

**Programm Lebensgrundlage Umwelt
und ihre Sicherung (BWPLUS)**

Forschungsbericht

**Minderung von NMVOC-Emissionen aus der
Lösemittelanwendung in Baden-Württemberg**

von

J.Thepoke¹, D. Ondratschek² und R. Friedrich¹

- 1) Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)
Universität Stuttgart
- 2) Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb
Universität Stuttgart

Förderkennzeichen: BWE 20 010

Dezember 2003

Die Arbeiten des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung wurden mit
Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

INHALTSVERZEICHNIS:

Inhaltsverzeichnis.....	1
Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis	4
1 Problemstellung und Zielsetzung.....	6
2 Ermittlung der NMVOC Emissionen aus Lösemittelanwendungen in Baden- Württemberg	7
2.1 Definitionen und Systemgrenzen.....	7
2.2 Vorgehensweise.....	8
2.3 Ergebnisse der Emissionsberechnungen.....	10
2.4 Vergleich der berechneten Emissionen mit Emissionsberechnungen der UMEG.....	17
2.5 Unsicherheiten	18
3 Erstellung von Emissionsszenarien für Baden-Württemberg 2010.....	19
3.1 Erstellung des Szenarios "Konstante Emissionsfaktoren" für 2010.....	19
3.2 Erstellung des Referenzszenarios für 2010	19
3.3 Zusammenfassende Darstellung des Emissionsszenarios für 2010 in Baden-Württemberg	20
4 Auswahl der zu betrachtenden Quellgruppen	23
5 Produktbezogene Maßnahmen zur weiteren Minderung	26
5.1 Produktbezogene Minderungspotenziale bei der Anwendung von Treibgasen	27
5.1.1 Bewertung des Einsatzes von Pumpsprays	29
5.1.1.1 Technische Bewertung.....	29
5.1.1.2 Ökologische Bewertung.....	30
5.1.1.3 Ökonomische Bewertung.....	30
5.1.2 Bewertung des Einsatzes von Spraydosen mit komprimierten Gasen	30
5.1.2.1 Technische Bewertung.....	30
5.1.2.2 Ökologische Bewertung.....	30
5.1.2.3 Ökonomische Bewertung.....	31
5.1.3 Bewertung des Einsatzes von Produktalternativen	31
5.1.4 Quantifizierung der Minderungspotenziale bei Aerosolspraydosen	31
5.2 Produktbezogene Minderungspotenziale bei der Anwendung von Klebstoffen	32
5.2.1 Bewertung des Einsatzes von lösemittelärmeren Klebstoffsystemen.....	36
5.2.1.1 Technische Bewertung.....	36
5.2.1.2 Ökologische Bewertung.....	37
5.2.1.3 Ökonomische Bewertung.....	37
5.3 Minderungspotenziale im Ausbaugewerbe.....	38
5.3.1 Definition der Systemgrenzen.....	38
5.3.2 Strukturierung des Maler- und Lackiererhandwerks	39

5.3.3	Typisierung der unterschiedlichen Prozesse bei der Anwendung von Farben und Lacken im Maler- und Lackiererhandwerk.....	40
5.3.4	Minderungspotenziale im Ausbaugewerbe.....	43
5.3.4.1	Minderungspotenziale bei der Anwendung von Farben und Lacken	43
5.3.4.2	Minderungspotenziale bei der Anwendung von Klebstoffen im Ausbaugewerbe.....	45
5.3.4.3	Minderungspotenziale bei der Anwendung von Ortsschäumen im Ausbaugewerbe.....	45
5.3.4.4	Minderungspotenziale bei Anwendung von Bautenschutzmitteln im Ausbaugewerbe	46
6	Anlagenbezogene Maßnahmen zur weiteren Minderung	46
6.1	Minderungspotenziale im Schreinerhandwerk	47
6.2	Minderungspotenziale bei der Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenausbau.....	48
6.3	Minderungspotenziale in Druckanwendungen	49
6.3.1	Minderungspotenziale im Bogen-Offsetdruck.....	53
6.3.1.1	Minderung der Emissionen aus der Maschinenreinigung im Bogen-Offsetdruck	55
6.3.1.2	Minderung der Emissionen aus der Isopropanol-Feuchtung im Bogen-Offsetdruck.....	58
6.3.2	Minderungspotenziale im Buchdruck.....	61
6.3.3	Minderungspotenziale im Verpackungsdruck (Flexodruck)	61
6.3.4	Minderungspotenziale im Siebdruck	62
6.4	Minderungspotenziale bei Oberflächenreinigungsprozessen	63
6.4.1	Minderungspotenziale in der industriellen und gewerblichen Metallentfettung.....	63
6.4.2	Minderungspotenziale bei der Dienstleistung im KFZ-Handwerk.....	66
6.4.3	Minderungspotenziale bei der Entkonservierung von PKW	66
6.4.4	Minderungspotenziale in der organischen Spezialreinigung	66
6.4.5	Minderungspotenziale in der Feinoptik, Elektronik und Feinmechanik.....	67
6.4.6	Minderungspotenziale in der Entlackung	67
6.5	Minderungspotenziale in weiteren Bereichen.....	68
7	Zusammenfassung der identifizierten Minderungspotenziale aus den betrachteten Quellgruppen	69
8	Ableitung von Implementierungsmaßnahmen	70
9	Zusammenfassung	73
10	Literatur	77
Anhang I: Dokumentation zum durchgeführten Workshop für Maler und Lackierer		81
Anhang II: Verarbeitungsempfehlungen für Wasserlacke im metallverarbeitenden Gewerbe		103

ABBILDUNGSVERZEICHNIS:

Abbildung 1: Methodik der Ermittlung von Emissionen aus der Lösemittelanwendung	9
Abbildung 2: Anteil der verschiedenen Quellgruppen an den NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung in Baden-Württemberg	10
Abbildung 3: Emissionen aus der Anwendung von Farben und Lacken 2000 in Baden-Württemberg	11
Abbildung 4: Emissionen aus dem professionellen Malergewerbe und dem Heimwerkerbereich aufgelöst nach Anwendungsbereichen	12
Abbildung 5: Lösemittlemissionen aus der häuslichen Anwendung von Lösemitteln	12
Abbildung 6: Lösemittlemissionen aus Druckanwendungen	13
Abbildung 7: Heterogene Regelungen lösemittelrelevanter Tätigkeiten im deutschen Anlagenrecht [6]	24
Abbildung 8: Strukturierung des Maler- und Lackiererhandwerks in Tätigkeitsbereiche nach dem Umsatzanteil [21]	40
Abbildung 9: Untervarianten und Anwendungsgebiete des Flachdrucks [17]	50
Abbildung 10: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Tiefdruckes [17]	51
Abbildung 11: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Hochdruckes [17]	51
Abbildung 12: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Durchdruckes [17]	51
Abbildung 13: Betriebsgrößenverteilung in der deutschen Druckindustrie 2002 [38]	53
Abbildung 14: Absatz von AII-AIII-KW-Reinigern in kg je Kunde bei 6 Händler-Niederlassungen 1997 [46]	66
Abbildung 15: Notwendige klimatische Bedingungen zur Verarbeitung verschiedener Lacksysteme in Abhängigkeit von den realen klimatischen Verhältnissen	90
Abbildung 16: Wasserverdünnbare Systeme für Holz und Holzwerkstoffe	91

TABELLENVERZEICHNIS:

Tabelle 1: Emissionen aus der Oberflächenreinigung in Baden Württemberg 2000	14
Tabelle 2: NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung in Baden-Württemberg 2000	14
Tabelle 3 : Ergebnisse der Abschätzung der Unsicherheiten	18
Tabelle 4: Szenario „konstante Emissionsfaktoren“ sowie Referenzszenario unter Berücksichtigung der Implementierung 31.BImSchV	20
Tabelle 5: NMVOC Emissionen in Deutschland 2000 und 2010 nach [6] und [9]	23
Tabelle 6: In Deutschland abgefüllte Aerosoldosen nach Produktgruppen [14]	28
Tabelle 7: Produktalternativen für Treibgassprays [7]	29
Tabelle 8: Mittlere Lösemittelgehalte und Emissionsfaktoren für die einzelnen Markt- segmente der Klebstoffanwendung [6]	34
Tabelle 9: Minderungspotenziale bei der Verwendung von Klebstoffen von 2000 bis 2010 disaggregiert nach Sektoren unter Berücksichtigung der Umsetzung der 31.BImSchV und zusätzlicher Maßnahmen [17]	35
Tabelle 10: Lösemittlemissionen im Ausbaugewerbe in Baden-Württemberg 2000 disaggregiert nach Tätigkeitsbereichen	38
Tabelle 11: Betriebsgrößenstruktur des Maler- und Lackiererhandwerks in Baden-Württemberg [21]	39
Tabelle 12: Vorgaben des aktuellen Entwurfs der „DECOPAINT-Richtlinie“ [24]	43
Tabelle 13: Erfassung der Druckbranche durch die Implementierung der 31.BimSchV (eigene Berechnungen auf Grundlage von [39],[6])	54
Tabelle 14: Farbeinsatz und Lösemittleinsatz im Offsetdruck in Baden-Württemberg [6]	55
Tabelle 15 : Einsatz von Reinigungsmitteln mit unterschiedliche Verdampfungs- charakteristik im Offsetdruck [17],[39],[40]	56
Tabelle 16: Druckformate im Bogen-Offsetdruck [39]	57
Tabelle 17: Minderungspotenziale bei der Maschinenreinigung im Bogen-Offsetdruck (eigene Berechnungen auf Grundlage von [39])	58
Tabelle 18: Minderungspotenziale beim Isopropanoleinsatz im Bogen-Offsetdruck (eigene Berechnungen auf Grundlage von [39])	60
Tabelle 19: Verschiedene Anlagentypen und Beispiele zur KWL-Metallreinigung [44]	65
Tabelle 20: Zahl der Kunden mit einer Einsatzmenge an KW-Reinigern von weniger bzw. mehr als 1 Tonne pro Jahr [43], [46]	66
Tabelle 21: Im Rahmen des Projektes identifizierte über die Minderungen durch die 31.BImSchV hinausgehende Minderungspotenziale	70

Tabelle 22: Trockenzeiten von Lacksystemen ohne Wärmeunterstützung	93
Tabelle 23: Trockenzeiten von Lacksystemen mit Wärmeunterstützung	93
Tabelle 24: Trockenzeiten von Lacksystemen mit Thermoreaktortrocknung	93
Tabelle 25: Typische VOC-Gehalte von Spitzenprodukten der Kategorie „Holz- und Metallfarben für Gebäudedekorationen und Verkleidungen“	96
Tabelle 26: Beispiel zur Darstellung des Unterschiedes zwischen dem VOC –Anteil in % und dem VOC–Gehalt in g/l	96
Tabelle 27: Qualitative Bewertung verschiedener lösemittelverdünnter und wasser- verdünnter Lacksysteme in Bezug auf verschiedene Eigenschaften	100.
Tabelle 28: Voraussichtliche Vorgaben der „DECOPAINT“-Richtlinie für die Anwendung von Farben und Lacken im Metallverarbeitenden Gewerbe	101

1 Problemstellung und Zielsetzung

Emissionen von NMVOC (non-methane volatile organic compounds) tragen zu einer Reihe von nach wie vor bestehenden Luftreinhalteproblemen entscheidend bei. Insbesondere verursachen sie zusammen mit NO_x hohe Ozonkonzentrationen in der Troposphäre, des weiteren weisen einzelne NMVOC (z. B. Benzol) gesundheitsschädigende Wirkungen auf. Zur Begrenzung der Emissionen von NMVOC wurden zwar eine Reihe von Verordnungen beschlossen, z.B. die Begrenzung der Emissionen von Straßenfahrzeugen (EURO III und EURO IV [1]) und die Lösemitteldirektive [2]. Der in der National Emissions Ceiling Directive (NEC-Richtlinie) [3] für Deutschland für 2010 festgelegte maximale Emissionswert von 995 kt wird jedoch ohne weitere, darüber hinaus gehende Maßnahmen voraussichtlich dennoch überschritten. Daher müssen weitere Maßnahmen eingeleitet werden, um eine erhebliche zusätzliche Minderung der anthropogenen NMVOC-Emissionen in Deutschland, und damit auch in Baden-Württemberg, zu erreichen. Diese Maßnahmen müssen insbesondere im Bereich der nicht verbrennungsbedingten NMVOC-Emissionen, also vor allem bei der Lösemittelanwendung getroffen werden.

Ziel dieses Vorhabens ist die Identifizierung und Bewertung von Minderungspotenzialen sowie die Ableitung von Maßnahmen zur Implementierung in ausgewählten Anwendungsbereichen aus Industrie und Gewerbe. Dies umfasst sowohl die exemplarische Darstellung technischer Maßnahmen zur Emissionsminderung, als auch beispielhafte Vorschläge zur Ausgestaltung von konkreten Handlungsleitfäden für die betroffenen Akteure, mit denen die Umsetzung dieser Maßnahmen erreicht werden kann. Zur Auswahl der geeigneten Maßnahmen wird insbesondere die Effizienz, dargestellt in EURO pro vermiedenem kg NMVOC-Emission, herangezogen; daneben werden mögliche weitere Vor- und Nachteile der Maßnahmen erörtert.

2 Ermittlung der NMVOC Emissionen aus Lösemittelanwendungen in Baden-Württemberg

Zur Erarbeitung möglichst konkreter Handlungsempfehlungen für die Umsetzung von Minderungsmaßnahmen ist es notwendig, zunächst möglichst genaue Kenntnisse über Emissionsmenge und Emittentenstruktur der untersuchten Quellgruppen zu gewinnen. Dabei ist es sinnvoll, soweit möglich für die betrachteten Quellgruppen eine Klassifizierung der Emittenten in kleine, mittlere und große Unternehmen, Betriebe bzw. Anlagen vorzunehmen, da bei unterschiedlichen Größen dieser Klassifikationsobjekte unterschiedliche Minderungsmaßnahmen empfehlenswert sind. Außerdem gibt es gerade unter den kleinen Betrieben viele Betriebe, die die Schwellenwerte der Lösemittelrichtlinie [4] nicht oder nur geringfügig überschreiten. Gerade in diesem Bereich sind damit erhebliche Minderungspotentiale über die Lösemittelrichtlinie hinaus zu vermuten. Bei offenen nicht anlagenbezogenen Anwendungen ist es sinnvoll nach unterschiedlichen Anwendungsbereichen zu differenzieren. Im folgenden werden zunächst die Systemgrenzen der Analyse definiert, anschließend wird die Vorgehensweise zur Berechnung der Lösemittlemissionen differenziert nach Anwendungsbereichen bezogen auf Baden-Württemberg dargestellt. Daran schließt sich eine Darstellung der Ergebnisse an.

2.1 Definitionen und Systemgrenzen

Lösemittel werden im Rahmen der Studie entsprechend der „EU-VOC-Richtlinie“ [2] und der 31.BImSchV [4] folgendermaßen definiert:

Organisches Lösungsmittel ist eine flüchtige organische Verbindung, die, ohne sich chemisch zu verändern, alleine oder in Kombination mit anderen Stoffen Rohstoffe, Produkte oder Abfallstoffe auflöst oder als Reinigungsmittel zur Auflösung von Verschmutzungen, als Lösungsmittel, als Dispersionsmittel oder als Mittel zur Einstellung der Viskosität oder der Oberflächenspannung oder als Weichmacher oder Konservierungsmittel verwendet wird.

Im Sinne der „EU-VOC-Richtlinie“ [2] und der 31.BImSchV [4] sind flüchtige organische Verbindungen wie folgt definiert:

Flüchtige organische Verbindungen sind alle organischen Verbindungen, die bei 293,15 K einen Dampfdruck von mindestens 0,01 kPa oder unter den entsprechenden Gebrauchsbedingungen eine entsprechende Flüchtigkeit haben.

Hinsichtlich der gehandhabten bzw. emittierten Stoffe wurden nicht nur Lösemittel im eigentlichen Sinne erfasst, sondern auch flüchtige organische Treib-, Extraktions- oder Kältemittel einbezogen (z.B. auch FCKW und Halone), sowie Weichmacher (Phthalate). Bezüglich der Emissionsquellen

wurde die Herstellung lösemittelhaltiger Erzeugnisse sowie die Anwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Erzeugnissen untersucht.

2.2 Vorgehensweise

Die Lösemittlemissionen werden zunächst für Deutschland für das Bezugsjahr 2000 berechnet. Die Emissionen werden dann auf Kennzahlen bezogen, dies erlaubt die Ableitung der Emissionen für Baden-Württemberg. Zur Berechnung der Emission wird ein am IER entwickeltes Modell [5],[6] angewendet. Dieses Modell arbeitet mit einem produktbezogenen Ansatz.

Bei dem produktbezogenen Ansatz wird der Inlandsverbrauch an lösemittelhaltigen Produkten mit Hilfe von Produktions- und Außenhandelsstatistiken ermittelt. Anhand von Informationen über Lösemittelgehalte der Produkte und branchen- bzw. -anwendungsbezogenen Emissionsfaktoren kann dann die Emissionsmenge der entsprechenden Quellgruppe ermittelt werden. Bei der Ermittlung der Emissionsfaktoren werden alle relevanten Stoffstrompfade berücksichtigt (Abwasser, Abfall, externe Aufbereitung, Abluftreinigungsmaßnahmen).

Zur Ermittlung der Lösemittleinsatzmengen sowie der daraus resultierenden NMVOC-Emissionen wurden Wirtschaftsstatistiken aufbereitet und ausgewertet sowie ergänzende Informationen durch Erhebungen bei Industrieverbänden und verschiedensten sonstigen Institutionen beschafft. Der grundsätzliche Weg zur Ermittlung von Lösemittleinsatz und -emission lässt sich in folgende Schritte unterteilen:

- Abschätzung des Inlandseinsatzes an lösemittelhaltigen Erzeugnissen anhand von Produktions- und Außenhandelsstatistik (Produktion plus Import minus Export) sowie von Befragungen von Wirtschaftsverbänden.
- Bestimmung des Inlandseinsatzes an Lösemitteln unter Verwendung produktbezogener Angaben zum Lösemittelgehalt sowie zur Zusammensetzung der Lösemittel auf der Basis von Befragungen der entsprechenden Fachverbände.
- Ermittlung des auf einzelne Anwendungsgebiete bezogenen Einsatzes an lösemittelhaltigen Produkten auf der Basis von Informationen der verschiedenen Fachverbände (z.B. Verband der Lackindustrie, Industrieverband Klebstoffe, Verband der Chemischen Industrie, Bundesverband Druck, Gesamtverband Dämmstoffindustrie, etc.) sowie sonstiger Informationsquellen (z.B. Oekorecherche GmbH, Oekopol GmbH, Greenpeace e.V., Fachliteratur, persönliche Mitteilungen von Fachleuten, etc.).
- Abschätzung des branchenbezogenen Lösemittleinsatzes unter Berücksichtigung von Daten über branchenabhängige Unterschiede bezüglich Lösemittelgehalt und Lösemittelzusammensetzung in den jeweiligen Produktarten.
- Abschätzung von Lösemittlemissionen anhand oben ermittelter Einsatzdaten unter Berücksichtigung des Bestandes und der Wirksamkeit von Abluftreinigungsanlagen sowie der weiteren Verwendung zurückgewonnener Lösemittel.

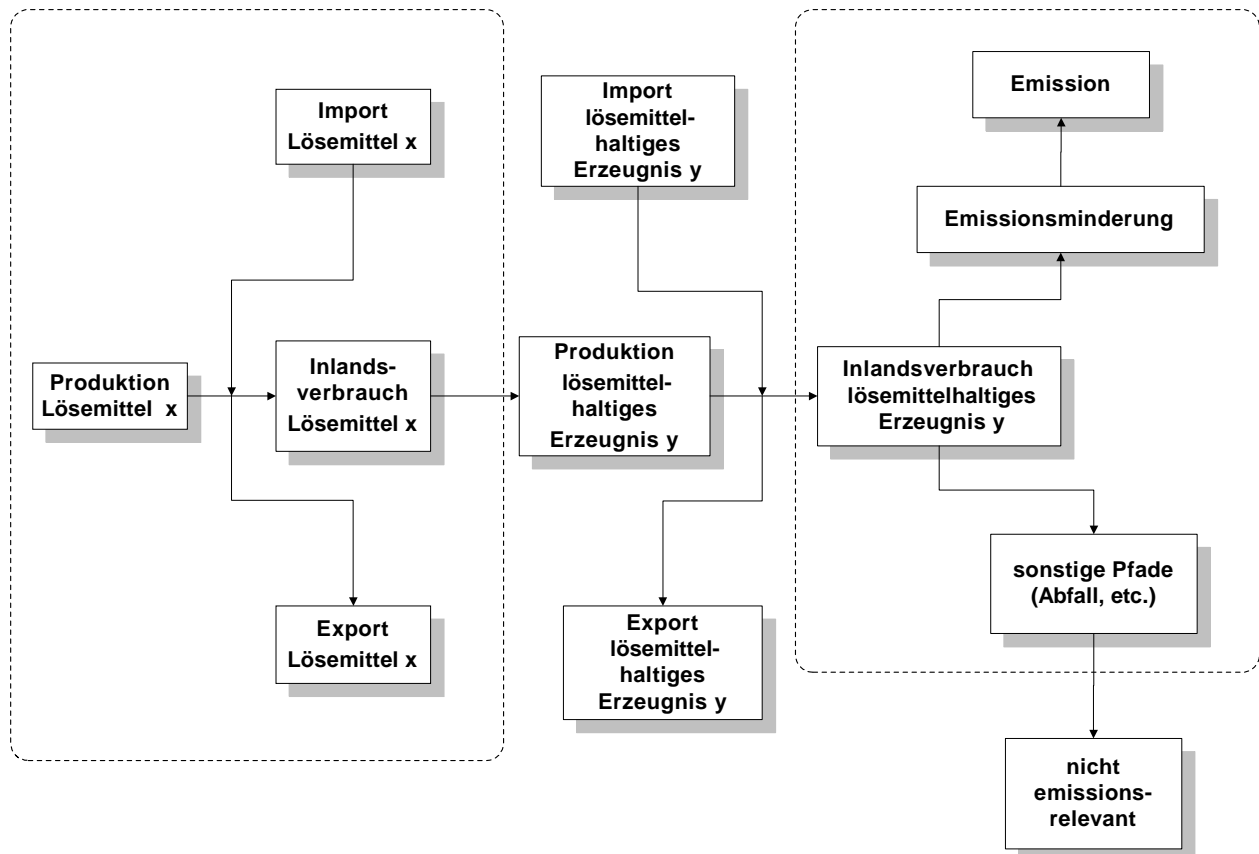


Abbildung 1: Methodik der Ermittlung von Emissionen aus der Lösemittelanwendung

In Abbildung 1 ist die Methode der Ermittlung der Lösemittlemissionen für Deutschland einschließlich der Plausibilitätsprüfung durch einen lösemittelbezogenen Ansatz grafisch dargestellt. Die grob skizzierte Methodik zur Erstellung einer bundesweiten Lösemittelleinsatz- und Emissionsdatenbasis erfordert die Durchführung umfangreicher Erhebungen und Datenanalysen. Mit Hilfe zugeordneter Aktivitätsdaten (Beschäftigtenzahl, Bautätigkeit, Bevölkerung, Anzahl zugelassener Fahrzeuge, etc.) wurden die Emissionen für Baden-Württemberg aus den für Deutschland berechneten Lösemittlemissionen ermittelt.

2.3 Ergebnisse der Emissionsberechnungen

Im Jahr 2000 wurden nach unseren Berechnungen in Baden-Württemberg insgesamt 117 166 t NMVOC aus Lösemittelanwendungen emittiert.

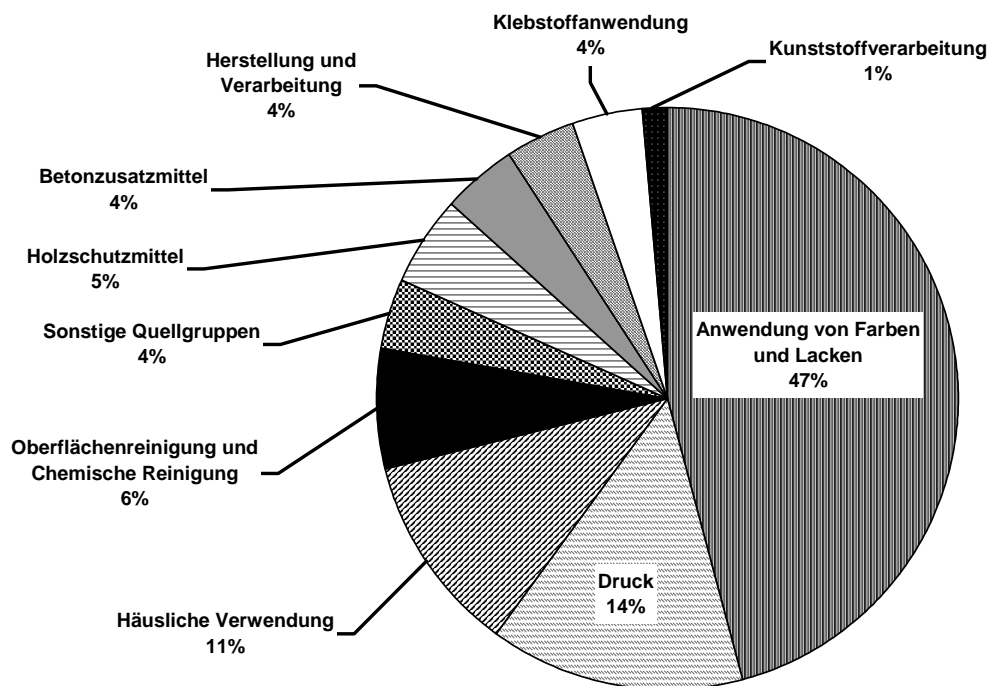


Abbildung 2: Anteil der verschiedenen Quellgruppen an den NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung in Baden-Württemberg

Im folgenden werden die vier größten Quellgruppenbereiche, nämlich die Anwendung von Farben und Lacken, häusliche Verwendung von Lösemitteln, Druckindustrie und Oberflächenreinigung näher betrachtet. Diese verursachten über 70% der gesamten Lösemittlemissionen. Etwa 43% (54 kt) wurden bei der Anwendung von Farben und Lacken emittiert. Die Disaggregation der Emissionen aus der Anwendung von Farben und Lacken nach Anwendungsbereichen ist in Abbildung 2 dargestellt.

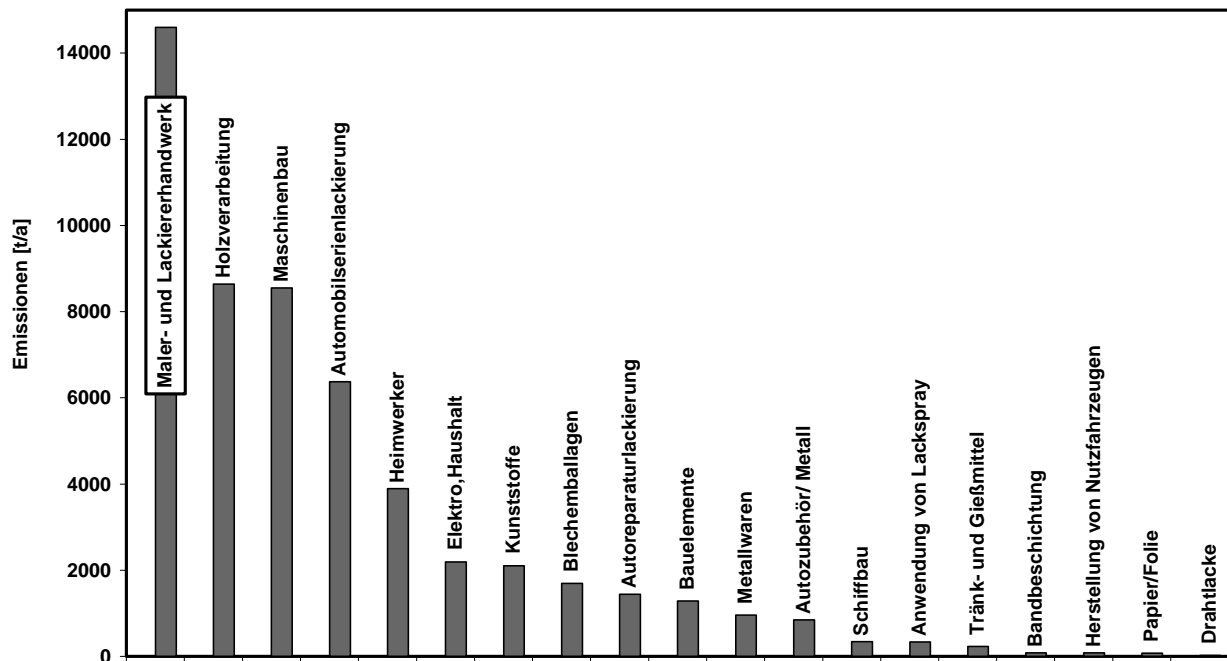


Abbildung 3: Emissionen aus der Anwendung von Farben und Lacken 2000 in Baden-Württemberg

Die größte Quellgruppe ist das Maler- und Lackiererhandwerk. Dem Maler- und Lackiererhandwerk sind dabei die folgende Anwendungsbereiche zugeordnet:

- Anwendung von Bautenfarben und –lacken,
- Korrosionsschutz,
- Anwendung von Markierungsfarben,
- Lackierung von Schildern, Fahrrädern, Motorrädern und Container,
- Anwendung von Farben und Lacken im Gewässerschutz.

Beim Korrosionsschutz handelt es sich im wesentlichen um offene Anwendungen von Schutzanstrichen für Gebäude und Brücken oder ähnliche Konstruktionen, um metallische Korrosionsschäden zu vermeiden. Die Holzverarbeitung, die sich aus den Quellgruppen Möbelbau, Schreinerhandwerk und Holzinnenausbau zusammensetzt, ist die zweitgrößte Quellgruppe bei der Anwendung von Farben und Lacken. Der Maschinenbau, die Fahrzeugherstellung sowie die „Do-It-Yourself“-Anwendungen sind weitere größere Quellgruppen. Die vorgenannten Quellgruppen verursachen fast 80% der Emissionen aus der Anwendung von Farben und Lacken und etwa ein Drittel der gesamten NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung in Baden-Württemberg.

In Abbildung 4 sind die aus verschiedenen im Maler- und Lackiererhandwerks verwendeten Farb- und Lacksystemen entstammenden Emissionen dargestellt. Es ist deutlich zu sehen, dass die bei der Verwendung von Innen- und Außenwandastrichen verursachten Emissionen eher eine untergeordnete Bedeutung haben, die weitaus meisten Emissionen werden bei der Anwendung von Bautenlacken und Lasuren verursacht. Dies gilt sowohl für den professionellen Anwender als auch für den Heimwerker.

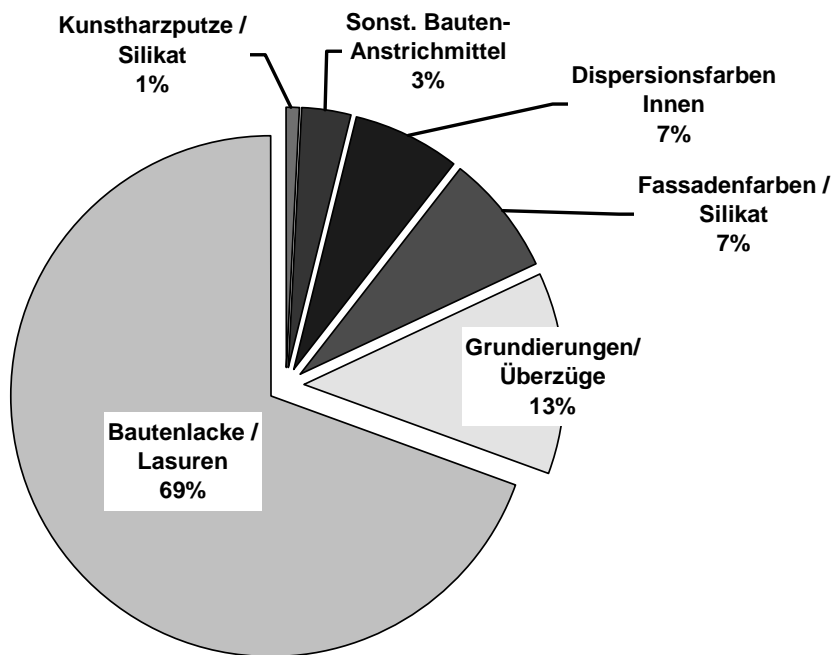


Abbildung 4: Emissionen aus dem professionellen Malergewerbe und dem Heimwerkerbereich aufgelöst nach Anwendungsbereichen.

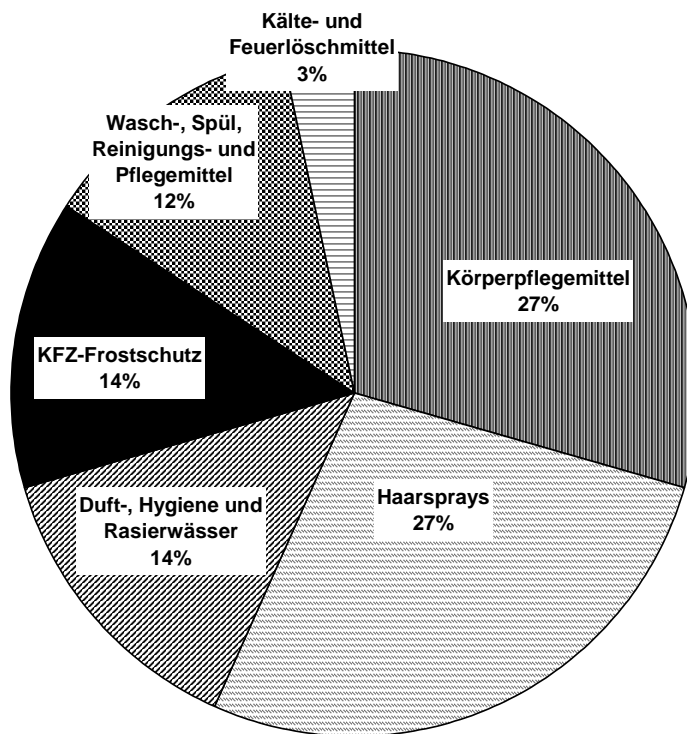


Abbildung 5: Lösemittlemissionen aus der häuslichen Anwendung von Lösemitteln

Neben der Anwendung von Farben und Lacken werden Lösemittel auch bei der häuslichen Verwendung zu 11 % (13 kt) emittiert. Etwa 70 % der Emissionen aus der häuslichen Verwendung sind auf die Verwendung von Haarsprays, Körperpflegemitteln sowie Duft-, Hygiene- und Rasierwässer zurückzuführen. Der Rest wird durch die Verwendung von KFZ-Frostschutzmitteln für Scheibenwaschanlagen, Wasch- Spül-, Reinigungs- und Pflegemitteln sowie Kälte- und Feuerlöschmittel verursacht.

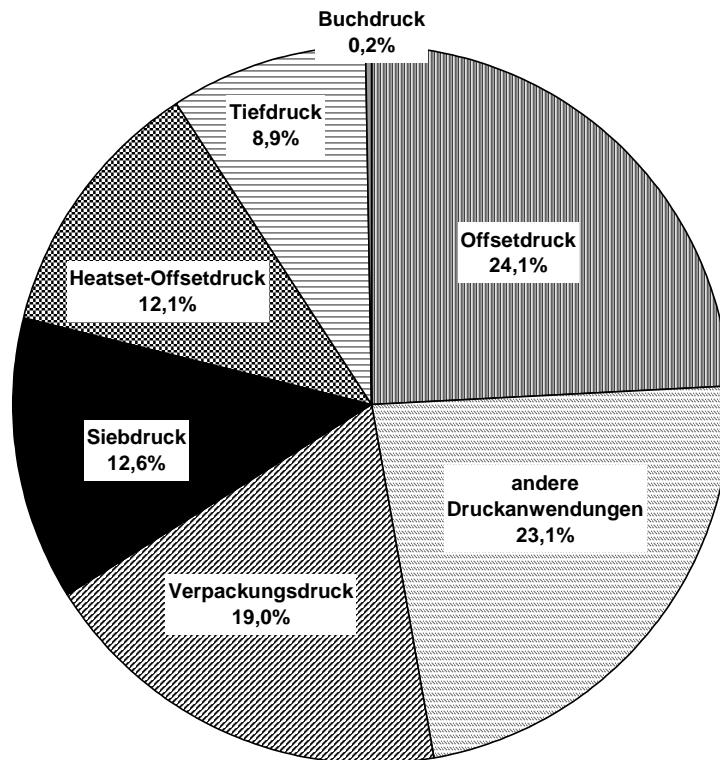


Abbildung 6: Lösemittlemissionen aus Druckanwendungen

14 % (16,6 kt) der Lösemittlemissionen in Baden-Württemberg wurden von der Druckanwendungen emittiert. Etwa 75 % dieser Menge werden von druckindustriellen Anwendungen verursacht, deren Betriebe von verschiedenen Branchenverbänden vertreten werden. Diese Emissionen wurden auf Grundlage der Statistik über den Druckfarbenverbrauch des Verbandes der Druckfarbenindustrie (VdD) ermittelt. Die restlichen Emissionen (3 826 t) ergaben sich aus der Differenz zwischen den Verbrauchsstatistiken des Statistischen Bundesamtes und des Verbandes der Druckfarbenindustrie. Bei den von der Druckindustrie verursachten Emissionen bildete der Offsetdruck (ohne Heatset-Offsetdruck) die größte Quellgruppe.

Etwa 6,5 % (7,6 kt) entstammten der Oberflächenreinigung. In Tabelle 1 ist dargestellt, wie sich die Emissionen aus der Oberflächenreinigung auf die einzelnen Anwendungsbereiche verteilen.

Tabelle 1: Emissionen aus der Oberflächenreinigung in Baden Württemberg 2000

Quellgruppe	Emissionen in Baden- Württemberg 2000 [t/a]
Metallentfettung	4 784
Herstellung von Elektronikkomponenten	155
Dienstleistung außerhalb der Industrie	662
Industrielle Spezialanwendungen	1 485
Feinoptik	192
Feinmechanik	183
Entkonservierung von Fahrzeugen	180
Entlackung	679
Summe	8 320

Ein Gesamtüberblick der NMVOC Emissionen aus der Lösemittelanwendung in Baden-Württemberg ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle2: NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung in Baden-Württemberg 2000

Quellgruppe	Emissionen 2000 [t/a]
Anwendung von Farben und Lacken	53 768
Herstellung von Fahrzeugen	6 377
Autoreparaturlackierung	1 446
Sonstige Fahrzeuge	83
Anwendung von Lacksprays	336
Konstruktionen und Gebäude	6 412
Häusliche Anwendung von Farben und Lacken	3 889
Bandbeschichtung	81
Schiffsbau	348
Holzmöbellackierung	4 850
Holzinnenausbau	2446
Schreinerarbeiten	1 345
Elektro-, Haushaltsgeräte	2 194
Maschinenbau	8 549
Autozubehör/Metall	849
Metallwaren	961
Blechemballagen	1 697
Drahtlacke	24
Tränk- und Gießmittel	230
Bauelemente ohne Bandbeschichtung	1 285
Kunststoffe	2 109
Papier/Folie	72
Übrige Verarbeitung	3 790
Markierungsfarben	683
Sonstige Bereiche	2 459
Korrosionsschutz	1 252
Entfettung, Chemische Reinigung und Elektronik	7608
Metallentfettung	4 784
Chemische Reinigung	147
Herstellung von Elektronikkomponenten	155

Quellgruppe	Emissionen 2000 [t/a]
Dienstleistung außerhalb der Industrie	662
Industrielle Spezialanwendungen	1 485
Feinoptik	192
Feinmechanik	183
Herstellung und Verarbeitung von chemischen Produkten	4637
Verarbeitung von Polyester	29
Verarbeitung von Polyvinylchlorid	31
Verarbeitung von Polyurethan	591
Verarbeitung von Polystyrolschaum	900
Gummiverarbeitung	585
Herstellung von pharmazeutischen Produkten	1 012
Herstellung von Farben und Lacken	624
Herstellung von Druckfarben und Tinten	190
Herstellung von Klebstoffen	75
Asphaltverarbeitung und Herstellung	26
Herstellung von Klebebändern	41
Herstellung von Magnetbändern	29
Herstellung von Filmen und Photographien	1
Produktion und Verarbeitung von Textilien (Textilveredlung)	423
andere (Feinchemikalienproduktion)	79
Andere Anwendungen von Lösemitteln	51 153
Behandlung von Glaswolle	125
Druckindustrie-Druckanwendungen	
Tiefdruck	1 478
Offsetdruck	4 002
Heatset-Offsetdruck	2 005
Buchdruck	37
Verpackungsdruck	3 160
Siebdruck	2 091
Andere Druckanwendungen	3 826
Extraktion von Ölen und Fetten	568
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Papier und Verpackung	294
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Bau	413
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Holz	543
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Transport	616
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Schuhe	1 729
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Heimwerker	502
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Montage	309
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Verdünnung, Primer, Untergrundvorbehandlung	175
Anwendung von Holzschutzmitteln	5 780
Anwendung von Unterbodenschutz und Konservierung	1 670
Häusliche Verwendung von Lösemitteln (außer der Anwendung von Farben und Lacken)	
Seifen	108
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel	109
Schuh- und Lederpflegemittel	222
Möbelpflegemittel	803
Autopflegemittel	374
Polier- und Scheuermittel	110
Duftstoffe und -wässer	1 671

Theloke, Ondratschek, Friedrich

Quellgruppe	Emissionen 2000 [t/a]
Desodorierende Zubereitungen	122
Zubereitete Rasiermittel	681
Schminkmittel	58
Zubereitungen zur Hand - und Fußpflege	70
Andere Zubereitungen zur Schönheitspflege	1 138
Körperpflege- Riech- und Schönheitsmittel	1 617
Haarsprays	3 528
Haarwaschmittel, Dauerwellmittel und Haarlacke	169
KFZ-Frostschutz	1 783
Kälte- und stationäre Klimaanlage	181
Mobile Klimaanlage	171
Kältemittel in privaten und gewerblichen Kühlgeräten	87
Entwachsen von Fahrzeugen	180
Häusliche Verwendung von pharmazeutischen Produkten	422
Verwendung von Pflanzenschutzmitteln	305
Entfernung von Farben und Lacken	679
Betonzusatzmittel	4 826
Flugzeugenteisung	991
Anwendung von Treibgasen	1 201
Hochschulen	25
Wissenschaftliche Laboratorien	200
Summe	117 166

2.4 Vergleich der berechneten Emissionen mit Emissionsberechnungen der UMEG

Vom Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg wurde ein von der UMEG – Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg berechnetes Emissionskataster Baden-Württemberg 2000 veröffentlicht [7]. Dabei wurden auch NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen ermittelt. Ein Vergleich mit den von der UMEG für 2000 berechneten Daten ist vor allem aus folgenden Gründen nur eingeschränkt möglich:

- Die Systemgrenze „Lösemittelanwendung“ ist bei UMEG und IER unterschiedlich definiert.
- Die UMEG verwendet einen Bottom Up Ansatz, das IER einen Top-Down Ansatz.

Das Problem der unterschiedlichen Systemgrenzen wurde gelöst, in dem nur Berechnungsergebnisse der Emissionen aus Quellgruppen mit einander verglichen wurden, die nach Ansicht beider Institutionen mit einander vergleichbar waren. Dabei wurde im wesentlichen eine gute Übereinstimmung festgestellt. Abweichungen, wie beispielsweise bei den Druckanwendungen, haben ihre Ursachen in unterschiedlichen Zuteilungen zu Quellgruppen sowie in den grundsätzlich unterschiedlichen Berechnungsansätzen.

2.5 Unsicherheiten

Die Unsicherheiten der berechneten Emissionen wurden mittels der Methode der Fehlerfortpflanzung abgeschätzt. Dabei mussten aufgrund fehlender Daten Abschätzungen der statistischen Verteilungen verschiedener Eingangsgrößen durchgeführt werden. Es ergab sich eine Gesamtunsicherheit (95% Konfidenzintervall) für die Emissionen von +38 %/-28%. Das heißt, dass die Emissionen eher unterschätzt als überschätzt sind. Die abgeschätzten Unsicherheiten der einzelnen Quellgruppen sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3 : Ergebnisse der Abschätzung der Unsicherheiten (95 % Konfidenzintervall)

Quellgruppe	95%-Konfidenzintervall	
	Obere Grenze	Untere Grenze
Anwendung von Farben und Lacken	32 %	-34 %
Entfettung, Chemische Reinigung und Elektronik	69 %	- 49 %
Herstellung und Verarbeitung von chemischen Produkten	10 %	-11 %
Andere Anwendungen von Lösemitteln	43 %	- 24 %
Summe	38 %	-28%

3 Erstellung von Emissionsszenarien für Baden-Württemberg 2010

Weil Minderungsstrategien nicht sofort, sondern erst in der Zukunft Wirkung entfalten können, ist es sinnvoll, Minderungspotenziale für ein zukünftiges Referenzjahr zu berechnen. Dazu wurde ein Referenzszenario entwickelt, in dem die Entwicklung der Aktivitäten anhand von Indizes über Wirtschaftsentwicklung, Bevölkerungsentwicklung, Bautätigkeit, etc. berechnet wurde. Die in Abschnitt 2.3 ermittelte Emittentenstruktur der zu untersuchenden Quellgruppen bildete die Basis für die Entwicklung des Referenzszenarios der VOC-Emissionen für 2010. Zur Ermittlung der Indikatoren wurde der PROGNOSE Deutschland Report [8] herangezogen.

Zur Berechnung der Änderung der Emissionsfaktoren wurde die nationale Umsetzung der 31.BImSchV [4] berücksichtigt. Dazu wurden die von der 31.BImSchV [4] betroffenen Anwendungsbereiche bzw. Tätigkeiten identifiziert sowie abgeschätzt, welcher Anteil der Emissionen der betroffenen Anwendung bzw. Tätigkeit von der 31.BImSchV [4] erfasst wird. Diesem Anteil wurde dann eine prozentuale Minderung der Emissionen des Referenzszenarios zugeordnet, auf Grundlage der in der 31.BImSchV [4] festgelegten Grenzwerte für gefasste und diffuse Emissionen.

3.1 Erstellung des Szenarios „konstante Emissionsfaktoren“ für 2010

Zunächst wurde ein Szenario unter Annahme konstanter Emissionsfaktoren erstellt. Grundlage dieses Szenarios war die Entwicklung der Aktivitätsindizes der einzelnen Quellgruppen. Die Aktivitätsindizes wurden dem Deutschland Report der PROGNOSE AG [8] entnommen. In diesem Szenario wurden noch keine Minderungsmaßnahmen betrachtet. Es wurde angenommen, dass die Lösemittelgehalte und Emissionsfaktoren bis 2010 konstant bleiben. Das Ergebnis ist in Tabelle 4 dargestellt.

3.2 Erstellung des Referenzszenarios für 2010

Im Referenzszenario wurden die Auswirkungen der 31.BImSchV [4] auf die NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung in Baden-Württemberg abgeschätzt. Dazu wurden zunächst die von der 31.BImSchV [4] betroffenen Anwendungsbereiche identifiziert. Häufig ist aufgrund der in der 31.BImSchV [4] festgelegten Schwellenwerte nur ein bestimmter Anteil der identifizierten Anwendungsbereiche betroffen. Für diesen Anteil wurde eine prozentuale Minderung gegenüber dem Referenzszenario abgeschätzt. Durch Multiplikation der Emissionsmenge des Referenzszenarios mit dem von der 31.BImSchV [4] betroffenen Anteil und der abgeschätzten prozentualen Minderung wurde die durch die Umsetzung der 31.BImSchV [4] erwartete Emissionsmenge für die einzelnen Anwendungsbereiche berechnet.

3.3 Zusammenfassende Darstellung des Emissionsszenarios für 2010 in Baden-Württemberg

Unter Berücksichtigung der bis 2010 implementierten 31. BImSchV [4] ist in Baden-Württemberg bis 2010 mit einem leichten Anstieg der Emissionen der Lösemittelanwendung zu rechnen. Dies ist vor allem auf die prosperierende Entwicklung der lösemittelverwendenden Aktivitäten zurückzuführen. Hinzu kommt, dass ein großer Teil der Emissionen offenen Anwendungsbereichen außerhalb von Anlagen entstammen, bei denen zur Zeit noch keine gesetzlichen Auflagen erfüllt werden müssen.

Tabelle 4: Szenario „konstante Emissionsfaktoren“ sowie Referenzszenario unter Berücksichtigung der Implementierung 31.BImSchV

Quellgruppe	Emissionen 2010 [t/a]	
	Szenario „konstante Emissionsfaktoren“	Referenzszenario
Anwendung von Farben und Lacken	63 753	55 962
Herstellung von Fahrzeugen	9062	8609
Autoreparaturlackierung	2189	1532
Sonstige Fahrzeuge	118	112
Anwendung von Lacksprays	508	356
Konstruktionen und Gebäude	6717	6717
Häusliche Anwendung von Farben und Lacken	3895	3895
Bandbeschichtung	96	96
Schiffsbau	435	435
Holzmöbellackierung	4 565	3 880
Holzinnenausbau	2 302	1 957
Schreinerarbeiten	1 266	1 076
Elektro-, Haushaltsgeräte	2 396	1 857
Maschinenbau	11 264	8 730
Autozubehör/Metall	1 007	781
Metallwaren	1 140	883
Blechemballagen	2 012	1 560
Drahtlacke	28	22
Tränk- und Gießmittel	273	212
Bauelemente ohne Bandbeschichtung	1 524	1 181
Kunststoffe	2 676	2 074
Papier/Folie	86	67
Übrige Verarbeitung	4 719	4 011
Markierungsfarben	851	851
Sonstige Bereiche	3 062	2 602
Korrosionsschutz	1 559	1 247
Entfettung, Chemische Reinigung und Elektronik	9 882	8 820
Metallentfettung	6 303	5594
Chemische Reinigung	155	155
Herstellung von Elektronikkomponenten	201	179
Dienstleistung außerhalb der Industrie	852	788
Industrielle Spezialanwendungen	1 884	1672

Quellgruppe	Emissionen 2010 [t/a]	
	Szenario "konstante Emissionsfaktoren"	Referenzszenario
Feinoptik	250	222
Feinmechanik	238	211
Herstellung und Verarbeitung von chemischen Produkten	5693	5181
Verarbeitung von Polyester	37	37
Verarbeitung von Polyvinylchlorid	40	40
Verarbeitung von Polyurethan	750	750
Verarbeitung von Polystyrolschaum	1 143	1 143
Gummiverarbeitung	743	554
Herstellung von pharmazeutischen Produkten	1 254	1 094
Herstellung von Farben und Lacken	773	674
Herstellung von Druckfarben und Tinten	236	201
Herstellung von Klebstoffen	93	79
Asphaltverarbeitung und Herstellung	32	32
Herstellung von Klebebändern	51	44
Herstellung von Magnetbändern	36	36
Herstellung von Filmen und Photographien	1	1
Produktion und Verarbeitung von Textilien (Textilveredlung)	406	406
andere (Feinchemikalienproduktion)	98	91
Andere Anwendungen von Lösemitteln	59 600	55 348
Behandlung von Glaswolle	131	131
Druckindustrie-Druckanwendungen		
Tiefdruck	1 761	1 761
Offsetdruck	4 770	4 770
Heatset-Offsetdruck	2 389	2 031
Buchdruck	44	44
Verpackungsdruck	3 766	2 806
Siebdruck	2 492	2 492
Andere Druckanwendungen	4 560	4 560
Extraktion von Ölen und Fetten	632	632
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Papier und Verpackung	350	272
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Bau	432	432
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Holz	511	383
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Transport	876	657
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Schuhe	1 663	1 239
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Heimwerker	502	502
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Montage	385	356
Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien-Verdünnung, Primer, Untergrundvorbehandlung	218	201
Anwendung von Holzschutzmitteln	5 440	4 216
Anwendung von Unterbodenschutz und Konservierung	2 373	1 768
Häusliche Verwendung von Lösemitteln (außer der Anwendung von Farben und Lacken)		
Seifen	138	138
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel	114	114
Schuh- und Lederpflegemittel	233	233
Möbelpflegemittel	878	878
Autopflegemittel	472	472
Polier- und Scheuermittel	120	120

Theloke, Ondratschek, Friedrich

Quellgruppe	Emissionen 2010 [t/a]	
	Szenario "konstante Emissionsfaktoren"	Referenzszenario
Duftstoffe und -wässer	2 133	2 133
Desodorierende Zubereitungen	155	155
Zubereitete Rasiermittel	870	870
Schminkmittel	74	74
Zubereitungen zur Hand - und Fußpflege	89	89
Andere Zubereitungen zur Schönheitspflege	1 452	1 452
Körperpflege-, Riech- und Schönheitsmittel	2 065	2 065
Haarsprays	4 503	4 503
Haarwaschmittel, Dauerwellmittel und Haarlacke	215	215
KFZ-Frostschutz	2 247	2 247
Kälte- und stationäre Klimaanlage	208	208
Mobile Klimaanlage	216	216
Kältemittel in privaten und gewerblichen Kühlgeräten	95	95
Entwachsen von Fahrzeugen	226	226
Häusliche Verwendung von pharmazeutischen Produkten	554	554
Verwendung von Pflanzenschutzmitteln	315	315
Entfernung von Farben und Lacken	805	624
Betonzusatzmittel	5 056	5 056
Flugzeugenteisung	1 282	1 282
Anwendung von Treibgasen	1 545	1 545
Hochschulen	27	27
Wissenschaftliche Laboratorien	218	218
Summe	138 998	124 937

4 Auswahl der zu betrachtenden Quellgruppen

Zielsetzung des Projektes war die Identifizierung von Minderungspotenzialen, die über bestehende gesetzliche Minderungsmaßnahmen, also über die Emissionsminderungen im Referenzszenario, hinausgehen. Die Identifizierung weiterer Minderungspotenziale ist insbesondere im Hinblick auf die Einhaltung der in der NEC-Richtlinie [3] festgelegten Emissionshöchstgrenze von 995 kt aus allen Quellgruppen für Deutschland in 2010 von Bedeutung. In dem nationalen Bericht des Umweltbundesamtes zur NEC-Richtlinie [9] sind die in Tabelle 5 angegebenen NMVOC-Emissionen für 2000 und 2010 differenziert nach Quellgruppen angegeben. Für die Emissionen aus der Lösemittelanwendung wurden die vom IER berechneten Emissionsmengen angenommen.

Tabelle 5: NMVOC Emissionen in Deutschland 2000 und 2010 nach [6] und [9]

Quellgruppe	NMVOC-Emissionen 2000 Deutschland [t]	NMVOC-Emissionen 2010 Deutschland [t]
Industrielle Prozesse	139 491	135 291
Verteilung-Ottokraftstoff	41 140	20 700
Emissionen-Feuerung	90 401	79 125
Verkehr	334 000	157 000
Lösemittel [6]	735 366	725 812
Gesamt	1 340 398	1 117 928

Da in den anderen Quellgruppen bereits erhebliche Minderungsanstrengungen, z.B. für industrielle Prozesse die Umsetzung der 4.BImSchV [10] und die Umsetzung von EURO III und EURO IV [1] im Straßenverkehr, unternommen wurden bzw. bis 2010 umgesetzt sein werden, sind wesentliche Minderungspotenziale vor allem in der Lösemittelwendung zu identifizieren. Damit Deutschland den NEC-Zielwert erreicht wird, dürfen 2010 damit nur noch ca. 600 kt aus der Lösemittelanwendung emittiert werden. Um den diesen Wert zu erreichen, müssten die Emissionen in Deutschland um etwa 21% über das Referenzszenario hinaus reduziert werden. Dies bedeutet für Baden-Württemberg eine zusätzlich notwendige Minderung um etwa 21,5 kt gegenüber dem Referenzszenario für 2010, wenn die NEC Richtlinie [3] eingehalten werden soll. Die Lösemittelanwendung in Baden-Württemberg ist derzeit nur von anlagenbezogenen gesetzlichen Maßnahmen betroffen, deren Implementierung bei der Berechnung des Referenzszenarios berücksichtigt wurde. Diese basieren alle auf dem Bundesimmissionsschutzgesetz. Es handelt sich dabei insbesondere um die

- 2. Bundesimmissionsschutzverordnung [11],
- 4. Bundesimmissionsschutzverordnung [10],
- 31. Bundesimmissionsschutzverordnung [4].

In Zukunft wird auch die IPPC Direktive [12] der EU für Oberflächenbehandlungen unter Verwendung von Lösemitteln umgesetzt werden. Dies betrifft jedoch nur Anlagen mit Verbrauchskapazitäten von mehr als 150 kg pro Stunde oder 200 t Lösemittel pro Jahr.

Bei der weiteren Vorgehensweise werden die potenziellen Minderungsmöglichkeiten in die folgenden beiden Kategorien eingeteilt:

- Produktbezogene Maßnahmen
- Anlagenbezogene Maßnahmen

Bei produktbezogenen Maßnahmen, sogenannten Primärmaßnahmen, werden lösemittelärmere Produkte eingesetzt und damit die Emissionen reduziert. Beispiele für produktbezogene Maßnahmen sind der Einsatz von Pulverlacken, Wasserlacken, High-Solids oder höhersiedenden Reinigungsmitteln.

Heterogene Regelung VOC-relevanter Tätigkeiten im deutschen Anlagen-/Produktrecht

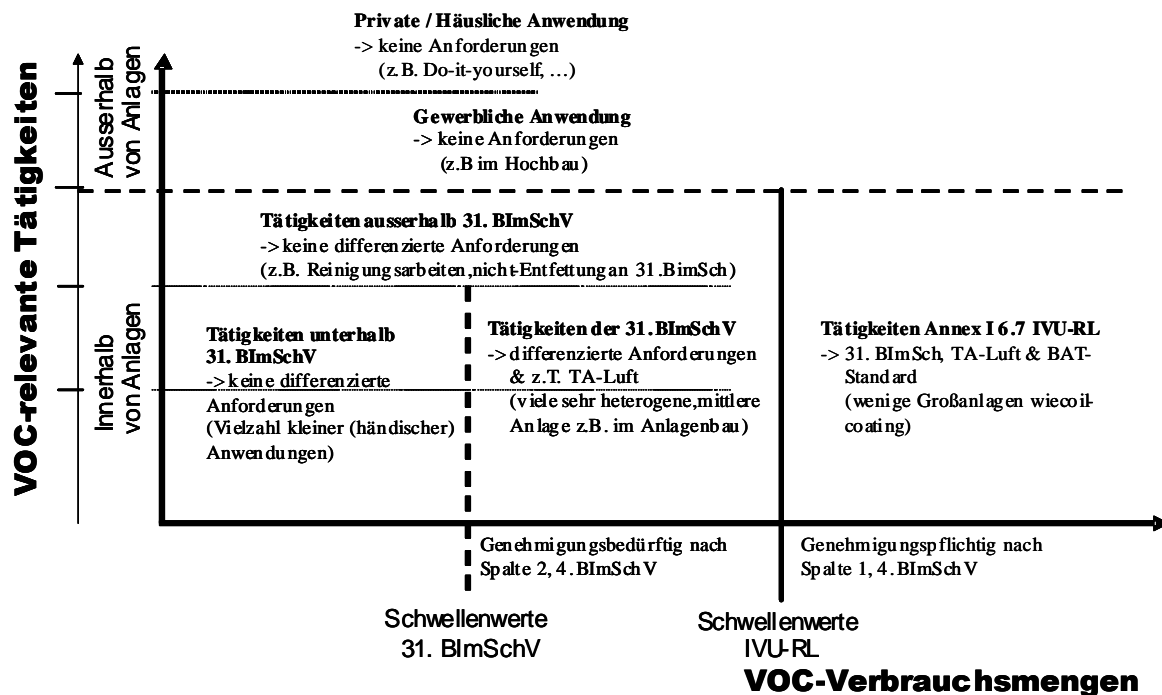


Abbildung 7: Heterogene Regelungen lösemittelrelevanter Tätigkeiten im deutschen Anlagenrecht [6]

Für Anlagen gibt es schon eine Anzahl von gesetzlichen Regelungen. Diese sind meist an Tätigkeitsdefinitionen und Schwellenwerte gebunden, bei deren Überschreitung die entsprechenden Anlagen bestimmte Grenzwerte einhalten müssen. Anlagenbezogene Maßnahmen, die über die bisherigen gesetzlichen Maßnahmen hinausgehen, betreffen daher Anlagen und Tätigkeiten, die von den bisherigen Tätigkeitsdefinitionen noch nicht betroffen sind (z.B. der Bogenoffsetdruck) oder Anlagen, die unterhalb entsprechender Schwellenwerte liegen (z.B. Oberflächenreinigungsan-

lagen, die unterhalb eines Jahresverbrauchs von 1 t Lösemittel bleiben). Schwellenwerte sind entweder über den Verbrauch von Lösemitteln oder Lösemittelhaltigen Produkten in einem definierten Zeitraum (pro Stunde, Tag oder Jahr) oder über die Anlagenkapazitäten definiert.

5 Produktbezogene Maßnahmen zur weiteren Minderung

Produktbezogene Maßnahmen sind dadurch gekennzeichnet, dass für bestimmte Produkt- bzw. Anwendungskategorien lösemittelhaltiger Produkte maximale VOC-Gehalte festgelegt werden. Andere Produkte mit höheren VOC-Gehalten dürfen für die entsprechenden Anwendungen nicht mehr in Verkehr gebracht werden. Diese Strategie wird von der EU zunehmend verfolgt. Solche Regelungen können im Sinne des freien Warenverkehrs nur europaweit festgelegt werden. Es würde keinen Sinn, machen für Baden-Württemberg alleine spezifische Regelungen zu implementieren.

Wichtig bei der Festlegung und Einführung solcher produktbezogenen Regelungen ist die Untersuchung der Umsetzbarkeit sowie die Identifizierung und Abwägung technischer, ökonomischer und ökologischer Vor- und Nachteile. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde zunächst analysiert, in welchen Anwendungsbereichen Möglichkeiten zur Implementierung produktbezogener Regelungen vorhanden sind. Dabei konnte unter anderem auf Ergebnisse einer im Auftrag der Europäischen Kommission erstellten Studie [13] zurückgegriffen werden.

Anschließend wurden Vor- und Nachteile der identifizierten Minderungsmöglichkeiten untersucht, sowie die spezifischen Minderungspotenziale und mögliche Umsetzungshemmnisse abgeschätzt.

Es wurden nur produktbezogene Minderungspotenziale betrachtet, die den bisherigen Produktnutzen erfüllen und die als Alternativen schon marktreif zur Verfügung stehen. Z. B. wird nicht die Verwendung von Haarsprays in Betracht gezogen, die nur noch einen VOC-Gehalt von 30 % haben, da diese zur Zeit nicht auf dem Markt zur Verfügung stehen. Es werden stattdessen jedoch die Potenziale betrachtet, die aus einer Reduktion des VOC-Gehaltes von 90 % auf 80 % resultieren.

Bei der qualitativen Bewertung der technischen Konsequenzen wurden zum einen generelle Vor- und Nachteile und zum anderen produkt- oder anwendungsspezifische Vor- und Nachteile betrachtet. Bei der Bewertung der ökonomischen Auswirkungen wurden die Produktionskosten des Alternativproduktes in Bezug zu den Produktionskosten des zur Zeit verwendeten Produktes gesetzt. Die Differenz wird in Kosten pro vermiedene Tonne NMVOC ausgedrückt. Nicht berücksichtigt wurden Kosten für Forschung, Entwicklung, Marketing, Vertrieb, etc.. Es wurde angenommen, dass die abgeschätzten ökonomischen Konsequenzen für ein Beispiel auf eine ganze Produktgruppe übertragbar ist. Zur qualitativen Bewertung der ökologischen Auswirkungen wurden die Effekte der VOC-ärmeren Alternative auf Luft, Wasser, Abfallmenge und mögliche sonstige Risiken für zur Zeit existierende Ökosysteme betrachtet. Dabei ist insbesondere bei der Bewertung der ökologischen Konsequenzen darauf hinzuweisen, dass dies nur eine sehr grobe erste qualitative Abschätzung der ökologischen Auswirkungen des Einsatzes VOC-ärmerer Produkte ist, und es für eine legislative Umsetzung wesentlich genauerer Untersuchungen bedarf.

In folgenden Anwendungsbereichen konnten Minderungspotenziale identifiziert werden:

- Anwendung von Treibgasen in Kosmetika und Reinigungsmitteln
- Anwendung von Lösemittelhaltigen Klebstoffen
- Anwendung von lösemittelhaltigen Produkten im Ausbaugewerbe

Diese wurden im folgenden genauer analysiert. In [13] werden auch Minderungspotenziale bei der Anwendung von Lösemitteln, Konservierungsstoffen, Desinfektionsmitteln und Duftstoffen in Kosmetika und Reinigungsmitteln von 20 % der enthaltenen Lösemittel abgeschätzt. Dies wird von uns als zu hoch eingeschätzt. In [13] wird von einer vollständigen Verdampfung der Lösemittel aus Wasch- und Reinigungsmitteln ausgegangen. In unserem Modell [6] wird dagegen ein Emissionsfaktor von 3 % für alkoholhaltige Wasch-, Reinigungs- und Spülmittel angenommen. Damit ist das Minderungspotenzial für Baden-Württemberg für diesem Bereich mit höchstens 5 t bis 2010 zu quantifizieren. Dieses Minderungspotenzial wird als vernachlässigbar betrachtet und im Rahmen dieser Studie nicht weiter bewertet.

5.1 Produktbezogene Minderungspotenziale bei der Anwendung von Treibgasen

Treibgase werden in Aerosol-Spraydosen für eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen eingesetzt. In Tabelle 6 ist die Anzahl der in Deutschland 2000 in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen eingesetzten Aerosoldosen aufgeführt [14]. In Aerosolspraydosen werden Propan, Butan, Dimethylether und teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC`s) als Treibgase sowie Alkohole (Ethanol, Isopropanol) und Wasser als Lösemittel eingesetzt. Etwa 40 % des Inhalts der Dosen sind Treibgase, 40 % sind Alkohole und 20 % Wasser [5].

Tabelle 6 ist zu entnehmen, dass zwei Drittel der eingesetzten Aerosolsprays für Körperpflegeanwendungen, etwa ein Viertel für technische und sonstige Zwecke und der Rest für Haushaltsanwendungen eingesetzt wird. Nach [6] wird eine mittlere VOC-Einsatzmenge von etwa 100 g/Aerosoldose und eine mittlere VOC-Emissionsmenge von 95 g/Aerosoldose angenommen. Damit wurden 2000 in Deutschland bei der Verwendung von Aerosoldosen etwa 83 125 t VOC emittiert; in Baden-Württemberg sind es etwa 10 635 t, wenn der Anteil der Bevölkerung (12,8%) [15] an der Gesamtbevölkerung in Deutschland berücksichtigt wird. Bis 2010 wird auf Grundlage von [13] mit einem Wachstum von etwa 10 % gerechnet. Damit werden im Referenzszenario 2010 in Baden-Württemberg etwa 11 700 t NMVOC aus Aerosolanwendungen emittiert. Es gibt folgende technische Optionen bzw. Produktalternativen, um VOC-Emissionen aus Aerosolsprays zu mindern [13]:

- Einsatz von Pumpsprays,
- Einsatz von komprimierten Gasen (Luft, Stickstoff, CO₂, N₂O),
- Verwendung alternativer VOC-freier oder VOC-ärmer Produkte.

Bei Pumpsprays steht der Inhalt der Dose nicht unter Druck. Das Produkt entweicht der Dose durch Pumpen mittels eines Knopfes . Treibgase werden nicht eingesetzt.

Tabelle 6: In Deutschland 2000 abgefüllte Aerosoldosen nach Produktgruppen [14]

Anwendungsbereich	Abgefüllte Aerosoldosen [Mio. Stück]
Körperpflege	586
Deodorantien/Antitranspirantien	205
Haarsprays und Haarlacke	172
Haarschäume	145
Rasierschäume	36
Rasiergels	10
Sonstige Körperpflegeprodukte	18
Haushaltsprodukte (Summe)	64
Insektizide und Pflanzenschutz	5
Teppichschäume	3
Wäschestärke und Bügelhilfe	11
Raumsprays	10
Wachs- und Poliersprays	1
Ofenreiniger	1
Bad- und Küchenreiniger	10
Schuh- und Lederpflegemittel	17
Sonstige Haushaltsprodukte	6
Andere Produkte (Summe)	225
Autopflegemittel	26
Technische Sprays für Industrierzwecke	38
Farb- und Lacksprays	40
Pharmazeutische Sprays	48
Veterinärprodukte	1
Nahrungsmittel	60
Sonstige	12
Summe	875

Teilweise sind allerdings nach wie vor Alkohole als Lösemittel notwendig. Zur Zeit stehen vor allem für Körperpflegeprodukte Pumpsprays auf dem Markt zur Verfügung. Dabei handelt es sich vor allem um Haarsprays, Haarschäume und Deodorants. Darüber hinaus gibt es auch für Raumsprays, Bad- und Küchenreiniger und Enteisungsmittel sowie zu einem kleinen Teil Möbelpflegemittel Pumpspray-Systeme.

Beim Einsatz von komprimierten Gasen in Spraydosen werden keine unter Druck flüssigen Kohlenwasserstoffe als Treibgase verwendet, sondern komprimierte Gase (Kohlendioxid, Lachgas, Stickstoff oder Luft) eingesetzt. Kohlendioxid liegt dabei unter Druck teilweise in flüssiger Form vor. Nach Öffnen des Ventils wird das flüssige Produkt aus der Spraydose getrieben. Da der Druck im Laufe der Zeit abnimmt, bleibt meist ein Rest in der Spraydose zurück. Komprimierte Gase

werden entweder in Einkammersystemen oder in Zweikammersystemen eingesetzt. In Zweikammersystemen enthält die eine Kammer ausschließlich das Produkt und die andere Kammer das komprimierte Gas. Der Vorteil eines Zweikammersystems ist, dass kaum Produktreste in der Spraydose zurückbleiben. Typische Anwendungen für den Einsatz komprimierter Gase in Spraydosen, sind Möbelpflegemittel, Lebensmittelprodukte, Insektizide und Rasiergels, sowie zu einem kleinen Teil Haarsprays und Deodorants.

Produktalternativen enthalten häufig noch zu einem kleinen Anteil VOC, da häufig Lösemittel notwendig sind, um die Wirkstoffe in Lösung zu bringen. Jedoch ist durch die Vermeidung von organischen Treibgasen auch hier ein erhebliches Minderungspotenzial vorhanden. In Tabelle 7 sind auf dem Markt erhältliche Produkte für verschiedene Anwendungsbereiche aufgeführt.

Tabelle 7: Produktalternativen für Treibgassprays [13]

Anwendungsbereich	Produktalternativen
Haarschäume	Flüssigkeiten, Gels mit weniger VOC-Gehalt
Deodorantien, Körperpflegesprays	Roller, Stifte, Puder, Cremes
Antitranspirantien	Roller, Stifte, Puder, Kristalle
Rasierschäume	Seifen, Cremes, Gels mit weniger VOC-Gehalt
Insektizide	Cremes, Öle
Teppichschäume	Flüssigkeiten, Puder
Fleckenreiniger	Puder, Pasten, Flüssigkeiten
Raumsprays	Gels, Puder, Kristalle

5.1.1 Bewertung des Einsatzes von Pumpsprays

5.1.1.1 Technische Bewertung

Es gibt zwei wesentliche technische Vorteile von Pumpsprays. Zum einen eröffnen sie die Möglichkeit nachfüllbarer Systeme und zum anderen können kleinere Dosen verwendet werden. Beides führt zu weniger Materialverbrauch. Nachteilhaft ist, dass größere Tropfen der Dose entweichen und die Tröpfchenverteilung nicht konstant ist. Ein Nachteil ist auch, dass der verwendete Wirkstoff häufig nur in organischen Lösemitteln löslich ist und dies manchmal einen höheren Lösemittelbedarf nach sich zieht als die „Treibgaslösung“. Insgesamt wird jedoch weniger Menge VOC pro Menge Wirkstoff verwendet. Im professionellen Bereich (z.B. Friseurgewerbe) zieht der Einsatz von Pumpsprays eine starke Umstellung der Arbeitsabläufe nach sich. Vom Handling her sind Pumpsprays hier unbequemer. Ein weiteres Problem ist die Korrosionsgefahr der bisher verwendeten Dosenmaterialien aufgrund des wachsenden Wasseranteils in der Dose. Dies kann in Einzelfällen zu der Notwendigkeit führen, ein korrosionsbeständiges Dosenmaterial zu verwenden.

Darüber hinaus sind auch produktspezifische Nachteile zu berücksichtigen. Bis jetzt erreichen Pump-Haarsprays nicht die Qualität von Haarsprays auf Treibgasbasis. Der höhere Wassergehalt von Pump-Haarsprays führt dazu, dass die Trockenzeit der Frisur häufig sehr lang ist und dies kann

dazu führen, dass die eigentlich zu fixierende Frisur in sich zusammenfällt. Damit ist die Funktion des Haarsprays nicht mehr gegeben.

Die Reduktion des VOC-Gehaltes bei Pumpspray-Deodorants führt meist zu der Notwendigkeit einer Neuformulierung des Wirkstoffes, da ansonsten Löslichkeitsprobleme auftreten. Zur Zeit werden neue Pumpsysteme entwickelt, die die erwähnten technischen Probleme überwinden sollen.

5.1.1.2 Ökologische Bewertung

Die Luftqualität wird durch Reduktion des VOC-Einsatzes verbessert. Es gibt keine Auswirkungen auf die Wasserqualität. Es wird auf der einen Seite durch die Nachfüllmöglichkeit und die Verwendung kleinerer Dosen weniger Material verbraucht und damit auch weniger Abfall produziert. Auf der anderen Seite gibt es etwas mehr Abfall durch die verwendeten Pumpmechanismen. Durch die Reduktion von Treibgasen wird das Risiko der Entflammbarkeit reduziert. Da in den Pumpsprays jedoch häufig Lösemittelreste verbleiben, ist der Abfall etwas entflammbarer als der Abfall herkömmlicher Treibgas Spraydosen.

5.1.1.3 Ökonomische Bewertung

Nach Einschätzung von Vertretern der Aerosolsprays produzierenden Industrie können Minderungskosten von etwa 500 € pro vermiedene Tonne VOC grob abgeschätzt werden [13]. Diese Abschätzung ist mit großen Unsicherheiten behaftet und berücksichtigt nur die zusätzlichen Produktionskosten und beinhaltet nicht Kosten für Entwicklung, Marketing, Vertrieb und Investitionen zur Installation neuer Produktionsanlagen.

5.1.2 Bewertung des Einsatzes von Spraydosen mit komprimierten Gasen

5.1.2.1 Technische Bewertung

Aufgrund des abnehmenden Druckes über die Lebenszeit ist der Ausfluss nicht konstant. Die Spraydosen werden aufgrund dessen auch häufig nicht vollständig entleert. Durch die geringen Wandstärken der Spraydosen ist der maximale eingesetzte Druck häufig limitiert. Da das Treibgas häufig auch Lösemittelfunktion hatte, ist oft eine größere Lösemittelmenge notwendig. Insgesamt ist jedoch eine Verminderung der eingesetzten VOC zu erwarten bei einer vollständigen Substitution des Treibgases, da auf jeden Fall nicht so viel mehr Lösemittel eingesetzt werden muss, wie Treibgas vermieden wird.

5.1.2.2 Ökologische Bewertung

Die Luftqualität wird durch die vollständige Substitution des Treibgaseinsatzes verbessert. Allerdings muss auch das Treibhausgaspotenzial der als Treibgasersatz eingesetzten druckerzeugenden Komponenten N₂O und CO₂ berücksichtigt werden. Es sind keine Auswirkungen auf die Wasserqualität zu erwarten. Durch den Verbleib von Produktresten in der Spraydose sowie die Verwen-

dung von größeren Dosen mit höheren Wandstärken, insbesondere bei 2-Kammersystemen, ist mit etwas mehr Abfallaufkommen zu rechnen. Durch die Reduktion von Treibgasen wird das Risiko der Entflammbarkeit reduziert. Da in den Spraydosen jedoch häufig Lösemittelreste verbleiben, ist der Abfall etwas entflammbarer als der Abfall herkömmlicher Treibgasspraydosen.

5.1.2.3 Ökonomische Bewertung

Auf der einen Seite kosten die verwendeten Gase (N_2 , CO_2 , N_2O , Luft) weniger als die als Treibgase verwendeten Kohlenwasserstoffe. Andererseits wächst die verwendete Materialmenge an, aufgrund der Notwendigkeit zur Verwendung größerer Dosen, insbesondere bei 2-Kammer-Systemen, und dickerer Wandstärken, aufgrund des höheren Druckes. Dies führt zu einer Erhöhung der Kosten. Nach Einschätzung von Vertretern der Aerosolsprays produzierenden Industrie können auch für diese Alternative Minderungskosten von etwa 500 € pro vermiedene Tonne VOC grob abgeschätzt werden. Diese Abschätzung ist mit großen Unsicherheiten behaftet und berücksichtigt nur die zusätzlichen Produktionskosten und beinhaltet nicht Kosten für Entwicklung, Marketing, Vertrieb und Investitionen zur Installation neuer Produktionsanlagen.

5.1.3 Bewertung des Einsatzes von Produktalternativen

Die Bewertung von Produktalternativen ist schwierig, da es sich um völlig andere Produkte handelt, bei denen nicht nur die „Sprayfunktion“ substituiert wurde. Die Option Produktalternativen lässt sich nicht für alle Anwendungsbereich von Treibgassprays einsetzen (z.B. Haarsprays), teilweise gibt es Qualitätsverluste bei der Verwendung von Schäumen. Auch ist manchmal eine Verminderung der Duftfunktion festzustellen und es gibt mit manchen Produkten hygienische Probleme (z.B. Deo-Roller). Da die Formulierungen der Produktalternativen meist mehr Einzelkomponenten enthalten als herkömmliche Treibgasproduktformulierungen, sind auch allergische Reaktionen bei den Nutzern nicht auszuschließen. Auf jeden Fall führt die Verwendung von Produktalternativen zu einer Verbesserung der Luftqualität aufgrund des völligen Verzichts auf Treibgase und Lösemittel. Eine Abschätzung der Vermeidungskosten ist nicht möglich. Aufgrund von Diskussionen mit der Industrie wird davon ausgegangen, dass diese Maßnahme kostenneutral ist.

5.1.4 Quantifizierung der Minderungspotenziale bei Aerosolspraydosen

Durch die Implementierung der oben beschriebenen Minderungsmaßnahmen lassen sich bis zu 40 % der Emissionen aus Aerosolsprays vermeiden. Dies würde für Baden-Württemberg eine Minderung von etwa 4 680 t pro Jahr bis 2010 bedeuten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Minderung nur unter großen Anstrengungen zu erwarten ist und teilweise auch eine Verschlechterung der Handhabung und Qualität der Produkte zu erwarten ist.

5.2 Produktbezogene Minderungspotenziale bei der Anwendung von Klebstoffen

Aufgrund der hohen Variabilität der Materialien und der hohen Anforderungen an die Qualität der Klebeverbindungen gibt es eine Vielzahl verschiedener Klebstoffsysteme, ungefähr 250 000 auf dem Weltmarkt. Klebstoffe werden von der Fédération Européenne des Industries de Colles et Adhésifs (FEICA) [16] in ihrer Produktionsstatistik in folgende Produktgruppen unterschieden:

- Natürliche Polymere,
- Polymerdispersionen und –emulsionen (Dispersionsklebstoffe),
- Schmelzklebstoffe inklusive feucht aushärtenden („moisture-cure“ types) Klebstoffen,
- Lösemittelbasierte Klebstoffsysteme,
- Reaktionsklebstoffe,
- Klebstoffe auf wasserlöslichen Polymeren basierend,
- Andere Klebstoffe.

Dazu kommen noch die Klebebänder, die hier nicht betrachtet werden, da sie nur bei der Produktion einen vernachlässigbaren geringen Beitrag zu den VOC Emissionen leisten. VOC-Emissionen werden im wesentlichen nur bei der Anwendung von lösemittelhaltigen Klebstoffen und Dispersionsklebstoffen verursacht.

Klebstoffe werden in vielen Anwendungsbranchen verwendet. Da die Anforderungen an die Klebstoffe von Branche zu Branche und damit auch die Zusammensetzung unterschiedlich ist, ist es sinnvoll, den Einsatz lösemittelhaltiger Klebstoffe unterschiedlichen Marktsegmenten zuzuordnen. Die Klassifikation erfolgt entsprechend dem europäischen Standard „The FEICA Classification Manual“. Die klassifizierten Marktsegmente werden nach [17][18] im folgenden beschrieben:

- **Papier & Verpackung**

Diesem Bereich sind die Anwendungen Verpackung, Veredlung, Buchbinderei, Graphisches Gewerbe, Non-Woven-Anwendung (Einmal-Artikel) sowie Haftklebstoffe zugeordnet. Hier werden Dispersionsklebstoffe (50 %), Heißschmelzklebstoffe (23 %), Klebstoffe auf Basis natürlicher Polymere sowie lösemittelhaltige Klebstoffe (6 %) eingesetzt. Lösemittelhaltige Klebstoffe werden in erster Linie bei Verbundfolien eingesetzt. Die verarbeitenden Betriebe sind meist genehmigungsbedürftig (Anhang 4.BImSchV. Ziffer 5.1b bzw. 5.1c).

- **Bau**

Hierunter fallen die Anwendungsbereiche Vor-Ort-Einsatz bei Neubauten, Reparatur und Instandhaltung (Renovierung), Fertighäuser, Isolier-Sandwich-Elemente sowie Hoch- und Tiefbau (Brücken). In diesem Bereich werden zu 90 % lösemittelfreie bzw. lösemittelarme Dispersionsklebstoffe verwendet. Zu ca. 10 % werden lösemittelhaltige Klebstoffe verwendet.

- **Holz**

Dieses Segment berücksichtigt den industriellen und handwerklichen Holz- und Möbelbau sowie Anwendungen bei den Zulieferern für diesen Bereich. Hier werden zu 5,5 % lösemittelhaltige Klebstoffe verwendet. In erster Linie kommen Dispersionsklebstoffe (42 %), Heißschmelzklebstoffe (26 %) und reaktive Systeme (25 %) zum Einsatz. Lösemittelhaltige Klebstoffsysteme werden hauptsächlich bei der Weichschaumverarbeitung bzw. der Profilmantelung von Kunststoffens-tern verwendet. Bei der Matratzenverklebung werden CKW-haltige Klebstoffe eingesetzt.

- **Transport**

Diesem Bereich ist die Verwendung von Klebstoffen bei der Produktion, Instandhaltung sowie Reparatur von Transportfahrzeugen zu Lande, zu Wasser und in der Luft aller Art zugeordnet. Hier werden lösemittelhaltige Systeme (34 %), reaktive Systeme (27 %), Heißschmelzstoffe (10 %), sowie Dispersions-schmelzstoffe (21 %) verwendet.

- **Schuhe**

Hier wird die Verwendung von Klebstoffen bei der Herstellung und Reparatur von Schuh- und Lederwaren betrachtet. Es werden hauptsächlich lösemittelhaltige Klebstoffe verwendet.

- **Heimwerkerbereich**

Dieser Bereich umfasst die Verwendung von Klebstoffen im Haushalt, bei Do-It-Yourself (DIY)-Tätigkeiten, sowie in Schule und Büro. Hier werden zu 60 % Dispersionsklebstoffe eingesetzt. Lösemittelhaltige sogenannte Universalklebstoffe haben einen Marktanteil von ca. 20 %.

- **Montage**

Dieses Marktsegment umfasst die industrielle Verwendung in den Branchen: Haushaltsgeräte, Elektrik, Elektronik, Stoffe (Textilien), medizinische Anwendungen, Sportausrüstungen, Spielzeuge, Schleifmittel und Filter, sowie anderen kleineren Branchen. Bei der industriellen Produktion werden Reaktivklebstoffe (29 %), Schmelzklebstoffe (27 %), lösemittelhaltige Klebstoffe (26 %) sowie Dispersionsklebstoffe (13 %) eingesetzt.

In Deutschland hatten die lösemittelhaltigen Klebstoffe einen Anteil von etwa 8,6 % an der Gesamtmenge der verbrauchten Klebstoffe [6]. Dies entspricht für Baden-Württemberg einer Menge von etwa 10 000 t an verbrauchten lösemittelhaltigen Klebstoffen im Jahr 2000. Die mittleren Lösemittelgehalte der für die oben beschriebenen spezifischen Einsatzbereiche verwendeten lösemittelhaltigen Klebstoffe sind unterschiedlich, wie in Tabelle 8 dargestellt wird [6].

Tabelle 8: Mittlere Lösemittelgehalte und Emissionsfaktoren für die einzelnen Marktsegmente der Klebstoffanwendung [6]

Marktsegment	Durchschnittlicher Lösemittelgehalt [%]	Durchschnittlicher Emissionsfaktor [%]	Emissionen 2000 Baden-Württemberg [t]
Papier und Verpackung	50 %	20 %	294
Bau	15 %	95 %	413
Holz	50 %	95 %	543
Transport	60 %	80 %	616
Schuh	80 %	95 %	1 729
Heimwerkerbereich	75 %	95 %	502
Montage	50 %	80 %	309
Verdünnung, Primer, Untergrundvorbehandlung			175
Summe			4 580

Aufgrund der vielen und sehr unterschiedlichen Anwendungen von Klebstoffsystemen gibt es keine allgemein anwendbare Alternative für lösemittelbasierte Klebstoffsysteme. Hierbei müssen zunächst die sektorspezifischen Grenzen solcher Maßnahmen betrachtet werden. In manchen Fällen können die Eigenschaften des zu klebenden Substrates den Einsatz lösemittelhaltiger Klebstoffe notwendig machen. Dies ist z.B. beim Kleben von Parkett der Fall. Der Einsatz wässriger Systeme kann hier nach Angaben des IVK (Industrieverband Klebstoffe e.V.) zu Reklamationen führen. Für manche Sektoren, z. B. das Kleben von PVC-Druckrohren, gelten gesetzliche Vorschriften, die den Einsatz lösemittelhaltiger Klebstoffe nach Angaben des IVK nötig machen [17]. Der Verband führt weiterhin an, dass wehrtechnische Spezifikationen den Einsatz lösemittelhaltiger Klebstoffe manchmal notwendig machen und weist darauf hin, dass in explosionsgefährdeten Bereichen (z. B. im Bergbau) der Einsatz von Klebstoffen auf der Basis nicht brennbarer Lösemittel notwendig ist. In diesem Bereich wäre der Einsatz wasserbasierender Klebstoffe sicherlich sinnvoll. Vom IVK werden den einzelnen Marktsegmenten zugeordnete Minderungspotenziale angegeben [17]. Eine Zusammenfassung dieser Betrachtungen ist unter Berücksichtigung der Minderungseffekte, die schon aufgrund der 31.BImSchV [4] berücksichtigt wurden, in Tabelle 9 dargestellt. Es würden bis 2010 durch zusätzlicher Maßnahmen nach dieser Rechnung etwa 600 t Lösemittellemissionen gegenüber dem Referenzszenario für 2010 vermieden werden.

Tabelle 9: Minderungspotenziale bei der Verwendung von Klebstoffen von 2000 bis 2010 disaggregiert nach Sektoren unter Berücksichtigung der Umsetzung der 31. BImSchV und zusätzlicher Maßnahmen [17]

Sektor	Minderungspotenzial über die 31. BImSchV. hinaus [%]	Emissionen 2000 [t/a]	Emissionen 2010 (Referenzszenario) [t/a]	Emissionen 2010 (zus. Maßnahmen) [t/a]
Papier & Verpackung ¹⁾	5	294	272	258
Bau ²⁾	10	413	432	390
Holz ³⁾	10	543	383	345
Transport	10	616	657	591
Schuh	10	1 729	1 239	1 115
Heimwerkerbereich ⁴⁾	50	502	502	251
Montage	10	309	356	320
Verdünnung, Primer, Untergrundvorbehandlung	15	175	201	171
Summe		4 580	4 042	3 441

- 1) Im Bereich Papier und Verpackung werden lösemittelhaltige Klebstoffe nur zu 6% eingesetzt, sodass nur hier Minderungspotentiale zu sehen sind. Es sind über die durch die 31. BImSchV bedingten Minderungen noch Minderungspotentiale durch die zunehmende Verwendung von lösemittelfreien Systemen beim Kaschieren zu erwarten.
- 2) Im Baubereich werden lösemittelhaltige Klebstoffe nur noch für Bodenbeläge verwendet. Das Verhältnis Dispersionsklebstoffe zu lösemittelhaltigen Klebstoffen beträgt zu Zeit schon 90:10.
- 3) Lösemittelhaltige Klebstoffe werden in der Holz- und Möbelindustrie in erster Linie bei der Weichschaumverarbeitung und der Profillummantelung von Kunststofffenstern verwendet. Die Substitution von Chlorkohlenwasserstoffen durch Polyurethan-Schmelzklebstoffe im Bereich der Fensterprofilummantelung wird zur Zeit durchgeführt und soll nach Angaben der Klebstoffindustrie in den nächsten Jahren abgeschlossen sein. Bei der Weichschaumverarbeitung erfüllen lösemittelhaltige Klebstoffe nach Angaben des IVK das Anforderungsprofil am besten. Der IVK hebt hier insbesondere die gute Anfangshaftung bei einseitigem Klebstoffeintrag hervor. Minderungspotentiale sind hier in der Substitution von lösemittelhaltigen Klebstoffen durch lösemittelärmere Klebstoffe, sogenannte High-Solid-Klebstoffe, zu sehen. Neuere Entwicklungen ermöglichen Festkörpergehalte von 80%. Bei der Matratzenverklebung sollen die bisher eingesetzten Chlorkohlenwasserstoffe in Zukunft durch Schmelzklebstoffe ersetzt werden.
- 4) Diesem Segment werden vom IVK die größten Minderungspotentiale zugeordnet. Nach Angaben des IVK ist eine Lösemittelreduktion auch hier nur noch bedingt möglich, da bereits in großem Umfang eine Substitution von lösemittelhaltigen Klebstoffen durch Dispersionsklebstoffe stattgefunden hat. Zudem erfordert die mangelnde Kenntnis der Anwender lösemittelhaltige „Universalklebstoffe“. Durch entsprechende Beratung, Aufklärung und Marktakzeptanz können nach Angaben des IVK in Zukunft ca. 50% der Lösemittel vermieden werden.

Zur Bewertung des Substitutionspotenzials muss die jeweils optimale Minderungsstrategie für jede spezifische Applikation individuell betrachtet werden. Grundsätzlich gibt es folgenden Alternativen [13]:

- Schmelzklebstoffe,
- Dispersionsklebstoffe,
- High-solid Klebstoffe,
- Reaktionsklebstoffe,
- Drucksensitive Klebstoffe,
- Substitution von Klebstoffen durch z.B. mechanische Befestigung.

Im folgenden wird die Funktionsweise dieser Klebstoffsysteme kurz beschrieben:

- Schmelzklebstoffe sind Thermoplaste, die bei Erwärmung aushärten. Die notwendigen Temperaturen variieren dabei zwischen 100° und 250°C. Schmelzklebstoffe sind auf der Basis von Polyestern, Polyamiden oder Polyolefinen erhältlich. Sie sind lösemittelfrei.
- Dispersionsklebstoffe basieren auf in wässriger Lösung dispergierten einkomponentigen Polymeren. Der mittlere Lösemittelanteil beträgt 2 %.
- High-solid Klebstoffe haben einen Festkörpergehalt von mehr als 60 %, d.h. sie können einen Lösemittelgehalt von bis zu 40 % haben. Dieser Lösemittelgehalt ist kleiner als der mittlere Lösemittelgehalt lösemittelhaltiger Klebstoffsysteme.
- Reaktionsklebstoffe bestehen aus zwei Komponenten, die durch eine chemische Reaktion aushärten. Sie sind lösemittelfrei.
- Drucksensitive Klebstoffe sind die sogenannten Selbstklebestreifen. Sie enthalten meist noch geringe Mengen Lösemittel.

5.2.1 Bewertung des Einsatzes von lösemittelärmeren Klebstoffsystemen

5.2.1.1 Technische Bewertung

Die technischen Erfordernisse bei der Anwendung der einzelnen Klebstoffalternativen werden im folgenden beschrieben. Für manche Anwendungen sind auch doppelseitige Selbstklebestreifen oder mechanische Befestigungen gute Alternativen. Bei vielen Anwendungen können diese Alternativen jedoch schlechtere Bindungseigenschaften zur Folge haben und damit in ihrer Verwendbarkeit eingeschränkt sein. Hinzu kommt, dass die applizierten Klebstoffsysteme kompatibel mit den verwendeten Beschichtungsstoffen und Dichtstoffen sein müssen.

Technische Randbedingungen von Schmelzklebstoffen:

- Spezialapplikationsgeräte notwendig;
- Klebstoffsysteme besitzen meist eine geringe Kohäsion;
- Thermoplastizität (außer bei 2-Komponenten Schmelzklebstoffen);
- Die zu bindenden Materialien müssen wärmebeständig sein;
- Schmelzklebstoffe sind nur für definierte Materialkombinationen verwendbar.

Technische Randbedingungen von Dispersionsklebstoffen:

- Längere Trocknungszeiten;
- Geringere Beständigkeit gegen Feuchtigkeit und Wärme;
- Weniger Kohäsion und Adhäsion im Vergleich zu lösemittelhaltigen Klebstoffsystemen;
- Nur für spezifische Materialkombinationen anwendbar;
- Mindestens eine zu klebende Oberfläche muss adsorbierende Eigenschaften besitzen;
- Bei zu niedrigen Temperaturen nicht einsetzbar;

- Dispersionsklebstoffe können schädliche Substanzen als Konservierungsstoffe (z.B. Formaldehyd) und Weichmacher enthalten;
- Weniger entzündlich als lösemittelhaltige Klebstoffe.

Technische Randbedingungen von Reaktionsklebstoffen:

- Begrenzte Haltbarkeit;
- Anspruchsvolle Handhabung;
- Bei feucht aushärtenden Klebstoffen hängt die Aushärtezeit vom Umgebungsfeuchtegehalt ab;
- Manche Reaktionsklebstoffe enthalten Weichmacher (Phthalate).

Technische Randbedingungen von High-solid Klebstoffen:

- Weniger Tiefenwirkung bei adsorbierenden Oberflächen;
- Größere Schichtdicke und damit einhergehend höherer Materialverbrauch;
- Anspruchsvolle Handhabung.

Die Option der mechanischen Befestigung und der Fixierung mit Selbstklebebändern bedingt eine geringere Bindung der zu klebenden Oberflächen und ist damit nur auf sehr wenige Anwendungen beschränkt.

5.2.1.2 Ökologische Bewertung

Die Luftqualität wird durch die VOC-Reduktion verbessert. Jedoch werden durch die zusätzlich benötigte Wärme bei den Trocknungsprozessen insbesondere der wässrigen Klebstoffsysteme höhere Treibhausgasemissionen verursacht. Das gleiche gilt für den Einsatz von Schmelzklebstoffen. Darüber hinaus werden schwerflüchtige Weichmacher und Konservierungsstoffe über einen langen Zeithorizont in geringen Mengen aber kontinuierlich in die Umwelt eingetragen. Es sind keine Auswirkungen auf die Wasserqualität und das Abfallaufkommen zu erwarten. Durch die eingesetzten Weichmacher, Konservierungsstoffe, Biozide und Flammschutzmittel ergeben sich aus dem Einsatz lösemittelärmerer System teilweise Risiken für die Umwelt und Gesundheit des Menschen. Und teilweise sind auch allergische Reaktionen nicht auszuschließen.

5.2.1.3 Ökonomische Bewertung

Die Kosteneffekte sind aufgrund der Vielzahl von Produkten, Anwendungen und Möglichkeiten zur Lösemittelreduktion schwer abschätzbar. Wahrscheinlich werden leicht erhöhte Kosten zu erwarten sein. Insbesondere aufgrund der teilweise notwendigen Umstellungen im Arbeitsablauf und der daraus resultierenden Mitarbeiterschulungen. Teilweise entstehen höhere Prozess- und Investitionskosten, die aber nach Stand des Wissens nicht zu quantifizieren sind.

5.3 Minderungspotenziale im Ausbaugewerbe

5.3.1 Definition der Systemgrenzen

Das sogenannte Ausbaugewerbe umfasst die in der WZ93-Systematik [19] unter die Nummer 45 fallenden unterschiedlichen Gewerbezweige Maler- und Glasgewerbe, Tischlereien, das Installationsgewerbe, Dachdeckereien, Stuckateure/Gipsereien, Fußboden-/Fliesen- und Plattenlegereien sowie Ofen- und Herdsetzer [20]. Als relevante Lösemittlemissionsquellen sind dabei neben der Anwendung von Farben und Lacken, Klebprozesse, Anwendung von Ortsschäumen sowie die Applikation von Bautenschutzmitteln („Concrete additives“) zu betrachten. In Tabelle 10 sind die Emissionen aus diesen Tätigkeiten für Baden-Württemberg aufgeführt.

Tabelle 10: Lösemittlemissionen im Ausbaugewerbe in Baden-Württemberg 2000 disaggregiert nach Tätigkeitsbereichen

Tätigkeit	Emissionen [t]
Anwendung von Farben und Lacken im Maler- und Lackiererhandwerk	
Anwendung von Dispersionsfarben-Innen	344
Anwendung von Dispersionsfarben-Außen	620
Anwendung von kunstharzgebundenen Putzen und Silikaten	91
Anwendung von Bautenlacken und Lasuren	4 124
Anwendung von Grundierungen und Überzügen	1 032
Anwendung von sonstigen Bautenanstrichmitteln	200
Korrosionsschutz	1 252
Übrige Verarbeitung	3 790
Markierungsfarben	683
Anwendung von Farben und Lacken im Do-It-Yourself -Bereich	
Anwendung von Dispersionsfarben-Innen	350
Anwendung von Dispersionsfarben-Außen	186
Anwendung von kunstharzgebundenen Putzen und Silikaten	17
Anwendung von Bautenlacken und Lasuren	2 887
Anwendung von Grundierungen und Überzügen	330
Anwendung von sonstigen Bautenanstrichmitteln	118
Anwendung von Klebstoffen im Ausbaugewerbe	
Marktsegment Bau (entsprechend FEICA Klassifikation) ¹⁾	413
Marktsegment DIY (entsprechend FEICA Klassifikation) ¹⁾	502
Verschäumungsprozesse im Ausbaugewerbe	
Anwendung von Ortsschäumen	128
Anwendung von Bautenschutzmitteln im Ausbaugewerbe	
Betonzusatzmittel	4 826
Summe	21 893

1) FEICA: Fédération Européenne des Industries des Colles et Adhésifs, Düsseldorf)

Tabelle 10 zeigt, dass etwa 20 % der Lösemittlemissionen in Baden-Württemberg dem Ausbaugewerbe entstammen. Keine der beschriebenen Anwendungen im Ausbaugewerbe wird bisher im Hinblick auf die Verminderung von NMVOC-Emissionen von gesetzlichen Regelungen erfasst. Im Rahmen des Projektes war das Bestreben, auch für diesen Anwendungsbereich Minderungspotenziale zu identifizieren.

5.3.2 Strukturierung des Maler- und Lackiererhandwerks

Das Maler- und Lackierhandwerk in Baden-Württemberg ist in 39 Innungen organisiert [21], denen etwa 2 750 Innungsfachbetriebe angehören. In diesen Betrieben sind einschließlich Betriebsinhabern etwa 16 500 Maler und Lackierer beschäftigt sowie etwa 3100 Lehrlinge. Der Umsatz betrug 1999 etwa 2,1 Mrd. DM. Die durchschnittliche Betriebsgröße liegt bei ungefähr 6 Mitarbeitern. Tabelle 11 zeigt die Betriebsgrößenstruktur des Maler- und Lackiererhandwerks in Baden-Württemberg.

Tabelle 11: Betriebsgrößenstruktur des Maler- und Lackiererhandwerks in Baden-Württemberg [21]

Betriebsgrößenklasse	Beschäftigtenanteil [%]
Mitarbeiterzahl: 1-4	49
Mitarbeiterzahl: 5-9	30
Mitarbeiterzahl: 10-19	15
Mitarbeiterzahl: 20-49	5
Mitarbeiterzahl: > 50	1

Tabelle 11 zeigt, dass etwa 80 % der Maler- und Lackierbetriebe weniger als 10 Mitarbeiter beschäftigen. Dies ist bei Implementierung von Minderungsmaßnahmen ein wesentlich zu berücksichtigendes Branchenmerkmal, da diese kleinen Betriebe einem erheblichen Kosten- und Arbeitsdruck ausgesetzt sind. Es ist sehr schwierig, für die Betriebe personelle Kapazitäten für die notwendigen Umstellungen der Arbeitsabläufe bei der Implementierung lösemittelmindernder Maßnahmen zu schaffen. Hier sind die Lackproduzenten direkt gefordert, den Malerbetrieben entsprechende Hilfestellungen und Informationen zur Verfügung zu stellen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der Kostenstruktur eines Malerbetriebes wichtig. Etwa 57,3 % der anfallenden Kosten sind Personalkosten, 25,5 % andere Kosten und nur 17,2 % Werkstoffkosten [21]. Dies zeigt, dass durch den Einsatz lösemittelarmerer Farb- und Lacksysteme potenziell entstehende geringe zusätzliche Materialkosten keine wesentlichen ökonomisch negativen Konsequenzen für die Anwender zur Folge haben werden. Häufig sind diese Systeme ergiebiger aufgrund ihres höheren Festkörpergehaltes. Dies kann sogar Kosten sparen. Dies gilt vor allem für den Einsatz von wässrigen Systemen, da hier keine Verdüner mehr zur Reinigung der Arbeitsgeräte notwendig sind und damit Kosten für Beschaffung und Beseitigung oder Wiederaufbereitung des Verdünners entfallen. Die kritische Größe bei der Umsetzung von Minderungsmaßnahmen sind die Personalkosten. Hier

können durch die notwendige Umstellung der Arbeitsweise erhebliche Zusatzkosten für die Betriebe entstehen, wenn Sie keine Unterstützung von außen erfahren. Hier sind die Lackproduzenten, Behörden, Innungen und Berufsschulen gefordert. Andererseits ist es auch möglich, emissionsmindernde Maßnahmen mit Hilfe innovativer Applikationstechniken zu implementieren. Dadurch kann zum Teil erheblich Arbeitszeit und damit Personalkosten eingespart werden (z.B. [28]). Doch bei der Implementierung und Markteinführung solcher Systeme müssen zunächst alte Gewohnheiten durchbrochen werden. Abbildung 8 zeigt, dass etwa zwei Drittel des Umsatzes im Maler- und Lackiererhandwerk bei Maler und Tapezierarbeiten generiert werden. 82 % des Umsatzes werden bei Renovierungen erzielt, 18 % bei Neubauarbeiten [21].

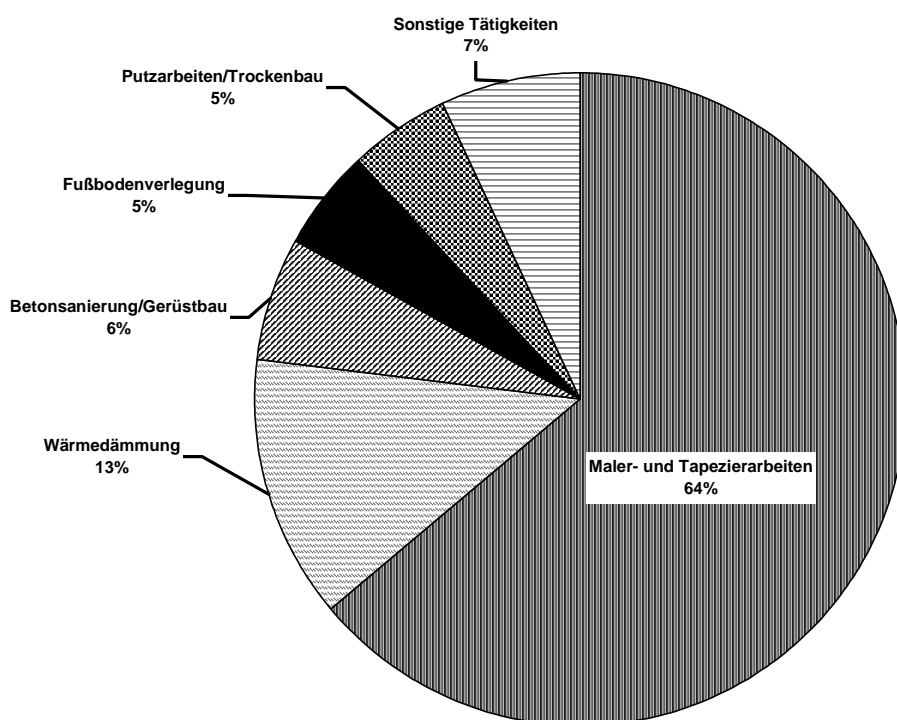


Abbildung 8: Strukturierung des Maler- und Lackiererhandwerks in Tätigkeitsbereiche nach Umsatzanteil [21]

5.3.3 Typisierung der unterschiedlichen Prozesse bei der Anwendung von Farben und Lacken im Maler- und Lackiererhandwerk

Im Rahmen eines Experten-Workshops wurde insbesondere darüber diskutiert, welche Typisierung der verschiedenen Prozesse bei der Anwendung von Farben und Lacken für die Analyse der Emissionsminderungsmöglichkeiten eingesetzt werden soll [22]. Es wurde als Ergebnis festgehalten, dass Bautenlacke und Bautenfarben zum Schutz und für die farbige Gestaltung von neuen und schon beschichteten bzw. alten Bauteilen (Instandsetzung) verwendet werden. Der überwiegende Teil dieser Werkstoffe, ca. 70 bis 80 %, wird bei Instandsetzungsarbeiten verbraucht. Es wird bei der Strukturierung insbesondere nach Untergründen unterschieden [23]:

- **Mineralische Untergründe (Putz, Beton, Mauerwerk etc.)**

Für die Beschichtungen werden überwiegend Kunststoffdispersionsfarben und -putze mit sehr geringen Lösemittelgehalten (generell < 5 %, bei Innenfarben < 0,1 bis 2 %) eingesetzt. Diese Beschichtungen erfordern bei kreidenden bzw. saugfähigen Untergründen allerdings oftmals penetrierende Polymerisatharzgrundierungen in echter Lösung mit hohem Lösemittelgehalt (80-90 % Lösemittelanteil). Bei geeignetem Untergrund und geeigneten klimatischen Verarbeitungsbedingungen werden auch Anstriche und dünnlagige Putze auf Basis von Kombinationen aus Wasserglas (Kaliumsilikat) und Kunststoffdispersion eingesetzt. Bei geringen Verarbeitungstemperaturen (unter ca. 5 °C) oder als Isolierfarben müssen Beschichtungsstoffe auf Basis lösemittelgelöster Polymerisatharze mit hohem Lösemittelanteil eingesetzt werden. Für Fußbodenbeschichtungen oder hoch beanspruchte Beschichtungen in Behältern, für Abdichtungen u. ä. müssen je nach Anforderung zum Teil lösemittelhaltige Reaktionsharzbeschichtungsstoffe auf Basis von Epoxidharzen oder Polyurethanen eingesetzt werden. Diese sind nur zum Teil durch wasserverdünnbare Reaktionsharzsysteme substituierbar.

- **Metalle (Stahl, Eisen, Aluminium, Zink, Kupfer etc.)**

Für den Korrosionsschutz von Eisenmetallen im Außenbereich sind für die Grundbeschichtung aus Gründen der Haftfestigkeit und der klimatischen Verarbeitungsbedingungen fast nur lösemittelhaltige Beschichtungsstoffe geeignet. Bei günstigem Klima und üblichen Anforderungen werden für Zwischen- und Schlussbeschichtungen auch wasserverdünnbare Dispersions- bzw. Emulsionsbeschichtungsstoffe verwendet. „Einfache“ Korrosionsschutzbeschichtungen bestehen aus lösemittelbasierenden Alkydharzlacken bzw. -grundierungen (30-40 % Lösemittelanteil). Bei hohen Beanspruchungen, sogenanntem „schweren Korrosionsschutz“, werden die Beschichtungen in der Regel mit lösemittelhaltigen Reaktionsharzbeschichtungsstoffen (EP bzw. PUR) ausgeführt. Nichteisenmetalle werden nur bei dekorativen Anforderungen mit wässrigen Dispersions- bzw. Dispersionslackfarben beschichtet. Bei funktionellen Anforderungen oder bestimmten Nichteisenmetallen wie z. B. Kupfer oder anodisiertem Aluminium, müssen spezielle lösemittelbasierende Haftgrundierungen eingesetzt werden. Verzinkte Stahlbauteile im Außenbereich werden zum Teil mit Beschichtungen aus lösemittelgelösten Mischpolymerisatharzfarben (bis zu 60 % Lösemittelanteil) geschützt. In trockenen Innenräumen wird der Korrosionsschutz bzw. die farbige Gestaltung von Metallbauteilen durch wasserverdünnbare Dispersionslackfarben realisiert. Dies gilt nicht für z. B. Metallflächen, die durch Weichmacher aus Dichtungen, Fett und Schweiß (Türen, Handläufe, etc.) belastet werden. Solche Bauteile werden mit Alkydharz- bzw. Reaktionsharzbeschichtungsstoffen (z. B. PUR) beschichtet.

- **Holz und Holzwerkstoffe**

Nicht maßhaltige Bauteile im Außenbereich werden überwiegend mit Dispersionslackfarben (bis 10 % Lösemittelanteil) beschichtet. Bei bewitterten Bauteilen wird hier jedoch eine imprägnierende, lösemittelbasierende (ca. 80-85 % Lösemittelanteil) Grundierung auf den unbeschichteten Weichhölzern und saugfähigen Holzwerkstoffen verwendet. Lasuren werden sowohl als wasserfreie Produkte (Bindemittel meist Alkydharz) als auch als Dispersionslasuren (Bindemittel Acryl, teilweise Acryl/Alkyd) eingesetzt. Wegen der Beanspruchungen mechanischer und chemischer Art sowie der Anforderungen an die gute Dekontaminierbarkeit müssen die Beschichtungen in Innenräumen überwiegend mit lösemittelbasierenden Lackfarben ausgeführt werden. Bei bestimmten Bauteilen, wie z. B. Möbeln, können die Anforderungen der Nutzer nur mit Reaktionsharzlackbeschichtungen (meist auf Polyurethan basierende Beschichtungsstoffe) erfüllt werden. Parkettversiegelungen, Holztreppebeschichtungen u. ä. werden nur bei üblichen Belastungen (d. h. geringe Frequentierung, keine Tanzflächen!) mit wasserbasierenden Versiegelungen (Dispersionslacke bis ca. 10 % Lösemittelanteil) geschützt. Auf den mechanisch hoch beanspruchten Flächen werden lösemittelbasierende Reaktionsharzlacke auf Basis von Polyurethanen eingesetzt.

- **Kunststoffe und Altlackierungen**

Diese Oberflächen sind häufig sehr problematisch, weil oft nur mit besonderen, meist lösemittelbasierenden Lackfarben eine hinreichende Haftfestigkeit bzw. Elastizität oder Weichmacherbeständigkeit erreicht wird. Dann werden je nach Art des Untergrundes (Duroplast, Elastomer, Thermoplast) spezielle Polymerisatharz- oder Reaktionsharzlackfarben eingesetzt. Bei nur geringen Beanspruchungen und entsprechender Untergrundvorbereitung werden diese Oberflächen - Verträglichkeit vorausgesetzt - mit wasserhaltigen Dispersionslackfarben lackiert.

- **Tapeten, Papier, Karton u. ä.**

Ein nicht zu vernachlässigender Anteil von Bautenfarben, seltener Bautenlacke, wird in Innenräumen für die Beschichtung von Tapeten (v. a. Rauhfaser) und z. B. Gipskarton eingesetzt. Hier handelt es sich überwiegend um lösemittelarme (unter 0,1 % bis 2 % Lösemittelgehalt) Dispersionsfarben oder auch Kombinationen aus Wasserglas und Kunststoffdispersion (Dispersionssilikatfarben).

5.3.4 Minderungspotenziale im Ausbaugewerbe

5.3.4.1 Minderungspotenziale bei der Anwendung von Farben und Lacken

Die wesentliche Minderungsmaßnahme im Bereich Farben und Lacke ist die weitergehende Verwendung lösemittelarmer Farben und Lacke. Hier hilft die Umsetzung der sogenannten „DECOPAINT“-Richtlinie [24]. Dabei ist zu bemerken, dass die Bezeichnung „DECOPAINT“-Richtlinie etwas irreführend ist, da durch den Titel lediglich die dekorative Wirkung von Farben und Lacken angesprochen wird. Vielmehr ist eine weitere Hauptfunktion von Farben und Lacken der Oberflächenschutz, der im allgemeinen lebenszeitverlängernd auf das beschichtete Objekt wirkt. Es muss bei der Bewertung von Lacksystemen mit unterschiedlichen Lösemittelgehalten im Hinblick auf die jeweils zu erwartende Menge an Emissionen auch die Haltbarkeit der betrachteten Lackierung betrachtet werden. Ein Lack mit einem Lösemittelgehalt von 60 %, dessen Beschichtungen alle 20 Jahre erneuert werden müssen, verursacht z.B. weniger Emissionen als ein Wasserlack mit einem Lösemittelgehalt von 7 %, der aber alle 2 Jahre neu appliziert werden muss. Bei der Umsetzung der „DECOPAINT“-Richtlinie werden maximal zulässige Lösemittelgehalte für den gebrauchsfertigen Anstrichstoff für unterschiedliche Produktkategorien vorgeschrieben. Es ist eine Umsetzung in 2 Phasen vorgesehen. Die Umsetzung der ersten Phase soll ab 2007 und die der zweiten Phase ab 2010 erfolgen.

Tabelle 12: Vorgaben des aktuellen Entwurfs der „DECOPAINT-Richtlinie“ [24]

Farb- und Lackkategorie	Typ	Aktueller VOC-Gehalt	g/l	
			Phase I (ab 01.01.2007)	Phase II (ab 01.01.2010)
Innenanstriche für Wände und Decken (matt) (Glanz < 25 @60°)	wasserverdünnbar	125	75	30
	lösemittelverdünntbar	312	400	30
Innenanstriche für Wände und Decken (glänzend) (Glanz < 25 @60°)	wasserverdünnbar	145	150	100
	lösemittelverdünntbar	312	400	100
Fassadenfarben für mineralische Untergründe	wasserverdünnbar	110	75	40
	lösemittelverdünntbar	480	450	430
Lackfarben für innen und außen auf Holz und Metall z.B. Fenster, Türen und Wandverkleidungen („trim paints“)	wasserverdünnbar	180	150	130
	lösemittelverdünntbar	400	400	300
Klar- und Transparentlacke, Lasuren für Innen und außen, Imprägnierlasuren	wasserverdünnbar	155	150	100
	lösemittelverdünntbar	600	500	400
Minimal filmbildende Lasuren für innen und außen	wasserverdünnbar	155	150	130
	lösemittelverdünntbar	750	700	700
Grundierungen mit abdichtenden und/oder absperrenden Eigenschaften zur Anwendung auf Holz, Decken und Wänden	wasserverdünnbar	165	50	30
	lösemittelverdünntbar	350	450	350
Verfestigende Grundierungen zur Stabilisierung des Untergrundes oder zur Vermittlung hydrophober Eigenschaften	wasserverdünnbar	125	50	30
	lösemittelverdünntbar	750	750	750
Ein-Komponenten Reaktionslacke	wasserverdünnbar	160	140	140
	lösemittelverdünntbar	597	600	500
Zwei Komponenten Reaktionslacke	wasserverdünnbar	267	140	140
	lösemittelverdünntbar	500	550	500
Multicolor Effektfarben	wasserverdünnbar	150	150	100
	lösemittelverdünntbar	400	400	100
Dekorative Effektbeschichtungsstoffe	wasserverdünnbar	300	300	200
	lösemittelverdünntbar	500	500	200

Die Implementierung der vorgegebenen VOC-Gehalte in unser Emissionsmodell [6] ergab eine Minderung im Baugewerbe und im Do-It-Yourself Bereich von etwa 30 % (ca. 5000 t/a) bis 2010 gegenüber dem Referenzszenario durch die Umsetzung der „DECOPAINT“-Richtlinie. Weiterhin wurden Minderungseffekte durch die Implementierung der „DECOPAINT“-Richtlinie in anderen Bereichen der Farb- und Lackanwendung als vernachlässigbar betrachtet. Insbesondere ist davon auszugehen, dass die von der EU-Kommission erwarteten Minderungseffekte bei Innen- und Außenwandanstrichen in Deutschland vernachlässigbar sind. Sie machen den Hauptanteil (ca. 70 %) der erwarteten Minderung für die EU15 aus. Darüber hinaus wurde angenommen, dass auch bei der Verwendung von Korrosionsschutzanstrichen und Markierungsfarben die erwarteten Minderungen angesichts der auf dem Markt befindlichen Farb- und Lacksysteme als vernachlässigbar zu betrachten sind.

Die EU-Kommission schätzt die Kosten dieser Reduktion auf 387 €/t bis 563 €/t vermiedene VOC-Emission [25]. Bei der Berechnung der Kosten wurden im wesentlichen Mehrkosten der Rohstoffe zur Herstellung von Wasserlacken, für Forschungs- und Entwicklungsaufwand, sowie zusätzliche Investitions- und Fortbildungskosten in den Maler- und Lackiererbetrieben berücksichtigt. Die Minderungskosten sind je nach betrachteter Produktkategorie unterschiedlich. Für Baden-Württemberg ergeben sich damit Kosten zwischen 3,5 Mio. € und 5,1 Mio. € durch die Umsetzung dieser Richtlinie.

Diesen Mehrkosten stehen positive Effekte, insbesondere bezüglich der menschlichen Gesundheit und nicht zuletzt die Gesundheit der Maler und Lackierer gegenüber, z.B. weniger Fälle von OPS (Organisches Psycho-Syndrom) bei Malern und Lackierern.

Eine zentrale Frage ist die Implementierung der entsprechenden Direktive im Anwenderbereich. Hierzu wurden in der letzten Phase des Projektes konkrete Vorschläge im Rahmen eines Akteure-Workshops erarbeitet. Eine wichtige Frage war dabei, mit welchen Problemen gerade unter dem Aspekt der sich aus den Gewährleistungsansprüchen im Sinne der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) [26] ergebenden Haftungsfragen das Ausbaugewerbe und hier insbesondere das Maler- und Lackiererhandwerk bei der Implementierung konfrontiert sein wird und welche Ansätze zur Lösung dieser Probleme in Frage kommen könnten.

Über die „DECOPAINT“-Richtlinie hinaus wurden noch Minderungspotenziale bei der Reinigung von Applikationsgeräten [27] sowie bei der Verbesserung des Auftragwirkungsgrades [28] identifiziert. Zum Teil gibt es von Seiten der Maler- und Lackiererbetriebe bzw. der entsprechenden Verbände schon erhebliche Bemühungen um eine Verminderung der Lösemittelemissionen:

- Für das Schreinerhandwerk in Baden-Württemberg wurde im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr durch eine Reihe von Entwicklungsprojekten, gemeinsam mit Verbänden und Pilotunternehmen, der Einsatz von Wasserlacken sowie lösemittelarmer/-freier Öle und Wachse gefördert. Neben abgestimmten und teilweise auch quantifizierten

Verarbeitungsempfehlungen für diese Stoffe stehen handwerklichen Unternehmen auch ein optimiertes Trocknungssystem für wässrige Beschichtungsverfahren und eine Methode zur praxisgerechten Lösemittelbilanzierung zur Verfügung [29],[30],[31],[32].

- Für die manuellen und automatisierten Reinigungsarbeiten mit Lösemitteln an den Lackapplikationsgeräten- und -anlagen verbessert sich das Angebot an Handhabungshilfen und technischen Einrichtungen. Durch dichte Auffangvorrichtungen und geschlossene Reinigungsgeräte mit effektiver Reinigungswirkung kann das unkontrollierte Abdunsten der Lösemittel bzw. der Lösemittelleinsatz selbst deutlich reduziert werden [27].
- In einem BMBF-Förderprojekt wurden Maßnahmen zur oversprayarmen Airless-Spritzlackierung von Fassaden erarbeitet, die damit auch einen reduzierten Lack- und Lösemittelleinsatz ermöglichen. Unter Mitwirkung von Malerbetrieben, Spritzgeräte- und Lackherstellern sowie den Universitäten Kaiserslautern und Stuttgart (IFF) wurden gute Ansätze zur Realisierung extrem hoher Auftragswirkungsgrade erarbeitet [28].
- Im Rahmen eines abgeschlossenen BWPLUS-Vorhabens des IFF wurden bedarfsgerechte und kostengünstige Konzepte zur Luftreinhaltung für handwerkliche Lackierbetriebe mit Hilfe der Strömungssimulation entwickelt. Dies erfolgt in Kooperation mit Handwerksverbänden sowie Herstellern und Anwendern von Lüftungstechnischen Anlagen. Die ersten vorliegenden Ergebnisse machen deutlich, dass die Umweltbelastungen durch Lösemittellemissionen und Lackoverspray mit angepassten, funktionssicheren Einrichtungen deutlich reduziert werden können [33].

Diese Eigeninitiativen der Akteure sind das effektivste Mittel zur Implementierung von identifizierten Minderungspotenzialen. Es wurde im Verlauf des Projektes festgestellt, dass in Maßnahmen, bei denen Akteure anderen Akteuren ihre Erfahrungen mit der Implementierung von mindernden Primärmaßnahmen vorstellen, das größte Minderungspotenzial zu identifizieren ist.

5.3.4.2 Minderungspotenziale bei der Anwendung von Klebstoffen im Ausbaugewerbe

Die Anwendungen von Klebstoffen im Ausbaugewerbe betreffen einen Vielzahl von Anwendungen. Es werden jedoch zum größten Teil schon heute weitgehend lösemittelarme Dispersionsklebstoffe eingesetzt. Auf der Grundlage von Mitteilungen des IVK (Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf) im Rahmen des VCI/BMU-Dialog [17] wird von uns ein zusätzliches Minderungspotenzial von 10% bis 2010 bezogen auf die Emissionen 2010 aus der Klebstoffanwendung im Ausbaugewerbe abgeschätzt. Der Einsatz lösemittelhaltiger Klebstoffe in diesem Bereich ist im Rahmen der TRGS 610 (Ersatz und Ersatzverfahren für stark lösemittelhaltige Vorstriche und Klebstoffe für den Bodenbereich) [34] geregelt worden. Der größte Teil der lösemittelhaltigen Klebstoffsysteme wird im Bodenbereich eingesetzt.

5.3.4.3 Minderungspotenziale bei der Anwendung von Ortsschäumen im Ausbaugewerbe

Bei der Verwendung von Ortsschäumen sind keine relevanten Minderungspotenziale bekannt.

5.3.4.4 Minderungspotenziale bei Anwendung von Bautenschutzmitteln im Ausbaugewerbe

Die Anwendung von Bautenschutzmitteln („concrete additives“, Betonzusatzstoffe) hat einen Anteil von 4 % an den Gesamtemissionen in Baden-Württemberg. Dies entspricht einem Anteil an den durch das Ausbaugewerbe verursachten Emissionen von 22 %. Aufgrund des sehr hohen Lösemittelgehaltes (bis zu 85 % Lösemittelanteil) [5] mancher Produkte können erhebliche Minderungspotenziale vermutet werden, es gibt jedoch hierzu keine Untersuchungen. Diese Quellgruppe sollte in Zukunft im Hinblick auf die Identifizierung von Minderungspotenzialen genauer analysiert werden.

6 Anlagenbezogene Maßnahmen zur weiteren Minderung

Anlagenbezogenen Minderungsmöglichkeiten bestehen insbesondere in Anlagen, die entweder nicht unter die Anlagen- und Tätigkeitsdefinition der 31.BImSchV [4] fallen oder die den Schwellenwert des jährlichen Lösemittelverbrauchs nicht überschreiten und damit ebenfalls nicht von der 31.BImSchV [4] erfasst sind.

Bei der Identifizierung und Bewertung von Minderungspotenzialen und deren Implementierung wurden im Rahmen dieses Projektes insbesondere Anwendungsbereiche betrachtet, die einen erheblichen Anteil zu den Emissionen beitragen und bei denen mit einem signifikanten Minderungspotenzial zu rechnen ist. Dabei wurden folgende Anwendungsbereiche schwerpunktmäßig untersucht:

- Schreinerhandwerk
- Maschinenbau
- Offsetdruck
- Verpackungsdruck
- Buchdruck
- Siebdruck
- Metallentfettung
- Metallentfettung
- Dienstleistung im Kfz-Handwerk
- Entkonservierung von PKW
- Organischen Spezialreinigung
- Oberflächenreinigung in der Feinoptik, Elektronik und Feinmechanik
- Entlackung
- Chemische Reinigung
- Textilveredlung

Diese Quellgruppen werden im folgenden beschrieben und in Bezug auf ihre Quellgruppenstruktur charakterisiert.

6.1 Minderungspotenziale im Schreinerhandwerk

Bei der Identifizierung von Minderungspotenzialen bei Schreinerarbeiten wurden die Emissionen aus dem Schreinerhandwerk und dem Innenausbau betrachtet. In Baden-Württemberg wurden 2000 aus Schreinerhandwerk und Innenausbau etwa 3 791 t emittiert. Nur etwa 8 % [30] der Betriebe werden von der 31. BImSchV. [4] erfasst, da der Schwellenwert für Beschichtung von Holz- und Holzwerkstoffen mit 15 t Lösemittelverbrauch relativ hoch ist. Schreinerbetriebe mit einem Jahresverbrauch an Lösemitteln von mehr als 5 t ,aber weniger als 15 t werden frühestens 2013 von der 31.BImSchV erfasst.

Eine erhebliche Emissionsminderung kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden, bei denen es sich ausnahmslos um Primärmaßnahmen handelt [17],[29],[30],[32]:

- Umstellung auf Wasserlacke,
- Einsatz von Ölen und Wachsen,
- Einsatz von UV-Lacken,
- Einsatz von Pulverlacken,

Durch die Implementierung dieser Maßnahmen können bis zu 30 % der Emissionen aus diesem Anwendungsbereich vermieden werden [17]. Dies entspricht einer Minderung um etwa 900 t/a bis 2010.

Die Pulverlackierung ist allerdings zur Zeit noch im Stadium der Erforschung. Erfolgreich eingesetzt wird sie schon bei der industriellen Serienlackierung von MDF-Platten. Bei der Pulverlackierung sind zum einen hohe Temperaturen notwendig und zum anderen ist eine elektrostatische Aufladung von Holzmaterialien nur begrenzt möglich. Bei der Verwendung von Wasserlacken auf Weichhölzern stellen sich die Holzfasern so stark auf, dass ein Zwischenschliff notwendig wird. Dieses Problem besteht jedoch nur für die Grundierung, d.h. die erste Lackschicht in direktem Kontakt zum Substrat.

Die technischen Möglichkeiten zur Implementierung der oben aufgeführten Primärmaßnahmen sind in den letzten Jahren soweit entwickelt worden, dass ihr Einsatz grundsätzlich kein Problem ist. Die Möglichkeiten zur Minderung werden allerdings von kleineren und mittleren Betreibern bisher kaum genutzt. Dies zeigt, dass Empfehlungen zum Einsatz lösemittelarmerer Systeme nicht ausreichen. Vielmehr ist eine Vor-Ort-Beratung des individuellen Betriebs notwendig, um festzustellen ob die Minderungstechniken überhaupt einsetzbar sind. Und wenn ja, ob sie zusätzlich eingesetzt werden oder ob die Schreinerei ganz auf lösemittelarme Systeme umstellt. Insbesondere soziologische, psychologische Aspekte sowie die individuelle Persönlichkeitsstruktur des einzelnen Schreiners sind die entscheidenden Faktoren bei der Implementierung der technisch vorhandenen Möglichkeiten. Aus dieser Erkenntnis wurde im Auftrag des UVM Baden-Württemberg ein Projekt durchgeführt zur "Minderung der Emission an leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen (VOC) in Schreinereien". Dabei wurde im Rahmen von vier Teilprojekten, die das UVM Baden-Württemberg in Auftrag gegeben hat, in Zusammenarbeit mit dem Umweltzentrum für Handwerk

und Mittelstand e.V., Freiburg (UIZ), untersucht, wie sich die VOC-Emissionen aus Schreinereien reduzieren lassen [29],[30],[31],[32]. Seit dem Abschluss der Projekte werden vom Landesverband Holz- und Kunststoff e.V. regelmäßig Seminare angeboten, bei denen in Praxis-Workshops von Schreibern anderen interessierten und damit auch motivierten Schreibern die Techniken zur Verarbeitung lösemittelarmer Systeme vorgestellt werden [35]. Dabei werden auch die Vor- und Nachteile sowie die Verarbeitungsbedingungen der lösemittelarmeren Systeme vorgestellt. Diese von dem Fachverband angebotenen Seminare, die in regelmäßigen zeitlichen Abständen an verschiedenen Orten in Baden-Württemberg veranstaltet werden, stoßen bei den Schreibern auf reges Interesse.

6.2 Minderungspotenziale bei der Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau

Bei der Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau wurden 2000 in Baden-Württemberg nach unseren Berechnungen etwa 8 549 t emittiert, im Jahr 2010 unter Berücksichtigung der Implementierung der 31.BImSchV [4] werden es etwa 8 730 t sein. Bei der Berechnung des Szenarios für 2010 wurde auch die prognostizierte Aktivitätsentwicklung berücksichtigt. Etwa 20 % der Maschinenbaubetriebe sind von der 31.BImSchV [4] erfasst [37], d.h. es werden in den Betrieben mehr als 5 t Lösemittel pro Jahr verbraucht. Es wurden folgende weitergehende Maßnahmen identifiziert [17]:

- Einsatz lösemittelarmer Lacke,
- Umstellung auf Wasserlacke,
- verstärkter Einsatz von Pulverlacken.

Durch diese Maßnahmen ist ein Minderungspotenzial von etwa 50 % bis 2010 realisierbar [17]. Dies würde eine Verminderung der Emissionen aus der Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau im Jahr 2010 um etwa 4 365 t pro Jahr bedeuten.

6.3 Minderungspotenziale in Druckenwendungen

In der Druckindustrie werden im wesentlichen folgende Druckverfahren angewendet:

- Flachdruck,
- Tiefdruck,
- Hochdruck,
- Durchdruck.

In den Abbildungen 9 bis 12 sind die vier genannten Hauptdruckverfahren disaggregiert nach Untervarianten dieser Verfahren und Anwendungsbereichen dargestellt. Die Abbildungen sind [17] entnommen.

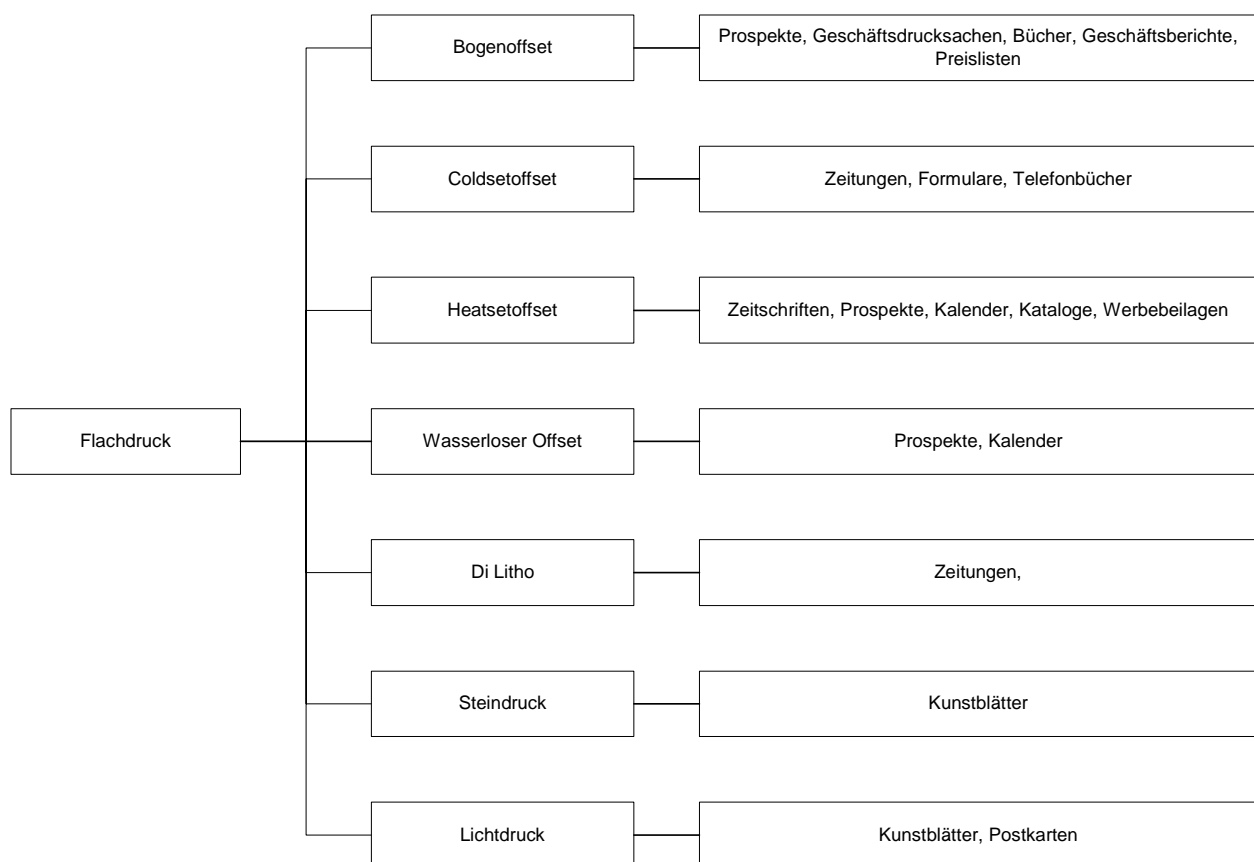


Abbildung 9: Untervarianten und Anwendungsgebiete des Flachdrucks [17]

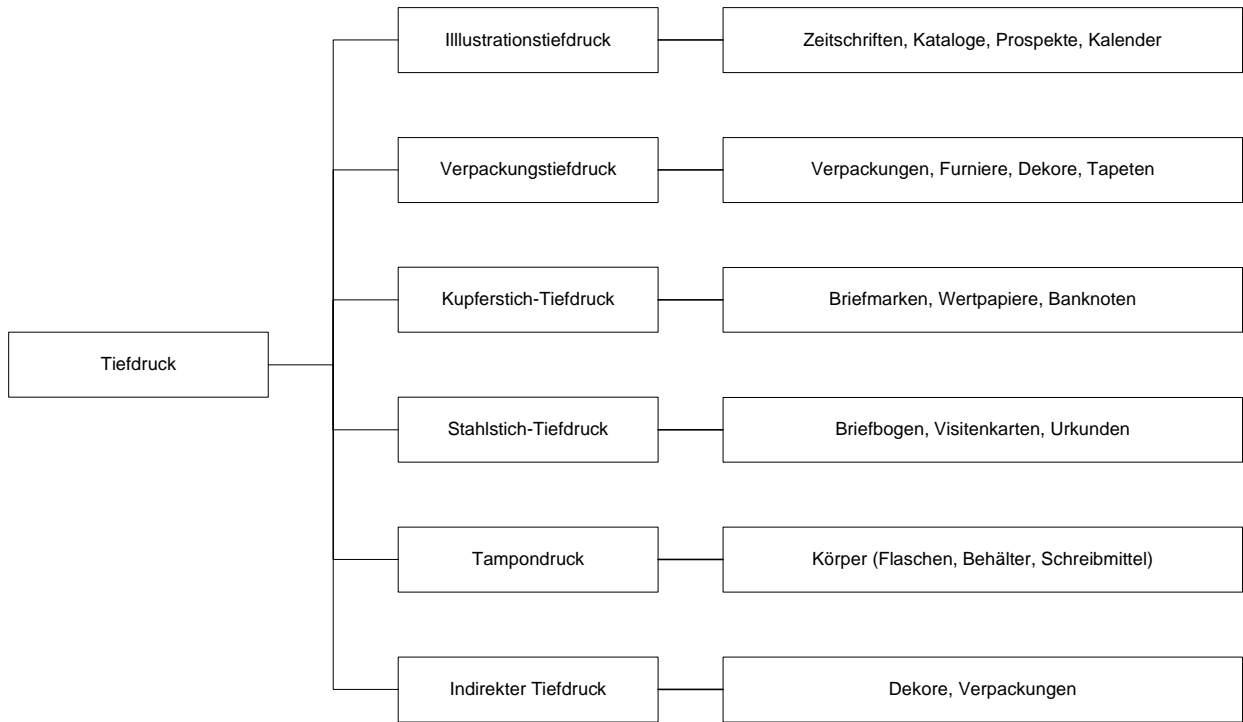


Abbildung 10: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Tiefdruckes [17]

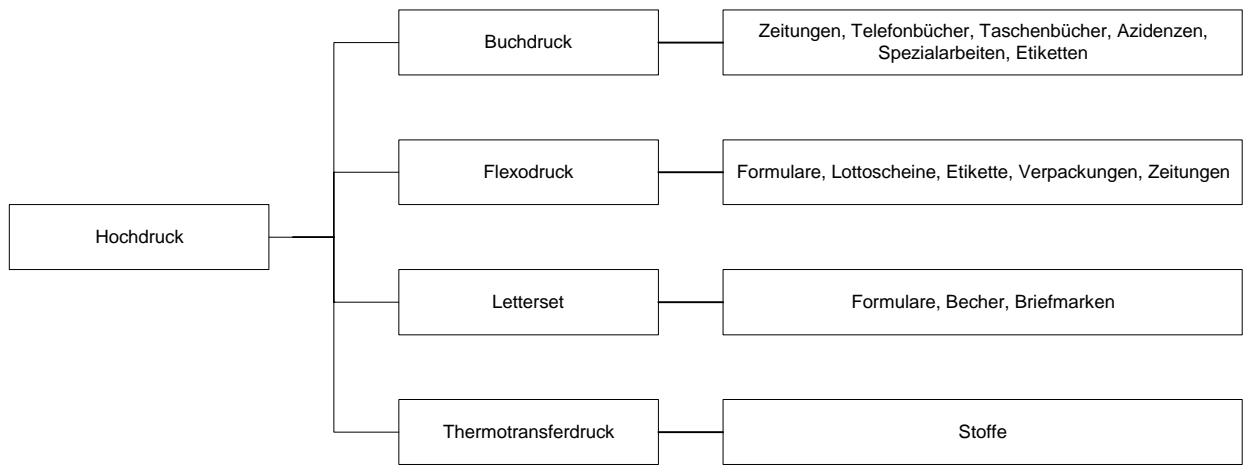


Abbildung 11: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Hochdruckes[17]



Abbildung 12: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Durchdruckes [17]

Die vier Hauptverfahren lassen sich insbesondere bezüglich ihrer Relevanz im Hinblick auf NMVOC-Emissionen beschreiben:

- **Flachdruck**

Flachdruckverfahren sind unter der Bezeichnung Offsetverfahren bekannter. Der Flachdruck ist das am meisten angewandte Druckverfahren der deutschen Druckindustrie. Bei diesem Verfahren liegen die druckenden und nichtdruckenden Stellen fast in einer Ebene. Die druckenden und nichtdruckenden Flächen der Druckplatte unterscheiden sich durch ihr Benetzungsverhalten. Dadurch haftet die ölige Farbe nur an den druckenden Stellen. Im Folgenden werden die in Abbildung 9 dargestellten Untervarianten des Offsetdrucks detaillierter beschrieben.

- **Bogen-Offsetdruck**

Beim Bogen-Offsetdruck wird die Druckplatte mit einem Isopropanol/Wassergemisch befeuchtet und anschließend mit Druckfarbe beschichtet. Die Farbe wird mit Hilfe eines Gummituchzylinders auf das zu bedruckende Objekt übertragen. Die Trocknung erfolgt durch eine sogenannte "chemische Trocknung", bei der die Pflanzenöle und Bindemittel unter Mitwirkung von Sauerstoff vernetzen. Eine weitere Untervariante des Bogen-Offsets ist der Endlos-Offsetdruck.

- **Heatset-Offsetdruck**

Der Heatset-Offsetdruck unterscheidet sich vom Bogen-Offsetdruck durch die Trocknungsmethode. Hier wird mit Heißluft getrocknet. Dabei verdampfen neben dem Befeuchtungsmittel auch die in der Druckfarbe enthaltenen Mineralöle (ca. 30-35 %). Dies ist bei der Abschätzung der VOC-Emissionen zu berücksichtigen.

- **Coldset-Offsetdruck**

Bei diesem Verfahren wird die Druckfarbe durch Aufsaugen der Bindemittel und Mineralöle in das bedruckte Objekt getrocknet. Als Feuchtmittel werden hier statt Isopropanol organische Säuren und Tenside verwendet.

- **Wasserloser Offsetdruck**

Diese Variante verwendet statt einer Befeuchtung mit Isopropanol eine Silikonschicht, die die nichtdruckenden Flächen lipophob macht und damit von Druckfarbe freihält. Die Druckfarben trocknen oxidativ.

- **Tiefdruck**

Beim Tiefdruckverfahren werden die tiefliegenden Bildelemente mit dünnflüssiger Farbe kontinuierlich geflutet. Die druckenden Elemente liegen vertieft in der Druckform des Druckformzylinders. Während des Druckvorgangs wird die Farbe dann aus diesen tiefliegenden Flächen an das Druckobjekt abgegeben. Durch Verdunsten des Lösemittels (Toluol) trocknet die Farbe.

- **Hochdruck**

Den Hochdruck nennt man auch **Buchdruck**. Bei diesem Verfahren liegen die druckenden Flächen höher als die nichtdruckenden. Nachdem die Druckplatte mit Farbe eingewalzt wurde, wird sie auf das Druckobjekt übertragen. Die Trocknung erfolgt entweder oxidativ oder durch Aufsaugen (Wegschlagen).

- **Durchdruck**

Dieses Druckverfahren wird meist **Siebdruck** genannt. Hier wird die Druckfarbe an den zu bedruckenden Stellen durch das "offene" Sieb gedrückt. Durch Verdunsten des Lösemittels wird die Farbe getrocknet.

Abbildung 13 zeigt, dass Betriebe mit bis zu 20 Mitarbeitern die Druckbranche dominieren.

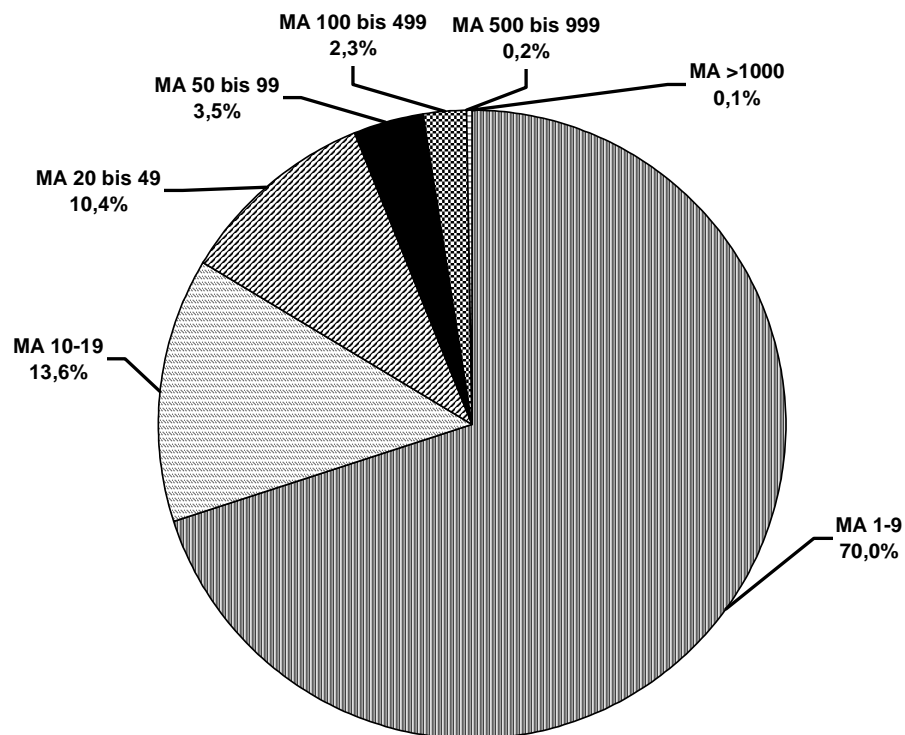


Abbildung 13: Betriebsgrößenverteilung in der deutschen Druckindustrie 2002 [38]

In Tabelle 13 wird gezeigt, welche Drucktechniken bzw. Drucktätigkeiten in Deutschland von der 31.BImSchV [4] erfasst sind und welche nicht. Die Angaben über die Anzahl der Betriebe (Bezugsjahr 1999) ist [39] entnommen. Die Emissionsmengen wurden [6] entnommen und beziehen sich auf Deutschland und das Bezugsjahr 2000. Bei den Angaben über die Betriebszahl handelt es sich um grobe Schätzungen, insbesondere bei der Aufteilung der Verpackungsdruckbetriebe in von der 31.BImSchV. [4] erfassten und nicht erfassten Betriebe.

Tabelle 13: Erfassung der Druckbranche durch die Implementierung der 31.BImSchV (eigene Berechnungen auf Grundlage von [39],[6])

Drucktechnik	Von der 31.BImSchV erfasst		Von der 31.BImSchV nicht erfasst	
	VOC-Emissionen 2000 (Deutschland) [t]	Anzahl Betriebe	VOC-Emissionen [t]	Anzahl Betriebe
Illustrationstiefdruck	8108	16	0	0
Coldset-Offsetdruck (Zeitungsdruck)			2380	200
Bogen-Offsetdruck			18387	ca. 9000
Heatset-Offsetdruck	11000	160		
Endlos-Offsetdruck			1191	250
Buchdruck			203	2
Verpackungstiefdruck	11537	100		
Verpackungs-Flexodruck	4974	150	825	ca. 1 300
Siebdruck			11472	550
Summe	35619	426	34458	11 300
Anteil	51 %	3,6 %	49 %	96,4 %

6.3.1 Minderungspotenziale im Bogen-Offsetdruck

Tabelle 13 ist zu entnehmen, dass etwa die Hälfte der Emissionen aus industriellen und gewerblichen Druckanwendungen von der 31.BImSchV [4] erfasst sind. Gleichzeitig sind jedoch nur ein kleiner Teil der Betriebe von der 31.BImSchV [4] erfasst. Etwa 96 % der Betriebe sind nicht von der 31.BImSchV betroffen. Davon sind etwa 9 000 Betriebe Bogen-Offsetdruckereien, die über die Hälfte der Emissionen der von der 31.BImSchV [4] nicht betroffenen Emissionen verursachen. Daher werden im Rahmen des Projektes Maßnahmen zur Minderung der Emissionen aus dem Bogen-Offsetdruck betrachtet. Der Offsetdruck fällt nicht unter die 31.BImSchV [4], da bei der Konzeption der 31.BImSchV [4] und der entsprechenden EU-Direktive [2] berücksichtigt wurde, dass die eingesetzten Druckfarben lösemittelfrei sind. Dies gilt zwar für alle Offsetverfahren außer dem Heatset-Offsetdruck, aber auf der anderen Seite ist der Offsetdruck die größte Emissionsquelle der druckindustriellen Anwendungen (Siehe Abbildung 6). Dies ist darauf zurückzuführen, dass dem Feuchtmittel zum einen erhebliche Mengen an Isopropanol zugeführt werden und zum anderen erhebliche Emissionen bei der Verwendung von Reinigungsmitteln zur Maschinenreinigung entstehen. In Baden Württemberg stellt sich die Situation im Offsetdruck folgendermaßen dar:

**Tabelle 14: Farbeinsatz und Lösemittelausatz im Offsetdruck in Baden-Württemberg 2000
(eigene Berechnungen auf Grundlage von [6])**

	Farb- verbrauch [t]	Lösemittel- einsatz [t]	Emissions- anteil [%]	Emissions- menge [t]	Reinigungs- mitteleinsatz [t]	Isopropanol- einsatz [t]
Coldset-Offsetdruck (Zeitungsdruck)	6 015	728	59,6	434	662	58
Bogen-Offset-druck	2 661	4 069	81,8	3 328	2 279	1 790
UV-Bogen-Offsetdruck	37	34	67,4	23	33,9	0,3
Heatset-Offsetdruck	9 095	4 975	40,3	2 005	449	1 797
Endlos-offsetdruck	182	255	85,1	217	140	115
Summe	17 990	10 061		6 007	3 569,9	3760,3

Aus Tabelle 14 ist zu ersehen, dass über 80% der von Offset-Anwendungen (außer Heatset-Offset) verursachten Emissionen den Bogen-Offset-Anwendungen entstammen. Im Bogen-Offsetdruck werden etwa 75 % des Reinigungsmittelausatzes und über 90 % des Isopropanolausatzes im Offsetdruck (außer Heatset-Offset) verbraucht.

Es gibt im Bogen-Offsetdruck zwei emissionsrelevante Prozesse [39]:

- Maschinenreinigung
- Isopropanol-Feuchtung des Wischwassers

Aus dem Bogen-Offsetdruck in Baden-Württemberg wurden im Jahr 2000 etwa 1 628 t bei dem Einsatz von Reinigungsmitteln und 1700 t durch Einsatz von Isopropanol emittiert.

Es lassen sich insbesondere Emissionsminderungen durch folgende Maßnahmen erreichen [40]:

- Umstellung auf höhersiedende Reinigungsmittel,
- Reduzierung des Isopropanolanteils im Wischwasser,
- sorgfältigere Handhabung.

Durch die Kombination dieser Maßnahmen lassen sich etwa 70 % der Emissionen vermeiden [40]. Das würde für die Emissionen aus dem Bogen-Offsetdruck um 2 777 t mindern, bezogen auf die Emissionen 2010 in Baden-Württemberg.

Die Realisierung dieser Potenziale ist zum Teil mit Kosteneinsparungen verbunden, da zum einen weniger Isopropanol eingesetzt wird und zum anderen weniger Reinigungsmittel. Zur Zeit gibt es aufgrund von Materialunverträglichkeiten in einigen Altanlagen und durch die teilweise mangelnde Schulung von Mitarbeitern noch gewisse Umsetzungshemmnisse [39]. Es ist aber begünstigt durch entsprechende Investitionszyklen sowie das Engagement der Branchenverbände, Teilen der Zulieferindustrie sowie insbesondere der Berufsgenossenschaft mit einer zunehmenden Implementierung dieses Potenzials zu rechnen

6.3.1.1 Minderung der Emissionen aus der Maschinenreinigung im Bogen-Offsetdruck

Dass im Hinblick auf die Minderung der NMVOC Emissionen aus der Maschinenreinigung im Offsetdruck durch Umstellung auf höhersiedende Reinigungsmittel in den letzten Jahren eine positive Entwicklung stattgefunden hat, ist Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 15 : Einsatz von Reinigungsmitteln mit unterschiedliche Verdampfungscharakteristik im Offsetdruck [17],[39],[40]

Reinigungsmittel	Flammpunkt [°C]	Dampfdruck bei 20°C [hPa]	Emissionsanteil nach 24h [%]	1995 [%]	1997 [%]	1999 [%]	2001 [%]
Pflanzenesteröle	>150	<0,1	0	2	2	1	1
Hochsieder	>100	0,02-0,3	0,3	8	8	11	11
AIII-Reiniger	56-100	0,1-1,0	13	29	42	54	63
AII-Reiniger	21-55	1,1-18	90	33	35	25	17
AI-Reiniger	<21	>18	100	28	13	9	8

Es ist zu sehen, dass der Anteil an Hochsiedern in den letzten Jahren konstant geblieben ist. Lediglich der Anteil an AIII-Reinigern hat seit 1999 um 17 % zugenommen. Dabei wurden im wesentlichen AII Reiniger substituiert. Der Anteil der hoch- und höhersiedenden Reinigungsmittel hat sich von 1995 bis 2001 in etwa verdoppelt. Auf der anderen Seite ist jedoch festzustellen, dass der Anteil der Pflanzenölester entgegen den Erwartungen über die Jahre konstant geblieben ist, obwohl diese Reinigungsmittel den geringsten Dampfdruck haben. Dies liegt vor allem daran, dass die Handhabung dieser praktisch nicht verdampfenden Reinigungsmittel eine andere Arbeitsweise erfordert. Dazu muss das Personal geschult werden. Dies setzt bei den Mitarbeitern eine entsprechende Akzeptanz und Umstellungsbereitschaft voraus. Die höhersiedenden Reinigungsmittel sind zwar teurer, aber auch ergiebiger. Die höhere Ergiebigkeit ergibt sich aus ihrer größeren Reinigungseffizienz. Es entstehen praktisch keine Verdampfungsverluste, da die höhersiedenden Reinigungsmittel häufig mit Wasser gemischt eingesetzt werden [39].

Es ist ein etwas höherer Zeitaufwand zur Reinigung nötig, da eine längere Einwirkzeit und ein zusätzliches Nachwaschen mit Wasser notwendig ist. Bei der Handreinigung ist größte Sorgfalt geboten, da in die Maschine gelangende Tropfen zu Korrosionsschäden, Beschädigung der Druckplatten und Störungen des Farb-Wasser-Gleichgewichtes führen können. Bei Tropfverlusten besteht erhöhte Rutschgefahr an der Maschine. Diesem kann durch Sorgfalt begegnet werden. Automatische Anlagen müssen zum Teil aufgrund kleinerer Dosiermengen, anderer Sprühöffnungen und anderer Kunststoffe oder Gummidichtungen, an die Hochsieder angepasst werden. Dies ist insbesondere bei der Verwendung von Pflanzenesterölen aufgrund von Materialunverträglichkeiten notwendig[39].

In Tabelle 17 werden die Minderungsmaßnahmen im Bogen-Offsetdruck beschrieben und bewertet in Bezug auf ihr Minderungspotenzial, den notwendigen Kostenaufwand, sowie mögliche Umsetzungshemmnisse. Dabei ist zu beachten, dass diese Werte mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Sie geben jedoch eine Einschätzung der zu erwartenden Minderung und der daraus resultierenden Größenordnung der Kosten. Es wird im folgenden zwischen mittel- und großformatigem Bogenoffsetdruck auf der einen Seite und kleinformatigem Bogenoffsetdruck auf der anderen Seite unterschieden, aufgrund sehr unterschiedlicher technischer und organisatorischer Randbedingungen. Tabelle 16 definiert die unterschiedlichen Formate im Bogen-Offsetdruck.

Tabelle 16: Druckformate im Bogenoffsetdruck [39]

Formatklasse	Bogenformat [cm]	Gesamtemissionen Baden-Württemberg 2000 [t]	Emissionen aus Reinigereinsatz [t]	Emissionen aus Isopropanoleinsatz [t]
Großformat	82 x 112 bis 120 x 162	2 592	1 268	1 324
Mittelformat	52 x 74 bis 72 x 104			
Kleinformat	32 x 43 bis 66 x 50	736	360	376

Nach Schätzung des Bundesverbandes Druck (BVD) [42] sind in Deutschland in etwa 9000 Bogen-Offsetbetrieben etwa 25 000 Maschinen mit 37 000 Druckwerken installiert. Ungefähr zwei Drittel der Bogen-Offsetmaschinen haben ein Format kleiner 72 x 104 cm.

Tabelle 17: Minderungspotenziale bei der Maschinenreinigung im Bogen-Offsetdruck (eigene Berechnungen auf Grundlage von [39])

Minderungsmaßnahme	Drucktätigkeit	Minderungspotenzial [t vermiedene NMVOC Emissionen pro Jahr]	Kosten [€/vermiedener Tonne NMVOC]	Hemmnisse
Einsatz hochsiedender Reinigungsmittel	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	1 230	345	Qualifizierungsbedarf, teilweise technische Restriktionen
	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck	320	-288	Qualifizierungsbedarf, teilweise technische Restriktionen
Bessere Handhabung der Reinigungsmittel	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	380	-1 560	Fehlende Mitarbeitermotivation, Qualifizierungsbedarf, Zeitdruck
	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck	144	-140	Fehlende Mitarbeitermotivation, Qualifizierungsbedarf, Zeitdruck
Reduzierung von Farbwechseln	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	63	Nicht Quantifizierbar	Weniger Flexibilität bei der Belegungsplanung, schwer erschließbar
Umstellung auf Digitaldruckverfahren	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck	90	164 000	Erschließbarkeit nur im Rahmen von Ersatzinvestitionen und Technologiewandel zu erwarten
Installation automatischer Waschanlagen	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	38	77 100	Erschließbarkeit nur im Rahmen von Ersatzinvestitionen und Technologiewandel zu erwarten
	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck	14	636 000	Erschließbarkeit nur im Rahmen von Ersatzinvestitionen und Technologiewandel zu erwarten

Die in Tabelle 17 identifizierten Maßnahmen sind überwiegend alternativ zu betrachten. Sie lassen sich weitgehend nicht kombiniert einsetzen. Daher ist es auch nicht sinnvoll die Minderungspotenziale zu addieren.

6.3.1.2 Minderung der Emissionen aus der Isopropanol-Feuchtung im Bogen-Offsetdruck

Bei der Reduzierung des Isopropanols im Wischwasser ist eine elementare Randbedingung, dass der Produktionsprozess nicht gestört wird, da das Druckergebnis sehr empfindlich auf Modifikationen des Farb/Wasser Gleichgewichts reagiert. Im kleinformatigen Bogen-Offsetdruck werden zur Zeit schon etwa 50 % der Feuchtwerke isopropanolfrei betrieben [39].

Bisher sind Isopropanolanteile im Wischwasser von 12-13 % und mehr üblich. Meist liegt der reale Wert sogar etwas höher, da mittels Spindel gemessene Isopropanolanteile meist 3-5 % unterhalb des tatsächlichen Anteils liegen [39]. In der Erhöhung der Messgenauigkeit des Isopropanolanteils liegt ein zentrales Minderungspotenzial insbesondere im Hinblick auf die notwendige Gewährleistung der Prozesssicherheit. Angestrebt wird eine Verringerung auf fünf bis sechs Prozent Anteil Isopropanol im Wischwasser [5]. Die Berufsgenossenschaft der Branche hat acht Vorschläge [42] zur Reduktion von Isopropanol ausgearbeitet:

- genaue Dosierung des Isopropanoleinsatzes mit exakt arbeitenden Dosiergeräten,
- präzises Justieren von Walzenabständen, Sauberkeit, konstante Temperaturführung,
- Einsatz anderer höhersiedender Feuchtwasserzusätze als Ersatz für Isopropanol,
- neu entwickelte Feuchtwalzen mit veränderten Oberflächen, die durch eine gleichmäßige Wasserführung Isopropanol einsparen,
- neue Feuchtwerke mit "Präzisions-Auftragswalzen", die ohne Isopropanol auskommen,
- Einsatz von Keramikwalzen im Kleinoffset-Bereich zur starken Reduzierung des Isopropanol Einsatzes,
- Wasseraufbereitung zur Optimierung der Feuchtmittelzusammensetzung (pH-Wert, Salzgehalt , u.ä.),
- wasserloser Offsetdruck mit speziellen Druckplatten,

Es kann davon ausgegangen werden, dass künftig der Anteil von Isopropanol höchstens fünf bis sechs Prozent betragen wird [5].

Tabelle 18: Minderungspotenziale beim Isopropanoleinsatz im Bogen-Offsetdruck (eigene Berechnungen auf Grundlage von [39])

Minderungsmaßnahme	Drucktätigkeit	Minderungspotenzial [t vermiedene NMVOC- Emissionen pro Jahr]	Kosten [€/vermiedenen Tonne NMVOC]	Hemmnisse
Isopropanolreduzierung ohne technische Maßnahmen um durchschnittlich 4 Prozentpunkte	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	357	-785	Steigende Anforderungen an die Sorgfalt der Mitarbeiter
	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck	41	-613	Steigende Anforderungen an die Sorgfalt der Mitarbeiter
Genaue Isopropanolmessung (diskontinuierlich)	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	265	-366	Steigende Anforderungen an die Sorgfalt der Mitarbeiter
	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck (automatische Dosierung)	41	28 632	Relativ großer technischer Aufwand für Kleinbetriebe
Genaue Isopropanolmessung (kontinuierlich)	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	265	352	Steigende Anforderungen an die Sorgfalt der Mitarbeiter, Einzelfallberatung erforderlich
Ersatzstoffeinsatz	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	265	370	Hoher einzelfallbezogener technischer Anpassungs- und Beratungsbedarf, kaum Systemlösungen vorhanden
	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck	41	1 687	Hoher einzelfallbezogener technischer Anpassungs- und Beratungsbedarf, kaum Systemlösungen vorhanden
Einsatz von hydrophilen Spezialwalzen	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	265	770	Hoher einzelfallbezogener technischer Anpassungs- und Beratungsbedarf, kaum Systemlösungen vorhanden
	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck	41	21 525	Hoher einzelfallbezogener technischer Anpassungs- und Beratungsbedarf, kaum Systemlösungen vorhanden

Theloke, Ondratschek, Friedrich

Minderungsmaßnahme	Drucktätigkeit	Minderungspotenzial [t vermiedene NMVOC- Emissionen pro Jahr]	Kosten [€/vermiedenen Tonne NMVOC]	Hemmnisse
Feuchtmittelkühlung	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	265	415	Hoher einzelfallbezogener technischer Anpassungs- und Beratungsbedarf, kaum Systemlösungen vorhanden
Kombination von Ersatzstoffen, hydrophilen Spezialwalzen und Feuchtmittelkühlung	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	265	1 970	Hoher einzelfallbezogener technischer Anpassungs- und Beratungsbedarf, kaum Systemlösungen vorhanden
Kombination von Ersatzstoffen und hydrophilen Spezialwalzen	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck	41	23 826	Sehr schwer erschließbar in Kleinbetrieben, hohe Investitionskosten
Prozesswasseraufbereitung in Kombination mit Ersatzstoff, hydrophile Spezialwalzen und Feuchtmittelkühlung	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	265	970 – 2 570, abhängig von der Maßnahme, mit der die Wasseraufbereitung kombiniert ist.	Hoher einzelfallbezogener technischer Anpassungs- und Beratungsbedarf, kaum Systemlösungen vorhanden
Umstellung auf Wasserlos-Offset-Druck	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	106	26 720	Monopolartige Anbieterstruktur, mangelnde Markteinführung, reduzierte Produktionsflexibilität
	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck	23	4 700	Monopolartige Anbieterstruktur, mangelnde Markteinführung, reduzierte Produktionsflexibilität
Einbau Isopropanolfreier Feuchtwerke	Mittel- und großformatiger Bogen-Offsetdruck	40	Nicht quantifizierbar, da bisher nur für wenige Formate Druckmaschinen zur Verfügung stehen jedoch hohe Investitionskosten notwendig	Bisher nur wenig Maschinen für Mittel- und Großbogen zur Verfügung, vor allem nicht für alle Formatgrößen, Einzelfallberatung notwendig

Minderungsmaßnahme	Drucktätigkeit	Minderungspotenzial [t vermiedene NMVOC- Emissionen pro Jahr]	Kosten [€/vermiedenen Tonne NMVOC]	Hemmnisse
	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck	94	13 600	Sehr gut erschließbar, bei etwa 50% der Maschinen schon umgesetzt, einzelfallbezogener Beratungsbedarf. Da geringere Makulaturmengen anfallen, erschließt diese Maßnahme eine Effizienzsteigerung
Digitaldruck	Kleinformatiger Bogen-Offsetdruck	47	164 100	Notwendigkeit einer vollständigen digitalen Vorstufe, eingrenzter Anwendungsbereich; es ist jedoch in Zukunft davon auszugehen, dass aufgrund des technologischen Wandels die Digitaldrucktechnik vermehrt eingesetzt wird.

6.3.2 Minderungspotenziale im Buchdruck

Der Buchdruck spielt emissionsseitig betrachtet keine relevante Rolle und wird nicht weiter betrachtet. Im folgenden werden noch Minderungsmöglichkeiten im Verpackungs-Flexodruck und im Siebdruck betrachtet.

6.3.3 Minderungspotenziale im Verpackungsdruck (Flexodruck)

Im wasserbasierten und lösemittelbasierten Verpackungs-Flexodruck gibt es bei der Maschinenreinigung folgende Möglichkeiten zur Minderung [39]:

- bessere Handhabung von Maschinenreinigungsmitteln,
- Einsatz VOC-armer Reinigungsmittel (kaum relevant, aufgrund systembedingter Erfordernisse),
- Fassung der Emissionen aus Waschplatz- und Teilereinigung mit nachgeschalteter Abluftreinigungsanlage,
- Einsatz optimierter Teilwaschanlagen,
- Einsatz von Laugenteilewaschanlagen,
- Einsatz automatisierter Wascheinrichtungen.

Im wasserbasierten Verpackungs-Flexodruck gibt es beim Farb- und Lackauftrag nur die Möglichkeit einer sorgfältigeren Handhabung, um VOC-Emissionen zu vermindern. Dagegen gibt es im lösemittelbasierten Verpackungs-Flexodruck neben der sorgfältigeren Handhabung der eingesetz-

ten Farben und Lacke, weitere Möglichkeiten die Emissionen beim Farb- und Lackauftrag zu vermindern:

- Umstellung auf UV-Farbsystem,
- Umstellung auf wasserbasiertes Farbsystem,
- verrohrte Lösemittelzufuhr,
- verbesserte Kapselung,
- Optimierung der Abluftreinigung.

Insgesamt lässt sich aus den aufgeführten Maßnahmen ein Minderungspotenzial von etwa 32 % ableiten [39]. In Tabelle 13 wurde gezeigt, dass nur etwa 14 % der Emissionen aus dem Verpackungs-Flexodruck aus Anlagen emittiert werden, die nicht von der 31.BImSchV [4] erfasst sind. Somit kann ein Minderungspotenzial von etwa 43 t über die 31.BImSchV [4] hinaus quantifiziert werden.

6.3.4 Minderungspotenziale im Siebdruck

Im Siebdruck gibt es im wesentlichen nur die Möglichkeit einer sorgfältigeren Handhabung der lösemittelhaltigen Einsatzstoffe. Das so erschließbare Minderungspotenzial beträgt bis 2010 in Baden-Württemberg etwa 30 % [39]. Dies entspricht etwa 750 t/a bis 2010.

6.4 Minderungspotenziale bei Oberflächenreinigungsprozessen

Oberflächenreinigungsprozesse lassen sich in folgenden Anwendungsbereiche unterteilen [43]:

- Industrielle und gewerbliche Metallentfettung,
- Herstellung von Elektronikkomponenten,
- Dienstleistungen im Kfz-Handwerk,
- Industrielle Spezialanwendungen,
- Feinoptik,
- Feinmechanik,
- Entwachsung von Kfz.

Im den folgenden Abschnitten werden zunächst die einzelnen Anwendungsbereiche charakterisiert und die über gesetzliche Maßnahmen hinausgehenden Minderungspotenziale identifiziert.

6.4.1 Minderungspotenziale in der industriellen und gewerblichen Metallentfettung

Der Quellgruppe Metallentfettung werden alle Prozesse zugeordnet, bei denen wasserunlösliche Verschmutzungen von Metalloberflächen entfernt werden. Hierbei handelt es sich um Fette, Schmierfette, Öle, Wachse, Kohlenstoffrückstände, Flussmittel und Teerrückstände.

Es werden bei der Ermittlung der Emissionen dieser Quellgruppe nur Lösemittelanwendungen bei der Teilereinigung von Werkstücken vor der Weiterverarbeitung bzw. Fertigstellung berücksichtigt. Die der Reinigung nachfolgenden Schritte bestimmen die Anforderungen an die zu reinigende Oberfläche. Die Reinigungsverfahren lassen sich in manuelle sowie maschinelle Reinigungsverfahren einteilen. Die manuelle Reinigung wird in einfachen Gefäßen oder Waschständen bei Raumtemperatur durchgeführt. Bei der maschinellen automatisierten Reinigung werden offene, halboffene sowie geschlossene Anlagen verwendet. Hier werden meist heiße oder siedende Lösemittel durch Tauchen, Fluten oder Spritzen eingesetzt. Die im Anschluss an die eigentliche Reinigung erfolgende Trocknung bildet den hauptsächlich emissionsrelevanten Arbeitsschritt. In den letzten Jahren hat die Reinigung mit Hilfe wässriger Systeme (z. B. Dampfentfettung) erheblich an Bedeutung gewonnen.

Bei Ermittlung der Einsatzmengen und Emissionen an Lösemitteln sind zwei Gruppen von Lösemitteln zu unterscheiden, zum einen chlorierte Lösemittel (CKW), zum anderen Kohlenwasserstofflösemittel (KWL). Die verschiedenen Anlagen zur Metallreinigung mit Hilfe von Kohlenwasserstoffen sind in Tabelle 19 aufgeführt.

Tabelle 19: Verschiedene Anlagentypen und Beispiele zur KWL-Metallreinigung [44]

Anlagentyp und Beispiele	Trocknungs- temperatur [°C]	Gefahrenklasse des Reinigungsmittels nach der GefStoffV
Offene Kaltreinigung		
Diskontinuierliche, offene Kaltreinigung	20	AII
Diskontinuierliche, offene Kaltreinigung mit NMP	20	AIII
Geschlossene Kaltreinigung		
Diskontinuierliche, geschlossene Kaltreinigung	20	AIII
Diskontinuierliche geschlossene Kaltreinigung mit nachgeschalteter Plasmabehandlung	20	AII
Offene Warmlufttrocknung		
Serielle Tauchreinigung mit Warmlufttrocknung	50	AIII
	85	AIII
	120	AIII
Serielle Spritzreinigung mit Warmlufttrocknung	120	AIII
Moderne geschlossene Anlagen		
Diskontinuierliche Reinigung mit Tiefkühlkondensation und Vakuumtrocknung	20	AIII
Serielle Reinigung mit Tiefkühlkondensation	48	AIII

Die Reinigung mit Chlorkohlenwasserstoffen findet entsprechend der 2. BimSchV ausschließlich in geschlossenen Anlagen statt [5]. Kohlenwasserstofflösemittel können sowohl in der Heißreinigung als auch in der Kaltreinigung eingesetzt werden [45]. In der Kaltreinigung werden vor allem Entfettungsmittel der Gefahrenklasse AII mit einem Flammpunkt über 21°C verwendet. Dagegen werden in der Heißreinigung nur hochsiedende Stoffe der Klasse A III mit Flammpunkten über 55°C eingesetzt. Hauptsächlich werden aromatenarme Benzine zur Reinigung eingesetzt [40] bzw. hochsiedende Isoparaffine.

Nach Angaben von [43] wird ein Minderungspotenzial von ungefähr 50 % unter Berücksichtigung der Umsetzung der 31.BImSchV [4] und darüber hinausgehender Minderungsmöglichkeiten für den Bereich der Oberflächenreinigung angenommen. In der Metallentfettung wurden im Jahr 2000 in Baden-Württemberg 4 784 t Lösemittel emittiert. Für metallentfettende Betriebe gilt ein Schwellenwert von 1 t/a, ab dem sie unter die 31.BImSchV [4] fallen. Insofern sind hier nur Minderungspotenziale für Emissionsmengen von Interesse, die in Betrieben entstehen, die einen Jahresverbrauch von weniger als 1 Tonne Lösemittel haben. Dazu ist es zunächst von Interesse, die Anwenderstruktur im Hinblick auf diesen Schwellenwert zu untersuchen. Auf Grundlage von Basisdaten, die in [43] ermittelt wurden, wurde eine Abschätzung vorgenommen, welcher Prozentsatz des Kohlenwasserstoffeinsatzes durch die 31.BImSchV bereits erfasst ist.

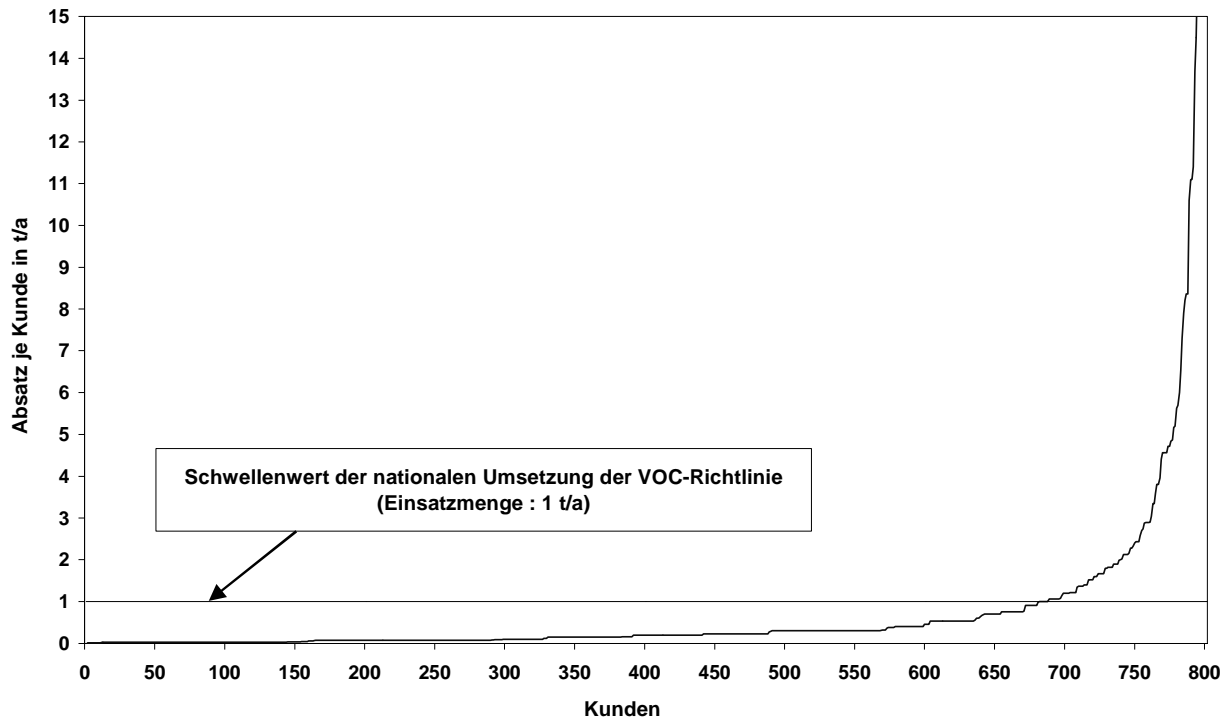


Abbildung 14 : Absatz von AII-AIII-KW-Reinigern in kg je Kunde bei 6 Händler-Niederlassungen 1997 (802 Kunden; Absatz: 799 t) [46]

Die befragten Lösemittelhändler verkauften 1997 ca. 800 t KW-Reiniger an 802 Abnehmer. Die Absatzmenge pro Kunde betrug im Mittel 1 t. Wie Abbildung 14 zeigt, lagen ca. 86 % der Kunden unterhalb der Einsatzschwelle von 1 t. Der größte Kunde setzte 100 t/a ein.

Tabelle 20: Zahl der Kunden mit einer Einsatzmenge an KW-Reinigern von weniger bzw. mehr als 1 Tonne pro Jahr [43],[46]

	Anzahl Kunden		KW-Reiniger-Einsatz	
	Menge	[%]	[t]	[%]
Einsatzmenge < 1 t/a	687	86	145	18
Einsatzmenge > 1 t/a	115	14	654	82
Summe	802	100	799	100

Tabelle 20 zeigt, dass 14 % der KW-Verbraucher in der allgemeinen Metallentfettung bei dieser Stichprobe 82 % der Kohlenwasserstoffreiniger einsetzten. Es wird davon ausgegangen, dass die Erhebung repräsentativ für den deutschen Kohlenwasserstoff-Reinigermarkt ist. Der Anteil der befragten Händler am deutschen Kohlenwasserstoffmarkt betrug etwa 3 %.

Das Minderungspotenzial über die Lösemittelrichtlinie hinaus beträgt etwa 504 t bezogen auf eine Emissionsmenge von 1006 t in nicht unter die 31.BImSchV [4] fallenden Metallentfettungsbetrieben in Baden-Württemberg. Das wesentliche Minderungspotenzial entsteht dabei durch den Einsatz der wässrigen Reinigung in Einkammerspritzanlagen. Geringfügige weitere Minderungspoten-

ziale lassen sich durch den Ersatz von Kohlenwasserstoffanlagen mit Umlufttrocknung durch wässrige Systeme oder Vakuumanlagen sowie durch sekundärseitige Abluftreinigungsmaßnahmen bei Vakuumanlagen erzielen [43]. Mit diesen Maßnahmen können etwa 50 % der Emissionen aus der Metallentfettung, die nicht von der 31. BImSchV [4] erfasst werden, vermieden werden [43]. Außer der allgemeinen industriellen Metallentfettung werden in den folgenden Abschnitten noch weitere Oberflächenreinigungsanwendungen betrachtet.

6.4.2 Minderungspotenziale bei der Dienstleistung im Kfz-Handwerk

Die Dienstleistung im Kfz-Handwerk umfasst die Teilereinigung an Waschtischen im Kfz-Handwerk sowie die Verwendung von Reinigungsmitteln an Waschtischen für sonstige Dienstleistungen in Bau-, Transport- und Verkehrsbetrieben, zur handwerklichen Gerätewartung, in kommunalen Einrichtungen sowie der Bundeswehr. Darüber werden hier Aerosolsprays verwendet, die im wesentlichen zur Bremsenreinigung und für sonstige Dienstleistungen verwendet werden [43].

Bei Dienstleistungen im Kfz-Handwerk, die bisher aufgrund zu kleiner Jahresverbräuche gar nicht von der 31.BImSchV [4] erfasst sind und wo im allgemeinen fast nur AIII-Reiniger verwendet werden, konnte ein Minderungspotenzial von etwa 50 % durch folgende Maßnahmen identifiziert werden [43]:

- Einsatz von wässrigen Waschautomaten bei der Teilereinigung,
- Einsatz von wässrigen PKW-Bremsenheißwäschern,

Das Minderungspotenzial ist mit etwa 400 t/a bis 2010 zu quantifizieren.

6.4.3 Minderungspotenziale bei der Entkonservierung von PKW

Die Entkonservierung von PKW wird zur Zeit in Baden-Württemberg zum einen in zentralen automatischen Großanlagen und zum anderen in vielen Autohäusern manuell durchgeführt [38]. Die Entkonservierung ist von der 31.BImSchV [4] ausgenommen.

Über 90 % Prozent der Emissionen können durch die folgenden Maßnahmen vermieden werden [43]:

- Einführung des Standes der Technik bei allen zentralen Entwachsungsanlagen,
- Verschiebung der manuellen Entwachsung in Autohäusern zur zentralen Entwachsung,
- Verzicht auf Konservierung bei „kurzen Wegen“,
- Einsatz von Polyacrylaten, die mit Hilfe eines alkalisch-wässrigen Verfahrens entfernt werden können,
- Konservierung mit Kunststofffolien.

Bis 2010 ergibt sich hieraus ein Minderungspotenzial von etwa 200 t/a.

6.4.4 Minderungspotenziale in der organischen Spezialreinigung

In dieser Quellgruppe werden folgende Anwendungen betrachtet [38]:

- stationäre Gießanlagen für 2-Komponenten-Kunststoffe,
- Mischer und Rührwerke für 1-Komponenten-Dichtstoffe,
- Klischee-Reinigung im Tampondruck,

- sonstige Reinigung z.B. beim Produktfinishing.

Etwa 10 % der Emissionen werden hier durch die Umsetzung der 31.BImSchV [4] gemindert. Weitere 25 % Minderung über die Umsetzung der 31.BImSchV [4] hinaus können durch die Umsetzung folgender Maßnahmen erreicht werden [38]:

- Einsatz von Maßnahmen, die den Spülaufwand in Gießanlagen für 2-Komponenten-Gießanlagen erheblich verringern (Minderungspotenzial 85 %):
 - Verkürzung der Mischungsführenden Strecke (Reduzierung des Spülaufwandes um 80-90 %),
 - Einsatz von Einweg-Mischrohren.
- Einsatz von Maßnahmen, die den Spül- und Reinigungsaufwand in Misch- und Rührwerken für 1-Komponenten-Dichtstoffe erheblich verringern (Minderungspotenzial 67 %):
 - weniger Farbwechsel bedingen weniger Spülvorgänge,
 - maschinelle Reinigung des Rührwerks,
 - Einsatz von AIII-Reinigungsmitteln,
 - Substitution des Lösemittelreinigers durch wässrigen Reiniger.
- Einsatz von Maßnahmen, die die bei der Klischeereinigung im Tampondruck entstehenden Emissionen erheblich verringern [38]:
 - Substitution von AI- und AII-Reinigern durch AIII-Reiniger (25 % Minderungspotenzial).

Die VOC-Emissionen beim Produkt-Finishing sind weitgehend von der 31.BImSchV [4] erfasst, da diese Tätigkeit meist bei großen Anwendern stattfindet, die meist schon durch andere Oberflächenreinigungsprozesse, insbesondere die Metallentfettung, schon von der 31.BImSchV [4] erfasst sind. Somit ist bei dieser Anwendung kein Minderungspotenzial zu identifizieren, dass über gesetzliche Maßnahmen hinaus geht.

Insgesamt wurde ein Minderungspotenzial von 420 t/a Emissionen bis 2010 identifiziert, das über die 31.BImSchV [4] hinaus in den Anwendungen der organischen Spezialreinigung realisierbar ist.

6.4.5 Minderungspotenziale in der Feinoptik, Elektronik und Feinmechanik

In der Feinreinigung wurden 2000 in Baden-Württemberg etwa 530 t emittiert, 2010 werden nach dem Szenario unter Berücksichtigung der 31.BImSchV [4] etwa 612 t/a emittiert werden. Durch Umstellung auf wässrige Reinigung in Anlagen, die nicht von der 31.BImSchV [4] erfasst sind, können zusätzlich 4 % der Emissionen reduziert werden [43]. Dies entspricht einem zusätzlichen Minderungspotenzial von etwa 25 t/a bis 2010.

6.4.6 Minderungspotenziale in der Entlackung

Da die Entlackung in der 31.BImSchV [4] der Tätigkeit Oberflächenreinigung zugeordnet wurde und fast alle entlackenden Betriebe den Schwellenwert von 1 t Lösemittelverbrauch pro Jahr überschreiten [38], konnten in diesem Anwendungsbereich keine über die 31.BImSchV [4] hinaus erreichbaren Minderungspotenziale identifiziert werden.

6.5 Minderungspotenziale in weiteren Bereichen

Es wurden noch in den folgenden Anwendungsbereichen über die 31.BImSchV[4] hinausgehende Minderungspotenziale identifiziert. Im folgenden sind jeweils die zu erwartenden zusätzlichen Minderungen gegenüber dem Referenzfall sowie die zu erwartende technologische Entwicklung angegeben:

- **Chemische Reinigung [6]**
(50 % Minderung durch zu erwartende zusätzliche technologische Effekte)
Umstellung von PER-Anlagen auf KWL Anlagen und Implementierung von geschlossenen Umladsystemen.
- **Produktion und Verarbeitung von Textilien [6]**
(50 % Minderung durch zu erwartende zusätzliche technologische Effekte)
Vollständige Umstellung auf wässrige Systeme. Es werden in Zukunft nur noch in vernachlässigbarem Umfang lösemittelhaltige Systeme verwendet.
- **Flugzeugenteisung [6]**
(5 % Minderung durch zu erwartende zusätzliche technologische Effekte)
Reduktion des VOC Gehaltes in den Enteisungsmitteln sowie zunehmender Trend zu stationären Enteisungsanlagen.

7 Zusammenfassung der identifizierten Minderungspotenziale aus den betrachteten Quellgruppen

Die im Rahmen dieses Projektes identifizierten Minderungspotenziale sind in Tabelle 21 dargestellt. Dabei werden nur die Minderungspotenziale berücksichtigt, die sich auf Maßnahmen beziehen, die über die Anforderungen der 31.BImSchV [4] hinausgehen.

Tabelle 21: Im Rahmen des Projektes identifizierte über die Minderungen durch die 31.BImSchV hinausgehende Minderungspotenziale

Quellgruppe	Zusätzliches Minderungspotenzial bis 2010 [t/a]
Chemische Reinigung	77
Textilveredlung	203
Aerosolsprays	4 680
Klebstoffanwendung	601
Anwendung von Farben und Lacken im Ausbaugewerbe (inklusive DIY)	5016
Anwendungen von Farben und Lacken im Schreinergerwerbe	900
Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau	4 365
Bogenoffsetdruck	2 777
Verpackungsdruck	126
Siebdruck	750
Metallentfettung	504
Dienstleistung im KFZ-Handwerk	400
Entkonservierung	200
Organische Spezialreinigung	420
Feinreinigung	25
Flugzeugenteisung	64
Summe	21 108

Wie aus Tabelle 21 hervorgeht, wurden zusätzliche Minderungspotenziale mit einer Gesamtmenge von etwa 21,1 kt bis 2010 identifiziert. Dies entspricht etwa 17 % der für das Bezugsjahr 2010 in Baden-Württemberg für den Referenzfall, das heißt unter Berücksichtigung der vollständigen Implementierung der 31.BImSchV [4] prognostizierten NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen. Der in Abschnitt 4 vorgegebene Zielwert von 103,5 kt Emissionen für das Jahr 2010 würde bei vollständiger Umsetzung der beschriebenen zusätzlichen Maßnahmen fast erreicht werden.

8 Ableitung von Implementierungsmaßnahmen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden eine Vielzahl von Minderungsmaßnahmen identifiziert und quantifiziert, die über die bisher gesetzlich geforderten Maßnahmen hinausgehen. Es stellt sich nun die Frage, mit welchen Mitteln am besten erreicht wird, dass die Maßnahmen auch eingeführt und die damit verbundenen Minderungen realisiert werden. Ein prinzipiell geeignetes Instrument ist zweifellos der Erlass entsprechender Verordnungen, hier bieten sich insbesondere folgende Ansatzpunkte an:

- 1) Produktbezogene Verordnungen, die den maximalen Lösemittelgehalt definierter Produktgruppen festlegen (z.B. die in Kürze in Kraft tretende „DECOPAINT“-Richtlinie [24]),
- 2) Herabsetzung der Schwellenwerte der 31.BImSchV [4], die den jährlichen Lösemittelverbrauch festlegen, ab der eine Tätigkeit unter die 31.BImSchV [4] fällt (z.B. Metallentfettung) ,
- 3) Integration von bisher nicht erfassten Anwendungen in die Tätigkeitsdefinitionen der 31.BImSchV [4] (z.B. Offset-Drucktätigkeiten).

Produktbezogene Maßnahmen lassen sich allerdings wegen der Möglichkeit des freien Warenverkehrs innerhalb der EU nur im Rahmen der EU-Gesetzgebung umsetzen. Anlagenbezogene Maßnahmen lassen sich dagegen auf nationaler Ebene umsetzen, allerdings ist auch hier aus Wettbewerbsgründen eine Einführung auf EU-Ebene wünschenswert. Unabhängig davon, inwieweit eine europaweite Einführung von entsprechenden Direktiven initiiert werden kann, besteht aber für die Mehrzahl der untersuchten Maßnahmen die Möglichkeit, diese auch auf freiwilliger Basis, etwa durch freiwillige Vereinbarungen einzuführen, vor allem, weil viele Maßnahmen, vom Aufwand bei der Einführung bzw. Umstellung abgesehen, keine Mehrkosten verursachen, in einigen Fällen wird sogar Geld gespart. Zudem erfolgt in einigen Fällen auch eine Verbesserung der Produkteigenschaften und auf jeden Fall ein Imagegewinn, da man mit der umweltfreundlichen Verarbeitung werben kann.

Dass diese Maßnahmen bisher noch nicht eingeführt wurden, muss also daran liegen, dass Hemmnisse, die es zu identifizieren und zu beseitigen gilt, die Einführung verhindern.

Zur Ermittlung dieser Hemmnisse wurden mit den verschiedenen Akteuren, also Malern, Lackierern, Schreibern, Druckern, Metallverarbeitern und anderen Lösemittelverarbeitern, Innungs- und Verbandsvertretern Gespräche geführt. Es ergaben sich im wesentlichen folgende Hemmnisse. Zum einen bestehen große Unsicherheiten, ob bei Einführung der Maßnahmen die gewohnte Qualität gewährleistet ist und die z.B. von der VOB [26] geforderte Gewährleistung eingehalten werden kann. Zudem erfordert die Verarbeitung und Anwendung lösemittelärmerer Produkte eine höhere Qualifikation der Mitarbeiter und den Abschied von alten gewohnten Arbeitsabläufen. Oft erfor-

dert die Anwendung lösemittelärmerer Produkte geänderte Arbeitsabläufe und das Einhalten bestimmter Bedingungen (z. B. hinsichtlich Temperatur). Es ist offensichtlich, dass eine Einführung neuer Verfahren bzw. lösemittelärmerer Produkte nur gelingt, wenn den Anwendern diese Änderungen der Arbeitsabläufe und Randbedingungen auch nahegebracht werden.

Der beste Weg zur Beseitigung dieser Hemmnisse ist die gezielte Förderung von Akteur-Workshops, bei denen zum einen eine Schulung über den Gebrauch der neuen Produkte und Verfahren erfolgt, und die den Anwendern zudem die Möglichkeit eines Erfahrungsaustausches über die Anwendung von lösemittelmindernden Anwendungsalternativen geben. Am sinnvollsten ist es dabei, wenn im Rahmen solcher Workshops, die auch einen Praxisteil enthalten sollten, Akteure, die schon lösemittelmindernde Maßnahmen anwenden, anderen Akteuren, die diesen eher skeptisch, jedoch interessiert gegenüber stehen, ihre Erfahrungen bei der Implementierung mitteilen und diese anhand von praktischen Beispielen erläutern. Dabei wurden bisher gute Erfahrungen im Rahmen der vom Umwelt- und Verkehrsministerium Baden-Württemberg (UVM) geförderten Projekte „Umweltfreundlich Druck machen“ [47], das vom Ökoinstitut gemeinsam mit dem Modell Hohenlohe e.V. durchgeführt wurde, sowie dem Projekt „VOC-Minderung im Schreinerhandwerk“ [29],[30],[31],[32] gemacht. Die in diesen Projekten gebildeten Netzwerke sollten in Zukunft im Rahmen von gezielter Förderung durch das Land Baden-Württemberg ausgebaut und intensiviert werden sowie auf andere Bereiche wie z.B. das Maler- und Lackiererhandwerk, übertragen werden. Es ist wichtig, den betroffenen Akteuren im Rahmen solcher Workshops die häufig vorhandenen wirtschaftlichen Vorteile der emissionsmindernden Maßnahmen zu vermitteln und ihnen damit einen Vorsprung gegenüber eher desinteressierten Konkurrenten zu verschaffen. Teilweise wurde im Rahmen des Projektes festgestellt, dass neben einer Materialersparnis oft auch eine erhebliche Arbeitszeiterparnis in Folge der Umsetzung lösemittelvermindernder Maßnahmen zu erwarten ist. Dies spielt insbesondere in Maler- und Lackierbetrieben eine große Rolle, in denen die Personalkosten einen Anteil von fast 60 % an den Betriebskosten haben.

Eine Reihe von Hemmnissen entsteht auf Grund von tatsächlichen Handhabungsnachteilen oder Qualitätsverlusten. Hier geht es dann darum, diese Nachteile durch Weiterentwicklung von Produkten oder Technik oder auch durch eine veränderte Arbeitsorganisation zu verringern. Solche Hemmnisse wurden unter anderem am Beispiel der in Kürze zu erwartenden Implementierung der produktbezogenen „DECOPAINT“-Richtlinie im Rahmen intensiver Diskussionen mit den betroffenen Akteuren erörtert, darüber hinaus es wurde ein Workshop zu diesem Thema durchgeführt. Vertreter folgender Akteursgruppen waren sowohl in die Diskussionen als auch in den Workshop involviert: Maler- und Lackierer, Schreiner, Innungs- und Verbandsvertreter, Farben- und Lackhersteller, Fachjournalisten, die Technische Informationsstelle des Maler- und Lackiererhandwerks, der Verband der Lackindustrie, der Landesverband Holz- und Kunststoff, die Landesinnung des Maler und Lackiererverbandes, das Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand (Freiburg) und

Lehrkräfte von Berufsschulen. Eine ausführliche inhaltliche Beschreibung des Workshops ist Anhang I dieses Berichtes zu entnehmen.

Es wurden vor allem folgende technische Probleme bei der Implementierung der „DECOPAINT“-Richtlinie identifiziert:

- 1) Um den in der „DECOPAINT“-Richtlinie festgelegten Grenzwert (max. VOC-Gehalt 2010: 300 g/l) für die Produktkategorie „Lackfarben innen und außen auf Holz und Metall z.B. Fenster, Türen und Wandverkleidungen („trim paints“), für lösemittelverdünnbare Lacksysteme einhalten zu können, müssen die Lackhersteller bis 2010 neue Bindemittelsysteme entwickeln.
- 2) Lösemittelverdünnbare Systeme lassen sich praktisch unabhängig von der Jahreszeit verarbeiten, gegebenenfalls auch bei Minustemperaturen. Dies ist bei wasserverdünnbaren Lacken nicht gegeben. Sie lassen sich unterhalb von ca. 15 °C nur bedingt verarbeiten und oberhalb einer relativen Luftfeuchte von 80 % auch nicht. Das heißt, dass die Außenanwendung bzw. die Anwendung in unbeheizten Innenräumen ungefähr von Oktober bis März nicht möglich ist. Dies wäre in diesen Fällen ein erhebliches Handicap bei einer freiwilligen Umsetzung der „DECOPAINT“-Richtlinie. Da anzunehmen ist, dass die „DECOPAINT“-Richtlinie als EU-Verordnung in Kraft tritt, trifft dies alle Handwerker gleichermaßen., Es muss eine zeitliche Verlagerung der Arbeiten stattfinden.
- 3) Die Umstellung auf neue lösemittelärmere Lacksysteme erfordert eine bessere Qualifikation der Mitarbeiter.

Zur Überwindung des letztgenannten Punktes können neben der bereits erwähnten Durchführung von Workshops auch die Berufsschulen beitragen, indem sie die Auszubildenden zur Verwendung lösemittelärmerer Systeme qualifizieren.

Die in anderen Quellgruppen vorhandenen Hemmnisse und Grenzen, die bei der Implementierung der identifizierten Minderungspotenziale überwunden werden müssen (Prozesssicherheit, Kosten, Materialverträglichkeiten, Umstellung von Arbeitsabläufen, etc.), wurden konkret in den vorangegangenen Abschnitten im Zusammenhang mit der Identifizierung und Bewertung der jeweils Quellgruppenspezifischen Minderungspotenziale beschrieben.

Darüber hinaus wurden im Rahmen des Projektes konkrete Verarbeitungsempfehlungen für Wasserlacke im metallverarbeitenden Gewerbe entwickelt. Diese sind Anhang II zu entnehmen.

9 Zusammenfassung

Emissionen von NMVOC (non-methane volatile organic compounds) tragen zu einer Reihe von nach wie vor bestehenden Luftreinhalteproblemen entscheidend bei. Insbesondere verursachen sie zusammen mit NO_x hohe Ozonkonzentrationen in der Troposphäre, des weiteren weisen einzelne NMVOC (z. B. Benzol) gesundheitsschädigende Wirkungen auf. Zur Begrenzung der Emissionen von NMVOC wurden eine Reihe von Verordnungen beschlossen, z.B. die Begrenzung der Emissionen von Straßenfahrzeugen (EURO III und EURO IV [1]) und die Lösemittelrichtlinie [2]. Jedoch wird ohne darüber hinaus gehende Maßnahmen der in der National Emissions Ceiling Directive (NEC-Richtlinie) [3] für Deutschland für 2010 festgelegte maximale Emissionswert von 995 kt voraussichtlich überschritten werden. Daher müssen weitere Maßnahmen eingeleitet werden, um eine erhebliche zusätzliche Minderung der anthropogenen NMVOC-Emissionen in Deutschland, und damit auch in Baden-Württemberg, zu erreichen. Diese Maßnahmen müssen insbesondere im Bereich der nicht verbrennungsbedingten NMVOC-Emissionen, also vor allem bei der Lösemittelanwendung getroffen werden.

Ziel dieses Vorhabens war daher die Identifizierung und Bewertung von Minderungspotenzialen für NMVOC Emissionen aus Lösemittelanwendungen in Baden-Württemberg, die über schon bestehende gesetzliche Maßnahmen hinausgehen, sowie die Ableitung von Maßnahmen zur Implementierung. Zur Erarbeitung möglichst konkreter Handlungsempfehlungen für die Umsetzung dieser Minderungsmaßnahmen war es notwendig, zunächst möglichst genaue Kenntnisse über Emissionsmenge und Emittentenstruktur der untersuchten Quellgruppen zu gewinnen. Dazu wurden die Emissionen aus der Lösemittelanwendung für Baden-Württemberg in hoher sektoraler Auflösung für das Jahr 2000 berechnet und ein Referenzszenario der Emissionen im Jahr 2010 unter Berücksichtigung von Annahmen über die Aktivitätsentwicklung und die Auswirkungen der Implementierung der 31.BImSchV erstellt.

Danach wurden 2000 in Baden-Württemberg 117 kt NMVOC aus Lösemittelanwendungen emittiert. Etwa 47 % entstammten der Anwendung von Farben und Lacken, 14 % aus Druckanwendungen, 11 % aus der häuslichen Verwendung von lösemittelhaltigen Produkten, 7 % aus Oberflächenreinigungsprozessen, 4 % aus der Herstellung und Verarbeitung von lösemittelhaltigen Produkten, 4 % aus der Anwendung von Klebstoffen, und weitere 13 % aus einer Vielzahl weiterer Anwendungen. Die Gesamtunsicherheit der von uns berechneten Emissionen wurde auf +38%/-28% (95%-Konfidenzintervall) abgeschätzt.

Weil Minderungsstrategien nicht sofort, sondern erst in der Zukunft Wirkung entfalten können, wurde die Quantifizierung der zusätzlich identifizierten Minderungspotenziale auf das Referenzszenario für 2010 bezogen.

Trotz Berücksichtigung der bis 2010 implementierten 31.BImSchV [4] ist ohne zusätzliche Maßnahmen in Baden-Württemberg bis 2010 mit einem leichten Anstieg der Emissionen aus der Lö-

semittelanwendung auf etwa 125 kt zu rechnen. Dies ist vor allem auf die prosperierende Entwicklung der lösemittelverwendenden Aktivitäten zurückzuführen. Hinzu kommt, dass ein großer Teil der Emissionen offenen Anwendungsbereichen außerhalb von Anlagen entstammen, bei denen zur Zeit noch keine gesetzlichen Auflagen erfüllt werden müssen.

Es wurde abgeschätzt, dass in Baden-Württemberg 2010 nur noch 103,5 kt NMVOC-Emissionen der Lösemittelanwendung entstammen dürfen, wenn die NEC-Richtlinie für Deutschland eingehalten werden soll, die für 2010 eine Obergrenze für die anthropogenen NMVOC-Emissionen von 995 kt/a vorschreibt. Das bedeutet, dass in Baden-Württemberg bis 2010 noch eine zusätzliche Minderung der Lösemittellemissionen um etwa 21,5 kt notwendig ist. Auf Grundlage des berechneten Referenzszenarios wurden die bei der Identifizierung und Bewertung von über gesetzliche Maßnahmen hinaus gehenden Minderungspotenzialen zu betrachtenden Quellgruppen festgelegt. Es wurde dabei nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Wird die zu betrachtende Quellgruppe schon ganz oder teilweise von gesetzlichen Maßnahmen erfasst?
- Hat der von gesetzlichen Maßnahmen erfasste Anteil eine relevante Quellgruppenstärke?

Auf Grundlage dieser Kriterien wurden drei Arten von Quellgruppen klassifiziert:

- offene Anwendungen,
- anlagenbezogene Anwendungen, bei denen ein Teil der Anlagen nicht den Schwellenwert der 31.BImSchV überschreitet,
- anlagenbezogene Anwendungen, die nicht von den Tätigkeitsdefinitionen der 31.BImSchV erfasst sind.

Es wurden in folgenden Quellgruppen Minderungspotenziale identifiziert und bewertet:

- Anwendung von Aerosolsprays,
- Anwendung von Klebstoffen,
- Anwendung von Farben und Lacken im Maler- und Lackiergewerbe,
- Anwendung von Farben und Lacken im Schreiner- und Tischlergewerbe,
- Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau,
- Anwendung von Reinigungsmitteln im Bogen-Offsetdruck,
- Anwendung von Isopropanol im Bogen-Offsetdruck,
- Anwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten im Buchdruck,
- Anwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten im Siebdruck,
- Anwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten im Verpackungs-Flexodruck,
- Anwendung von Lösemitteln in der industriellen und gewerblichen Metallentfettung,
- Anwendung von Lösemitteln bei der Dienstleistung im Kfz-Handwerk,
- Anwendung von Lösemitteln bei der Entkonservierung von PKW,
- Anwendung von Lösemitteln in der organischen Spezialreinigung,

- Anwendung von Lösemitteln in der Feinoptik, Elektronik und Feinmechanik,
- Anwendung von Lösemitteln bei der Entlackung,
- Anwendung von Lösemitteln bei der chemischen Reinigung,
- Textilveredlung,
- Flugzeugenteisung.

Dabei wurde jeweils zwischen produktbezogenen und anlagenbezogenen Maßnahmen unterschieden. Insgesamt wurde ein zusätzliches Emissionsminderungspotenzial in Höhe von etwa 21 kt identifiziert. Das bedeutet, dass bei vollständiger Realisierung der zur Umsetzung der identifizierten zusätzlichen Minderungspotenziale notwendigen Maßnahmen der Zielwert der NEC Richtlinie erreichbar ist.

Die Realisierung des ermittelten Minderungspotentials kann zunächst durch den Erlass entsprechender Verordnungen eingeleitet werden; dazu bieten sich insbesondere folgende Wege an:

- produktbezogene Verordnungen, die den maximalen Lösemittelgehalt definierter Produktgruppen festlegen (z.B. die in Kürze in Kraft tretende „DECOPAINT“-Richtlinie),
- Herabsetzung der Schwellenwerte der 31.BImSchV, die den jährlichen Lösemittelverbrauch festlegen, ab der eine Tätigkeit unter die 31.BImSchV fällt (z.B. Metallentfettung),
- Erweiterung der Definition von Tätigkeiten, die von der 31.BImSchV erfasst werden (z.B. Offset-Drucktätigkeiten).

Produktbezogene Maßnahmen lassen sich aus Wettbewerbsgründen nur im Rahmen der EU umsetzen. Anlagenbezogene Maßnahmen lassen sich dagegen auf nationaler Ebene einführen, jedoch ist auch hier eine EU-weite Umsetzung vorzuziehen.

Daneben lassen sich möglicherweise auch durch freiwillige Vereinbarungen beträchtliche Teile des Minderungspotenzials umsetzen, insbesondere jene, bei denen abgesehen vom Aufwand der Umstellung keine Mehrkosten zu erwarten sind.

In einem letzten Arbeitsschritt wurden Möglichkeiten zum Abbau von Hemmnissen bei der Einführung der identifizierten Minderungspotenziale untersucht. Dazu wurden am Beispiel der in Kürze zu erwartenden Implementierung der „DECOPAINT“-Richtlinie intensive Diskussionen mit den betroffenen Akteuren geführt und ein Workshop zu diesem Thema durchgeführt. Vertreter folgender Akteursgruppen waren sowohl in die Diskussionen als auch in den Workshop involviert: Maler- und Lackierer, Schreiner, Innungs- und Verbandsvertreter, Farben- und Lackhersteller, Fachjournalisten, die Technische Informationsstelle des Maler- und Lackiererhandwerks, der Verband der Lackindustrie, der Landesverband Holz- und Kunststoff, die Landesinnung des Maler und Lackiererverbandes, das Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand (Freiburg) und Lehrkräfte von Berufsschulen.

Es zeigte sich, dass eine Reihe von Hemmnissen bestehen, die die Einführung der technischen Emissionsminderungsmöglichkeiten behindern. Dies gilt, obwohl die Implementierung von Min-

derungsmaßnahmen, insbesondere von Primärmaßnahmen, häufig mit ökonomischen Vorteilen, einer Produktverbesserung und einer Imageaufbesserung der lösemittelverarbeitenden Akteure einhergeht. Bei den Akteuren, d.h. den Malern, Lackierern, Schreincrn, Druckern, Metallverarbeitern und anderen lösemittelverwendenden Akteuren, ist teilweise durchaus die Bereitschaft vorhanden, solche Maßnahmen umzusetzen, insbesondere aufgrund der zu erwartenden Verbesserung der Umweltsituation. Trotz dieser allgemein zu beobachtenden Motivation wird die Maßnahme nicht eingeführt, weil sie fast immer eine erhebliche Veränderung der gewohnten Arbeitsabläufe mit sich bringt; es gibt Unsicherheiten, ob die gewohnte Qualität gewährleistet ist und die z.B. von der VOB [26] geforderte Gewährleistung eingehalten werden kann. Meist erfordert die Verarbeitung und Anwendung lösmittelärmerer Produkte zudem eine höhere Qualifikation der Mitarbeiter und den Abschied von gewohnten Arbeitsabläufen.

Der beste Weg zur Beseitigung dieser Hemmnisse ist die gezielte Förderung von Akteur-Workshops, bei denen die Anwender Erfahrungen über die Anwendung von lösemittelmindernden Anwendungsalternativen austauschen können.

10 Literatur

- [1] EUROIII/IV Richtlinie 98/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 1998 über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen und zu Änderung der Richtlinie 70/220/EWG des Rates und Richtlinie 1999/96/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 1999 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen gegen die Emission gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel aus Selbstzündungsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen und die Emission gasförmiger Schadstoffe aus mit Erdgas oder Flüssiggas betriebenen Fremdzündungsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 88/77/EWG des Rates
- [2] Richtlinie 1999/13/EG des Rates vom 11. März 1999 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel entstehen, Brüssel, 1999
- [3] Directive 2001/81/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants, Office Journal of the European Communities, L309/22, 27.11.2001
- [4] 31. BImSchV, Einunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen) vom 24. August 2001 (BGBl I S. 2180), Bonn 2001
- [5] Theloke, J., Obermeier, A., Friedrich, R., Ermittlung der Lösemittlemissionen 1994 in Deutschland und Methoden zur Fortschreibung, Forschungsbericht 295 42 628 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Juni 2000
- [6] Theloke, J., Jepsen, D., Ipsen, A., Zangl, S. Endbericht zum UFOPLAN-Vorhaben, „Emissionsdaten für flüchtige organische Verbindungen aus der Lösemittelverwendung–Methodenevaluierung, Datenerhebung und Prognosen“-VOC–Emissionskataster, FKZ 201 43 306, Berlin, 2003
- [7] Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg 2000-Quellengruppe sonstige nicht gefasste Quellen, UMEG-Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg, Fachgebiet 4.1 Katasterwesen, Bericht-Nr. 4-04/2003, Karlsruhe, 2003
- [8] Eitenmüller, S., Haker, S., Jens, S., Knittel, T., Limbers, J., Schlesinge, M., PROGNOSE Deutschland Report 2002-2020, PROGNOSE AG, Basel, Juni 2002
- [9] Nationales Programm der Bundesrepublik Deutschland nach Art. 6 der Richtlinie 2001/81/EG vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmenge für bestimmte Luftschadstoffe, Umweltbundesamt, Berlin, 2003
- [10] 4. BImSchV, Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen-4.BImSchV) vom 24.07.1985 (BGBl I S. 1586), zuletzt geändert 1999, Bonn, 1999

- [11] Jost, D., Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen-2.BImSchV), Die neue TA Luft, WEKA Fachverlag, Augsburg, 1999 und Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 1999/13/EG über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen vom 21. August 2001, Artikel 2: Änderung der Verordnung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2001, Teil I, Nr.44, Bonn, 2001
- [12] Council Directive 96/61/EC of 24. September 1996 concerning integrated pollution prevention and control, Office Journal of the European Communities, No. L257/26, 1996
- [13] Screening study to identify reductions in VOC Emissions due to the restrictions in the VOC content of products, BIPRO, AFC Consult, DFIU, DG Environment, Brüssel, February, 2002
- [14] Industriegemeinschaft Aerosole e.V. Aerosolmarkt Deutschland 2000, <http://www.igaerosole.de>, Frankfurt, 2001
- [15] Fläche, Bevölkerung – Die wichtigsten Fakten auf einen Blick, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/> Stuttgart, 2002 und Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 2001, Wiesbaden, 2001
- [16] Absatzstatistik für Klebstoffe in Europa – 2000, <http://www.feica.com>, Düsseldorf, 2000
- [17] Gemeinsamer Abschlussbericht zum Dialog des BMU und des VCI zu Umweltzielen am Beispiel VOC, erarbeitet von Vertretern des Bundesumweltministeriums, des Umweltbundesamtes, des Verbandes der Lackindustrie e.V., des Verbandes der Druckfarbenindustrie im Verband der Mineralfarbenindustrie e. V., des Bundesverbandes Druck, des Industrieverbandes Klebstoffe e.V. und des Verbandes der Chemischen Industrie e.V., Frankfurt, 1997
- [18] The FEICA Classification Manual, Classification of Adhesives, A guide through applications and product types, Düsseldorf, 1996
- [19] Statistisches Bundesamt, Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993 (WZ 93), Wiesbaden, 1993
- [20] Motz, B., Reichardt, N., Wenk, N., Kirsch, A., Ermittlung von Art, Umfang, und räumlicher Verteilung der ozonrelevanten VOC-Emissionen 1996 aus der Produkthanwendung und aus nicht nach BImSchG genehmigungsbedürftigen Anlagen im Land Nordrhein-Westfalen, Köln, 1998
- [21] Zahlen und Fakten, http://www.liv-maler-lackierer-bw.de/wir_uns/zahlen.html, Landesin-nungsverband des Maler- und Lackiererhandwerks Baden-Württemberg, Stuttgart, 2002
- [22] Expertentreffens am 6.12.01 in Stuttgart zum Thema Identifizierung von Minderungspo-tenzialen und Möglichkeiten zur Implementierung im Maler- und Lackiererhandwerk sowie der Holzlackierung, Stuttgart, 2001
- [23] Verwendung von Bautenlacken und Bautenfarben im deutschen Maler- und Lackiererhandwerk, Technische Informationsstelle des deutschen Maler- und Lackiererhandwerks, Stuttgart, 2000

- [24] Vorschlag für eine Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aufgrund der Verwendung organischer Lösemittel in Dekorfarben und -lacken und Produkten der Fahrzeugreparaturlackierung sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/13/EG, KOM (2002) 750 endgültig, 2002/0301 (COD), 23.12.2002, Brüssel
- [25] DG Environment, The Costs and benefits of the reduction of volatile organic compounds from paints, Brüssel, 2002
- [26] Vergabe- und Vertragsverordnung für Bauleistungen (VOB) Teile A und B (DIN 1960 und DIN 1961), Ausgabe 2002
- [27] Ondratschek, D., Endbericht zum UFOPLAN-Vorhaben „Ermittlung des Standes der Technik und Emissionsminderungspotenziale zur Senkung der VOC-Emissionen bei der Reinigung der Applikationsgeräte in der Lackierung“, FKZ 204 04 906/04, Berlin, 1999,
- [28] NESPRI – Nebelfreies Spritzen von Außenfassaden, Verbundforschungsvorhaben durchgeführt von Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik (IWTM), Kaiserslautern, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart und Institut für Maschinenwesen im Baubetrieb (IMB), Universität Karlsruhe in enger Kooperation mit mehreren Malerbetrieben, dem Farbenhersteller Caparol Farbe Lacke Bautenschutz GmbH & Co KG, Ober-Ramstadt sowie dem Maschinenhersteller Wagner GmbH, Markdorf gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit im Rahmen des Programms zur Förderung innovativer Netzwerke, Berlin, 2003
- [29] Nutzbarmachung des VOC-Minderungspotenzials im Schreinerhandwerk, erstellt durch Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V., Freiburg, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart, 1999
- [30] Förderung des Wasserlackeinsatzes im Schreinerhandwerk durch optimierte Trocknungssysteme, erstellt durch Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V., Freiburg, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart, 2000
- [31] Nutzbarmachung des VOC-Minderungspotenzials im Schreinerhandwerk: Praxisgerechte Lösemittelbilanzierung in Schreinereien, erstellt durch Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V., Freiburg, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart, 2000
- [32] Nutzbarmachung des VOC-Minderungspotenzials im Schreinerhandwerk: Einsatz von Ölen und Wachsen zur Oberflächenbeschichtung, erstellt durch Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V., Freiburg, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart, 2000
- [33] Domnick, J., Hruschka, R., Ondratschek, D., Scheibe, A.: Qualitätsgerechte und effektive Maßnahmen zur Luftreinhaltung in handwerklichen und industriellen Lackierereien. Abschlussbericht zum Vorhaben BW D 21001 des Förderprogramms BWPLUS des Landes Baden-Württemberg, 2003
- [34] Technische Regeln für Gefahrstoffe, Ersatzstoffe und Ersatzverfahren für stark lösemittelhaltige Vorstriche und Klebstoffe für den Bodenbereich, TRGS 610, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Berlin, 1998

Theloke, Ondratschek, Friedrich

- [35] Persönliche Mitteilung Herr Hägele, Landesverband Holz und Kunststoff e.V., Stuttgart, 2002
- [36] Persönliche Mitteilung Herr Voswinckel, Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V., Freiburg , 2001
- [37] Persönliche Mitteilung Herr Voswinckel, Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V., Freiburg , 2001
- [38] BVDM – Betriebe und Beschäftigte der deutschen Druckindustrie, <http://www.bvdm-online.de>, Wiesbaden, 2003
- [39] Jepsen, D., Grauer, A., Tebert, C., Ermittlung des Standes der Technik und der Emissionsminderungspotenziale zur Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien, Oekopol GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 297 44 906/01 Berlin, 1999
- [40] Jepsen, D., Ipsen, A., Ermittlung von Emissionsfaktoren für VOC-Emissionen aus kleinen Gewerbebetrieben und privaten Haushalten in Berlin, Kurzbericht, im Auftrag der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung IX D2, Ökopol GmbH, Berlin, 2003
- [41] Bundesverband Druck e.V. [Hrsg.], „Umweltschutz in der Druckindustrie“, Wiesbaden, 1996
- [42] Zeitschrift der Berufsgenossenschaft Druck 6/97, Stuttgart, 1997
- [43] Schwarz, W., Leisewitz, A., Stand der Technik und Potentiale zur Senkung der VOC-Emissionen aus Anlagen zur Reinigung von Oberflächen, Ökorecherche, Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH, Frankfurt/Main, 1999, Forschungsbericht 204 04 906/02 im Auftrag des Umweltbundesamtes
- [44] Berner, P., Obermeier, A. , Friedrich, R., Ondratschek, D., Schaber, K., Strategien zur Minderung der VOC-Emissionen ausgewählter Emittentengruppen in Baden-Württemberg, Forschungsbericht FZKA-PEF 147, Karlsruhe, 1996
- [45] Persönliche Mitteilung von K. Burmeister, Fa. Biesterfeld, Hamburg, 1996
- [46] Persönliche Mitteilung Dr. Schwarz, Ökorecherche GmbH, Frankfurt, 2001
- [47] Ebinger, F., Tebert, C., Steffens, F., Abschlussbericht zum Projekt : Akteurskooperation „Umweltfreundlich Druck machen“ in den Regionen Freiburg und Hohenlohe, Ökoinstitut, Modell Hohenlohe e.V. im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, 2001

Anhang I: Dokumentation zum durchgeführten Workshop für Maler und Lackierer

Im Rahmen des Projektes wurde ein Workshop für Maler und Lackierer durchgeführt. Ziel dieses Workshops war es, im Sinne einer effizienten und erfolgreichen Umsetzung der kommenden „DECOPAINT“-Richtlinie die betroffenen Handwerker, Lackhersteller, Kunden, Heimwerker und Interessenverbände über die praktische Umsetzung der dort vorgeschriebenen Maßnahmen zur VOC-Minderung zu informieren. Darüber hinaus wurden noch Vorschläge zur Ausgestaltung von konkreten Handlungsleitfäden für die von der „DECOPAINT“-Richtlinie betroffenen Akteure vorgestellt. Zielgruppe waren Maler und Lackierer, Schreiner, metallverarbeitende Betriebe, Fachverbandsvertreter, Vertreter der Lackindustrie, Fachvertreter von Berufsschulen, das UVM und Journalisten von Fachzeitschriften. Es wurde an etwa 150 ausgewählte Akteure persönliche Einladungen gesendet. Darüber hinaus wurde der Workshop in den regelmäßigen Rundschreiben des Landesinnungsverband des Maler- und Lackiererhandwerks Baden-Württemberg, des Landesverbandes Holz und Kunststoff Baden-Württemberg e.V. und auf der Website des Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V., Freiburg sowie in verschiedenen Fachzeitschriften des Maler- und Lackiererhandwerks und des Schreinerhandwerks angekündigt. Im folgenden ist die an alle Akteure versandte Einladung dargestellt.

Die Europäische Union schreibt maximale Lösemittelgehalte für gebrauchsfertige
Farben und Lacke ab 2007 vor

Was bedeutet das für das Maler- und Lackierhandwerk in Baden-Württemberg?

Um die Emissionsmenge aus Lösemittelanwendungen zu reduzieren, wird die Europäische Union (EU) für die Anwendung von Farben und Lacken im Maler- und Lackierhandwerk demnächst eine produktbezogene Regelung („DECOPAINT-Richtlinie“) beschließen. Diese Richtlinie muss dann in den nächsten Jahren umgesetzt werden. Davon wird ein großer Teil des farb- und lackverarbeitenden Gewerbes betroffen sein – europaweit, also auch in Baden-Württemberg.

Ab 2007 sind für definierte Anwendungsbereiche maximale Lösemittelgehalte für die gebrauchsfertigen lösemittelhaltigen Produkte europaweit festgelegt, die zum Teil erheblich unter den jetzigen Lösemittelgehalten liegen werden. Bis 2010 müssen für verschiedene alltägliche Anwendungen neue Farb- und Lacksysteme entwickelt werden. Auch die Anwendung neuer Auftrags- und Reinigungstechniken wird notwendig sein. Alle Handwerker und sonstigen Verwender sind europaweit gleich betroffen und somit ist ein fairer Wettbewerb gewährleistet. Produkte mit höheren Lösemittelgehalten werden europaweit nicht mehr erhältlich sein. Einen Wettbewerbsvorsprung wird jedoch der haben, der sich frühzeitig auf diese neuen Anforderungen einstellt und sich rechtzeitig informiert. Für eine effiziente und erfolgreiche Umsetzung der kommenden Regelung bedarf es deshalb der intensiven Information der betroffenen Handwerker, Lackhersteller, Kunden, Heimwerker und Interessenverbände. Die Umstellung kann nur dann reibungslos funktionieren, wenn alle Akteure Informationen austauschen und miteinander kooperieren.

Um den Informationsstand zu den geplanten Regelungen zu verbessern, bieten das Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Anwendung (IER), Universität Stuttgart und das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) mit Unterstützung der Fachverbände am **17. Oktober 2003** in Stuttgart einen Informations-Workshop an:

Minderungspotenziale bei Maler- und Lackierarbeiten im Handwerk durch die Umsetzung der "DECOPAINT-Richtlinie"

Im Rahmen dieses Workshops wird auch über die Ergebnisse eines Projektes berichtet, bei dem bedarfsgerechte und kostengünstige Konzepte zur Luftreinhaltung für handwerkliche Lackierbetriebe mit Hilfe von Strömungssimulation entwickelt wurden. Eingeladen zur Teilnahme sind zum einen die betroffenen Handwerker aus dem Maler-, Lackierer-, Schreiner- und Metallgewerbe in Baden-Württemberg, sowie das Ministerium für Umwelt und Verkehr, das Landesgewerbeamt, Vertreter der betroffenen Fachverbände und -innungen. Darüber hinaus werden auch Vertreter der Lackproduzenten sowie des Verbandes der Lackindustrie teilnehmen.

Die Veranstaltung

„Minderungspotenziale bei Maler- und Lackierarbeiten im Handwerk durch die Umsetzung der ”DECO-PAINT“ Richtlinie“

findet statt am 17. Oktober 2003 von 9:00 bis 15:00 Uhr

Ort: *IFF-Neubau (Universität Stuttgart)
Allmandring 35, Seminarraum 0.201, Erdgeschoss
70569 Stuttgart*

Programm: **9:00 Begrüßung**
(Dr. Grözingen, Ministerium für Umwelt und Verkehr, Baden-Württemberg)

9:15 Lösemittlemissionen in Baden-Württemberg und Möglichkeiten zu deren Minderung
(Herr Theloke, IER, Universität Stuttgart)

9:30 Vorstellung des Kommissionsvorschlags zur „DECOPAINT“-Richtlinie

- **Wer ist betroffen?**
- **Welche Änderungen, welche Neuerungen werden erwartet ?**
- **Konsequenzen für die Praxis?**
(Herr Bartholemy, Technische Informationsstelle des Deutschen Maler- und Lackiererhandwerks)

10:00 Kaffeepause

10:15 Vorstellung des aktuellen Entwicklungsstandes und der Marktsituation der Lacksysteme im Schreinerhandwerk sowie der bis 2010 zu erwartenden technischen Neuerungen, um die Decopaint-Richtlinie umzusetzen
(Herr Fauser, Votteler Lackfabrik GmbH & Co. KG)

11:00 Vorstellung des aktuellen Entwicklungsstandes und der Marktsituation der Lacksysteme im Maler-, Lackier- und Metallhandwerk sowie der bis 2010 zu erwartenden technischen Neuerungen, um die Decopaint-Richtlinie umzusetzen
(Frau Gartz, CD-Color GmbH & Co. KG)

11:45 Mittagspause / Imbiss

12:45 Vorstellung eines konkreten Handlungsleitfadens, am Beispiel der Verwendung von Wasserlacken im Metallhandwerk
(Herr Theloke, Universität Stuttgart, Herr Ondratschek, IPA Stuttgart)

13:15 Qualitätsgerechte und effektive Maßnahmen zur Luftreinhaltung in handwerklichen und industriellen Lackierereien (Herr Ondratschek, IPA Stuttgart)

13:45 Kaffeepause

14:00 Abschlussdiskussion

15:00 Ende

Um Anmeldung per Fax an das IER, Universität Stuttgart (0711-78039-53), z.Hd. Herrn Theloke wird gebeten.

Der WORKSHOP wird im Rahmen eines vom Umweltministerium Baden-Württemberg im Rahmen von BWPLUS geförderten Projektes zur ”Minderung von NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung” durchgeführt. Die Veranstaltung wird insbesondere vom Landesinnungsverband des Maler- und Lackiererhandwerks Baden-Württemberg, dem Landesverband für Holz- und Kunststoff Baden-Württemberg e.V., sowie dem Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V. unterstützt. Die Teilnahme ist kostenlos.

Im folgenden werden die wesentlichen Inhalte der Vorträge des Workshops zusammengefasst.

„Lösemittlemissionen in Baden-Württemberg und Möglichkeiten zu deren Minderung“

J. Theloke, IER, Universität Stuttgart

Es wurden die potenziellen Wirkungen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC=volatile organic compounds) beschrieben. In Gegenwart von Stickoxiden und Sonneneinstrahlung sind sie Vorläufersubstanzen des bodennahen Ozons und damit mitverantwortlich für den sogenannten „Sommermog“. Dadurch tragen sie auch indirekt zum Treibhauseffekt bei, da Ozon einen Anteil am globalen Treibhauseffekt hat. Einige Vertreter dieser Spezies haben Anteil an der Bildung des sogenannten „Ozonlochs“ in der oberen Atmosphäre, hier handelt es sich insbesondere um teilhalogenierte Kohlenwasserstoffe, die z.B. in Autoklimaanlagen eingesetzt werden. Außerdem haben flüchtige organische Verbindungen teilweise krebserzeugende, erbgutverändernde, fruchtschädigende und neurotoxische Wirkungen. Darüber hinaus wurde auf die Möglichkeit der Schädigung des zentralen Nervensystems durch Lösemittleinwirkung hingewiesen. Bei Malern und Lackierern ist diese Schädigung als Organisches Psycho-Syndrom (OPS-Syndrom) bekannt. Es folgte eine kurze Darstellung des Hintergrundes der EU-Luftreinhaltestrategie, die in ihrer Wirkung VOC betreffen.

Auf Grundlage des Wissens um die bekannten schädigenden Wirkungen von Ozon auf Menschen, Pflanzen und Kulturgüter ist die Europäische Union seit vielen Jahren bemüht, die Ozonbelastung europaweit zu reduzieren. Dazu wurde die Richtlinie 2002/3/EG über den Ozongehalt der Luft beschlossen, die einen Zielwert für 2010 von 120 µg/m³ zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt. Dieser Zielwert darf an höchstens 25 Kalendertagen pro Kalenderjahr überschritten werden, gemittelt über drei Jahre. Um dieses Ziel zu erreichen, ist die sogenannte NEC-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstgrenzen für die Ozon-Vorläufersubstanzen NO_x und VOC sowie für Ammoniak und SO₂ gegen Überdüngung (Eutrophierung) und Versauerung beschlossen worden. In dieser Richtlinie wird für Deutschland ein Emissionshöchstwert für 2010 von maximal 995 kt/a VOC festgelegt.

Anhand von Karten des Umweltbundesamtes können die gemessenen Häufigkeiten an Konzentrationsüberschreitungen für die Jahre 1990 und 2000 einer Ozonkonzentration von 180 µg/m³ gezeigt werden. Die Belastungssituation durch Ozon hat sich seit 1990 erheblich verbessert. Die Anzahl der Überschreitungen und damit die Spitzenwerte der Konzentration sind erheblich zurückgegangen. Die durchschnittliche Ozonkonzentration hat jedoch in diesem Zeitraum eher zugenommen. Es sind lediglich die Spitzenwerte seit 1990 stark reduziert worden.

Im Jahr 1998 entstammten nach Berechnungen des IER etwa 73 % der VOC aus anthropogenen Quellen und 27 % aus biogenen Quellen. Die anthropogenen VOC-Emissionen entstammten zu

36 % der Anwendung von Lösemitteln, zu 27 % dem Verkehr, zu 8% aus Produktionsprozessen sowie etwa zu 3 % aus Verbrennungsprozessen.

Seit 1990 sind die NMVOC Emissionen um etwa 45 % gesunken. Dies wurde vor allem durch Einführung von Maßnahmen (EURO I-IV) im Verkehr erreicht. Die Emissionen aus der Lösemittelanwendung sind dagegen seit 1990 kaum gesunken. In diesem Bereich gab es lediglich geringfügige mindernde Effekte durch die Umsetzung der 4.BImSchV. In Zukunft wird damit gerechnet, dass die Emissionen aus der Lösemittelanwendung bis 2010 noch etwas ansteigen werden oder zumindest das gleiche Niveau wie 2000 erreichen. Dieses Szenario wird trotz der Berücksichtigung der Umsetzung der 31.BImSchV ohne zusätzliche Maßnahmen erwartet. Von der 31.BImSchV sind nur anlagenbezogene Emissionen betroffen. Ein großer Anteil der Emissionen entstammt jedoch offenen, nicht anlagenbezogenen Quellen (z.B. Anwendung von Haarsprays, Rasierwässern, Farben und Lacken, etc.). Und es wurden in diesem Szenario aktivitätsbezogene Entwicklungen (Entwicklung von Wirtschaftssektoren, Bevölkerungsentwicklung, etc.) auf Grundlage des Deutschland-Reports 2002 der PROGNOSE AG [8] berücksichtigt. Der Zielwert der NEC-Richtlinie wird bei Mitberücksichtigung der anderen Quellgruppen ohne weitere Maßnahmen 2010 voraussichtlich um etwa 20 % überschritten werden. Daher sind weitere Maßnahmen notwendig. In Deutschland entstammen etwa 40 % der Emissionen aus der Lösemittelanwendung der Anwendung von Farben und Lacken, 14 % der Anwendung von Wasch- und Spülmitteln, Kfz-Frostschutzmitteln sowie Pflege- und Körperpflegeprodukten, 13 % Druckanwendungen, 7% der Oberflächenreinigung und Chemischen Reinigung, 6 % der Herstellung und Verarbeitung von chemischen Produkten sowie etwa 20 % einer Vielzahl verschiedener Quellen (z.B. Klebstoffanwendung, Holzschutzmittel, Flugzeugenteisung, etc.). Insgesamt wurden im Jahr 2000 etwa 117 kt VOC in Baden-Württemberg emittiert, etwa 54 kt entstammten dabei der Anwendung von Farben und Lacken. Innerhalb des Sektors „Anwendung von Farben und Lacken“ stellt das Maler- und Lackiererhandwerk zusammen mit den Heimwerkern die größte Quellgruppe dar, mit insgesamt 10 kt in 2000 in Baden-Württemberg. Dazu muss noch der Korrosionsschutz mit etwa 1,3 kt gezählt werden. Etwa 20 % der Lösemittlemissionen aus der Anwendung von Farben und Lacken werden in Baden-Württemberg durch das Maler- und Lackiererhandwerk verursacht. Bundesweit sind es etwa 30 %. Das Schreinerhandwerk verursachte 2000 etwa 4 kt Lösemittlemissionen in Baden-Württemberg. Etwa 70 % der Emissionen aus dem Maler- und Lackiererhandwerk sowie DIY-Anwendungen entstammten der Anwendung von Bautenlacken und Lasuren. Die restlichen Emissionen wurden durch die Anwendung von Dispersionsfarben für den Innenraum, Fassadenfarben auf Silikatbasis, Grundierungen, Überzüge sowie sonstige Bautenanstrichmittel verursacht.

Nach der Analyse der Ursachen der NMVOC-Emissionen wurden aufgrund der Erwartung, dass die Emissionen 2010 den NEC-Wert voraussichtlich um 20 % überschreiten werden, Möglichkeiten zur Minderung erörtert. In den anderen anthropogenen Quellgruppen Verkehr, Produktionspro-

zesse und Verbrennungsprozesse haben bereits erhebliche Minderungen seit 1990 stattgefunden haben, so dass die etwa 200 kt Überschreitungsmenge im Lösemittelbereich gemindert werden müssen. Bisherige emissionsmindernde Regelungen für NMVOC in Deutschland sind ausschließlich anlagenbezogen (2.BImSchV, 4.BImSchV, 31.BImSchV, IVU-Richtlinie). Diese gesetzlichen Maßnahmen sind anlagenbezogen und an Mengen- bzw. Kapazitätsschwellenwerte gebunden. Da jedoch ein großer Anteil der Emissionen außerhalb von Anlagen emittiert wird, setzt die EU hauptsächlich auf produktbezogene Regelungen.

Bei den möglichen Maßnahmen kann unterschieden werden in potenzielle Möglichkeiten, d.h. identifizierbare Minderungspotenziale und in konkret geplante Regelungen. Konkret geplant ist zur Zeit die Umsetzung der sogenannten „DECOPAINT“-Richtlinie. In Zukunft könnten aber auch Regelungen für die Bereiche Klebstoffanwendung und häusliche Anwendung von Lösemitteln, z.B. Limitierung des Lösemittelgehaltes in Haarsprays, erarbeitet werden. Außerdem wurde noch auf die Möglichkeit weiterer anlagenbezogener Maßnahmen hingewiesen. Dabei gibt es hauptsächlich zwei Möglichkeiten:

- 1) Die Herabsetzung der Schwellenwerte der 31.BImSchV in verschiedenen Anwendungsbereichen, z.B. im Schreinerhandwerk, der Oberflächenreinigung oder im Druckhandwerk.
- 2) Einbeziehung weiterer Quellgruppen in den Geltungsbereich der 31.BImSchV, z.B. den Bogenoffsetdruck-Anwendungen oder der gewerbliche Siebdruck

Zusammenfassend kann gesagt werden:

- 1) Lösemittlemissionen sind die größte NMVOC Quellgruppe in Baden-Württemberg und in Deutschland.
- 2) Etwa 40 % entstammen der Farb- und Lackanwendung. Andere größere Quellgruppen sind die häusliche Verwendung von Lösemitteln, Druckanwendungen und die Oberflächenreinigung
- 3) Der Zielwert der NEC-Richtlinie wird ohne weitergehende Maßnahmen voraussichtlich um etwa 20 % überschritten. Daher sind weitere Maßnahmen zur Minderung notwendig.
- 4) Da bereits erhebliche Minderungen durch anlagenbezogene Regelungen erreicht werden und wurden, wird der Schwerpunkt von mindernden Maßnahmen auf produktbezogenen Regelungen außerhalb von Anlagen liegen. Dabei wird die Umsetzung der „DECOPAINT“-Richtlinie erst der Anfang sein.

Vorstellung des Kommissionsvorschlags zur „DECOPAINT“-Richtlinie

H. Bartholemy, Technische Informationsstelle des Maler- und Lackiererhandwerks, Stuttgart

Dieser Vortrag sollte folgende Fragen beantworten:

- 1) Wer ist betroffen?
- 2) Welche Änderungen, welche Neuerungen werden erwartet ?
- 3) Konsequenzen für die Praxis?
- 4) Ab wann ist mit dem Inkrafttreten dieser Richtlinie zu rechnen?

Einführend wurde auf den schwierig abzugrenzenden Begriff „DECOPAINT“ hingewiesen, der im Prinzip zumindest in Deutschland gar nicht definiert ist. Der Begriff könnte als Bautenfarbe oder Dekorationsfarbe übersetzt werden. Es gab und gibt in Deutschland jedoch für diese beiden Begriffe keine Normung, so dass sie ziemlich beliebig verwendet werden.

Es wurden die bisher beschlossenen und zukünftig zu erwartenden Maßnahmen im Rahmen der Europäischen Luftreinhaltepolitik und deren nationale Umsetzung zur Minderung von VOC- Emissionen in KMU-Anwendungen vorgestellt. Hierbei handelt es sich auf europäischer Ebene um die sogenannte VOC-Richtlinie 1999/13/EG vom 11. März 1999 , die in Form der 31.BImSchV am 25.August 2001 in Deutschland implementiert wurde. In einem zweiten Minderungsschritt hat die Kommission im Dezember den **Vorschlag** einer produktbezogenen Richtlinie (KOM(2002)750) für die Anwendung von Farben und Lacken veröffentlicht.

Hiervon werden Kfz-Reparaturlacke, Bautenlacke und Bautenfarben betroffen sein. Dabei werden VOC-Limits für verschiedene Produktkategorien festgelegt. Die Reglementierung der verwendeten Produkte findet beim Inverkehrbringer, also den Lackproduzenten, statt. Die Überwachung findet entsprechend bei der Produktion bzw. dem Vertrieb lösemittelhaltiger Farben und Lacke statt.

Die Beschränkung auf den Festkörpergehalt eines Lacksystems ist zu kurz gefasst ist. Hierbei werden wichtige Parameter z. B. Overspray oder Energieverbrauch gar nicht mitberücksichtigt, die aber ebenfalls umweltrelevant sind. Der zulässige Lösemittelverbrauch solle aus ökologischen Gründen besser in einem direkten Bezug zur „Lackierleistung“ stehen. Diese kann bemessen werden nach der Größe der lackierten Fläche, der Stückzahl lackierter Teile, der verarbeiteten Menge Festkörper, den benötigten Arbeitsstunden, dem Umsatz oder anderen im Zusammenhang mit der verwendeten Lackmenge stehenden Parametern.

Es sind von der „Decopaint-Richtlinie“ zum einen Beschichtungsstoffe für den Baubereich und zum anderen Produkte für die Fahrzeugreparaturlackierung betroffen. Dabei werden Beschichtungsstoffe für Gebäude, Gebäudedekorationen, und Einbauten, Einrichtungen und damit in

Verbindung stehende Strukturen erfasst, mit dekorativen, schützenden oder sonstigen funktionalen Zwecken. Unter Einrichtungen (trim and fittings) können also z.B. auch Möbel verstanden werden.

Hiervon ausgenommen sind Beschichtungsstoffe, die in Anlagen verarbeitet werden, die schon von der VOC-Verordnung (31.BImSchV) erfasst sind. Die Kommission will mit dieser Regelung eine klare Abgrenzung von anlagenbezogenen Regelungen, hier der VOC-Richtlinie, sicherstellen.

Zum anderen sind Produkte für die Fahrzeugreparaturlackierung betroffen. Hier werden zum einen Produkte reglementiert, die zur Beschichtung und Untergrundvorbereitung im Rahmen der Fahrzeugreparatur verwendet werden oder Produkte zur Beschichtung von Fahrzeugen mit Reparaturlackstoffen außerhalb ihres Herstellungsortes. Dies betrifft nicht Produkte für die Lackierung von Anhängern, einschließlich Sattelanhängern (Klasse O).

Es wurden die konkret zu erwartenden Änderungen aus dem Richtlinienvorschlag vorgestellt. Danach werden maximale VOC-Gehalte in g/l, differenziert nach Wasserlacksystemen und lösemittelbasierten Systemen für 12 verschiedene Anwendungskategorien für die Bezugsjahre 2007 und 2010, festgelegt. Der Wert für lösemittelhaltige Holz- und Metallfarben für Gebäudedekorationen und -bekleidungen (innen und außen) für 2010 soll erst nach Erstellung einer gesonderten Fachstudie festgelegt werden. Insbesondere der maximale VOC-Gehalt für 2007 von 300 g/l für das gebrauchsfertige lösemittelbasierte Produkt dieser Kategorie wird besondere, bis 2007 kaum lösbare, Probleme verursachen. Das wesentliche Problem ist hier die Notwendigkeit der Entwicklung neuer Bindemittelsysteme. Etwa 80-90 % der in dieser Kategorie verwendeten Lacke basieren auf Alkydharz-Systemen. Diese Systeme haben im allgemeinen einen VOC-Gehalt von mehr als 300 g/l. Es gibt zur Zeit Systeme auf dem Markt, die unterhalb des für 2007 geforderten Wertes bleiben. Diese Systeme sind jedoch nur für den Korrosionsschutz geeignet. Die VOC-Limits für lösemittelbasierte Innenwandfarben für 2010 sind technisch nicht realisierbar. Damit werden für diesen Bereich lösemittelhaltige Systeme faktisch verboten. Für Deutschland ist dies kein Problem, da die angewendeten Systeme seit Anfang der 90er Jahre sowieso weitgehend wasserbasiert sind. Aber z.B. für Frankreich, wo gerade im Innenbereich gerne hochglänzende lösemittelbasierte Wandfarbenlacke verwendet werden, wird dies ein Problem darstellen.

Die VOC-Limits für den Fahrzeugreparaturbereich entsprechen weitgehend den Werten, die schon im Reduzierungsplan für diesen Bereich in der 31.BIMSchV festgelegt wurden. Allerdings sind hier die Anforderungen bzw. die festgelegten maximalen VOC-Gehalte nach dem Reduzierungsplan ab 2010 mit 250 g/l sehr anspruchsvoll. Diese hohen Anforderungen können voraussichtlich nur mit Hilfe von Reaktivverdünnern erreicht werden.

Es wurde am Beispiel der in Hamburg-Fuhlsbüttel vorherrschenden klimatischen Bedingungen anhand der Jahresgänge der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit aufgezeigt, dass sich

lösemittelverdünnbare Systeme praktisch unabhängig von der Jahreszeit verarbeiten lassen, gegebenenfalls auch bei Minustemperaturen.

Hamburg-Fuhlsbüttel

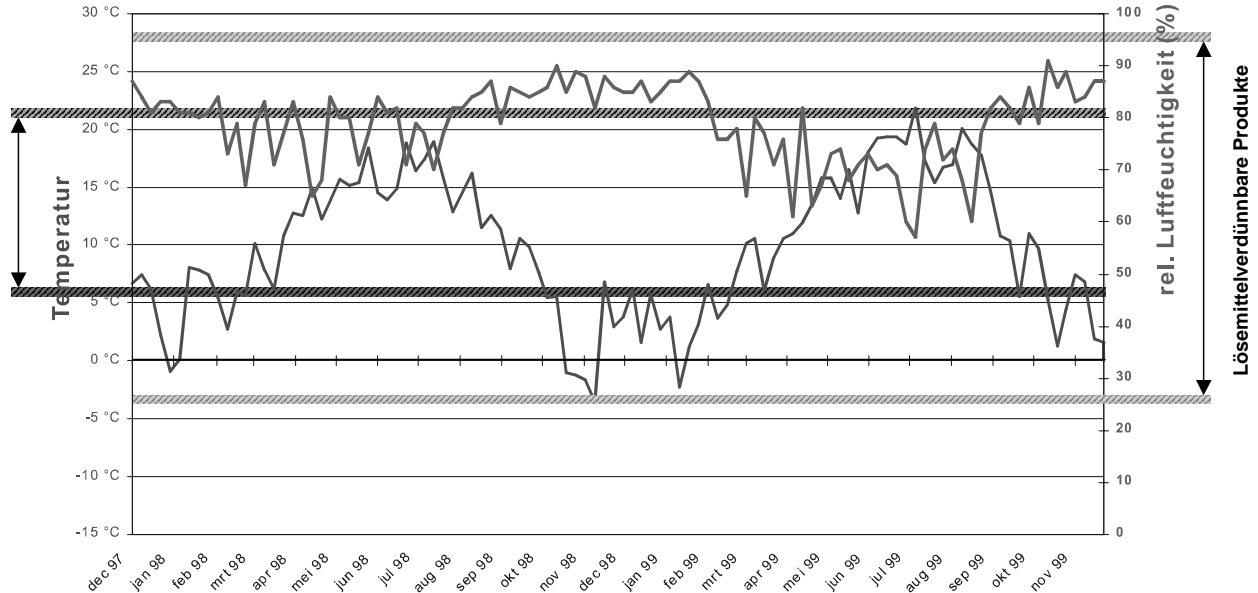


Abbildung 15: Notwendige klimatische Bedingungen zur Verarbeitung verschiedener Lacksysteme in Abhängigkeit von den realen klimatischen Verhältnissen

Dies ist bei wasserverdünnbaren Lacken nicht gegeben. Sie lassen sich unterhalb von 5°C nicht mehr verarbeiten und oberhalb einer relativen Luftfeuchte von 80 % auch nicht. Das heißt faktisch, dass die Außenanwendung bzw. die Anwendung in unbeheizten Innenräumen ungefähr von Oktober bis März nicht möglich ist. Dies ist ein erhebliches Handicap bei der Umsetzung der „Decopaint-Richtlinie“.

Es wurden die Anforderungen gewerblicher Anwender an Bautenfarben dargestellt, in Bezug auf die Verarbeitung, den Untergrund, die technische und ästhetische Funktionalität, sowie die Instandhaltung.

Darüber hinaus wurde der ungefähre zeitliche und formale Ablauf des voraussichtlichen Gesetzgebungsverfahrens, das die Richtlinie bisher durchlaufen hat und noch durchlaufen wird, beschrieben. Mit einem Beschluss der Richtlinie ist demnach etwa August 2004 zu rechnen. Mit der nationalen Umsetzung 18 Monate später.

„Stand der Technik bei der Einführung emissionsarmer Beschichtungen für die Möbel und kunststoffverarbeitenden Industrie“

T. Fauser, Votteler Lackfabrik GmbH & Co. KG

Durch verschiedene Gesetze und Verordnungen zwingt uns der Gesetzgeber immer mehr, sich über VOC-reduzierte Beschichtungsarten Gedanken zu machen. Es sind aber nicht immer nur die gesetzlichen Vorschriften, die zum Umdenken bewegen, sondern oft auch Fragen wie Mitarbeiterschutz, Nachbarschaftsbeschwerden oder Marketing-Gedanken. Bei der Lackierung von Kunststoffen ist mit dem Einsatz von wasserverdünnbaren Systemen oft auch eine Qualitätsverbesserung zu erzielen. Die Lackindustrie bietet hierzu eine Vielzahl von Lösungen an. Bedingt durch die große Anzahl von Möglichkeiten ist eine fundierte Beratung Grundlage für eine erfolgreiche Lösemittelreduzierung. Da inzwischen eine große Erfahrung in diesem Bereich vorliegt, kann durch eine Bestandsaufnahme vor Ort, meistens schon direkt nach der Begehung, eine Aussage getroffen werden, ob und in welchem Umfang der Einsatz von umweltfreundlichen Lacken möglich ist. Falls ein Einsatz unter den gegebenen Umständen nicht möglich ist, kann ein grober Umriss der Investitionskosten genannt werden. Eins muss allen Beteiligten allerdings klar sein, eine Umstellung ohne Änderung der Verfahrensschritte gelingt nur in den allerseltensten Fällen.

Wasserverdünnbare Systeme für Holz und Holzwerkstoffe

In der nachfolgenden Übersicht werden die derzeit zur Verfügung stehenden wasserverdünnbaren Systeme im Vergleich zu lösemittelhaltigen Lacken erläutert und ihre Vor- und Nachteile aufgezeigt.

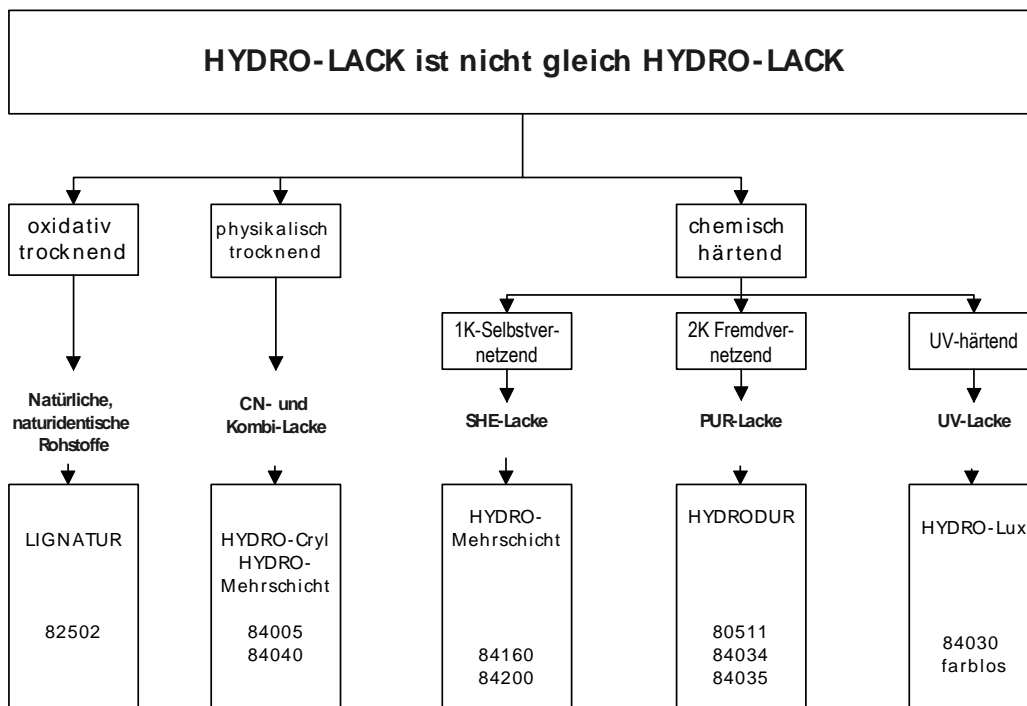


Abbildung 16: Wasserverdünnbare Systeme für Holz und Holzwerkstoffe

Vorteile von Hydro-Lacken gegenüber Lösemittellacken sind in folgenden Punkten zu sehen:

- Kaum Lösemittlemissionen, d.h. weniger Probleme mit Nachbarn und Mitarbeitern
- Rückgewinnung möglich, zumindest bei 1-komponentigen Systemen
- Gutes Weißbruchverhalten, d.h. sehr gute Haftung
- Höherer Festkörper als bei Polyurethan-Lacken, dadurch geringerer Verbrauch
- Reinigung mit Wasser möglich (Schmutzwasseraufbereitungsanlage kostet 2000-2500,-€)

Nachteile von Hydro-Lacken gegenüber Lösemittellacken sind in folgenden Punkten zu sehen:

- Feinerer Holzschliff notwendig, d.h. Körnung 180/220 als Endschliff notwendig
- Transport und Lagerung nicht unter 5° C, Verarbeitungstemperatur am besten 20-25 °C auch für die zu lackierenden Teile (!)
- Schlechtere Holzanfeuerung vor allem bei dunkleren Hölzern
- Korrosionsfreie Lackiergeräte, d.h. alle materialführenden Teile aus Edelstahl, keine Buntmetalle oder Aluminium

Wasserverdünnbare Systeme für Kunststoffe

Es werden für viele Bereiche wie z.B. Automobilindustrie, Folienlackierung, Unterhaltungselektronik, Beschläge, Spielwaren und vieles mehr wasserverdünnbare Systeme angeboten. Eine Umstellung von reinen Lösemittel-Aufbauten auf Hydro-Aufbauten bringt eine Lösemittelreduzierung von 70-80 %.

Vorteile von Hydro-Lacken gegenüber Lösemittellacken sind in folgenden Punkten zu sehen:

- geringere Lösemittlemission
- keine Fließlinienprobleme durch Anlösen von org. Lösemitteln
- besseres Ausgleichen bzw. Abdecken von Oberflächendefekten (Fließnähte, Poren, kleine Lunker)
- keine Spannungsrissskorrosion
- kein Anlösen des Kunststoffs und damit verbundene mögliche Verformung oder Verringerung der Festigkeitswerte
- höherer Lackfestkörper (geringere Auftragsmenge bei gleicher Schichtdicke)
- weniger Overspray
- kein Weißanlaufen
- Lackieranlagenreinigung mit VE-Wasser anstatt mit Lösemitteln
- kein Ex-Schutz notwendig
- Lieferviskosität=Verarbeitungsviskosität (kein Verdünnen vor der Verarbeitung erforderlich)

Anhand der folgenden Tabellen ist ersichtlich, dass mit dem Einsatz von Wärme die Trockenzeiten sogar schneller sein können als bei herkömmlichen lösemittelhaltigen Lacken. Auf Qualität wird in diesen Branchen besonders geachtet und großer Wert gelegt. Selbstverständlich müssen Hydro-Lacke dieselben Prüfkriterien wie lösemittelhaltige Materialien erfüllen.

Tabelle 22: Trockenzeiten von Lacksystemen ohne Wärmeunterstützung

Lacksysteme zum Spritzen	Abdunstzeit	RT 20 - 23 °C	Kühlzone
UV- Wasserlack		2 h	
Wasserlack konv.		min 16 h	
Wasserlack 2- K		min 24 h	
PURIDUR® - Lack		2 - 16 h	
1 - K – Lösemittel		60 min	
UV-Lösemittel		30 min	

Tabelle 23: Trockenzeiten von Lacksystemen mit Wärmeunterstützung

Lacksysteme zum Spritzen	Abdunstzeit	Umluft 60 °C	Kühlzone
UV- Wasserlack	2 - 3 min	10 min	1 - 2 min
Wasserlack konv.	2 - 3 min	25 - 30 min	1 - 2 min
Wasserlack 2- K	2 - 3 min	60 min	1 - 2 min
PURIDUR® - Lack	2 - 3 min	15 - 20 min	1 - 2 min
1 - K – Lösemittel	2 - 3 min	5 - 10 min	1 - 2 min
UV-Lösemittel	2 - 3 min	4 - 5 min	1 - 2 min

Tabelle 24: Trockenzeiten von Lacksystemen mit Thermoreaktortrocknung

	Abdunstzeit	Thermoreaktor	Kühlzone
UV- Wasserlack	2 - 3 min	4 - 5 min	1 - 2 min
Wasserlack konv.	2 - 3 min	8 - 10 min	1 - 2 min
Wasserlack 2- K	2 - 3 min	20 - 25 min	1 - 2 min
PURIDUR® - Lack	2 - 3 min	15 - 20 min	1 - 2 min
1 - K – Lösemittel	2 - 3 min	5 - 10 min	1 - 2 min
UV-Lösemittel	2 - 3 min	4 - 5 min	1 - 2 min

Zweikomponentige Wasserlacke haben die höchste Beständigkeit, aber eine relativ lange Trockenzeit. Trockenzeit ist unter realen Arbeitsbedingungen das K.O.-Kriterium. Wasserlacke sind teurer als herkömmliche lösemittelverdünnbare Lacksysteme.

UV Technologie fürs Handwerk

Arbeitsweise 1 : Glatte Teile mit Kantenbeschichtung im Walzaufbau

Glatte Flächen können im Walzverfahren kostengünstig und emissionsarm beschichtet werden. Voraussetzung ist allerdings eine hohe Stückzahl. Erfahrungen in Österreich haben gezeigt, dass sich das Walzverfahren bei Betrieben mit mehr als 15 Mitarbeitern bereits lohnt. Die Maschinenindustrie bietet hier eine Vielzahl von sogenannten Kleinanlagen an.

Anlagenvorschub 10 – 25 m / min

1. Farbgebung, falls erforderlich.
2. zweimaliges Spritzen der Kanten im Stapel mit Zwischenschliff
3. Trocknen
4. Grundieren der Fläche im Walzverfahren mit 100 % Lacken.
5. Aushärten 7,5 m / min / Str. 80 W.
6. Schleifen der Fläche, Körnung 320-500.
7. Decklackieren der Fläche im Walzverfahren mit 100 % Lacken.
8. Aushärten 7,5 m / min / Str. 80 W.

Um möglichst viele Flächen im Walzverfahren beschichten zu können, ist es notwendig, sich schon beim Design Gedanken über eine rationelle Oberflächenveredelung zu machen. So können zum Beispiel Zierleisten auch auf eine fertig beschichtete Fläche aufgeklebt werden. Schreinereien, welche bis jetzt Kapazitätsprobleme bei größeren Aufträgen mit dem Lackieren hatten, sind dank der Walztechnik nun in der Lage, diese kostengünstig zu kalkulieren und in einer vernünftigen Zeitplanung abzuwickeln.

Arbeitsweise 2 : Kombi aufbau walzen und spritzen

Für Fronten ist die Finishlackierung mittels Walzauftrag in der Qualität nicht immer ausreichend. In diesen Fällen muß die Front mit einem Spritzlack fertig lackiert werden. Dank moderner UV-Spritzlacke auf wässriger Basis ist dies heute ohne Qualitätseinbußen möglich.

1. Farbgebung falls erforderlich.
2. Spritzen der Kanten im Stapel
3. Trocknen
4. Grundieren der Fläche im Walzverfahren mit 100 % Lacken.
5. Aushärten 7,5 m / min / Str. 80 W.
6. Schleifen der Fläche und der Kanten, Körnung 320-500.
7. Spritzen der Fläche und der Kante mit Hydro-Lux-Vario.
8. Trocknung :5 min bis 30° C Umlufttrockner.und 8 min ansteigend bis 60° C
Düsentrockner oder 1 h bei 20 – 23°C
9. UV-Härten 3 m / min / Str. 80 W pro cm. Quecksilberdotiert

Eine Kombination zwischen Walzen und Spritzen kann auch sinnvoll sein bei Profilen, wie sie beim Einsatz von MDF in der Türenfertigung sehr häufig vorkommen. In diesem Fall werden

Theloke, Ondratschek, Friedrich

die Einfräsungen vorgespitzt und die Fläche dann gewalzt. Dies ist natürlich nur dann interessant, wenn die Vertiefungen einen gewissen Anteil zur Fläche (ca. 5 – 15 %) nicht überschreiten. Auch in der Tischplattenfertigung ist eine Kombination zwischen Walzen und Spritzen oft von Vorteil, wobei hier, außer der VOC-Minderung, vor allem eine höhere Qualität erzielt wird. Beim Einsatz der Kantenlacke ist auf eine Farbgleichheit zwischen Kante und Fläche zu achten, da verschiedene Lacksysteme auch verschieden anfeuern.

Der Einsatz von Wasserlacken sollte immer von einem Beratungsgespräch mit dem Kunden vor Ort begleitet sein.

„Lackindustrie – und europäische Gesetzgebung – was kommt auf die Branche zu?“

E. Gartz, CD Color GmbH&Co KG

Es wurde kurz der Richtlinien-Vorschlag der EU-Kommission vorgestellt und die typische Zusammensetzung von lösemittelbasierten Lacken gezeigt und illustriert, welchen VOC-Gehalt zur Zeit erhältliche Spitzenprodukte für die Kategorie „Holz- und Metallfarben für Gebäudedekorationen und Verkleidungen (innen und außen)“ typischer Weise haben.

Tabelle 25: Typische VOC-Gehalte von Spitzenprodukten der Kategorie „Holz- und Metallfarben für Gebäudedekorationen und Verkleidungen (innen und außen)“

Kategorie	VOC-Gehalt (g/l)
Weißlacke HG	ca. 360
Weißlacke SG	ca. 380
Grundierungen	ca. 400
Vorlack	ca. 440
Heizkörperlack	ca. 470

In diesem Zusammenhang wurde auf die Problematik der Definition des VOC-Gehaltes in Masse VOC/Lackvolumen hingewiesen. Diese Definition hat zur Folge, dass Produkte mit einer höheren spezifischen Dichte im Vergleich zu Produkten mit einer niedrigeren Dichte bei einem gleichen prozentualen Anteil VOC einen höheren VOC Gehalt haben.

Tabelle 26: Beispiel zur Darstellung des Unterschiedes zwischen dem VOC-Anteil in % und dem VOC-Gehalt in g/l

	System I	System II
Spezifische Dichte (g/cm ³)	1,5	1,0
VOC-Anteil (%)	30	30
VOC – Gehalt (g/l)	450	300

Die Lackindustrie hat zwei potenzielle Optionen, um lösemittelarme Systeme auf den Markt zu bringen, die den Vorgaben der Richtlinie entsprechen. Jede dieser Optionen ist stark abhängig von der Entwicklung entsprechender Bindemittelsysteme.

1) Dispersionslacke

Dispersionslacke enthalten 40-50 % Wasser und 0-10% Lösemittel. Ihr mittlerer Festkörperanteil liegt bei etwa 50%. Bei den Bindemittelsystemen für Dispersionslacke handelt es sich um feinteilige Acrylharze, Polyurethane, Acryl-Polyurethan-Copolymerisate oder Alkydharzemulsionen. Gute Systeme gibt es schon heute neben den sogenannten Dispersionsfarben z. B. für seidengänzende Lacke, Grundierungen und die Lackierung von Heizkörpern.

2) High-Solid-Systeme

Lösemittelverdünnbare High-Solid Lacke enthalten 0-20 % organische Lösemittel. Hierfür werden Alkydharze kleiner Molekülgröße und hoher Reaktivität benötigt. Der Festkörperanteil muss größer als 78 % sein. Diese Bindemittel müssen einen deutlich höheren Festkörperanteil haben, bei gleicher Viskosität und eine deutlich höhere Reaktivität als bisher auf dem Markt erhältliche Systeme aufweisen. Die Bindemittelpreise werden bei diesen Anforderungen um 60-80 % steigen. Daher werden auch die Lackpreise steigen, aufgrund der gestiegenen Rohstoffpreise, sowie aufgrund der wesentlich höheren Dichte des Lackes. Und es ist zu erwarten, dass die Lacke eine deutlich höhere Filmstärke aufweisen werden.

Es sind folgende Probleme für den Verarbeiter zu erwarten:

- 1) Es ist mit einer zäheren Verarbeitung zu rechnen, da das Lösemittel als „Schmiermittel“ fehlt. Dadurch wird der Handwerker bzw. Verarbeiter einer höheren ergonomischen Belastung ausgesetzt sein.
- 2) Die Durch- und Staubtrocknung verzögert sich in erheblichem Maße. Dadurch ist die sogenannte Läuferneigung ausgeprägter, das Ablaufverhalten stärker und die Gefahr von Runzelbildung größer.
- 3) Durch Mikrorunzelung können die Glanzeigenschaften erheblich beeinträchtigt werden.
- 4) Die Vergilbung ist bei High Solid Systemen stärker ausgeprägt.
- 5) Die Lagerstabilität wird gesenkt

Darüber hinaus kann die Entwicklung von High Solid Systemen möglicherweise zu einer Abkehr von Isoparaffinen und damit zu einer Renaissance von aromatenhaltigen Testbenzinsystemen führen. Diese besitzen ein höheres Lösevermögen und erzielen somit bei gleicher Zugabemenge niedrigere Lackviskositäten. Jedoch haben High-solid-Systeme außer, dass sie die vorgegebenen Lösemittelgehalte der „DECOPAINT“-Richtlinie einhalten, auch weitere Vorteile:

- 1) die sehr guten Eigenschaften in Bezug auf Benetzung, Penetration, Haftung und Beständigkeit gegen Haushaltschemikalien der bisher weitverbreiteten Alkydharzsysteme können weiterhin genutzt werden.
- 2) Auch unter ungünstigen klimatischen Verhältnissen ist eine Verarbeitung nach wie vor möglich.
- 3) Alkydharzsysteme haben eine sehr gutes Deckvermögen und eine gute Fülle.
- 4) Sie sind in Bezug auf Arbeitsschutz unbedenklicher als PUR- oder Epoxi-Systeme

- 5) Sie ermöglichen relativ lange Lagerzeiten des verschlossenen Gebindes und benötigen keine Biozide um den mikrobiologischen Befall zu verhindern.
- 6) Durch die hohe mechanische Widerstandsfähigkeit sind lange Renovierintervalle gewährleistet.
- 7) Sie zeichnen sich durch genügend lange Offenzeiten aus. Somit ist auch ein ansatzfreies Arbeiten gewährleistet.
- 8) Alkydharzsysteme charakterisiert ein sehr guter Verlauf sowie gute Glanzeigenschaften.

Partielle Qualitätsverluste sind nicht auszuschließen.

Vor dem Hintergrund der „DECOPAINT“-Richtlinie mit ihrem Ziel der Verwendung lösemittelarmer Lackprodukte für die Kategorie „Holz- und Metallfarben für Gebäudedekorationen und –verkleidungen innen und aussen“ werden die Lackproduzenten zukünftig zwischen einer „Profi-Produktlinie“ für den professionellen Maler und Lackierer und einer „Standard Produkt-Reihe“ für den Heimwerker differenzieren.

Die Produktlinie für professionelle Anwender soll folgende Eigenschaften haben:

- 1) Es werden hochwertige Anstrichergebnisse gewährleistet
- 2) Die Lacksysteme werden einer relativ aufwändigen Applikation bedürfen. Es wird sich weitgehend um lösemittelhaltige High-Solid-2-Komponenten-Materialien handeln. Gegebenenfalls sollen auch wasserverdünnbare 2-Komponenten –Systeme angeboten werden.
- 3) Es wird profihaftes Design gewährleistet sein.

Für den Heimwerker wird eine Produktlinie angeboten, die bei einfacher Applikation ein breites Produktspektrum gewährleistet. Die Produkte werden besonders umweltfreundlich und wasser verdünnbar sein. Die Anstrichergebnisse werden dem Stand der Technik entsprechen. Es Wasserverdünnbar bedeutet nicht lösemittelfrei und z. B. Ethylenglykol, ein typisches Lösemittel für wasser verdünnbare Systeme, steht im Verdacht fruchtschädigend zu sein.

Die Anforderungen der Richtlinie für Wandfarben werden in Deutschland als unproblematisch bezüglich ihrer Umsetzung eingeschätzt, da fast lösemittelfreie Dispersionsfarben Stand der Technik sind. In anderen Ländern in Europa, z.B. Frankreich, werden die vorgegebenen VOC-Gehalte für lösemittelhaltige Systeme zu Problemen führen, da hier noch hochglänzende lösemittelverdünnbare Wandfarben weit verbreitet sind. Und die in der Richtlinie vorgegebenen Werte für lösemittelverdünnbare Systeme bedeuten faktisch ein Verbot lösemittelverdünnter Farbsysteme, da sie technisch nicht erreichbar sind.

Die Innenanstriche für Wände und Decken sind in Deutschland üblicherweise matt. Da die Bindemittelhersteller neue Dispersionsmaterialien entwickelt haben, konnte seit Beginn der 90er Jahre

Theloke, Ondratschek, Friedrich

der Lösemittelgehalt in diesen Systemen drastisch gesenkt werden. Durch mehrphasigen Aufbau der Polymerteilchen wurde es möglich, den mittleren Festkörperanteil des Polymers bei gleichbleibender Härte zu senken. Dadurch wird auch weniger bis gar kein Lösemittel mehr benötigt.

Aufgrund der „DECOPAINT“-Richtlinie werden lösemittelhaltige Innenanstriche verschwinden. Dies ist auch unter Aspekten des Arbeitsschutzes zu begrüßen. Eine zweite Strategie, neben der Entwicklung von High-solid-Systemen und Very-High-Solid-Systemen, ist die Entwicklung wasserverdünnbarer Beschichtungsstoffe für Holz- und Metalloberflächen. Ziel dabei ist die Entwicklung von Systemen, die die gleiche Belastbarkeit und Oberflächenqualität erreichen wie die lösemittelverdünnteren Systeme. Deshalb müssen aus heutiger Sicht noch folgende Eigenschaften bei den wasserverdünnbaren Systemen verbessert werden:

- Verarbeitbarkeit, Offenzeit.
- Trockenverhalten bei hohen und niedrigen Temperaturen.
- Thermoplastizität.
- Glanz
- Schleifbarkeit
- Geringe Schichtdicke und Fülle
- Korrosionsschutz

Wasserverdünnbare Lacksysteme erreichen höchsten den Semigloss-Bereich. Hochglänzende Systeme sind technisch nur schwer realisierbar. Alkydemulsionslacke vergilben schneller als lösemittelverdünntere Systeme. Die Glanzhaltung wasserverdünnbarer Systeme ist meist schlecht. Auf rauen Untergründen ist aufgrund geringerer Feststoffanteile mit mangelnder Fülle und Glanzproblemen zu rechnen. Bei gutem Glanz ist mit schlechter Blockfestigkeit zu rechnen. Auch Hybrid-Systeme (Alkydharz-/Acrylsysteme) können diese Probleme nicht vollständig beseitigen. Daher ist die Entwicklung neuer Bindemittelsysteme dringend erforderlich, um auch glänzende Oberflächen mit wasserverdünnbaren Lacksystemen zu erreichen. Eine Zwischenlösung ist sicherlich die Verwendung von Klarlacken als Decklacke. Dieses Konzept wird seit vielen Jahre in der Automobilserienproduktion angewendet. Die Vorteile wasserverdünnbarer Lacksysteme sind :

- Geringe Vergilbung
- Gute Wasserdampfdurchlässigkeit
- Rasche Trocknung bei Normklima
- Geringe Versprödung bei Alterung
- Geruchsarmut

Es sollten die Vorteile wasserverdünnter Lacksysteme genutzt werden, wo dies möglich ist. Die Verwendung wasserverdünnter Lacksysteme ist heute schon bei Heizkörperlacken, Lasuren, Parkettlacken und Zinkbeschichtungen sehr empfehlenswert. Es gibt auch die Möglichkeit, Kombinationen anzuwenden, d.h. z.B. einen wasserverdünnten Haftprimer in Kombination mit einer lösemittelhaltigen Deckbeschichtung anzuwenden. Hierbei könnten auch neue Techniken benutzt werden, z.B. die Überarbeitung mit wasserverdünntem Klarlack oder 2-K-Materialien im lösemittelverdünnten Bereich als High-solids.

Abschließend kann resümiert werden, dass sich der Maler und Lackierer in Zukunft beim Einsatz VOC-armer Produkte noch intensiver mit der Qualität des Untergrundes, den Verarbeitungsbedingungen sowie der zu erwartenden ergonomischen Belastung auseinandersetzen muss. Dies schließt auch die Erkenntnis ein, dass ein qualitativ guter Werkstoff seinen Preis hat, da es billige Lacke nicht mehr geben wird.

In Tabelle 27 wird anhand eines Benotungssystems von 1 bis 6 eine qualitative Bewertung verschiedener lösemittelverdünnter und wasserverdünnter Lacksysteme in Bezug auf verschiedene Eigenschaften vorgenommen.

Tabelle 27: Qualitative Bewertung verschiedener lösemittelverdünnter und wasser verdünnter Lacksysteme in Bezug auf verschiedene Eigenschaften

	Alkydharzlacke aromatenhaltig	Alkydharzlacke aromatenfrei	DECOPAINT- konforme Lacke	Acryl-/PU- Lacke	Hybrid- systeme
Verarbeitung	1	1	2	4	2
Trocknung	1	2	3	4	4
Glanz	1	1	2	4	4
Verlauf	1	1	2	4	3
Deckkraft	2	2	1	3	3
Oberflächenhärte	2	2	3	4	3
Wetterbeständigkeit	3	3	3	2	2
Tönbarkeit	2	3	4	2	2
VOC	6	6	2	1	1
Preis	1	2	4	3	2

Verarbeitungsempfehlungen für Wasserlacke in metallverarbeitenden Betrieben vor, als exemplarisches Beispiel zur Implementierung von wasserverdünnbaren Lacksystemen
D. Ondratschek, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart

Die voraussichtlichen Vorgaben der Decopaint-Richtlinie für die Anwendung von Farben und Lacken im Metallverarbeitenden Gewerbe sind in Tabelle 28 dargestellt.

Tabelle 28: Voraussichtliche Vorgaben der „DECOPAINT“-Richtlinie für die Anwendung von Farben und Lacken im Metallverarbeitenden Gewerbe

		Maximaler VOC-Gehalt in g/l	
		Phase I (01.01.2007)	Phase II (01.01.2010)
Lacke für innen und außen, auf Holz und Metall, z.B. Fenster, Türen, Wandverkleidungen	wasserverdünnbar	150	130
	lösemittelverdünntbar	400	300
Klar- und Transparentlacke, Lasuren für innen und außen auch deckende und halbdeckende Lasuren für Metall	wasserverdünnbar	150	100
	lösemittelverdünntbar	500	400
Einkomponentenspeziallacke (z.B. für Grundierungsbeschichtungen für reaktive Metalle wie z.B. Zink, Aluminium; Rostschutzanstriche)	wasserverdünnbar	140	140
	lösemittelverdünntbar	600	500

Es wurde eine konkrete Verarbeitungsempfehlungen für Wasserlacke im metallverarbeitenden Gewerbe vorgestellt, die im Rahmen des Projektes entwickelt wurden. Diese Verarbeitungsempfehlungen sind Anhang II zu entnehmen. Wenn diese Empfehlungen und die darin enthaltenen Randbedingungen für die Verarbeitung berücksichtigt werden, ist die Anwendung von Wasserlacken nach dem heutigen Stand der Technik kein Problem mehr.

Darüber hinaus sind folgende, wichtige Randbedingungen bei der Verarbeitung von wasserbasierenden Lacksystemen zu beachten:

- 1) Ganz besonders wichtig sind die Trocknungsbedingungen, da Wasser einen höheren Dampfdruck als organische Lösemittel aufweist und auf der anderen Seite die Umgebungsluft Feuchtigkeit nur bis zu einer temperaturabhängigen Sättigung aufnehmen kann. Dies erfordert die Beachtung folgender Maßnahmen:
 - a) Häufiger Luftaustausch am Verarbeitungsort.
 - b) Die Luft sollte mindestens bei Raumtemperatur liegen und möglichst trocken sein. Ähnlich wie im Schreinerbereich könnten hier neuentwickelte, belüftete Hordenwagen eingesetzt werden.

Es sollte eine gleichmäßig über die gesamte Lackschichtoberfläche des Werkstücks verteilte Luftströmung mit einer Geschwindigkeit von 0,5 bis 1,5 m/s schräg zur Oberfläche in einem Winkel von 30° bis 60° geblasen werden. Ebenso ist auf die Konditionierung der Trocknungsluft im Sinne eines möglichst geringen Feuchtegehaltes zu achten. Dies kann durch Einsatz von getrockneter Druckluft, Lufterwärmung oder Substraterwärmung gewährleistet werden.

- 2) Besonders wichtig ist das Gespräch mit dem Kunden. Dabei kann die Umweltargumentation im allgemeinen nur dann eingesetzt werden, wenn der Metallverarbeiter entsprechendes Fachwissen über Technik und Oberflächenmaterialien besitzt und darüber hinaus von dem Nutzen der eingesetzten Lacksysteme überzeugt ist. Deshalb ist auch der Wissenstransfer vom Lackhersteller zum Verarbeiter sehr wichtig. Hierbei ist der sinnvollste Weg, die Erarbeitung von Verarbeitungsempfehlungen für Wasserlacksysteme, die von der Auftragsvorbereitung bis zur Entsorgung alle wesentlichen Punkte berücksichtigen, um eine gute Verarbeitungsqualität zu erzielen. Sinnvoll ist auch ein Informationsaustausch zwischen den Metallverarbeitern, der durch die entsprechenden Fachverbände des Handwerks, die Innungen und Handwerkskammern gefördert werden sollte.

Qualitätsgerechte und effektive Maßnahmen zur Luftreinhaltung in handwerklichen und industriellen Lackierereien untersucht,

J. Domnick, A. Scheibe, R. Hruschka, D. Ondratschek, IFF, Universität Stuttgart

1. Kurzbeschreibung des Forschungsergebnisses

Im Rahmen dieses Projektes wurden für typische Klein-Lackieranlagen bedarfsgerechte, kostengünstige und auch nachweislich funktionsfähige Musterlösungen zur Optimierung der Kabinenströmung und zur Verbesserung des Lösemittelabtransports erarbeitet. Hierfür wurden verschiedene Verfahren zur Simulation von Raumströmungen eingesetzt und mit umfangreichen Praxismessungen verifiziert. Die erbrachten Forschungsergebnisse bestätigen die Richtigkeit des eingeschlagenen Lösungswegs und zeigen für die betrachteten Anlagenbeispiele deutliche Verbesserungsvorschläge auf. Als Ergebnis für Betreiber und Hersteller entsprechender Lackieranlagen liegt mit dem Bericht dieses Forschungsprojektes auch eine bisher nicht verfügbare Planungsgrundlage in Form eines Musterkatalogs vor.

2. Welche Fortschritte ergeben sich in Wissenschaft und/oder Technik durch die Ergebnisse?

Durch Lack-Overspray und Lösemittel entstehen auch bei kleineren handwerklichen und industriellen Betrieben insgesamt erhebliche Belastungen der Umwelt, des Betriebspersonals und der Produktionsabläufe. Für Baden-Württemberg wird allein die Lösemittelbelastung mit ca. 10.000 t/a angegeben. Eine Verbesserung dieser Situation und die Lösung der hierbei auftretenden Probleme ist entscheidend von der Auslegung der tatsächlich erforderlichen Lüftungstechnischen Maßnahmen und der effektiven Betriebsweise der installierten Anlagen abhängig. Mit Hilfe der im Rahmen dieses Projektes erarbeiteten Erkenntnisse können für die einzelnen Betriebe schnelle, individuelle und kostengünstige Verbesserungsmaßnahmen gefunden werden.

3. Welche Empfehlung ergibt sich aus dem Forschungsbericht für die Praxis?

Die Umsetzung der aufgezeigten Verbesserungsmöglichkeiten scheiterte bisher einerseits an der Unkenntnis der Betreiber über den tatsächlich erforderlichen Aufwand und der damit zusammenhängenden Befürchtung hoher Investitions- und Betriebskosten und andererseits an der Unkenntnis über die effektive Betriebsweise der installierten Anlagen. Publikationen wie dieser Forschungsbericht und gezielte Beratungsgespräche können hier entscheidend zu einer umfassenden Aufklärung beitragen. Hierbei sollte verstärkt die Methode der numerischen Strömungssimulation als effektives und zeitsparendes Hilfsmittel zur Erarbeitung von Anlagen- und Prozessalternativen eingesetzt werden

Anhang II

Verarbeitungsempfehlungen für Wasserlacke im metallverarbeitenden Gewerbe

	Problemstellung	Empfehlungen
Lagerung der Lacke	Lacke werden bei Temperaturen unter 4°C zerstört	<ul style="list-style-type: none"> • Gebinde in temperierten Räumen lagern - nicht auf dem Boden abstellen - geeignete Lagerregale verwenden
Vorbereitung des Lackauftrags	Hautbildung, die z.B. in Gebinden auftreten kann, verursacht Folgeschäden	<ul style="list-style-type: none"> - Gebinde immer dicht verschließen - Haltbarkeitsdatum beachten - Lack filtern, notfalls Haut abschöpfen - niemals Haut einrühren, da angetrocknete Lackteile Partikel bilden können
	Evtl. Effektunterschiede zwischen Lösemittellacksystemen und Wasserlacksystemen	<ul style="list-style-type: none"> - Lackiermuster für Kundenberatung vorbereiten
	Lacke, Lackiergeräte und die zu beschichtende Oberfläche müssen Raumtemperatur bei der Verarbeitung haben.	<ul style="list-style-type: none"> - Lacke, Lackiergeräte und Werkstücke in Innenräumen entsprechend temperieren
	Verarbeitungszustand der Lacke kontinuierlich sicherstellen	<ul style="list-style-type: none"> - Lacktemperatur vor der Verarbeitung festlegen und entsprechend einstellen (ca. 20°C, erforderlichenfalls bis zu 40 °C) - Viskosität mit Wasser im Auslaufbecher einstellen (falls machbar, ohne VE-Wasser)
	Lackiergeräte müssen für die Verarbeitung von Wasserlacken geeignet sein	<ul style="list-style-type: none"> - geeignete Düsendgröße - alle lackführenden Teile müssen korrosionsbeständig sein, d.h. aus Edelstahl - Buntmetalle vermeiden - Lackiergeräte müssen überprüft und bei Bedarf umgerüstet werden
	Nur „echter“ 2-K-Wasserlack hat eine vergleichbare chemische Beständigkeit wie lösemittelbasierte 2-K-Lacksysteme	<ul style="list-style-type: none"> - 1-Komponenten-Wasserlack nur bei rel. geringer chemischer und mechanischer Beanspruchung der Werkstücke verwenden

	Problemstellung	Empfehlungen
Vorbereitung der Werkstücke	Zu beschichtende Oberflächen müssen frei von Staub, Fett oder anderen haftmindernden Verunreinigungen und auf Raumtemperatur temperiert sein	<ul style="list-style-type: none"> - Oberflächen müssen entrostet, entfettet und gereinigt werden - Vor allem NE-Metalle (Zink, Aluminium) bedürfen einer Oberflächenvorbehandlung entsprechend den Empfehlungen der Merkblätter 5 und 6 des Bundesausschusses Farbe und Sachwertschutz
Lackauftrag (gilt insbesondere für 2-K- Lacke)	Bei 2-K-Lacken muss die verarbeitungsfähige Mischung innerhalb einer vom Hersteller festgelegten Zeit verbraucht werden. Nach Ablauf dieser Topfzeit ist das Material nicht mehr verarbeitbar.	<ul style="list-style-type: none"> - Immer nur soviel Material in verarbeitungsfähigem Zustand vorhalten, wie in der festgelegten Zeit verarbeitet werden kann. - Sorgfältige Mischung und Dosierung des Lacksystems notwendig
	Gleichmäßiger Lackauftrag notwendig, um die Schichtdicken einzuhalten (Ablaufverhalten, Trocknung)	<ul style="list-style-type: none"> - Zum Rollen, Streichen und für Airless-Spritzverfahren sind teilw. Sondereinstellungen nötig; dies sollte beim Lackhersteller nachgefragt werden.
Ablüften und Trocknen der Lackschicht	Übermäßig lange Ruhezeit bis zur Grifffestigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Für Luftbewegung an der Werkstückoberfläche (Größenordnung 0,5-1,5 m /min) sorgen, z.B. über Ventilatoren oder Belüftung im Hordenwagen - Zusätzliche Verkürzung der Ruhezeit durch Temperaturerhöhung der Luft

	Problemstellung	Empfehlungen
Reinigung der Arbeitsgeräte	Schnelles Verkleben von Spritzdüsen bei Lackierpausen	<ul style="list-style-type: none"> - Düsen der Lackiergeräte durch Einhängen in Wasserbad oder geeignete Wasserlackverdünner feucht halten
	Verschmutzen der Arbeitsgeräte	<ul style="list-style-type: none"> - Reinigen der Lackiergeräte und sonstigen Werkzeuge nur mit geeignetem Spülmittel (Wasser mit Zusätzen), erforderlichenfalls mit Wasser-Butylglycol-gemisch (10:1). - Beim Wechseln von Lösemittellack zu Wasserlack und umgekehrt mit Alkohol, z.B. Spiritus, zwischenspülen.
	Gehärtete Lackreste verunreinigen frische Lackschichten	<ul style="list-style-type: none"> - Lackiergeräte müssen immer vollständig gereinigt werden. - Spritzdüsen während der Lackierarbeit immer feucht halten.
Arbeitssicherheit	Wasserlacke enthalten bis zu 20 % Lösemittel. Diese sind meist geruchsarm und gesundheitsgefährdend. Außerdem enthalten die Härter Isocyanat wie bei konventionellen 2K-Lacken	<ul style="list-style-type: none"> - Immer Atemmaske und Handschuhe tragen (entsprechend der Lösemittellackverarbeitung)
	Lösemittelausgasungen beim Ablüften und Trocknen	<ul style="list-style-type: none"> - Ist nach dem bekannten Entwicklungsstand gesundheitlich nicht unbedenklicher als beim Einsatz von Lösemittellacken, aber die Gesamtkonzentration ist bei Wasserlacken geringer.
Auswaschung	Schaumbildung in der Nassauswaschung	<ul style="list-style-type: none"> - Vom Hersteller empfohlene Koaguliermittel verwenden
Entsorgung	Entsorgung von Lackresten	<ul style="list-style-type: none"> - Lackreste in Kleinmengen mit Härter versetzen und über Nacht aushärten lassen. - Als Hausmüll ähnlich Kunststoffabfälle entsorgen. - Möglicherweise Lackhersteller über eine Rücknahme befragen.
	Entsorgung von Spülmittel-Lackgemisch vom Reinigen	<ul style="list-style-type: none"> - Lackhersteller wegen Rücknahme befragen
Gesundheitsgefährdung	Lösemittel, die über längere Zeit auch beim Endverbraucher ausgasen	<ul style="list-style-type: none"> - Ist nach bekannten Entwicklungsstand gesundheitlich nicht bedenklicher als beim Einsatz von Lösemittellacken

Darüber hinaus sind folgende, wichtige Randbedingungen bei der Verarbeitung von wasserbasierenden Lacksystemen zu beachten:

- Ganz besonders wichtig sind die Trocknungsbedingungen, da Wasser einen höheren Dampfdruck als organische Lösemittel aufweist und auf der anderen Seite die Umgebungsluft Feuchtigkeit nur bis zu einer temperaturabhängigen Sättigung aufnehmen kann. Dies erfordert die Beachtung folgender Maßnahmen:
 - a) Häufiger Luftaustausch am Verarbeitungsort.
 - b) Die Luft sollte mindestens bei Raumtemperatur liegen und möglichst trocken sein. Ähnlich wie im Schreinerbereich könnten hier neuentwickelte, belüftete Hordenwagen eingesetzt werden.
- Es sollte eine gleichmäßig über die gesamte Lackschichtoberfläche des Werkstücks verteilte Luftströmung mit einer Geschwindigkeit von 0,5 bis 1,5 m/s schräg zur Oberfläche in einem Winkel von 30° bis 60° geblasen werden. Ebenso ist auf die Konditionierung der Trocknungsluft im Sinne eines möglichst geringen Feuchtegehaltes zu achten. Dies kann durch Einsatz von getrockneter Druckluft, Lufterwärmung oder Substraterwärmung gewährleistet werden.
- Besonders wichtig ist das Gespräch mit dem Kunden. Dabei kann die Umweltargumentation im allgemeinen nur dann eingesetzt werden, wenn der Metallverarbeiter entsprechendes Fachwissen über Technik und Oberflächenmaterialien besitzt und darüber hinaus von dem Nutzen der eingesetzten Lacksysteme überzeugt ist. Deshalb ist auch der Wissenstransfer vom Lackhersteller zum Verarbeiter sehr wichtig. Hierbei ist der sinnvollste Weg, die Erarbeitung von Verarbeitungsempfehlungen für Wasserlacksysteme, die von der Auftragsvorbereitung bis zur Entsorgung alle wesentlichen Punkte berücksichtigen, um eine gute Verarbeitungsqualität zu erzielen. Sinnvoll ist auch ein Informationsaustausch zwischen den Metallverarbeitern, der durch die entsprechenden Fachverbände des Handwerks, die Innungen und Handwerkskammern gefördert werden sollte.