachrüstungen an Altanlagen scheiden aufgrund des sehr hohen Umrüstungsbedarfes, u.a. für eine komplett neue Zulufttechnik, dagegen weitgehend aus.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Aufgrund der bereits angeführten Abhängigkeit des technischen Konzeptes von den konkreten anlagentechnischen Rahmenbedingungen, lässt sich derzeit keine sinnvolle ökonomische Gesamtbewertung vornehmen. Da die Maßnahme sehr eng mit der Gesamtenergieversorgung der Anlagen verknüpft ist, dominieren darüber hinaus die Fragen der Energieträgerpreise sowie der ggf. möglichen Gutschriften für die Einspeisung von Überschussenergien (Strom aus Kraft-Wärmekopplung sowie überschüssige Dampfmengen) die Kalkulation. Hier sind die aktuellen dynamischen Veränderungen auf dem Strommarkt sowie die regionalen Besonderheiten bei Einspeisungen von Überschussenergien zu berücksichtigen.

⁶ Die derzeit in Deutschland installierten Anlagen unterscheiden sich in einigen für die Gesamtbeurteilung wesentlichen Parametern deutlich. So sind z.B. in einigen Anlagen die Maschinen einzeln eingehaust während bei anderen Anlagen der gesamte Drucksaal als Kapselung fungiert. Auch die Energieversorgungs- und Abluftreinigungskonzepte stellen sich im Detail sehr unterschiedlich dar.

3. Offsetdruck

3.1 Druckprinzip

Beim Offsetdruck liegen die druckenden und nicht-druckenden Flächen in einer Ebene, unterscheiden sich aber in ihrem Benetzungsvermögen. Die nicht-druckenden Bereiche sind besonders gut mit Wasser bzw. einem Wasser/Alkohol-Gemisch und sehr schlecht mit öligen Flüssigkeiten benetzbar. Man bezeichnet diese Eigenschaften von Oberflächen als „hydrophil“ (wasserliebend) bzw. „lipophob“ (fettabweisend). Die druckenden Bereiche verhalten sich genau umgekehrt: sie sind „hydrophob“ (Wasser abweisend) bzw. „lipophil“ (fettliebend).

Die Druckform, in der Regel eine Aluminiumplatte, wird zunächst über ein *Feuchtwerk* mit Wasser oder einem Wasser/Alkohol-Gemisch in Berührung gebracht („Wischwasser“), das die nicht-druckenden Bereiche benetzt. Anschließend erfolgt an den druckenden, lipophilen Stellen, die noch nicht durch das Wischwasser „besetzt“ sind, der Farbauftrag durch die Farbwalze. Die auf der Druckform entsprechend dem Druckbild verteilte Farbe wird schließlich über ein Gummituch als Zwischenträger auf den Bedruckstoff (z.B. Papier) übertragen. Der Offsetdruck ist daher ein indirektes Druckverfahren („off-set“ (engl.) = absetzen).

3.2 Farben

Es kommen pastöse oder dickflüssige Farben auf Basis hochsiedender Mineralöle zum Einsatz, deren Zusammensetzung in den folgenden Kapiteln näher beschrieben wird.

Entlang der unterschiedlichen Trocknungsprinzipien der Farben werden die einzelnen Verfahrensvarianten des Offsetdruckes unterschieden:

- die chemische Trocknung, durch Oxidation des Farbfilms an der Luft kommt beim Bogenoffsetdruck und dem Endlosdruck zur Anwendung
- die physikalische Trocknung durch Wegschlagen des Mineralölanteils in den Bedruckstoff wird beim Coldset-Druck genutzt
- Die physikalische Trocknung durch Austreiben des Mineralölanteils in einem Heizkanal ist die Basis des Heatsetdrucks.

3.3 Bedruckstoffe

Es werden praktisch alle Sorten Papiere und Pappen sowie in begrenztem Umfang auch saugfähige Kunststofffolien eingesetzt. Das Material wird sowohl in Form von Rollen- wie auch als Bogenware verarbeitet.

3.4 Produkte

Es werden Auflagen von ca. 100 bis 100.000 Exemplaren produziert, z.B. Zeitungen und Zeitschriften, Bücher, Akzidenzen aller Art (Formulare, Kataloge/Werbedrucksachen, Geschäftsdrucksachen etc.). Der Offsetdruck hat mit ca. 65% den größten Anteil am Produktionswert der grafischen Erzeugnisse. Neben grafischen Produkten werden auch Verpackungen und Displays im Offsetdruckverfahren hergestellt.

4. Coldset-Offsetdruck (Masch.-Konst. 110)

4.1 Farbsystem

Coldset-Farben werden im *Zeitungs-Rollenoffsetdruck* eingesetzt. Sie trocknen überwiegend durch Eindringen („Wegschlagen“) in den Bedruckstoff. Der auf der Papieroberfläche verbleibende Farbfilm vernetzt, härtet aber nicht aus. Diese Eigenschaft resultiert bei den Coldsetfarben daraus, dass sie auf der Basis von Mineralölen mit Siedebereichen größer 320°C hergestellt sind.

Die Tabelle 5 zeigt eine entsprechende Durchschnittsrezeptur für Coldset-Offsetdruckfarben.

Tabelle 5: Durchschnittliche Basisrezeptur für Coldset-Offsetdruckfarben

Bestandteil	Inhaltstoffe	Anteil (Gew.%)
Bindemittel		
- Lösemittelkomponente	Mineralöle (Siedebereich > 320 °C)	20 - 30%
- Bindemittelkomponente	Harze, pflanzliche Öle	40 - 50%
Farbmittel	organische, anorganische Pigmente (überwiegend werden Skalafarben und eine Sonderfarbe eingesetzt)	10 - 20%
Farb-Hilfsmittel	Sikkative und Trockenstoffe (Metallseifen), Oxidationsinhibitoren (z.B. Buthylhydroxytoluol, Hydrochinon), Anithautmittel (z.B. Cyclohexanonoxim), Komplexbildner (z.B. EDTA, Tartrate)	< 10%
Physik. Eigenschaften: Festkörpergehalt ca. 95%; unterer Heizwert > ca. 35 MJ/kg; Flammpunkt > 100°C		

[Ökopol GmbH / B.A.U.M., 1997]

4.2 Produkte & Bedruckstoffe

Auf Coldset-Maschinen werden überwiegend Zeitungen, Anzeigenblätter und qualitativ einfache Akzidenzen gedruckt. Daneben werden teilweise auch Bücher und Telefonbücher auf derartigen Maschinen produziert. Als Bedruckstoffe kommen ausschließlich bahnförmige Papiere in Form von Papierrollen zum Einsatz.

4.3 Betriebe & Maschinenpark

Das Druckverfahren wird bundesweit in ca. 200 zumeist etwas größeren Betrieben eingesetzt (> 50 Mitarbeiter). Es sind ca. 400 Maschinen mit ca. 4.400 Druckwerken installiert [BVD, 1996].

Die Maschinen unterscheiden sich im verarbeitbaren Bedruckstoff-Format, in der Zahl der Druckwerke und der Möglichkeiten der Papierbahnführung. Sie sind bislang nur in geringem Maß mit automatischen Wascheinrichtungen ausgerüstet.

4.4 VOC-relevante Einsatzstoffe

Im Coldset-Offsetdruck kommen die folgenden VOC-relevanten Stoffe zum Einsatz:

Tabelle 6: VOC-relevante Stoffe im Coldset-Offsetdruck

Stoff	Dampfdruck [bei 20°C]	Spezifische]Einsatzmenge [in Gew.% der eingesetzten Farbe]	Einsatzzweck
Mineralöl- oder pflanzölbasierte Reinigungsmittel unterschiedlicher Siedebereiche	Gesamt:	12,9%	Reinigung der (farbführen- den) Maschinenteile wäh- rend und nach dem Druck, Reinigung weiterer Maschi- nenteile
	A I: > 18 hPa	0,4%	
	A II: 3 - 10 hPa	16,0%	
	A III: 0,4 - 1,5 hPa	69,4%	
	HCA: 0,02 - 0,3 hPa	10,0%	
	VCA: < 0,1 hPa	4,3%	

[Ökopol 1999]

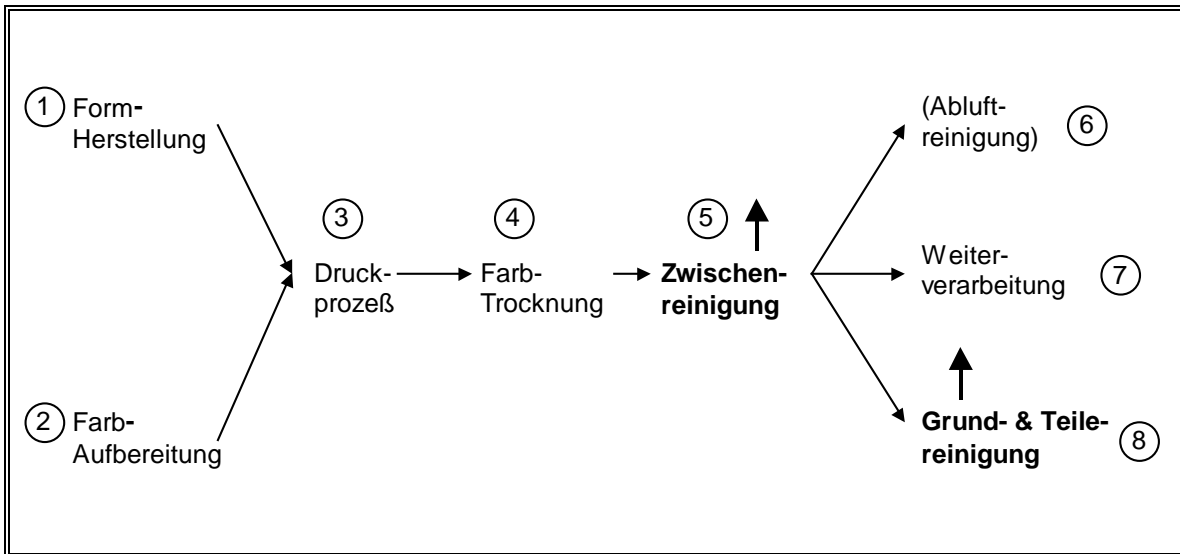
4.5 Genehmigungspflichten

Coldset-Offsetanlagen sind nach der 4. BlmschV nicht genehmigungsbedürftig.

4.6 Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz

4.6.1 Emissionsquellen

Abbildung 5: VOC-Emissionsquellen im Coldset-Offsetdruck



[ÖKOPOL 1999]

1. Form-Herstellung:
Bei der Herstellung der Druckform (Aluminiumplatte) werden keine VOC-relevanten Stoffe eingesetzt.
2. Farb-Aufbereitung:
Die Bereitstellung der Farbe für den Druckprozess ist nicht mit VOC-Emissionen verbunden, da ausschließlich Farben auf der Basis schwer flüchtiger Mineralöle verarbeitet werden.
3. Druckprozess:
Während des Drucks entstehen keine VOC-Emissionen, da die eingesetzten Hilfsmittel zur Verbesserung der Wischwassereigenschaften nur in seltenen Fällen geringe VOC-Anteile (Isopropanol) enthalten.
4. Farb-Trocknung:
Bei der Farb-Trocknung entstehen keine VOC-Emissionen.
5. Zwischenreinigung:
Der Druckvorgang muss teilweise für Zwischenreinigungen unterbrochen werden, um eine gleichmäßige Produktqualität sicherzustellen. In diesen Fällen werden die Gummitücher von Farbaufbau und Papieranhaftungen gereinigt. Die Höhe der VOC-Emissionen ist abhängig vom

Dampfdruck des verwendeten Reinigungsmittels, von der Reinigungstechnik (automatische Waschanlagen oder Handreinigung) sowie von der Handhabungspraxis. Automatische Waschanlagen sind derzeit in ca. 10% der Betriebe installiert. Etwa 85% der eingesetzten Reinigungsmittel sind derzeit VOC-relevante Mittel. Davon werden etwa 50% zur Zwischenreinigung eingesetzt.

Die Zahl der Zwischenreinigungen ist abhängig von der geforderten Druckqualität sowie vom Papier und der Farbe. Ist zwischen zwei Druckaufträgen ein Farbwechsel erforderlich, sind alle farbführenden Teile (Farbwalzen, Gummitücher und Farbkästen) zu reinigen.

6. Abluftreinigung:

Eine Reinigung der Abluft wird aufgrund der geringen VOC-Konzentrationen, die in der Raumluft während der Reinigung mit VOC-relevanten Mitteln auftreten, nicht durchgeführt.

7. Weiterverarbeitung:

Bei der Weiterverarbeitung entstehen keine VOC-Emissionen.

8. Grund- & Teilereinigung:

Nach Produktionsende werden die farbführenden Teile der Maschinen gereinigt. Die Höhe der VOC-Emissionen ist abhängig vom Dampfdruck des verwendeten Reinigungsmittels.

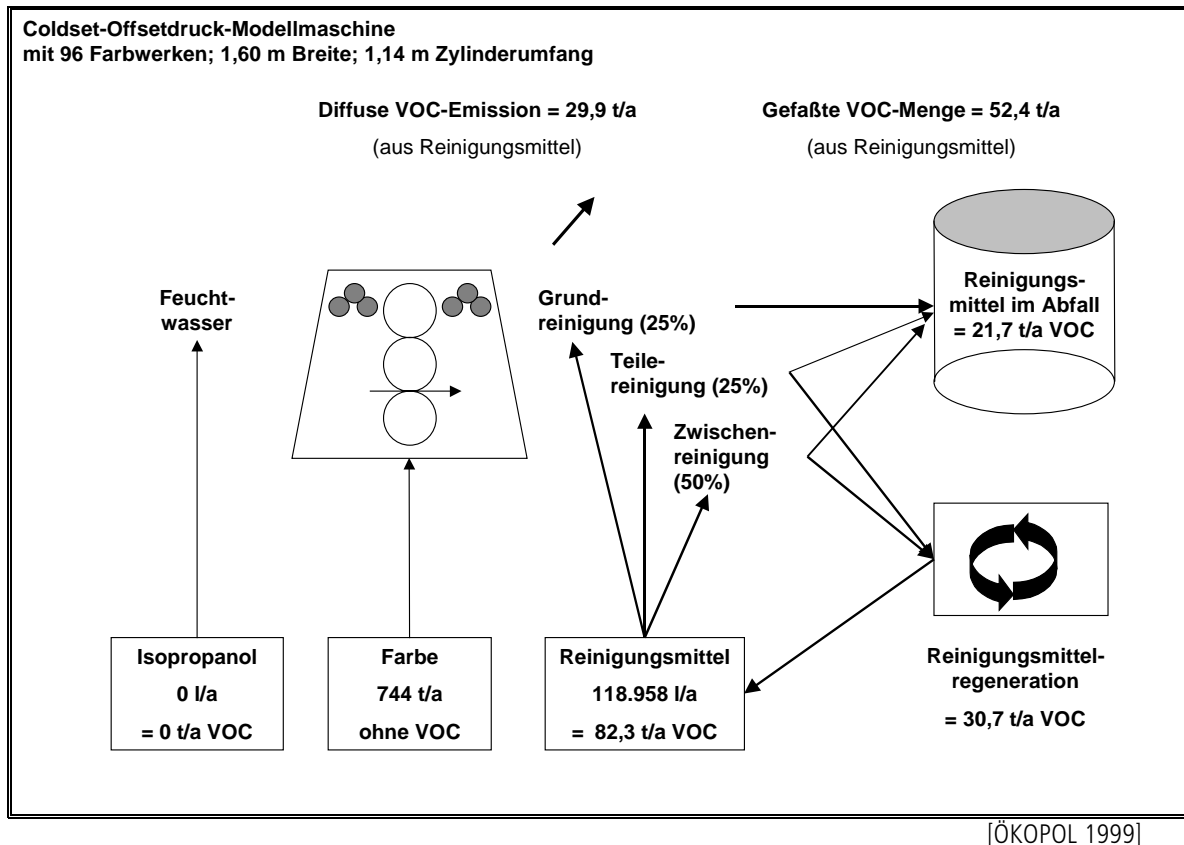
Bei der Teilereinigung werden Farbkästen, Farbmesser u.ä. vielfach ausgebaut und an speziellen Waschplätzen gereinigt. Dazu werden etwa 25% der eingesetzten Reinigungsmittel verwendet. In etwa 10% der Betriebe findet die Reinigung in speziellen (gekapselten) Teilewaschanlagen statt.

Die Reinigung weiterer Maschinenteile geschieht im Rahmen einer Grundreinigung zum Ende der Woche oder in größeren periodischen Abständen. Dazu werden ca. 25% der eingesetzten Reinigungsmittel verwendet. Die Häufigkeit derartiger Reinigungsvorgänge ist abhängig von der „Instandhaltungs-Philosophie“ der Unternehmen.

4.6.2 Emissionsbilanz

Für eine typische Modellmaschine ergibt sich auf Basis der im Projektrahmen durchgeführten Datenerhebung das folgende Einsatz- und Emissionsschaubild.

Abbildung 6: VOC-Jahresbilanz einer Coldset-Offsetdruckmaschine



4.7 Minderungsmaßnahmen

4.7.1 Maßnahmen-Nr.: 110-1 Hochsiedereinsatz

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf hochsiedende Reinigungsmittel

Minderungswirkung

Durch den Einsatz von Reinigungsmitteln mit einem niedrigen Dampfdruck (umgangssprachlich „hochsiedende Reinigungsmittel“) werden die VOC-Emissionen aus den durchweg umweltoffenen Reinigungsarbeiten deutlich vermindert.

Es sind verschiedenen Alternativen „hochsiedender Reinigungsmittel“ verfügbar:

- Reinigungsmittel auf Basis von Pflanzenölestern mit einem Flammpunkt deutlich > 100°C („VCA“)
- Reinigungsmittel auf Mineralölbasis, die nach VbF nicht kennzeichnungspflichtig sind, da ihr Flammpunkt > 100°C liegt („HCA“)
- Reinigungsmittel auf Mineralölbasis, die nach VbF der Klasse A III zuzuordnen sind aber einen Flammpunkt von > 85°C haben (hochsiedende A III-Mittel).

Sowohl bei HCA als auch bei hochsiedenden A III-Reinigern sind auch Mittel im Angebot, die zur Steigerung der Waschkraft ebenfalls relevante Anteile von Pflanzenölestern enthalten.

Aus Sicht der Emissionsminderung sind weniger die Flammpunkte, als vielmehr die Dampfdrücke der verschiedenen eingesetzten Reinigungsmittel von Interesse:

- Der Dampfdruck von VCA liegt deutlich unter 0,1 hPa. Diese Mittel sind somit keine VOC im Sinne der EG VOC-RL. Der Einsatz von VCA führt daher zu einer vollständigen Vermeidung der (diffusen) VOC-Emissionen aus Reinigungsprozessen
- Der Dampfdruck HCA liegt in der Regel zwischen 0,02 - 0,3 hPa. Das heißt nur bei einem kleinen Teil der Mittel handelt es sich um VOC im Sinne der EG VOC-RL
- Hochsiedende A III-Reiniger haben einen Dampfdruck 0,1 – 1 hPa, es handelt sich somit um VOC im Sinne der EG VOC-RL.

Trotz der unterschiedlichen Dampfdrücke und der damit verbundenen Einstufung als VOC oder Nicht-VOC führt der Einsatz der benannten Reiniger durchgehen zu einer ganz deutlichen Vermin-

derung der VOC-Emissionen gegenüber der derzeitigen Situation, in der überwiegend niedrigsiedende A III-Mittel und A II-Mittel zum Einsatz kommen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist insbesondere die andersartige Handhabung zu benennen, die Verhaltensänderungen und somit eine Umstellungsbereitschaft beim Personal erfordert. Die Mittel sind teurer aber auch ergiebiger als die niedrigsiedenden Reinigungsmittel, da sie eine höhere Reinigungskraft besitzen, nicht verdunsten und vielfach mit Wasser gemischt eingesetzt werden.

Die andersartige Handhabung ist durch die geringe Flüchtigkeit der Mittel begründet. Zum einen bedeutet dies, dass ein etwas erhöhter Zeitaufwand zur Reinigung erforderlich ist (längere Einwirkzeit und zusätzliches Nachwaschen mit Wasser notwendig), zum anderen ist bei der Handreinigung eine größere Sorgfalt notwendig, da versehentlich in die Maschine gelangende Tropfen zu Korrosion, Beschädigung der Druckplatte und Störungen des Farb-Wasser-Gleichgewichtes führen können. Bei unsachgemäßer Anwendung (Tropfverluste) besteht beim Einsatz von Hochsiedern erhöhte Rutschgefahr an der Maschine, der jedoch durch Sorgfalt begegnet werden kann.

Technische Probleme gibt es teilweise beim Einsatz in automatischen Waschanlagen. Diese Anlagen müssen zum Teil an die „neuen“ Mittel angepasst werden. Typische Anpassungen bestehen bezüglich: kleinerer Dosiermengen (wg. der erhöhten Waschkraft), anderer Sprühöffnungen (wg. der erhöhten Viskositäten) und anderer Kunststoffe oder Gummidichtungen (wg. der Materialverträglichkeit insbes. zu den vegetabilen Reinigern).

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **940 t/a**, dies entspricht 88% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmittel-Einsatz in Zeitungsdruckmaschinen (1.065 t/a, Maschinenkonstellation 110).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der Niedersiederanteil liegt in dieser Maschinenkonstellation derzeit bei ca. 85%. Bei einer grösstmöglichen Umstellung auf Hochsieder wird davon ausgegangen, dass ein Anteil von etwa 10% Niedersiedern für besondere Anwendungen verbleibt. Eine derartige Umstellung auf Hochsieder ist innerhalb der nächsten 10 Jahre bei 100% der Betriebe durchführbar.

Bei einer Umstellung auf hochsiedende Reinigungsmittel sinkt die jährliche eingesetzte Reinigungsmittelmenge um 30%, da Hochsieder bezogen auf die Reinigungswirkung etwas ergiebiger sind (Minderung bezogen auf die derzeitigen verwendeten Reinigungsmittelarten; 50% Verbrauchsminderung bei Umstellung von A I - oder A II - Mittel auf Hochsieder, 25% Verbrauchsminderung bei Umstellung von A III - Mittel auf Hochsieder).

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion in untergeordnetem Maße zu einer Belastung auf der Abfall- oder Abwasserseite. Beim Einsatz von Hochsiedern in automatischen Waschanlagen fallen im Vergleich zum Einsatz von Reinigungsmitteln mit einem Flammpunkt unter 100°C aufgrund des erforderlichen Nachwaschens mit Wasser erhöhte Abfallmengen an, die entsorgt oder aufbereitet werden müssen. Die Aufbereitung der Lösemittel-Wasser-Abfälle kann mittels einer hausinternen oder einer Lohn-Filtration erfolgen, wobei die Reinigungsmittel zurückgewonnen und wiederverwendet werden können.⁷ Das verbleibende Abwasser kann in der Regel in die Kanalisation abgeleitet werden; die geringen Restschlammengen müssen als Abfall entsorgt werden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich gut erschließbar. Allerdings ist dies von einer offensiven Vermarktung der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile der hochsiedenden Reinigungsmittel abhängig, die durch die Zulieferer mit praxisgerechten Unterweisungen, Hilfestellung bei einer Waschanlagenumstellung und bei ggf. auftretenden Problemen begleitet werden müssen, um Akzeptanz und Technikprobleme zu vermeiden. Auch innerbetrieblich besteht deutlicher Schulungs- und Motivationsbedarf. Gerade in Zeitungsproduktionen mit vielen in verschiedenen Schichten Arbeitenden ist die Erzeugung und Sicherung einer breiten Unterstützung der tatsächlich die Mittel Einsetzenden mit viel Vermittlungsaufwand verbunden.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Roland Colorman 35 Seiten - 96 Farbwerke) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird für die Modellmaschine von einem jährlichen Verbrauch von ca. 118.958 Litern Reinigungsmittel respektive 82,3 Tonnen VOC ausgegangen. Daraus resultieren VOC-Emissionen von 29,9 Tonnen pro Jahr. Nach der Umstellung auf Hochsieder sinkt an der Modellmaschine der jährliche Reinigungsmiteleinsatz um 30% auf 82.723 Liter (bei 10% bzw. 8.272 Litern Niedersieder A I, A II oder A III), dies entspricht 7,2 Tonnen VOC, von denen etwa 50% emittieren (die Restmenge wird über Putzlappen und Abfälle erfasst und zerstört). Die jährlichen VOC-Emissionen werden somit um 88% auf ca. 3,6 Tonnen vermindert.

⁷ Entsprechende funktionsfähige Refiltrations-Anlagen sind mittlerweile am Markt und bei Referenzkunden erprobt.

Jährlicher Minderverbrauch Niedrigsieder	93.758 l/a	
Kosten je Liter Niedrigsieder (v.a. A III)	4,00 DM/l	
Einsparung durch Minderverbrauch		- 375.032 DM/a
Jährlicher Mehrverbrauch Hochsieder (à 6 DM/l)	57.523 l/a	
Kosten je Liter Hochsieder	6,00 DM/l	
Mehrkosten für Hochsieder		+ 345.138 DM/a
Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 15 Personen	400 DM	
Anteilige Instruktorkosten für 90 Drucker	2.400 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 90 Drucker je 4 Stunden	36.000 DM	
Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre		+ 12.800 DM/a
Jährliche Einsparung durch die Maßnahme		- 17.094 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 648 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der Zeitungsdruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 26,38 t/a einhergeht.

4.7.2 Maßnahmen-Nr.: 110-2 Verbesserte Handhabung

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit lösemittelhaltigen Hilfsmitteln

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschluszustandes von Lösemittel- und Putztuchbehältern können VOC-Emissionen vermieden werden. Der sparsame Umgang mit Reinigungsmitteln bei der händischen Maschinenreinigung führt zur Verbrauchsminderung, da Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert teilweise auch mangelnde Bereitschaft der Belegschaft die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **426 t/a**, dies entspricht 40% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Zeitungsdruckmaschinen (1.065 t/a, Maschinenkonstellation 110).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme innerhalb der nächsten 10 Jahre von 100% der Betriebe umgesetzt wird und mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 40% verbunden ist.

Dieses Potential ist nicht additiv zu einer Umstellung auf Hochsieder (Maßnahme 110-1) zu erschließen.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist nicht mit weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn entsprechende Unterweisungen der Mitarbeiter durchgeführt werden und es gelingt die Belegschaft zur aktiven Unterstützung von sparsamen Handhabungen zu motivieren.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Roland Colorman 35 Seiten - 96 Farbwerke) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre (wie unter Nr. 110-1) + 12.800 DM/a

Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit 4,00 DM/l

Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (30%) 24.817 l/a

Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang - 99.268 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 7.230 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der Anlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 11,96 t/a einhergeht.

4.7.3 Maßnahmen-Nr.: 110-3 Waschanlagen für Gummituch- und Gegendruckzylinder

Kurz-Beschreibung

Einbau automatischer Waschanlagen für Gummituch- bzw. Gegendruckzylinder⁸

Minderungswirkung

Durch die Automatisierung der Reinigungsprozesse am Gummituch und an Gegendruckzylindern ist eine effizientere Reinigung möglich, so dass der Reinigungsmittel-Verbrauch verringert wird und entsprechend geringere VOC-Emissionen entstehen.

Umsetzungsprobleme

Insbesondere bei älteren Maschinen treten vielfach Platzprobleme in den Farbwerken auf, so dass teilweise die Minderungswirkung aufgrund der schlechteren Zugänglichkeit anderer Maschinenteile kontraproduktiv ist. Die Installationsmöglichkeiten für Gegendruckzylinder-Waschanlagen sind vom Maschinentyp und vom Maschinenbaujahr abhängig. Die Maßnahme ist mit hohen Investitionskosten verbunden, wobei die Nachrüstung von Altanlagen mit einem proportional deutlich höheren Investitionskostenbedarf verbunden ist als die Ausrüstung von Neumaschinen.

Zentrale Triebkraft für die Installation derartiger Zusatzeinrichtungen ist in der Praxis die Möglichkeiten die Hilfszeiten zur Maschinenreinigung deutlich zu reduzieren sowie teilweise Personal abzubauen.⁹ Bei der umweltbezogene VOC-Reduktion handelt es sich somit eher um einen positiven Mitnahmeeffekt.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **32 t/a**, dies entspricht 3% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Zeitungsdruckmaschinen (1.065 t/a, Maschinenkonstellation 110).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass automatische Waschanlagen derzeit an 10% der Maschinen installiert sind und der Ausstattungsgrad in den kommenden 10 Jahren auf 40% steigt. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme mit einer durchschnittlichen Emissionsminde-

⁸ Konstruktionsbedingt verfügt nur ein Teil der Coldset-Rotationsanlagen über die sogenannten „Gegendruckzylinder“.

⁹ Hier sind allerdings entsprechende tariflich vereinbarte „Besetzungsregeln“ zu berücksichtigen

nung von 20% gegenüber der händischen Reinigung verbunden ist.¹⁰ Für die Reinigung von Gummitüchern und Gegendruckzylindern wird ein Anteil von 50% der Gesamteinsatzmenge aller Reinigungsmittel angenommen, so dass die Emissionsminderung der Maßnahme nur bei diesem Anteil wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion zu einer Verlagerung der Abfallmengen: Anstelle von Putzlappen, die mit Reinigungsmittel und Farbresten beladen sind, fallen verstärkt flüssige Abfälle an. Beim Einsatz von niedrigsiedenden Reinigungsmitteln mit einem Flammpunkt bis 55°C können anfallende Lösemittel-Wasser-Gemische durch Destillation aufbereitet werden; beim Einsatz von Reinigungsmitteln mit einem Flammpunkt von mehr als 55°C besteht die Möglichkeit einer Aufbereitung der anfallenden Lösemittel-Wasser-Gemische mittels Filtration.

Insgesamt sind die angeführten weiteren Umweltwirkungen als geringfügig einzustufen.

Erschließbarkeit

Es ist zu erwarten, dass das angeführte Minderungspotential der Maßnahme zur Umsetzung keiner besonderen Zusatzaktivitäten bedarf, da in der Branche ein automatischer Trend zum Einbau von Waschanlagen – insbesondere beim Kauf neuer Druckmaschinen - zu verzeichnen ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Roland Colorman 35 Seiten - 96 Farbwerke) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Nachrüstungskosten einer Gummituchwaschanlage	50.000 DM	
Nachrüstungskosten einer Gegendruckzylinderwaschanlage	50.000 DM	
Nachrüstungskosten je 2 Waschanlagen an 96 Druckwerken	9.600.000 DM	
Nachrüstungskosten bei AfA 7 Jahre		+ 1.371.429 DM
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit	4,00 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch gegenüber Handreinigung (20%)	11.896 l/a	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch		- 47.584 DM

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 882.563 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an

¹⁰ Das reine Reduktionspotential der automatischen Waschanlagen gegenüber der Handreinigung liegt bezogen auf die einzelne Waschung höher als 20%. Die Praxis zeigt jedoch, dass die neue Möglichkeit für schnelle Zwischenwaschungen häufiger genutzt und damit ein Teil der Minderverbräuche kompensiert wird.

60% der Maschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,90 t/a verbunden ist.

4.7.4 Maßnahmen-Nr.: 110-4 Optimierte Farbbelegung

Kurz-Beschreibung

Optimierung der Farbbelegungen zur Reduzierung von Umwaschungen

Minderungswirkung

Werden die Aufträge und Papierbahnführung derart eingeplant, dass sich die Farbbelegungen an den einzelnen Farbwerken möglichst selten ändern, so kann die Zahl der Umwaschungen von Farbwerken verringert und damit der Reinigungsmittel-Verbrauch und die daraus resultierenden VOC-Emissionen vermindert werden.

Den gleichen Effekt bringt ein verstärkter Einsatz von Vierfarbsätzen (4c) anstatt des Sonderfarbeinsatzes. Werden weitgehend fixe Druckstellen für die Skalenfarben (4c) innerhalb der gesamten Druckproduktion verwendet, entfallen wiederum die VOC-relevanten Umwaschvorgänge.

Umsetzungsprobleme

Die Freiheitsgrade bei der Auftragsreihenfolgeplanung sind durch eine Reihe anderer Faktoren (Termine, Kapazitäten, etc.) limitiert. Die Durchführung der Maßnahme stellt deutlich höhere Anforderungen an die Arbeitsvorbereitung, die bei komplexen Belegungsmöglichkeiten EDV-gestützte Optimierungshilfen notwendig machen.

Die Vermeidung von Sonderfarben erfordert eine intensive Kommunikation zwischen Anzeigenverkauf und Kunden (und Agentur/Grafiker des Kunden). Darüberhinaus müssen die Druckanlagen von der Zahl der Druckstellen her für eine durchgehende 4c-Produktion geeignet sein.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **53 t/a**, dies entspricht 5% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Zeitungsdruckmaschinen (1.065 t/a, Maschinenkonstellation 110).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme innerhalb der nächsten 10 Jahre in 100% der Betriebe umgesetzt wird und mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 5% verbunden ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential ist die Maßnahme mit Entlastungen bei der Farbabfallmenge verbunden, da der im Farbkasten verbliebene Teil der Neufarbe bei einem Farbwechsel verworfen werden muss.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist schwer erschließbar, da Kundenforderungen und Termindruck einer optimierten Produktionsplanung entgegenstehen.¹¹

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Roland Colorman 35 Seiten - 96 Farbwerke) ist die Maßnahme mit einer VOC-Reduktion von 1,5 t/a verbunden. Gegebenenfalls entstehen Investitionskosten aufgrund der Notwendigkeit, Hard- und Software zur EDV-Planung der Produktion anschaffen zu müssen.

Die Kosten der Maßnahme lassen sich nicht sinnvoll quantifizieren, da überwiegend Organisationskosten anfallen. Die VOC-Kosteneffizienz pro Tonne vermiedene VOC ist daher ebenso wenig bezifferbar.

¹¹ Durch die Veränderungen in der mittlerweile schon vielfach durchgehend digitalen Vorstufenproduktion kommen allerdings zumindest in großen Zeitungsdruckereien zunehmend entsprechende Blatt- und Belegungsplanungswerkzeuge zum Einsatz, die eine optimierte Farbbelegung möglich machen.

4.7.5 Maßnahmen-Nr.: 110-5 Installation gekapselte Teilewaschanlagen

Kurz-Beschreibung

Einsatz von gekapselten Waschanlagen zur Teilereinigung

Minderungswirkung

Der Einsatz von gekapselten Teilewaschanlagen vermeidet die VOC-Emissionen, die bei der Teilereinigung an offenen Waschplätzen entstehen.

Da die Anlagen nicht an entsprechende Abgasreinigungsanlagen angeschlossen sind und insbesondere bei Entladen und Befüllen dennoch relevante Lösemittlemissionen entstehen, handelt es sich insgesamt um eine Verringerung der Emissionen.

Umsetzungsprobleme

Die Maßnahme ist mit Investitionskosten verbunden.

Kamen bislang leichtflüchtige Reinigungsmittel an offenen Waschplätzen zum Einsatz, so ergibt sich aus der Installation von gekapselten Teilereinigungsanlagen eine deutlich niedrigere Arbeitsplatzbelastung (MAK-Werte). Entsprechende aus dem Bereich der Arbeitssicherheit resultierende Minderungsanforderungen können mit dieser Maßnahme somit sinnvoll umgesetzt werden.

Ein weiterer Vorteil neben dem erhöhten Arbeitsschutz liegt im deutlich verringerten Reinigungsmittelverbrauch, der mit Kosteneinsparungen verbunden ist.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **48 t/a**, dies entspricht etwa 5% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmittelleinsatz in Zeitungsdruckmaschinen (1.065 t/a, Maschinenkonstellation 110).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass der Ausstattungsgrad derzeit bei 10% der Anlagen liegt und in 10 Jahren auf 40% ansteigt, so dass die Maßnahme an 30% der Anlagen VOC-relevant durchgeführt wird. Weiterhin wird angenommen, dass derzeit etwa 25% der Reinigungsmittel zur Teilereinigung eingesetzt werden und bei einer Kapselung der Anlagen 60% der Emissionen vermindert werden. Somit ist die Maßnahme mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von ca. 5% verbunden.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben der VOC-Reduzierung ist die Maßnahme nicht mit weiteren Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Es ist zu erwarten, dass das angeführte Minderungspotential der Maßnahme keiner besonderen Zusatzaktivitäten zur Umsetzung bedarf, da in der Branche ein fast automatischer Trend zum Einbau der Waschanlagen – insbesondere bei der Installation neuer Druckmaschinen - zu verzeichnen ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Roland Colorman 35 Seiten - 96 Farbwerke) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Kosten einer gekapselten Teilereinigungsanlage (1,8 x 0,6 x 0,4 m)	40.000 DM	
Nachrüstungskosten bei AfA 7 Jahre		+ 5.714 DM
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit	4,00 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch gegenüber Handreinigung (20%)	12.408 l/a	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch		- 49.632 DM

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 9.760 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme in den kommenden 10 Jahren an 30% der Anlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 1,35 t/a verbunden ist.

5. Bogenoffsetdruck allgemein

5.1 Farbsystem

Bogenoffset-Farben trocknen überwiegend, indem die ungesättigten Fettsäuren aus den Bindemitteln im Kontakt mit dem Luftsauerstoff oxidieren und vernetzen. Neben Mineralölen mit einem Siedebereich um 280°C werden insbesondere sogenannte "trockene Öle" wie Leinöl und Sojaöl eingesetzt. Die folgende Abbildung 7 zeigt eine entsprechende Durchschnittsrezeptur.

Tabelle 7: Durchschnittliche Basisrezeptur für Bogen-Offsetdruckfarben

Bestandteil	Inhaltstoffe	Anteil (Gew.%)
Bindemittel		
- Lösemittelkomponente	Mineralöle (Siedebereich ca. 280°C)	< 25%
- Bindemittelkomponente	„trockene Öle“ (z.B. Leinöl), Alkydharze	40 - 60%
Farbmittel	organische, anorganische Pigmente (Skala- und Sonderfarben)	10 - 25%
Farb-Hilfsmittel	Sikkative und Trockenstoffe (Metallseifen), Oxidationsinhibitoren (z.B. Butylhydroxytoluol, Hydrochinon), Anithautmittel (z.B. Cyclohexanonoxim), Komplexbildner (z.B. EDTA, Tartrate)	< 10%
Physik. Eigenschaften: Festkörpergehalt ca. 95%; unterer Heizwert > ca. 35 MJ/kg; Flammpunkt > 100°C		

[Ökopol GmbH / B.A.U.M., 1997]

5.2 Produkte & Bedruckstoffe

Im Bogenoffsetdruck werden überwiegend Akzidenzen aller Art in kleinen und mittleren Auflagen produziert. Dabei werden Papiere und Kartonagen unterschiedlicher Qualität und Grammatatur bedruckt.

5.3 Betriebe & Maschinenpark

Das Bogenoffset-Druckverfahren wird bundesweit in ca. 9.000 Betrieben eingesetzt. Es sind ca. 25.000 Maschinen mit etwa 37.000 Druckwerken installiert. Ca. 2/3 der Maschinen haben ein Format kleiner als 72x104 cm („III b - Format“) [BVD, 1996].

Die Maschinen unterscheiden sich in Bezug auf das bedruckbare Bogenformat, die Zahl der Farbwerke sowie die Ausstattungsmerkmale (insbesondere bezüglich der Wascheinrichtungen und der Art der Feuchtwerke).

Die folgende Tabelle zeigt die Bogenabmessungen der grundlegenden Größenklassen.

Tabelle 8: Formatklassen im Bogenoffsetdruck

Formatklasse	Bogenformat [cm]
Großformat	82 x 112 bis 120 x 162
Mittelformat	52 x 74 bis 72 x 104
Kleinoffset	32 x 43 bis 66 x 50

Aufgrund der sehr unterschiedlichen technischen und organisatorischen Bedingungen unter denen im Normalfall mittel- und großformatige Bogendruckanlagen auf der einen Seite und kleinformati-ge Bogenmaschinen auf der anderen Seite betrieben wurden zwei getrennte Maschinen-konstellationen gebildet. Diese werden im folgenden nacheinander behandelt.

6. Mittel- und großformatiger Bogenoffsetdruck (Masch.-Konst. 121)

6.1 VOC-relevante Einsatzstoffe

Im mittel- und großformatigen Bogenoffsetdruck (Druckmaschinen mit Formaten < 52x74 cm) kommen die folgenden VOC-relevanten Stoffe zum Einsatz:

Tabelle 9: VOC-relevante Einsatzstoffe im mittel- und großformatigen Bogenoffsetdruck

Stoff	Dampfdruck [bei 20°C]	Spezifische Einsatzmenge [in Gew.% der eingesetzten Farbe]		Einsatzzweck
		Betriebe nur mit Mittel- und Groß- formatmaschinen	Gemischte Betriebe (Klein-, Mittel- & Großformatmaschinen)	
Isopropanol	43 hPa	56,7%]67,4%	Verringerung der Wischwasser- Oberflächenspannung, Kühlungseffekt durch Verdunstung, Algenverhinde- rung
Isopropanol- Ethanol-Gemisch	43 - 59 hPa			
Mineralöl- oder pflanzölbasierte Reinigungsmittel mit unterschiedlichen Siedebereichen	Gesamt:	38,0%	93,3%	Reinigung der farbführenden Maschi- nentteile während und nach dem Druck, Reinigung weiterer Maschinenteile
	A I: > 18 hPa	6,0%	20,9%	
	A II: 3 - 10 hPa	39,2%	42,1%	
	A III: 0,4 - 1,5 hPa	46,5%	28,6%	
	HCA: 0,02 - 0,3 hPa	1,9%	0,9%	
VCA: < 0,1 hPa	6,4%	7,5%		

[Ökopol 1999]

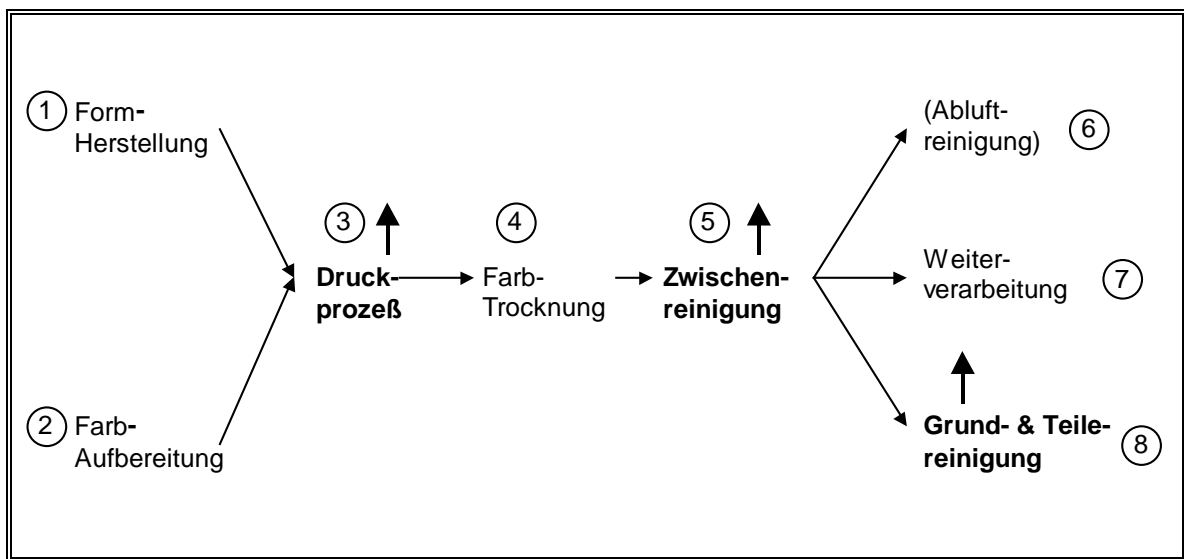
6.2 Genehmigungspflichten

Bogenoffsetanlagen sind nach der 4. BlmschV nicht genehmigungsbedürftig.

6.3 Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz

6.3.1 Emissionsquellen

Abbildung 7: VOC-Emissionsquellen im mittel- und großformatigen Bogenoffsetdruck



[ÖKOPOL 1999]

1. Form-Herstellung:

Bei der Herstellung der Druckform (Aluminiumplatte oder Kunststoffolie) werden keine VOC-relevanten Stoffe eingesetzt.

2. Farb-Aufbereitung:

Die Bereitstellung der Farbe für den Druckprozess ist nicht mit VOC-Emissionen verbunden, da ausschließlich Farben auf der Basis schwer flüchtiger Mineralöle verarbeitet werden.

3. Druckprozess:

Während des Drucks verdunstet ein Teil der VOC-relevanten Wischwasserzusätze (Alkohole: in der Regel Isopropanol, auch Isopropanol-Ethanol-Gemische). Die Höhe dieser Emissionen ist vor allem von der Höhe der Alkoholkonzentration in den Wischwassersystemen abhängig.

4. Farb-Trocknung:

Bei der Farb-Trocknung entstehen keine VOC-Emissionen.

5. Zwischenreinigung:

Der Druckvorgang muss teilweise für Zwischenreinigungen unterbrochen werden, um eine

gleichmäßige Produktqualität sicherzustellen. In diesen Fällen werden die Gummitücher von Farbaufbau und Papieranhaftungen gereinigt. Die Höhe der VOC-Emissionen ist abhängig vom Dampfdruck des verwendeten Reinigungsmittels, von der Reinigungstechnik (automatische Waschanlagen oder Handreinigung) sowie von der Handhabungspraxis. Automatische Waschanlagen sind derzeit zu ca. 60% im mittel- und großformatigen Bogenoffsetdruck installiert. Etwa 92% der eingesetzten Reinigungsmittel sind VOC-relevante Mittel. Davon werden etwa 70% zur Zwischenreinigung eingesetzt.

Die Zahl der Zwischenreinigungen ist abhängig von der geforderten Druckqualität sowie vom Papier und der Farbe. Ist zwischen zwei Duckaufträgen ein Farbwechsel erforderlich, sind alle farbführenden Teile (Farbwalzen, Gummitücher und Farbkästen) zu reinigen.

Eine gründliche Reinigung aller farbführenden Teile erfolgt am Produktionsende oder am Ende der Arbeitswoche, da die Bogenoffsetfarben sonst bei Luftkontakt antrocknen. Die Reinigungsintervalle können durch die Verwendung von sogenannten „kastenfrischen“ Farben vergrößert werden, die nach Produktionsende im Farbkasten verbleiben können. Die Antrocknung kann auch durch den Einsatz von Antioxidationsmitteln („Antihautmittel“) vermindert werden, die nach Produktionsende in den Farbkasten gesprüht werden. Antioxidationsmittel enthalten VOC-relevante Kohlenwasserstoffe (A II), die bei der Anwendung verdunsten.

6. Abluftreinigung:

Eine Reinigung der Abluft wird nicht durchgeführt.

7. Weiterverarbeitung:

Bei der Weiterverarbeitung entstehen keine VOC-Emissionen, da überwiegend Lacke auf Basis hochsiedender Kohlenwasserstoffe oder Dispersionslacke eingesetzt werden.

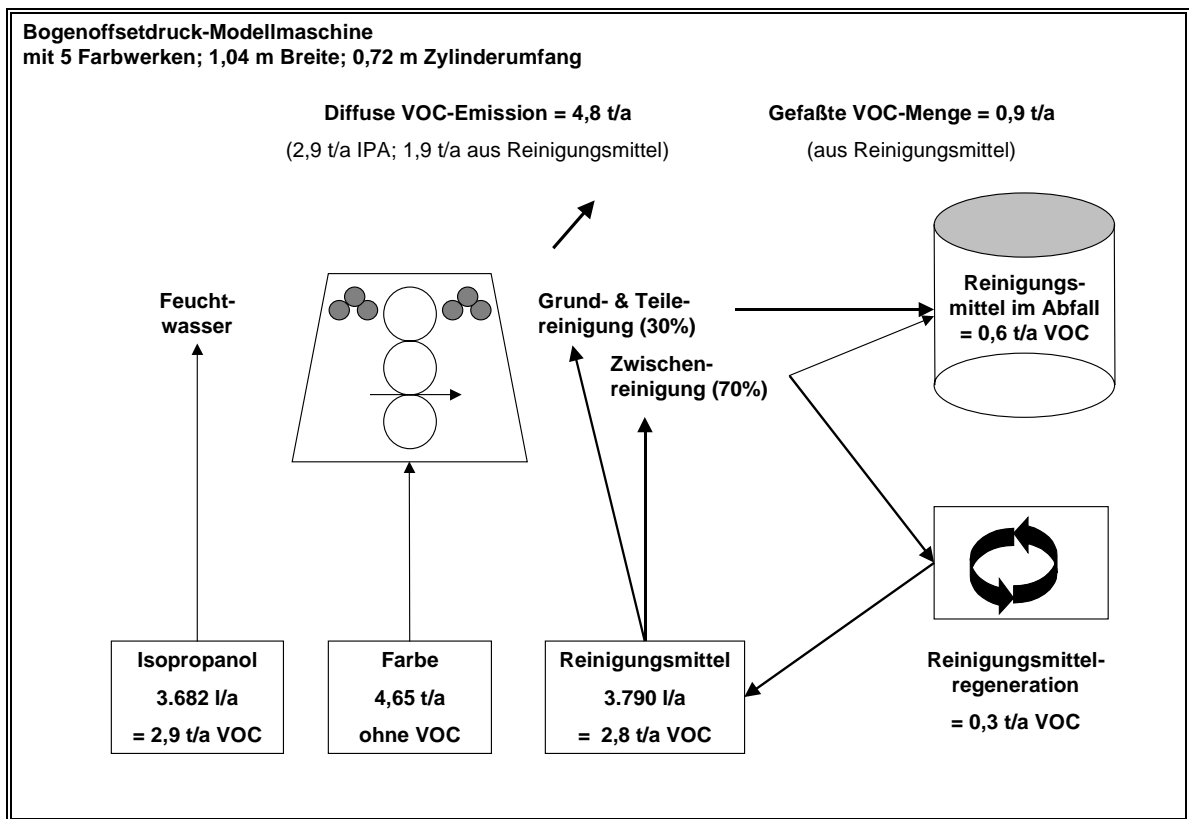
8. Grund- & Teilereinigung:

Nach Produktionsende werden die farbführenden Teile der Maschinen gereinigt. Von den eingesetzten Reinigungsmitteln werden im mittel- und großformatigen Bogenoffset etwa 30% zur Grund- und Teilereinigung verwendet. Die Höhe der VOC-Emissionen ist abhängig vom Dampfdruck des verwendeten Reinigungsmittels. Die Reinigung weiterer Maschinenteile erfolgt meist im Rahmen einer Grundreinigung zum Ende der Woche oder in größeren periodischen Abständen. Die Häufigkeit derartiger Reinigungsvorgänge ist abhängig von der „Instandhaltungs-Philosophie“ der Unternehmen.

6.3.2 Emissionsbilanz

Für eine typische Modellmaschine der Kategorie „Mittel- und Großformat“ ergibt sich auf Basis der im Projektrahmen durchgeführten Datenerhebung das folgende Einsatz- und Emissionsschaubild. Dabei sind neben den Daten aus Betrieben mit reinen mittel- und großformatigen Maschinen auch 95% der Stoffmengen aus Betrieben mit berücksichtigt worden, die neben mittel- und großformatigen Maschinen noch kleinformatige Maschinen einsetzen (Maschinenkonstellation 120, „gemischte Formate“).

Abbildung 8: VOC-Jahresbilanz einer Bogenoffsetdruckmaschine im Mittelformat



[ÖKOPOL, 1999]

6.4 Minderungsmaßnahmen

6.4.1 Maßnahmen-Nr.: 121-1 Hochsiedereinsatz

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf hochsiedende Reinigungsmittel

Minderungswirkung

Durch den Einsatz von Reinigungsmitteln mit einem niedrigen Dampfdruck (umgangssprachlich „hochsiedende Reinigungsmittel“) werden die VOC-Emissionen aus den durchweg umweltoffenen Reinigungsarbeiten deutlich vermindert.

Es sind verschiedenen Alternativen „hochsiedender Reinigungsmittel“ verfügbar:

- Reinigungsmittel auf Basis von Pflanzenölestern mit einem Flammpunkt deutlich $> 100^{\circ}\text{C}$ („VCA“)
- Reinigungsmittel auf Mineralölbasis, die nach VbF nicht kennzeichnungspflichtig sind, da ihr Flammpunkt $> 100^{\circ}\text{C}$ liegt („HCA“)
- Reinigungsmittel auf Mineralölbasis, die nach VbF der Klasse A III zuzuordnen sind aber einen Flammpunkt von $> 85^{\circ}\text{C}$ haben (hochsiedende A III-Mittel)

Sowohl bei HCA als auch bei hochsiedenden A III-Reinigern sind Mittel im Angebot, die zur Steigerung der Waschkraft ebenfalls relevante Anteile von Pflanzenölestern enthalten.

Aus Sicht der Emissionsminderung sind weniger die Flammpunkte, als vielmehr die Dampfdrücke der verschiedenen eingesetzten Reinigungsmittel von Interesse:

- Der Dampfdruck von VCA liegt deutlich unter $0,1 \text{ hPa}$. Diese Mittel sind somit keine VOC im Sinne der EG VOC-RL. Der Einsatz von VCA führt daher zu einer vollständigen Vermeidung der (diffusen) VOC-Emissionen aus Reinigungsprozessen
- Der Dampfdruck der HCA liegt in der Regel zwischen $0,02 - 0,3 \text{ hPa}$. Das heißt bei einem Teil der Mittel handelt es sich um VOC im Sinne der EG VOC-RL
- Hochsiedende A III-Reiniger haben einen Dampfdruck von $0,1 - 1 \text{ hPa}$, es handelt sich somit um VOC im Sinne der EG VOC-RL.

Trotz der unterschiedlichen Dampfdrücke und der damit verbundenen Einstufung als VOC oder Nicht-VOC führt der Einsatz der benannten Reiniger durchgehend zu einer deutlichen Verminderung der

VOC-Emissionen gegenüber der derzeitigen Situation in der überwiegend niedrigsiedende A III-Mittel und A II-Mittel zum Einsatz kommen (vergl. auch Tabelle 8).

Umsetzungsprobleme

Ein wesentliches Umsetzungsproblem ist insbesondere die andersartige Handhabung dieser Reinigungsmittel, die Verhaltensänderungen und somit eine Umstellungsbereitschaft beim Personal erfordert. Die Mittel sind teurer aber auch ergiebiger als die niedrigsiedenden Reinigungsmittel, da sie eine höhere Reinigungskraft besitzen, nicht verdunsten und vielfach mit Wasser gemischt eingesetzt werden.

Die andersartige Handhabung ist in der geringen Flüchtigkeit der Mittel begründet. Zum einen bedeutet dies, dass ein etwas erhöhter Zeitaufwand zur Reinigung erforderlich ist (längere Einwirkzeit und zusätzliches Nachwaschen mit Wasser notwendig), zum anderen ist bei der Handreinigung eine größere Sorgfalt notwendig, da versehentlich in die Maschine gelangende Tropfen zu Korrosion, Beschädigung der Druckplatte und Störungen des Farb-Wasser-Gleichgewichtes führen können. Bei unsachgemäßer Anwendung (Tropfverluste) besteht beim Einsatz von Hochsiedern erhöhte Rutschgefahr an der Maschine.

Technische Probleme gibt es teilweise beim Einsatz in automatischen Waschanlagen älteren Baujahres (vor 1996). Diese Anlagen müssen zum Teil an die „neuen“ Mittel angepasst werden. Typische notwendige Anpassungen sind: kleinere Dosiermengen (wg. der erhöhten Waschkraft), andere Sprühöffnungen (wg. der erhöhten Viskositäten) und andere Kunststoffe oder Gummidichtungen (wg. der Materialverträglichkeit insbes. zu den vegetabilen Reinigern).

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **4.813 t/a**, dies entspricht 97% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmittel-Einsatz in mittel- und großformatigen Maschinen (4.950 t/a, Maschinenkonstellation 121 unter Berücksichtigung der mittel- und großformatigen Maschinen in der gemischtformatigen Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der Niedrigsiederanteil liegt in dieser Maschinenkonstellation derzeit bei ca. 92%. Bei einer grösstmöglichen Umstellung auf Hochsieder wird davon ausgegangen, dass ein Anteil von etwa 5% Niedrigsiedern für besondere Anwendungen verbleibt. Eine derartige Umstellung auf Hochsieder ist innerhalb der Nächsten 10 Jahre bei 100% der Betriebe durchführbar.

Bei einer Umstellung auf hochsiedende Reinigungsmittel sinkt die jährliche eingesetzte Reinigungsmittelmenge um 40%, da der Einsatz von Hochsiedern ergiebiger ist (Minderung bezogen auf die derzeitig verwendeten Reinigungsmittelarten; 50% Verbrauchsminderung bei Umstellung von A I -

oder A II - Mittel auf Hochsieder, 25% Verbrauchsminderung bei Umstellung von A III - Mittel auf Hochsieder).

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion in untergeordnetem Maße zu einer Belastung auf der Abfall- oder Abwasserseite. Beim Einsatz von Hochsiedern in automatischen Waschanlagen fallen im Vergleich zum Einsatz von Niedrigsiedern aufgrund des erforderlichen Nachwaschens mit Wasser erhöhte Abfallmengen an, die entsorgt oder aufbereitet werden müssen. Die Aufbereitung der Lösemittel-Wasser-Abfälle kann mittels einer hausinternen oder einer Lohn-Filtration erfolgen, wobei die Reinigungsmittel zurückgewonnen und wiederverwendet werden können. Das verbleibende Abwasser kann in der Regel in die Kanalisation abgeleitet werden; die geringen Restschlammengen müssen als Abfall entsorgt werden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich gut erschließbar. Allerdings ist dies von einer offensiven Vermarktung der (Gesundheits- und Umweltschutz-) Vorteile der hochsiedenden Reinigungsmittel abhängig, die durch die Zulieferer mit einer praxisgerechten Einführung, Hilfestellung bei einer Waschanlagenumstellung und bei ggf. auftretenden Problemen verbunden sein muss.

Auch innerbetrieblich besteht deutlicher Schulungs- und Motivationsbedarf.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Unter Berücksichtigung von gemischtformatigen Betrieben (Maschinenkonstellation 120) und Betrieben, die ausschließlich mit mittel- und großformatigen Maschinen arbeiten (Maschinenkonstellation 121) wird aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) für die Modellmaschine von einem jährlichen Verbrauch von ca. 3.790 Litern Reinigungsmittel respektive 2,8 Tonnen VOC ausgegangen. Daraus resultieren VOC-Emissionen von 1,8 Tonnen pro Jahr. Nach der Umstellung auf Hochsieder sinkt an der Modellmaschine der jährliche Reinigungsmiteleinsatz um 40% auf 2.303 Liter (bei 115 Litern Niedrigsieder A I, A II oder A III), dies entspricht 0,1 Tonnen VOC. Die jährlichen VOC-Emissionen werden um 97% auf ca. 0,05 Tonnen vermindert.

Jährlicher Minderverbrauch Niedrigsieder	3.379 l/a	
Kosten je Liter Niedrigsieder (Durchschnitt A I, A II, A III)	3,00 DM/l	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch Niedrigsieder		- 10.137 DM/a
Jährlicher Mehrverbrauch Hochsieder	1.892 l/a	
Kosten je Liter Hochsieder	6,00 DM/l	
Jährliche Mehrkosten durch Mehrverbrauch Hochsieder		+ 11.352 DM/a
Jährliche Mehrkosten durch Umstellung	+ 1.215 DM/a	

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 675 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der mittel- und großformatigen Bogenoffsetdruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 1,80 t/a einhergeht.

6.4.2 Maßnahmen-Nr.: 121-2 Verbesserte Handhabung

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit Reinigungsmitteln

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschlußzustandes von Reinigungsmittel- und Putztuchbehältern können VOC-Emissionen vermieden werden. Der sparsame Umgang mit Reinigungsmitteln bei der händischen Maschinenreinigung führt zur Verbrauchsminderung, da Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-) Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert manchmal auch mangelnde Bereitschaft der Belegschaft die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **1.485 t/a**, dies entspricht 30% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in mittel- und großformatigen Maschinen (4.950 t/a, Maschinenkonstellation 121 unter Berücksichtigung der mittel- und großformatigen Maschinen in der gemischtformatigen Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme von 100% der Betriebe umgesetzt wird und mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 30% verbunden ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist neben dem VOC-Reduktionspotential mit keinen weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn Unterweisungen der Mitarbeiter durchgeführt werden.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 15 Personen	400 DM	
Anteilige Instruktorkosten für 4 Drucker	107 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 4 Drucker je 4 Stunden	1.600 DM	
Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre		+ 569 DM/a
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit	3,00 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (20%)	758 l/a	
Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang		- 2.274 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 3.045 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der mittel- und großformatigen Bogenoffsetdruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,56 t/a einhergeht.

6.4.3 Maßnahmen-Nr.: 121-3 Waschanlagen für Gummituch, Farbwalzen und Gegendruckzylinder

Kurz-Beschreibung

Einbau automatischer Waschanlagen für Gummituch, Farbwalzen bzw. Gegendruckzylinder

Minderungswirkung

Durch die Automatisierung der Reinigungsprozesse am Gummituch, an Farbwalzen und Gegendruckzylindern ist eine effizientere Reinigung möglich, so dass der Reinigungsmittel-Verbrauch verringert wird und entsprechend geringere VOC-Emissionen entstehen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist insbesondere der hohe Investitionskostenbedarf bei der Nachrüstung von Altanlagen zu benennen. Waschanlagen für Farbwalzen und Gegendruckzylinder sind an Altanlagen teilweise nicht nachträglich installierbar. Als Vorteil ist zu sehen, dass die Hilfszeiten zur Maschinenreinigung deutlich verringert werden können.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **139 t/a**, dies entspricht 3% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in mittel- und großformatigen Maschinen (4.950 t/a, Maschinenkonstellation 121 unter Berücksichtigung der mittel- und großformatigen Maschinen in der gemischtformatigen Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass automatische Waschanlagen derzeit bereits an 60% der mittel- und großformatigen Maschinen installiert sind, und der Ausstattungsgrad in den kommenden 10 Jahren um ein Drittel auf 80% steigt. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 20% gegenüber der händischen Reinigung verbunden ist. Für die Reinigung von Gummitüchern, Farbwalzen und Gegendruckzylindern wird ein Anteil von 70% der Gesamteinsatzmenge aller Reinigungsmittel angenommen, so dass die Emissionsminderung der Maßnahme nur bei diesem Anteil wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion zu einer Verlagerung der Abfallmengen: Anstelle von Putzlappen, die mit Reinigungsmittel und Farbresten beladen sind, fallen verstärkt flüssige Abfälle oder (systembedingt) verunreinigte Tuchbahnen als neue Abfallfraktionen an. Beim

Einsatz von niedrigsiedenden Reinigungsmitteln mit einem Flammpunkt bis 55°C können anfallende Lösemittel-Wasser-Gemische durch Destillation aufbereitet werden; beim Einsatz von Reinigungsmitteln mit einem Flammpunkt von mehr als 55°C besteht die Möglichkeit einer Aufbereitung der anfallenden Lösemittel-Wasser-Gemische mittels Filtration.

Insgesamt sind diese weiteren Umweltwirkungen als geringfügig einzustufen.

Erschließbarkeit

Es ist zu erwarten, dass die Maßnahme ohne besondere Zusatzaktivitäten zur Umsetzung gelangt, da in der Branche ein automatischer Trend zum Einbau von Waschanlagen – insbesondere beim Kauf neuer Druckmaschinen - zu verzeichnen ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Nachrüstungskosten einer Gummituchwaschanlage	30.000 DM	
Nachrüstungskosten Farbwalzenwaschanlage	12.500 DM	
Nachrüstungskosten einer Gegendruckzylinderwaschanlage	12.500 DM	
Nachrüstungskosten je 3 Waschanlagen an 5 Druckwerken	275.000 DM	
Nachrüstungskosten bei AfA 7 Jahre in 20% der Anlagen		+ 7.858 DM
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit	3,00 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch gegenüber Handreinigung (20%)	531 l	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch in 20% der Anlagen		- 319 DM

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 150.780 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 20% der mittel- und großformatigen Bogenoffsetdruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,05 t/a verbunden ist.

6.4.4 Maßnahmen-Nr.: 121-4 Farbwechselreduzierung

Kurz-Beschreibung

Reduzierung von Farbwechseln an einem Druckwerk

Minderungswirkung

Werden Aufträge mit gleicher Farbart und -reihenfolge unmittelbar nacheinander gedruckt, kann die Zahl der Umwaschungen des Farbwerkes verringert werden; der gleiche Effekt kann durch die Vermeidung des Sonderfarbeneinsatzes durch Umstellung auf den Skalenfarbdruck erfolgen, da Farbkästen und farbführende Teile dann im günstigsten Fall nur noch etwa einmal pro Woche bei der Grund- und Teilereinigung gewaschen werden müssen.¹²

Umsetzungsprobleme

Die Freiheitsgrade bei der Auftragsreihenfolgeplanung sind durch eine Reihe anderer Faktoren (Termine, Kapazitäten, etc.) limitiert. Die Durchführung der Maßnahme stellt deutlich höhere Anforderungen an die Arbeitsvorbereitung, die teilweise EDV-gestützte Optimierungshilfen notwendig machen.

Bezüglich der Umstellung von Sonderfarben auf Vierfarbdruck stellt sich für die Akzidenzdruck-Betriebe das Problem, dass sie überwiegend mit gelieferten Vorlagen arbeiten und somit nur einen geringen Einfluß auf die Farbauswahl haben.

Die Betriebe haben allerdings ein deutliches Eigeninteresse an der Umsetzung der Maßnahme, da z.B. bezogene Übermengen an Sonderfarben sowie der überproportionale Rüst- und Reinigungsaufwand dem Kunden nur in sehr begrenztem Maß tatsächlich in Rechnung gestellt werden können.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **247 t/a**, dies entspricht 5% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsetz in mittel- und großformatigen Maschinen (4.950 t/a, Maschinenkonstellation 121 unter Berücksichtigung der mittel- und großformatigen Maschinen in der gemischtformatigen Maschinenkonstellation 120).

¹² Selbst bei durchgehender 4c-Produktion tritt dieser Fall allerdings nur selten auf, und zwar dann wenn durchgehend mit einer Farbserie (Qualität) gedruckt werden kann.

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass in allen Betrieben Bemühungen bestehen die Maßnahme umzusetzen, sie allerdings nur in etwa 5% realisierbar ist.¹³

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential ist die Maßnahme mit Entlastungen bei der Farbabfallmenge verbunden, da der im Farbkasten verbliebene Teil der Neufarbe bei einem Farbwechsel verworfen werden muss. Die Vermeidung von Sonderfarben verbessert gleichzeitig die Möglichkeiten zum Einsatz einer Farbversorgung über Zapfanlagen mit Mehrweggebinden oder aus Kartuschen/Schläuchen und reduziert die Farbabfälle, die beim Antrocknen in angebrochenen Farbdosen entstehen.[vergl. hierzu Ökopol, B.A.U.M., 1997]

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist schwer erschließbar. Es erfordert eine aktive Kundenberatung sowie eine optimierte Produktionsplanung.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) ist die Maßnahme mit einer VOC-Reduktion von 0,09 t/a verbunden. Gegebenenfalls entstehen Investitionskosten für Hard- und Software zur EDV-Planung der Produktion.

Die Kosten der Maßnahme lassen sich nicht sinnvoll quantifizieren, da überwiegend Organisationskosten anfallen. Die VOC-Kosteneffizienz pro Tonne vermiedene VOC ist daher ebenso wenig bezifferbar.

¹³ Derzeit sind Auftragssteuerungs-, Produktionsleitstands- und Colormanagement-Systeme in Akzidenzbetrieben noch sehr selten im Einsatz. Es steht aber zu erwarten, dass sie in den nächsten 10 Jahren deutlich an Bedeutung gewinnen und damit dann auch die Potentiale in der Optimierung der Produktionsplanung erschließbar werden. Vergl. hierzu u.a. Jepsen, D.: „workflow – Blattplanungssysteme in Verlagen, Leitstände in der Druckindustrie und Papierverarbeitung, Auftragsverfolgung in der Druckvorstufe“, Schriftenreihe der IG Medien Heft 36, Stuttgart 1998

6.4.5 Maßnahmen-Nr.: 121-5 Umstellung auf wasserlosen Offsetdruck

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf wasserlosen Offsetdruck

Minderungswirkung

Die Umstellung auf das wasserlose Offsetdruckverfahren vermeidet vollständig die VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen. Dies betrifft vorrangig die Isopropanol-Emissionen aus dem Wischwasser, untergeordnet aber auch die VOC-Emissionen aus Mitteln zur Reinigung der Feuchtwalzen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsprobleme sind insbesondere der Investitionskostenbedarf und die erhöhten Betriebskosten durch höhere Druckplattenkosten sowie eine monopolartige Anbieterstruktur dieser Technologie zu benennen.

Bei der Umstellung ist eine Investition in eine gesonderte Druckplattenentwicklungsmaschine notwendig. Durch die dann ggf. zweigleisige Vorlagenproduktion entsteht beim parallelen Betrieb von wasserlosen und wasserhaltigen Druckanlagen ein zusätzlicher Produktionsplanungsaufwand. Der andersartige Druckplattenaufbau führt zu einer geänderten Art der Nachkorrekturmöglichkeiten der Platten. Dies erfordert die Unterweisung der Mitarbeiter und eine entsprechende Umstellungsbereitschaft.

Bei der im mittel-/großformatigen Bogenoffsetdruck üblichen Auflagenhöhe erfordert der Wasserlosoffsetdruck eine Farbwerktemperierung in den Druckanlagen, da ansonsten keine Prozessstabilität gewährleistet ist.

Bei 8-Farben-Maschinen sind Farbwerktemperierungen üblich. Bei 4- oder 5-Farben-Maschinen ist zur Erhöhung der Prozesssicherheit ein zunehmender Trend zum Einsatz von Farbwerktemperierungen zu beobachten. Die preisgünstigsten Systeme arbeiten mit einer konstanten Blasluftkühlung, die erst nach dem Warmlaufen der Maschinen (ca. nach 1 Stunde) eine gleichmäßige Temperierung gewährleistet. Aufwendigere Systeme regeln die Blasluftkühlung durch eine berührungslose Infrarotmessung der Zylindertemperatur, die mit einer Heizung kombiniert werden kann, um auch beim Druck nach Maschinenstillstandszeiten konstante Temperaturen zu erreichen. Höchste Produktionssicherheit gewährleisten temperierbare Verreibersysteme, deren Nachrüstung bei Altanlagen jedoch umständlich ist und aufgrund der hohen Investitionskosten i.d.R. nicht durchgeführt wird.

Wird nur wasserlos gedruckt, so kann das gesamte Wischwassersystem entfallen. Beim Neukauf von Druckmaschinen werden Wischwassersysteme jedoch in der Regel mit eingekauft, da nur minimale Preisnachlässe gewährleistet werden und bei einer später ggf. gewünschten Nachrüstung hohe Kosten entstehen.

Die benötigten Spezial-Druckplatten sind derzeit nur von einem Hersteller beziehbar. Dabei ist der Druckplattenpreis zurzeit etwa 2-3-fach höher als bei konventionellen Platten. Viele Drucker befürchten bei einer Umstellung die Abhängigkeit von einem Monopolanbieter. In der Vergangenheit wurde bereits mehrfach die Markteinführung von Konkurrenzprodukten angekündigt. Aufgrund des derzeit geringen Marktvolumens sind die entsprechenden Hersteller jedoch wieder zurückgetreten. Als weiteres Problem wird von Praktikern die etwas geringere Auflagenfestigkeit der Druckplatten angeführt. Dies spielt jedoch erst bei höheren Auflagen eine Rolle (> ca. 100.000 Drucke).

Einschränkungen bei der Auswahl der Bedruckstoffe bestehen beim Einsatz einer Temperierung nicht. Als positiver Effekt ist anzuführen, dass mit dieser Drucktechnik eine höhere Farbbrillanz, d.h. bei bestimmten Druckmotiven eine höhere Druckqualität, erreichbar ist. Da keine Optimierung des Farb-Wasser-Verhältnisses eingestellt werden muss, fällt außerdem weniger Makulatur an. Dieser Vorteil führt insbesondere beim Einsatz von nicht-saugenden und teuren Bedruckstoffen zu relevanten Kostenersparnissen.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **631 t/a**, dies entspricht 8% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in mittel- und großformatigen Maschinen (7.733 t/a, Maschinenkonstellation 121 unter Berücksichtigung der mittel- und großformatigen Maschinen in der gemischtformatigen Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der Marktanteil des Wasserlosoffsetdruckverfahrens liegt derzeit bei Bogenoffsetdruckmaschinen mit einer Walzenbreite von mehr als 54 cm bei ca. 2%; der Marktanteil in 10 Jahren wird mit ca. 10% angenommen. Die Maßnahme wird demnach einen zusätzlichen Marktanteil von 8% erhalten und bei allen nicht-wasserlos druckenden Maschinen (98%) VOC-wirksam umgesetzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die in diesem Zeitraum „umgestellten“ Maschinen derzeit mit IPA-Filmfeuchtwerken arbeiten (IPA-frei betreibbare Plüschwalzen oder spezielle IPA-frei arbeitende Feuchtwerke sind in dieser Formatklasse ohne Mengenrelevanz).

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion in untergeordnetem Maße zu einer Entlastung auf der Abwasserseite, da keine verworfenen Wischwassersysteme aus der Grundreinigung

der Maschinen mehr anfallen. Auf der anderen Seite steht ein etwas erhöhter Energieverbrauch durch den zusätzlichen Temperierungsbedarf.

Insgesamt sind diese weiteren Umweltwirkungen jedoch als geringfügig einzustufen.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar. Allerdings ist dies sehr stark von einer entsprechenden Marktentwicklung abhängig. Hier ist insbesondere die Verfügbarkeit eines zweiten Plattenlieferanten mit entsprechend verminderter Abhängigkeit für die Druckereien und vermutlich günstigeren Plattenpreisen durch den Wettbewerb zu benennen. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass eine Umstellung regelmäßig nur dann erfolgt, wenn ohnehin in neue Druckanlagen und die entsprechende Peripherie (Entwicklermaschinen) investiert wird.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) sind einmalige Umstellungsinvestitionen in eine Entwicklungsmaschine sowie in Temperiereinheiten notwendig. Da es sich um Investitionen in grundlegende Produktionsanlagen handelt, wird von einer AfA von 7 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 3.694 l/a und einem Druckplattenverbrauch von 5.000 Stck/a ausgegangen.

Es ergeben sich die folgenden Kosten:

Eine spezielle Entwicklermaschine (Breite 850 mm)	43.000 DM	
Fünf Temperiereinheiten ohne IR-Steuerung (je 10.000 DM)	50.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten für Maschineninvestitionen (AfA 7 Jahre)		+ 13.286 DM/a
Preisunterschied Wasserlosplatte versus konv. Druckplatte	29,00 DM/Stck	
Jährliche Mehrkosten beim Verbrauch von 5.000 Druckplatten		+ 145.000 DM/a
IPA-Einkaufspreis	1,20 DM/l	
Jährliche IPA-Einsparung bei derzeitigem Verbrauch von 3.694 l/a		- 4.433 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**

52.254 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 8% der mittel- und großformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,24 t/a erreicht wird.

6.4.6 Maßnahmen-Nr.: 121-6 IPA-freie Feuchtwerke

Kurz-Beschreibung

Einbau von IPA-frei arbeitenden Filmfeuchtwerken

Minderungswirkung

Die Umstellung auf IPA-freie Feuchtwerke vermeidet vollständig die VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen. Durch die spezielle Art der Herstellung der Farb-Feuchtwasser-Emulsion im Feuchtwerk kann ohne Zugabe von Isopropanol im Wischwasser gedruckt werden.

Umsetzungsprobleme

Derzeit ist im mittel- bzw. großformatigen Bogenoffsetdruck ein IPA-freies Feuchtwerk nur mit einer maximalen Walzenbreite von 74 cm verfügbar (z.B. Maschinentyp „SORM“ der Heidelberg Druckmaschinen AG). Auf derartigen Maschinen werden nur ca. 10% der gesamten Farbmenge innerhalb dieser Maschinenkonstellation durchgesetzt. Feuchtwerke mit einer Walzenbreite von 102 cm befinden sich erst in der Entwicklung.

Als Umsetzungsproblem ist insbesondere der Investitionskostenbedarf zu benennen, dem jedoch Vorteile wie ein deutlich geringerer Makulaturanfall, geringere Andruckzeiten und eine einfachere Wischwassersystemreinigung gegenüberstehen.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren zu erwartende VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **193 t/a**, dies entspricht 3% der Gesamtemission aus dem Isopropanoleinsatz in mittel- und großformatigen Maschinen (7.733 t/a, Maschinenkonstellation 121 unter Berücksichtigung der mittel- und großformatigen Maschinen in der gemischtformatigen Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass eine Ausstattung mit IPA-frei arbeitenden Feuchtwerken in der Regel im Rahmen einer Neuanschaffung oder eines Austausches von Maschinen erfolgt. Zusätzlich wird die Annahme getroffen, dass im Mittel- und Großformat in den nächsten 10 Jahren 50% der Maschinen ausgetauscht werden. Von diesen sind aufgrund des weiterhin eingeschränkten Formatangebotes nur 10% für eine Ausstattung mit IPA-frei arbeitenden Feuchtwerken geeignet. Es kann davon ausgegangen werden, dass die ersetzten Maschinen derzeit alle mit IPA-Filmfeuchtwerken arbeiten (Plüschwalzen o.a. IPA-frei betreibbare Feuchtwerke sind in dieser Formatklasse praktisch ohne Relevanz). Schließlich wird die Annahme getroffen, dass von den neuen Maschinen,

die für eine Ausrüstung mit IPA-freien Feuchtwerken geeignet sind, 50% mit IPA-frei druckenden Feuchtwerken ausgestattet werden.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme Effizienzsteigerungen bei der Papier-nutzung zu erreichen, da geringere Makulaturmengen anfallen.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist sehr gut erschließbar. Weitere Potentiale werden dadurch beschränkt, dass IPA-frei arbeitende Feuchtwerke noch nicht für alle Maschinen-breiten zur Marktreife gelangt sind.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) sind die Umstellungskosten und somit die Kosten pro vermiedene Tonne VOC nicht bezifferbar, da derzeit noch kein Feuchtwerk mit der entsprechenden Walzenbreite auf dem Markt ist.

Den Investitionskosten stehen folgende Einsparungen gegenüber:

Jährliche IPA-Einsparung	3.694 l/a	
IPA-Einkaufspreis	1,20 DM/l	
Jährliche Kosteneinsparung durch IPA-Vermeidung		- 4.488 DM/a

Die Einsparungen werden an 3% der Maschinen VOC-wirksam. An der Modellmaschine wird durch die Maßnahme eine VOC-Reduktion von 0,24 t/a erreicht.

6.4.7 Maßnahmen-Nr.: 121-7 IPA-Reduzierung

Kurz-Beschreibung

Reduzierung des Isopropanolgehaltes im Wischwasser ohne Hilfsmittel um durchschnittlich 4%

Minderungswirkung

Die Reduzierung des IPA-Gehaltes im Wischwasser verringert die VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt werden soll, ist eine drucktechnische Feinanpassung notwendig. Dies erfordert insbesondere eine genaue Einstellung der Walzen zueinander sowie eine hohe Sauberkeit des Wischwassersystems. Bei der Minderung des IPA-Gehaltes steigen die Anforderungen an die Mitarbeiter. Es können Anpassungsprobleme auftreten, da mit einer Reduzierung des IPA-Gehaltes die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte erhöht wird, was eine geringe Zunahme der Tonwerte bewirken kann. Dies kommt vor allem dann zum Tragen, wenn an der betreffenden Maschine keine genaue IPA-Messung erfolgt und daher nicht festgestellt werden kann, wenn die Dosiereinrichtung nicht exakt funktioniert (z.B. aufgrund von Verschmutzungen).

Teilweise ist eine IPA-Reduzierung nicht ohne technische Modifikationen (Walzenkühlung, andere Walzenbezüge/Walzenoberflächen) oder den Einsatz veränderter Wischwasserzusätze möglich (vergl. hierzu die im folgenden beschriebenen Maßnahmen 121-8a/b; 121-9a-e)

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren zu erwartende VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **2.062 t/a**, dies entspricht 27% der Gesamtemission aus dem Isopropanoleinsatz in mittel- und großformatigen Maschinen (7.733 t/a Gesamtemission der Maschinenkonstellation 121 unter Berücksichtigung der mittel- und großformatigen Maschinen der gemischtformatigen Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei mittel- und großformatigen Maschinen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 15% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes). Die Reduzierung des IPA-Gehaltes um 4% hat demnach eine VOC-Reduktion von 4/15 entsprechend 27% zur Folge.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn eine gezielte Information der Drucker darüber erfolgt, dass IPA-Reduzierungen bei einer richtigen Maschineneinstellung ohne Qualitätsverlust erreichbar sind, und die durch Spindeln gemessenen IPA-Gehalte häufig zu niedrige Werte vortäuschen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) sind zur Durchführung der Maßnahme keine Hilfsmittel notwendig, so dass keine zusätzlichen Kosten entstehen. Eine richtige Maschineneinstellung sollte im Rahmen einer regelmäßigen Wartung zur Gewährleistung eines guten Produktionsergebnisses ohnehin erfolgen.

Die Maßnahme ist mit folgenden Einsparungen verbunden:

Jährliche IPA-Einsparung (985 l/a à 1,20 DM/l) - 1.182 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-)**
1.535 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der mittel- und großformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,77 t/a erreicht wird.

6.4.8 Maßnahmen-Nr.: 121-8a IPA-Messung und -Dosierung (diskontinuierlich)

Kurz-Beschreibung

Bestimmung und Reduzierung des IPA-Gehaltes im Wischwasser um 3% durch diskontinuierlichen Einsatz genauer Messtechnik und Festlegung einer anlagenspezifischen Korrektur für die Einstellung an IPA-Dosieranlagen mit Spindelmessung

Minderungswirkung

Die diskontinuierliche Messung des IPA-Gehaltes im Wischwasser vermeidet einen Teil der VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen durch einen optimal eingestellten minimalen IPA-Gehalt. Die diskontinuierliche Messung ist z.B. mit einem Infrarot-Handmessgerät möglich, das den Isopropanolgehalt in der Gasphase über der Flüssigkeit mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ misst.

Die Bestimmung des IPA-Gehaltes erfolgt bei den Handmessgeräten unabhängig von den bei einer Dichtemessung mittels Spindel üblichen Einflussfaktoren wie Feuchtmittelzusätze, Wasserhärte und Verschmutzungen des Wischwassers. Die bei Spindelmessungen mögliche Verfälschung des Messergebnisses bei Temperaturen ober- oder unterhalb der Eichtemperatur werden bei der Infrarotmessung durch eine parallele Temperaturmessung ausgeschlossen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der (allerdings vergleichsweise geringe) Investitionskostenbedarf zur Anschaffung des Handmessgerätes zu benennen.

Durch die Anschaffung besteht auf der anderen Seite der Vorteil, dass unerwünschte Betriebszustände (z.B. defekte oder verschmutzte Dosiereinrichtungen) umgehend erkannt und ausgeglichen werden können, so dass die Prozesssicherheit erhöht wird.

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt werden soll, ist wie bei Maßnahme 121-7 eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung, Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Wenn minimale IPA-Gehalte eingestellt sind, besteht eine erhöhte Gefahr, dass instabile Farb-Wasser-Gleichgewichte oder eine Zunahme der Tonwerte auftreten. Teilweise ist eine Reduzierung nicht ohne technische Modifikationen (Walzenkühlung, andere Walzenbezüge/Walzenoberflächen) oder den Einsatz veränderter Wischwasserzusätze möglich.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **1.547 t/a**, dies entspricht 20% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in mittel- und großformatigen Maschinen (7.733 t/a, Maschinenkonstellation 121 unter Berücksichtigung der mittel- und großformatigen Maschinen in der gemischtformatigen Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei mittel- und großformatigen Maschinen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 15% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes), der ohne Hilfsmittel um 4% und mit einer diskontinuierlichen genauen Messung und Dosierung um weitere 3% auf 8% reduziert werden kann. Die durch die Maßnahme realisierbare Reduzierung des IPA-Gehaltes um 3% hat demnach eine VOC-Reduktion von 3/15 entsprechend 20% zur Folge.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist erschließbar, allerdings ist eine Einzelfallberatung notwendig, um die Betriebe von den Vorteilen einer diskontinuierlichen Messung zu überzeugen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) sind die folgenden einmaligen Umstellungsinvestitionen in ein genaues Mess- und Dosiersystem notwendig. Da es sich um eine Investition in ein Anlagenzubehör handelt, wird von einer AfA von 7 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 3.694 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 20% vermindert werden kann.

Die Maßnahme ist mit folgenden Kosten und Einsparungen verbunden:

Investitionskosten für ein Handmeßgerät	3.300 DM	
Jährliche Abschreibungskosten für ein Handmessgerät (AfA 7 Jahre)		+ 471 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (739 l/a à 1,20 DM/l)		- 886 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 716 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der mittel- und großformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,58 t/a erreicht wird.

6.4.9 Maßnahmen-Nr.: 121-8b IPA-Messung und -Dosierung (kontinuierlich)

Kurz-Beschreibung

Alternativ zur Maßnahme 121-8a: Bestimmung und Reduzierung des IPA-Gehaltes im Wischwasser um 3% durch den kontinuierlichen Einsatz genauer Meß- und Dosiereinrichtungen zur Regelung des IPA-Einsatzes

Minderungswirkung

Die kontinuierliche Messung des IPA-Gehaltes im Wischwasser vermeidet einen Teil der VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen durch ein optimal einstellbaren minimalen IPA-Gehalt. Die kontinuierliche Messung ist mit einem Infrarot-Messgerät oder einem Ultraschall-Messgerät möglich, bei der der Isopropanolgehalt mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ gemessen wird.

Die Bestimmung des IPA-Gehaltes erfolgt bei der Infrarot- und der Ultraschallmessung relativ unabhängig von den bei einer Dichtemessung mittels Spindel üblichen Einflussfaktoren durch Feuchtmittelzusätze, Wasserhärte und Verschmutzungen des Wischwassers. Die bei Spindelmessungen mögliche Verfälschung des Meßergebnisses bei Temperaturen ober- oder unterhalb der Eichtemperatur werden durch eine parallele Temperaturmessung ausgeschlossen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der Investitionskostenbedarf zur Anschaffung der genauen Mess- und Dosiereinrichtung zu benennen. Es ist jedoch auch möglich, Neumaschinen ohne Aufpreis mit einer genauen automatischen Mess- und Dosiereinrichtung zu erwerben. Dem Nachteil der hohen Investitionskosten steht der Vorteil gegenüber, dass unerwünschte Betriebszustände (z.B. durch defekte oder verschmutzte Dosiereinrichtungen) unmittelbar ausgeglichen bzw. gemeldet werden und mit einer hohen Prozesssicherheit gedruckt werden kann.

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt wird, ist wie bei Maßnahme 121-8a eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung, Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Durch die automatische, genaue Dosierung wird die Prozesssicherheit erhöht. Dadurch wird die Gefahr durch instabile Farb-Wasser-Gleichgewichte und Zunahme der Tonwerte vermindert.

Teilweise ist eine IPA-Reduzierung nicht ohne technische Modifikationen (Walzenkühlung, andere Walzenbezüge/Walzenoberflächen) oder den Einsatz veränderter Wischwasserzusätze möglich.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential entspricht dem in Maßnahme 121-8a genannten und beläuft sich auf **1.547 t/a**, dies entspricht 20% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in mittel- und großformatigen Maschinen (7.733 t/a, Maschinenkonstellation 121 unter Berücksichtigung der mittel- und großformatigen Maschinen in der gemischtformatigen Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei mittel- und großformatigen Maschinen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 15% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes), der ohne Hilfsmittel um 4% und mit einer kontinuierlichen Messung um weitere 3% auf 8% reduziert werden kann. Die durch die Maßnahme zusätzlich realisierbare Reduzierung des IPA-Gehaltes um 3% hat demnach eine VOC-Reduktion von 3/15 entsprechend 20% zur Folge.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist erschließbar, allerdings ist eine Einzelfallberatung notwendig, um die Betriebe von den Vorteilen der Anlage zu überzeugen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) sind die folgenden einmaligen Umstellungsinvestitionen in eine genaue Messtechnik sowie eine elektronisch gesteuerte Dosieranlage notwendig. Da es sich um die Investition in grundlegendes Produktionsanlagenzubehör handelt, wird von einer AfA von 7 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine 3.694 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 20% vermindert werden kann.

Die Maßnahme ist mit folgenden Kosten und Einsparungen verbunden:

Investitionskosten einer Mess- und Dosiereinrichtung	9.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten der Mess- und Dosiereinrichtung (AfA 7 Jahre)		+ 1.285 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (739 l/a à 1,20 DM/l)		- 886 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**
688 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der
mittel- und großformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modell-
maschine eine VOC-Reduktion von 0,58 t/a erreicht wird.

6.4.10 Maßnahmen-Nr.: 121-9a IPA-Ersatzstoffe

Kurz-Beschreibung

Einsatz von IPA-reduzierenden Ersatzstoffen im Wischwasser

Minderungswirkung

Der Einsatz von speziellen Wischwasserzusätzen erlaubt bei gleichem Druckergebnis eine weitere Reduzierung des IPA-Gehaltes um ca. 3% und führt somit zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wischwassersystem.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen mit Ersatzstoffen auf ein Minimum eingestellt werden soll, ist wie bei Maßnahme 121-8 eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung, Sauberkeit des Wischwassersystems). Dies stellt gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter. Die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und einer Zunahme der Tonwerte nimmt zu.

Der Einsatz von zusätzlichen Arbeitsstoffen, deren öko- und humantoxische Wirkungen noch relativ unerforscht sind, kann bei den Mitarbeitern die Umstellungsbereitschaft mindern (in Einzelfällen sind Hautreizungen bekannt geworden, die möglicherweise mit dem Einsatz derartiger Mittel in Verbindung stehen).

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **1.547 t/a**, dies entspricht 20% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in mittel- und großformatigen Maschinen (7.733 t/a, Maschinenkonstellation 121 unter Berücksichtigung der mittel- und großformatigen Maschinen in der gemischtformatigen Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei mittel- und großformatigen Maschinen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 15% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes), der ohne Hilfsmittel um 4% und mit einer genauen Messung um weitere 3% auf 8% reduziert werden kann. Durch den Einsatz von IPA-reduzierenden Ersatzstoffen wird eine Reduzierung um weitere 3% angenommen. Die mit der Umsetzung der Maßnahme verbundene VOC-Reduktion beträgt somit 3/15 entsprechend 20%.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist erschließbar, erfordert jedoch einen hohen technischen Beratungsaufwand, um die Betriebe von den Vorteilen der Mittel zu überzeugen, Vorurteile auszuräumen und Unterstützung bei betriebsspezifischen Problemen zu gewähren.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) sind die folgenden jährlichen Umstellungskosten notwendig. Dabei wird davon ausgegangen, dass der IPA-reduzierende Wischwasserzusatz um einen Prozentpunkt höher dosiert wird als der bisher verwendete Wischwasserzusatz.

Die Maßnahme ist mit folgenden Kosten und Einsparungen verbunden:

Jährliche Mehrkosten bei 1% höherer Ersatzstoffdosierung (246 l/a à 10 DM/l)	+ 2.460 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (739 l/a à 1,20 DM/l)	- 886 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**
723 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der mittel- und großformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 2,18 t/a erreicht wird.

6.4.11 Maßnahmen-Nr.: 121-9b Hydrophile Spezialwalzen

Kurz-Beschreibung

Einbau von besser benetzbaren Feuchtwassersystemwalzen (Keramik- oder hydrophile Gummiwalzen)

Minderungswirkung

Alternativ oder ergänzend zum Einsatz von Isopropanol-Ersatzstoffen kann der Einsatz von Feuchtwalzen mit besonders hydrophilen Oberflächen erfolgen. Es können Oberflächen aus Keramik oder Spezialgummi verwendet werden. Die Maßnahme erlaubt ebenso wie Maßnahme 121-9a bei gleichem Druckergebnis eine Reduzierung des IPA-Gehaltes um ca. 3% und führt somit zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wischwassersystem.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen mit besonders hydrophilen Spezialwalzen auf ein Minimum eingestellt wird, ist wie bei Maßnahme 121-8 und 121-9a eine drucktechnische Fein Anpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung und Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und einer Zunahme der Tonwerte nimmt zu.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich entsprechend Maßnahme 121-9a auf **1.547 t/a**, wobei die unter Nr. 121-9a genannten Annahmen zugrunde gelegt werden: Durch die Maßnahme wird der IPA-Gehalt im Feuchtwasser um weitere 3% auf 5% reduziert, was - ausgehend von einem derzeitigen IPA-Gehalt von 15% - einer VOC-Reduktion um 20% entspricht.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential ist schwer erschließbar, da die Realisierung einen hohen technischen und finanziellen Aufwand erfordert.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden jährlichen Kosten bei einer Nachrüstung mit Spezialwalzen. Da es sich nicht um die Investition in grundlegendes Produktionsanlagenzubehör handelt, wird lediglich von einer AfA von 3 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine 3.694 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 20% vermindert werden kann.

Die Maßnahme ist mit folgenden Kosten und Einsparungen verbunden:

Ein Gummi-Spezialwalzensatz (Tauch- und Auftragswalze)	2.500 DM/Einheit	
Jährliche Kosten beim Einbau in 5 Feuchtwerke (AfA 3 Jahre)		+ 4.167 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (739 l/a à 1,20 DM/l)		- 887 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **1.505 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der mittel- und großformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 2,18 t/a erreicht wird.

6.4.12 Maßnahmen-Nr.: 121-9c Feuchtmittelkühlung

Kurz-Beschreibung

Einbau von Feuchtmittelkühlsystemen

Minderungswirkung

Alternativ oder ergänzend zum Einsatz von Isopropanol-Ersatzstoffen und besser benetzbaren Feuchtwassersystemwalzen kann der Einbau einer Feuchtmittelkühlung erfolgen. Die Maßnahme erlaubt ebenso wie Maßnahme 121-9a und 121-9b bei gleichem Druckergebnis eine Reduzierung des IPA-Gehaltes um ca. 3% und führt somit zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wischwassersystem.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt wird, ist wie bei Maßnahme 121-8, 121-9a und 121-9b eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung, Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und einer Zunahme der Tonwerte nimmt zu. Die Investitionskosten sind nur dann wirksam, wenn themische Effekte der limitierende Faktor für die IPA-Reduzierung sind.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich entsprechend Maßnahme 121-9a und 121-9b auf **1.547 t/a**, wobei die unter Nr. 121-9a genannten Annahmen zugrunde gelegt werden: Durch die Maßnahme wird der IPA-Gehalt im Feuchtwasser um weitere 3% auf 5% reduziert, was - ausgehend von einem derzeitigen IPA-Gehalt von 15% - einer VOC-Reduktion um 20% entspricht.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential ist mit der Maßnahme ein erhöhter Stromverbrauch für die Kälteanlage des Kühlsystems verbunden.

Erschließbarkeit

Es ist zu erwarten, dass das angeführte Minderungspotential der Maßnahme keiner besonderen Zusatzaktivitäten zur Umsetzung bedarf, da in der Branche ein automatischer Trend zum Einbau der Feuchtmittelkühlungen – insbesondere beim Kauf neuer Druckmaschinen - zu verzeichnen ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden jährlichen Kosten bei der Nachrüstung einer Feuchtmitteldosieranlage mit Kühlsystem. Da es sich um die Investition in grundlegendes Produktionsanlagenzubehör handelt, wird von einer AfA von 7 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 3.694 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 20% vermindert werden kann.

Eine Feuchtmitteldosieranlage mit Kühlsystem	18.600 DM	
Jährliche Kosten der Feuchtmitteldosieranlage (AfA 7 Jahre)		+ 2.657 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (739 l/a à 1,20 DM/l)		- 887 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**
812 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der mittel- und großformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 2,18 t/a erreicht wird.

6.4.13 Maßnahmen-Nr.: 121-9d Kombination von IPA-Ersatzstoffen, hydrophilen Spezialwalzen und Feuchtmittelkühlung

Kurz-Beschreibung

Einsatz von IPA-Ersatzstoffen, Einbau besser benetzbarer Feuchtwalzen und Feuchtmittelkühlung

Minderungswirkung

Der kombinierte Einsatz von Isopropanol-Ersatzstoffen, besser benetzbaren Feuchtwalzen und einer Feuchtmittelkühlung erlaubt bei gleichem Druckergebnis eine Reduzierung des IPA-Gehaltes um mindestens 3% und führt somit zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wischwassersystem.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt wird, ist wie bei Maßnahme 121-8 eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung, Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und einer Zunahme der Tonwerte nimmt zu. Die Investitionskosten für die Feuchtmittelkühlung sind nur dann wirksam, wenn thermische Effekte zu den limitierenden Faktoren bei der IPA-Reduzierung gehören.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **1.547 t/a**. Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei mittel- und großformatigen Maschinen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 15% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes), der ohne Hilfsmittel um 4% und mit einer genauen Messung um weitere 3% auf 8% reduziert werden kann. Durch die Kombination des Einsatzes IPA-reduzierender Ersatzstoffe, besser benetzbarer Feuchtwalzen und einer Feuchtmittelkühlung wird eine weitere Reduzierung um mindestens 3% angenommen. Die mit der Umsetzung der Maßnahme verbundene VOC-Reduktion beträgt daher mindestens 3/15 entsprechend 20%.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential ist mit der Maßnahme ein erhöhter Stromverbrauch für die Kälteanlage des Kühlsystems verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential ist schwer erschließbar, da die Realisierung einen hohen technischen und finanziellen Aufwand und die Einzelberatung von Betrieben erfordert. Lediglich für den Einsatz von Feuchtmittelkühlsystemen ist zu erwarten, dass es keiner besonderen Zusatzaktivitäten zur Umsetzung bedarf, da in der Branche ein automatischer Trend zum Einbau der Feuchtmittelkühlungen zu verzeichnen ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die bereits genannten jährlichen Kosten. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 3.694 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 20% vermindert werden kann.

Jährliche Mehrkosten bei 1% höherer Ersatzstoffdosierung (246 l/a à 10 DM/l)		+ 2.460 DM/a
Ein Gummi-Spezialwalzensatz (Tauch- und Auftragswalze)	2.500 DM/Einheit	
Nachrüstung von 5 Feuchtwerken (AfA 3 Jahre)		+ 4.167 DM/a
Eine Feuchtmitteldosieranlage mit Kühlsystem	18.600 DM	
Jährliche Kosten der Feuchtmitteldosieranlage (AfA 7 Jahre)		+ 2.657 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (739 l/a à 1,20 DM/l)		- 887 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**

3.853 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der mittel- und großformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 2,18 t/a erreicht wird.

6.4.14 Maßnahmen-Nr.: 121-9e Ergänzung der genannten Maßnahmen um eine Wasseraufbereitung

Kurz-Beschreibung

Prozesswasseraufbereitung als ergänzende Maßnahme beim Einsatz von IPA-Ersatzstoffen, Einbau besser benetzbarer Feuchtwalzen oder beim Einbau einer Feuchtmittelkühlung

Minderungswirkung

Die Maßnahme ist beim Vorhandensein von Leitungswasser mit hohen oder schwankenden Härtegraden eine wichtige Ergänzung der Maßnahmen Nr. 121-9a bis 121-9d, da sie die Prozessstabilität bei gleichem Druckergebnis erhöht und die Reduzierung des IPA-Gehaltes um ca. 3% mit einer höheren Prozesssicherheit ermöglicht. Die Maßnahme führt zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wischwassersystem, wenn sie in Kombination mit dem Einsatz von IPA-Ersatzstoffen, dem Einbau besser benetzbarer Feuchtwalzen oder dem Einbau einer Feuchtmittelkühlung erfolgt.

Umsetzungsprobleme

Die Maßnahme ist in Abhängigkeit von der Leitungswasserqualität mit erhöhten Kosten für Energie und Hilfsstoffe verbunden.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf entsprechend der Maßnahmen Nr. 129a-d auf **1.547 t/a.**

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential ist mit der Maßnahme ein erhöhter Stromverbrauch für die Wasseraufbereitungsanlage verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential ist entsprechend der unter Nr. 121-9d genannten Punkte schwer erschließbar (Realisierung erfordert einen hohen technischen und finanziellen Aufwand sowie die Einzelberatung von Betrieben).

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg Speedmaster 102 – 5 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die bereits unter Nr. 121-9d genannten jährlichen Kosten; zusätzlich entstehen Kosten bei der Anschaffung der Wasseraufbereitungsanlage. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 3.694 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 20% vermindert werden kann.

Eine Wasseraufbereitungsanlage (20 l/h, 200 l Speicher)	18.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten der Anlage (AfA 7 Jahre)		+ 2.571 DM

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergibt sich für die Kombination mit Maßnahme 121-9a eine VOC-Kosteneffizienz von **(+) 1.902 DM/Tonne vermiedene VOC**, mit Maßnahme 121-9b eine VOC-Kosteneffizienz von **(+) 2.684 DM/Tonne vermiedene VOC**, mit Maßnahme 121-9c eine VOC-Kosteneffizienz von **(+) 1.992 DM/Tonne vermiedene VOC**, mit Maßnahme 121-9d eine VOC-Kosteneffizienz von **(+) 5.033 DM/Tonne vermiedene VOC**.

Die Rechnungen basieren auf der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der mittel- und großformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 2,18 t/a erreicht wird.

7. Kleinformatiger Bogenoffsetdruck (Masch.-Konst. 122)

7.1 VOC-relevante Einsatzstoffe

Im kleinformatigen Bogenoffsetdruck (Druckmaschinen mit Formaten < 52x74 cm) kommen die folgenden VOC-relevanten Stoffe zum Einsatz:

Tabelle 10: VOC-relevante Einsatzstoffe im kleinformatigen Bogenoffsetdruck

Stoff	Dampfdruck [bei 20°C]	Spezifische Einsatzmenge [in Gew.% der eingesetzten Farbe]		Einsatzzweck
		Betriebe nur mit Kleinformatmaschinen	Gemischte Betriebe (Klein-, Mittel- & Groß- formatmaschinen)	
Isopropanol	43 hPa	78,5%	67,4%	Verringerung der Wischwasser- Oberflächenspannung, Kühlungs- effekt durch Verdunstung, Algen- verhinderung
Isopropanol- Ethanol-Gemisch	43 - 59 hPa			
Mineralöl- oder pflanzölbasierte Reinigungsmittel mit unterschiedlichen Siedebereichen	Gesamt:	171,8%	93,3%	Reinigung der farbführenden Maschinenteile während und nach dem Druck, Reinigung weiterer Maschinenteile
	A I: > 18 hPa	30,3%	20,9%	
	A II: 3 - 10 hPa	46,1%	42,1%	
	A III: 0,4 - 1,5 hPa	18,3%	28,6%	
	HCA: 0,02 - 0,3 hPa	0,0%	0,9%	
VCA: < 0,1 hPa	5,3%	7,5%		

[Ökopol 1999]

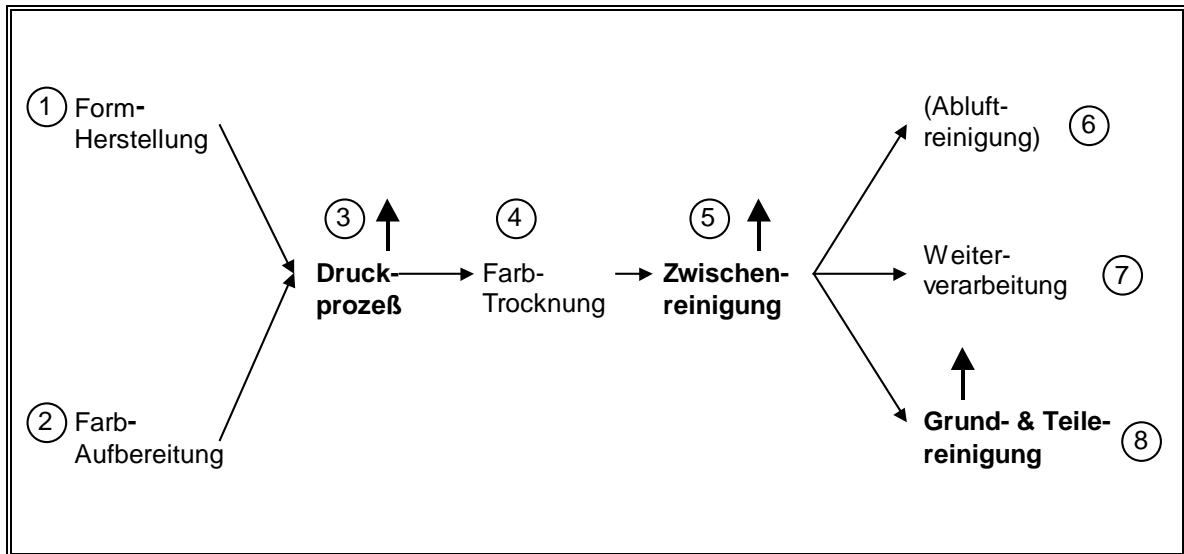
7.2 Genehmigungspflichten

Bogenoffsetanlagen sind nach der 4. BlmschV nicht genehmigungsbedürftig.

7.3 Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz

7.3.1 Emissionsquellen

Abbildung 9: VOC-Emissionsquellen im kleinformatigen Bogenoffsetdruck



[ÖKOPOL, 1999]

1. Form-Herstellung:
Bei der Herstellung der Druckform (Aluminiumplatte oder Kunststoffolie) werden keine VOC-relevanten Stoffe eingesetzt.
2. Farb-Aufbereitung:
Die Bereitstellung der Farbe für den Druckprozess ist nicht mit VOC-Emissionen verbunden, da ausschließlich Farben auf der Basis schwer flüchtiger Mineralöle verarbeitet werden.
3. Druckprozess:
Während des Drucks verdunstet ein Teil der VOC-relevanten Wischwasserzusätze (Alkohole: in der Regel Isopropanol, auch Isopropanol-Ethanol-Gemische). Die Höhe dieser Emissionen ist vor allem von der Höhe der Alkoholkonzentration in den Wischwassersystemen abhängig. Etwa 50% der Druckmaschinen im kleinformatigen Bogenoffsetdruck sind mit Feuchtwerken ausgestattet, die ohne Alkoholzusatz im Wischwasser arbeiten (Plüschfeuchtwerke oder alkoholfrei arbeitende Filmfeuchtwerke).
4. Farb-Trocknung:
Bei der Farb-Trocknung entstehen keine VOC-Emissionen.

5. Zwischenreinigung:

Der Druckvorgang muss teilweise für Zwischenreinigungen unterbrochen werden, um eine gleichmäßige Produktqualität sicherzustellen. In diesen Fällen werden die Gummitücher von Farbaufbau und Papieranhaftungen gereinigt. Die Höhe der VOC-Emissionen ist abhängig vom Dampfdruck des verwendeten Reinigungsmittels, von der Reinigungstechnik (automatische Waschanlagen oder Handreinigung) sowie von der Handhabungspraxis. Automatische Waschanlagen sind derzeit zu ca. 15% im kleinformatigen Bogenoffsetdruck installiert. Im kleinformatigen Bogenoffsetdruck sind derzeit etwa 95% der eingesetzten Reinigungsmittel VOC-relevante Mittel. Davon werden etwa 60% zur Zwischenreinigung eingesetzt.

Die Zahl der Zwischenreinigungen ist abhängig von der geforderten Druckqualität sowie vom Papier und der Farbe. Ist zwischen zwei Duckaufträgen ein Farbwechsel erforderlich, sind alle farbführenden Teile (Farbwalzen, Gummitücher und Farbkästen) zu reinigen.

Eine gründliche Reinigung aller farbführenden Teile erfolgt am Produktionsende oder am Ende der Arbeitswoche, da die Bogenoffsetfarben sonst bei Luftkontakt antrocknen. Die Reinigungsintervalle können durch die Verwendung von sogenannten „kastenfrischen“ Farben vergrößert werden, die nach Produktionsende im Farbkasten verbleiben können. Die Antrocknung kann auch durch den Einsatz von Antioxidationsmitteln („Antihautmittel“) vermindert werden, die nach Produktionsende in den Farbkasten gesprüht werden. Antioxidationsmittel enthalten allerdings VOC-relevante Kohlenwasserstoffe (A II), die bei der Anwendung verdunsten.

6. Abluftreinigung:

Eine Reinigung der Abluft wird nicht durchgeführt.

7. Weiterverarbeitung:

Bei der Weiterverarbeitung entstehen keine VOC-Emissionen, da überwiegend Lacke auf Basis hochsiedender Kohlenwasserstoffe oder Dispersionslacke eingesetzt werden.

8. Grund- & Teilereinigung:

Von den eingesetzten Reinigungsmitteln werden etwa 40% zur Grund- und Teilereinigung verwendet. Die Höhe der VOC-Emissionen ist abhängig vom Dampfdruck des verwendeten Reinigungsmittels

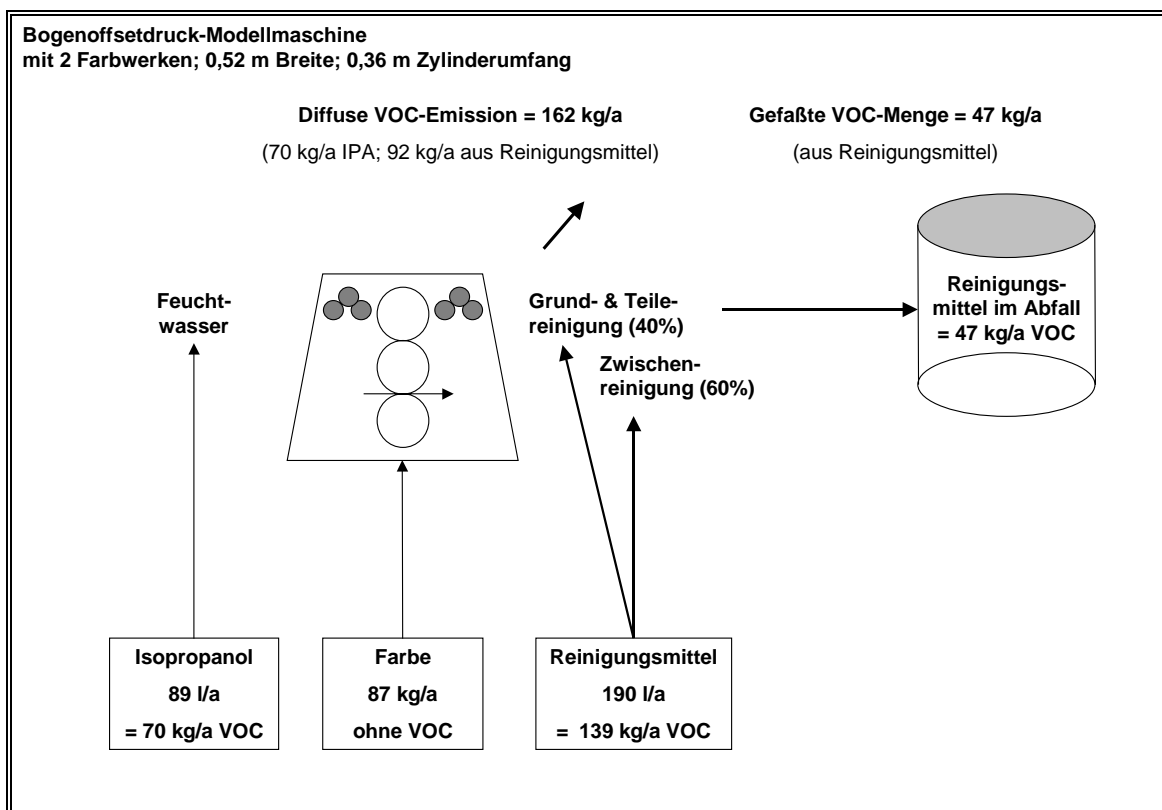
Nach Produktionsende werden die farbführenden Teile der Maschinen gereinigt, wobei es von der Art der Farbe abhängig ist, ob dabei auch eine Entleerung und Reinigung des Farbkastens notwendig ist. Sogenannte „kastenfrische“ Farben können aufgrund ihrer geringen Oxidationsneigung im Farbkasten verbleiben.

Die Reinigung weiterer Maschinenteile erfolgt meist im Rahmen einer Grundreinigung zum Ende der Woche oder in größeren periodischen Abständen. Die Häufigkeit derartiger Reinigungsvorgänge ist abhängig von der „Instandhaltungs-Philosophie“ der Unternehmen.

7.3.2 Emissionsbilanz

Für eine typische Modellmaschine ergibt sich auf Basis der im Projektrahmen durchgeführten Datenerhebung das folgende Einsatz- und Emissionsschaubild. Dabei sind neben den Daten aus Betrieben mit reinen kleinformatigen Maschinen auch 5% der Stoffmengen aus Betrieben mit berücksichtigt worden, die neben kleinformatigen Maschinen noch mittel- und großformatige Maschinen einsetzen (Maschinenkonstellation 120, „gemischte Formate“).

Abbildung 10: VOC-Jahresbilanz einer Bogenoffsetdruckmaschine im Kleinformat



[ÖKOPOL 1999]

7.4 Minderungsmaßnahmen

7.4.1 Maßnahmen-Nr.: 122-1 Hochsiedereinsatz

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf hochsiedende Reinigungsmittel

Minderungswirkung

Durch den Einsatz von Reinigungsmitteln mit einem niedrigen Dampfdruck (umgangssprachlich „hochsiedende Reinigungsmittel“) werden die VOC-Emissionen aus den durchweg umweltoffenen Reinigungsarbeiten deutlich vermindert.

Es sind verschiedenen Alternativen „hochsiedender Reinigungsmittel“ verfügbar:

- Reinigungsmittel auf Basis von Pflanzenölestern mit einem Flammpunkt deutlich $> 100^{\circ}\text{C}$ („VCA“)
- Reinigungsmittel auf Mineralölbasis, die nach VbF nicht kennzeichnungspflichtig sind, da ihr Flammpunkt $> 100^{\circ}\text{C}$ liegt („HCA“)
- Reinigungsmittel auf Mineralölbasis, die nach VbF der Klasse A III zuzuordnen sind aber einen Flammpunkt von $> 85^{\circ}\text{C}$ haben (hochsiedende A III-Mittel).

Sowohl bei HCA als auch bei hochsiedenden A III-Reinigern sind auch Mittel im Angebot, die zur Steigerung der Waschkraft ebenfalls relevante Anteile von Pflanzenölestern enthalten.

Aus Sicht der Emissionsminderung sind weniger die Flammpunkte, als vielmehr die Dampfdrücke der verschiedenen eingesetzten Reinigungsmittel von Interesse:

- Der Dampfdruck von VCA liegt deutlich unter $0,1 \text{ hPa}$. Diese Mittel sind somit keine VOC im Sinne der EG VOC-RL. Der Einsatz von VCA führt daher zu einer vollständigen Vermeidung der (diffusen) VOC-Emissionen aus Reinigungsprozessen
- Der Dampfdruck HCA liegt in der Regel zwischen $0,02 - 0,3 \text{ hPa}$. Das heißt, nur bei einem kleinen Teil der Mittel handelt es sich um VOC im Sinne der EG VOC-RL
- Hochsiedende A III-Reiniger haben einen Dampfdruck $0,1 - 1 \text{ hPa}$, es handelt sich somit um VOC im Sinne der EG VOC-RL.

Trotz der unterschiedlichen Dampfdrücke und der damit verbundenen Einstufung als VOC oder Nicht-VOC führt der Einsatz der benannten Reiniger durchgehend zu einer deutlichen Verminderung der VOC-Emissionen gegenüber der derzeitigen Situation, in der überwiegend niedrigsiedende A III-Mittel und A II-Mittel zum Einsatz kommen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist insbesondere die andersartige Handhabung zu benennen, die Verhaltensänderungen und somit eine Umstellungsbereitschaft beim Personal erfordert. Die Mittel sind teurer aber auch ergiebiger als Niedrigsieder, da sie eine höhere Reinigungskraft besitzen, nicht verdunsten und bis zu 50% mit Wasser gemischt eingesetzt werden können.

Die andersartige Handhabung ist durch die geringe Flüchtigkeit der Mittel begründet. Zum einen bedeutet dies, dass ein etwas erhöhter Zeitaufwand zur Reinigung erforderlich ist (längere Einwirkzeit und zusätzliches Nachwaschen mit Wasser notwendig), zum anderen ist bei der Handreinigung eine größere Sorgfalt notwendig, da versehentlich in die Maschine gelangende Tropfen zu Korrosion, Beschädigung der Druckplatte und Störungen des Farb-Wasser-Gleichgewichtes führen können.

Bei unsachgemäßer Anwendung (Tropfverluste) besteht beim Einsatz von Hochsiedern erhöhte Rutschgefahr an der Maschine, der jedoch durch Sorgfalt und Maßnahmen wie senkrecht gebogene Spritzflaschenhalse an den Vorratsbehältnissen (anstelle der üblichen Schwanenhälse) begegnet werden kann.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **990 t/a**, dies entspricht 89% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmittel-Einsatz an kleinformatischen Maschinen (1.107 t/a, Maschinenkonstellation 122 unter anteiliger Berücksichtigung der Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der Niedrigsiederanteil liegt in dieser Maschinenkonstellation derzeit bei ca. 95%. Bei einer grösstmöglichen Umstellung auf Hochsieder wird davon ausgegangen, dass ein Anteil von etwa 10% Niedrigsiedern für besondere Anwendungen verbleibt. Eine derartige Umstellung auf Hochsieder ist innerhalb der nächsten 10 Jahre bei 100% der Betriebe durchführbar.

Bei einer Umstellung auf hochsiedende Reinigungsmittel sinkt die jährliche eingesetzte Reinigungsmittelmenge um etwa 50%, da der Einsatz von Hochsiedern ergiebiger ist (Minderung bezogen auf die derzeitig verwendeten Reinigungsmittelarten; 50% Verbrauchsminderung bei Umstellung von A I - oder A II - Mittel auf Hochsieder, 25% Verbrauchsminderung bei Umstellung von A III - Mittel auf Hochsieder).

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion in untergeordnetem Maße zu einer Belastung auf der Abfall- oder Abwasserseite. Beim Einsatz von Hochsiedern in automatischen Waschanlagen fallen im Vergleich zum Einsatz von Reinigungsmitteln mit einem Flammpunkt unter 100°C aufgrund des erforderlichen Nachwaschens mit Wasser erhöhte Abfallmengen an, die entsorgt oder aufbereitet werden müssen.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist schwer erschließbar, da gerade die kleinformatigen Bogendruckmaschinen in einer sehr großen Zahl von kleinen und kleinsten Betrieben installiert sind. Diese Betriebe sind vielfach nicht in den Branchenverbänden organisiert.

Aus diesem Grund sind die betroffenen Mitarbeiter nur schwer gezielt über die entsprechenden Branchenpublikationen, Weiterbildungsveranstaltungen u.ä. zu erreichen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg GTO – 2 Farben, 1-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird für die Modellmaschine von einem jährlichen Verbrauch von ca. 167 Litern Reinigungsmittel respektive 0,14 Tonnen VOC ausgegangen. Daraus resultieren VOC-Emissionen von 0,09 Tonnen pro Jahr. Nach der Umstellung auf Hochsieder sinkt an der Modellmaschine der jährliche Reinigungsmiteleinsatz um etwa 50% auf 99 Liter (bei 10 Litern Niedersieder A I, A II oder A III), dies entspricht 0,1 Tonnen VOC. Die jährlichen VOC-Emissionen werden um 89% auf ca. 0,01 Tonnen vermindert.

Jährlicher Minderverbrauch Niedrigsieder	167 l/a	
Kosten je Liter Niedrigsieder (Durchschnitt A I, A II, A III)	3,00 DM/l	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch Niedrigsieder		- 501 DM/a
Jährlicher Mehrverbrauch Hochsieder	76 l/a	
Kosten je Liter Hochsieder	6,00 DM/l	
Jährliche Mehrkosten durch Mehrverbrauch Hochsieder		+ 456 DM/a
Jährliche Minderkosten durch Umstellung	- 45 DM/a	

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 563 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der kleinformatischen Bogenoffsetdruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,08 t/a einhergeht.

7.4.2 Maßnahmen-Nr.: 122-2/122-7 Digitaldruck

Kurz-Beschreibung

Umstellung von Offsetdruck auf Digitaldruckverfahren¹⁴

Minderungswirkung

Bei den meisten Digitaldruckverfahren entfallen die VOC-relevanten Prozesse der Maschinenreinigung sowie der Feuchtung mit Isopropanol.

Umsetzungsprobleme

Digitaldruckmaschinen erfordern heute noch eine sehr hohe Investitionssumme. Auflagenhöhen von mehr als 1.000 Stück sind derzeit selten wirtschaftlich. Das technologische Umfeld im Betrieb muss auf das Druckverfahren ausgerichtet werden (Notwendigkeit einer vollständig digitalen Vorstufe). Die Druckqualität ist bislang nicht gleichwertig, außerdem gibt es technische Restriktionen bezüglich der Bedruckstoffwahl. Die bisher angebotenen Walzenbreiten sind in der Regel kleiner als 52 cm. Ein Vorteil einiger Anlagen liegt darin, dass mit einem Arbeitsgang vierfarbig gedruckt werden kann.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **277 t/a**, dies entspricht 25% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmitelesatz sowie auf **105 t/a**, dies entspricht ca. 12,5% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in kleinformatigen Maschinen (1.107 t/a Reinigungsmitelemissionen, 838 t/a Isopropanolemissionen, Maschinenkonstellation 122 unter anteiliger Berücksichtigung der Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme von 25% der Betriebe umgesetzt wird und daher bezüglich der Reinigungsmitelemissionen mit einer entsprechenden Emissionsminderung verbunden ist. Bezüglich der Isopropanolemissionen wird bei einer Umstellung auf Digitaldruck lediglich eine Minderung um 12,5% erreicht, da derzeit im kleinformatigen Offsetdruck bereits etwa 50% der Feuchtwerke ohne Isopropanol betrieben werden (Plüschwalzen- oder Spezialfeuchtwerke).

¹⁴ Hier sind „reine“ Digitaldruckverfahren gemeint, nicht die digitale Bebilderung von Offsetmaschinen, wie dies z.B. bei den Heidelberg DI-Maschinen der Fall ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist neben der VOC-Minderung nicht mit weiteren derzeit bekannten Umweltwirkungen¹⁵ verbunden.

Erschließbarkeit

Es ist zu erwarten, dass das angeführte Minderungspotential der Maßnahme keiner besonderen Zusatzaktivitäten zur Umsetzung bedarf, da aufgrund des Technologiewandels in der Branche ein automatischer Trend zur Umstellung auf Digitaldruckverfahren zu verzeichnen ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg GTO - 2 Farben, 1-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Kosten der Modellmaschine (52 cm Breite, 2 Farbwerke)	225.000 DM	
Kosten einer Digitaldruckmaschine (46 cm Breite, 4 Farbwerke)	500.000 DM	
Jährliche Mehrkosten der Digitaldruckmaschine (AfA 7 Jahre)		+ 32.1431 DM/a
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit	3,00 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch Reinigungsmittel (100%)	190 l/a	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch Reinigungsmittel		- 570 DM/a
Kosten je Liter Isopropanol derzeit	1,20 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch Isopropanol (100%)	89 l/a	
Jährliche Einsparung Isopropanol		- 107 DM/a
Kosten je Liter Feuchtmittelzusatz derzeit	10,00 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch Feuchtmittel (100%)	15 l/a	
Jährliche Einsparung Feuchtmittel		- 150 DM/a

¹⁵ Die Relativierung „derzeit bekannt“ erscheint den Gutachtern notwendig, da bislang nur sehr wenig Informationen über die Rezepturen der Digitaldruckfarben und –Hilfsmittel bekannt ist. Aufgrund der technologischen Vorreiterrolle werden diese Daten vielfach als Betriebsgeheimnisse deklariert.



Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 320.933 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme bei 25% der kleinformatischen Bogenoffsetdruckmaschinen umgesetzt wird, bezüglich Isopropanol lediglich bei 50% der Maschinen VOC-wirksam wird und an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,03 t/a einhergeht.

7.4.3 Maßnahmen-Nr.: 122-3 Verbesserte Handhabung

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit lösemittelhaltigen Hilfsmitteln

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschlußzustandes von Lösemittel- und Putztuchbehältern können VOC-Emissionen vermieden werden. Der sparsame Umgang mit Reinigungsmitteln bei der händischen Maschinenreinigung führt zur Verbrauchsminderung, da Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert auch mangelnde Bereitschaft der Belegschaft die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **443 t/a**, dies entspricht 40% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in kleinformatigen Maschinen (1.107 t/a, Maschinenkonstellation 122 unter anteiliger Berücksichtigung der Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme von 100% der Betriebe umgesetzt wird und mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 40% verbunden ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist nicht mit weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist schwer erschließbar, da gerade die kleinformatigen Bogendruckmaschinen in einer sehr großen Zahl von kleinen und kleinsten Betrieben installiert sind. Diese Betriebe sind vielfach nicht in den Branchenverbänden organisiert.

Aus diesem Grund sind die betroffenen Mitarbeiter nur schwer gezielt über die entsprechenden Branchenpublikationen, Weiterbildungsveranstaltungen u.ä. zu erreichen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg GTO - 2 Farben, 1-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 5 Personen	400 DM	
Anteilige Instruktorkosten für 1 Drucker	80 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 1 Drucker bei 4 Stunden	400 DM	
Jährliche Schulungskosten für 1 Drucker (AfA 3 Jahre)		+ 160 DM/a
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit	3,00 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (30%)	57 l/a	
Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang		-171 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 275 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der kleinformatigen Bogenoffsetdruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,04 t/a einhergeht.

7.4.4 Maßnahmen-Nr.: 122-4 Waschanlagen für Gummituch, Farbwalzen und Gegendruckzylinder

Kurz-Beschreibung

Einbau automatischer Waschanlagen für Gummituch-, Farbwalzen- bzw. Gegendruckzylinder

Minderungswirkung

Durch die Automatisierung der Reinigungsprozesse an Gummituch-, Farbwalzen- und Gegendruckzylindern ist eine effizientere Reinigung möglich, so dass der Reinigungsmittelverbrauch verringert wird und entsprechend geringere VOC-Emissionen entstehen.

Umsetzungsprobleme

Die Nachrüstung von Altmaschinen ist überwiegend nicht möglich. Bei Neumaschinen besteht eine grosse Kostendifferenz zwischen Maschinen mit Waschanlagen und gleichwertigen Anlagen ohne Waschanlagen, da erstere mit weiteren Zusatzausstattungen verbunden sind. Ein weiterer Nachteil sind die insbesondere bei kleinformatigen Maschinen zusätzlich anfallenden Abfälle (flüssige Lösemittel-Rückstände oder mit Lösemitteln verunreinigte Tuchbahnen), die sonst mit den Putzlappen zusammen entsorgt werden.

Vorteilhaft ist die mit automatischen Waschanlagen verbundene Verringerung der Hilfszeiten gegenüber einer händischen Reinigung.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **46 t/a**, dies entspricht 4% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsetz in kleinformatigen Maschinen (1.107 t/a, Maschinenkonstellation 122 unter anteiliger Berücksichtigung der Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass automatische Waschanlagen derzeit an 15% der kleinformatigen Maschinen installiert sind und in den kommenden 10 Jahren bei weiteren 35% eingebaut werden, so dass der Ausstattungsgrad auf 50% steigt. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 20% gegenüber der händischen Reinigung verbunden ist. Für die Zwischenreinigung wird ein Anteil von 60% der Gesamteinsatzmenge aller Reinigungsmittel angenommen, so dass die Emissionsminderung der Maßnahme nur bei diesem Anteil wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion zu einem erhöhten Stromverbrauch und in untergeordnetem Maße zu einer Verlagerung der Abfallmengen: Anstelle von Putzlappen, die mit Reinigungsmittel und Farbbreständen beladen sind, fallen verstärkt flüssige Abfälle oder (systembedingt) verunreinigte Tuchbahnen als neue Abfallfraktionen an. Insgesamt sind die weiteren Umweltwirkungen als relativ geringfügig einzustufen.

Erschließbarkeit

Es ist zu erwarten, dass es zur Umsetzung des angeführten Minderungspotentials der Maßnahme keiner besonderen Zusatzaktivitäten bedarf, da in der Branche ein automatischer Trend zum Einbau von Waschanlagen – insbesondere beim Kauf neuer Druckmaschinen - zu verzeichnen ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg GTO - 2 Farben, 1-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Kosten der Modellmaschine ohne Waschanlage	225.000 DM	
Kosten einer entsprechenden Maschine mit Waschanlage	325.000 DM	
Mehrkosten (AfA 7 Jahre) bei 35% Branchenumsetzung		+ 5.000 DM/a
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit	3,00 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch gegenüber Handreinigung (20%)	23 l/a	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch bei 35% Branchenumsetzung		- 24 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 1.244.000 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 35% der kleinformatischen Bogenoffsetdruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,004 t/a verbunden ist.

7.4.5 Maßnahmen-Nr.: 122-5 Umstellung auf wasserlosen Offsetdruck

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf wasserlosen Offsetdruck

Minderungswirkung

Die Umstellung auf das wasserlose Offsetdruckverfahren vermeidet vollständig die VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen. Dies betrifft vorrangig die IPA-Emissionen aus dem Wischwasser, untergeordnet aber auch die VOC-Emissionen aus Mitteln zur Reinigung der Feuchtwalzen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsprobleme sind insbesondere der Investitionskostenbedarf und die erhöhten Betriebskosten durch höhere Druckplattenkosten sowie eine monopolartige Anbieterstruktur dieser Technologie zu benennen.

Bei der Umstellung ist eine Investition in eine gesonderte Druckplattenentwicklungsmaschine notwendig. Durch die dann ggf. zweigleisige Vorlagenproduktion entsteht beim parallelen Betrieb von wasserlosen und wasserhaltigen Druckanlagen ein zusätzlicher Produktionsplanungsaufwand. Der andersartige Druckplattenaufbau führt zu einer geänderten Art der Nachkorrekturmöglichkeiten der Platten. Dies erfordert die Unterweisung der Mitarbeiter und eine entsprechende Umstellungsbereitschaft.

Bei der im kleinformatischen Bogenoffsetdruck üblichen Auflagenhöhe erfordert der Wasserlosoffsetdruck nicht zwingend eine Farbwerktemperierung in den Druckanlagen. Deren Einbau führt jedoch zu einer Erhöhung der Prozessstabilität.

Die preisgünstigsten Systeme arbeiten mit einer konstanten Blasluftkühlung, die erst nach dem Warmlaufen der Maschinen (ca. nach 1 Stunde) eine gleichmäßige Temperierung gewährleistet. Aufwendigere Systeme regeln die Blasluftkühlung durch eine berührungslose Infrarotmessung der Zylindertemperatur, die mit einer Heizung kombiniert werden kann, um auch beim Druck nach Maschinenstillstandszeiten konstante Temperaturen zu erreichen. Höchste Produktionssicherheit gewährleisten temperierbare Verreibersysteme, deren Nachrüstung bei Altanlagen jedoch umständlich ist und aufgrund der hohen Investitionskosten i.d.R. nicht durchgeführt wird.

Wird nur wasserlos gedruckt, so kann das gesamte Wischwassersystem entfallen. Beim Neukauf von Druckmaschinen werden Wischwassersysteme jedoch häufig mit eingekauft, da nur minimale

Preisnachlässe gewährleistet werden und bei einer später ggf. gewünschten Nachrüstung hohe Kosten entstehen.

Die benötigten Spezial-Druckplatten sind derzeit nur von einem Hersteller beziehbar. Dabei ist der Druckplattenpreis zurzeit etwa 2-3-fach höher als bei konventionellen Platten. Viele Drucker befürchten bei einer Umstellung die Abhängigkeit von einem Monopolanbieter. In der Vergangenheit wurde bereits mehrfach die Markteinführung von Konkurrenzprodukten angekündigt. Aufgrund des derzeit geringen Marktvolumens sind die entsprechenden Hersteller jedoch wieder zurückgetreten.

Einschränkungen bei der Auswahl der Bedruckstoffe bestehen beim Einsatz einer Temperierung nicht. Als positiver Effekt ist anzuführen, dass mit dieser Drucktechnik eine höhere Farbbrillanz, d.h. bei bestimmten Druckmotiven eine höhere Druckqualität, erreichbar ist. Da keine Optimierung des Farb-Wasser-Verhältnisses eingestellt werden muss, fällt außerdem weniger Makulatur an. Dieser Vorteil führt insbesondere beim Einsatz von nicht-saugenden und teuren Bedruckstoffen zu relevanten Kostenersparnissen.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **52 t/a**, dies entspricht 6% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in kleinformatigen Maschinen (838 t/a, Maschinenkonstellation 122 unter anteiliger Berücksichtigung der Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der Marktanteil des Wasserlosoffsetdruckverfahrens liegt derzeit bei Bogenoffsetdruckmaschinen mit einer Walzenbreite von weniger als 54 cm bei ca. 3%; der Marktanteil in 10 Jahren wird mit ca. 15% angenommen. Die Maßnahme wird demnach einen zusätzlichen Marktanteil von 12% erhalten, sie wird jedoch nur bei einem Teil der bislang mit Prozesswasser druckenden Maschinen (97%) VOC-wirksam umgesetzt: Etwa 50% der in 10 Jahren „umgestellten“ Maschinen arbeitet derzeit bereits mit IPA-freien Feuchtwerken, so dass die Umstellung keine VOC-relevant Auswirkungen hat (Plüschwalzen- oder spezielle IPA-frei arbeitende Feuchtwerke).

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion in untergeordnetem Maße zu einer Entlastung auf der Abwasserseite, da keine verworfenen Wischwassersysteme aus der Grundreinigung der Maschinen mehr anfallen. Auf der anderen Seite steht ggf. ein etwas erhöhter Energieverbrauch durch den zusätzlichen Temperierungsbedarf. Insgesamt sind die weiteren Umweltwirkungen jedoch als geringfügig einzustufen.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich sehr gut erschließbar. Allerdings ist dies sehr stark von einer Information über die Systemvorteile und von der Marktentwicklung abhängig. Hier ist insbesondere die Verfügbarkeit eines zweiten Plattenlieferanten mit entsprechend verminderter Abhängigkeit für die Druckereien und vermutlich günstigeren Plattenpreisen durch den Wettbewerb zu benennen. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass eine Umstellung regelmäßig nur dann erfolgt, wenn ohnehin in neue Druckanlagen und die entsprechende Peripherie (Entwicklermaschinen) investiert wird.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg GTO - 2 Farben, 1-Schicht-Betrieb) sind die folgenden einmaligen Umstellungsinvestitionen in eine Entwicklungsmaschine sowie Temperiereinheiten notwendig. Da es sich um Investitionen in grundlegende Produktionsanlagen handelt, wird von einer AfA von 7 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine 89 l/a und einem Druckplattenverbrauch von 250 Stck/a ausgegangen.

Eine spezielle Entwicklermaschine (Breite 450 mm)	32.000 DM	
Temperiereinheiten für 2 Farbwerke (je 15.000 DM)	30.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten für Maschineninvestitionen (AfA 7 Jahre)		+ 8.857 DM
Preisunterschied Wasserlosplatte versus konv. Druckplatte	8,00 DM/Stck	
Jährliche Mehrkosten beim Verbrauch von 250 Druckplatten		+ 2.000 DM
IPA-Einkaufspreis	1,20 DM/l	
Jährliche IPA-Einsparung bei derzeitigem Verbrauch von 89 l/a		- 107 DM

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)** **9.200 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 6% der kleinformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,07 t/a erreicht wird.

7.4.6 Maßnahmen-Nr.: 122-6 IPA-freie Feuchtwerke

Kurz-Beschreibung

Einbau von IPA-frei arbeitenden Filmfeuchtwerken

Minderungswirkung

Die Umstellung auf IPA-freie Feuchtwerke vermeidet vollständig die VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen. Durch die besondersartige Herstellung der Farb-Feuchtwasser-Emulsion im Feuchtwerk kann ohne Zugabe von Isopropanol im Wischwasser gedruckt werden.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist insbesondere der Investitionskostenbedarf zu benennen, dem jedoch Vorteile wie geringerer Makulaturanfall, geringere Andruckzeiten und einfachere Wischwassersystemreinigung gegenüberstehen.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren zu erwartende VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **209 t/a**, dies entspricht 25% der Gesamtemission aus dem Isopropanoleinsatz in kleinformatigen Maschinen (838 t/a, Maschinenkonstellation 122 unter anteiliger Berücksichtigung der Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird die Annahme getroffen, dass im kleinformatigen Bogenoffsetdruck in den nächsten 10 Jahren 50% der Maschinen ausgetauscht werden. Die ersetzten Maschinen werden derzeit zu etwa 50% mit VOC-relevanten Feuchtwerken betrieben, so dass eine Umstellung dieser Maschinen nur zu 50% VOC-mindernd ist (die übrigen 50% arbeiten mit IPA-freien Plüschwalzen- oder Spezialfeuchtwerken).

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben der VOC-Reduzierung sind mit der Maßnahme Effizienzsteigerungen bei der Papiernutzung zu erreichen, da geringere Makulaturmengen anfallen.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist sehr gut erschließbar, wenn eine ausreichende Information über die Vorteile der IPA-freien Feuchtwerke erfolgt. Für einen Teil der Maschi-

nen ist davon auszugehen, dass eine Umstellung auf IPA-freie Feuchtwerke beim Anlagenaustausch automatisch erfolgt.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg GTO - 2 Farben, 1-Schicht-Betrieb) sind mit der Maßnahme die folgenden einmaligen Umstellungsinvestitionen in neue Feuchtwerke und jährliche Einsparungen verbunden:

Zwei IPA-frei arbeitende Feuchtwerke (je 10.500 DM)	21.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten für zwei Feuchtwerke (AfA 3 Jahre)		+ 7.000 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung	89 l/a	
IPA-Einkaufspreis	1,20 DM/l	
Jährliche Kosteneinsparung durch IPA-Vermeidung		- 107 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)** **26.614 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 25% der Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird. An der Modellmaschine wird durch die Maßnahme eine VOC-Reduktion von 0,07 t/a erreicht.

7.4.7 Maßnahmen-Nr.: 122-8 IPA-Reduzierung

Kurz-Beschreibung

Reduzierung des Isopropanolgehaltes im Wischwasser ohne Hilfsmittel um durchschnittlich 4%

Minderungswirkung

Die Reduzierung des IPA-Gehaltes im Wischwasser verringert die VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt werden soll, ist eine drucktechnische Feinanpassung notwendig. Dies erfordert insbesondere eine genaue Einstellung der Walzen zueinander sowie eine hohe Sauberkeit des Wischwassersystems. Bei der Minderung des IPA-Gehaltes steigen die Anforderungen an die Mitarbeiter. Es können Anpassungsprobleme auftreten, da mit einer Reduzierung des IPA-Gehaltes die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte erhöht wird, was eine geringe Zunahme der Tonwerte bewirken kann. Dies kommt vor allem dann zum Tragen, wenn an der betreffenden Maschinen keine genaue IPA-Messung erfolgt und daher nicht festgestellt werden kann, wenn die Dosiereinrichtung nicht exakt funktioniert (z.B. aufgrund von Verschmutzungen). Teilweise ist eine Reduzierung nicht ohne technische Modifikationen (Walzenkühlung, andere Walzenbezüge bzw. Walzenoberflächen) oder den Einsatz veränderter Wischwasserzusätze möglich.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren zu erwartende VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **93 t/a**, dies entspricht 11% der Gesamtemission aus dem Isopropanoleinsatz in kleinformatigen Maschinen (838 t/a, Maschinenkonstellation 122 unter anteiliger Berücksichtigung der Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei kleinformatigen Maschinen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 18% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes). Die Reduzierung des IPA-Gehaltes um 4% hat demnach eine VOC-Reduktion von 4/18 entsprechend 22% zur Folge. Da derzeit bereits 50% der Feuchtwerte im kleinformatigen Offsetdruck IPA-frei betrieben werden, liegt das VOC-Reduzierungspotential der Maßnahme bei 11%.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben der VOC-Reduzierung sind mit der Maßnahme keine weiteren Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar, wenn eine gezielte Information der Drucker darüber erfolgt, dass IPA-Reduzierungen bei einer richtigen Maschineneinstellung ohne Qualitätsverlust erreichbar sind und die durch Spindeln gemessenen IPA-Gehalte häufig zu niedrige Werte vortäuschen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg GTO - 2 Farben, 1-Schicht-Betrieb) sind zur Durchführung der Maßnahme keine Hilfsmittel notwendig, so dass keine zusätzlichen Kosten entstehen. Eine richtige Maschineneinstellung sollte im Rahmen einer regelmäßigen Wartung zur Gewährleistung eines guten Produktionsergebnisses ohnehin erfolgen. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 89 l/a ausgegangen.

Die Maßnahme ist mit folgenden Einsparungen verbunden:

Jährliche IPA-Einsparung (20 l/a à 1,20 DM/l) - 24 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 1.200 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 50% der Kleinformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird (übrige Maschinen arbeiten bereits VOC-frei mit Plüschwalzen- oder Spezialfeuchtwerken) und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,01 t/a erreicht wird.

7.4.8 Maßnahmen-Nr.: 122-9 IPA-Messung (diskontinuierlich) und automatische IPA-Dosierung

Kurz-Beschreibung

Einbau eines schwimmergesteuerten Dosiergerätes zur automatischen Regelung des Isopropanol-gehaltes, Reduzierung des IPA-Gehaltes im Wischwasser um 3% durch IPA-Bestimmung durch zeitweisen (diskontinuierlichen) Einsatz genauer Messtechnik. Festlegung eines anlagenspezifischen Korrekturwertes für die Einstellung der IPA-Dosieranlage

Minderungswirkung

Der Einbau einer automatischen Dosieranlage ist die Voraussetzung für die weiteren angeführten Maßnahmen. Eine automatische Dosierung kann entweder durch Proportionaldosierpumpen oder durch ein Dichteschwimmer-geregeltes Ventil erfolgen. Die Dichteschwimmerregelung führt zu genaueren Dosierungen als die proportionale Dosierung, da sie die Isopropanolmenge an schwankende Prozessbedingungen anpasst. Die diskontinuierliche Messung des IPA-Gehaltes im Wischwasser vermeidet einen Teil der VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen durch einen minimal eingestellten IPA-Gehalt. Die diskontinuierliche Messung wird in der Regel kostenlos durch Lieferanten von Feuchtmittelzusatzstoffen durchgeführt (gaschromatographische Labormessung).

Die Bestimmung des IPA-Gehaltes erfolgt bei einer Labormessung unabhängig von den bei der Dichtemessung mittels Spindel üblichen Einflussfaktoren wie Temperatur, Feuchtmittelzusätze, Wasserhärte und Verschmutzungen des Wischwassers. Das Messergebnis ermöglicht daher die Anpassung der Dichteschwimmer-Einstellung auf die jeweilige Wasserhärte und den eingesetzten Wischwasserzusatz.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt werden soll, ist wie bei Maßnahme 122-8 eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung, Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Wenn minimale IPA-Gehalte eingestellt sind, besteht eine erhöhte Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und einer Zunahme der Tonwerte. Teilweise ist eine Reduzierung nicht ohne technische Modifikationen (Walzenkühlung, andere Walzenbezüge/Walzenoberflächen) oder den Einsatz veränderter Wischwasserzusätze möglich. Wird eine zentrale Isopropanol-Dosieranlage für mehrere Maschinen installiert, kann keine auftragsspezifische Anpassung des IPA-Gehaltes erfolgen, was die Einstellung suboptimaler IPA-Gehalte zur Erhöhung der Prozesssicherheit zur Folge haben kann.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **93 t/a**, dies entspricht 11% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in kleinformatischen Maschinen (838 t/a, Maschinenkonstellation 122 unter anteiliger Berücksichtigung der Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei kleinformatischen Maschinen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 18% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes), der ohne Hilfsmittel um 4% und mit einer diskontinuierlichen genauen Messung und Dosierung um weitere 4% auf 10% reduziert werden kann. Die durch die Maßnahme realisierbare Reduzierung des IPA-Gehaltes um 4% hat demnach eine VOC-Reduktion von 4/18 entsprechend 22% zur Folge. Da derzeit bereits 50% der Feuchtwerte im kleinformatischen Offsetdruck IPA-frei betrieben werden, liegt das VOC-Reduzierungspotential der Maßnahme bei 11%.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist sehr schwer erschließbar, da der Einbau einer Isopropanoldosierung mit einem hohen Investitionshemmnis verbunden ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg GTO - 2 Farben, 1-Schicht-Betrieb) sind die folgenden einmaligen Umstellungsinvestitionen in ein Dosiersystem notwendig. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 89 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 11% vermindert werden kann.

Die Maßnahme ist mit folgenden Kosten und Einsparungen verbunden:

Eine automatisches Isopropanol-Dosiergerät	8.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten für ein Handmessgerät (AfA 7 Jahre)		+ 1.143 DM/a
Sechs gaschromatographische IPA-Messungen durch Feuchtmittel-Lieferanten pro Jahr	0 DM/a	
Jährliche IPA-Einsparung (20 l/a à 1,20 DM/l)		- 24 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 56.000 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 50% der kleinformatischen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,01 t/a erreicht wird.

7.4.9 Maßnahmen-Nr.: 122-10a Ersatzstoffe

Kurz-Beschreibung

Einsatz von IPA-reduzierenden Ersatzstoffen im Wischwasser

Minderungswirkung

Der Einsatz von speziellen Wischwasserzusätzen erlaubt bei gleichem Druckergebnis eine weitere Reduzierung des IPA-Gehaltes um ca. 4% und führt somit zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wisch-wassersystem.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen mit Ersatzstoffen auf ein Minimum eingestellt werden soll, ist wie bei Maßnahme 122-9 eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung, Sauberkeit des Wischwassersystems). Dies stellt gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter. Die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und einer Zunahme der Tonwerte nimmt zu.

Der Einsatz von zusätzlichen Arbeitsstoffen, deren öko- und humantoxische Wirkungen noch relativ unerforscht sind, kann bei den Mitarbeitern die Umstellungsbereitschaft mindern (teilweise sind Hautreizungen bekannt geworden).

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **93 t/a**, dies entspricht 11% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in kleinformatigen Maschinen (838 t/a, Maschinenkonstellation 122 unter anteiliger Berücksichtigung der Maschinenkonstellation 120).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei kleinformatigen Maschinen derzeit mit einem gas-chromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 18% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes), der ohne Hilfsmittel um 4% und mit einer diskontinuierlichen genauen Messung um weitere 4% auf 10% reduziert werden kann. Durch den Einsatz von IPA-reduzierenden Ersatzstoffen wird eine Reduzierung um weitere 4% angenommen. Die mit der Umsetzung der Maßnahme verbundene VOC-Reduktion beträgt somit 4/18 entsprechend 22%. Da die Maßnahme lediglich an 50% der kleinformatigen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird, ist die Maßnahme an der Modellmaschine mit einer VOC-Reduktion von 0,01 t/a verbunden.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist schwer erschließbar, da gerade die kleinformatischen Bogendruckmaschinen in einer sehr großen Zahl von kleinen und kleinsten Betrieben installiert sind. Diese Betriebe sind vielfach nicht in den Branchenverbänden organisiert.

Aus diesem Grund sind die betroffenen Druckereien, für die eine Einzelberatung erforderlich wäre, mit sinnvollem Aufwand nur schwer zu erreichen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg GTO - 2 Farben, 1-Schicht-Betrieb) sind die folgenden jährlichen Umstellungskosten notwendig. Dabei wird davon ausgegangen, dass der IPA-reduzierende Wischwasserzusatz um einen Prozentpunkt höher dosiert wird als der bisher verwendete Wischwasserzusatz.

Jährliche Mehrkosten bei 1% höherer Ersatzstoffdosierung (9 l/a à 10 DM/l)	+ 90 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (20 l/a à 1,20 DM/l)	- 24 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**

3.300 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 50% der kleinformatischen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,01 t/a erreicht wird.

7.4.10 Maßnahmen-Nr.: 122-10b Hydrophile Spezialwalzen

Kurz-Beschreibung

Einbau von besser benetzbaren Feuchtwassersystemwalzen (Keramik oder hydrophile Gummiwalzen)

Minderungswirkung

Alternativ oder ergänzend zum Einsatz von Isopropanol-Ersatzstoffen kann der Einsatz von Feuchtwalzen mit besonders hydrophilen Oberflächen erfolgen. Es können Oberflächen aus Keramik oder Spezialgummi verwendet werden. Die Maßnahme erlaubt ebenso wie Maßnahme 122-10a bei gleichem Druckergebnis eine Reduzierung des IPA-Gehaltes um ca. 4% und führt somit zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wischwassersystem.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen mit besonders hydrophilen Spezialwalzen auf ein Minimum eingestellt wird, ist wie bei Maßnahme 122-8, 122-9 und 122-10a eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung und Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und einer Zunahme der Tonwerte nimmt zu.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich entsprechend Maßnahme 122-10a auf **93 t/a**, dies entspricht 11% der Gesamtemission (838 t/a, Maschinenkonstellation 122 unter anteiliger Berücksichtigung der Maschinenkonstellation 120), wobei die unter Nr. 122-10a genannten Annahmen zugrunde gelegt werden: durch die Maßnahme wird der IPA-Gehalt im Feuchtwasser in Ergänzung zu den Maßnahmen 122-8 und 122-9 um weitere 4% auf 6% reduziert, was einer VOC-Reduktion um 22% entspricht.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist sehr schwer erschließbar, da sehr viele gering organisierte Akteure einbezogen werden müssen, für die eine Einzelberatung erforderlich ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg GTO - 2 Farben, 1-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden jährlichen Kosten bei einer Nachrüstung mit Spezialwalzen. Da es sich nicht um die Investition in grundlegendes Produktionsanlagenzubehör handelt, wird von einer AfA von 3 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an:

Ein Gummi-Spezialwalzensatz (Tauch- und Auftragswalze)	1.300 DM/Einheit	
Jährliche Kosten der Nachrüstung von 2 Feuchtwerken (AfA 3 Jahre)		+ 867 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (20 l/a à 1,20 DM/l)		- 24 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **42.100 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 50% der kleinformatischen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,01 t/a erreicht wird.

7.4.11 Maßnahmen-Nr.: 122-10c Kombination von IPA-Ersatzstoffen und hydrophilen Spezialwalzen

Kurz-Beschreibung

Einsatz von IPA-Ersatzstoffen in Kombination mit dem Einbau von hydrophilen Feuchtwalzen aus Keramik oder Spezialgummi

Minderungswirkung

Der kombinierte Einsatz von Isopropanol-Ersatzstoffen und besser benetzbaren Feuchtwassersystemwalzen erlaubt bei gleichem Druckergebnis eine Reduzierung des IPA-Gehaltes um mindestens 4% und führt somit zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wischwassersystem. Die Kombination der Maßnahmen verbessert die Prozessbedingungen bei der Reduzierung des Isopropanolgehaltes.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt wird, ist wie bei Maßnahme 122-8, 122-9, 122-10a und 122-10b eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung und Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und einer Zunahme der Tonwerte nimmt zu.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich entsprechend Maßnahme 122-10a und 122-10b auf **93 t/a**, dies entspricht 11% der Gesamtemission (838 t/a, Maschinenkonstellation 122 unter anteiliger Berücksichtigung der Maschinenkonstellation 120). Dabei werden die unter Nr. 122-10a und 122-10b genannten Annahmen zugrunde gelegt:

Durch die Maßnahme wird der IPA-Gehalt im Feuchtwasser in Ergänzung zu den Maßnahmen 122-8 und 122-9 um weitere 4% auf 6% reduziert, was - ausgehend von einem derzeitigen IPA-Gehalt von 18% - einer VOC-Reduktion um $4/18 = 22\%$ entspricht.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist schwer erschließbar, da gerade die kleinformatischen Bogendruckmaschinen in einer sehr großen Zahl von kleinen und kleinsten Betrieben installiert sind. Darüberhinaus steht der breiten Umsetzung ein deutliches Investitionshemmnis entgegen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Heidelberg GTO - 2 Farben, 1-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden jährlichen Kosten bei einer kombinierten Anwendung von IPA-Ersatzstoffen sowie hydrophilen Feuchtwerkssystemwalzen:

Ein Gummi-Spezialwalzensatz (Tauch- und Auftragswalze)	1.300 DM/Einheit	
Jährliche Kosten der Nachrüstung von 2 Feuchtwerken (AfA 3 Jahre)		+ 867 DM/a
Jährliche Mehrkosten bei 1% höherer Ersatzstoffdosierung (9 l/a à 10 DM/l)		+ 90 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (20 l/a à 1,20 DM/l)		- 24 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **46.600 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 50% der kleinformatischen Maschinen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,01 t/a erreicht wird.

8. Heatset-Offsetdruck (Masch. Konst. 150)

8.1 Farbsystem

Heatsetfarben werden im *Akzidenz-Rollenoffsetdruck* eingesetzt. Sie trocknen überwiegend durch Ausdampfen der (hochsiedenden) Lösemittelkomponente des Bindemittels. Dazu wird die Papierbahn nach dem Bedrucken in einem Heizkanal auf 90° - 160°C aufgeheizt. Die Verweilzeit im Trockner beträgt ca. 0,7 - 1 sec. Dabei werden ca. 90% der Lösemittelkomponente ausgetrieben und einer thermischen oder katalytischen Nachverbrennung zugeführt. Als Lösemittelkomponente kommen Mineralöle mit einem Siedebereich von 240 - 300°C zur Anwendung. Die folgende Tabelle zeigt eine entsprechende Durchschnittsrezeptur.

Tabelle 11: Durchschnittliche Basisrezeptur für Heatset-Offsetdruckfarben

Bestandteil	Inhaltstoffe	Anteil (Gew.%)
Bindemittel		
- Lösemittelkomponente	Mineralöle (Siedebereich ca. 240° – 300°C)	20 - 30%
- Bindemittelkomponente	Harze, pflanzliche Öle	40 – 50%
Farbmittel	organische, anorganische Pigmente (überwiegend werden Skalafarben eingesetzt)	10 – 20%
Farb-Hilfsmittel	Sikkative und Trockenstoffe (Metallseifen), Oxidationsinhibitoren (z.B. Buthylhydroxytoluol, Hydrochinon), Anithautmittel (z.B. Cyclohexanonoxim), Komplexbildner (z.B. EDTA, Tartrate)	< 10%
Physik. Eigenschaften: Festkörpergehalt ca. 95%; unterer Heizwert > ca. 36 MJ/kg; Flammpunkt > 100°C		

[Ökopol GmbH / B.A.U.M, 1997]

8.2 Produkte & Bedruckstoffe

Auf Heatset-Maschinen werden überwiegend qualitativ höherwertige Akzidenzen produziert. Es handelt sich insbesondere um Kataloge (z.B. Reisekataloge etc.), Werbetrucksachen, Zeitschriften (fast alle Special-Interest-Zeitschriften) und Bücher (insbesondere Bildbände und dergleichen).

8.3 Betriebe & Maschinenpark

Das Druckverfahren wird bundesweit in ca. 160 zumeist etwas größeren (> 50 MA) Betrieben eingesetzt. Es sind ca. 320 Maschinen mit ca. 2.900 Druckwerken installiert [BVD, 1996]. Die Maschinen verfügen meist über mindestens vier Doppeldruckwerke, die einen beidseitigen Vierfarbdruck

auf der Papierbahn ermöglichen. Die Ausstattung mit automatischen (Gummituch)-Waschanlagen liegt bei ca. 80% (55% Tuchbahnen-, 30-35% Bürsten-, 10-15% Sprühsysteme).

Die folgende Aufstellung zeigt Einteilung, Abmessung und Marktanteile typischer Heatset-Rotationen.

Tabelle 12: Formatklassen, Bahnbreiten und Marktanteile von Heatset-Maschinen

Formatklasse [DIN A4 Seiten]	Bahnbreite [cm]	Anteil der Maschinen
8-Seiten-Maschinen (liegend)	67,3	20%
16-Seiten-Maschinen (stehend)	96,5	50%
24-Seiten-Maschinen (stehend)	145,0	5%
32-Seiten-Maschinen (liegend)	126,5	15%
64-Seiten-Maschinen (stehend)	180,0	10%

[BVD, 1996]

8.4 VOC-relevante Einsatzstoffe

Tabelle 13: VOC-relevante Einsatzstoffe im Heatset-Offsetdruck

Stoff	Dampfdruck [bei 20°C]	Spezif. Einsatzmenge [Gew.% der eingesetzten Farbe]	Einsatzzweck
hochsiedende Mineralöle	ca. 0,4 hPa	30,0 - 35,0%	Farblösemittel, welches im Heizkanal bei 180° - 250°C zu ca. 90% ausgetrieben wird
Isopropanol	43 hPa	19,6%	Verringerung der Wischwasser-Oberflächen- spannung, Kühlungseffekt durch Verdunstung, Algenverhinderung
Mineralöl- oder pflanzenölbasierte Reinigungsmittel mit unterschiedlichen Siedebereichen	Gesamt: A I: > 18 hPa A II: 3 - 10 hPa A III: 0,4 - 1,5 hPa HCA: 0,02 - 0,3 hPa VCA: < 0,1 hPa	5,6% 12,9% 36,3% 39,2% 9,7% 1,9%	Reinigung der farbführenden Maschinenteile während und nach dem Druck, Reinigung weiterer Maschinenteile

[ÖKOPOL 1999]

8.5 Genehmigungspflichten

Heatset-Offsetanlagen sind nach der 4. BlmschV (Ziff. 5.2) genehmigungsbedürftig, wenn mehr als 25 kg/h Lösemittel über die Farben eingesetzt werden.

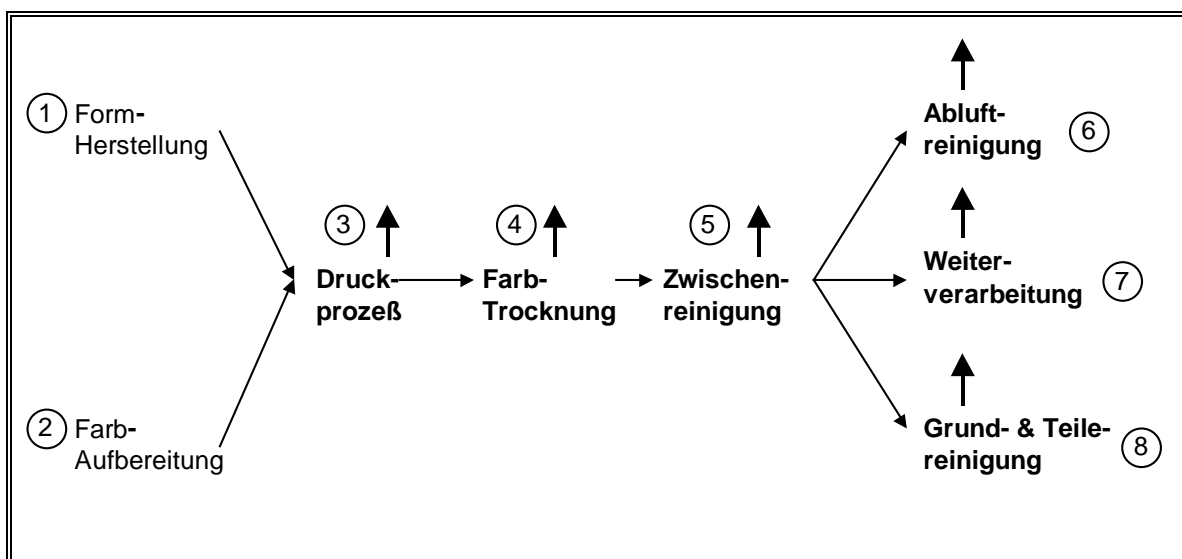
Die Mengenschwelle der EG VOC-RL liegt für den Heatset-Druck bei 15 t/a Lösemittelleinsatz. Auf Basis der in Tabelle 13 aufgeführten spezifischen Einsatzmengen an VOC-relevanten Hilfsstoffen wird diese Mengenschwelle bei einem jährlichen Farbverbrauch von ca. 27,5 t/a erreicht.

Da bereits die kleinsten Heatsetmaschinen (MAN-Octoman) mit einer Druckfläche von 0,66 x 0,45 m bei 4 Doppeldruckwerken ca. 20 kg/h verdrucken¹⁶ erreichen sie bereits bei ca. 1.350 Std/a, d.h. im Einschichtbetrieb, diese Mengenschwelle.

8.6 Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz

8.6.1 Emissionsquellen

Abbildung 9: VOC-Emissionsquellen im Heatset-Offsetdruck



[ÖKOPOL, 1999]

1. Form-Herstellung:
Bei der Herstellung der Druckform (Aluminiumplatte oder Kunststoffolie) werden keine VOC-relevanten Stoffe eingesetzt.
2. Farb-Aufbereitung:
Die Bereitstellung der Farbe für den Druckprozess ist nicht mit VOC-Emissionen verbunden, da ausschließlich Farben auf der Basis schwer flüchtiger Mineralöle verarbeitet werden.
3. Druckprozess:
Während des Drucks verdunstet ein Teil der VOC-relevanten Wischwasserzusätze (in der Regel Isopropanol). Die Höhe dieser Emissionen ist vor allem von der Höhe der Isopropanolkonzentration in den Wischwassersystemen abhängig. Ein Teil dieser Emissionen wird mit der Papierbahn dem Heizkanal und damit der thermischen Nachverbrennung zugeführt. Der spezifische

¹⁶ Pers com. Herr Endisch, MAN-Roland in Augsburg, Juli 1999

Isopropanoleinsatz beträgt ca. 19,6%. Nur ca. 20% dieser Menge werden auf die Papierbahn übertragen, lediglich ca. 10% gelangen in den Heißlufttrockner und damit in die Abluftreinigungsanlage.

4. Farb-Trocknung:

Die bei der Farb-Trocknung im Heizkanal ausgetriebenen Mineralöle (27-30% der Farbe) werden nahezu vollständig der Abluftreinigung zugeführt.

5. Zwischenreinigung:

Der Druckvorgang muss teilweise für Zwischenreinigungen unterbrochen werden, um eine gleichmäßige Produktqualität sicherzustellen. In diesen Fällen werden die Gummitücher von Farbaufbau und Papieranhaftungen gereinigt. Da die Heatsetanlagen überwiegend im Vierfarbdruck produzieren, sind Umwaschvorgänge zwischen einzelnen Aufträgen relativ selten. Die Höhe der VOC-Emissionen ist abhängig vom Dampfdruck des verwendeten Reinigungsmittels, von der Reinigungstechnik (automatische Waschanlagen oder Handreinigung) sowie von der Handhabungspraxis. Etwa 90% der im Heatsetdruck eingesetzten Reinigungsmittel sind derzeit VOC-relevant.

Automatische Waschanlagen sind derzeit bei etwa 80% der Maschinen installiert. Von den verwendeten Reinigungsmitteln werden etwa 70% zur Zwischenreinigung eingesetzt, dies entspricht einer spezifischen Menge von 3,9%. Die Zahl der Zwischenreinigungen ist abhängig von der geforderten Druckqualität sowie vom Papier und der Farbe. Ist zwischen zwei Druckaufträgen ein Farbwechsel erforderlich, sind alle farbführenden Teile (Farbwalzen, Gummitücher und Farbkästen) zu reinigen.

Eine gründliche Reinigung aller farbführenden Teile erfolgt auch am Produktionsende, da die Bogenoffsetfarben sonst bei Luftkontakt antrocknen. Die Antrocknung kann durch den Einsatz von „kastenfrischen“ Farben oder durch Antioxidationsmitteln („Antihautmittel“) vermindert werden, die nach Produktionsende in den Farbkästen gesprüht werden. Antioxidationsmittel enthalten VOC-relevante Kohlenwasserstoffe (A II), die bei der Anwendung verdunsten.

6. Abluftreinigung:

Praktisch alle Heatsetanlagen sind mit einer Abluftreinigungsanlage ausgestattet. In dieser werden die im Heizkanal ausgetriebenen VOC aus der Farbe sowie die teilweise mit abgesaugten IPA-Emissionen aus dem Wischwasser durch eine thermische oder katalytische Nachverbrennung zu 99% zerstört.

7. Weiterverarbeitung:

Bei der Weiterverarbeitung entstehen keine VOC-Emissionen, da überwiegend Lacke auf Basis hochsiedender Kohlenwasserstoffe oder Dispersionslacke eingesetzt werden.

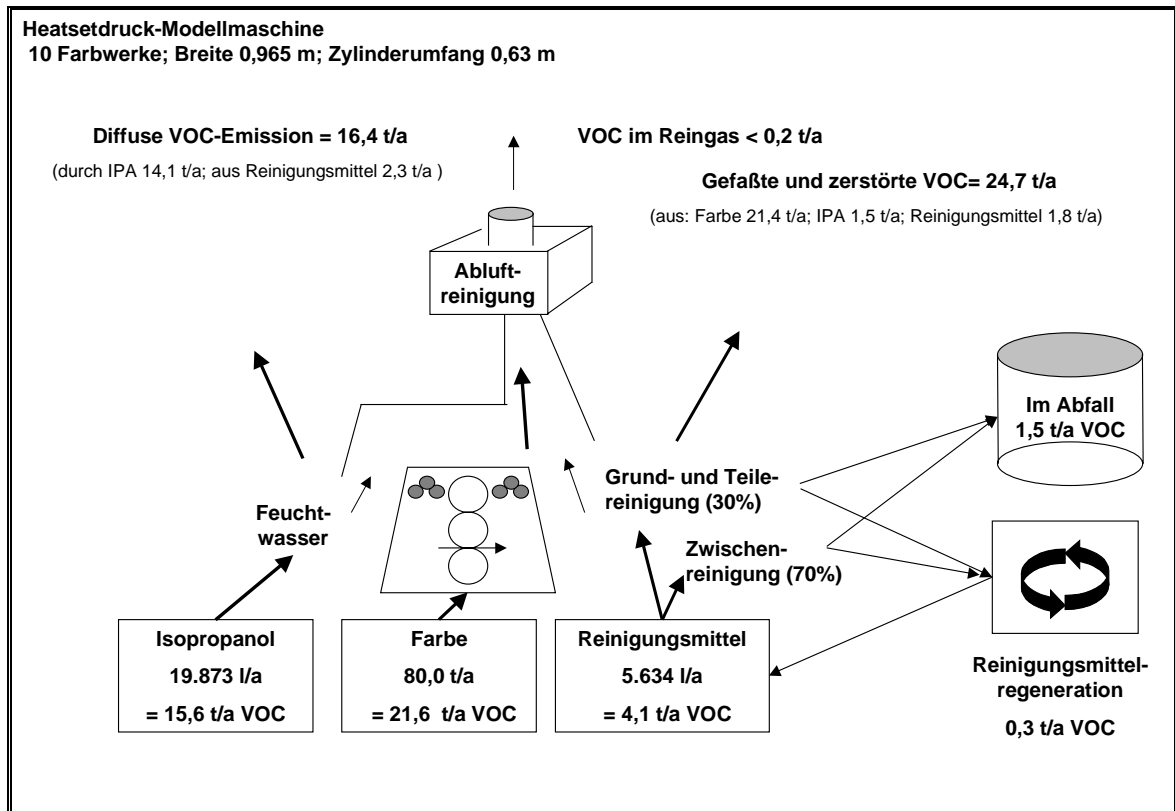
8. Grund- & Teilereinigung:

Nach Produktionsende werden die farbführenden Teile der Maschinen gereinigt. Die Höhe der VOC-Emissionen ist abhängig vom Dampfdruck des verwendeten Reinigungsmittels. Die Reinigung weiterer Maschinenteile erfolgt meist im Rahmen einer Grundreinigung zum Ende der Woche oder in größeren periodischen Abständen. Zur Grund- und Teilereinigung werden etwa 30% der eingesetzten Reinigungsmittel, dies entspricht einer spezifischen Menge von 1,7% der verdruckten Farbe, verwendet. Die Häufigkeit derartiger Reinigungsvorgänge ist abhängig von der "Instandhaltungs-Philosophie" der Unternehmen.

8.6.2 Emissionsbilanz

Für eine typische Modellmaschine ergibt sich auf Basis der im Projektrahmen durchgeführten Datenerhebung das folgende Einsatz- und Emissionsschaubild.

Abbildung 10: VOC-Jahresbilanz einer Heatsetdruckmaschine



[Ökopol 1999]

8.7 Minderungsmaßnahmen

8.7.1 Maßnahmen-Nr.: 150-1 Hochsiedereinsatz

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf hochsiedende Reinigungsmittel

Minderungswirkung

Durch den Einsatz von Reinigungsmitteln mit einem niedrigen Dampfdruck werden die VOC-Emissionen aus den durchweg umweltoffenen Reinigungsarbeiten deutlich vermindert.

Es sind verschiedenen Alternativen „hochsiedender Reinigungsmittel“ verfügbar:

- Reinigungsmittel auf Basis von Pflanzenölestern mit einem Flammpunkt deutlich $> 100^{\circ}\text{C}$ („VCA“)
- Reinigungsmittel auf Mineralölbasis, die nach VbF nicht kennzeichnungspflichtig sind, da ihr Flammpunkt $> 100^{\circ}\text{C}$ liegt („HCA“)
- Reinigungsmittel auf Mineralölbasis, die nach VbF der Klasse A III zuzuordnen sind aber einen Flammpunkt von $> 85^{\circ}\text{C}$ haben (hochsiedende A III-Mittel).

Sowohl bei HCA als auch bei hochsiedenden A III-Reinigern sind auch Mittel im Angebot, die zur Steigerung der Waschkraft ebenfalls relevante Anteile von Pflanzenölestern enthalten.

Aus Sicht der Emissionsminderung sind weniger die Flammpunkte, als vielmehr die Dampfdrücke der verschiedenen eingesetzten Reinigungsmittel von Interesse:

- Der Dampfdruck von VCA liegt deutlich unter 0,1 hPa. Diese Mittel sind somit keine VOC im Sinne der EG VOC-RL. Der Einsatz von VCA führt daher zu einer vollständigen Vermeidung der (diffusen) VOC-Emissionen aus Reinigungsprozessen
- Der Dampfdruck HCA liegt in der Regel zwischen 0,02 - 0,3 hPa. Das heißt nur bei einem kleinen Teil der Mittel handelt es sich um VOC im Sinne der EG VOC-RL
- Hochsiedende A III-Reiniger haben einen Dampfdruck von 0,1 – 1 hPa, es handelt sich somit um VOC im Sinne der EG VOC-RL.

Trotz der unterschiedlichen Dampfdrücke und der damit verbundenen Einstufung als VOC oder Nicht-VOC führt der Einsatz der benannten Reiniger durchgehend zu einer deutlichen Verminde-

rung der VOC-Emissionen gegenüber der derzeitigen Situation, in der überwiegend niedrigsiedende A III-Mittel und A II-Mittel zum Einsatz kommen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist insbesondere die andersartige Handhabung zu benennen, die Verhaltensänderungen und somit eine Umstellungsbereitschaft beim Personal erfordert. Die Mittel sind teurer aber auch ergiebiger als Niedrigsieder, da sie eine höhere Reinigungskraft besitzen, nicht verdunsten und bis zu 50% mit Wasser gemischt eingesetzt werden können.

Die andersartige Handhabung ist durch die geringe Flüchtigkeit der Mittel begründet. Zum einen bedeutet dies, dass ein etwas erhöhter Zeitaufwand zur Reinigung erforderlich ist (längere Einwirkzeit und zusätzliches Nachwaschen mit Wasser notwendig), zum anderen ist bei der Handreinigung eine größere Sorgfalt notwendig, da versehentlich in die Maschine gelangende Tropfen zu Korrosion, Beschädigung der Druckplatte und Störungen des Farb-Wasser-Gleichgewichtes führen können.

Bei unsachgemäßer Anwendung (Tropfverluste) besteht beim Einsatz von Hochsiedern erhöhte Rutschgefahr an der Maschine, der jedoch durch Sorgfalt und Maßnahmen begegnet werden kann.

Technische Probleme gibt es teilweise beim Einsatz in automatischen Waschanlagen älteren Baujahres (vor 1996). Diese Anlagen müssen zum Teil an die „neuen“ Mittel angepasst werden. Typische Anpassungen bestehen bezüglich: kleinerer Dosiermengen (wg. der erhöhten Waschkraft), anderer Sprühöffnungen (wg. der erhöhten Viskositäten) und anderer Kunststoffe oder Gummidichtungen (wg. der Materialverträglichkeit insbes. zu den vegetabilen Reinigern).

Bei automatischen Waschanlagen mit Baujahr vor 1996 ist der Einsatz von Hochsiedern aus diesen Gründen teilweise nur mit unverhältnismäßig hohen Nachrüstungskosten möglich, da z.B. die Dosiermenge an der Waschanlage aufgrund zu großer Leitungsquerschnitte nicht genügend minimiert werden kann oder an der Steuerung keine ausreichende Nachwäsche mit Wasser einstellbar ist.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **1.088 t/a**, dies entspricht 94% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmittel-Einsatz in Heatsetanlagen (1.153 t/a, Maschinenkonstellation 150).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der Niedrigsiederanteil liegt in dieser Maschinenkonstellation derzeit bei ca. 90%. Bei einer grösstmöglichen Umstellung auf Hochsieder wird davon ausgegangen, dass ein Anteil von etwa 5% Niedrigsiedern für besondere Anwendungen bei der Heatsetmaschinenreinigung verbleibt. Eine

derartige Umstellung auf Hochsieder ist innerhalb der nächsten 10 Jahre bei 100% der Betriebe durchführbar.

Bei einer Umstellung auf hochsiedende Reinigungsmittel sinkt die jährliche eingesetzte Reinigungsmittelmenge um 40%, da der Einsatz von Hochsiedern ergiebiger ist (Minderung bezogen auf die derzeitig verwendeten Reinigungsmittelarten; 50% Verbrauchsminderung bei Umstellung von A I - oder A II - Mittel auf Hochsieder, 25% Verbrauchsminderung bei Umstellung von A III - Mittel auf Hochsieder).

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion in untergeordnetem Maße zu einer Belastung auf der Abfall- oder Abwasserseite. Beim Einsatz von Hochsiedern in automatischen Waschanlagen fallen im Vergleich zum Einsatz von niedrigsiedenden Reinigungsmitteln aufgrund des erforderlichen Nachwaschens mit Wasser erhöhte Abfallmengen an, die entsorgt oder aufbereitet werden müssen. Die Aufbereitung der Lösemittel-Wasser-Abfälle kann mittels einer haus-internen oder einer Lohn-Filtration erfolgen, wobei die Reinigungsmittel zurückgewonnen und wiederverwendet werden können. Das verbleibende Abwasser kann in der Regel in die Kanalisation abgeleitet werden; die geringen Restschlammengen müssen als Abfall entsorgt werden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich gut erschließbar. Allerdings ist dies von einer offensiven Vermarktung der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile der hochsiedenden Reinigungsmittel abhängig, die durch die Zulieferer mit einer praxisgerechten Einführung, Hilfestellung bei einer Waschanlagenumstellung und bei ggf. auftretenden Problemen verbunden sein muss.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Rotoman - 10 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird für die Modellmaschine von einem jährlichen Verbrauch von ca. 5.634 Litern Reinigungsmittel respektive 4,1 Tonnen VOC ausgegangen. Daraus resultieren VOC-Emissionen von 2,3 Tonnen pro Jahr. Nach der Umstellung auf Hochsieder sinkt an der Modellmaschine der jährliche Reinigungsmiteleinsatz um 40% auf 3.339 Liter (bei 5% bzw. 167 Litern Niedersieder A I, A II oder A III). Die VOC-Emissionen werden um 94% auf ca. 0,13 Tonnen gesenkt.

Jährlicher Minderverbrauch Niedrigsieder	4.915 l/a	
Kosten je Liter Niedrigsieder (Durchschnitt A I, A II, A III)	3,00 DM/l	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch Niedrigsieder		- 14.745 DM/a
Jährlicher Mehrverbrauch Hochsieder	2.620 l/a	
Kosten je Liter Hochsieder	6,00 DM/l	
Jährliche Mehrkosten durch Mehrverbrauch Hochsieder		+ 15.720 DM/a
Jährliche Mehrkosten durch Umstellung		+ 975 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 449 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der Heatsetanlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 2,17 t/a einhergeht.

8.7.2 Maßnahmen-Nr.: 150-2 Verbesserte Handhabung

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit lösemittelhaltigen Hilfsmitteln

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschlußzustandes von Lösemittel- und Putztuchbehältern können VOC-Emissionen vermieden werden. Der sparsame Umgang mit Reinigungsmitteln bei der händischen Maschinenreinigung führt zur Verbrauchsminderung, da Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert auch mangelnde Bereitschaft der Belegschaft die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **231 t/a**, dies entspricht 20% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Heatsetanlagen (1.153 t/a, Maschinenkonstellation 150).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme von 100% der Betriebe umgesetzt wird und mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 20% verbunden ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist nicht mit weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn Unterweisungen der Mitarbeiter durchgeführt werden.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Rotoman - 10 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 15 Personen	400 DM	
Anteilige Instruktorkosten für 10 Drucker	267 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 10 Drucker je 4 Stunden	4.000 DM	
Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre		+ 1.422 DM/a
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit	3,00 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (15%)	845 l/a	
Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang		- 2.535 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 2.420 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der Heatsetanlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,46 t/a einhergeht.

8.7.3 Maßnahmen-Nr.: 150-3 Waschanlagen für Gummituchzylinder

Kurz-Beschreibung

Einbau automatischer Waschanlagen für Gummituchzylinder

Minderungswirkung

Durch die Automatisierung der Reinigungsprozesse am Gummituch ist eine effizientere Reinigung möglich, so dass der Reinigungsmittel-Verbrauch verringert wird und entsprechend geringere VOC-Emissionen entstehen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist insbesondere der hohe Investitionskostenbedarf bei der Nachrüstung von Altanlagen zu benennen. Ein weiterer Nachteil sind die ggf. erhöhten Abfallmengen (flüssige Lösemittel-Rückstände oder mit Lösemitteln verunreinigte Tuchbahnen). Als Vorteil ist zu sehen, dass die Hilfszeiten zur Maschinenreinigung deutlich verringert werden können.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **16 t/a**, dies entspricht 1% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Heatsetanlagen (1.153 t/a, Maschinenkonstellation 150).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass automatische Waschanlagen derzeit bereits an 80% der Heatsetanlagen installiert sind und der Ausstattungsgrad in den kommenden 10 Jahren auf 90% steigt. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 20% gegenüber der händischen Reinigung verbunden ist. Für die Zwischenreinigung wird ein Anteil von 70% der Gesamteinsatzmenge aller Reinigungsmittel angenommen, so dass die Emissionsminderung der Maßnahme nur bei diesem Anteil wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion zu einem erhöhten Stromverbrauch und in untergeordnetem Maße zu einer Verlagerung der Abfallmengen: Anstelle von Putzlappen, die mit Reinigungsmittel und Farbresten beladen sind, fallen verstärkt flüssige Abfälle oder (systembedingt) verunreinigte Tuchbahnen als neue Abfallfraktionen an. Beim Einsatz von niedrigsiedenden Reinigungsmitteln mit einem Flammpunkt bis 55°C können anfallende Lösemittel-Wasser-Gemische durch Destillation aufbereitet werden; beim Einsatz von Reinigungsmitteln mit einem Flammpunkt

von mehr als 55°C bietet sich alternativ die Möglichkeit einer Aufbereitung der anfallenden Löse-
mittel-Wasser-Gemische mittels Filtration.

Insgesamt sind die weiteren Umweltwirkungen als relativ geringfügig einzustufen.

Erschließbarkeit

Es ist zu erwarten, dass es zur Umsetzung des angeführten Minderungspotentials der Maßnahme
keiner besonderen Zusatzaktivitäten bedarf, da in der Branche ein automatischer Trend zum Einbau
von Waschanlagen – insbesondere beim Kauf neuer Druckmaschinen - zu verzeichnen ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Rotoman - 10 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die
folgenden Umstellungskosten:

Nachrüstungskosten von zehn Gummituchwaschanlagen	41.250 DM	
Jährliche Nachrüstungskosten bei AfA 7 Jahre		+ 5.893 DM/a
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit	3,00 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch gegenüber Handreinigung	789 l/a	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch		- 2.367 DM

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von
(+) 188.533 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an
10% der Heatsetanlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion
von 0,03 t/a verbunden ist.

8.7.4 Maßnahmen-Nr.: 150-4 Umstellung auf wasserlosen Offsetdruck

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf wasserlosen Offsetdruck

Minderungswirkung

Die Umstellung auf das wasserlose Offsetdruckverfahren vermeidet vollständig die VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen. Dies betrifft vorrangig die IPA-Emissionen aus dem Wischwasser, untergeordnet aber auch die VOC-Emissionen aus Mitteln zur Reinigung der Feuchtwalzen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsprobleme sind insbesondere der Investitionskostenbedarf und die erhöhten Betriebskosten durch höhere Druckplattenkosten sowie eine monopolartige Anbieterstruktur dieser Technologie zu benennen.

Bei der Umstellung ist eine Investition in eine gesonderte Druckplattenentwicklungsmaschine notwendig. Durch die dann ggf. zweigleisige Vorlagenproduktion entsteht beim parallelen Betrieb von wasserlosen und wasserhaltigen Druckanlagen ein zusätzlicher Produktionsplanungsaufwand. Der andersartige Druckplattenaufbau führt zu einer geänderten Art der Nachkorrekturmöglichkeiten der Platten. Dies erfordert die Unterweisung der Mitarbeiter und eine entsprechende Umstellungsbereitschaft.

Bei der im Heatsetdruck üblichen Auflagenhöhe erfordert der Wasserlosoffsetdruck eine Farbwerktemperierung in den Druckanlagen, da ansonsten keine Prozessstabilität gewährleistet ist.

Die benötigten Spezial-Druckplatten sind derzeit nur von einem Hersteller beziehbar. Dabei ist der Druckplattenpreis zur Zeit etwa 2-3-fach höher als bei konventionellen Platten. Viele Drucker befürchten bei einer Umstellung die Abhängigkeit von einem Monopolanbieter. In der Vergangenheit wurde bereits mehrfach die Markteinführung von Konkurrenzprodukten angekündigt. Aufgrund des derzeit geringen Marktvolumens sind die entsprechenden Hersteller jedoch wieder zurückgetreten. Als weiteres Problem wird von Praktikern die etwas geringere Auflagenfestigkeit der Druckplatten bei Auflagen größer ca. 100.000 Drucke angeführt.

Einschränkungen bei der Auswahl der im Heatsetdruck verarbeitbaren Bedruckstoffe bestehen beim Einsatz einer Temperierung nicht. Als positiver Effekt ist anzuführen, dass mit dieser Drucktechnik eine höhere Farbbrillanz, d.h. bei bestimmten Druckmotiven eine höhere Druckqualität, erreichbar

ist. Da keine Optimierung des Farb-Wasser-Verhältnisses eingestellt werden muss, fällt außerdem weniger Makulatur an. Dieser Vorteil führt insbesondere beim Einsatz von nicht-saugenden und teuren Bedruckstoffen zu relevanten Kostenersparnissen.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **361 t/a**, dies entspricht 5% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in Heatsetanlagen (7.221 t/a, Maschinenkonstellation 150).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der Marktanteil des Wasserlosoffsetdruckverfahrens liegt derzeit im Heatsetdruck kleiner 1%, da in Deutschland bislang lediglich eine Maschine auf das Verfahren umgestellt wurde. Der Marktanteil in 10 Jahren wird mit ca. 5% angenommen. Die Maßnahme wird demnach einen zusätzlichen Marktanteil von etwa 5% erhalten und bei allen nicht-wasserlos druckenden Maschinen (>99%) VOC-wirksam umgesetzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die in diesem Zeitraum „umgestellten“ Maschinen derzeit mit IPA-Filmfeuchtwerken arbeiten (spezielle IPA-freie arbeitende Feuchtwerke werden im Heatsetdruck derzeit nicht eingesetzt).

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion in untergeordnetem Maße zu einer Entlastung auf der Abwasserseite, da keine verworfenen Wischwassersysteme aus der Grundreinigung der Maschinen mehr anfallen. Auf der anderen Seite steht ein etwas erhöhter Energieverbrauch durch den zusätzlichen Temperierungsbedarf.

Insgesamt sind die weiteren Umweltwirkungen jedoch als geringfügig einzustufen.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar. Allerdings ist dies sehr stark von einer entsprechenden Marktentwicklung abhängig. Hier ist insbesondere die Verfügbarkeit eines zweiten Plattenlieferanten mit entsprechend verminderter Abhängigkeit für die Druckereien und vermutlich günstigeren Plattenpreisen durch den Wettbewerb zu benennen. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass eine Umstellung regelmäßig nur dann erfolgt, wenn ohnehin in neue Druckanlagen und die entsprechende Peripherie (Entwicklermaschinen) investiert wird.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Rotoman - 10 Farben, 2-Schicht-Betrieb) sind die folgenden einmaligen Umstellungsinvestitionen in eine Entwicklungsmaschine sowie Temperiereinheiten notwendig. Da es sich um Investitionen in grundlegende Produktionsanlagen handelt, wird von

einer AfA von 7 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 19.873 l/a und einem Druckplattenverbrauch von 10.000 Stck/a ausgegangen.

Eine spezielle Entwicklermaschine (Breite 850 mm)	43.000 DM	
Zehn Temperiereinheiten ohne IR-Steuerung (je 6.000 DM)	60.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten für Maschineninvestitionen (AfA 7 Jahre)		+ 14.714 DM
Preisunterschied Wasserlosplatte versus konv. Druckplatte	32,00 DM/Stck	
Jährliche Mehrkosten beim Verbrauch von 10.000 Druckplatten		+ 320.000 DM
IPA-Einkaufspreis	1,20 DM/l	
Jährliche IPA-Einsparung bei derzeitigem Verbrauch von 19.873 l/a		- 23.848 DM

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von (+) **21.892 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 5% der Heatsetanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,71 t/a erreicht wird.

8.7.5 Maßnahmen-Nr.: 150-5 IPA-Reduzierung

Kurz-Beschreibung

Reduzierung des Isopropanolgehaltes im Wischwasser ohne Hilfsmittel um durchschnittlich 2%

Minderungswirkung

Die Reduzierung des IPA-Gehaltes im Wischwasser verringert die VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt werden soll, ist eine drucktechnische Feinanpassung notwendig. Dies erfordert insbesondere eine genaue Einstellung der Walzen zueinander sowie eine hohe Sauberkeit des Wischwassersystems. Bei der Minderung des IPA-Gehaltes steigen die Anforderungen an die Mitarbeiter. Es können Anpassungsprobleme auftreten, da mit einer Reduzierung des IPA-Gehaltes die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte erhöht wird, was eine geringe Zunahme der Tonwerte bewirken kann. Dies kommt vor allem dann zum Tragen, wenn an der betreffenden Maschinen keine genaue IPA-Messung erfolgt und daher nicht festgestellt werden kann, wenn die Dosiereinrichtung nicht exakt funktioniert (z.B. aufgrund von Verschmutzungen). Teilweise ist eine Reduzierung nicht ohne technische Modifikationen (Walzenkühlung, andere Walzenbezüge bzw. Walzenoberflächen) oder den Einsatz veränderter Wischwasserzusätze möglich.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren zu erwartende VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **1.204 t/a**, dies entspricht 17% der Gesamtemission aus dem Isopropanoleinsatz in Heatsetanlagen (7.221 t/a, Maschinenkonstellation 150).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei Heatsetanlagen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 12% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes). Die Reduzierung des IPA-Gehaltes um 2% hat demnach eine VOC-Reduktion von 2/12 entsprechend 17% zur Folge.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn eine gezielte Information der Drucker darüber erfolgt, dass IPA-Reduzierungen bei einer richtigen Maschineneinstellung ohne Qualitätsverlust erreichbar sind und die durch Spindeln gemessenen IPA-Gehalte häufig zu niedrige Werte vortäuschen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Rotoman - 10 Farben, 2-Schicht-Betrieb) sind zur Durchführung der Maßnahme keine Hilfsmittel notwendig, so dass keine zusätzlichen Kosten entstehen. Eine richtige Maschineneinstellung sollte im Rahmen einer regelmäßigen Wartung zur Gewährleistung eines guten Produktionsergebnisses ohnehin erfolgen. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 19.873 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 17% vermindert werden kann.

Die Maßnahme ist mit folgenden Einsparungen verbunden:

Jährliche IPA-Einsparung (3.312 l/a à 1,20 DM/l)	- 3.975 DM/a
--	--------------

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-)**

1.691 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der Heatsetanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 2,35 t/a erreicht wird.

8.7.6 Maßnahmen-Nr.: 150-6a IPA-Messung und -Dosierung (diskontinuierlich)

Bestimmung und Reduzierung des IPA-Gehaltes im Wischwasser um 3% durch diskontinuierlichen Einsatz genauer Messtechnik und Festlegung einer anlagenspezifischen Korrektur für die Einstellung an IPA-Dosieranlagen mit Spindelmessung

Minderungswirkung

Die diskontinuierliche Messung des IPA-Gehaltes im Wischwasser vermeidet einen Teil der VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen durch einen optimal eingestellten minimalen IPA-Gehalt. Die diskontinuierliche Messung ist z.B. mit einem Infrarot-Handmessgerät möglich, das den Isopropanolgehalt in der Gasphase über der Flüssigkeit mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ misst.

Die Bestimmung des IPA-Gehaltes erfolgt bei den Handmessgeräten unabhängig von den bei einer Dichtemessung mittels Spindel üblichen Einflussfaktoren wie Feuchtmittelzusätze, Wasserhärte und Verschmutzungen des Wischwassers. Die bei Spindelmessungen mögliche Verfälschung des Messergebnisses bei Temperaturen ober- oder unterhalb der Eichtemperatur werden bei der Infrarotmessung durch eine parallele Temperaturmessung ausgeschlossen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der (allerdings geringe) Investitionskostenbedarf zur Anschaffung des Handmessgerätes zu benennen. Durch die Anschaffung besteht dagegen der Vorteil, dass unerwünschte Betriebszustände (z.B. defekte oder verschmutzte Dosiereinrichtungen) erkannt und ausgeglichen werden können, so dass die Prozesssicherheit erhöht wird.

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt werden soll, ist wie bei Maßnahme 150-5 eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung, Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Wenn minimale IPA-Gehalte eingestellt sind, besteht eine erhöhte Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und Zunahme der Tonwerte. Teilweise ist eine Reduzierung nicht ohne technische Modifikationen (Walzenkühlung, andere Walzenbezüge/Walzenoberflächen) oder den Einsatz veränderter Wischwasserzusätze möglich.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **1.805 t/a**, dies entspricht 25% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in Heatsetanlagen (7.221 t/a, Maschinenkonstellation 150).

Die Berechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei Heatsetanlagen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 12% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes), der ohne Hilfsmittel um 2% und mit einer diskontinuierlichen genauen Messung und Dosierung um weitere 3% auf 7% reduziert werden kann. Die durch die Maßnahme realisierbare Reduzierung des IPA-Gehaltes um 3% hat demnach eine VOC-Reduktion von 3/12 entsprechend 25% zur Folge.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist erschließbar, allerdings ist vielfach eine gezielte Einzelfallberatung notwendig, um den Betrieben die Vorteile einer (diskontinuierlichen) exakteren IPA-Messung zu verdeutlichen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Rotoman - 10 Farben, 2-Schicht-Betrieb) sind die folgenden einmaligen Umstellungsinvestitionen in ein genaues Mess- und Dosiersystem notwendig. Da es sich um eine Investition in ein Anlagenzubehör handelt, wird von einer AfA von 7 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 19.873 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 25% vermindert werden kann.

Die Maßnahme ist mit folgenden Kosten und Einsparungen verbunden:

Investitionskosten für ein Handmeßgerät	3.300 DM	
Jährliche Abschreibungskosten für ein Handmessgerät (AfA 7 Jahre)		+ 471 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (4.968 l/a à 1,20 DM/l)		- 5.962 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-)**

1.555 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der Heatsetanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 3,53 t/a erreicht wird.

8.7.7 Maßnahmen-Nr.: 150-6b IPA-Messung und -Dosierung (kontinuierlich)

Kurz-Beschreibung

Alternativ zur Maßnahme 150-6a: Bestimmung und Reduzierung des IPA-Gehaltes im Wischwasser um 3% durch den kontinuierlichen Einsatz genauer Meß- und Dosiereinrichtungen zur Regelung des IPA-Einsatzes

Minderungswirkung

Die kontinuierliche Messung des IPA-Gehaltes im Wischwasser vermeidet einen Teil der VOC-Emissionen aus den Wischwassersystemen durch ein optimal einstellbaren minimalen IPA-Gehalt. Die kontinuierliche Messung ist mit einem Infrarot-Messgerät oder einem Ultraschall-Messgerät möglich, bei denen der Isopropanolgehalt mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ gemessen wird.

Die Bestimmung des IPA-Gehaltes erfolgt bei der Infrarot- und der Ultraschallmessung relativ unabhängig von den bei einer Dichtemessung mittels Spindel üblichen Einflussfaktoren durch Feuchtmittelzusätze, Wasserhärte und Verschmutzungen des Wischwassers. Die bei Spindelmessungen mögliche Verfälschung des Meßergebnisses bei Temperaturen ober- oder unterhalb der Eichtemperatur werden durch eine parallele Temperaturmessung ausgeschlossen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der Investitionskostenbedarf zur Anschaffung der genauen Mess- und Dosiereinrichtung zu benennen. Es ist jedoch auch möglich, Neumaschinen ohne Aufpreis mit einer genauen automatischen Mess- und Dosiereinrichtung zu erwerben. Dem Nachteil der hohen Investitionskosten steht der Vorteil gegenüber, dass unerwünschte Betriebszustände (z.B. durch defekte oder verschmutzte Dosiereinrichtungen) unmittelbar ausgeglichen bzw. gemeldet werden und mit einer hohen Prozesssicherheit gedruckt werden kann.

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt werden soll, ist wie bei Maßnahme 150-6a eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung, Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Durch die automatische, genaue Dosierung wird die Prozesssicherheit erhöht. Dadurch wird die Gefahr durch instabile Farb-Wasser-Gleichgewichte und Zunahme der Tonwerte vermindert. Teilweise ist eine IPA-Reduzierung nicht ohne technische Modifikationen (Walzenkühlung, andere Walzenbezüge/Walzenoberflächen) oder den Einsatz veränderter Wischwasserzusätze möglich.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential entspricht dem der Maßnahme 150-6a und beläuft sich auf **1.805 t/a**, dies entspricht 25% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in Heatsetanlagen (7.221 t/a, Maschinenkonstellation 150).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei Heatsetanlagen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 12% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes), der ohne Hilfsmittel um 2% und mit einer kontinuierlichen Messung um weitere 3% auf 7% reduziert werden kann. Die durch die Maßnahme zusätzlich realisierbare Reduzierung des IPA-Gehaltes um 3% hat demnach eine VOC-Reduktion von 3/12 entsprechend 25% zur Folge.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist erschließbar, allerdings ist vielfach eine gezielte Einzelfallberatung notwendig, um den Betrieben die Vorteile einer exakteren IPA-Messung zu verdeutlichen

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Rotoman - 10 Farben, 2-Schicht-Betrieb) sind die folgenden einmaligen Umstellungsinvestitionen in eine genaue Messtechnik sowie eine elektronisch gesteuerte Dosieranlage notwendig. Da es sich um die Investition in grundlegendes Produktionsanlagenzubehör handelt, wird von einer AfA von 7 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine 19.873 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 25% vermindert werden kann.

Die Maßnahme ist mit folgenden Kosten und Einsparungen verbunden:

Investitionskosten für eine Mess- und Dosiereinrichtung	9.000 DM
Jährliche Abschreibungskosten der Mess- und Dosiereinrichtung (AfA 7 Jahre)	+ 1.285 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (4.968 l/a à 1,20 DM/l)	- 5.962 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-)**
1.325 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100%
der Heatsetanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-
Reduktion von 3,58 t/a erreicht wird.

8.7.8 Maßnahmen-Nr.: 150-7a IPA-Ersatzstoffe

Kurz-Beschreibung

Einsatz von IPA-reduzierenden Ersatzstoffen im Wischwasser

Minderungswirkung

Der Einsatz von speziellen Wischwasserzusätzen erlaubt bei gleichem Druckergebnis eine weitere Reduzierung des IPA-Gehaltes um ca. 3% und führt somit zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wischwassersystem.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen mit Ersatzstoffen auf ein Minimum eingestellt werden soll, ist wie bei Maßnahme 150-6 eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung, Sauberkeit des Wischwassersystems). Dies stellt gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter. Die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und einer Zunahme der Tonwerte nimmt zu.

Der Einsatz von zusätzlichen Arbeitsstoffen, deren öko- und humantoxische Wirkungen noch relativ unerforscht sind, kann bei den Mitarbeitern die Umstellungsbereitschaft mindern (teilweise sind z.B. Hautreizungen bekannt geworden).

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **1.805 t/a**, dies entspricht 25% der Gesamtemissionen aus dem Isopropanoleinsatz in Heatsetanlagen (7.221 t/a, Maschinenkonstellation 150).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei Heatsetanlagen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 12% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes), der ohne Hilfsmittel um 2% und mit einer genauen Messung um weitere 3% auf 7% reduziert werden kann. Durch den Einsatz von IPA-reduzierenden Ersatzstoffen wird eine Reduzierung um weitere 3% auf einen Isopropanolanteil von 4% angenommen. Die mit der Umsetzung der Maßnahme verbundene VOC-Reduktion beträgt somit 3/12 entsprechend 25%.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen bekannt.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist erschließbar, erfordert jedoch einen hohen technischen Beratungsaufwand, um die Betriebe von den Vorteilen der Mittel zu überzeugen, Vorurteile auszuräumen und Unterstützung bei betriebspezifischen Problemen zu gewähren.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Rotoman - 10 Farben, 2-Schicht-Betrieb) sind die folgenden jährlichen Umstellungskosten notwendig. Dabei wird davon ausgegangen, dass der IPA-reduzierende Wischwasserzusatz um einen Prozentpunkt höher dosiert wird als der bisher verwendete Wischwasserzusatz.

Jährliche Mehrkosten bei 1% höherer Ersatzstoffdosierung (1.987 l/a à 10 DM/l) + 19.870 DM/a

Jährliche IPA-Einsparung (4.968 l/a à 1,20 DM/l) - 5.962 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**

3.941 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der Heatsetanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 3,53 t/a erreicht wird.

8.7.9 Maßnahmen-Nr.: 150-7b Hydrophile Spezialwalzen

Kurz-Beschreibung

Einbau von besser benetzbaren Feuchtwassersystemwalzen (Keramik oder hydrophile Gummiwalzen)

Minderungswirkung

Alternativ oder ergänzend zum Einsatz von Isopropanol-Ersatzstoffen kann der Einsatz von Feuchtwalzen mit besonders hydrophilen Oberflächen erfolgen. Es können Oberflächen aus Keramik oder Spezialgummi verwendet werden. Die Maßnahme erlaubt ebenso wie Maßnahme 150-7a bei gleichem Druckergebnis eine Reduzierung des IPA-Gehaltes um ca. 3% und führt somit zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wischwassersystem.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen mit besonders hydrophilen Spezialwalzen auf ein Minimum eingestellt wird, ist wie bei Maßnahme 150-6 und 150-7a eine drucktechnische Fein Anpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung und Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und einer Zunahme der Tonwerte nimmt zu.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich entsprechend Maßnahme 150-7a auf **1.805 t/a**, wobei die unter Nr. 150-7a genannten Annahmen zugrunde gelegt werden: Durch die Maßnahme wird der IPA-Gehalt im Feuchtwasser um weitere 3% auf 4% reduziert, was - ausgehend von einem derzeitigen IPA-Gehalt von 12% - einer VOC-Reduktion um 25% entspricht.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential ist schwer erschließbar, da die Realisierung einen hohen technischen und finanziellen Aufwand erfordert.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Rotoman - 10 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden jährlichen Kosten bei einer Nachrüstung mit Spezialwalzen. Da es sich nicht um die Investition in grundlegendes Produktionsanlagenzubehör handelt, wird von einer AfA von 3 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine 19.873 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 25% vermindert werden kann.

Ein Gummi-Spezialwalzensatz (Tauch- und Auftragswalze)	3.000 DM/Einheit	
Jährliche Kosten bei 10 Feuchtwerken (AfA 3 Jahre)		+ 10.000 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (4.968 l/a à 1,20 DM/l)		- 5.962 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**

1.144 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der Heatsetanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 3,53 t/a erreicht wird.

8.7.10 Maßnahmen-Nr.: 150-7c Kombination von IPA-Ersatzstoffen und hydrophilen Spezialwalzen

Kurz-Beschreibung

Einsatz von IPA-Ersatzstoffen und Einbau besser benetzbarer Feuchtwalzen

Minderungswirkung

Der kombinierte Einsatz von Isopropanol-Ersatzstoffen und besser benetzbaren Feuchtwalzen erlaubt bei gleichem Druckergebnis eine Reduzierung des IPA-Gehaltes um mindestens 3% und führt somit zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wischwassersystem.

Umsetzungsprobleme

Wenn der IPA-Gehalt ohne Qualitätseinbußen auf ein Minimum eingestellt wird, ist wie bei Maßnahme 150-6 eine drucktechnische Feinanpassung notwendig (genaue Walzeneinstellung, Sauberkeit des Wischwassersystems), was gesteigerte Anforderungen an die Mitarbeiter stellt. Die Gefahr instabiler Farb-Wasser-Gleichgewichte und einer Zunahme der Tonwerte nimmt zu. Die Investitionskosten für die Feuchtmittelkühlung sind nur dann wirksam, wenn thermische Effekte zu den limitierenden Faktoren bei der IPA-Reduzierung gehören.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **1.805 t/a**. Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass bei Heatsetanlagen derzeit mit einem gaschromatographisch bestimmten IPA-Anteil im Wischwasser von 12% gedruckt wird (mittels Spindel gemessene Werte liegen meist 3-5% unterhalb des realen Wertes), der ohne Hilfsmittel um 2% und mit einer genauen Messung um weitere 3% auf 7% reduziert werden kann. Durch die Kombination des Einsatzes IPA-reduzierender Ersatzstoffe und besser benetzbarer Feuchtwalzen wird eine weitere Reduzierung um mindestens 3% angenommen. Die mit der Umsetzung der Maßnahme verbundene VOC-Reduktion beträgt daher mindestens 3/12 entsprechend 25%.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential ist schwer erschließbar, da die Realisierung einen hohen technischen und finanziellen Aufwand und die Einzelberatung von Betrieben erfordert.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Rotoman - 10 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die bereits unter Nr. 150-7a und 150-7b genannten jährlichen Kosten. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 19.873 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 25% vermindert werden kann.

Ein Gummi-Spezialwalzensatz (Tauch- und Auftragswalze)	3.000 DM/Einheit	
Jährliche Kosten bei 10 Feuchtwerken (AfA 3 Jahre)		+ 10.000 DM/a
Jährliche Mehrkosten bei 1% höherer Ersatzstoffdosierung (1.987 l/a à 10 DM/l)		+ 19.870 DM/a
Jährliche IPA-Einsparung (4.968 l/a à 1,20 DM/l)		- 5.962 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**

6.774 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der Heatsetanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 3,58 t/a erreicht wird.

8.7.11 Maßnahmen-Nr.: 150-7d Ergänzung der genannten Maßnahmen um eine Wasseraufbereitung

Kurz-Beschreibung

Prozesswasseraufbereitung als ergänzende Maßnahme beim Einsatz von IPA-Ersatzstoffen und Einbau besser benetzbarer Feuchtwalzen

Minderungswirkung

Die Maßnahme ist beim Vorhandensein von Leitungswasser mit hohen oder schwankenden Härtegraden eine wichtige Ergänzung der Maßnahmen Nr. 150-9a bis 150-9c, da sie die Prozessstabilität bei gleichem Druckergebnis erhöht und die Reduzierung des IPA-Gehaltes um ca. 3% mit einer höheren Sicherheit ermöglicht. Die Maßnahme führt zu geringeren VOC-Emissionen aus dem Wischwassersystem, wenn sie in Kombination mit dem Einsatz von IPA-Ersatzstoffen und dem Einbau besser benetzbarer Feuchtwalzen erfolgt.

Umsetzungsprobleme

Die Maßnahme ist in Abhängigkeit von der Leitungswasserqualität mit erhöhten Kosten für Energie und Hilfsstoffe verbunden.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich entsprechend der Maßnahmen Nr. 150-7a bis 150-7c auf **1.805 t/a.**

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential ist mit der Maßnahme ein erhöhter Stromverbrauch für die Wasseraufbereitungsanlage verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential ist entsprechend der unter Nr. 150-7c genannten Punkte schwer erschließbar, da die Realisierung einen hohen technischen und finanziellen Aufwand sowie die Einzelberatung von Betrieben erfordert.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (MAN Rotoman - 10 Farben, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die bereits unter Nr. 150-7c genannten jährlichen Kosten; zusätzlich entstehen Kosten bei der Anschaffung der Wasseraufbereitungsanlage. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird von einem jährlichen IPA-Verbrauch an der Modellmaschine von 19.873 l/a ausgegangen, der durch die Maßnahme um 25% vermindert werden kann.

Eine Wasseraufbereitungsanlage (120 l/h, 600 l Speicher)	35.000 DM
Jährliche Abschreibungskosten der Anlage (AfA 7 Jahre)	5.000 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergibt sich für die Kombination mit Maßnahme 150-7a eine VOC-Kosteneffizienz von **(+) 5.357 DM/Tonne vermiedene VOC**, mit Maßnahme 150-7b eine VOC-Kosteneffizienz von **(+) 2.560 DM/Tonne vermiedene VOC**, mit Maßnahme 150-7c eine VOC-Kosteneffizienz von **(+) 8.190 DM/Tonne vermiedene VOC**.

Die Rechnungen basieren auf der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der Heatsetanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 3,58 t/a erreicht wird.

9. Endlos-Offsetdruck (Masch. Konst. 160)

9.1 Farbsystem

Endlos-Offsetdruckfarben trocknen wie Bogen-Offsetdruckfarben überwiegend, indem die ungesättigten Fettsäuren aus den Bindemitteln im Kontakt mit dem Luftsauerstoff oxidieren und vernetzen. Neben Mineralölen mit einem Siedebereich von ca. 280°C werden insbesondere sog. "trockene Öle" wie Leinöl und Sojaöl eingesetzt. In ihrer Rezeptur gleichen die Farben weitestgehend den Bogen-Offsetdruckfarben (vergl. Tabelle 7, Kapitel 5.1).

9.2 Produkte & Bedruckstoffe

Auf Endlos-Offsetdruck-Maschinen werden verschiedene Formulare wie Endlosformularsätze, Schnelltrennsätze oder Trägerbahnsätze hergestellt. Entsprechend dieser Produktpalette kommen neben normalen Papierbahnen weitere Materialien wie selbstdurchschreibende Papiere und Kunststofffolien verschiedener Eigenschaften zum Einsatz.

9.3 Betriebe und Maschinenpark

Das Druckverfahren wird bundesweit in ca. 250 Betrieben eingesetzt. Es sind ca. 1.000 Maschinen mit ca. 4.400 Druckwerken installiert [BVD, 1996].

Tabelle 14: Bahnbreiten und Marktanteile von Endlos-Offsetdruckmaschinen

Bahnbreite	Marktanteil
< 40 cm	25%
40 - 56 cm	70%
> 56 cm	5%

[BVD, 1996]

Die Maschinen unterscheiden sich in der Zahl der Druckwerke sehr stark. Neben Offsetdruckwerken sind die Maschinen häufig auch mit zusätzlichen Farbwerken anderer Druckverfahren ausgestattet. Es handelt sich dabei um Hochdruck-, Flexodruck- und Heißcarbon-Druckwerke. Automatische Wascheinrichtungen sind nur an sehr wenigen Anlagen installiert.

Zusätzlich sind die Maschinen vielfach mit Inline-Weiterbearbeitungsstationen wie Klebeeinrichtungen, Lackwerken etc. ausgestattet.

9.4 VOC-relevante Einsatzstoffe

Im Endlos-Offsetdruck kommen die folgenden VOC-relevanten Stoffe zum Einsatz:

Tabelle 15: VOC-relevante Einsatzstoffe im Endlos-Offsetdruck

Stoff	Dampfdruck [bei 20°C]	Spez: Einsatzmenge [Gew.% der eingesetzten Farbe]	Einsatzzweck
Isopropanol	43 hPa	63,2%	Verringerung der Wischwasser-Oberflächen- spannung, Kühlungseffekt durch Verdunstung, Algenverhinderung
Mineralöl- oder pflanzölbasierte Reinigungsmittel mit unterschiedlichen Siedebereichen	Gesamt: A I: > 18 hPa A II: 3 - 10 hPa A III: 0,4 - 1,5 hPa HCA: 0,02 - 0,3 hPa VCA: < 0,1 hPa	82,6% 15,6% 23,8% 53,6% 0,0% 7,0%	Reinigung der farbführenden Maschinenteile während und nach dem Druck, Reinigung weiterer Maschinenteile

[ÖKOPOL 1999]

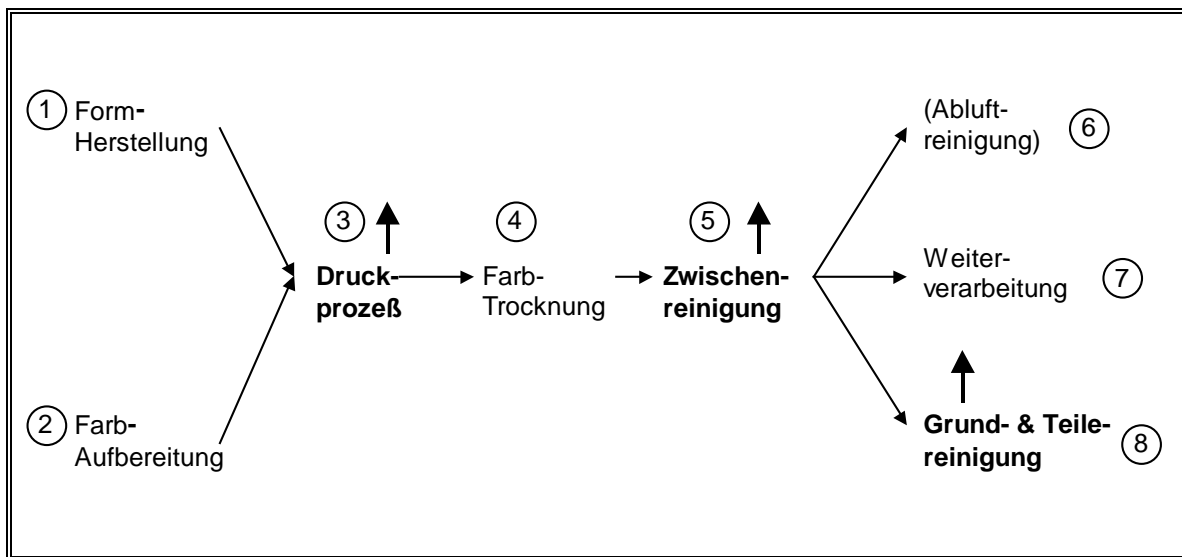
9.5 Genehmigungspflichten

Endlos-Offsetdruckanlagen sind nach der 4. BImSchV nicht genehmigungsbedürftig.

9.6 Emissionsquellen & Einflußfaktoren

9.6.1 Emissionsquellen

Abbildung 11: VOC-Emissionsquellen im Endlos-Offsetdruck



[ÖKOPOL 1999]

1. Form-Herstellung:
Bei der Herstellung der Druckform (Aluminiumplatte) werden keine VOC-relevanten Stoffe eingesetzt.
2. Farb-Aufbereitung:
Die Bereitstellung der Farbe für den Druckprozess ist nicht mit VOC-Emissionen verbunden, da ausschließlich Farben auf der Basis schwer flüchtiger Mineralöle verarbeitet werden.
3. Druckprozess:
Während des Drucks verdunstet ein Teil der VOC-relevanten Wischwasserzusätze (in der Regel Isopropanol). Die Höhe der Emissionen ist vor allem von der Höhe der Isopropanolkonzentration in den Wischwassersystemen abhängig. Viele Endlos-Offsetdruckmaschinen sind mit Sprühfeuchtwerken ausgestattet, die ohne Zusatz von Isopropanol arbeiten.
4. Farb-Trocknung: Bei der Farb-Trocknung entstehen keine VOC-Emissionen.
5. Zwischenreinigung:
Der Druckvorgang muss teilweise für Zwischenreinigungen unterbrochen werden, um eine gleichmäßige Produktqualität sicherzustellen. In diesen Fällen werden die Gummitücher von Farbaufbau und Papieranhaftungen gereinigt. Im Endlosdruck werden etwa 60% der einge-

setzten Reinigungsmittel zur Zwischenreinigung verwendet. Die Höhe der VOC-Emissionen ist abhängig vom Dampfdruck des verwendeten Reinigungsmittels, von der Reinigungstechnik (automatische Waschanlagen oder Handreinigung) sowie von der Handhabungspraxis. Automatische Waschanlagen sind derzeit nur in ca. 1% der Endlosdruckmaschinen installiert. Etwa 93% der eingesetzten Reinigungsmittel sind derzeit VOC-relevante Mittel.

Die Zahl der Zwischenreinigungen ist abhängig von der geforderten Druckqualität sowie vom Papier und der Farbe. Ist zwischen zwei Drukaufträgen ein Farbwechsel erforderlich, sind alle farbführenden Teile (Farbwalzen, Gummitücher und Farbkästen) zu reinigen.

Eine gründliche Reinigung aller farbführenden Teile erfolgt auch am Produktionsende, da die Endlos-Offsetfarben sonst bei Luftkontakt antrocknen. Die Antrocknung kann durch den Einsatz von „kastenfrischen“ Farben oder mit Antioxidationsmitteln („Antihautmittel“) vermindert werden, die nach Produktionsende in den Farbkästen gesprüht werden. Die Antioxidationsmittel enthalten VOC-relevante Kohlenwasserstoffe (A II), die bei der Anwendung verdunsten.

6. Abluftreinigung:

Eine Reinigung der Abluft findet nicht statt.

7. Weiterverarbeitung:

Bei der Weiterverarbeitung entstehen keine VOC-Emissionen, da überwiegend wasserbasierte Klebstoffe und Lacke sowie Lacke auf Basis hochsiedender Kohlenwasserstoffe eingesetzt werden.

8. Grund- & Teilereinigung:

Nach Produktionsende werden die farbführenden Teile der Maschinen gereinigt. Die Höhe der VOC-Emissionen ist wiederum abhängig vom Dampfdruck der verwendeten Reinigungsmittel. Die Reinigung weiterer Maschinenteile erfolgt meist im Rahmen einer Grundreinigung zum Ende der Woche oder in größeren periodischen Abständen. Für die Grundreinigung werden etwa 40% der eingesetzten Reinigungsmittel verwendet. Die Häufigkeit derartiger Reinigungsvorgänge ist abhängig von der „Instandhaltungs-Philosophie“ der Unternehmen.

9.6.2 Emissionsbilanz

Entfällt, da in Anbetracht der vielfältigen Besonderheiten der Endlosdruckanlagen kein repräsentativer Anlagentyp abgebildet werden kann.

9.7 Minderungsmaßnahmen

9.7.1 Maßnahmen-Nr.: 160-1 Hochsiedereinsatz

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf hochsiedende Reinigungsmittel

Minderungswirkung

Durch den Einsatz von Reinigungsmitteln mit einem niedrigen Dampfdruck (umgangssprachlich „hochsiedende Reinigungsmittel“) werden die VOC-Emissionen aus den durchweg umweltoffenen Reinigungsarbeiten deutlich vermindert.

Es sind verschiedenen Alternativen „hochsiedender Reinigungsmittel“ verfügbar:

- Reinigungsmittel auf Basis von Pflanzenölestern mit einem Flammpunkt deutlich $> 100^{\circ}\text{C}$ („VCA“)
- Reinigungsmittel auf Mineralölbasis, die nach VbF nicht kennzeichnungspflichtig sind, da ihr Flammpunkt $> 100^{\circ}\text{C}$ liegt („HCA“)
- Reinigungsmittel auf Mineralölbasis, die nach VbF der Klasse A III zuzuordnen sind, aber einen Flammpunkt von $> 85^{\circ}\text{C}$ haben (hochsiedende A III-Mittel).

Sowohl bei HCA als auch bei hochsiedenden A III-Reinigern sind auch Mittel im Angebot, die zur Steigerung der Waschkraft ebenfalls relevante Anteile von Pflanzenölestern enthalten.

Aus Sicht der Emissionsminderung sind weniger die Flammpunkte, als vielmehr die Dampfdrücke der verschiedenen eingesetzten Reinigungsmittel von Interesse:

- Der Dampfdruck von VCA liegt deutlich unter $0,1 \text{ hPa}$. Diese Mittel sind somit keine VOC im Sinne der EG VOC-RL. Der Einsatz von VCA führt daher zu einer vollständigen Vermeidung der (diffusen) VOC-Emissionen aus Reinigungsprozessen
- Der Dampfdruck HCA liegt in der Regel zwischen $0,02 - 0,3 \text{ hPa}$. Das heißt nur bei einem kleinen Teil der Mittel handelt es sich um VOC im Sinne der EG VOC-RL
- Hochsiedende A III-Reiniger haben einen Dampfdruck $0,1 - 1 \text{ hPa}$, es handelt sich somit um VOC im Sinne der EG VOC-RL.

Trotz der unterschiedlichen Dampfdrücke und der damit verbundenen Einstufung als VOC oder Nicht-VOC führt der Einsatz der benannten Reiniger durchgehend zu einer ganz deutlichen Ver-

minderung der VOC-Emissionen gegenüber der derzeitigen Situation, in der überwiegend niedrigsiedende A III-Mittel und A II-Mittel zum Einsatz kommen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist insbesondere die andersartige Handhabung zu benennen, die Verhaltensänderungen und somit eine Umstellungsbereitschaft beim Personal erfordert. Die Mittel sind teurer aber auch ergiebiger als Niedrigsieder, da sie eine höhere Reinigungskraft besitzen, nicht verdunsten und bis zu 50% mit Wasser gemischt eingesetzt werden können.

Die andersartige Handhabung ist durch die geringe Flüchtigkeit der Mittel begründet. Zum einen bedeutet dies, dass ein etwas erhöhter Zeitaufwand zur Reinigung erforderlich ist (längere Einwirkzeit und zusätzliches Nachwaschen mit Wasser notwendig), zum anderen ist bei der Handreinigung eine größere Sorgfalt notwendig, da versehentlich in die Maschine gelangende Tropfen zu Korrosion, Beschädigung der Druckplatte und Störungen des Farb-Wasser-Gleichgewichtes führen können. Bei unsachgemäßer Anwendung (Tropfverluste) besteht beim Einsatz von Hochsiedern erhöhte Rutschgefahr an der Maschine, der jedoch durch Sorgfalt und Maßnahmen begegnet werden kann.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **399 t/a**, entsprechend 89% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmittel-Einsatz in Endlosdruckmaschinen (447 t/a, Maschinenkonstellation 160).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der Niedrigsiederanteil (Reinigungsmittel mit einem Flammpunkt unter 100°C) liegt in dieser Maschinenkonstellation derzeit bei ca. 93%. Bei einer grösstmöglichen Umstellung auf Hochsieder wird davon ausgegangen, dass ein Anteil von etwa 10% Niedrigsiedern für besondere Anwendungen verbleibt. Eine derartige Umstellung auf Hochsieder ist innerhalb der nächsten 10 Jahre bei 100% der Betriebe durchführbar.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion in untergeordnetem Maße zu einer Belastung auf der Abfall- oder Abwasserseite. Beim Einsatz von Hochsiedern in automatischen Waschanlagen fallen im Vergleich zum Einsatz von niedrigsiedenden Reinigungsmitteln aufgrund des erforderlichen Nachwaschens mit Wasser erhöhte Abfallmengen an, die entsorgt oder aufbereitet werden müssen. Die Aufbereitung der Lösemittel-Wasser-Abfälle kann mittels einer hausinternen oder einer Lohn-Filtration erfolgen, wobei die Reinigungsmittel zurückgewonnen und wiederverwendet werden können. Das verbleibende Abwasser kann in der Regel in die Kanalisation abgeleitet werden; die geringen Restschlammengen müssen als Abfall entsorgt werden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich gut erschließbar. Allerdings ist dies von einer offensiven Vermarktung der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile der hochsiedenden Reinigungsmittel abhängig, die durch die Zulieferer mit einer praxisgerechten Einführung und Hilfestellung bei einer Waschanlagenumstellung sowie bei ggf. auftretenden Problemen verbunden sein muss.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Der Einkauf von höheren Anteilen hochsiedender Reinigungsmittel ist mit Umstellungskosten verbunden, da die Mittel gegenüber A II- oder A III-Mitteln um etwa 50% teurer sind. Den Mehrkosten pro Liter Reinigungsmittel stehen jedoch verminderte Verbrauchsmengen gegenüber, da hochsiedende Reinigungsmittel eine höhere Ergiebigkeit besitzen. Gegenüber A I- oder A II-Mitteln liegen die Verbrauchsminderungen bei ca. 50%, gegenüber A III-Mitteln bei ca. 25%, so dass höhere Einkaufspreise pro Liter in etwa kompensiert werden.

9.7.2 Maßnahmen-Nr.: 160-2 Verbesserte Handhabung

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit lösemittelhaltigen Hilfsmitteln

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschlußzustandes von Lösemittel- und Putztuchbehältern können VOC-Emissionen vermieden werden. Der sparsame Umgang mit Reinigungsmitteln bei der händischen Maschinenreinigung führt zur Verbrauchsminderung, da Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert auch mangelnde Bereitschaft der Belegschaft die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **179 t/a**, dies entspricht 40% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Endlosdruckmaschinen (447 t/a, Maschinenkonstellation 160).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme von 100% der Betriebe umgesetzt wird und mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 40% verbunden ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist neben dem VOC-Reduktionspotential mit keinen weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn Unterweisungen der Mitarbeiter durchgeführt werden.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Es entstehen Kosten für die Durchführung von Schulungen (ca. 400 DM für 4 Stunden Schulung durch einen Instruktor je 15 zu schulende Personen, Ausfallkosten je teilnehmendem Drucker), die



über drei Jahre abgeschrieben werden können. Diesen Kosten stehen Einsparungen durch einen verminderten Reinigungsmiteleinsetz gegenüber.

9.7.3 Maßnahmen-Nr.: 160-3 Waschanlagen für Gummituchzylinder

Kurz-Beschreibung

Einbau automatischer Waschanlagen für Gummituchzylinder

Minderungswirkung

Durch die Automatisierung der Reinigungsprozesse am Gummituchzylindern ist eine effizientere Reinigung möglich, so dass der Reinigungsmittel-Verbrauch verringert wird und entsprechend geringere VOC-Emissionen entstehen.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist insbesondere der hohe Investitionskostenbedarf bei der Nachrüstung von Altanlagen zu benennen. Als Vorteil ist zu sehen, dass die Hilfszeiten zur Maschinenreinigung deutlich verringert werden können.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **8 t/a**, dies entspricht 2% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Endlosdruckmaschinen (447 t/a, Maschinenkonstellation 160).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass automatische Waschanlagen derzeit bereits an 1% der Endlosdruckmaschinen installiert sind und der Ausstattungsgrad in den kommenden 10 Jahren auf 15% steigt. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 20% gegenüber der händischen Reinigung verbunden ist. Für die Zwischenreinigung wird ein Anteil von 60% der Gesamteinsatzmenge aller Reinigungsmittel angenommen, so dass die Emissionsminderung der Maßnahme nur bei diesem Anteil wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion zu einem erhöhten Stromverbrauch und in untergeordnetem Maße zu einer Verlagerung der Abfallmengen: Anstelle von Putzlappen, die mit Reinigungsmittel und Farbresten beladen sind, fallen verstärkt flüssige Abfälle oder (systembedingt) verunreinigte Tuchbahnen als neue Abfallfraktionen an. Beim Einsatz von niedrigsiedenden Reinigungsmitteln mit einem Flammpunkt bis 55°C können anfallende Lösemittel-Wasser-Gemische durch Destillation aufbereitet werden; beim Einsatz von Reinigungsmitteln mit einem Flammpunkt von mehr als 55°C besteht die Möglichkeit einer Aufbereitung der anfallenden Lösemittel-Wasser-Gemische mittels Filtration.

Insgesamt sind die weiteren Umweltwirkungen als relativ geringfügig einzustufen.

Erschließbarkeit

Es ist zu erwarten, dass das angeführte Minderungspotential der Maßnahme keiner besonderen Zusatzaktivitäten zur Umsetzung bedarf, da in der Branche ein automatischer Trend zum Einbau von Waschanlagen – insbesondere beim Kauf neuer Druckmaschinen - zu verzeichnen ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Es fallen Umstellungskosten für die Nachrüstung mit Gummituchwaschanlagen bzw. als Aufpreis bei der Anschaffung von neuen Maschinen an, die über ca. sieben Jahre abgeschrieben werden können. Diesen Kosten stehen Einsparungen durch einen verminderten Reinigungsmiteleinsatz gegenüber.

10. Verpackungsdruck

10.1 Produkte & Druckverfahren

In der Verpackungsindustrie unterscheidet man:

- flexible Packstoffe aus Papier, Kraftpapieren, Kunststofffolien, Aluminiumfolien und daraus hergestellte Verbundmaterialien
- feste Packstoffe aus Metall, Glas, dicken Kunststoffen, Karton sowie Kartonverbunde mit Kunststoffen und Aluminiumfolien.

Tabelle 16: Produktkategorien, Produktionsmenge und Aufteilung auf die Druckverfahren im Verpackungsdruck

Produktkategorie	Produktionsmenge 1997	Flexodruckanteil	Tiefdruckanteil	Siebdruckanteil	Bogenoffsetdruckanteil
Schachteln und Kartons aus Wellpapier oder Wellpappe	2.975.955 t	ca. 80%	-	-	ca. 20%
Verpackungen aus Karton (Faltschachteln)	576.039 t	ca. 10%	ca. 20%	-	ca. 70%
Verpackungen aus Vollpappe	378.042 t	ca. 30%	-	-	ca. 70%
Verpackungen für Flüssigkeiten	334.330 t	zunehmende Tendenz	überwiegend	-	-
Tapeten und Wandverkleidungen aus Papier	176.221 t	10 – 20%	80 – 90%	-	-
Beutel, Tüten, Tragetaschen aus Papier	166.902 t	überwiegend	gering	-	-
Etiketten aus Papier und Pappe	134.100 t	überwiegend	-	-	teilweise
Papiersäcke	136.753 t	100%	-	-	-
Fein- und Luxuskartonageverpackungen	49.485 t	-	ca. 30%	-	ca. 70%
Heißprägetapeten		-	100%	-	-
Profiltapeten		teilweise	teilweise	teilweise	-

[HPV, 1998]

All diese Materialien werden bedruckt, um die Packung als Werbeträger und Verkaufshilfe benutzen zu können. Flexible Packstoffe werden vor allem im Flexodruck- und im Tiefdruckverfahren bedruckt. Dagegen werden feste Packstoffe - dazu gehören auch Büchsen, Dosen, Tuben und Fla-

schen - im Offsetdruck (vor allem Schachteln), im Siebdruck oder in speziellen Verfahren, wie z.B. Letterset oder Folienprägedruck, bedruckt. Besonders bei Wellpappe, aber auch bei Karton, wird Flexodruck eingesetzt. Bei aluminiumbeschichteten Packmitteln kommt meist der Tiefdruck zum Einsatz.

Der Bogenoffset- und der Siebdruck wurden bereits beim Druck grafischer Erzeugnisse behandelt. Beim Verpackungsdruck treten hier keine grundlegend anders gearteten Emissionen aus dem Druckprozess auf. Weitergehende Emissionslasten können sich allerdings aus verpackungsproduktionsstypischen Nebenprozessen wie dem Kleben, Kaschieren und Lacken mit lösemittelhaltigen Lacken ergeben.

Eine trennscharfe Abgrenzung zwischen den Stoffströmen und VOC-Emissionen in Flexo- und Tiefdruckbetrieben ist in der Praxis nicht immer möglich, weil vor allem größere Verpackungsdruckereien sowohl auf Flexo- als auch auf Tiefdruckanlagen produzieren und in diversen Fällen Tief- und Flexodruckanlagen sogar direkt verkettet sind.

Die Packstofffertigung schließt auch die VOC-relevanten Prozesse der Verbundfertigung mit Klebern und das Folienkaschieren ein. Das Kaschieren erfolgt teilweise „Inline“ nach dem letzten Druckwerk, wird hier aber als gesonderter Prozess beschrieben.

Die meisten Packmittel werden „schutzlackiert“ oder erhalten spezielle Beschichtungen wie Kaltsiegelaufrag, Wachs-/Hotmelt-Beschichtung oder Dispersionslackbeschichtung. Auch diese Komponenten werden teilweise Inline gefertigt, werden aber auch häufig separat an speziellen Anlagen ausgeführt (z.B. Drucklackierung) und hier ebenfalls als eigenständiger Prozess betrachtet.

10.2 Bedruckstoffe

Tabelle 17: Gliederung der Bedruckstoffe für Verpackungsflexo- und -tiefdruck

Gruppe	Spezifikationen
Papiere	Flächengewichte zwischen 35 g/m ² und ca. 150 g/m ² . Die verschiedenen Qualitäten (ungestrichene Naturpapiere, gestrichene Papiere, Kraftliner, Pergament- und Pergamentersatz) sind ggf. differenziert zu betrachten
Kartons	Flächengewichte zwischen 150 g/m ² und ca. 350 g/m ² Cellulose-Kartons, holzschliffhaltige Kartons, Recycling-Kartons in den Qualitäten ungestrichen, mit Strich matt oder kalandriert oder hochglanz-heißkalandriert.
Wellpappe	als Normalwelle oder Mikrowelle in unterschiedlichen Dicken. Wegen der hohen Saugfähigkeit wird Wellpappe praktisch ausschließlich mit Wasserfarben im Flexodruck bedruckt.
Metallfolien und -bänder	vorwiegend Aluminium, in Dicken von 0,008 mm bis 0,02 mm und > 0,02 mm
Kunststofffolien in unterschiedlichen Dicken	z. B. Polyamid, PE, PP, PVC, PET. Spezielle Vorbehandlungen und Alu-Bedampfungen oder Siliziumoxid sind üblich.
Verbundmaterialien der Gruppe 1 bis 5 in verschiedensten Kombinationen	Verbundmaterialien, auch beschichtete Materialien werden oft in Verkettung mit dem Druckprozess hergestellt (Extrudieren oder Lack-, Kleber-, Wachskaschieren)

[VDI, 1997]

11. Verpackungs-Tiefdruck allgemein

11.1 Druckprinzip

Der Verpackungs-Tiefdruck basiert auf dem gleichen Grundprinzip der vertieft liegenden, farbführenden Druckform, wie der Illustrations-Tiefdruck. Eine Besonderheit der Verpackungs-Tiefdruckanlagen sind die variablen Umfänge der Formzylinder.

Die Druckmaschinen sind ähnlich aufgebaut wie im Reihenbau-Flexodruck. Sie umfassen bis zu 10 Druckwerke mit Farbversorgung, Druckwerkstrockner und Papierbahnführung.

Die Druckwerke umfassen im wesentlichen Druckformzylinder, Rakel, Presseur und bei neuen Maschinen auch integrierte vollautomatische Wascheinrichtungen für Walzen und Druckform. Die Druckwerke sind gekühlt und teilweise gekapselt.

Je nach Bedruckstoff kommen lösemittel- oder wasserbasierte Farben, Lacke und Kleber zur Anwendung. Die installierten Absaugvorrichtungen und das Abluftsystem mit Abluftreinigung werden entsprechend der Farbsystemwahl ausgelegt.

11.2 Betriebe & Druckanlagen

Der Verpackungstiefdruck wird von vergleichsweise wenigen, meist großen, spezialisierten Druckereien beherrscht (weniger als 100 Betriebe).

Der Verpackungstiefdruck kommt aufgrund der vergleichsweise teuren, aber haltbaren Druckformen bei auflagenstarken Verpackungen zum Einsatz. Weitere Merkmale des Verpackungstiefdrucks sind: Mehrfarbendrucke mit brillanter Bildwirkung durch feine Raster (80er), die fast immer integrierte Nass-in-nass-Lackierung und die relativ freie Wahl der Bedruckstoffe.

Bis auf wenige Ausnahmen wird auf Rollen-Rotationsmaschinen gedruckt. Bogen-Tiefdruckmaschinen sind dagegen relativ gering verbreitet. Die folgende Darstellung zeigt die installierte Maschinenbasis.

Tabelle 18: Maschinentypen im Verpackungs-Tiefdruck

Maschinentyp	Anzahl der Maschinen	Anzahl der Druckwerke	wasserbasiert	lösemittelbasiert
Rollen-Anlagen	ca. 200	ca. 1.400	ca. 10 – 20%	ca. 80 - 90%
Bogenmaschinen	gering	gering	gering	gering

[Windmüller & Hölscher, 1998]

12. Verpackungs-Tiefdruck lösemittelbasiert (Masch. Konst. 311)

12.1 Farbsysteme

Wichtigstes Lösemittel im Verpackungstiefdruck ist Ethylacetat. Weiter kommen IPA, Ethanol, Aceton und Cyclohexanon bei PVC-Bedruckstoffen, Methoxypropanol, Ethoxypropanol, Methylisobutylketon, n-Propanol und andere VOC-Stoffe zum Einsatz. Die folgende Tabelle zeigt Durchschnittswerte einer Basisrezeptur.

Tabelle 19: Durchschnittliche Basisrezeptur für lösemittelbasierte Verpackungs-Tiefdruckfarben

Bestandteil	Inhaltstoffe	Anteil (Gew.%)
Bindemittel		
- Lösemittelkomponente	4/6 Alkohole (z.B. Ethanol, Aceton) 1/6 Ethylacetat 1/6 Hochsiedende Mineralöle	50 - 60%
- Bindemittelkomponente	Cellulosederivate (z.B. Nitrocellulose)	15 - 20%
Farbmittel	anorganische Pigmente, organische Pigmente	10 - 15%
Farb-Hilfsmittel	z.B. Weichmacher, Komplexbildner (EDTA)	1 - 6%
Physik. Eigenschaften: Festkörpergehalt: 25 - 40%; unterer Heizwert: ca. 25 MJ/kg; Flammpunkt < 21°C		

[Ökopol GmbH / B.A.U.M., 1997]

Für die Wasch- und Reinigungsarbeiten werden vor allem die Lösemittel verwendet, die als oben genannte Lösemittelkomponenten in den Farben enthalten sind.

12.2 Produkte und Bedruckstoffe

Bis auf Wellpappe werden alle Bedruckstoffe und Verbundmaterialien mit sehr hohen Auflagen verarbeitet. Entscheidender Vorteil der lösemittelbasierten Farbsysteme liegt in den auf vielen unpolaren Bedruckstoffen realisierbaren, spezifischen Echtheiten bezüglich Scheuerfestigkeit, Fettbeständigkeit, Heißsiegelechtheit und Lackierbarkeit. Schwerpunkte bilden Verbundpackstoffe mit Überdrucklack und Applikationen von aluminiumbeschichteten Verbundmaterialien.

12.3 VOC-relevante Einsatzstoffe

Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl typischer VOC-relevanter Einsatzstoffe und ihre Anwendungsbereiche.

Tabelle 20: VOC-relevante Einsatzstoffe im lösemittelbasierten Verpackungs-Tiefdruck

Stoff	Dampfdruck	Einsatzzweck	Spezifische Einsatzmenge [in Gew.% der eingesetzten Farbe]
Ethanol	59 hPa	Lösemittel in Farbe, Trocknungsbeschleuniger, Reinigungsmittel	VOC in Farbe: 60,0%
Isopropanol	43 hPa	Lösemittel in Farbe, Reinigungsmittel	VOC als Verdünner, Trocknungsbeschleuniger, -verzögerer: 101,0%
Ethylacetat	92 hPa	Verdünner, Reinigungsmittel	VOC als
Isopropylacetat	61 hPa	Verdünner	Reinigungsmittel: 17,0%
Methylethylketon (MEK)	105 hPa	Trocknungsbeschleuniger	
Toluol	29 hPa	Trocknungsverzögerer	
Methylisobutylketon (MIBK)	21 hPa	Trocknungsverzögerer	
n-Butanol	12 hPa	Trocknungsverzögerer	
Methoxypropanol	11 hPa	Trocknungsverzögerer	
Ethoxypropanol	6,5 hPa	Trocknungsverzögerer	
verschiedene Ester		Weichmacher (Verbesserung der Flexibilität und Haftfestigkeit) in Druckfarben und bei Hilfsmitteln	
[HPV, 1998]			[Ökopol, 1999]

12.4 Genehmigungspflichten

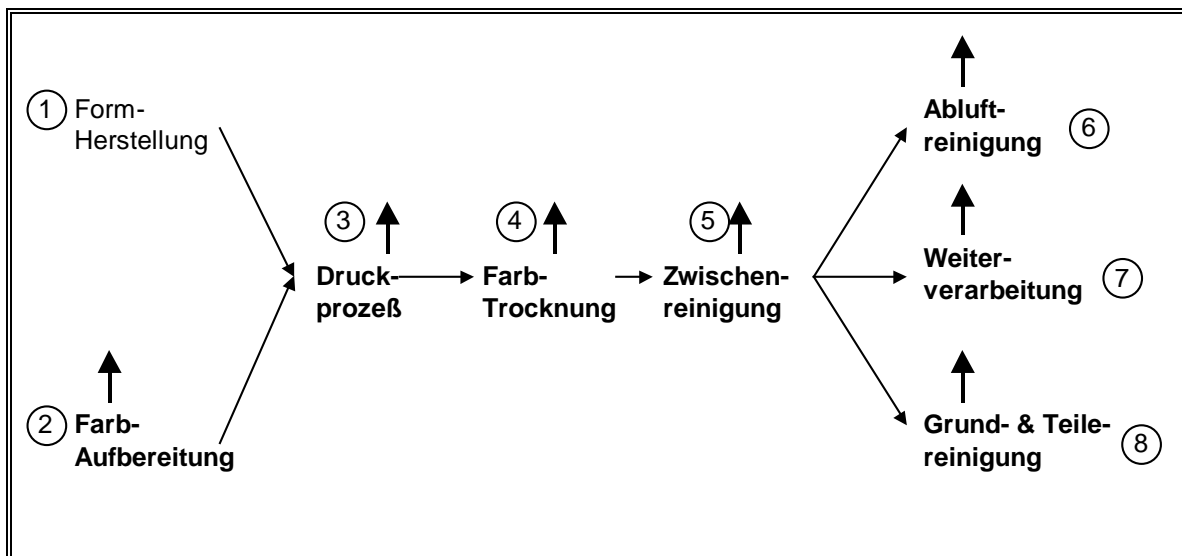
Verpackungs-Tiefdruckanlagen, in denen lösemittelbasierte Farben zum Einsatz kommen, sind nach 4. BlmschV (Ziff. 5.2) genehmigungspflichtig. Der Schwellenwert, ab dem eine Genehmigungspflicht besteht, liegt bei Farben, die mehr als 50 Gew.% Ethanol enthalten bei 50 kg Lösemitteln einsetz pro Stunde, für andere Farben bei 25 kg/h. Für ethanolbasierte Farben gilt bis unter 500 kg/h das vereinfachte, darüber das normale Genehmigungsverfahren. Bei anderen Farben liegt diese Grenze bei 250 kg/h.

Die im lösemittelbasierten Verpackungstiefdruck eingesetzten Lösemittel fallen überwiegend in Klasse III der TA Luft, so dass sich hier ein einzuhalten der Emissionswert von 150 mg/m³ ergibt, falls der Schwellenwert von 3,0 kg Emissionen pro Betriebsstunde erreicht wird.

12.5 Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz

12.5.1 Emissionsquellen

Abbildung 12: VOC-Emissionsquellen im lösemittelbasierten Verpackungs-Tiefdruck



[ÖKOPOL 1999]

1. Form-Herstellung: Die Herstellung von Tiefdruckzylindern für den Verpackungstiefdruck erfolgt heute nur noch in geringem Maß in Druckbetrieben, da der überwiegende Anteil dieser Druckformen von spezialisierten Dienstleistern zugeliefert werden. VOC-haltige Mittel werden bei der Zylinderherstellung und insbesondere bei der Zylinderkorrektur praktisch ausschließlich zu Reinigungszwecken eingesetzt. Hier kommen meist die in den jeweiligen Farbsystemen verwendeten Lösemittel zum Einsatz. Bei der anschließenden elektrolytischen Entfettung wird teilweise eine etwa 5%-ige Ethanol- oder Methanollösung verwendet, um die Oberflächenspannung herabzusetzen. Ein großer Teil dieser Lösemittel verdunstet, der übrige Teil gelangt ins Abwasser. Da die Korrekturplätze aus Arbeitsschutzgründen mit Abluftabsauganlagen ausgestattet sind, werden die verdunstenden VOC üblicherweise erfasst und über Dach abgeleitet. Aufgrund der stark schwankenden Abluftbelastungen scheidet die Zuführung zur Abluftreinigungsanlage meist aus.

2. Farb-Aufbereitung:
Bei der Aufbereitung der Farbe in der Farbküche selbst und an den Lösemittelzapfstationen verdunsten bei offener Arbeitsweise Lösemittel. Durch gekapselte Farbversorgungs-Systeme

lassen sich die Verdunstungsverluste erheblich senken. Derartige Anlagen sind aber nur in einem Teil der Betriebe installiert. Betriebsgröße, Auftragsstruktur, Sorgfalt und Erfahrung des Personals beeinflussen die Höhe der Emissionen.

3. Druckprozess:

Beim Druckvorgang selbst lassen sich Emissionen nicht vollständig vermeiden. Die eingesetzten Lösemittel verdunsten sehr rasch (hohe Dampfdruck-Kennzahlen) und die Farbwerke können aus technischen Gründen nicht voll gekapselt werden.

4. Farb-Trocknung:

Die flüchtigen Lösemittel aus der Druckfarbe und den Zusätzen verdunsten bestimmungsgemäß im Trocknungskanal. Durch Unterdruck wird der größte Anteil der frei werdenden VOC der Abluftreinigung zugeführt. Je nach Kapselung und Luftführung entweichen im Druckprozess und bei der Farbtrocknung etwa 20% der eingesetzten VOC diffus.¹⁷

5. Zwischenreinigung:

Für Zwischenreinigungen der farbführenden Teile, insbesondere des Druckzylinders und der Rakel, kommen die Lösemittel zum Einsatz, die auch Bestandteil der Druckfarbe sind. Bei der Zwischenreinigung wird die Abluft der Anlagen meist im Bypass an der Abluftreinigung vorbei geführt, da die Lösemittelbeladungen zu inkonstant sind und Brandgefahr aufgrund von Lösemittelpeaks besteht.

6. Abluftreinigung:

Etwa 90% der Tiefdruckanlagen, die mit lösemittelbasierten Farbsystemen arbeiten, sind mit Abluftreinigungsanlagen ausgestattet. Es handelt sich zu ca. 85% um thermische oder katalytische Nachverbrennungsanlagen. Diese Anlagen haben in der Praxis Abscheidegrade von ca. 95%. Auch die übrigen Anlagen auf Basis von Adsorbern erreichen bei gutem Wartungszustand derartige Abscheidegrade.

7. Weiterverarbeitung:

Je nach Art und Stoffzusammensetzung entstehen bei Inline-Weiterverarbeitungen lösemittelhaltige Emissionen, insbesondere bei lösemittelhaltigen Lackkaschierungen und teils sehr hohen Hilfsmittelzusätzen. Diese Emissionen entweichen überwiegend diffus.

8. Grund- & Teilereinigung:

Die Höhe der Emissionen aus den Grundreinigungsarbeiten an Farbwerksteilen, wie Druckzy-

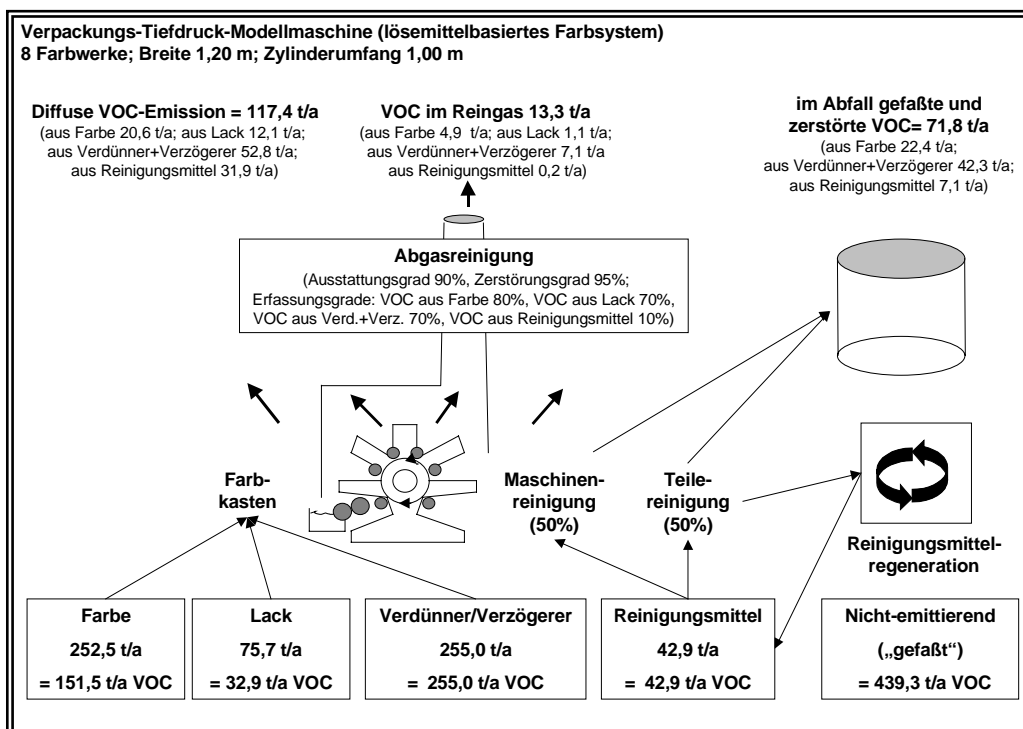
¹⁷ Es handelt sich um einen Durchschnittswert, der auch die älteren, vergleichsweise schlechter gekapselten Anlagen mit umfasst. Der Erfassungsgrad bezieht sich auf das Verhältnis zwischen in den Farbvorlagebehältern an der Maschine bereitgestellten VOC und den in der Abluft enthaltenen Anteilen.

linder, Farbkammer und Rakel, hängt ab vom Handling, von der Reinigungshäufigkeit und der Anzahl der zu reinigenden Farbwerke.

12.5.2 Emissionsbilanz

Für eine typische Modellmaschine ergibt sich auf Basis der im Projektrahmen durchgeführten Datenerhebung das folgende Einsatz- und Emissionsschaubild.

Abbildung 13: VOC-Bilanz einer Verpackungs-Tiefdruckmaschine (lösemittelbasiert)



12.6 Minderungsmaßnahmen

12.6.1 Maßnahmen-Nr.: 311-1 Verbesserte Handhabung von Reinigungsmitteln

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit Reinigungsmitteln

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschluszustandes von Behältern für Reinigungsmittel und Putztücher können VOC-Emissionen vermieden werden. Der sparsame Umgang mit Reini-

gungsmitteln bei der händischen Maschinenreinigung führt zur Verbrauchsminderung, da Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert auch mangelnde Bereitschaft der Belegschaft die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **654 t/a**, dies entspricht 30% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Verpackungs-Tiefdruckmaschinen, die mit lösemittelbasiertem Farbsystem betrieben werden (2.180 t/a, Maschinenkonstellation 311).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme von 100% der Betriebe umgesetzt wird und mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 30% verbunden ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist neben dem VOC-Reduktionspotential mit keinen weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn Unterweisungen der Mitarbeiter durchgeführt werden.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 15 Personen	400 DM	
Anteilige Instruktorkosten für 9 Drucker	240 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 9 Drucker je 4 Stunden	3.600 DM	
Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre		+ 1.280 DM/a
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit (Ethanol, Ethylacetat o.ä.)	1,20 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (30%)	16.395 l/a	
Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang		- 19.674 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 1.910 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der lösemittelbasierten Verpackungs-Tiefdruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 9,63 t/a einhergeht.

12.6.2 Maßnahmen-Nr.: 311-2 Einsatz VOC-reduzierter Reinigungsmittel

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf Reinigungsmittel mit einem reduzierten VOC-Anteil

Minderungswirkung

Durch den Einsatz von VOC-reduzierten Reinigungsmitteln kann ein Teil der VOC-Emissionen aus Reinigungsmitteln vermieden werden.

VOC-reduzierte Reinigungsmittel enthalten zur Anlösung von Verschmutzungen beispielsweise Anteile von 5-15% Glykol; auf dem Markt werden Gemische auf Wasserbasis (mit Kohlenwasserstoff- und Ester-Anteilen) sowie Produkte auf Pflanzenölbasis angeboten.

Die Flüchtigkeit der VOC-reduzierten Reinigungsmittel ist gegenüber dem Einsatz von Alkoholen und leicht flüchtigen Benzinen als Reinigungsmittel mit deutlich verminderten VOC-Emissionen verbunden, da die flüchtigen Anteile wesentlich verringert sind.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem sind einerseits die grundlegend andersartige Handhabung sowie technische Schwierigkeiten zu benennen. Aus diesen Gründen gibt es bislang praktisch keine Referenzanwendungen in der Betriebspraxis. Darüberhinaus sind die angebotenen Mittel teurer als die derzeit üblichen Reinigungsmittel.

Die andersartige Handhabung ist durch die geringe Flüchtigkeit und durch die farbfremden Bestandteile der Mittel begründet. Zum einen bedeutet dies, dass ein erhöhter Zeitaufwand zur Reinigung erforderlich ist (längere Einwirkzeit notwendig), zum anderen ist bei der Handreinigung eine größere Sorgfalt notwendig, da versehentlich ins Farbsystem gelangende Tropfen zu Störungen führen können.

Diese Getrennthaltung von Reinigungsmitteln und Farbe ist bei einigen Druckwerkskonstruktionen technisch bedingt nur schwer einzuhalten. Aus diesem Grund ist in der ersten Linie der Einsatz in der händischen Teilereinigung außerhalb der Druckmaschinen praktikabel. Dabei müssen allerdings Materialverträglichkeiten u.a. in Bezug auf den Korrosionsschutz berücksichtigt werden.

Beim Einsatz von hochsiedenden Reinigungsmitteln auf Pflanzenölbasis besteht bei unsachgemäßer Anwendung (Tropfverluste) eine erhöhte Rutschgefahr, der durch erhöhte Sorgfalt begegnet werden muß.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **65 t/a**, dies entspricht 3% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmittel-Einsatz in Verpackungs-Tiefdruckmaschinen, die mit einem lösemittelbasierten Farbsystem betrieben werden (2.180 t/a, Maschinenkonstellation 311).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der Anteil VOC-reduzierter Reinigungsmittel liegt in dieser Maschinenkonstellation derzeit bei etwa 0%. Aufgrund der benannten grundlegenden Einführungsprobleme erscheint eine Erhöhung des Anteils auf 3% innerhalb der nächsten 10 Jahre im lösemittelbasierten Verpackungstiefdruck als realistische Marge. Hier wird davon ausgegangen, dass nach einer Umstellung der händischen Reinigungsprozesse ca. 10% der insgesamt in einer Druck-Anlage eingesetzten Reinigungsmittel aus derartigen Hochsiedern bestehen können und dass eine solche Umstellung in etwa 30% der Anlagen sinnvoll umsetzbar ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion in untergeordnetem Maße zu einer Belastung auf der Abfall- oder Abwasserseite.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich schwer erschließbar, da mit der Einführung technische Nachteile verbunden sind, denen neben der VOC-Reduzierung und einem erhöhten Gesundheitsschutz keine weiteren Vorteile gegenüber stehen.

Die erfolgreiche Realisierung setzt die Zusammenarbeit zwischen Maschinenherstellern und Reinigungsmittellieferanten voraus, um praxisnahe technische Lösungskonzepte für eine sinnvolle Handhabung dieser Mittel an den Maschinen zu finden. Entsprechende Lösungen wären dann über erfolgreiche Referenzanwendungen und die entsprechende Publikationen bekannt zu machen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen folgende Umstellungskosten:

Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird für die Modellmaschine von einem jährlichen Verbrauch von ca. 42,9 t/a Reinigungsmittel, dies entspricht 54.650 Litern, ausgegangen. Nach der Einführung VOC-reduzierter Reinigungsmittel sinkt an der Modellmaschine der jährliche Einsatz konventioneller Reinigungsmittel um 10% auf 49.185 Liter bei gleichzeitigem Verbrauch von 5.465 Litern VOC-reduzierter Reinigungsmittel.

Jährlicher Minderverbrauch konventioneller Reinigungsmittel (10%)	5.465 l/a	
Kosten je Liter Reinigungsmittel (z.B. Ethylacetat, Ethanol)	1,20 DM/l	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch konventioneller Reiniger		- 6.558 DM/a
Jährlicher Mehrverbrauch VOC-reduzierter Reinigungsmittel	5.465 l/a	
Kosten je Liter VOC-reduziertes Reinigungsmittel	10,00 DM/l	
Jährliche Mehrkosten durch VOC-reduzierte Reinigungsmittel		+ 54.650 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 50.096,- DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme innerhalb der nächsten 10 Jahre bei 30% der lösemittelbasierten Verpackungs-Tiefdruckanlagen mit einer 10%-igen Minderung der VOC-Emissionen durch Reinigungsmittel verbunden ist und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,96 t/a einhergeht.

12.6.3 Maßnahmen-Nr.: 311-3 Zylinderwaschanlagen mit optimierter Kapselung

Kurz-Beschreibung

Einsatz von automatischen Zylinderwaschanlagen mit optimierter Kapselung

Minderungswirkung

Optimal gekapselte Waschanlagen sind mit einer Lösemittelabschottung und einem optimierten Innenraum ausgestattet, so dass die diffusen Emissionen beim Öffnen der Anlage vermindert werden. Durch eine höhere Effizienz gegenüber der Handreinigung bzw. gegenüber Altanlagen wird der Reinigungsmittelverbrauch und die daraus resultierenden VOC-Emissionen vermindert.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der Investitionskostenbedarf zu nennen.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **82 t/a**, dies entspricht 4% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Verpackungs-Tiefdruckmaschinen, die mit lösemittelbasiertem Farbsystem betrieben werden (2.180 t/a, Maschinenkonstellation 311).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass automatische Waschanlagen derzeit bereits bei 50% der Anlagen installiert sind und der Ausstattungsgrad in den kommenden 10 Jahren auf 65% steigt. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 50% gegenüber der händischen Reinigung bzw. gegenüber Altanlagen verbunden ist. Für die Teilereinigung wird ein Anteil von 50% der Gesamteinsatzmenge aller Reinigungsmittel angenommen, so dass die Emissionsminderung der Maßnahme nur bei diesem Anteil wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Es kommt zu keinen relevanten weiteren Umweltwirkungen.

Erschließbarkeit

Die Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar, sie hängt jedoch vom ordnungsrechtlichen Rahmen ab. Wenn im Bereich der Teilereinigung erhöhte Arbeitsschutzanforderungen gestellt werden, bewirkt dies einen verstärkten Einsatz von Zylinderwaschanlagen mit optimierter Kapselung.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Zylinderwaschanlage mit optimierter Kapselung	120.000 DM	
Jährliche Kosten bei AfA 7 Jahre		+ 17.143 DM/a
Jährlicher Minderverbrauch Reinigungsmittel (25%)	13.662 l/a	
Kosten je Liter Reinigungsmittel (z.B. Ethylacetat, Ethanol)	1,20 DM/l	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch Reinigungsmittel		- 16.394 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 93 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 15% der lösemittelbasierten Verpackungs-Tiefdruckanlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 1,20 t/a verbunden ist.

12.6.4 Maßnahmen-Nr.: 311-4 Anschluß von Waschplätzen und Waschanlagen an die Abluftreinigung

Kurz-Beschreibung

Anschluß der Zylinderwaschanlage sowie der Waschplätze zur Handreinigung an die Abluftreinigungsanlage

Minderungswirkung

Diffuse VOC-Emissionen, die bei der Teilereinigung entstehen, werden der Abluftreinigungsanlage zugeführt und dort zerstört.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der Investitionskostenbedarf zu nennen. Da bei der Abluft der Teilereinigung Lösemittel-Peaks auftreten können, müssen aus Gründen des Explosionsschutzes entsprechende Peak-puffer einschließlich der entsprechenden Regelungstechnik installiert werden. Die Maßnahme erfordert darüber hinaus vielfach eine Kapazitätserweiterung der Abluftreinigungsanlage.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **245 t/a**, dies entspricht 11% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Verpackungs-Tiefdruckanlagen, die mit einem lösemittelbasierten Farbsystem betrieben werden (2.180 t/a, Maschinenkonstellation 311).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass ein Anschluss von Waschplätzen und Zylinderwaschanlagen an die Abluftreinigungsanlage derzeit bereits bei 20% der Anlagen erfolgt ist und der Ausstattungsgrad in den kommenden 10 Jahren auf 45% steigt, so dass die Maßnahme anteilig bei $25/80 = 31\%$ der Branchenemissionen VOC-reduzierend wirksam wird. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme gegenüber Arbeitsplätzen bzw. Waschanlagen, die nicht an die Abluftreinigung angeschlossen sind, mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 90% verbunden ist. Für die Teilereinigung werden etwa 50% der Gesamtmenge der eingesetzten Reinigungsmittel verwendet, so dass die VOC-Reduktion nur bei diesem Anteil der Emissionen wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion ggf. zu einem erhöhten Energiebedarf für die Abluftreinigung, da die Beladung der Abluft mit Lösemitteln vermindert wird und somit die Effizienz der Abluftreinigung sinkt.

Erschließbarkeit

Die Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar, der Installationsaufwand ist allerdings stark von den jeweiligen räumlichen Gegebenheiten und der installierten Abluftreinigungsanlage abhängig.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Kosten der Anschlüsse an die Abluftreinigungsanlage	+ 60.000 DM
(Grobe Abschätzung für Peak-Puffer, Regeltechnik und ARA-Anpassung)	
Jährliche Investitionskosten bei AfA 7 Jahre	+ 8.571 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 594 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme in den nächsten 10 Jahren an 25% der lösemittelbasierten Verpackungs-Tiefdruckanlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 3,61 t/a einhergeht.

12.6.5 Maßnahmen-Nr.: 311-5 Umstellung auf UV-Farbsystem

Kurz-Beschreibung

Umstellung der eingesetzten Farben und Trocknungssysteme auf UV-Farbsystem

Minderungswirkung

Lösemittlemissionen aus dem Farbsystem werden bei einer Umstellung auf UV-härtende Farben vollständig vermieden. Dies betrifft sowohl die Lösemittlemissionen aus den Farben selbst als auch die Emissionen aus dem Einsatz von Verdünner und Verzögerer.

Umsetzungsprobleme

Derzeit werden Verpackungstiefdruckanlagen nicht mit UV-härtenden Farbsystemen betrieben, da grundlegende technische Probleme aufgrund zu hoher Farbviskositäten bestehen. Die Umstellung auf UV-härtende Farbsysteme wäre mit Investitionskosten und erhöhten Betriebskosten aufgrund des zusätzlichen Energieverbrauchs der Trockner verbunden.

Weitere Umstellungsprobleme können insbesondere bei Lebensmittelverpackungen auftreten, wenn hohe Anforderungen an die Echtheiten der Farben gestellt werden. Die Echtheiten können jedoch möglicherweise durch den Auftrag einer zusätzlichen Wasserlackschicht gewährleistet werden.

Des Weiteren kann die Umstellung mit Problemen bei der Einhaltung konstanter Trocknungstemperaturen verbunden sein. Da die farbhärtende UV-Strahlung von bestimmten Farbpigmenten besonders stark reflektiert wird, können Trocknungsprobleme beim flächigen Farbauftrag auftreten, insbesondere bei Weiß, teilweise jedoch auch beim Auftrag von Blau und Schwarz.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential der Maßnahme beläuft sich auf **335 t/a**, dies entspricht 5% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungs-Tiefdruckanlagen, die derzeit mit lösemittelbasiertem System betrieben werden (6.699 t/a, Maschinenkonstellation 311).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass derzeit keine Verpackungs-Tiefdruckanlagen mit UV-härtenden Farbsystemen arbeiten, dass es aber in den nächsten 10 Jahren durch technologische Weiterentwicklung der UV-Farbsysteme bei 5% der derzeit mit lösemittelbasierten Systemen arbeitenden Tiefdruckanlagen eine Umstellung auf UV-Farben zu realisieren, was eine vollständige Vermeidung der Emissionen aus dem Farb- und Lacksystem bewirkt.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential ist die Maßnahme mit einem erhöhten Strombedarf zum Betrieb der UV-Trockner verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar, jedoch davon abhängig, ob die technologische Entwicklung von UV-basierten Tiefdruck-Farbsystemen gelingt. Die Entwicklung ist darüberhinaus davon abhängig, in welchem Maße die bestehenden Vorbehalte gegenüber UV-Farbsystemen bei den Verpackungskunden ausgeräumt werden können.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die Berechnung der Umstellungskosten an der angesetzte Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) wurde auf die Umrüstkosten für vergleichbare Flexodruckanlagen zurückgegriffen, da für Tiefdruckanlagen bisher keine entsprechenden technischen Aggregate auf dem Markt sind.

Umrüstung auf UV-Trocknungssysteme (mit 10 UV-Trocknern)	120.000 DM
Jährliche Abschreibungskosten für die Umrüstungsinvestition (AfA 7 Jahre)	+ 17.143 DM/a

Die eventuellen Mehrkosten beim Einkauf von Farben lassen sich nicht beziffern, da die Farbpreise (bisher für den Flexodruck geltend) je nach Anforderung und Vertragsbedingungen mit dem Farblieferanten hohe Spannbreiten aufweisen können. Näherungsweise wird davon ausgegangen, dass die um ca. 100% höheren Kosten pro Kilogramm UV-Farbe in etwa ausgeglichen werden durch den höheren Festkörperanteil der UV-Farbe pro Kilogramm, durch verminderte UV-Farbschicht-Aufträge sowie durch den Wegfall der Verdünner/Verzögerer-Einkäufe.

Mit den genannten ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von (+) **1.739 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme in den nächsten 10 Jahren an 5% der (lösemittelbasierten) Tiefdruckanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 4,93 t/a erreicht wird.

12.6.6 Maßnahmen-Nr.: 311-6 Umstellung auf wasserbasiertes Farbsystem

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf wasserbasiertes Farb- und Lacksystem

Minderungswirkung

Die Umstellung auf wasserbasierte Systeme vermeidet einen Teil der VOC-Emissionen aus dem Farb- und Lacksystem. Die Umstellung geht jedoch in der Regel mit einer Stilllegung der Abluftreinigungsanlage einher, so dass die in wasserbasierten Farben und Lacken enthaltenen VOC-Anteile vollständig diffus emittieren.

Umsetzungsprobleme

Insbesondere beim Bedrucken von nicht saugenden Bedruckstoffen (z.B. Kunststofffolien) ist mit Umstellungsproblemen bei der Farbtrocknung zu rechnen. Anwendungsbeschränkungen können sich auch bezüglich Echtheit und Beständigkeit der wasserbasierten Farben (z.B. bei Lebensmittelverpackungen) ergeben. Aufgrund der bestehenden Kostenvorteile (insbesondere durch die einfachere Anlagentechnik) beim Einsatz wasserbasierter Farben ist davon auszugehen, dass der überwiegende Anteil der in diesem Druckverfahren sinnvoll produzierbaren Produkte bereits derart gedruckt wird. Weitere Umstellungspotentiale finden sich somit nur in einem schmalen Produktsegment, in welchem sich durch technologische Weiterentwicklungen der wasserbasierten Farbsysteme das technologisch zu präferierende Druckverfahren verändert (z.B. im Bereich des Foliendrucks).

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren mit der Maßnahme erreichbare VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **471 t/a**, dies entspricht 7% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungs-Tiefdruckanlagen, die derzeit mit lösemittelbasierten Systemen betrieben werden (6.699 t/a, Maschinenkonstellation 311).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der VOC-Anteil lösemittelbasierter Farbsysteme liegt derzeit bei etwa 60% mit einem Emissionsanteil von 16,8%; zusätzlich emittiert ein Anteil von 23,5% der VOC-relevanten Hilfsstoffe (Verdüner und Verzögerer, Einsatzmenge = 101% der Farbmenge), so dass sich eine Gesamtemission von 17% der Einsatzstoffe des Farbsystems ergibt. Beim wasserbasierten Farbsystem beträgt der (vollständig emittierende) VOC-Anteil etwa 5%, so dass die Umstellungsmaßnahme einen Anteil von

12/17 = 70% der VOC-Emission aus dem Farbsystem vermeidet. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme innerhalb der nächsten 10 Jahre aufgrund technologischer Weiterentwicklungen der wasserbasierten Farbsysteme bei 10% der (derzeit lösemittelbasiert arbeitenden) Verpackungs-Tiefdruckanlagen umgesetzt wird, so dass sich eine Reduzierung der Gesamtemissionen von 7% ergibt.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist neben der VOC-Reduktion mit einem erhöhten Strombedarf zur Farbtrocknung sowie ggf. mit zusätzlichen Abwasserbelastungen aus wasserbasierten Reinigungsvorgängen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar. Allerdings ist dies sehr stark von der technologischen Weiterentwicklung der wasserbasierten Farbsysteme sowie der Marktentwicklung auf der Produktseite abhängig.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) sind die folgenden einmaligen Umstellungsinvestitionen notwendig. Da es sich um Investitionen in grundlegende Produktionsanlagen handelt, wird von einer AfA von 7 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an. Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird an der Modellmaschine von einem jährlichen Hilfsstoff-Verbrauch (Verdünner, Verzögerer) von 255 t/a, dies entspricht etwa 324.840 l/a und einem Reinigungsmittel-Verbrauch von 42,9 t/a (54.650 l/a) ausgegangen. Durch die Umstellung auf ein wasserbasiertes System kann der Hilfsstoffverbrauch entsprechend der Daten aus der Branchenerhebung auf 5 t/a (Verdünner und Verzögerer), dies entspricht 6.369 l/a und der Reinigungsmittelverbrauch auf 25,2 t/a (ca. 32.102 l/a) vermindert werden. Für weitere Umstellungsinvestitionen liegen keine verallgemeinerbaren Daten vor.

Einsparung durch verminderten Hilfsstoffeinsatz (318.471 l/a à 1,20 DM)- 382.165 DM/a

Einsparung durch verminderten Reinigungsmittelbedarf (22.548 l/a à 1,20 DM)- 27.058 DM/a

Ohne Einbeziehung der Umstellungskosten für den Umbau der Trocknungsaggregate ergibt sich aus den genannten ökonomischen Grunddaten eine VOC-Kosteneffizienz von **(-) 5.905 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 10% der (derzeit lösemittelbasiert arbeitenden) Verpackungs-Tiefdruckanlagen umgesetzt wird und an der Modellmaschine mit einer VOC-Reduktion von 6,93 t/a verbunden ist.

12.6.7 Maßnahmen-Nr.: 311-7 Verbesserter Umgang mit VOC-haltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit lösemittelhaltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen wie Verdüner und Verzögerer

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschlusszustandes von Behältern können VOC-Emissionen vermieden werden. Durch den sorgfältigen Umgang mit Hilfsstoffen z.B. bei der händischen Zuführung von Verdünnern und Verzögerern können Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert teilweise auch mangelnde Motivation der Belegschaften die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren zu erwartende VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **654 t/a**, dies entspricht 10% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungs-Tiefdruckanlagen, die mit lösemittelbasiertem System betrieben werden (6.699 t/a, Maschinenkonstellation 311).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass die Maßnahme in den nächsten 10 Jahren an 100% der Verpackungs-Tiefdruckanlagen umgesetzt wird und eine Reduzierung der VOC-Emissionen aus dem Farb- und Lacksystem von 10% bewirkt.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn entsprechende Unterweisungen der Mitarbeiter erfolgen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) ist die Maßnahme mit den folgenden Umstellungskosten verbunden:

Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 15 Personen	400 DM	
Anteilige Instruktorkosten für 9 Drucker	240 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 9 Drucker je 4 Stunden	3.600 DM	
Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre		+ 1.280 DM/a
Kosten je Liter Verdünner/Verzögerer derzeit	1,20 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (10%)	12.561 l/a	
Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang		- 15.073 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 1.399 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der lösemittelbasierten Verpackungs-Tiefdruckanlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 9,86 t/a einhergeht.

12.6.8 Maßnahmen-Nr.: 311-8 Automatische Lösemittelzuführung

Kurz-Beschreibung

Verminderung der händischen Zufuhr von Verdünnern/Verzögerern durch automatische Lösemittelzuführung über ein verrohrtes System

Minderungswirkung

Die automatische Zuführung von Lösemitteln verringert einen Teil der diffusen VOC-Emissionen bei der Einstellung der Farbviskosität im Farbkasten. Die diffusen Emissionen entstehen derzeit durch Verdunstungsverluste bei der händischen Zuführung.

Umsetzungsprobleme

Bei Altanlagen ist die Maßnahme mit hohen Investitionskosten verbunden, denen jedoch verringerte Hilfszeiten gegenüberstehen.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren mit der Maßnahme erreichbare VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **107 t/a**, dies entspricht 2% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungs-Tiefdruckanlagen, die mit lösemittelbasierten Systemen betrieben werden (6.699 t/a, Maschinenkonstellation 311).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass die VOC-Emissionen aus der Viskositätseinstellung etwa 20% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem betragen und durch die Maßnahme eine Reduzierung der Emissionen um 20% erreicht wird. In den nächsten 10 Jahren ist eine Erhöhung des derzeit bei 10% liegenden Ausstattungsgrades um 40% erreichbar, so dass die Umsetzung der Maßnahme bei diesem Branchenanteil VOC-wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Die Erschließung des Minderungspotentials bedarf keiner Zusatzaktivitäten, da mit dem Anlagenaustausch ein automatischer Trend zum Einbau von verrohrten Lösungsmittelzufuhrsystemen einhergeht.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) sind mit der Umsetzung der Maßnahme die folgenden Kosten verbunden. Da es sich bei den Zuführungssystemen um die Investition in ein grundlegendes Anlagenzubehör handelt, wird ein Abschreibungszeitraum von 7 Jahren angesetzt.

Investitionskosten für eine Zuführungsleitung	8.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten für 8 Zuführungsleitungen (AfA 7 Jahre)		+ 9.143 DM/a
Einsparung durch Minderverbrauch Verdünner (4%)	5.024 l/a	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch Verdünner (1,20 DM/l)		- 6.029 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**
789 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 40% der lösemittelbasiert arbeitenden Verpackungs-Tiefdruckanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und an der Modellmaschine mit einer VOC-Reduktion von 1,58 t/a verbunden ist.

12.6.9 Maßnahmen-Nr.: 311-9 Verbesserte Kapselung von Farbsystemen und Trocknern

Kurz-Beschreibung

Einbau einer verbesserten Kapselung von Farbsystemen und Trocknern

Minderungswirkung

Durch eine Optimierung der Kapselung und der Luftführung in den Trocknern können die diffusen, nicht von der Abluftreinigung erfaßten Emissionen aus den Farbwerken vermindert werden.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist insbesondere der hohe Investitionskostenbedarf bei der Nachrüstung von Altanlagen zu benennen. Die Zugänglichkeit der Anlage wird durch die verbesserte Kapselung eingeschränkt, so dass teilweise erhöhte Hilfszeiten auftreten.

An den heute angebotenen Druckanlagen sind die benannten Optimierungsmaßnahmen vielfach umgesetzt und Stand der Technik.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren mit der Maßnahme erreichbare VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **750 t/a**, dies entspricht 11% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungs-Tiefdruckanlagen, die mit lösemittelbasierten Systemen betrieben werden (6.699 t/a, Maschinenkonstellation 311).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass etwa 80% der Emissionen aus dem Farb- und Lacksystem in der Druckanlage entstehen und bei einer ungenügenden Kapselung von der Abluftreinigung nur etwa 70% der Emissionen erfasst werden. Eine verbesserte Kapselung ist mit einer Erhöhung des Erfassungsgrades auf 90% verbunden. Somit werden $20/30 = 67\%$ der Emissionen aufgrund ungenügender Kapselung in der Druckanlage vermindert. Etwa 30% der lösemittelbasierten Tiefdruckanlagen sind derzeit ungenügend gekapselt, so dass die Maßnahme nur bei diesem Teil der Anlagen VOC-wirksam umgesetzt werden kann. In den nächsten 10 Jahren erscheint eine verbesserte Kapselung bei 70% der derzeit ungenügend gekapselten Anlagen erreichbar.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Umsetzung der Maßnahme keine weiteren Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Zur Erschließung des Minderungspotentials sind keine Zusatzaktivitäten notwendig, da mit dem Anlagenaustausch ein automatischer Trend zum Einbau gekapselter Farbsysteme und Trockner einhergeht.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Die Maßnahme ist an der Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) mit den folgenden Umrüstungskosten verbunden.

Einbau einer Trennwand zur Einkapselung der Anlage	500.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten (AfA 7 Jahre)		+ 71.429 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**
1.359 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme in den nächsten 10 Jahren bei 21% der lösemittelbasiert arbeitenden Verpackungs-Tiefdruckanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und an der Modellmaschine mit einer VOC-Reduktion von 11,04 t/a verbunden ist.

12.6.10 Maßnahmen-Nr.: 311-10 Regelungstechnische Optimierung der Abluftreinigungsanlage

Kurz-Beschreibung

Regelungstechnische Optimierung der Abluftreinigungsanlage

Minderungswirkung

Die regelungstechnische Optimierung der Abluftreinigungsanlage vermeidet einen Teil der VOC-Emissionen aus dem Reingas.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der hohe Investitionskostenbedarf zu benennen.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren mit der Maßnahme erreichbare VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **3 t/a**, dies entspricht 1% der Gesamtemission aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungstiefdruckanlagen, die mit lösemittelbasierten Systemen betrieben werden (6.699 t/a, Maschinenkonstellation 311).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass 80% der Emissionen aus dem Farb- und Lacksystem in der Druckanlage entstehen und mit der Maßnahme eine VOC-Minderung von 10% gegenüber einer regelungstechnisch nicht optimierten Abluftreinigungsanlage erreichbar ist. Etwa 20% der Abluftreinigungsanlagen von lösemittelbasierten Tiefdruckmaschinen sind derzeit nicht regelungstechnisch optimiert, so dass die Maßnahme nur bei diesem Teil der Anlagen VOC-wirksam umgesetzt werden kann. In den nächsten 10 Jahren ist eine Optimierung bei 50% der derzeit ungenügend geregelten Anlagen erreichbar.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Zur Erschließung des Minderungspotentials sind keine Zusatzaktivitäten notwendig, da mit dem Anlagenaustausch ein automatischer Trend zum Einbau regelungstechnisch optimierter Abluftreinigungsanlagen einhergeht.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Die Maßnahme ist an der Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) mit den folgenden Umrüstkosten verbunden.

Investitionskosten für Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik	37.000 DM
Jährliche Abschreibungskosten (AfA 7 Jahre)	+ 5.286 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergibt sich eine VOC-Kosteneffizienz von (+) 670 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme in den nächsten 10 Jahren bei 10% der lösemittelbasiert arbeitenden Verpackungs-Tiefdruckanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und an der Modellmaschine mit einer VOC-Reduktion von 0,79 t/a verbunden ist.

13. Verpackungstiefdruck wasserbasiert (Masch. Konst. 312)

13.1 Farbsysteme

Die Rezepturen entsprechen weitgehend denen der wasserbasierten Flexodruckfarben. Die folgende Tabelle zeigt Durchschnittsrezepturwerte.

Tabelle 21: Durchschnittliche Basisrezeptur von wasserbasierten Verpackungs-Tiefdruckfarben

Bestandteil	Inhaltstoffe	Anteil (Gew.%)
Bindemittel		
- wässrige Lösemittelkomponente	Wasser	50 - 75%
-organische Lösemittelkomponente	Alkohole (z.B. Ethanol, Isopropanol)	3- 13%
- weitere Bindemittelkomponente	z.B. Polyester- und Acrylharze, Polyvinylacetat	10 - 20%
- weitere Bindemittelkomponente	Ammoniak, Amine	1- 5%
Farbmittel	anorganische Pigmente, organische Pigmente	10 - 20%
Farb-Hilfsmittel	u.a. Wachse, Weichmacher, Komplexbildner	1 - 3%
Physik. Eigenschaften: Festkörpergehalt: 25 - 40%; unterer Heizwert: < 10 MJ/kg; ca. pH-Wert 8		

[Ökopol GmbH / B.A.U.M., 1997]

13.2 Bedruckstoffe & Produkte

Grundsätzlich werden im wasserbasierten Verpackungstiefdruck die folgenden Materialien bedruckt: von Papier und Karton, lackierte Aluminiumfolien und verschiedene Kunststoffe, Holzdeko-re, Tapeten, PVC-Fußböden, Zigarettenverpackungen, flexible Verpackungen OPP, PET. Insbesondere bei nicht-saugenden Folien bestehen allerdings enge anwendungstechnische Grenzen.

13.3 VOC-relevante Einsatzstoffe

Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl typischer VOC-relevanter Einsatzstoffe und ihre Anwendungsbereiche.

Tabelle 22: VOC-relevante Einsatzstoffe im wasserbasierten Verpackungs-Tiefdruck

Stoff	Dampfdruck	Einsatzzweck	Spezifische Einsatzmenge in Gew.% der eingesetzten Farbe]
Ethylacetat	92 hPa	Verdünner, Reinigungsmittel	VOC in Farbe: 5,0%
Ethanol	59 hPa	Trocknungsbeschleuniger, Reinigungsmittel	VOC als Verdünner, Trocknungs- beschleuniger: 2,0%
Isopropanol	43 hPa	Trocknungsbeschleuniger, Reinigungsmittel	VOC als Reinigungsmittel: 10,0%
Spezialbenzin (A I)	40 - 85 hPa	Reinigungsmittel	
Testbenzin (A II, A III)	ca. 1,5 - 10 hPa	Reinigungsmittel	
[HPV, 1998]			[Ökopol, 1999]

13.4 Genehmigungspflichten

Verpackungs-Tiefdruckanlagen, in denen lösemittelhaltige (dies gilt auch für die wasserbasierten Farbsysteme mit entsprechend geringen Lösemittelanteilen) Farben zum Einsatz kommen, sind nach 4. BlmschV (Ziff. 5.2) genehmigungspflichtig. Der Schwellenwert, ab dem eine Genehmigungspflicht besteht, liegt bei Farben, die mehr als 50 Gew.% Ethanol enthalten bei 50 kg Lösemittelseinsatz pro Stunde, für andere Farben bei 25 kg/h. Für ethanolbasierte Farben gilt bis unter 500 kg/h das vereinfachte, darüber das normale Genehmigungsverfahren. Bei anderen Farben liegt diese Grenze bei 250 kg/h.

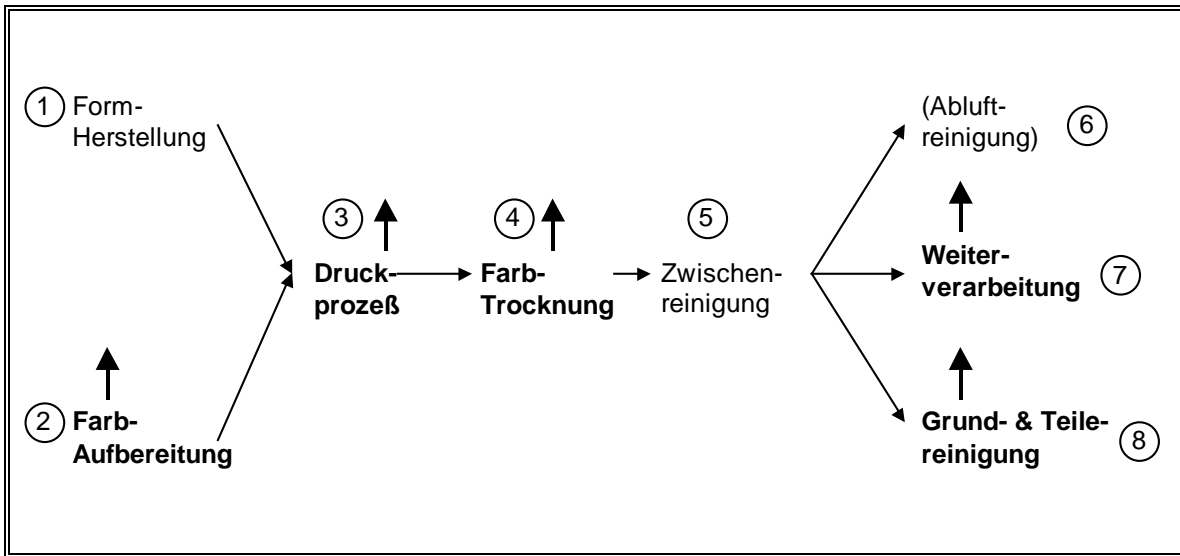
Die im wasserbasierten Verpackungstiefdruck eingesetzten Lösemittel fallen überwiegend in Klasse III der TA Luft, so dass sich hier ein einzuhaltender Emissionswert von 150 mg/m³ ergibt, falls der Schwellenwert von 3,0 kg Emissionen pro Betriebsstunde erreicht wird. Von der Genehmigungspflicht sind nach der 4. BlmschV nur große Betriebe betroffen, da nur sie die Mengenschwelle von 25 kg/h Lösemittelseinsatz (aus der Farbe) überschreiten.¹⁸

¹⁸ Geht man von einem zweischichtigen Betrieb mit einer 6-Tage-Woche und einem durchschnittlichen Lösemittelgehalt von 10 % in der Farbe aus, ergebe sich ein jährlicher Farbeinsatz von ca. 1.250 t, ab dem eine Genehmigungspflicht bestünde.

13.5 Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz

13.5.1 Emissionsquellen

Abbildung 15: VOC-Emissionsquellen im wasserbasierten Verpackungs-Tiefdruck



[ÖKOPOL, 1999]

1. Form-Herstellung: Die Herstellung von Tiefdruckzylindern für den Verpackungstiefdruck erfolgt heute nur noch in geringem Maß in Druckbetrieben, da der überwiegende Anteil dieser Druckformen von spezialisierten Dienstleistern zugeliefert wird. VOC-haltige Mittel werden bei der Zylinderherstellung und insbesondere bei der Zylinderkorrektur praktisch ausschließlich zu Reinigungszwecken eingesetzt. Hier kommen meist die in den jeweiligen Farbsystemen verwendeten Lösemittel zum Einsatz. Bei der anschließenden elektrolytischen Entfettung wird teilweise eine etwa 5%-ige Ethanol- oder Methanollösung verwendet, um die Oberflächenspannung herabzusetzen. Ein großer Teil dieser Lösemittel verdunstet, der übrige Teil gelangt ins Abwasser. Da die Korrekturplätze aus Arbeitsschutzgründen mit Abluftabsauganlagen ausgestattet sind, werden die verdunstenden VOC üblicherweise erfasst und über Dach abgeleitet.
2. Druckprozess: Beim Druck beginnt die Verdunstung der VOC-relevanten Farbinhaltsstoffe (organische Lösemittelkomponenten und Trocknungsbeschleuniger). Da die Maschinen in der Regel nicht an eine Abluftreinigung angeschlossen sind, verdunsten die Stoffe diffus in die Umgebungsluft.
3. Farb-Trocknung: Bei der Trocknung der Farbe unter Warmluftzufuhr verdunsten die Alkoholanteile (ca. 5 bis

10%), die Wasseranteile und die flüchtigen Hilfsstoffe (wie z.B. Trocknungsbeschleuniger) aus dem Farbfilm. Die Abluft der Trockner wird im Normalfall über Dach abgeführt.

4. Zwischenreinigung:

Bei hohen Auflagen, bei problematischen Bedruckstoffen und bei hohen Qualitätsanforderungen sind Zwischenreinigungen der Druckwerke notwendig. Dabei kommt praktisch ausschließlich Wasser, ggf. mit geringen Lösemittelzugaben (analog zu den Farbverdünnern), zum Einsatz.

5. Abluftreinigung:

Eine Abluftreinigung findet in der Regel nicht statt.

6. Weiterverarbeitung:

Je nach Inline-Weiterverarbeitung treten beim Trocknen die VOC-Anteile aus Lacken und Klebern aus.

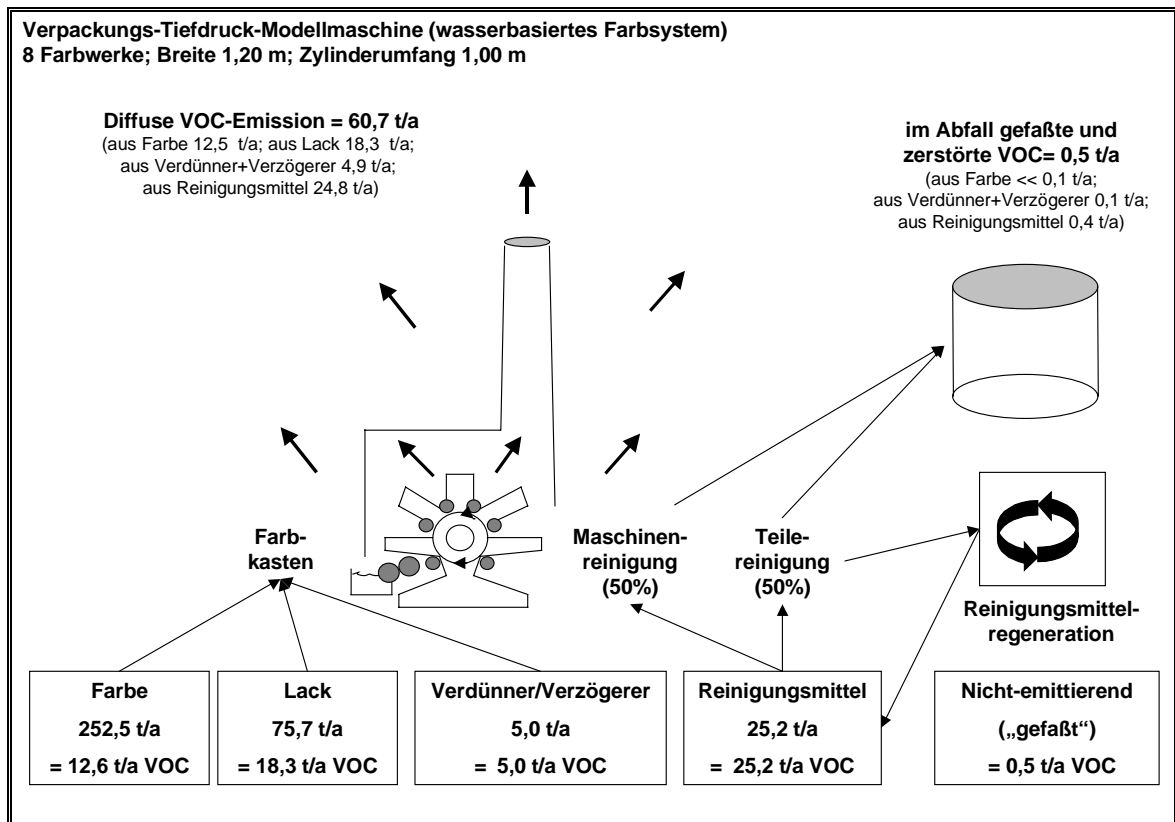
7. Grund- & Teilereinigung:

Die farbführenden Teile werden nach Auftragsende komplett aus den Maschinen genommen und an entsprechenden Waschplätzen gesäubert. Während frische Farbverunreinigungen problemlos mit Wasser abgewaschen werden können, sind angetrocknete Farben teilweise nur sehr schwer zu entfernen. Hier kommen in kleineren Mengen aggressive, leichtflüchtige Lösemittel (A I-Mittel) zum Einsatz.

13.5.2 Emissionsbilanz

Für eine typische Modellmaschine ergibt sich auf Basis der im Projektrahmen durchgeführten Datenerhebung das folgende Einsatz- und Emissionsschaubild.

Abbildung 16: VOC-Jahresbilanz einer Verpackungs-Tiefdruckmaschine (wasserbasiertes Farbsystem)



{ÖKOPOL, 1999}

13.6 Minderungsmaßnahmen

13.6.1 Maßnahmen-Nr.: 312-1 Verbesserte Handhabung von VOC-haltigen Hilfsstoffen

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit VOC-haltigen Hilfsstoffen

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschluszustandes von Behältern für VOC-haltige Hilfsstoffe und Putztücher können VOC-Emissionen vermieden werden. Der sparsame Umgang mit VOC-haltigen Reinigungsmitteln bei der händischen Maschinenreinigung führt zur Verbrauchsmin- derung, da Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile einer sorgfäl- tigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert teilweise auch mangelnde Motivation der Belegschaft die Umset- zung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **177 t/a**, dies entspricht 30% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmitelein- satz in Verpackungs-Tiefdruckmaschinen, die mit wasserbasiertem Farbsystem betrieben werden (591 t/a, Maschinenkonstellation 312).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der Anlagen umgesetzt wird und mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 30% verbunden ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist neben dem VOC-Reduktionspotential mit keinen weiteren relevanten Umwelt- wirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn Unterweisungen der Mitarbeiter durchgeführt werden.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 15 Personen	400 DM	
Anteilige Instruktorkosten für 9 Drucker	240 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 9 Drucker je 4 Stunden	3.600 DM	
Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre		+ 1.280 DM/a
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit (Ethanol, Ethylacetat o.ä.)	1,20 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (30%)	9.631 l/a	
Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang		- 11.557 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 1.381 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der wasserbasierten Verpackungs-Tiefdruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 7,44 t/a einhergeht.

13.6.2 Maßnahmen-Nr.: 312-2 Verbesserter Umgang mit VOC-haltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit lösemittelhaltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen wie Verdünnern, Verzögerern.

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschlußzustandes von Behältern können VOC-Emissionen vermieden werden. Durch den sorgfältigen Umgang mit Hilfsstoffen z.B. bei der händischen Zuführung von Verdünnern und Verzögerern können Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert teilweise auch mangelnde Motivation der Belegschaften die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren zu erwartende VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf 191 t/a entsprechend 10% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungstiefdruckanlagen, die mit lösemittelbasiertem System betrieben werden (1.905 t/a, Maschinenkonstellation 312).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass die Maßnahme in den nächsten 10 Jahren an 100% der Verpackungstiefdruckanlagen umgesetzt wird und eine Reduzierung der VOC-Emissionen aus dem Farb- und Lacksystem von 10% bewirkt.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn entsprechende Unterweisungen der Mitarbeiter erfolgen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.200 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) ist die Maßnahme mit den folgenden Umstellungskosten verbunden:

Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 15 Personen	400 DM	
Anteilige Instruktorkosten für 9 Drucker	240 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 9 Drucker je 4 Stunden	3.600 DM	
Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre		+ 1.280 DM/a
Kosten je Liter Verdünner/Verzögerer derzeit	1,20 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (10%)	4.561 l/a	
Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang		- 5.473 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergibt sich eine VOC-Kosteneffizienz von (-) 1.171 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der lösemittelbasierten Verpackungs-Tiefdruckanlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 3,58 t/a einhergeht.

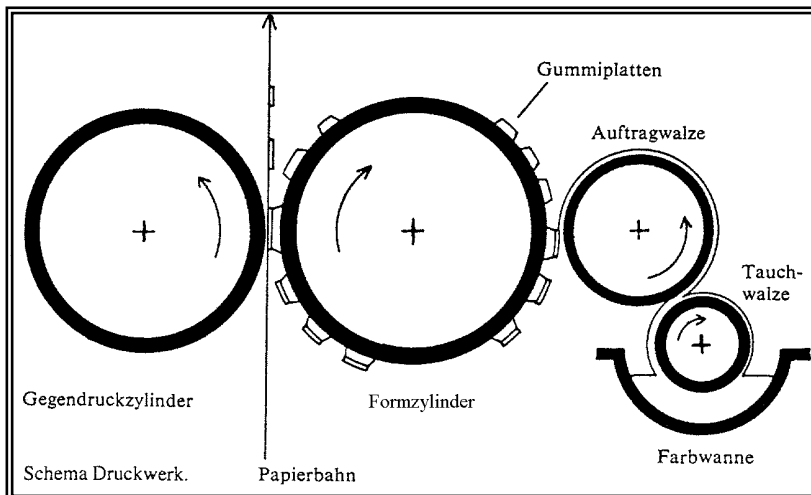
14. Flexodruck allgemein

14.1 Druckprinzip

Der Flexodruck ist ein Verfahren des direkten Rotationsdruckes mit elastischen, erhabenen Druckformen, die auf Plattenzylindern unterschiedlicher Umfänge befestigt werden können. Die dünnflüssige Farbe wird von einer Tauchwalze zur Auftragswalze (meist Rasterwalzen) geführt. Zwischen diesen beiden Walzen erfolgt durch Abpressen die Farbdosierung. Die Auftragswalze überträgt den Farbfilm auf den eigentlichen Druckzylinder mit der Druckform. In der Farbwanne befinden sich eine Farbumlaufpumpe, die die Farbe und Zusätze ständig umwälzt. Der Farbumlaufpumpe angeschlossen ist der sogenannte Viscomat, der durch automatische Zudosierung von Verdüner Viskosität und Farbton konstant hält.

Die druckenden Elemente liegen reliefartig erhaben, die nichtdruckenden Bereiche sind vertieft und werden nicht eingefärbt. Der Druck erfolgt gegen einen Gegendruckzylinder. Die flexiblen Druckformen erlauben den Druck auf raue Oberflächen.

Abbildung 18: Aufbau eines Flexodruckfarbwerkes mit zwei Walzen



[Ökopol GmbH, B.A.U.M., 1997]

Als Material für die Druckform werden heute überwiegend weiche Fotopolymerplatten verwendet. Bei den Weichpolymerplatten handelt es sich im wesentlichen um einen fotopolymer- vorbeschichteten, lichtempfindlichen Polyamid-Kunststoff, der massearm, gleichzeitig aber auch widerstandsfähig ist und daher eine hohe Auflagenbeständigkeit (mindestens 500.000 Drucke) besitzt.

Nicht einsetzbar sind fotopolymere Platten bei Farben, die Ester und Ketone enthalten, wie dies bei Farben für den Druck auf PVC, Polyester und z.T. Aluminiumfolien der Fall ist. Hier kommen Gummipplatten zum Einsatz.

Flexodruckmaschinen arbeiten nach dem Rotationsprinzip, überwiegend Rolle auf Rolle. Druckgeschwindigkeiten bis 500 m/min werden erreicht.

14.2 Betriebe & Maschinenpark

Flexodruckanlagen sind in rund 1.500 Betrieben [Verbandsschätzung] im Einsatz. Nach Auskunft von Fachverbänden und Maschinenherstellern sind in Deutschland ca. 350 größere Flexodruckanlagen mit ca. 2.500 Druckwerken in Betrieb. Bei den restlichen Maschinen handelt es sich überwiegend um sogenannte „Vorsatzdruckwerke“ an papier- und pappeverarbeitenden Maschinen oder aber um kleine Maschinen im Bereich des Etiketten- und Labeldrucks. Grundsätzlich kann auf den installierten Maschinen sowohl mit lösemittel- als auch mit wasserbasierenden Farben gedruckt werden.

Bei den Druckmaschinen handelt es sich überwiegend um Rollenrotationsmaschinen für den Mehrfarbendruck, die sich in die folgenden Grundtypen differenzieren lassen:

Vorsatzdruckwerke werden vorwiegend im sogenannten Preprint von Wellpappen vor der Kaschieranlage eingesetzt.

Bei den *Zentralzylindermaschinen* liegen alle 6 bis 8 Farbwerke satellitenartig um einen Gegendruckzylinder. Zum Einsatz kommt dieser Maschinentyp hauptsächlich beim Druck von dehnbaren Folien.

Bei den *Mehrzylindermaschinen* besitzt jedes Druckwerk einen eigenen Gegendruckzylinder. Unterschieden wird zwischen Ständerdruck- und Tandemdruckmaschinen.

Die *Reihen-Mehrzylindermaschinen*, bei welchen jedes Druckwerk einen eigenen Druckwerkständer mit Gegendruckzylinder aufweist, haben die gleiche Anordnung der Druckwerke wie Tiefdruckmaschinen, weshalb man von „Inline“-Flexomaschinen spricht, also kombinierte Flexo-/Tiefdruck-Produktionen möglich sind. Außerdem sind hier Rakelfarbwerke installiert, die ein einfaches Umstellen auf das Tiefdruckverfahren ermöglichen. Der Bedruckstoff legt bei diesem Typ zwischen den Druckwerken eine lange (Trocknungs-)Strecke zurück.

Der Anteil der Einzylindermaschinen mit 6 - 8 Druckwerken überwiegt im Flexodruck. Die Bahnbreiten variieren je nach Einsatzgebiet von 30 cm beim Etikettendruck bis ca. 140 cm. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die installierte Maschinenbasis.

Tabelle 23: Maschinentypen im Flexodruck

Maschinentyp	Anzahl der]Maschinen	Anzahl der Druck- werke	wasserbasiert	lösemittelbasiert
Vorsatzdruckwerke	k.A.	k.A		
Einzylindermaschinen	ca. 350	ca. 2.500	10 - 20%	80 - 90%
Mehrzylindermaschinen	k.A	k.A		
Reihenzyindermaschinen	k.A	k.A		

[Windmüller & Hölscher, 1998]

14.3 Form-Herstellung

Bei der Flexodruckformen-Herstellung (Klischeeherstellung) müssen nach der Belichtung der Druckplatte die nicht gehärteten (nicht druckenden) Teile mit Hilfe entsprechender Lösemittel aus den Fotopolymer-Platten ausgewaschen werden. Diese Form- („Klischee-“)Herstellung erfolgt nur teilweise in den Druckbetrieben selbst. Vielfach beziehen die Betriebe die Druckformen von spezialisierten Dienstleistern. Insgesamt werden in ca. 300 Betrieben (Druckereien und Dienstleistern) Formen hergestellt. Die in diesen Betrieben verarbeitete Plattenmenge liegt bei ca. 500.000 qm/a.

Als Auswaschlösungen bei der Druckform-Herstellung kommen heute praktisch ausschließlich A II- bzw. A III-Lösemittelgemische zum Einsatz, die in der Regel in geschlossene Auswaschanlagen verarbeitet werden. Dabei werden ca. 10 l Auswaschlösung pro Quadratmeter Druckform benötigt. Es ergibt sich somit ein Mitteldurchsatz von ca. 5 Mio. l/a (bzw. ca. 4.000 t/a). Bei den heute eingesetzten gekapselten Auswaschanlagen verdunstet ca. 1% dieser Einsatzmenge in die Atmosphäre (Nebenrechnung: 4 kg/d bei einer 50 m²/d Anlage mit 10 l/m² Mitteldurchsatz). Bei den bis ca 1990 viel verwendeten Per/Butanol-Gemischen (TA-Luft-Klasse I) verdunsteten dagegen ca. 20% der eingesetzten Mittel.¹⁹

¹⁹ Die Zahlenwerte der dargestellten Emissionsabschätzungen basieren weitgehend auf pers. com Dr. Stoll, Fa. DuPont, Mai 1998

15. Flexodruck lösemittelbasiert (Masch. Konst. 321)

15.1 Farbsysteme

Im lösemittelbasierten Flexodruck kommen Farbsysteme mit folgenden Durchschnittsrezepturen zum Einsatz:

Tabelle 24: Durchschnittliche Basisrezeptur für lösemittelbasierte Flexodruckfarben

Bestandteil	Inhaltstoffe	Anteil (Gew.%)
Bindemittel		
- Lösemittelkomponente	6/8 Alkohole (z.B. Ethanol, Isopropanol) 1/8 Ethylacetat, Isopropylacetat 1/8 Höhsieder (z.B. Ethoxyl-Propanol)	60 - 70%
- Bindemittelkomponente	z.B. Nitrocellulose, Ethylcellulose	10 - 20%
Farbmittel	anorganische Pigmente, organische Pigmente	10 - 20%
Farb-Hilfsmittel	z.B. Weichmacher, Komplexbildner (EDTA)	1 - 5%
Physik. Eigenschaften: Festkörpergehalt: 25 - 40%; unterer Heizwert: > 20 MJ/kg; Flammpunkt < 21°C		

[Ökopol GmbH / B.A.U.M., 1997]

15.2 Produkte & Bedruckstoffe

Primär sind es Massenerzeugnisse mit Auflagen von >50.000 Stück. Exemplarische Produkte sind flexible, gegenüber Wasser beständige Verpackungen für Lebensmittel und Kosmetika. Auch bei flexiblen Lebensmittelverpackungen für nasse Füllgüter und bei siegelechten Anforderungen kommen überwiegend Lösemittel-Farbsysteme zum Einsatz.

Vorwiegend wird auf nicht saugfähige Materialien wie Kunststofffolien, beschichtete Papiere und Verbundstoffen aller Art gedruckt.

15.3 VOC-relevante Einsatzstoffe

Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl typischer VOC-relevanter Einsatzstoffe und ihre Anwendungsbereiche.

Tabelle 25: VOC-relevante Einsatzstoffe im lösemittelbasierten Flexodruck

Stoff	Dampfdruck	Einsatzzweck	Spezifische]Einsatzmenge [in Gew.% der eingesetzten Farbe]
Ethanol	59 hPa	Lösemittel in Farbe, Trocknungsbeschleuniger, Reinigungsmittel	VOC in Farbe: 60,0%
Isopropanol	43 hPa	Lösemittel in Farbe, Reinigungsmittel	VOC als Verdünner, Trocknungsbeschleuniger, -verzögerer: 81,0%
Ethylacetat	92 hPa	Verdünner, Reinigungsmittel	VOC als Reinigungsmittel: 14,0%
Methylethylketon (MEK)	105 hPa	Trocknungsbeschleuniger	
Methylisobutylketon (MIBK)	21 hPa	Trocknungsverzögerer	
Methoxypropanol	11 hPa	Trocknungsverzögerer	
Ethoxypropanol	6,5 hPa	Trocknungsverzögerer	
Toluol-Xylol-IPA-Gemisch	41,6 hPa	Reinigungsmittel für Flexodrucklack	
verschiedene Ester		Weichmacher (Verbesserung der Flexibilität und Haftfestigkeit) in Druckfarben und bei Hilfsmitteln	
A II-Lösemittelgemisch aus ali- phatischen und cycloaliphati- schen Kohlenwasserstoffen mit ca. 20% Pentanol	ca. 3 -10 hPa	Auswaschlösung bei der Formher- stellung	
[HPV, 1998]			[Ökopol, 1999]

Die meisten Stoffe und Stoffgemische im lösemittelbasierten Flexodruck zählen zur Stoffklasse III der TA-Luft.

15.4 Genehmigungspflichten

Flexodruck-Rotationsanlagen, in denen lösemittelbasierte Farben zum Einsatz kommen, sind nach 4. BlmschV (Ziff. 5.2) genehmigungspflichtig. Der Schwellenwert, ab dem eine Genehmigungspflicht besteht, liegt beim Einsatz von Farben, die mehr als 50 Gew.% Ethanol enthalten, bei 50 kg Lösemiteleinsetzung pro Stunde; für andere Farben liegt der Schwellenwert für eine Genehmigungspflicht bei einem Lösemiteleinsetzung von 25 kg/h.

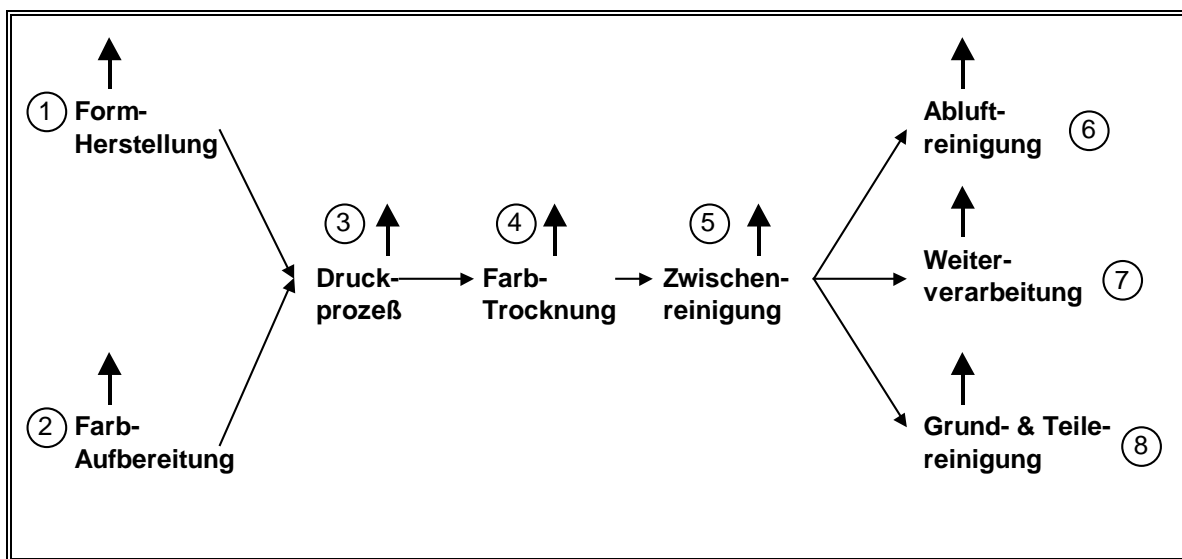
Für ethanolbasierte Farben gilt bei einem Einsatz von bis zu 500 kg/h das vereinfachte, bei darüber liegenden Einsatzmengen das normale Genehmigungsverfahren. Bei anderen Farben liegt diese Grenze bei 250 kg/h.

Die eingesetzten Lösemittel fallen überwiegend in die Klasse III der TA Luft, so dass hier ein Emissionswert von 150 mg/m^3 einzuhalten ist, falls der Schwellenwert von $3,0 \text{ kg}$ Emissionen pro Betriebsstunde erreicht wird.

15.5 Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz

15.5.1 Emissionsquellen

Abbildung 19: VOC-Emissionsquellen im lösemittelbasierten Flexodruck



[ÖKOPOL 1999]

1. Form-Herstellung
Für den Bereich der Form-Herstellung wird auf die Ausführungen in Kapitel 14.3 verwiesen.
2. Farb-Aufbereitung
Bei der Farb-Aufbereitung in der Farbküche selbst und an den Lösemittelzapfstationen verdunsten bei offener Arbeitsweise Lösemittel. Durch gekapselte Farbmisch-Anlagen lassen sich die Verdunstungsverluste senken. Die abgesaugte Luft aus diesen Anlagen wird allerdings nicht über die Abluftreinigungsanlage geführt. Relevante Emissionen treten bei der Viskositätseinstellung an den Farbvorlagebehältern der Druckmaschinen auf, da hier offen mit Lösemitteln gearbeitet wird. Die Höhe dieser Emissionen hängt stark von der Auftragsstruktur, den Farbeigenschaften sowie der Sorgfalt und dem Erfahrungswissen des Personals ab.
3. Druckprozeß
Beim Druckvorgang selbst lassen sich Emissionen nicht vollständig vermeiden. Die eingesetzten Lösemittel verdunsten sehr rasch (hohe Dampfdruck-Kennzahlen) und die Farbwerke können

aus technischen Gründen (Zugänglichkeit) nicht voll gekapselt werden. Durch die Umwälzung der Farben in den Farbkästen erfolgt eine zusätzliche Förderung der Emissionen. Emissionen treten auch an den vielfach ungenügend verschlossenen Farbvorlagebehältern auf.

4. Farb-Trocknung

Die flüchtigen Lösemittel aus der Druckfarbe und den Zusätzen verdunsten bestimmungsgemäß in den Farbwerkstrocknern sowie im Trocknungskanal. Durch Unterdruck wird der größte Anteil der frei werdenden VOC der Abluftreinigung zugeführt. Je nach Kapselung und Luftführung entweichen ca. 20% der eingesetzten VOC diffus.

5. Zwischenreinigung

Zwischenreinigungen der Druckformen und der Rasterwalzen an der Maschinen sind in Abhängigkeit vom Bedruckstoff, der Auflagenhöhe und der Qualitätsanforderungen mehr oder minder häufig während eines Druckauftrages notwendig. Bei Farbwechseln werden ebenfalls alle farbführenden Teile (bis auf die auszutauschenden Druckformen) gereinigt. Neuere Druckanlagen sind teilweise mit automatischen, integrierten Waschanlagen ausgestattet. Bei der Zwischenreinigung wird die Abluft der Anlagen meist im Bypass an der Abluftreinigung vorbei geführt, da die Lösemittelbeladungen zu inkonstant sind und Brandgefahr aufgrund von Lösemittelpeaks besteht.

6. Abluftreinigung

Ca. 85% der Anlagen sind mit Abluftreinigungsanlagen ausgestattet. Es handelt sich zu ca. 85% um thermische oder katalytische Nachverbrennungsanlagen. Diese Anlagen erreichen hohe Abscheidegrade. Auch die übrigen ca. 15% der Anlagen, die auf Basis von Adsorbentien arbeiten, erreichen bei gutem Wartungszustand ebenso hohe Abscheidegrade.²⁰

7. Weiterverarbeitung

Je nach Art und Stoffzusammensetzung bei Inline-Weiterverarbeitungen entstehen lösemittelhaltige Emissionen, insbesondere bei lösemittelhaltigen Lack-Kaschierungen und teils sehr hohen Hilfsmittelzusätzen. Werden diese Stoffe in der Druckmaschine aufgetragen, werden die entstehenden Emissionen ebenfalls der Abluftreinigungsanlage zugeführt. Gleiches gilt für große, gesonderte Lack- oder Kaschierstationen, an denen ebenfalls Luft abgesaugt und der Abluftreinigung zugeführt wird.

8. Grund- & Teilereinigung

Die Reinigung der nach Druckende ausgebauten Rasterwalzen, Farbwannen bzw. Farbkammerrakeln sowie die Reinigung von Klischees erfolgt entweder an Handwaschplätzen oder aber in speziellen Teilewaschanlagen. Dabei kommen überwiegend leichtflüchtige Lösemittel

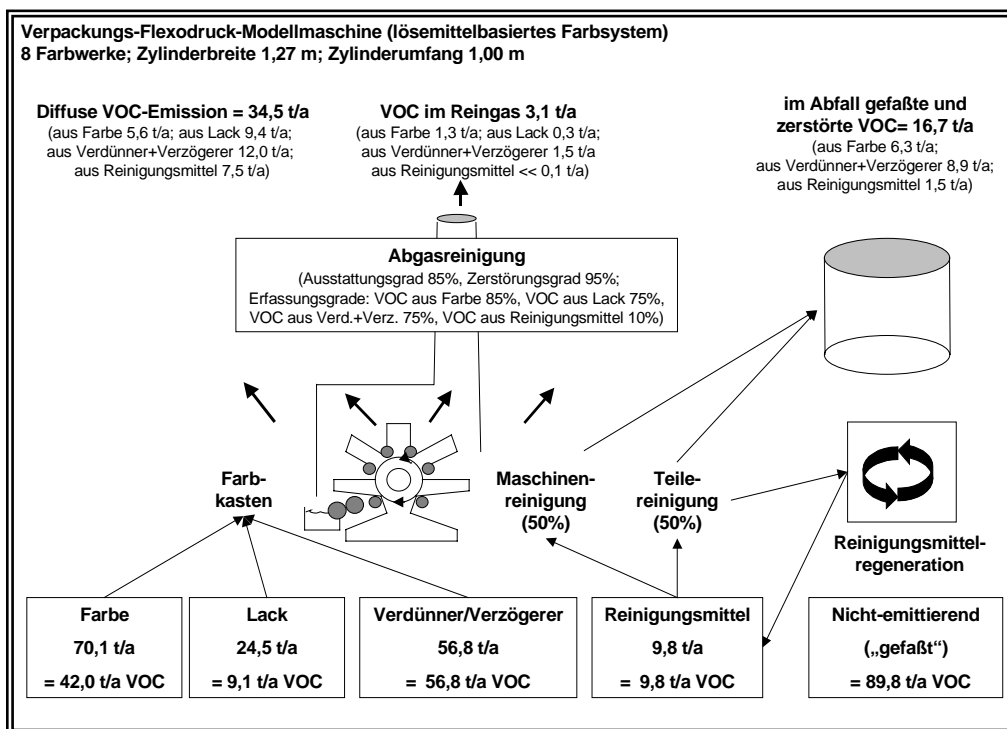
²⁰ pers. com Herr Frank, Fa.Operational, August 1998

zum Einsatz. Hochsiedende Kohlenwasserstoffreiniger sind bislang nur in Ausnahmefällen für derartige Reinigungsarbeiten verwendbar.

15.5.2 Emissionsbilanz

Für eine typische Modellmaschine ergibt sich auf Basis der im Projektrahmen durchgeführten Datenerhebung das folgende Einsatz- und Emissionsschaubild.

Abbildung 20: VOC-Bilanz einer Verpackungs-Flexodruckmaschine (lösemittelbasiert)



[ÖKOPOL 1999]

15.6 Minderungsmaßnahmen

15.6.1 Maßnahmen-Nr.: 321-1 Einsatz von Teilewaschanlagen auf Laugenbasis

Kurz-Beschreibung

Einsatz automatischer Waschanlagen zur Teilereinigung mit Reinigungsmitteln auf Laugenbasis

Minderungswirkung

Durch die Verwendung von Reinigungsmitteln auf Laugenbasis werden die VOC-Emissionen aus den entsprechenden Reinigungsprozessen vollständig vermieden.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der Investitionskostenbedarf sowie ggf. erhöhte laufende Kosten für Reinigungsmittel zu nennen.

Weiterhin sind umfangreiche Materialverträglichkeitstests notwendig, um das Anlösen oder Korrodieren von Maschinen- und Druckformteilen zu vermeiden. Teilweise resultieren hieraus Anwendungsbeschränkungen bezüglich der verwendbaren Materialien.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **87 t/a**, dies entspricht 10% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Verpackungs-Flexodruckmaschinen, die mit lösemittelbasiertem Farbsystem betrieben werden (872 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, Waschanlagen auf Laugenbasis derzeit erst bei nur gering über 0% der Anlagen installiert sind und der Ausstattungsgrad in den kommenden 10 Jahren auf 20% steigt. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 100% verbunden ist und für die Teilereinigung ein Anteil von 50% der Gesamteinsatzmenge aller Reinigungsmittel verwendet wird, so dass die Emissionsminderung der Maßnahme nur bei diesem Anteil wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduzierung zu einer Erhöhung der Abfallmenge. Insgesamt sind die weiteren Umweltwirkungen als relativ geringfügig einzustufen.

Erschließbarkeit

Die Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar, sie hängt jedoch von der Weiterentwicklung der Technik ab, insbesondere was die Materialverträglichkeit der eingesetzten VOC-freien Reinigungsmittel bzw. die Anpassung der entsprechenden maschinenbautechnischen Teile betrifft.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Investitionskosten einer Waschanlage auf Laugenbasis	150.000 DM
Jährliche Investitionskosten bei AfA 7 Jahre	+ 21.429 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 5.715 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Einkaufs- und Entsorgungskosten der eingesetzten Reinigungsmittel den derzeitigen Kosten entsprechen, die Maßnahme bei 20% der lösemittelbasierten Verpackungs-Flexodruckanlagen umgesetzt wird und an der Modellmaschine mit einer VOC-Reduktion von 0,75 t/a verbunden ist.

15.6.2 Maßnahmen-Nr.: 321-2 Verbesserte Handhabung von Reinigungsmitteln

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit Reinigungsmitteln

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschleißzustandes von Behältern für Reinigungsmittel und Putztücher können VOC-Emissionen vermieden werden. Der sparsame Umgang mit Reinigungsmitteln bei der händischen Maschinenreinigung führt zur Verbrauchsminderung, da Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert teilweise auch mangelnde Motivation der Belegschaft die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf 262 t/a, dies entspricht 30% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Verpackungs-Flexodruckmaschinen, die mit einem lösemittelbasierten Farbsystem betrieben werden (872 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme von 100% der Betriebe umgesetzt wird und bei erfolgreicher Umsetzung mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 30% verbunden ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist neben dem VOC-Reduktionspotential mit keinen weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn entsprechende Unterweisungen der Mitarbeiter und andere motivationssteigernde Maßnahmen durchgeführt werden.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 15 Personen	400 DM	
Anteilige Instrukorkosten für 9 Drucker	240 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 9 Drucker je 4 Stunden	3.600 DM	
Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre		+ 1.280 DM/a
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit (Ethanol, Ethylacetat o.ä.)	1,20 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (30%)	2.866 l/a	
Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang		- 3.439 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 960 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der lösemittelbasierten Verpackungs-Flexodruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 2,25 t/a einhergeht.

15.6.3 Maßnahmen-Nr.: 321-3 Einsatz VOC-reduzierter Reinigungsmittel

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf Reinigungsmittel mit einem reduzierten VOC-Anteil

Minderungswirkung

Durch den Einsatz von VOC-reduzierten Reinigungsmitteln kann ein Teil der VOC-Emissionen aus Reinigungsmitteln vermieden werden.

VOC-reduzierte Reinigungsmittel enthalten zur Anlösung von Verschmutzungen beispielsweise Anteile von 5-15% Glykol; auf dem Markt werden Gemische auf Wasserbasis (mit Kohlenwasserstoff- und Ester-Anteilen) sowie Produkte auf Pflanzenölbasis angeboten.

Die Flüchtigkeit der VOC-reduzierten Reinigungsmittel ist gegenüber dem Einsatz von Alkoholen und leicht flüchtigen Benzinen als Reinigungsmittel mit deutlich verminderten VOC-Emissionen verbunden, da die flüchtigen Anteile wesentlich verringert sind.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem sind einerseits die grundlegend andersartige Handhabung sowie technische Schwierigkeiten zu benennen. Aus diesen Gründen gibt es bislang praktisch keine Referenzanwendungen in der Betriebspraxis. Darüberhinaus sind die angebotenen Mittel teurer als die derzeit üblichen Reinigungsmittel.

Die andersartige Handhabung ist durch die geringe Flüchtigkeit und durch die farbfremden Bestandteile der Mittel begründet. Zum einen bedeutet dies, dass ein erhöhter Zeitaufwand zur Reinigung erforderlich ist (längere Einwirkzeit notwendig), zum anderen ist bei der Handreinigung eine größere Sorgfalt notwendig, da versehentlich ins Farbsystem gelangende Tropfen zu Störungen führen können.

Diese Getrennthaltung von Reinigungsmitteln und Farbe ist bei einigen Druckwerkskonstruktionen technisch bedingt nur schwer einzuhalten. Aus diesem Grund ist in der ersten Linie der Einsatz in der händischen Teilereinigung außerhalb der Druckmaschinen praktikabel. Dabei müssen allerdings Materialverträglichkeiten u.a. in Bezug auf den Korrosionsschutz berücksichtigt werden.

Beim Einsatz von hochsiedenden Reinigungsmitteln auf Pflanzenölbasis besteht bei unsachgemäßer Anwendung (Tropfverluste) eine erhöhte Rutschgefahr, der durch erhöhte Sorgfalt begegnet werden muß.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **17 t/a**, dies entspricht 2% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmittel-Einsatz in Verpackungs-Flexodruckmaschinen, die mit lösemittelbasiertem Farbsystem betrieben werden (872 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der Anteil VOC-reduzierter Reinigungsmittel liegt in dieser Maschinenkonstellation derzeit bei etwa 0%. Aufgrund der benannten grundlegenden Einführungsprobleme erscheint eine Erhöhung des Anteils auf 2% ist innerhalb der nächsten 10 Jahre im lösemittelbasierten Verpackungstiefdruck als realistische Marge. Hier wird davon ausgegangen, dass nach einer Umstellung der händischen Reinigungsprozesse ca. 10% der insgesamt in einer Druck-Anlage eingesetzten Reinigungsmittel aus derartigen Hochsiedern bestehen können und dass eine solche Umstellung in etwa 20% der Anlagen sinnvoll umsetzbar ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion in untergeordnetem Maße zu einer Belastung auf der Abfall- oder Abwasserseite.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich schwer erschließbar, da mit der Einführung technische Nachteile verbunden sind, denen neben der VOC-Reduzierung und einem erhöhten Gesundheitsschutz keine weiteren Vorteile gegenüber stehen.

Die erfolgreiche Realisierung setzt die Zusammenarbeit zwischen Maschinenherstellern und Reinigungsmittellieferanten voraus um praxisnahe technische Lösungskonzepte für eine sinnvolle Handhabung dieser Mittel an den Maschinen zu finden. Entsprechende Lösungen wären dann über erfolgreiche Referenzanwendungen und die entsprechende Publikationen bekannt zu machen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird für die Modellmaschine von einem jährlichen Reinigungsmittelverbrauch von ca. 9,8 Tonnen, dies entspricht etwa 12.484 Litern, ausgegangen. Nach der Einführung VOC-reduzierter Reinigungsmittel sinkt an der Modellmaschine der jährliche Einsatz konventioneller Reinigungsmittels um 10% auf 11.236 Liter bei gleichzeitigem Verbrauch von 1.248 Litern VOC-reduzierter Reinigungsmittel.

Jährlicher Minderverbrauch niedrigsieder Reinigungsmittel (50%)	1.248 l/a	
Kosten je Liter Niedrigsieder (z.B. Ethylacetat, Ethanol)	1,20 DM/l	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch Niedrigsieder		- 1.498 DM/a
Jährlicher Mehrverbrauch VOC-reduzierter Reinigungsmittel	1.248 l/a	
Kosten je Liter VOC-reduzierter Reiniger	10,00 DM/l	
Jährliche Mehrkosten durch Mehrverbrauch Hochsieder		+ 12.480 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 73.213 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme bei 20% der lösemittelbasierten Verpackungs-Flexodruckanlagen mit einer 10%-igen Minderung der VOC-Emissionen durch Reinigungsmittel verbunden ist und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,15 t/a einhergeht.

15.6.4 Maßnahmen-Nr.: 321-4 Einsatz automatischer Waschanlagen

Kurz-Beschreibung

Einsatz automatischer Waschanlagen an den Druckmaschinen

Minderungswirkung

Durch die höhere Effizienz beim Waschvorgang wird der Reinigungsmittelverbrauch und die daraus resultierenden VOC-Emissionen vermindert.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der Investitionskostenbedarf zu nennen, dem jedoch verminderte Hilfszeiten gegenüberstehen.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **16 t/a**, dies entspricht 2% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Verpackungs-Flexodruckmaschinen, die mit lösemittelbasiertem Farbsystem betrieben werden (872 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass automatische Waschanlagen derzeit bereits an 60% der Anlagen installiert sind und der Ausstattungsgrad in den kommenden 10 Jahren auf 75% steigt. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 30% gegenüber der händischen Reinigung verbunden ist. Für die (Zwischen-)Reinigungsarbeiten direkt an den Druckwerken wird ein Anteil von 40% der Gesamteinsatzmenge aller Reinigungsmittel angenommen, so dass die Emissionsminderung der Maßnahme nur bei diesem Anteil wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion zu einer Erhöhung des Stromverbrauchs. Andererseits kommt es zu einem Minderverbrauch an Reinigungsmittel und es steigt bei entsprechender Anlagenkonfiguration der Anteil der flüssige Reinigungsreste, die einer Redestillation und damit einer Kreislaufführung zugeführt werden können.

Insgesamt sind die weiteren Umweltwirkungen als relativ geringfügig einzustufen.

Erschließbarkeit

Die Erschließung des Minderungspotentials bedarf keiner Zusatzaktivitäten, da innerhalb der nächsten 10 Jahre durch Anlagenaustausch ein automatischer Trend zum Einbau von automatischen Waschanlagen zu erwarten ist.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Einbau einer automatischen Waschanlage	400.000 DM	
Jährliche Nachrüstungskosten bei AfA 7 Jahre		+ 57.143 DM/a
Jährlicher Minderverbrauch Reinigungsmittel (12%)	1.146 l/a	
Kosten je Liter Reinigungsmittel (z.B. Ethylacetat, Ethanol)	1,20 DM/l	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch Reinigungsmittel		- 1.375 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 59.750 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 15% der lösemittelbasierten Verpackungs-Flexodruckanlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,14 t/a verbunden ist.

15.6.5 Maßnahmen-Nr.: 321-5 Gekapselte Teilewaschanlagen

Kurz-Beschreibung

Einsatz von gekapselten, automatischen Teilewaschanlagen

Minderungswirkung

Durch den Einsatz von gekapselten, automatischen Waschanlagen zur Teilereinigung werden diffuse Emissionen verringert und eine erhöhte Effizienz beim Waschvorgang erzielt, so dass der Reinigungsmittelverbrauch und die daraus resultierenden VOC-Emissionen vermindert werden. Optimal gekapselte Waschanlagen sind mit einer Lösemittelabschottung ausgestattet, so dass diffuse Emissionen beim Öffnen der Anlage vermindert werden.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der Investitionskostenbedarf zu nennen.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **33 t/a**, dies entspricht 4% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsatz in Verpackungs-Flexodruckanlagen, die mit lösemittelbasiertem Farbsystem betrieben werden (872 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass gekapselte automatische Teilewaschanlagen derzeit bereits bei 50% der Anlagen installiert sind und der Ausstattungsgrad in den kommenden 10 Jahren auf 65% steigt. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 50% gegenüber Altanlagen verbunden ist. Für die Teilereinigung wird ein Anteil von 50% der Gesamteinsatzmenge aller Reinigungsmittel angenommen, so dass die Emissionsminderung der Maßnahme bei diesem Emissionsanteil wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Wird durch die Maßnahme die händische Reinigung teilweise ersetzt, ist die Umsetzung mit einer Erhöhung des Stromverbrauchs und einer Verlagerung der Reinigungsmittelabfälle verbunden. Anstelle der Entsorgung gemeinsam mit Putzlappen fallen flüssige Abfälle an, die entsorgt werden müssen oder aber über entsprechende Refiltrationsanlagen im Kreis geführt werden können.

Erschließbarkeit

Die Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar, sie hängt jedoch vom ordnungsrechtlichen Rahmen ab. Wenn im Bereich der Teilereinigung erhöhte Arbeitsschutzanforderungen gestellt werden, führt dies zu einem verstärkten Einsatz von gekapselten, automatischen Teilewaschanlagen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Gekapselte Teilewaschanlage (mit Lösemittelabschottung)	120.000 DM	
Jährliche Kosten bei AfA 7 Jahre		+ 17.143 DM/a
Jährlicher Minderverbrauch Reinigungsmittel (25%)	2.231 l/a	
Kosten je Liter Reinigungsmittel	1,20 DM/l	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch Reinigungsmittel		- 2.677 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 7.750 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 15% der lösemittelbasierten Verpackungs-Flexodruckanlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,28 t/a verbunden ist.

15.6.6 Maßnahmen-Nr.: 321-6 Anschluß von Waschplätzen und Waschanlagen an die Abluftreinigung

Kurz-Beschreibung

Anschluß der Teilewaschanlage sowie der Waschplätze zur händischen Teilereinigung an die Abluftreinigungsanlage

Minderungswirkung

Diffuse VOC-Emissionen, die bei der Teilereinigung entstehen, werden der Abluftreinigungsanlage zugeführt und dort zerstört.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der Investitionskostenbedarf zu nennen. Da bei der Abluft der Teilereinigung Lösemittel-Peaks auftreten können, müssen aus Gründen des Explosionsschutzes entsprechende peek-puffer einschließlich der entsprechenden Regelungstechnik installiert werden. Die Maßnahme erfordert darüber hinaus vielfach eine Kapazitätserweiterung der Abluftreinigungsanlage.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **10 t/a**, dies entspricht 11% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmiteleinsetz in Verpackungs-Flexodruckanlagen, die mit lösemittelbasiertem Farbsystem betrieben werden (872 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass ein Anschluss von Waschplätzen und Teilewaschanlagen an die Abluftreinigungsanlage derzeit bereits bei 10% der Anlagen erfolgt ist und der Ausstattungsgrad in den kommenden 10 Jahren auf 35% steigt, so dass die Maßnahme anteilig bei $25/90 = 27\%$ der Branchenemissionen VOC-reduzierend wirksam wird. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme gegenüber Arbeitsplätzen bzw. Waschanlagen, die nicht an die Abluftreinigungsanlage angeschlossen sind, mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 90% verbunden ist. Für die Teilereinigung werden etwa 50% der Gesamteinsatzmenge der eingesetzten Reinigungsmittel verwendet, so dass die VOC-Reduktion bei diesem Anteil der Emissionen wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Durch die Maßnahme kommt es neben der VOC-Reduktion ggf. zu einem erhöhten Energiebedarf für die Abluftreinigung, da die Beladung der Abluft mit Lösemitteln vermindert wird und somit die Effizienz der Abluftreinigung sinkt.

Erschließbarkeit

Die Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar, der Installationsaufwand ist allerdings stark von den jeweiligen räumlichen Gegebenheiten und der installierten Abluftreinigungsanlage abhängig.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Anschluss an die Abluftreinigungsanlage

(Grobe Abschätzung für peek-buffer, Regeltechnik und ARA-Anpassung) 40.000 DM

Jährliche Investitionskosten bei AfA 7 Jahre + 5.714 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+) 1.701 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme in den nächsten 10 Jahren an 25% der lösemittelbasierten Verpackungs-Flexodruckanlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 0,84 t/a einhergeht.

15.6.7 Maßnahmen-Nr.: 321-7 Umstellung auf UV-Farbsystem

Kurz-Beschreibung

Umstellung der eingesetzten Farben und Trocknungssysteme auf UV-Farbsystem

Minderungswirkung

Lösemittlemissionen aus dem Farbsystem werden bei einer Umstellung auf UV-härtende Farben vollständig vermieden. Dies betrifft sowohl die Lösemittlemissionen aus den Farben selbst als auch die Emissionen aus dem Hilfsstoffeinsatz (Verdünner, Verzögerer etc.).

Umsetzungsprobleme

Die Umstellung auf UV-härtende Farbsysteme ist mit Investitionskosten verbunden. Weiterhin entstehen erhöhte Betriebskosten aufgrund des zusätzlichen Energieverbrauchs zur UV-Trocknung. Umstellungsprobleme können insbesondere bei Lebensmittelverpackungen auftreten, wenn hohe Anforderungen an die Echtheiten der Farben gestellt werden. Die Echtheiten können jedoch durch den Auftrag einer zusätzlichen Wasserlackschicht gewährleistet werden. Des Weiteren kann die Umstellung mit Problemen bei der Einhaltung konstanter Trocknungstemperaturen verbunden sein.

Da die farbhärtende UV-Strahlung von bestimmten Farbpigmenten besonders stark reflektiert wird, können Trocknungsprobleme beim flächigen Farbauftrag auftreten, insbesondere bei Weiss, teilweise jedoch auch beim Auftrag von Blau und Schwarz.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential der Maßnahme beläuft sich auf **252 t/a**, dies entspricht 9% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungs-Flexodruckanlagen, die derzeit mit lösemittelbasiertem System betrieben werden (2.796 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass derzeit etwa 1% der Verpackungs-Flexodruckanlagen mit UV-Farbsystemen betrieben wird und innerhalb der nächsten 10 Jahre bei 9% der derzeit mit lösemittelbasierten Systemen arbeitenden Flexodruckanlagen eine Umstellung auf UV-Farbsysteme erfolgt, was eine vollständige Vermeidung der Emissionen aus dem Farb- und Lacksystem bewirkt.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential ist die Maßnahme mit einem erhöhten Strombedarf zum Betrieb der UV-Trockner verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar, jedoch davon abhängig, in welchem Maße sich UV-basierte Flexodruck-Farbsysteme auf dem Markt etablieren können. Die Entwicklung ist besonders davon abhängig, in welchem Maße bei den Kunden derzeit bestehenden Vorbehalte gegenüber UV-Farbsystemen ausgeräumt werden können.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten.

Einbau von zehn UV-Trocknungseinheiten (je 75.000 DM)	750.000 DM	
Erneuerung von Kammerrakel, Farbpumpen, Rasterwalzen (37.500 DM je Druckwerk)	280.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten für die Umrüstungsinvestition (AfA 7 Jahre)		+ 147.143 DM/a
Jährliche Mehrkosten UV-Farbe pro Kilogramm gegenüber konv. Farbe		nicht bezifferbar
(Wegfall von Verdünner und Verzögerereinkauf	72.357 l/a)	
(Einsparung durch Wegfall von Verdünner- und Verzögerereinkauf (à 1,20 DM/l)		- 86.828 DM/a)

Die eventuellen Mehrkosten beim Einkauf von UV-Farben gegenüber konventionellen Farben lassen sich nicht beziffern, da die Farbpreise je nach Kundenanforderung und Vertragsbedingungen mit dem Farblieferanten hohe Spannbreiten aufweisen. Näherungsweise wird hier davon ausgegangen, dass die derzeit um ca. 100% höheren Kosten pro Kilogramm UV-Farbe in etwa ausgeglichen werden durch den höheren Festkörperanteil der UV-Farbe pro Kilogramm, durch verminderte UV-Farbschicht-Aufträge sowie durch den Wegfall der oben genannten Verdünner/Verzögerereinkäufe.

Mit den genannten ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von (+) **4.098 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme in den nächsten 10 Jahren an 9% der (lösemittelbasierten) Flexodruckanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 2,71 t/a erreicht wird.

15.6.8 Maßnahmen-Nr.: 321-8 Umstellung auf wasserbasiertes Farbsystem

Kurz-Beschreibung

Umstellung auf wasserbasiertes Farb- und Lacksystem

Minderungswirkung

Die Umstellung auf wasserbasierte Systeme vermeidet einen Teil der VOC-Emissionen aus dem Farb- und Lacksystem. Die Umstellung geht jedoch in der Regel mit einer Stilllegung der Abluftreinigungsanlage einher, so dass die im wasserbasierten Farb- und Lacksystem enthaltenen VOC-Anteile vollständig diffus emittieren.

Umsetzungsprobleme

Insbesondere beim Bedrucken von nicht saugenden Bedruckstoffen (z.B. Kunststofffolien) ist mit Umstellungsproblemen bei der Farbtrocknung zu rechnen. Anwendungsbeschränkungen können sich auch bezüglich Echtheit und Beständigkeit der wasserbasierten Farben (z.B. bei Lebensmittelverpackungen) ergeben. Aufgrund der bestehenden Kostenvorteile (insbesondere durch die einfachere Anlagentechnik) beim Einsatz wasserbasierter Farben ist davon auszugehen, dass der überwiegende Anteil der in diesem Druckverfahren sinnvoll produzierbaren Produkte bereits derart gedruckt wird. Weitere Umstellungspotentiale finden sich somit nur in einem schmalen Produktsegment, in welchem sich durch technologische Weiterentwicklungen der wasserbasierten Farbsysteme das technologisch zu präferierende Druckverfahren verändert (z.B. im Bereich des Foliendrucks).

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren mit der Maßnahme erreichbare VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **193 t/a**, dies entspricht 7% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungs-Flexodruckanlagen, die derzeit mit lösemittelbasierten System betrieben werden (2.796 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Der VOC-Anteil lösemittelbasierter Farbsysteme liegt derzeit bei etwa 60% mit einem Emissionsanteil von 16,4%; zusätzlich emittiert ein Anteil von 23,7% der VOC-relevanten Hilfsstoffe (Verdüner und Verzögerer, Einsatzmenge = 81% der Farbmenge), so dass sich eine Gesamtemission von 16% der Einsatzstoffe des Farbsystems ergibt. Beim wasserbasierten Farbsystem beträgt der (vollständig emittierende) VOC-Anteil etwa 5%, so dass die Umstellungsmaßnahme einen Anteil von

11/16 = 69% der VOC-Emission aus dem Farbsystem vermeidet. Weiterhin wird angenommen, dass die Maßnahme innerhalb der nächsten 10 Jahre durch die entsprechenden technologischen Weiterentwicklungen bei 10% der (derzeit lösemittelbasiert arbeitenden) Verpackungs-Flexodruckanlagen umgesetzt wird, so dass sich eine Reduzierung der Gesamtemissionen von 7% ergibt.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist neben der VOC-Reduktion mit einem erhöhten Energiebedarf zur Farbtrocknung verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist grundsätzlich erschließbar. Allerdings ist dies sehr stark von der technologischen Entwicklung sowie von der Marktentwicklung der wasserbasiert bedruckbaren Produkte abhängig.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) sind die folgenden einmaligen Umstellungsinvestitionen notwendig. Da es sich um Investitionen in grundlegende Produktionsanlagen handelt, wird von einer AfA von 7 Jahren ausgegangen. Weiterhin fallen veränderte laufende Kosten an.

Aufgrund der Daten aus der Branchenerhebung (2. Hochrechnung) wird an der Modellmaschine von einem jährlichen Hilfsstoff-Verbrauch (Verdünner, Verzögerer) von 56,8 t/a, dies entspricht etwa 72.356 l/a und einem Reinigungsmittel-Verbrauch von 9,8 t/a (12.484 l/a) ausgegangen. Durch die Umstellung auf ein wasserbasiertes System kann der Hilfsstoffverbrauch gemäß der Daten aus der Branchenerhebung auf 1,4 t/a (Verdünner und Verzögerer), dies entspricht 1.783 l/a und der Reinigungsmittelverbrauch auf 7,0 t/a (ca. 8.917 l/a) vermindert werden. Für weitere Umstellungsinvestitionen liegen keine Daten vor.

Jährliche Einsparung durch verminderten Hilfsstoffeinsatz (70.573 l/a à 1,20 DM) - 84.688 DM/a

Jährl. Einsparung durch verminderten Reinigungsmittelbedarf (3.567 l/a à 1,20 DM) - 4.280 DM/a

Ohne Einbeziehung der Umstellungskosten für den Umbau der Trocknungsaggregate ergibt sich aus den genannten ökonomischen Grunddaten eine VOC-Kosteneffizienz von **(-) 4.277 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 10% der derzeit lösemittelbasiert arbeitenden Verpackungs-Flexodruckanlagen umgesetzt wird und an der Modellmaschine mit einer VOC-Reduktion von **2,08 t/a** verbunden ist.

15.6.9 Maßnahmen-Nr.: 321-9 Verbesserter Umgang mit VOC-haltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit VOC-haltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen wie Verdüner und Verzögerer

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschluzustandes von Behältern können VOC-Emissionen vermieden werden. Durch den sorgfältigen Umgang mit Hilfsstoffen z.B. bei der händischen Zuführung von Verdünnern und Verzögerern können Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert teilweise auch mangelnde Motivation der Belegschaft die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren zu erwartende VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **280 t/a**, dies entspricht 10% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungs-Flexodruckanlagen, die mit lösemittelbasiertem System betrieben werden (2.796 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass die Maßnahme in den nächsten 10 Jahren an 100% der Verpackungs-Flexodruckanlagen umgesetzt wird und eine Reduzierung der VOC-Emissionen aus dem Farb- und Lacksystem von 10% bewirkt.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind keine weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn entsprechende Unterweisungen der Mitarbeiter erfolgen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) ist die Maßnahme mit den folgenden Umstellungskosten verbunden:

Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 15 Personen	400 DM	
Anteilige Instruktorkosten für 9 Drucker	240 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 9 Drucker je 4 Stunden	3.600 DM	
Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre		+ 1.280 DM/a
Kosten je Liter Verdünner/Verzögerer derzeit	1,20 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (10%)	3.834 l/a	
Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang		- 4.601 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 1.103 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der lösemittelbasierten Verpackungs-Flexodruckanlagen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 3,01 t/a einhergeht.

15.6.10 Maßnahmen-Nr.: 321-10 Automatische Lösemittelzuführung

Kurz-Beschreibung

Verminderung der händischen Zufuhr von Verdünnern/Verzögerern durch automatische Lösemittelzuführung über ein verrohrtes System

Minderungswirkung

Die automatische Zuführung von Lösemitteln verringert einen Teil der diffusen VOC-Emissionen bei der Einstellung der Farbviskosität im Farbkasten. Die diffusen Emissionen entstehen derzeit durch Verdunstungsverluste bei der händischen Zuführung.

Umsetzungsprobleme

Bei Altanlagen ist die Maßnahme mit Investitionskosten verbunden, denen jedoch verringerte Hilfszeiten gegenüberstehen.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren mit der Maßnahme erreichbare VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **45 t/a**, dies entspricht 2% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungs-Flexodruckanlagen, die mit lösemittelbasierten Systemen betrieben werden (2.796 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass die VOC-Emissionen aus der Viskositätseinstellung etwa 20% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem betragen und durch die Maßnahme eine Reduzierung der Emissionen um 20% erreicht wird. In den nächsten 10 Jahren ist eine Erhöhung des derzeit bei 10% liegenden Ausstattungsgrades um 40% erreichbar, so dass die Umsetzung der Maßnahme bei diesem Branchenanteil VOC-wirksam wird.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Die Erschließung des Minderungspotentials bedarf keiner Zusatzaktivitäten, da mit dem Anlagenaustausch ein automatischer Trend zum Einbau von verrohrten Lösungsmittelzufuhrsystemen einhergeht.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) sind mit der Umsetzung der Maßnahme folgende Kosten verbunden. Da es sich bei den Zuführungssystemen um ein die Investition in ein grundlegendes Anlagenzubehör handelt, wird ein Abschreibungszeitraum von 7 Jahren angesetzt.

Investitionskosten für die Nachrüstung an 8 Farbwerken	75.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten (AfA 7 Jahre)		+ 10.714 DM/a
Einsparung durch Minderverbrauch Verdünner (4%)	1.384 l/a	
Jährliche Einsparung durch Minderverbrauch Verdünner/Verzögerer (à 1,20 DM/l)		- 1.661 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**
7.544 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 40% der lösemittelbasiert arbeitenden Verpackungs-Flexodruckanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und an der Modellmaschine mit einer VOC-Reduktion von 0,48 t/a verbunden ist.

15.6.11 Maßnahmen-Nr.: 321-11 Verbesserte Kapselung von Farbsystemen und Trocknern

Kurz-Beschreibung

Einbau einer verbesserten Kapselung von Farbsystemen und Trocknern

Minderungswirkung

Durch eine Optimierung der Kapselung und der Luftführung in den Trocknern können die diffusen, nicht von der Abluftreinigung erfaßten Emissionen aus den Farbwerken vermindert werden.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist insbesondere der hohe Investitionskostenbedarf bei der Nachrüstung von Altanlagen zu benennen. Die Zugänglichkeit der Anlage wird durch die verbesserte Kapselung eingeschränkt, so dass teilweise erhöhte Hilfszeiten auftreten.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren mit der Maßnahme erreichbare VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **604 t/a**, dies entspricht 22% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungs-Flexodruckanlagen, die mit lösemittelbasierten Systemen betrieben werden (2.796 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass etwa 80% der Emissionen aus dem Farb- und Lacksystem in der Druckanlage entstehen und bei einer ungenügenden Kapselung von der Abluftreinigung nur etwa 70% der Emissionen erfaßt werden. Eine verbesserte Kapselung ist mit einer Erhöhung des Erfassungsgrades auf 90% verbunden. Somit werden $20/30 = 67\%$ der Emissionen aufgrund ungenügender Kapselung in der Druckanlage vermindert. Etwa 50% der lösemittelbasierten Flexodruckanlagen sind derzeit ungenügend gekapselt, so dass die Maßnahme nur bei diesem Teil der Anlagen VOC-wirksam umgesetzt werden kann. In den nächsten 10 Jahren ist eine verbesserte Kapselung bei 90% der derzeit ungenügend gekapselten Anlagen erreichbar.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Umsetzung der Maßnahme keine weiteren Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Zur Erschließung des Minderungspotentials sind keine Zusatzaktivitäten notwendig, da mit dem Anlagenaustausch ein automatischer Trend zum Einbau gekapselter Farbsysteme und Trockner einhergeht.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Die Maßnahme ist an der Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) mit den folgenden Umrüstungskosten verbunden.

a) Zylinderbauweise oder Reihenbau:

Kapselung der gesamten Anlage	200.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten (AfA 7 Jahre)		+ 28.571 DM/a

b) Reihenbauweise:

Kapselung der 8 Druckwerke (je 3.000 DM)	24.000 DM	
Jährliche Abschreibungskosten (AfA 7 Jahre)		+ 3.429 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(+)**

1.758 DM pro Tonne vermiedene VOC bei der Kapselung der gesamten Anlage bzw. von **(+)**

211 DM pro Tonne vermiedene VOC bei einer Kapselung aller Druckwerke in einer Druckmaschine in Reihenbauweise, jeweils unter der Annahme, dass die Maßnahme in den nächsten 10 Jahren bei 40% der lösemittelbasiert arbeitenden Verpackungs-Flexodruckanlagen VOC-wirksam umgesetzt wird und an der Modellmaschine mit einer VOC-Reduktion von 6,50 t/a verbunden ist.

15.6.12 Maßnahmen-Nr.: 321-12 Regelungstechnische Optimierung der Abluftreinigungsanlage

Kurz-Beschreibung

Regelungstechnische Optimierung der Abluftreinigungsanlage

Minderungswirkung

Die regelungstechnische Optimierung der Abluftreinigungsanlage vermeidet einen Teil der VOC-Emissionen aus dem Reingas.

Umsetzungsprobleme

Als Umsetzungsproblem ist der hohe Investitionskostenbedarf zu benennen.

VOC-Reduktionspotential

Das in den nächsten 10 Jahren mit der Maßnahme erreichbare VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **3 t/a**, dies entspricht 1% der Gesamtemission aus dem Farb- und Lacksystem in Verpackungs-Flexodruckanlagen, die mit lösemittelbasierten Systemen betrieben werden (2.796 t/a, Maschinenkonstellation 321).

Die Berechnung basiert auf folgenden Annahmen:

Es wird davon ausgegangen, dass 80% der Emissionen aus dem Farb- und Lacksystem in der Druckanlage entstehen und mit der Maßnahme eine VOC-Minderung von 10% gegenüber einer regelungstechnisch nicht optimierten Abluftreinigungsanlage erreichbar ist. Etwa 50% der Abluftreinigungsanlagen von lösemittelbasierten Flexodruckmaschinen sind derzeit nicht regelungstechnisch optimiert, so dass die Maßnahme nur bei diesem Teil der Anlagen VOC-wirksam umgesetzt werden kann. In den nächsten 10 Jahren ist eine Optimierung bei 30% der derzeit ungenügend geregelten Anlagen erreichbar.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Neben dem VOC-Reduktionspotential sind mit der Maßnahme keine weiteren Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Zur Erschließung des Minderungspotentials sind keine Zusatzaktivitäten notwendig, da mit dem Anlagenaustausch ein automatischer Trend zum Einbau regelungstechnisch optimierter Abluftreinigungsanlagen einhergeht.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Die Maßnahme ist an der Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) mit den folgenden Umrüstungskosten verbunden.

Investitionskosten für Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik	37.000 DM
Jährliche Abschreibungskosten (AfA 7 Jahre)	+ 5.286 DM/a

Mit diesen ökonomischen Grunddaten ergibt sich eine VOC-Kosteneffizienz von (+) 2.203 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme in den nächsten 10 Jahren an 15% der lösemittelbasiert arbeitenden Flexodruckanlagen VOC-mindernd umgesetzt wird und an der Modellmaschine mit einer VOC-Reduktion von 0,36 t/a verbunden ist.

16. Flexodruck wasserbasiert (Masch. Konst. 322)

16.1 Farbsystem

Die wasserbasierten Farbsysteme weisen höhere Festkörper- und Pigmentgehalte als die lösemittelbasierten Farben auf.

Der Wasseranteil in gelieferten Druckfarben liegt bei 50 - 60%. Als Bindemittel werden Polyester-, Malein- und Acrylharze sowie Dispersionen appliziert, welche durch Verseifung mit Alkalien (Ammoniak oder Amine) in eine wasserlösliche Form gebracht werden. Im Trocknungsvorgang entweicht das Amin bzw. Ammoniak, und Bindemittelharze werden wieder wasserunlöslich. Als Trocknungshilfe werden die Alkohole Ethanol und Isopropanol in geringen Konzentrationen von unter 15% beigegeben. Die Verdünnung kann mit Wasser angesetzt werden. Meist beinhalten die Rezepturen Additive wie Entschäumer und Netzmittel.

Tabelle 26: Durchschnittliche Basisrezeptur für wasserbasierte Flexodruckfarben

Bestandteil	Inhaltstoffe	Anteil (Gew.%)
Bindemittel		
- wässrige Lösemittelkomponente	Wasser	50 - 75%
- organische Lösemittelkomponente	Alkohole (z.B. Ethanol, Isopropanol)	3- 13%
- weitere Bindemittelkomponente	z.B. Polyester- u. Acrylharze, Polyvinylacetat	10 - 20%
- weitere Bindemittelkomponente	Ammoniak, Amine	1- 5%
Farbmittel	anorganische Pigmente, organische Pigmente	10 - 20%
Farb-Hilfsmittel	u.a. Wachse, Weichmacher, Komplexbildner	1 - 3%
Physik. Eigenschaften: Festkörpergehalt: 25 - 40%; unterer Heizwert: < 10 MJ/kg; ca. pH-Wert 8		

[Ökopol GmbH / B.A.U.M., 1997]

16.2 Produkte & Bedruckstoffe

Im Direktdruck und Preprint von Wellpappen werden praktisch nur noch mit wasserbasierenden Farben gedruckt. Weitere Anwendungsfelder mit hohem Wasserfarbenanteil sind: Papiersäcke und -tüten, Tapeten, Umschläge und EDV-Papier (teils nur 2% Alkoholzusatz), Hygiene- und Haushaltspapiere wie Servietten, Geschenkpapiere, Etiketten, aseptische Verpackungen wie Milch- und Getränkekartonagen, PE-Tragetaschen und -Säcke sowie Schrumpfhauben.

Es sind überwiegend saugfähige, offenporige Bedruckstoffe aus Papieren und Karton, die derzeit für den Druck mit Wasserfarben in Frage kommen. Bei den polyolefinen Kunststoffen sind es vorwiegend PE-Folien, die bedruckbar sind. Auf weiteren Kunststofffolien wie PP, PES und PS sind drucktechnisch gute Ergebnisse erzielt worden. Wasserbasierende Farben werden in bestimmten Fällen auch beim Bedrucken von Aluminiumfolien und aluminiumbeschichteten Kunststofffolien eingesetzt. Die hohe Verdampfungswärme und Verdunstungszahl, aber auch die hohe Oberflächenspannung von Wasser (schlechte Benetzung von vielen Kunststoffen) begrenzen die Einsatzmöglichkeiten.

Der Substitutionsboom der wasserbasierten Farbsysteme in den 70er- und 80er-Jahren hat sich in den 90er-Jahren abgeschwächt; im Jahr 1995 basierten rund 43% der Flexodruckfarben auf Wasser. Vielfach scheitern die Umstellungsabsichten der Druckereien an längeren Trocknungszeiten und -strecken, höherer Heizenergie, teils auch an hohen kundenseitigen Qualitätsansprüchen (Farbbrillanz, Deckkraft).

Insbesondere beim Druck von Gold- und Silberfarbe ist die Umstellung auf wasserbasierte Farbsysteme noch nicht möglich. Im Etikettendruck besteht beim Auftrag von Tagesleuchtfarben noch keine wasserbasierte Alternative, da die existierenden Farbsysteme bei der späteren Anwendung in Laserdruckern und Kopierern nicht hitzeresistent wären. Neuere Entwicklungen lassen erwarten, dass in diesem Segment die stabile Beimischung der Leuchtfarben bereits bei der Papierherstellung gelingt, so dass die Notwendigkeit einer flächigen Bedruckung entfällt.

16.3 VOC-relevante Einsatzstoffe

Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl typischer VOC-relevanter Einsatzstoffe und ihre Anwendungsbereiche.

Tabelle 27: VOC-relevante Einsatzstoffe im wasserbasierten Flexodruck

Stoff	Dampfdruck	Einsatzzweck	Spezifische Einsatzmenge [in Gew.% der eingesetzten Farbe]
Ethanol	59 hPa	Lösemittel in Farbe, Trocknungsbeschleuniger, Reinigungsmittel	VOC in Farbe: 5,0% VOC als Verdünner, Trocknungsbeschleuniger, -verzögerer: 2,0%
Isopropanol	43 hPa	Lösemittel in Farbe, Reinigungsmittel	VOC als Reinigungsmittel: 10,0%
Ethylacetat	92 hPa	Verdünner, Reinigungsmittel	
Spezialbenzin (A I)	40 - 85 hPa	Reinigungsmittel	
Testbenzin (A II, A III)	1,5 - 10 hPa	Reinigungsmittel	
A II-Lösemittelgemisch aus aliphatischen und cycloaliphatischen Kohlenwasserstoffen mit ca. 20% Pentanol	ca. 3 - 10 hPa	Auswaschlösung bei der Formherstellung	
[HPV, 1998]			[Ökopol, 1999]

16.4 Genehmigungspflichten

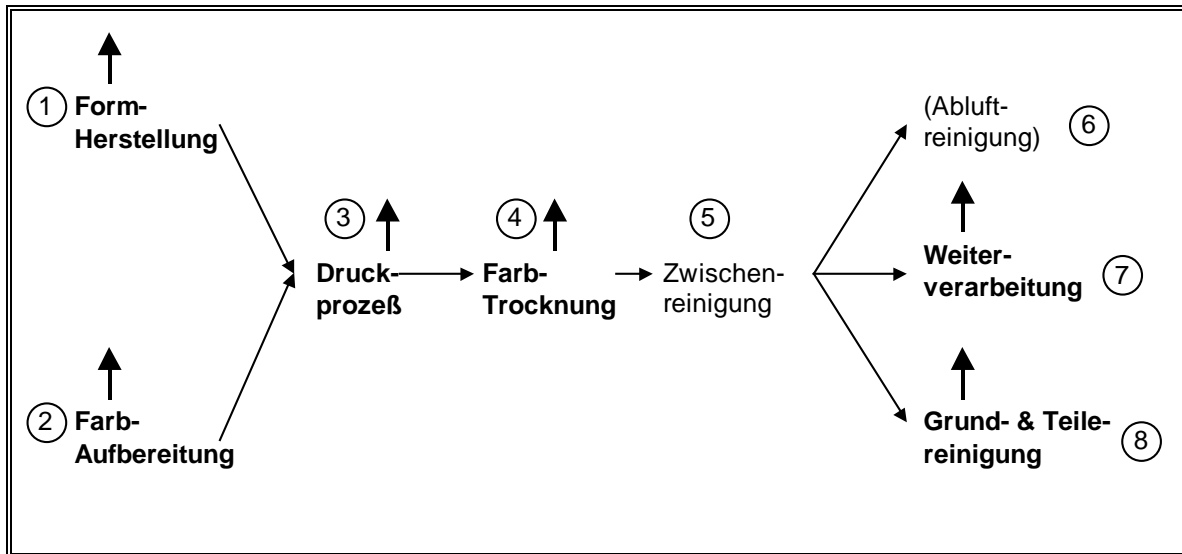
Es gelten grundsätzlich die gleichen gesetzlichen Bestimmungen wie beim lösemittelbasierten Verpackungs-Flexodruck. Allerdings sind von der Genehmigungspflicht nach 4. BImSchV nur sehr große Betriebe, die mit wasserbasierten Farbsystemen arbeiten, betroffen, da nur sie die Mengenschwelle von 25 kg/h Lösemittelleinsatz (aus der Farbe) überschreiten.²¹

²¹ Geht man von einem zweischichtigen Betrieb mit einer 6-Tage-Woche und einem durchschnittlichen Lösemittelgehalt von 10 % in der Farbe aus, ergibt sich ein jährlicher Farbeinsatz von ca. 1.250 t, ab dem eine Genehmigungspflicht bestünde.

16.5 Emissionsquellen, Einflußfaktoren & Emissionsbilanz

16.5.1 Emissionsquellen

Abbildung 21: VOC-Emissionsquellen im wasserbasierten Flexodruck



[ÖKOPOL, 1999]

1. Form-Herstellung: Für den Bereich der Form-Herstellung wird auf die Ausführungen in Kapitel 14.3 verwiesen.
2. Farb-Aufbereitung
Bei der Farb-Aufbereitung in der Farbküche selbst und bei der Viskositätseinstellung an den Farbvorlagebehältern der Druckmaschinen treten diffuse Emissionen der eingesetzten VOC-Anteile in Farben und Trocknungsbeschleunigern auf, da hier offen mit ihnen wird. Die Höhe dieser Emissionen hängt stark von der Sorgfalt und dem Erfahrungen des Personals ab.
3. Druckprozess:
Beim Druck verdunsten geringe Anteile der in den Farben enthaltenen VOC (Alkoholanteile ca. 5 bis 10%) aus dem Farbfilm. Eine Absaugung erfolgt im Normalfall nicht.
4. Farb-Trocknung:
Bei der Farbtrocknung unter Warmluftzufuhr verdunsten neben den Wasseranteilen auch die restlichen VOC-Anteile aus dem Farbfilm. Die Trocknerabluft wird im Normalfall über Dach geführt.

5. Zwischenreinigung:

Für Zwischenreinigungen wird fast ausschließlich Wasser, ggf. mit geringem Alkoholzusatz, verwendet. Eingesetzte VOC-Anteile emittieren diffus.

6. Abluftreinigung:

Eine Abluftreinigung findet in der Regel nicht statt.

7. Weiterverarbeitung:

Je nach Inline-Weiterverarbeitung treten beim Trocknen die VOC-Anteile aus Lacken und Klebern aus.

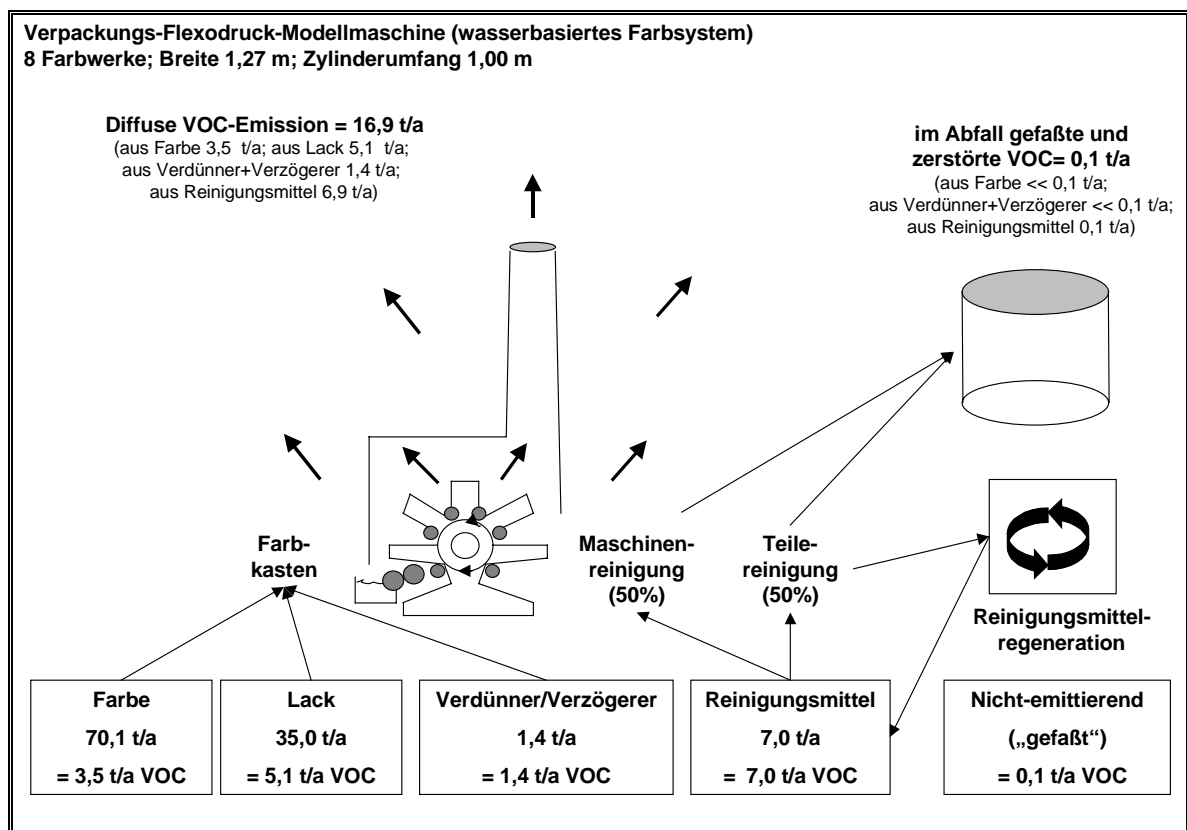
8. Grund- & Teilereinigung:

Die farbführenden Teile werden nach Auftragsende komplett aus den Maschinen genommen und an entsprechenden Waschplätzen oder Waschanlagen gesäubert. Während frische Farbverunreinigungen mit Wasser abgewaschen werden, sind angetrocknete Farben teilweise nur sehr schwer zu entfernen. In diesen Ausnahmefällen kommen aggressive, leichtflüchtige Lösemittel (A I-Mittel) zum Einsatz.

16.5.2 Emissionsbilanz

Für eine typische Modellmaschine ergibt sich auf Basis der im Projektrahmen durchgeführten Datenerhebung das folgende Einsatz- und Emissionsschaubild.

Abbildung 22: VOC-Jahresbilanz einer Verpackungs-Flexodruckmaschine (wasserbasiertes Farbsystem)



[ÖKOPOL 1999]

16.6 Minderungsmaßnahmen

16.6.1 Maßnahmen-Nr.: 322-1 Verbesserte Handhabung VOC-haltiger Hilfsmittel

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit VOC-haltigen Hilfsmitteln

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschlusszustandes von Behältern für VOC-haltige Hilfsmittel Putztücher können VOC-Emissionen vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-) Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert teilweise auch mangelnde Motivation der Belegschaft die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **177 t/a**, dies entspricht 30% der Gesamtemissionen aus dem Reinigungsmittelleinsatz in Verpackungs-Flexodruckmaschinen, die mit wasserbasiertem Farbsystem betrieben werden (591 t/a, Maschinenkonstellation 322).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme von 100% der Betriebe umgesetzt wird und mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 30% verbunden ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist neben dem VOC-Reduktionspotential mit keinen weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn Unterweisungen der Mitarbeiter durchgeführt werden.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 15 Personen	400 DM	
Anteilige Instruktorkosten für 9 Drucker	240 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 9 Drucker je 4 Stunden	3.600 DM	
Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre		+ 1.280 DM/a
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit (Ethanol, Ethylacetat o.ä.)	1,20 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (30%)	2.675 l/a	
Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang		- 3.210 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergeben sich spezifische Vermeidungskosten von **(-) 932 DM pro Tonne vermiedene VOC** unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der wasserbasierten Verpackungs-Flexodruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 2,07 t/a einhergeht.

16.6.2 Maßnahmen-Nr.: 322-2 Verbesserter Umgang mit VOC-haltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit lösemittelhaltigen Farben und Lacken sowie Hilfsstoffen wie Verdüner, Verzögerer.

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschlußzustandes von Behältern können VOC-Emissionen vermieden werden. Durch den sorgfältigen Umgang mit Hilfsstoffen z.B. bei der händischen Zuführung von Verdünnern und Verzögerern können Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-) Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme. Neben mangelndem Wissen behindert teilweise auch mangelnde Motivation der Belegschaft die Umsetzung der Maßnahme.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf 85 t/a entsprechend 10% der Gesamtemissionen aus dem Einsatz von Farben, Lacken, Verdünnern und Verzögerern in Verpackungs-Flexodruckmaschinen, die mit wasserbasiertem Farbsystem betrieben werden (853 t/a, Maschinenkonstellation 322).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme von 100% der Betriebe umgesetzt wird und mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 10% verbunden ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist neben dem VOC-Reduktionspotential mit keinen weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist gut erschließbar, wenn Unterweisungen der Mitarbeiter durchgeführt werden.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Für die angesetzte Modellmaschine (Breite 1.270 mm - 8 Farbwerke, 2-Schicht-Betrieb) entstehen die folgenden Umstellungskosten:

Instruktorkosten für 4 Stunden Schulung à 15 Personen	400 DM	
Anteilige Instruktorkosten für 9 Drucker	240 DM	
Ausfallkosten je Drucker und Stunde	100 DM	
Ausfallkosten für 9 Drucker je 4 Stunden	3.600 DM	
Jährliche Schulungskosten bei AfA 3 Jahre		+ 1.280 DM/a
Kosten je Liter Reinigungsmittel derzeit (Ethanol, Ethylacetat o.ä.)	1,20 DM/l	
Jährlicher Minderverbrauch durch sorgfältigen Umgang (10%)	1.274 l/a	
Jährliche Einsparung durch sorgfältigen Umgang		- 1.529 DM/a

Mit den vorstehenden ökonomischen Grunddaten ergibt sich eine VOC-Kosteneffizienz von (-) 249 DM pro Tonne vermiedene VOC unter der Annahme, dass die Maßnahme an 100% der wasserbasierten Verpackungs-Flexodruckmaschinen umgesetzt wird und damit an der Modellmaschine eine VOC-Reduktion von 1,00 t/a einhergeht.

17. Siebdruck

17.1 Druckprinzip

Beim Siebdruck handelt es sich um ein Durchdruckverfahren. Die Druckform besteht aus einem engmaschigen Sieb aus feinem Polyester- oder Nylongewebe. Auf dieses wird das Druckbild meist fotochemisch übertragen und so eine Schablone hergestellt. Die druckenden Stellen der Schablone sind farbdurchlässig. Der Druckvorgang erfolgt mit einem Metallraket, in den ein Hartgummistreifen eingefügt ist. Die vor dem Raket eingefüllte Druckfarbe wird über das Bild gezogen und so durch die offenen Bereiche des Siebes auf den Bedruckstoff gedrückt. Mit dem Siebdruckverfahren ist ein direkter Druck, aber auch Indirektdruck möglich.

17.2 Farbsysteme

Nur in den seltensten Fällen wird die Siebdruckfarbe direkt verarbeitet. Farbton, Viskosität, Druck- und Trocknungseigenschaften werden meist vom Drucker mit Hilfe verschiedener Lösemittel und Hilfsstoffe angepasst. Die Verdünner weisen eine ähnliche Verdunstungseigenschaft wie die Lösemittel der Druckfarbe auf. Verzögerer verlangsamen die Trocknung und helfen mit, das Siebgewebe offen zu halten. Bei den Trocknungsbeschleunigern mit niedrigen Verdunstungszahlen wird erwartet, dass sie das Verdunsten anderer, trägerer Lösemittel forcieren.

Die verwendeten Lösemittel sind, je nach Bedruckstoffanforderung, ein Gemisch aus zwei und mehr verschiedenen VOC wie Propylenglykolether, Dipropylenglykolether, Ethanol und Zusätzen von aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffen. Man rechnet mit einem durchschnittlichen Farbverbrauch von 25 g pro m².

Die folgende Tabelle zeigt eine durchschnittliche Basisrezeptur für lösemittelbasierte Siebdruckfarben.

Tabelle 28: Durchschnittliche Basisrezeptur für lösemittelbasierte Siebdruckfarben

Bestandteil	Inhaltstoffe	Anteil (Gew.%)
Bindemittel		
- Lösemittelkomponente	aromatische und aliphatische Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Ester, Glykolether und -ester, teilweise Ketone	k.A.
-weitere Bindemittelkomponente	Naturharze, Öle, Alkydharze, Cellulosederivate, Ketonharze, Phenolharze	k.A.
Farbmittel	anorganische Pigmente, organische Pigmente	k.A.
Hilfsmittel	diverse	k.A.
Festkörpergehalt: k.A.		

Zur Einstellung der Druckfarbe im Verarbeitungsprozess werden in Abstimmung auf das jeweilige Farbsystem Verdüner, Verzögerer und Sieböffner zugesetzt.

Wasserbasierte Siebdruckfarben enthalten neben dem Hauptlösemittel Wasser zwischen 5 und 15% organische Lösemittel. Zusätze wie Ammoniak und Amine machen die Harze der Bindemittel wasserlöslich.

17.3 Produkte & Bedruckstoffe

Im Siebdruck kann praktisch jedes Material bedruckt werden. Nicht betrachtet wird an dieser Stelle die Serigraphie (seri = Seide), die dem künstlerischen Siebdruck vorbehalten ist. Ebenso werden die industriellen Anwendungsgebiete des Siebdrucks, wie das Bedrucken von Leiterplatten und anderen Schaltungen, das Bedrucken von Holz- und Holzzeugnissen (Dekor, Spielzeug etc.), Glas, Porzellan und Keramik sowie der textile Siebdruck (z.B. Beflocken von T-Shirts, Mützen etc.) und der Filmdruck nicht in diese Darstellungen einbezogen, da sie unmittelbar den jeweiligen Wirtschaftszweigen und Produktionsprozessen zuzurechnen sind.

Für Einzelexemplare und Kleinauflagen ist der Siebdruck ein günstiges Verfahren. Die Druckformherstellung ist vergleichsweise einfach und billig. Wie kein anderes Verfahren bietet er fast unbegrenzte Möglichkeiten bezüglich der zu bedruckenden Formen, Formate, Bedruckmaterialien und Spezialfarben mit Druckeffekten. Siebdruckanwendungen sind meist am dicken, deckenden Farbauftrag erkennbar, der bis zu 100 mal stärker sein kann als in anderen Druckverfahren. Hieraus resultiert eines der hauptsächlichen produktionstechnischen Probleme des Siebdrucks, die längere Farb-Trocknung. Druckfrische Erzeugnisse lassen sich nicht stapeln. Deshalb werden selten grosse Auflagen im Siebdruck hergestellt. Mehr als 2/3 der Aufträge hat die Auflage < 1.000 Drucke. [BVD, 1996]

Aufgegliedert nach den Hauptbedruckstoffen ergibt sich das folgende Bild:

Tabelle 29: Produktionsanteile der Bedruckstoffe im Siebdruck

Bedruckstoff	Produktionsanteil (wertbezogen)
Selbstklebende Folien	40%
Sonstige Kunststoffe	20%
Papier, Karton, Pappe	20%
Textilien und Metalle	20%

[BVD, 1996]

Beim grafischen Siebdruck sind die typischen Produkte Glückwunschkarten und Visitenkarten im Reliefdruck, Landkarten, Bucheinbände, die Oberflächengestaltung von Reklameschildern und Displays, Geräten, Schildern bis hin zu Ordnerumschlägen und Verpackungsmitteln wie Tabletenschachteln, Dosen, Tuben, Flaschen und Fässer.

Papier und Karton als Bedruckstoffe sind rückläufig. Dagegen hat sich das Bedrucken von Kunststoffen als Domäne des Siebdruckes entwickelt. Am häufigsten dürfte PVC bedruckt werden. Dafür werden Spezialfarben auf PVC-Bindemittelbasis eingesetzt. Die eingesetzten Lösemittel lösen den Bedruckstoff leicht an und ermöglichen so eine echte Verbindung zwischen Farbbindemittel und Bedruckstoff. Im weiteren sind polyolefine Hohlkörper aus Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) weit verbreitete Materialien im Siebdruck. Sie müssen unmittelbar vor dem Druck beflammt oder durch Ionenbeschuss vorbehandelt werden. Weitere häufig bedruckte Kunststoffe sind: Acrylglas, Plexiglas, Polystyrol, Acetat, Polyester sowie duroplastische Stoffe wie Melamin, Epoxitharze und Polyesterharze.

Der textile Siebdruck hat in den letzten Jahren, zunächst durch das Bedrucken von Baumwoll-T-Shirts, in jüngster Zeit in der Sport- und Freizeitbekleidung mit neuen synthetischen Fasern, enorm an Bedeutung gewonnen.

17.4 Betriebe & Maschinenpark

Es gibt in Deutschland rund 550 gewerbliche Siebdruckereien. Daneben gibt es eine Reihe von Industriefirmen anderer Branchen, die den Siebdruck nebenbetrieblich durchführen.

Von den gewerblichen Siebdruckereien sind ca. 50% ausschließlich im Siebdruck tätig. Die anderen Betriebe setzen auch andere Druckverfahren ein, zumeist den Offsetdruck.

Bei den Siebdruckereien handelt es sich überwiegend um Klein- und Kleinstbetriebe. Dies zeigt die folgende Größenaufstellung.

Tabelle 30: Größenstruktur der Siebdruck-Betriebe

Zahl der Beschäftigten	Anteil der Betriebe	Anzahl der Betriebe
< 10 Beschäftigte	40%	ca. 220
10 - 19 Beschäftigte	30%	ca. 170
20 - 50 Beschäftigte	20%	ca. 110
> 50 Beschäftigte	10%	ca. 50

[BVD, 1996]

Der Siebdruck wird zum großen Teil auf Flachbetтанlagen für Bogenware praktiziert. Zylinderdruckanlagen und Rotationsanlagen für Rollenware sind eher in größeren Siebdruckereien anzutreffen.

Darüber hinaus werden Siebdruckanlagen in Hinblick auf ihren Automatisierungsgrad unterschieden:

Handdrucktische, an denen ausschließlich manuell gearbeitet wird und die meist für Kleinauflagen oder Unikate eingesetzt werden.

- Bei den Halbautomaten erfolgt nur der Druckvorgang automatisch; Stundenleistungen bis 800 Drucke können erreicht werden
- Neben dem Bedrucken erfolgt bei den Dreiviertelautomaten auch das Auslegen vollautomatisch; das Anlegen muss manuell durchgeführt werden
- In vollautomatischen Anlagen sind Anleger angebracht, die auch diese Arbeit gesteuert verrichten.

Die meisten Anlagen sind für den einfarbigen Druck ausgelegt. Lediglich größere Vollautomaten und Rollenrotationsanlagen sind mit vier Farbwerken bestückt. Die folgende Aufstellung gibt einen ungefähren Überblick über die installierte Maschinenbasis in der Bundesrepublik.

Tabelle 31: Maschinentypen und –anzahl im Siebdruck

Siebdruckanlagen	Zahl der installierten Anlagen	Anzahl Farbwerke
Einfache Drucktische mit Einhandraketel	ca. 450	k.A
Halbautomaten	ca. 600	k.A
Dreiviertelautomaten	ca. 370	k.A
Vollautomatische Anlagen (Flachbett- und Zylinder)	ca. 80	k.A
Spezialdruckmaschinen, Siebdruckstrassen	k.A	k.A
Siebdruck-Rollen-Rotation	ca. 50	k.A
Gesamt:	ca. 1.550	

[BVD, 1996]

Bei einem Teil dieser Maschinen handelt es sich um Spezialmaschinen, welche nur für bestimmte Einsatzgebiete (z.B. Glas) verwendbar sind.

17.5 VOC-relevante Einsatzstoffe im Siebdruck

Für die verschiedenen Prozessschritte im Siebdruck, insbesondere die Siebreinigung und die Farbaufbereitung kommen je nach konkretem Anwendungsfall eine Vielzahl verschiedener organischer Lösemittel zum Einsatz. Die folgende Aufstellung zeigt einen Ausschnitt dieser Stoffe.

Tabelle 32: VOC-relevante Einsatzstoffe im Siebdruck

Stoff	Einsatzzweck	TA-Luft-Klasse	VbF-Klasse	Dampfdruck
Xylol	Lösemittel in Druckfarbe (LF) und zur Druckformreinigung, Reinigungsmittelbestandteil (LF)	II	A II	7,5 hPa
Solvent-Naphta	Lösemittel in Druckfarbe (LF) und zur Druckformreinigung	II	A II	3 - 10 hPa
Butylacetat	Lösemittel in Druckfarbe (LF) und zur Druckformreinigung	III	A II	10,7 hPa
Cyclohexanon	Lösemittel in Druckfarbe (LF) und zur Druckformreinigung	II	A II	4,5 hPa
1-Methoxy-2-propanol	Lösemittel in Druckfarbe (LF) und zur Druckformreinigung, Reinigungsmittelbestandteil (LF)	III	A II	11,0 hPa
Aceton	Lösemittel zur Druckformreinigung	III	B	240,0 hPa
Isopropylbenzol („Cumol“)	Reinigungsmittelbestandteil (LF)	k.A.	A II	4,3 hPa
Trimethylbenzol („Mesitylen“)	Reinigungsmittelbestandteil (LF)	k.A.	A II	2,8 hPa
1-Methoxy-2-propylacetat	Reinigungsmittelbestandteil (LF)	k.A.	A II	6,7 hPa
Methoxymethylacetat und Hydroxymethylpentanon	Verdünner (LF)	III	A II	2,0 hPa
3,5,5 Trimethyl-2-cyclohexen-(1)-on	Verzögerer (LF)	II	A III	1,0 hPa
Estergemisch	Verzögerer (LF)	II	--	1,0 hPa
Ethylacetat	Lösemittel in Druckfarbe (WF) und zur Druckformreinigung	III	A I	92,0 hPa

Legende: LF: lösemittelbasierte Farbe, WF: wasserbasierte Farbe

[Ökopol 1999]

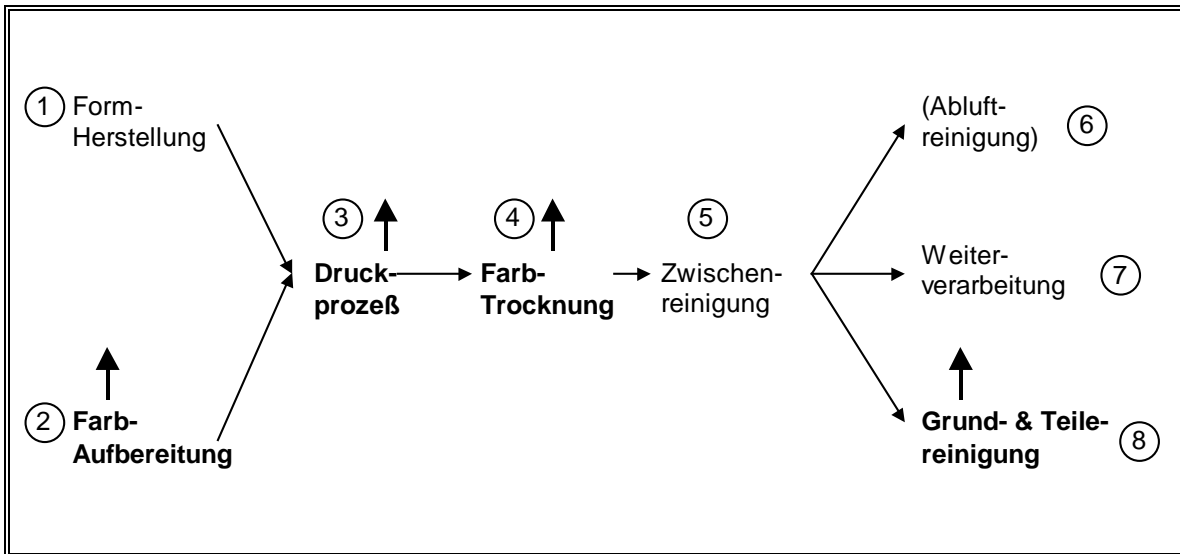
17.6 Genehmigungspflichten

Rotationssiebdruck-Anlagen, in denen mehr als 25 kg Lösemittel pro Stunde zum Einsatz kommen, sind nach 4. BlmschV genehmigungspflichtig. Aus der TA Luft ergeben sich je nach Art der eingesetzten Lösemittelarten einzuhaltende Emissionswerte von 100 – 150 mg/m³.

17.7 Emissionsquellen & Einflußfaktoren

17.7.1 Emissionsquellen

Abbildung 23: VOC-Emissionsquellen im Siebdruck



[ÖKOPOL, 1999]

1. Form-Herstellung:
Bei der Form-Herstellung kommen keine VOC-relevanten Stoffe zum Einsatz.
2. Farb-Aufbereitung:
Anteile der bei der Farbaufbereitung und –einstellung eingesetzten VOC-haltige Hilfsmittel emittieren diffus in die Raumluft.
3. Druckprozess:
Ein Teil der leichtflüchtigen Lösemittel aus den Farben verdunstet unmittelbar im Druckprozess. Da nur ein kleiner Teil der Siebdruckanlagen mit Absauganlagen am Drucktisch ausgestattet ist handelt sich vielfach um diffuse Emissionen in die Raumluft.
4. Farb-Trocknung:
Siebdruckfarben trocknen meist physikalisch, d.h. durch Verdunsten der flüssigen Bestandteile (Lösemittel oder Wasser). Die Trocknungsgeschwindigkeit ist neben anderen Faktoren vom Dampfdruck der verwendeten Lösemittelgemische abhängig und kann durch Wärmezufuhr beschleunigt werden. In den meisten Siebdruckbetrieben wird auf einfache Art mit Trocknerhorden getrocknet, die bis zu 50 bedruckte Bogen aufnehmen können. Diese fahrbaren Trocknergestelle werden in gut ausgebauten Siebdruckereien vor Trocknerwände mit Absaug-

ventilatoren gestellt, um die Lösemitteldämpfe teilweise abzuführen. Elektrisch beheizte Durchlauftrockner, in denen die Farbe durch intensive Warmluftzufuhr in wenigen Sekunden trocknen, sind nur in einer kleinen Zahl von Siebdruckereien anzutreffen, die Aufträge mit höheren Auflagen und Maschinenauslastungen bearbeiten.

5. Zwischenreinigung:

Bei Druckstörungen werden fast ausschließlich VOC-haltige Reinigungsmittel zur (Sieb-) Reinigung verwendet.

6. Abluftreinigung:

Durch die stark schwankenden Lösemittelgehalte in der Abluft der meist diskontinuierlich arbeitenden Siebdruckmaschinen ist die Abluftreinigung vergleichsweise problematisch. Aus diesem Grunde ist der Ausstattungsgrad mit Abluftreinigungsanlagen sehr gering (< 5% der verdruckten Farbmenge). Klassische Nachverbrennungsanlagen sind aufgrund der stark schwankenden Lösemittelgehalte in der Abluft nicht geeignet. Teilweise werden Adsorberboxen auf Aktivkohlebasis eingesetzt, deren Wirkungsgrad aber stark schwankend ist. Desweiteren sind einige Biofilteranlagen erfolgreich im Einsatz, sie erfordern allerdings einen vergleichsweise hohen Investitions- und Wartungsaufwand.

7. Weiterverarbeitung:

Bei der Weiterverarbeitung eingesetzte VOC-haltige Mittel emittieren größtenteils diffus in die Raumluft.

8. Grund- & Teilereinigung:

Gebrauchte Siebe müssen vor ihrer Wiederverwendung gründlich gereinigt werden. Dies erfolgt bei lösemittelbasierten Farben meist mit wasseremulgierbaren Lösemittelreinigern. Bei wasserbasierten Farbsystemen müssen aggressivere Lösemittel eingesetzt werden. Je nach Betriebsgröße und Ausstattungsgrad erfolgt diese Reinigung manuell an offenen Waschplätzen mit den entsprechenden Emissionen in die Umgebungsluft oder aber in gekapselten, automatischen Siebreinigungsanlagen mit integrierten Reinigungsmittelregenerationen. Die Abluft dieser Anlagen wird über das Dach abgeleitet.

17.7.2 Emissionsbilanz

Entfällt, da in Anbetracht der vielfältigen Besonderheiten der Siebdruckanlagen kein repräsentativer Anlagentyp abgebildet werden kann.

17.8 Minderungsmaßnahmen

17.8.1 Maßnahmen-Nr.: 400-1 Verbesserte Handhabung von VOC-haltigen Hilfsstoffen

Kurz-Beschreibung

Sparsamer und ordnungsgemäßer Umgang mit VOC-haltigen Hilfsstoffen

Minderungswirkung

Durch Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Verschluszustandes von Behältern für Verdüner, Verzögerer, Reinigungsmittel und Putztücher können VOC-Emissionen vermieden werden. Der sparsame Umgang mit Reinigungsmitteln bei der händischen Maschinenreinigung führt zur Verbrauchsminderung, da Tropf- und Verdunstungsverluste vermieden werden.

Umsetzungsprobleme

Das Wissen der Belegschaft bezüglich der (Gesundheits- und Umweltschutz-)Vorteile einer sorgfältigen Handhabung ist die wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahme.

Aufgrund der sehr kleinteiligen Branchenstruktur im Bereich der Siebdruckereien ist ein organisierter Informationsfluß z.B. über Verbandspublikationen u.ä. nicht realisierbar.

VOC-Reduktionspotential

Das VOC-Reduktionspotential beläuft sich auf **729 t/a**, dies entspricht 30% der Gesamtemissionen aus dem Farb- und Lacksystem sowie dem Einsatz von Reinigungsmitteln in Siebdruckbetrieben (2.431 t/a, Maschinenkonstellation 400).

Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Maßnahme von 100% der Betriebe umgesetzt wird und mit einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 30% verbunden ist.

Weitere relevante Umweltwirkungen

Die Maßnahme ist neben dem VOC-Reduktionspotential mit keinen weiteren relevanten Umweltwirkungen verbunden.

Erschließbarkeit

Das angeführte Minderungspotential der Maßnahme ist schwer erschließbar, da Unterweisungen bei einer Vielzahl gering organisierter Akteure stattfinden müssen.

Notwendige Hilfsmittel und Kosten

Mit der Maßnahme sind Kosten für die Schulung der Mitarbeiter verbunden, die auf drei Jahre abgeschrieben werden können, sowie laufende Einsparungen durch den verminderten Verbrauch von Verdünnern, Verzögerern und Reinigungsmitteln.