

**Umweltforschungsplan
des Bundesministers für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit**

Luftreinhaltung

Forschungsbericht 295 42 628

Ermittlung der Lösemittlemissionen 1994 in Deutschland und Methoden zur Fortschreibung

von

**Jochen Theloke
Andreas Obermeier
Rainer Friedrich**

**Universität Stuttgart
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)
Abteilung Technikfolgenabschätzung und Umwelt
Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. A. Voß**

**IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES**

Juni 2000

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB 295 42 628	2. Luftreinhalteung	3. Lösemittlemissionen
4. Titel des Berichts Ermittlung der Lösemittlemissionen in Deutschland 1994 und Fortschreibungsmethoden		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Theloke, Jochen Obermeier, Andreas Friedrich, Rainer	8. Abschlußdatum 06.03.2000	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart Heßbrühlstr. 49a 70565 Stuttgart	9. Veröffentlichungsdatum 17.06.2000	10. UFOPLAN-Nr. 295 42 628
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin	11. Seitenzahl 336	12. Literaturangaben 157
	13. Tabellen und Diagramme 221	14. Abbildungen 21
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung <p>Die anthropogene Emission flüchtiger organischer Verbindungen (NMVOC) wird zu einem erheblichen Teil durch die Anwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten verursacht. NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compounds) stellen eine Stoffgruppe mit vielfältigen Wirkungen dar. Einzelne Komponenten besitzen karzinogene Eigenschaften. NMVOC tragen gemeinsam mit NO_x zur Bildung erhöhter bodennaher Ozonkonzentrationen im Sommer bei und sind teilweise am Abbau stratosphärischen Ozons sowie an der Verstärkung des Treibhauseffektes beteiligt. 85 % der NMVOC-Emissionen in Deutschland wurden 1994 anthropogen verursacht. Die relative Bedeutung der NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung hat in den letzten Jahren im Vergleich zum Autoverkehr, dem anderen Hauptverursacher von NMVOC-Emissionen, zugenommen und betrug nach bisherigen Abschätzungen 1996 mehr als 50 % der gesamten anthropogenen NMVOC-Emissionen in Deutschland. Um geeignete Maßnahmen zur Verminderung hoher Lösemittlemissionen in Deutschland identifizieren und einleiten zu können, bedurfte es zunächst einer ursachen- und stoffbezogenen Erfassung der Einsatzmengen organischer Lösemittel und lösemittelhaltiger Produkte sowie der Ermittlung der davon ausgehenden Emissionen in die Atmosphäre. Die Vielfalt unterschiedlichster Verwendungszwecke und unterschiedlichster Arten an lösemittelhaltigen Produkten gestalten eine solche Ermittlung schwierig. Ältere Abschätzungen von Verwendungs- und Emissionsmengen von Lösemitteln wurden in den alten Bundesländern für das Bezugsjahr 1986 vorgenommen. Erforderlich war nun eine aktuelle und künftig fortschreibbare Datenbasis.</p> <p>Vorrangiges Ziel des Vorhabens war es, belastbare Daten über Einsatz- und Emissionsmengen organischer Lösemittel in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1994 bereitzustellen. Die Klassifizierung der Quellgruppen sollte in das CORINAIR-Berichtssystem SNAP 94 überführbar sein. Ferner waren im Rahmen des Vorhabens Methoden zu entwickeln, mit denen es möglich ist, Aktualisierungen der Emissionsdaten für künftige Basisjahre mit vertretbarem Aufwand beim Umweltbundesamt eigenständig durchzuführen. Darüber hinaus sollten technische Potentiale von Emissionsminderungsmaßnahmen in Deutschland grob abgeschätzt werden. Zudem sollten die Unsicherheiten, mit denen die Eingangsdaten und Ergebnisse behaftet sind, qualitativ analysiert und bewertet werden. Darüber hinaus war eine Erfassung von NMVOC-Einzelkomponenten angestrebt. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen für das Bezugsjahr 1994 in Deutschland ermittelt. Methoden zur Fortschreibung entwickelt und auf das Bezugsjahr 1996 angewendet. Die Verbrauchsmengen an Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten wurde mit Hilfe eines produktbezogenen Ansatzes ermittelt. Die ermittelten Inlandsverbräuche wurden durch einen lösemittelbezogenen Ansatz auf Plausibilität geprüft.</p> <p>1994 wurden ca. 888 kt NMVOC aus Lösemittelanwendungen emittiert. Ungefähr ein Drittel entstammte der Anwendung von Farben und Lacken (331 kt), 16 % (141 kt) der Verwendung von Kfz-Frostschutzmitteln, Haarsprays, Putz- und Pflegemitteln und Waschmitteln sowie Kältemitteln. Jeweils 63 kt entstammten der Druckindustrie und der Verarbeitung von Kunststoffen. 69 kt entstammten der Verwendung von Kühlschmiermitteln und anderen Schmiermitteln. Dem Bereich der Oberflächenreinigung entstammten 42 kt NMVOC-Emissionen. 40 kt wurden bei der Verwendung von Betonzusatzstoffen emittiert, 33 kt bei der Anwendung von Holzschutzmitteln. Der Rest der Emissionen verteilte sich auf viele verschiedene Sektoren, von denen noch die Klebstoffverarbeitung (18 kt), die Anwendung von Treibgasen (14 kt) und die Chemische Industrie (30 kt) hervorzuheben sind. Die Anwendung der entwickelten Fortschreibungsmethode ergab für 1996 eine Zunahme der Emissionen um ca. 5 % auf ungefähr 928 kt Diese Zunahme ist vor allem auf die Anwendung von Farben und Lacken (+ 50 kt) zurückzuführen. Bei der Anwendung von Farben und Lacken ist die Steigerung vor allem durch die erhebliche Zunahme der eingesetzten Verdüner zu erklären. Die gesamten VOC-Emissionen aus den betrachteten Quellgruppen setzten sich 1994 zu 35 % aus Aliphaten, 28 % Alkoholen, 14 % Aromaten, 8 % Estern, zu 7 % aus Glykolderivaten sowie 5 % Ketonen, 2 % Halogenkohlenwasserstoffen, jeweils zu 1 % aus Ethern und Terpenen und geringen Mengen organischen Säuren, Aldehyden, Aminen und Amidinen zusammen. Insgesamt 2 % der NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen konnten keiner Stoffklasse zugeordnet werden.</p>		
17. Schlagwörter Lösemittlemissionen, NMVOC, Ozonbildung, Emissionsminderung, Fortschreibungsmethoden, CORINAIR		
18. Preis 455.642,-DM	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB 295 42 628	2.	3.
4. Report Title Determination of emissions from solvent use in Germany in 1994 and methods to update the data basis		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Theloke, Jochen Obermeier, Andreas Friedrich, Rainer	8. Report Date 06.03.2000	
6. Performing Organisation (Name, Address) Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, Hessbrühlstr. 49a, 70565 Stuttgart	9. Publication Date 17.06.2000	
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin	10. UFOPLAN-Ref. No. 295 42 628	
	11. No. of Pages 336	
	12. No. of Reference 157	
	13. No. of Tables, Diagrams 221	
	14. No. of Figures 21	
15. Supplementary Notes		
16. Abstract A relevant part of anthropogenic NMVOC (non methane volatile organic compounds) emissions originate from the use of organic solvents. NMVOC are, together with NO _x , responsible for tropospheric ozone formation and partly for stratospheric destruction processes and for the greenhouse effect. 85 % of all NMVOC emissions in Germany were caused by anthropogenic sources. The relative importance of NMVOC emissions from solvent use has increased in comparison to traffic sources over time. In 1996 more than 50 % of anthropogenic emissions in Germany have been emitted from sources related to solvent use. To identify efficient reduction strategies for solvent emissions, it is important to have quantitative information about the consumption of solvents, the specific sources of emissions and the solvent content of products. The large variety of different application areas of solvents makes this investigation difficult. Previous estimates of quantities of solvent use and emissions for the <i>alte Bundesländer</i> was conducted for the reference year 1986. Thus, the compilation of a more recent data basis was necessary and the development of methods to update the data basis for future reference years. The focus of this investigation was to gather data about application and emission amounts of organic solvents in Germany in 1994. Furthermore, methods have been developed to update this data. The classification of source groups was done according to the CORINAIR-System (SNAP94). In addition to that, rough technical potentials were to be estimated for emission abatement measures in Germany. The qualitative uncertainties of input data and results were to be analysed and evaluated as well. Another aim of this investigation was the allocation of a NMVOC split. Here, the method was mainly related to products. For example, emissions from paint application were assessed as follows: First, inland consumption of paints and thinners from production and foreign trade statistics were determined. In a second step, information about solvent content and the way of application of individual paints was assessed. Finally, the plausibility of the results was evaluated from the side of solvent application parallel to the product related approach. In 1994, 880 kt of NMVOC's originated from solvent use. About 38% were caused by paint application, while 16 % were emitted from car antifreeze products, hair spray's, cleaning and personal hygiene agents, washing agents and refrigerant agents. 63 kt have been emitted by the printing industry and the same amount came from plastics production. Another 69 kt were emitted from the application of cooling and other lubricants. 42 kt were emitted from surface cleaning processes, 40 kt from the application of concrete additives and 33 kt from wood impregnation. The remaining emissions are distributed over many other sectors. For example, 18 kt originate from the application of glues and adhesives, 14 kt from aerosols and 30 kt from chemical industry processes. As a result of applying the developed methods, an increase of about 5 % to approximately 928 kt NMVOC emissions in Germany was projected for 1996. This increase was mainly caused by paint application (+50 kt). A possible explanation for this increase is the significant growth of thinner consumption. The VOC-Split of emissions in 1994 was as follows: 35 % aliphatics, 28 % alcohols, 14 % aromatics, 8 % esters, 7 % glycol derivates, 5 % ketones, 2 % halogen carbons, 1 % ethers, 1 % terpenes and small amounts of organic acids, aldehydes, amines and amides. Altogether, about 2 % of NMVOC emissions from solvent use could not be allocated to specific groups.		
17. Keywords Emission from solvent use, NMVOC, emission reduction, ozone formation, methods to update the data, CORINAIR		
18. Price 455.642,-DM	19.	20.

1	Einleitung	1
2	Zielsetzung	3
3	Allgemeines Vorgehen	3
3.1	Definition der zu betrachtenden Emissionsursachen und der zu erfassenden Substanzen.....	4
3.2	Erstellung einer Quellgruppensystematik	4
3.3	Methodische Ansätze und Datenquellen zur Berechnung von Lösemittelleinsatz- und Emissionsmengen	7
3.4	Erarbeitung von Fortschreibungsmethoden.....	8
3.5	Abschätzung von Emissionsminderungspotentialen	9
3.6	Analyse und Bewertung von Datenunsicherheiten	9
4	Quellenbezogene Ansätze zur Ermittlung von Verbrauchsmengen und Emissionen organische Lösemittel	10
4.1	Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen	11
4.1.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	11
4.1.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	12
4.1.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	29
4.1.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	31
4.1.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	34
4.1.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	37
4.1.7	Anmerkungen	42
4.2	Metallentfettung	42
4.2.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	42
4.2.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	44
4.2.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	50
4.2.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	51
4.2.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	54
4.2.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	56
4.2.7	Anmerkungen	56
4.3	Chemische Reinigung.....	57
4.3.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	57
4.3.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	57
4.3.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	59
4.3.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	59
4.3.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	59
4.3.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	60
4.4	Fertigung elektronischer Komponenten.....	60
4.4.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	60
4.4.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	60
4.4.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	61
4.4.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	61

4.4.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	61
4.4.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	62
4.4.7	Anmerkungen	62
4.5	Oberflächenreinigung in der Feinoptik und Optoelektronik.....	62
4.5.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	62
4.5.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	62
4.5.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	63
4.5.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	63
4.5.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	63
4.5.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	64
4.5.7	Anmerkungen	64
4.6	Verarbeitung von Kunststoffen - allgemeine Einführung	64
4.7	Verarbeitung von Polyester	65
4.7.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	65
4.7.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	66
4.7.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	70
4.7.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	70
4.7.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	73
4.7.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	74
4.8	Verarbeitung von Polyvinylchlorid.....	77
4.8.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	77
4.8.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	77
4.8.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	79
4.8.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	79
4.8.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	80
4.8.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	81
4.8.7	Anmerkungen	81
4.9	Verarbeitung von Polyurethan	81
4.9.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	81
4.9.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	82
4.9.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	84
4.9.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	84
4.9.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	84
4.9.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	85
4.10	Verarbeitung von Polystyrol.....	85
4.10.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	85
4.10.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	85
4.10.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	86
4.10.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	86
4.10.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	87
4.10.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	87

4.11 Gummiverarbeitung	88
4.11.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	88
4.11.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	88
4.11.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	88
4.11.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	89
4.11.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	89
4.11.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	89
4.11.7 Anmerkungen	89
4.12 Herstellung von pharmazeutischen Produkten	90
4.12.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	90
4.12.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	92
4.12.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen 1994	95
4.12.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	95
4.12.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	98
4.12.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	99
4.12.7 Anmerkungen	100
4.13 Herstellung von Farben und Lacken.....	101
4.13.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	101
4.13.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	101
4.13.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994	102
4.13.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	102
4.13.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	102
4.13.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	102
4.14 Herstellung von Druckfarben	104
4.14.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	104
4.14.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	104
4.14.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994	106
4.14.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	106
4.14.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	108
4.14.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	109
4.15 Herstellung von Klebstoffen.....	110
4.15.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	110
4.15.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	110
4.15.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994	111
4.15.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	112
4.15.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	114
4.15.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	114
4.16 Asphaltverarbeitung und Herstellung.....	115
4.16.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	115

4.16.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	115
4.16.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994	117
4.16.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	117
4.16.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	117
4.16.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	117
4.17	Herstellung von Haftmaterialien	118
4.17.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	118
4.17.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	118
4.17.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994	118
4.17.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	119
4.17.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	119
4.17.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	119
4.18	Herstellung von Magnetbändern	119
4.18.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	119
4.18.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	120
4.18.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994	120
4.18.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	120
4.18.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	120
4.18.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	120
4.19	Herstellung von Filmen und Photographien	121
4.19.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	121
4.19.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	121
4.19.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994	122
4.19.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	122
4.19.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	122
4.20	Produktion und Verarbeitung von Textilien	122
4.20.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	122
4.20.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	123
4.20.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994	125
4.20.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	125
4.20.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	126
4.20.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	126
4.21	Gerben von Ledermaterialien	126
4.21.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	126
4.21.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	126
4.21.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994	128
4.21.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	128
4.21.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	129
4.21.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	129

4.22	Feinchemikalienproduktion	129
4.22.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	129
4.22.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	130
4.22.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994	130
4.22.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	130
4.22.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	131
4.22.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	131
4.23	Behandlung von Glas- und Mineralwolle	132
4.23.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	132
4.23.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	132
4.23.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994	133
4.23.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	134
4.23.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	134
4.23.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	134
4.24	Druck- und Verpackungsindustrie	135
4.24.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	135
4.24.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	139
4.24.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994	143
4.24.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	143
4.24.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	146
4.24.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	148
4.25	Extraktion von Ölen und Fetten	153
4.25.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	153
4.25.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	153
4.25.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994	155
4.25.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	156
4.25.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	157
4.25.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	158
4.26	Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien	158
4.26.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	158
4.26.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	161
4.26.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994	167
4.26.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	167
4.26.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	170
4.26.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	171
4.27	Anwendung von Holzschutzmitteln	173
4.27.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	173
4.27.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	175
4.27.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994	176
4.27.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung	176

4.27.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	177
4.27.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	177
4.27.7	Anmerkungen	178
4.28	Anwendung von Unterbodenschutz und Konservierung von Fahrzeugen.....	178
4.28.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	178
4.28.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	178
4.28.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	179
4.28.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	179
4.28.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	179
4.28.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	179
4.28.7	Anmerkungen	180
4.29	Häuslicher Gebrauch von Lösemitteln.....	181
4.29.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	181
4.29.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	183
4.29.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	191
4.29.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	192
4.29.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	209
4.29.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	213
4.30	Entwachsen von Fahrzeugen	214
4.30.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	214
4.30.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	214
4.30.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	214
4.30.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	215
4.30.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	215
4.30.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	215
4.30.7	Anmerkungen	215
4.31	Häusliche Verwendung von pharmazeutischen Produkten	216
4.31.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	216
4.31.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	216
4.31.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	216
4.31.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	217
4.31.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	217
4.31.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	217
4.31.7	Anmerkungen	217
4.32	Verwendung von Pflanzenschutzmitteln.....	218
4.32.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	218
4.32.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	218
4.32.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	222
4.32.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	222
4.32.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	223
4.32.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	223

4.32.7	Anmerkungen	223
4.33	Verwendung von Kühlschmiermitteln	224
4.33.1	Charakterisierung der Quellgruppe	224
4.33.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	224
4.33.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	225
4.33.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	226
4.33.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	226
4.33.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	227
4.34	Verwendung von anderen Schmierstoffen.....	229
4.34.1	Charakterisierung der Quellgruppe	229
4.34.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	230
4.34.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	230
4.34.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	231
4.34.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	231
4.35	Entfernung von Farben und Lacken	232
4.35.1	Charakterisierung der Quellgruppe	232
4.35.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	232
4.35.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	233
4.35.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	233
4.35.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	233
4.35.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	234
4.36	Betonzusatzmittel	234
4.36.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	234
4.36.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	238
4.36.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	239
4.36.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	239
4.36.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	240
4.36.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	240
4.37	Flugzeugenteisung und sonstige Enteisung	241
4.37.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	241
4.37.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	242
4.37.3	der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	245
4.37.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	245
4.37.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	246
4.37.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	246
4.38	Anwendung von Treibgasen	247
4.38.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe.....	247
4.38.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	247
4.38.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	249
4.38.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	249

4.38.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	249
4.38.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	250
4.39	Hochschulen	250
4.39.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	250
4.39.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	250
4.39.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	251
4.39.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	251
4.39.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	252
4.39.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	252
4.40	Tabakwarenproduktion	252
4.40.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	252
4.40.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	252
4.40.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	252
4.40.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	253
4.40.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	253
4.40.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	253
4.41	Wissenschaftliche Laboratorien.....	253
4.41.1	Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe	253
4.41.2	Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994	253
4.41.3	Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994.....	254
4.41.4	Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung.....	254
4.41.5	Ergebnisse der Fortschreibung für 1996	254
4.41.6	Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung	254
5	Gesamtergebnisse.....	255
5.1	Zusammenfassung der Ergebnisse aus den quellenbezogenen Ansätzen zur Ermittlung von Verbrauchsmengen und Emissionen organischer Lösemittel.....	255
5.2	Vergleich des quellgruppenbezogenen Ansatzes mit einer Gesamtbilanzierung des lösemittelbezogenen Ansatzes	277
6	Unsicherheiten.....	278
6.1	Eingangsdaten und Methoden zur Emissionsermittlung.....	278
6.2	Bisherige Ansätze zur Abschätzung der Unsicherheiten berechneter Lösemittlemissionen	279
6.3	Gesamteinschätzung der Unsicherheiten berechneter Jahresemissionen aus Lösemittelanwendungen in Deutschland und Westeuropa.....	281
6.4	Vorgehen zur detaillierten Abschätzung von Unsicherheiten	282
6.5	Quellgruppen- bzw. produktbezogene Abschätzung von Unsicherheiten	284
6.6	Anstrichmittel und Verdünnungen.....	284
6.6.1	Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Anstrichmitteln und Verdünnungen.....	284
6.6.2	Zuordnung des Produktverbrauchs und der Emissionen zu Anwendungsbereichen.	287
6.6.3	Stoffliche Aufgliederung von VOC-Gesamtemissionen.....	288
6.6.4	Gesamteinschätzung der Unsicherheiten	288
6.7	Oberflächenbehandlung	290

6.7.1	Ermittlung des Inlandsverbrauchs	290
6.7.2	Zuordnung des Produktverbrauchs und der Emissionen zu Anwendungsbereichen	291
6.7.3	Stoffliche Aufgliederung	291
6.7.4	Gesamteinschätzung der Unsicherheiten	291
6.8	Sonstige Emittentenbereiche	292
6.8.1	Ermittlung von Jahresemissionen	293
6.8.2	Stoffliche Disaggregation von NMVOC-Emissionen	294
6.9	Zusammenfassung bezüglich der Unsicherheiten Lösemittel-Emissionen	296
7	Zusammenfassung	299
8	Literatur	301

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Quellgruppensystematik der emissionsverursachenden Quellgruppen entsprechend CORINAIR94	5
Tabelle 4.1.1:	Sektorale Abgrenzung durch SNAP-CODES gemäß der CORINAIR 94-Systematik	11
Tabelle 4.1.2:	Stoffliche Abgrenzung der Quellgruppe Anstrichstoffe und Verdünnungen anhand des „Systematischen Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken“, Ausgabe 1989 (GP89) /StaBuA89/	12
Tabelle 4.1.3:	Einsatzmengen und Emissionen aus der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen in Deutschland im Jahr 1995	14
Tabelle 4.1.4:	Gegenüberstellung von GP89 und GP95	15
Tabelle 4.1.5:	Zuordnung der Meldenummern gemäß GP89 der Produktionsstatistik und WA94 der Außenhandelsstatistik gemäß systematischer Input-Output-Rechnungen des Statistischen Bundesamtes/SIO94/	16
Tabelle 4.1.6:	Inlandsverbrauch Farben, Lacke, Anstrichmittel und Verdünnungen 1994	18
Tabelle 4.1.7:	Inlandsverbrauch Farben, Lacke, Anstrichmittel und Verdünnungen 1994 (Fortsetzung)	19
Tabelle 4.1.8:	Zuordnung der in /VCI97a/ ausgewiesenen Anwendungsbereichen zur CORINAIR 94-Systematik	20
Tabelle 4.1.9:	Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 1995 nach CORINAIR 94-Systematik	21
Tabelle 4.1.10:	Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 1995 nach CORINAIR 94-Systematik (Fortsetzung)	22
Tabelle 4.1.11:	Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 1994 gemäß CORINAIR94-Systematik	24
Tabelle 4.1.12:	Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 1994 gemäß CORINAIR94-Systematik (Fortsetzung)	25
Tabelle 4.1.13:	Entwicklung der Produktion an Verdünnungen von 1994 bis 1998 /VDL98/	26
Tabelle 4.1.14:	Entwicklung des Inlandsverbrauches an Verdünnungen in [t] von 1994 bis 1998 (eigene Berechnungen)	26
Tabelle 4.1.15:	Zusammensetzung der Lösemittel in Anstrichmitteln und Verdünnungen im Jahr 1986 nach /Bräutigam92/	28
Tabelle 4.1.16:	Einsatzmengen und Emissionen an VOC in der Quellgruppe Anstrichmittel und Verdünnungen für 1994 in Deutschland	29
Tabelle 4.1.17:	Stoffliche Zusammensetzung der Verbrauchs- und Emissionsmengen Lösemittel bei der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen 1994	30
Tabelle 4.1.18:	Ermittlung des Inlandsverbrauches im Fortschreibungsjahr	32
Tabelle 4.1.19:	Berechnungstabelle zur Fortschreibung von Einsatzmengen und Emissionen	33
Tabelle 4.1.20:	Fortschreibung der Einsatzmengen und Emissionen aus der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen für das Jahr 1996	34
Tabelle 4.1.21:	Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 1996 nach CORINAIR 94-Systematik	35
Tabelle 4.1.22:	Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 1996 nach CORINAIR 94-Systematik (Fortsetzung)	36
Tabelle 4.1.23:	NMVOE-Emissionen aus der Anwendung von Anstrichmitteln in den Jahren 1994 bis 1998	37
Tabelle 4.1.24:	Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 2007 nach CORINAIR 94-Systematik	39
Tabelle 4.1.25:	Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 2007 nach CORINAIR 94-Systematik (Fortsetzung)	40
Tabelle 4.1.26:	Aus /VCI97a/ abgeleitetes Emissionsszenario für 2007	41
Tabelle 4.2.1:	Verschiedene Anlagentypen und Beispiele zur KWL-Metallreinigung /Berner96/	43
Tabelle 4.2.2:	CKW-Lösemittelmarkt (Frischware) in der Bundesrepublik Deutschland 1994 /Nader94/	44
Tabelle 4.2.3:	CKW-Lösemittelmarkt (Frischware) in der Bundesrepublik Deutschland 1994 /Nader94/ und Disaggregation des Direktverkaufs nach Anwendungsgebieten	45
Tabelle 4.2.4:	Prozentuale Aufteilung der über den Handel verkauften und importierten Frischware von Perchlorethylen und Trichlorethylen in Deutschland nach Einsatzgebieten	45
Tabelle 4.2.5:	Mengenmäßige Aufteilung der über den Handel verkauften und importierten Frischware an CKW in Deutschland nach Einsatzgebieten	46
Tabelle 4.2.6:	CKW-Frischwaremarkt in der Bundesrepublik Deutschland 1994 /Nader94//DECHEMA97//Enquete94/	46

Tabelle 4.2.7:	Disaggregation des deutschen CKW-Marktes 1994 auf die verschiedenen Quellgruppen bzw. SNAP-CODES	47
Tabelle 4.2.8:	Modellberechnung CKW Emissionen für Metallreinigung BRD 1996 /DECHEMA97/.....	48
Tabelle 4.2.9:	Zuordnung der Meldenummern gemäß GP89 der Produktionsstatistik und WA 94 der Außenhandelsstatistik gemäß systematischer INPUT-OUTPUT-Rechnungen des Statistischen Bundesamtes	49
Tabelle 4.2.10:	Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Reinigungs- und Entfettungsmitteln in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1994 /StaBuA94a//StaBuA94b/	49
Tabelle 4.2.11:	Einsatzmengen und Emissionen ausgewählter Anlagentypen und Beispiele /Berner96/.....	50
Tabelle 4.2.12:	Einsatzmengen und Emissionen an chlorierten und nichtchlorierten Kohlenwasserstoffen in der Bundesrepublik Deutschland 1994 bei der Metallentfettung und -reinigung	51
Tabelle 4.2.13:	Methode zur Fortschreibung der CKW-Einsatzmengen	52
Tabelle 4.2.14:	Methode zur Disaggregation des deutschen CKW-Marktes auf die verschiedenen Quellgruppen bzw. SNAP-CODES.....	53
Tabelle 4.2.15:	CKW-Frischwarenmarkt 1996 in der Bundesrepublik Deutschland/Nader98//DECHEMA97//Enquete94/.....	54
Tabelle 4.2.16:	Disaggregation des deutschen CKW-Marktes 1996 in die verschiedenen Quellgruppen bzw. SNAP-CODES	55
Tabelle 4.2.17:	Einsatzmengen und Emissionen an chlorierten und nichtchlorierten Kohlenwasserstoffen in der Bundesrepublik Deutschland 1996 für die Metallentfettung	56
Tabelle 4.7.1:	Meldenummern der Polyester entsprechend des Systematischen Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989 (GP89) /StaBuA89/.....	66
Tabelle 4.7.2:	Gegenüberstellung von GP89 und WA 94 zur Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Polyestern	67
Tabelle 4.7.3:	Berechnung des Inlandsverbrauches an Polyestern 1994 in der Bundesrepublik Deutschland	68
Tabelle 4.7.4:	Meldenummern des Systematischen Güterverzeichnisses der Produktionsstatistik, Ausgabe 1995 (GP95) die die Verarbeitung von Polyestern betreffen.....	70
Tabelle 4.7.5:	Zuordnung von GP95-Meldenummern zu den entsprechenden WA94-Meldenummern	71
Tabelle 4.7.6:	Definition der für die Fortschreibung notwendigen Variablen.....	72
Tabelle 4.7.7:	Außenhandel an Polyestern in der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1996. /Außenhandelsstatistik, stat. Bundesamt1996/	73
Tabelle 4.8.1:	Stoffliche Disaggregation der in Europa 1994 verbrauchten Weichmacher /Menzel96/.....	77
Tabelle 4.8.2:	PVC-Außenhandel in der Bundesrepublik Deutschland 1994.....	78
Tabelle 4.8.3:	Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Weichmachern/StaBuA94a//StaBuA94b/.....	78
Tabelle 4.8.4:	Zuordnung von Meldenummern des systematischen Güterverzeichnisses der Produktionsstatistik, Ausgabe 1989 (GP89) /StaBuA89/ zu Meldenummern des systematischen Güterverzeichnis der Produktionsstatistik, Ausgabe 1995 (GP95) /StaBuA95/	79
Tabelle 4.8.5:	Ermittlung der Inlandsverbräuche PVC und Weichmacher im Fortschreibungsjahr.....	80
Tabelle 4.8.6:	Ermittlung der Inlandsverbräuche an PVC und Weichmachern für 1996	80
Tabelle 4.9.1:	Anwendungsgebiete für PUR-Schäume.....	82
Tabelle 4.9.2:	Aufteilung der PUR-Verbrauchsmenge in die verschiedenen Schaumarten.....	83
Tabelle 4.10.1:	Emissionsfaktoren und daraus resultierende Emissionen von Aromatischen Verbindungen bei der Verarbeitung von Polystyrol /Marti99/.....	86
Tabelle 4.12.1:	Meldenummern der pharmazeutischen Erzeugnisse entsprechend des Systematischen Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989 (GP89) /StaBuA89/.....	91
Tabelle 4.12.2:	WA94-Nummern für pharmazeutische Produkte.....	91
Tabelle 4.12.3:	Import- und Exportmengen bzw. Werte der pharmazeutischen Erzeugnisse für das Bezugsjahr 1994 /StaBuA94b/	93
Tabelle 4.12.4:	Ermittlung des Wertes pro Tonne produziertem pharmazeutischem Erzeugnis für das Fortschreibungsjahr.....	96
Tabelle 4.12.5:	Ermittlung des Wertes pro Tonne produziertem pharmazeutischem Erzeugnis für das Bezugsjahr 1996 /StaBuA96b/	98
Tabelle 4.14.1:	Bezeichnung der Quellgruppe Druckfarben anhand des systematischen Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989(GP89) /StaBuA89/.....	104

Tabelle 4.14.2: Produktionsmengen und VOC-Gehalte bei der Herstellung von Druckfarben in der Bundesrepublik Deutschland 1995 /VCI97a/.....	105
Tabelle 4.14.3: Produktionsmengen an Druckfarben und Tinten in der Bundesrepublik Deutschland 1994 /StaBuA94a/	105
Tabelle 4.14.4: Zuordnung von GP89-Meldenummern zu GP95-Meldenummern /StaBuA89/, /StaBuA95/	107
Tabelle 4.14.5: Ermittlung der produzierten Menge an Druckfarben und Künstlerfarben für das Fortschreibungsjahr.....	108
Tabelle 4.14.6: Ermittlung der 1996 in der Bundesrepublik hergestellten Druckfarben und Künstlerfarben /StaBuA96a/	108
Tabelle 4.15.1: GP 89-Meldenummern der Klebstoffe in der Produktionsstatistik /StaBuA89/.....	110
Tabelle 4.15.2: Produktionsmengen der 1994 in der Bundesrepublik Deutschland hergestellten Klebstoffe /StaBuA94a/	110
Tabelle 4.15.3: Disaggregation der bei der Klebstoffherstellung eingesetzten Lösemittel nach Stoffklassen /VCI97a/	111
Tabelle 4.15.4: Gegenüberstellung von GP89-Meldenummern und GP95-Meldenummern /StaBuA95/	112
Tabelle 4.15.5: Ermittlung der in Bundesrepublik Deutschland Produktionsmenge an Klebstoffherzeugnissen für das Fortschreibungsjahr	113
Tabelle 4.15.6: Ermittlung der 1996 in der Bundesrepublik Deutschland produzierten Menge an Klebstoffherzeugnissen anhand der /StaBuA96a//.....	114
Tabelle 4.16.1: Disaggregation der beim Blasen von Bitumen emittierten Stoffe /Passant93b/.....	116
Tabelle 4.17.1: Einsatzmengen und Emissionen für 1995 und 2007 bei der Klebebandherstellung /VCI97a/	118
Tabelle 4.20.1: Emissionsrelevante Prozesse bei der Textilveredlung /LBA93/	122
Tabelle 4.20.2: GP89-Meldenummern für Textilhilfsmittel /StaBuA95/	123
Tabelle 4.20.3: Zuordnung von GP89-Meldenummern und WA 94-Meldenummern anhand SIO-Berechnungen des Statischen Bundesamtes /SIO94/	124
Tabelle 4.20.4: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Textilhilfsmitteln 1994 in der Bundesrepublik Deutschland	124
Tabelle 4.21.1: GP-89-Meldenummern für Lederhilfsmittel /StaBuA89/	126
Tabelle 4.21.2: Zuordnung von GP89-Meldenummern zu WA94-Meldenummern für Lederhilfsmittel /StaBuA89/	127
Tabelle 4.21.3: Ermittlung der Inlandsverbrauchsmengen an Lederhilfsmitteln /StaBuA94a/, /StaBuA94b/	127
Tabelle 4.24.1: GP89- sowie WA94-Meldenummern für Druckfarben /StaBuA89/.....	138
Tabelle 4.24.2: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Druckfarben in Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1994. /StaBuA94a//StaBuA94b/	139
Tabelle 4.24.3: Eingesetzte Mengen und Stoffe im Offsetdruck für die Jahre 1988, 1994 und 1995 ...	139
Tabelle 4.24.4: Einsatzmengen an Druckfarbe und Verdünnungstoluol im Tiefdruck für die Jahre 1988, 1994 und 1995	140
Tabelle 4.24.5: Einsatzmengen an Druckfarben und Reinigern im Hochdruck für die Jahre 1988, 1994 und 1995	141
Tabelle 4.24.6: Im Durchdruck 1988, 1994 bzw. 1995 eingesetzte Mengen an Druckfarben; Verdünnern bzw. Verzögerern und Reinigern und dabei eingesetzte Menge an NMVOC	141
Tabelle 4.24.7: In den Jahren 1988, 1994 und 1995 eingesetzte Mengen an Druckfarben, Lösungsmitteln und Reinigern. Die Zahlen für 1994 wurden berechnet auf Grundlage der Werte für 1995.....	142
Tabelle 4.24.8: Emissionen in der Druckindustrie disaggregiert nach Druckverfahren in den Jahren 1988, 1994 und 1995	142
Tabelle 4.24.9: Stoffliche Aufgliederung der in der Druckindustrie eingesetzten und emittierten Stoffe	142
Tabelle 4.24.10: GP-95 Meldenummern für Druckfarben /StaBuA95/.....	143
Tabelle 4.24.11: Zuordnung der GP95-Meldenummern zu den entsprechenden WA94-Meldenummern /StaBuA95/	143
Tabelle 4.24.12: Methode zur Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Druckfarben im Fortschreibungsjahr	144
Tabelle 4.24.13: Methode zur Ermittlung der im Fortschreibungsjahr im Offsetdruck eingesetzten Stoffe und NMVOC-Mengen.....	144

Tabelle 4.24.14: Methode zur Ermittlung der im Fortschreibungsjahr im Tiefdruck eingesetzten Stoffe und NMVOC-Mengen.....	145
Tabelle 4.24.15: Methode zur Ermittlung der im Fortschreibungsjahr im Hochdruck eingesetzten Stoffe und NMVOC-Mengen.....	145
Tabelle 4.24.16: Methode zur Ermittlung der im Fortschreibungsjahr im Durchdruck eingesetzten Stoffe und NMVOC-Mengen.....	145
Tabelle 4.24.17: Fortschreibung der Gesamteinsatzmengen an Druckfarben und NMVOC-Einsatzmengen disaggregiert nach Druckverfahren	145
Tabelle 4.24.18: Methode der Fortschreibung der NMVOC-Emissionen in der Druckindustrie disaggregiert nach Druckverfahren	146
Tabelle 4.24.19: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Druckfarben 1996 in der Bundesrepublik Deutschland /StaBuA96a/, /StaBuA96b/	146
Tabelle 4.24.20: Für 1996 ermittelte Einsatzmengen an Druckfarben, Isopropanol und Reinigern im Offsetdruck	147
Tabelle 4.24.21: Einsatzmengen der 1996 im Tiefdruck verwendeten Druckfarben und Verdünnern.....	147
Tabelle 4.24.22: 1996 im Hochdruck eingesetzte Menge an Druckfarben, Reinigern und Lösemitteln .	147
Tabelle 4.24.23: Im Durchdruck 1996 eingesetzte Mengen an Druckfarben, Verdünnern, Verzögerern und Reinigern	147
Tabelle 4.24.24: Gesamteinsatzmengen für das Jahr 1996 disaggregiert nach Druckverfahren	148
Tabelle 4.24.25: 1996 von der Druckindustrie emittierte NMVOC-Mengen disaggregiert nach Druckverfahren	148
Tabelle 4.24.26: Minderungspotentiale an NMVOC-Emissionen bis 2007 auf der Basis von 1995 /VCI97a/	152
Tabelle 4.24.27: Schwellen- und Emissionsgrenzwerte nach der EU-VOC-Lösemittelrichtlinie /VOC-Richtlinie99/	152
Tabelle 4.25.1: Anteil der einzelnen Ölsamensorten an der 1994 insgesamt in der Bundesrepublik verarbeiteten Menge (6,9 Mio. t) /Ölmühlen95/	153
Tabelle 4.25.2: Produktion von pflanzlichen und Ölen und Fetten 1994 in der Bundesrepublik Deutschland /Ölmühlen95/	154
Tabelle 4.25.3: Produktion an Ölschroten bzw. Ölkuchen 1994 aufgeteilt nach verschiedenen Sorten.....	154
Tabelle 4.25.4: Ermittlung der Emissionen an n-Hexan bei der Extraktion von Ölen und Fetten	155
Tabelle 4.25.5: Ermittlung der im Fortschreibungsjahr verarbeiteten Menge an Ölsamen	156
Tabelle 4.25.6: Ermittlung der im Fortschreibungsjahr produzierten Mengen an pflanzlichen Ölen und Fetten	156
Tabelle 4.25.7: Ermittlung der im Fortschreibungsjahr produzierten Ölschrotmenge	156
Tabelle 4.25.8: Ermittlung der im Fortschreibungsjahr bei der Extraktion von Ölen und Fetten emittierten Menge n-Hexan	157
Tabelle 4.25.9: Ermittlung der 1996 verarbeiteten Menge Ölsamen /Ölmühlen99/	157
Tabelle 4.25.10: Ermittlung der 1996 produzierten Mengen an pflanzlichen Ölen und Fetten /Ölmühlen99/	157
Tabelle 4.25.11: Ermittlung der 1996 produzierten Ölschrotmenge /Ölmühlen99/	158
Tabelle 4.26.1: Klebstoffmarkt in Deutschland 1995 /VCI97a/	160
Tabelle 4.26.2: GP-89-Meldenummern für Klebmaterialien /StaBuA89/	160
Tabelle 4.26.3: WA 94-Meldenummern der Klebmaterialien /StaBuA95/	160
Tabelle 4.26.4: Zuordnung von GP-89-Meldenummern zu WA 94-Meldenummern für Klebstoffmaterialien	161
Tabelle 4.26.5: Ermittlung der Inlandsverbräuche an Klebstoffmaterialien für das Jahr 1994 /StaBuA94a//StaBuA94b/	162
Tabelle 4.26.6: Gegenüberstellung von GP89-Meldenummern und GP95-Meldenummern für Klebstoffe /StaBuA95/	163
Tabelle 4.26.7: Gegenüberstellung von GP95-Meldenummern und WA94-Meldenummern für Klebstoffmaterialien /StaBuA95/	163
Tabelle 4.26.8: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Klebstoffmaterialien für das Jahr 1996 /StaBuA96a//StaBuA96b/	164
Tabelle 4.26.9: Disaggregation der eingesetzten lösemittelhaltigen Klebstoffe nach Marktsegmenten und zugeordnete durchschnittliche Lösemittelanteile. Die Werte beziehen sich auf das Jahr 1995 /VCI97a/	165

Tabelle 4.26.10: Disaggregation der 1994 eingesetzten lösemittelhaltigen Klebstoffe nach Marktsegmenten und zugeordneten durchschnittlichen Lösemittelanteilen /VCI97a/ ..	165
Tabelle 4.26.11: Lösemittelleinsatz und Emissionen bei der Verwendung von lösemittelhaltigen Klebstoffen disaggregiert nach Anwendungsbereichen für das Jahr 1995/VCI97a/	166
Tabelle 4.26.12: Lösemittelleinsatz und Emissionen bei der Verwendung von lösemittelhaltigen Klebstoffen disaggregiert nach Anwendungsbereichen für das Jahr 1994	166
Tabelle 4.26.13: Disaggregation der bei der Klebstoffanwendung eingesetzten Lösemittel nach Stoffklassen /VCI97a//Nader94/	167
Tabelle 4.26.14: Ermittlung des Inlandsverbrauchs Klebstoffmaterialien für das Fortschreibungsjahr ..	168
Tabelle 4.26.15: Disaggregation der lösemittelhaltigen nach Marktsegmenten Klebstoffe im Fortschreibungsjahr.....	168
Tabelle 4.26.16: Lösemittelleinsatz und -emissionen bei der Verwendung von Klebstoffen disaggregiert nach Anwendungsbereichen im Fortschreibungsjahr.....	169
Tabelle 4.26.17: Disaggregation der lösemittelhaltigen Klebstoffe und Lösemittelleinsatz 1996	170
Tabelle 4.26.18: Lösemittelleinsatz und -emissionen bei der Verwendung von Klebstoffen disaggregiert nach Anwendungsbereichen für das Jahr 1996	170
Tabelle 4.26.19: Minderungspotentiale bei der Verwendung von Klebstoffen von 1995 bis 2007 disaggregiert nach Sektoren /VCI97a/.....	172
Tabelle 4.27.1: Produktion und Inlandsverbrauchsmengen an Holzschutzmitteln im Jahr 1994 /StaBuA94a/	175
Tabelle 4.27.2: Zuordnung von GP95-Meldenummern für Holzschutzpräparate zu den entsprechenden WA96-Meldenummern /StaBuA95/	176
Tabelle 4.27.3: Ermittlung des Inlandsverbrauchs Holzschutzmittel für das Fortschreibungsjahr	176
Tabelle 4.27.4: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Holzschutzmitteln für das Jahr 1996 /StaBuA96a/, /StaBuA96b/	177
Tabelle 4.29.1: In der Quellgruppe "Domestic Solvent use" betrachtete Produktgruppen disaggregiert nach GP89-Meldenummern bzw. WA 94-Meldenummern /SIO94/	181
Tabelle 4.29.2: Ermittlung der Inlandsverbrauchsmenge an Konsumgütern 1994 in der Bundesrepublik Deutschland /StaBuA94a/, /StaBuA94b/	183
Tabelle 4.29.3: Einsatz und Emission von Lösemitteln beim Gebrauch von Konsumgütern	185
Tabelle 4.29.4: Zusammensetzung der NMVOC-Emissionen aus der Verwendung von Konsumgütern in Gewichtsprozent /Bräutigam92/ /Obermeier95a//Greiner99//UBA98//Öko99b/	187
Tabelle 4.29.5: Einsatz und Emissionen von FCKW-Kühlmitteln in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1990 /Obermeier95a/.....	189
Tabelle 4.29.6: Ermittlung des Inlandverkaufs Haushaltskühlgeräte /StaBuA94a/, /StaBuA94b/	190
Tabelle 4.29.7: Einsatzmengen und Emissionen an NMVOC in der Quellgruppe "Domestic solvent use" disaggregiert nach Produktgruppen im Bezugsjahr 1994.....	191
Tabelle 4.29.8: Zuordnung der GP95-Meldenummern zu Meldenummern von WA 96 für die betrachtete Quellgruppe "domestic solvent use"/StaBuA95/.....	192
Tabelle 4.29.9: Ermittlung der Produktionsmenge in den jeweils angegebenen Einheiten sowie Ermittlung der Import- und Exportmengen in Wert und Menge und Definition der entsprechenden zur Fortschreibung notwendigen Variablen	194
Tabelle 4.29.10: Methode zur Umrechnung der im Fortschreibungsjahr produzierten Menge	197
Tabelle 4.29.11: Ermittlung der Inlandsverbräuche im Fortschreibungsjahr	199
Tabelle 4.29.12: Ermittlung der NMVOC-Emissionen aus Konsumgütern im Fortschreibungsjahr	202
Tabelle 4.29.13: Inlandsverbrauch und Emissionen von HFKW - Kältemitteln aus Kälte- und stationären Klimaanlageanlagen 1995-1997 in t /Öko99b/	205
Tabelle 4.29.14: Inlandsverbrauch und Emissionen an R134a und anderen HFKW's in mobilen Klimaanlageanlagen (Hauptsächlich Pkw-Klimaanlagen) /Öko99b/	205
Tabelle 4.29.15: HFKW-Emissionen aus Kälte- und stationären Klimaanlageanlagen sowie aus mobilen Klimaanlageanlagen 1995-2010/Öko99b/.....	206
Tabelle 4.29.16: Zuordnung der GP95-Meldenummern zu den entsprechenden WA96-Meldenummern für private und gewerbliche Kühlgeräte/StaBuA95/.....	207
Tabelle 4.29.17: Definition der zur Berechnung des Inlandverkaufs an privaten und gewerblichen Kühlgeräten im Fortschreibungsjahr notwendigen Variablen	207
Tabelle 4.29.18: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an privaten und gewerblichen Kühlgeräten.	208
Tabelle 4.29.19: Inlandsverbräuche und Emissionen in Deutschland für das Jahr 1996 bezüglich der häuslichen Verwendung von Konsumgütern /StaBuA96a//StaBuA96b/.....	209

Tabelle 4.29.20: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an privaten und gewerblichen Kühlgeräten 1996 in der Bundesrepublik Deutschland /StaBuA96a//StaBuA96b/	212
Tabelle 4.29.21: Nach Produktgruppen aggregierte Inlandsverbräuche und Emissionen 1996 in Deutschland	213
Tabelle 4.29.22: Minderungspotentiale für ausgewählte Produktgruppen des "Domestic solvent use" /Berner96/.....	213
Tabelle 4.32.1: Zuordnung der Pflanzenschutzmittel betreffenden GP89-Meldenummern zu den entsprechenden WA94-Nummern /StaBuA95/.....	218
Tabelle 4.32.2: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Pflanzenschutzmitteln für das Jahr 1994 bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland/StaBuA94a//StaBuA94b/.....	220
Tabelle 4.32.3: Im Inland verwendete Menge Pflanzenschutzmittel (Jahre 1993-1996) /BBA1997/	221
Tabelle 4.32.4: Stoffliche Disaggregation der beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verwendeten Lösemittel im Bezugsjahr 1993 /BBA97/	222
Tabelle 4.33.1: Vergleich der Inlandsabsätze an Kühlschmiermitteln nach BAW (1993) und VSI (1992) /Baumann97/	224
Tabelle 4.33.2: Produktionsmengen wassermischbarer Kühlschmiermittel /Baumann97/ (Mitglieder des VSI, 1993)	225
Tabelle 4.33.3: Fortschreibungsmethode zur Ermittlung des Inlandsabsatzes und der Emission an Kühlschmiermitteln im Bezugsjahr	226
Tabelle 4.33.4: In Deutschland 1996 eingesetzte und emittierte Mengen an Kühlschmiermitteln /MWV97/.....	226
Tabelle 4.34.1: Absatzmarkt für Schmierstoffe in der Bundesrepublik Deutschland (1991, alte Bundesländer) /Fuchs97/	229
Tabelle 4.34.2: Inlandsabsatz von Schmierstoffen nach Sortengruppen für 1994 bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland /MWV96/.....	230
Tabelle 4.34.3: Methode zur Ermittlung der Einsatz- und Emissionsmengen im Fortschreibungsjahr .	231
Tabelle 4.34.4: Einsatz- und Emissionsmengen bei der Verwendung sonstiger Schmierstoffe für 1996 /MWV97/.....	231
Tabelle 4.35.1: Vorgaben der EU-VOC-Richtlinie für die Bereiche Oberflächenreinigung und sonstige Oberflächenreinigung /VOC-Richtlinie99/.....	234
Tabelle 4.36.1: Inlandsverbräuche lösemittelhaltige "Concrete Additives" /StaBuA94a/, /StaBuA94b/	238
Tabelle 4.36.2: Ermittlung der VOC-Emissionen aus der Verwendung lösemittelhaltiger "Concrete Additives"	238
Tabelle 4.36.3: Zuordnung der GP95-Meldenummern zu GP89-Meldenummern und entsprechenden WA-Meldenummern für "Concrete Additives" /StaBuA95/	239
Tabelle 4.36.4: Ermittlung der Inlandsverbräuche bzw. der daraus resultierenden Emissionen aus "Concrete Additives" im Fortschreibungsjahr	239
Tabelle 4.36.5: Ermittlung der Inlandsverbräuche an "Concrete Additives" und der daraus resultierenden VOC-Emissionen für das Bezugsjahr 1996 /StaBuA96a//StaBuA96b/.....	240
Tabelle 4.37.1: Einsatzmenge von Enteisungsmitteln für Flugzeuge in den Saisons 1993/94 und 1994/1995 /Loss96/	242
Tabelle 4.37.2: Einsatzmenge von Enteisungsmitteln zur Betriebsflächenenteisung auf deutschen Flughäfen /ADV99/	243
Tabelle 4.37.3: Zahl der gewerblichen Flugbewegungen an deutschen Flughäfen in Jahren 1993-1997 /Jahrbuch98/.....	243
Tabelle 4.37.4: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Enteisungsmitteln für 1996 /StaBuA96a/, /StaBuA96b/	244
Tabelle 4.37.5: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Enteisungsmitteln für 1995 /StaBuA96a/, /StaBuA96b/	244
Tabelle 4.37.6: Ermittlung des Inlandsverbrauchs Enteisungsmittel 1998 /StaBuA98a//StaBuA98b/ ..	244
Tabelle 4.37.7: Zusammenfassung der zur Flugzeugenteisung vorliegenden Informationen für die Jahre 1994-1998	245
Tabelle 4.37.8: Methode zur Berechnung des Inlandsverbrauchs an Enteisungsmitteln im Fortschreibungsjahr.....	246
Tabelle 4.37.9: Methode zur Berechnung der Einsatzmengen und Emissionen bei der Anwendung von Enteisungsmitteln	246
Tabelle 4.38.1: In Deutschland 1994 abgefüllte Aerosoldosen nach Füllgutgruppe /IGA96/.....	248
Tabelle 4.38.2: Aufteilung der verwendeten Aerosole auf einzelnen Produktgruppen /IGA96/	248

Tabelle 4.38.3:	Berechnungsmethode zur Ermittlung der nach Sektoren aufgeteilten Einsatz- und Emissionsmengen für das Fortschreibungsjahr	249
Tabelle 4.38.4:	Anzahl in der Bundesrepublik Deutschland 1996 abgefüllter Aerosolverpackungen (Dosen) sowie die daraus resultierenden Einsatz- und Emissionsmengen an Treibgasen und Ethanol /IGA98/	250
Tabelle 5.1:	Lösemittlemissionen in den Jahren 1994 und 1996 disaggregiert nach SNAP94.....	255
Tabelle 5.2:	NM VOC-Einsatzmengen 1994 und 1996 in Deutschland disaggregiert nach SNAP94-CODE'	257
Tabelle 5.3:	VOC-Split (Verbrauch) Teil 1 (SNAP 60100, 60200; Kohlenwasserstoffe)	265
Tabelle 5.4:	VOC-Split (Verbrauch) Teil 2 (SNAP 60300, 60400; Kohlenwasserstoffe)	266
Tabelle 5.5:	VOC-Split (Verbrauch) Teil 3 (SNAP 60100, 60200; Halogenkohlenwasserstoffe, Alkohole und Ester)	267
Tabelle 5.6:	VOC-Split (Verbrauch) Teil 4 (SNAP 60300, 60400; Halogenkohlenwasserstoffe, Alkohole und Ester)	268
Tabelle 5.7:	VOC-Split (Verbrauch) Teil 5 (SNAP 60100, 60200; Ketone, Aldehyde, organische Säuren, Glykolderivate, Ether, Amine, Amide und andere)	269
Tabelle 5.8:	VOC-Split (Verbrauch) Teil 6 (SNAP 60300, 60400; Ketone, Aldehyde, organische Säuren, Glykolderivate, Ether, Amine, Amide und andere)	270
Tabelle 5.9:	VOC-Split (Emissionen) Teil 1 (SNAP 60100, 60200; Kohlenwasserstoffe)	271
Tabelle 5.10:	VOC-Split (Emissionen) Teil 2 (SNAP 60300, 60400; Kohlenwasserstoffe)	272
Tabelle 5.11:	VOC-Split (Emissionen) Teil 3 (SNAP 60100, 60200; Halogenkohlenwasserstoffe, Alkohole, Ester)	273
Tabelle 5.12:	VOC-Split (Emissionen) Teil 4 (SNAP 60300, 60400; Halogenkohlenwasserstoffe, Alkohole, Ester)	274
Tabelle 5.13:	VOC-Split (Emissionen) Teil 5 (SNAP 60100, 60200; Ketone, Aldehyde, organische Säuren, Glykolderivate und andere)	275
Tabelle 5.14:	VOC-Split (Emissionen) Teil 6 (SNAP 60300, 60400; Ketone, Aldehyde, organische Säuren, Glykolderivate und andere),	276
Tabelle 5.15:	Vergleich der stofflichen Disaggregation der von uns abgeschätzten Lösemittelverbrauchsmengen 1994 mit Inlandsverbrauchsmengen 1994, die auf Abschätzungen der Lösemittelindustrie beruhen	277
Tabelle 6.1:	Gesamtbewertung berechneter Emissionen aus Kombinationen der Bewertungen von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	280
Tabelle 6.2:	Bewertungsskala und exemplarische Beschreibungen zur Einordnung der Unsicherheiten hochaufgelöster Emissionsberechnungen	283
Tabelle 6.3:	Einordnung der Unsicherheitsbandbreiten berechneter NM VOC-Emissionen aus dem Einsatz von Anstrichmitteln und Verdünnungen nach Anwendungsbereich	289
Tabelle 6.4:	Einordnung der Unsicherheitsbandbreiten berechneter NM VOC-Emissionen aus der Oberflächenbehandlung	292
Tabelle 6.5:	Einordnung der Unsicherheitsbandbreiten berechneter NM VOC-Emissionen aus der Anwendung von org. Lösemitteln (ohne Lackierung und Oberflächenbehandlung)	293
Tabelle 6.6:	Einordnung der Unsicherheitsbandbreiten berechneter NM VOC-Emissionen aus den mengenmäßig bedeutsamsten Quellgruppen	296
Tabelle 6.7:	Zuordnung geschätzter Unsicherheitsbandbreiten zu den im Lösemittelsektor verwendeten qualitativen Bewertungsstufen	297

Abbildungsverzeichnis

Bild 1.1: NMVOC-Emissionen 1994 in Deutschland /CORINAIR94/	1
Bild 1.2: NMVOC-Emissionen von 1990-1996 aufgeteilt nach Quellgruppen	2
Bild 3.1: Methodik der Ermittlung von Emissionen aus der Lösemittelanwendung	8
Bild 4.1: Einsatzmengen Lösemittel gemäß der CORINAIR94-Systematik	29
Bild 4.2: Zusammensetzung der in der Quellgruppe Anstrichmittel und Verdünnungen 1994 in der Bundesrepublik Deutschland verbrauchten Lösemittel in Anlehnung an /Bräutigam92/	31
Bild 4.3: Schematische Darstellung der Herstellung von Farben und Lacken von der Herstellung bis zur Applikation.	101
Bild 4.4: Untervarianten und Anwendungsgebiete des Flachdrucks /VCI97a/	135
Bild 4.5: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Tiefdruckes /VCI97a/	136
Bild 4.6: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Hochdruckes/VCI97a/	136
Bild 4.7: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Durchdruckes /VCI97a/	136
Bild 5.1: NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen in Deutschland 1994	258
Bild 5.2: NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Farben und Lacken (Gesamtemission: 331 000 t)	259
Bild 5.3: NMVOC-Emissionen aus Entfettung, chemischer Reinigung und anderer industrieller Reinigung Gesamtemission: 42 000 t)	259
Bild 5.4: NMVOC-Emissionen aus der Herstellung und Produktion von chemischen Produkten (ca. 99 000 t)	260
Bild 5.5: NMVOC-Emissionen aus anderen Lösemittelanwendungen (Gesamtemission: 417 000 t) .	261
Bild 5.6: NMVOC-Emissionen aus Verwendung von Konsumgütern (ohne Anwendung von Farben und Lacken) (ca. 141 000 t)	261
Bild 5.7: Disaggregation der NMVOC-Emission aus der Druckindustrie (insgesamt ca. 63 000 t) ..	262
Bild 5.8: Disaggregation der NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen nach Stoffklassen	263
Bild 5.9: Entwicklung der NMVOC-Emissionen aus der Verwendung von Farben und Lacken sowie des Inlandsverbrauches an Verdünnern von 1994 bis 1998	264
Bild 6.1: Bandbreite der Lösemittelgehalte verschiedener Lackarten	286
Bild 7.1: Vergleich der NMVOC-Emissionen 1994 und 1996 disaggregiert nach Anwendungsbereichen	300

1 Einleitung

Die anthropogene Emission flüchtiger organischer Verbindungen (NMVOC) wird zu einem erheblichen Teil durch die Anwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten verursacht. NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compounds) stellen eine Stoffgruppe mit vielfältigen Wirkungen dar. Einzelne Komponenten besitzen karzinogene Eigenschaften. NMVOC tragen zur Bildung erhöhter bodennaher Ozonkonzentrationen im Sommer bei und sind teilweise am Abbau stratosphärischen Ozons sowie an der Verstärkung des Treibhauseffektes beteiligt. 85 % der NMVOC-Emissionen in Deutschland wurden 1994 anthropogen verursacht./CORINAIR94/.

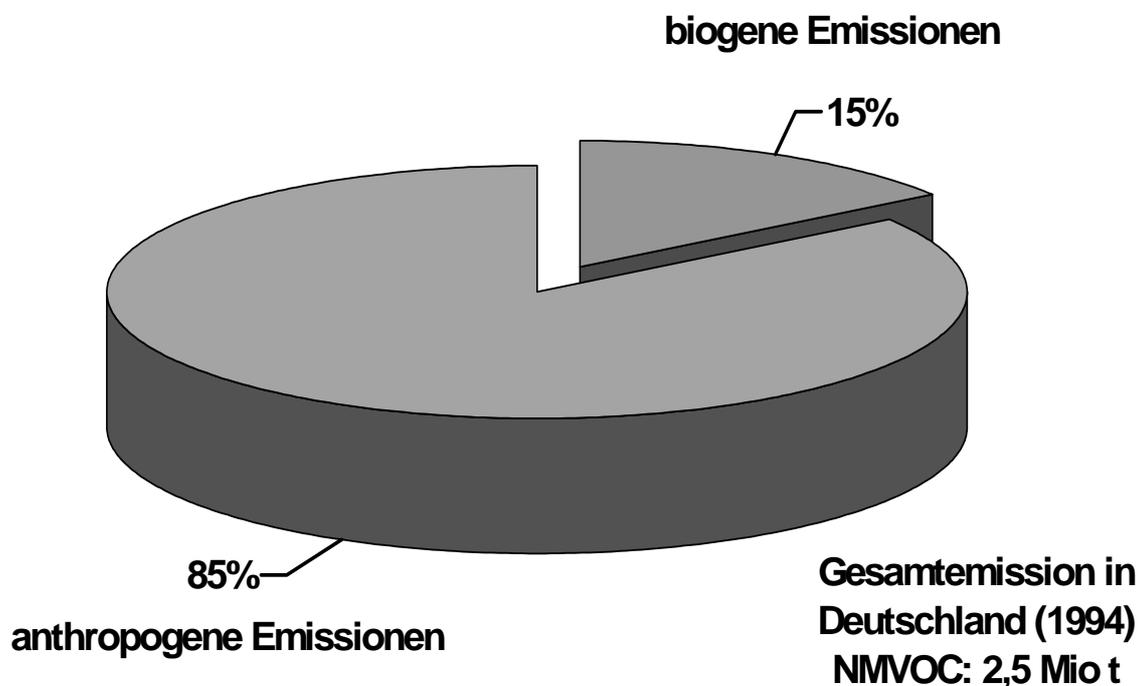


Bild 1.1: NMVOC-Emissionen 1994 in Deutschland /CORINAIR94/

Die relative Bedeutung der NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung hat in den letzten Jahren im Vergleich zum Autoverkehr, dem anderen Hauptverursacher von NMVOC-Emissionen, zugenommen und betrug nach bisherigen Abschätzungen 1996 mehr als 50 % der gesamten anthropogenen NMVOC-Emissionen in Deutschland. Vergleiche hierzu Bild 1.2 :

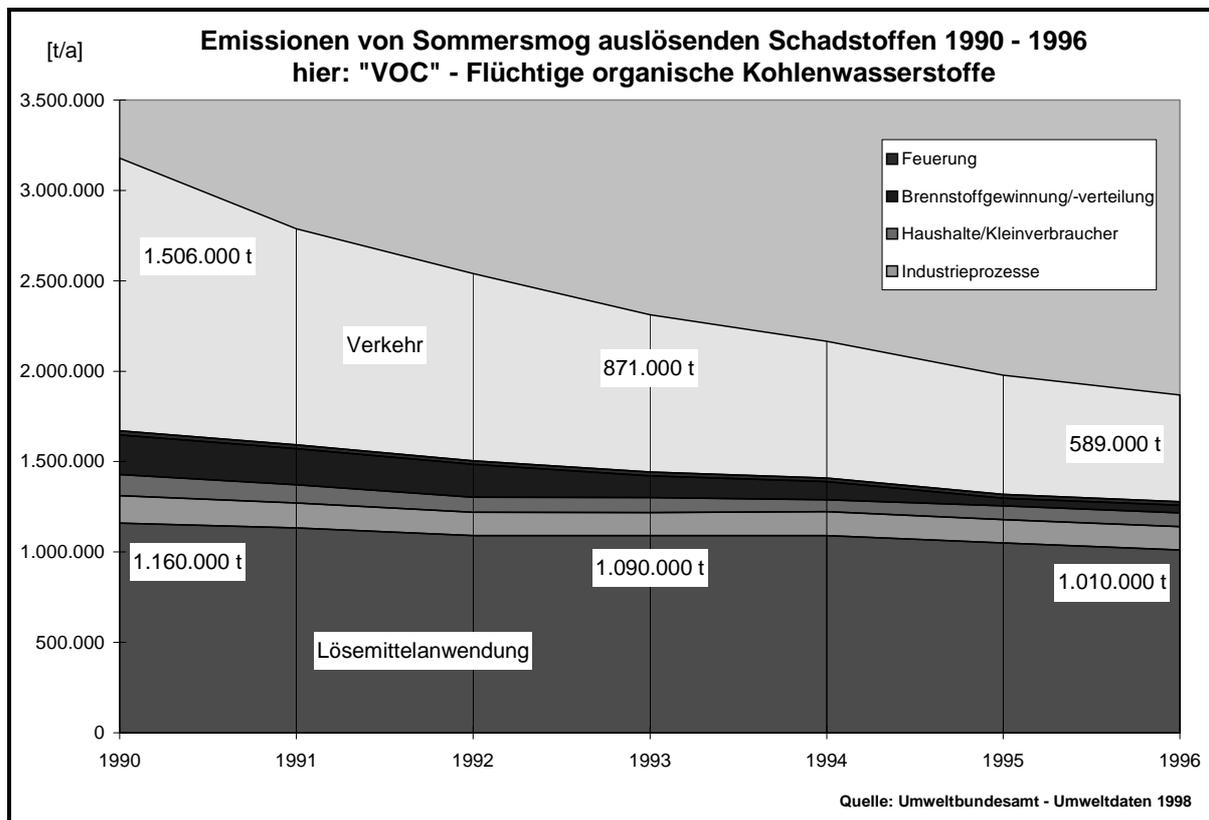


Bild 1.2: NMVOC-Emissionen von 1990-1996 aufgeteilt nach Quellgruppen

In Zukunft wird der Anteil der Emissionen aus Lösemittelanwendungen an den gesamten anthropogen bedingten NMVOC-Emissionen noch zunehmen, da durch die Implementierung der auf europäischer Ebene verschärften Emissionsgrenzwerte EURO 3, EURO 4 und EURO 5 mit weiteren deutlichen Emissionsminderungen im Straßenverkehr zu rechnen ist.

Die erreichten Emissionsminderungen sind vor dem Hintergrund der in verschiedenen umweltpolitischen und umweltrechtlichen Zusammenhängen (u.a. "Aktionsprogramm und Maßnahmenplan Ozon", Entwurf einer "NEC-Richtlinie" der EU, Ozon-Tochterrichtlinie der EU, Zielvereinbarung aus dem Dialog VCI-BMU, etc.) formulierten Umwelthandlungsziele zu sehen, die alle eine deutliche VOC-Reduktion um etwa 70 - 80 % bezogen auf den Stand Ende der 80er Jahre erfordern /OZON99a/, /OZON 99b/, /OZON 99c/, /NEC-Richtlinie99/ /VCI97a/.

Eines der Instrumente zur Erreichung des gesteckten Minderungsziels ist die im März 1999 verabschiedete Richtlinie 1999/13/EG des Rates der Europäischen Gemeinschaft ("EU-VOC-Lösemittelrichtlinie") /VOC-Richtlinie99/, die innerhalb von 24 Monaten in nationales Recht umgesetzt werden muss.

Um geeignete Maßnahmen zur Verminderung hoher Lösemittlemissionen in Deutschland identifizieren und einleiten zu können, bedarf es zunächst einer ursachen- und stoff-

bezogenen Erfassung der Einsatzmengen organischer Lösemittel und lösemittelhaltiger Produkte sowie der Ermittlung der davon ausgehenden Emissionen in die Atmosphäre.

Die Vielfalt unterschiedlichster Verwendungszwecke und unterschiedlichster Arten an lösemittelhaltigen Produkten gestalten eine solche Ermittlung schwierig. Ältere Abschätzungen von Verwendungs- und Emissionsmengen Lösemittel in den alten Bundesländern wurden in /Bräutigam92/ für das Bezugsjahr 1986 vorgenommen. Erforderlich ist nun eine aktuelle und künftig fortschreibbare Datenbasis.

2 Zielsetzung

Vorrangiges Ziel des Vorhabens war es, belastbare Daten über Einsatz- und Emissionsmengen organischer Lösemittel in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1994 bereitzustellen. Die Klassifizierung der Quellgruppen sollte in das CORINAIR-Berichtssystem SNAP 94 überführbar sein. Ferner waren im Rahmen des Vorhabens Methoden zu entwickeln, mit denen es möglich ist, Aktualisierungen der Emissionsdaten für künftige Basisjahre mit vertretbarem Aufwand beim Umweltbundesamt eigenständig durchzuführen. Darüber hinaus sollten technische Potentiale von Emissionsminderungsmaßnahmen in Deutschland grob abgeschätzt werden. Zudem sollten die Unsicherheiten, mit denen die Eingangsdaten und Ergebnisse behaftet sind, qualitativ analysiert und bewertet werden. Darüber hinaus war eine Erfassung von VOC-Einzelkomponenten angestrebt.

3 Allgemeines Vorgehen

Das Vorhaben erforderte die Aufbereitung und Auswertung von Wirtschaftsstatistiken und Emissionserklärungen für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen sowie die Beschaffung ergänzender Informationen durch Erhebungen bei Industrieverbänden und verschiedensten sonstigen Institutionen.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die wesentlichen Arbeitsschritte skizziert, die im Rahmen des Vorhabens durchzuführen waren.

3.1 Definition der zu betrachtenden Emissionsursachen und der zu erfassenden Substanzen

Die vorgesehene quellen- und stoffbezogene Abgrenzung deckte sich weitestgehend mit den Angaben in /Bräutigam92/. 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 (Phtalate). Bezüglich der Emissionsquellen wurde die Herstellung lösemittelhaltiger Erzeugnisse sowie die Anwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Erzeugnissen untersucht.

Lösemittel sind im Rahmen dieser Studie entsprechend der /VOC-Richtlinie99/ folgendermaßen 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. In verschiedenen Anwendungsbereichen derartiger Substanzen werden jedoch auch davon abweichende Stoffspezifizierungen verwendet.

Dabei ist allerdings zu beachten, wie dies auch von /Bräutigam92/ getan wurde, dass einige Produkte, insbesondere solche, die eine definierte chemische Verbindung darstellen, sowohl als Lösemittel als auch als chemische Reaktionskomponente eingesetzt werden, z. B. Toluol als Lösemittel in Lacken und Klebstoffen und als Reaktionskomponente bei der Herstellung von Toluoldiisocyanat (TDI) oder Methyläthylketon als Lösemittel in Druckfarben und als Ausgangsmaterial bei der Synthese von Methyläthylketonperoxid. Produkte, die als chemische Reaktionskomponente eingesetzt werden, entsprechen nicht der Lösemitteldefinition.

Die Herstellung von Lösemitteln wurde nicht betrachtet, da die hierbei verursachten Emissionen im Vergleich zur Weiterverarbeitung (z. B. Verwendung bei der Herstellung lösemittelhaltiger Lacke, Druckfarben etc.) und insbesondere im Vergleich zur Produktanwendung vernachlässigbar sind.

3.2 Erstellung einer Quellgruppensystematik

Zunächst wurde eine hierarchisch strukturierte Quellgruppensystematik erarbeitet, welche der zu erwartenden Vielfalt unterschiedlichster Arten und Aggregierungsebenen von Eingangsdaten gerecht wurde und im Verlauf des Bearbeitungszeitraumes dieses Vorhabens flexibel erweitert bzw. verändert wurde.

Es wurde angestrebt, jede voneinander unterscheidbare Art emissionsverursachender Vorgänge als Quellgruppe unterster Hierarchieebene zu behandeln. Davon ausgehend

ließen sich durch entsprechende Zusammenfassungen übergeordnete Hierarchieebenen/Quellgruppen bilden

Es wurde von uns als höchste Hierarchieebene die CORINAIR94-Systematik gewählt. Jede voneinander unterscheidbare emissionsverursachende Quellgruppe wurde einem SNAP-Code zugeordnet. Die von uns durchgeführte Untersuchung betraf nur den SNAP-Code 6. In Tabelle 3.1 sind alle von uns untersuchten emissionsverursachenden Quellgruppen aufgeführt und den entsprechenden SNAP-CODES zugeordnet.

Tabelle 3.1: Quellgruppensystematik der emissionsverursachenden Quellgruppen entsprechend CORINAIR94

SNAP-CODE	Bezeichnung des Sektors entsprechend CORINAIR 94	Emissionsverursachende Quellgruppe
60100	Paint Application	
60101	Manufacture of Automobiles	Autoserie: Grundierung Füller Decklacke/Klarlacke
60102	Car Repairing	Autoreparatur / Nutzfahrzeuge Sonstige Fahrzeuge Lackspray (ohne Treibgas)
60103	Constructions and Buildings	Bauten: Dispersionsfarben innen Dispersionsfarben Fassade Kunstharzgebundene Putze Bautenlacke
60104	Domestic use	Bauten: Dispersionsfarben innen Dispersionsfarben Fassade Kunstharzgebundene Putze Bautenlacke
60105	Coil Coating	Bandbeschichtung
60106	Boat Building	Schiffsfarben
60107	Wood	Holzbearbeitung: Möbel Innenausbau Schreinerarbeiten
60108	Other Industrial Application	Elektro, Haushalt Maschinenbau Autozubehör/Metall Metallwaren Blechballagen Drahtlacke Tränke- und Gießmittel Bauelemente ohne Bandbeschichtung Kunststoffe Papier/Folie Übrige Verarbeitung Markierungsfarben Sonstige Bereiche Korrosionsschutz
60109	Other non Industrial Application	Elektro, Haushalt Maschinenbau Autozubehör/Metall Metallwaren Blechballagen Drahtlacke Tränke- und Gießmittel Bauelemente ohne Bandbeschichtung Kunststoffe Papier/Folie Übrige Verarbeitung Markierungsfarben Sonstige Bereiche Korrosionsschutz

Tabelle 3.1: Quellgruppensystematik der emissionsverursachenden Quellgruppen entsprechend CORINAIR94

SNAP-CODE	Bezeichnung des Sektors entsprechend CORINAIR 94	Emissionsverursachende Quellgruppe
60200	Degreasing, dry cleaning and electronics	
60201	Metal degreasing	Metallentfettung
60202	Dry cleaning	Chemische Reinigung
60203	Electronic Components Manufacturing	Fertigung elektronischer Komponenten
60204	Other industrial cleaning	Oberflächenreinigung in der Feinoptik und Optoelektronik
60300	Chemical products manufacturing	
60301	Polyester processing	Verarbeitung von Polyestern
60302	Polyvinylchloride processing	Verarbeitung von Polyvinylchlorid
60303	Polyurethane processing	Verarbeitung von Polyurethan
60304	Polystyrene foam processing	Verarbeitung von Polystyrol
60305	Rubber processing	Gummiverarbeitung
60306	Pharmaceutical products manufacturing	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
60307	Paints manufacturing	Herstellung von Farben und Lacken
60308	Inks manufacturing	Herstellung von Druckfarben
60309	Glues manufacturing	Herstellung von Klebstoffen
60310	Asphalt blowing	Asphalt blasen
60311	Adhesives, magnetic tapes, films and ophotographs manufacturing	Herstellung von Haftmaterialien und Klebebändern Herstellung von Magnetbändern Herstellung von Filmen und Fotografien
60312	Textile finishing	Produktion und Verarbeitung von Textilien
60313	Lether tanning	Gerben von Ledermaterialien
60314	Other	Feinchemikalienproduktion in der Chemischen Industrie
60400	Other use of solvents and related activities	
60401	Glass wool enduction	Behandlung von Glas- und Mineralwolle
60402	Mineral wool enduction	
60403	Printing Industry	Druckindustrie
60404	Fat, edible, and non edible oil extraction	Extraktion von Ölen und Fetten
60405	Application of glues and adhesives	Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien in folgenden Bereichen: Papier und Verpackung Bau Holz Transport Schuhe Heimwerkerbereich (DIY) Montage
60406	Preservation of wood	Anwendung von Holzschutzmitteln
60407	Underseal treatment and conservation of vehicles	Anwendung von Unterbodenschutz Konservierung von Fahrzeugen
60408	domestic solvent use (other than paint application)	Anwendung von lösemittelhaltigen Produkten im Haushalt, insbesondere: Seifen Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel Alkoholische Duft- und Hygienewässer Parfüms Haut- und Haarpflegemittel Schönheitspflegemittel Badezusatzmittel andere Körperpflegemittel Putz- und Pflegemittel Kfz-Frostschutzmittel Kältemittel
60409	Vehicles dewaxing	Entwachsen von Fahrzeugen
60410	Pharmaceutical products manufacturing	ist in 60306 enthalten
60411	Domestic use of pharmaceutical products	Häusliche Verwendung pharmazeutischen Produkten Verwendung von pharmazeutischen Produkten in Krankenhäusern und medizinischen Praxen
60412	Other	Verwendung von Pflanzenschutzmitteln Verwendung von Kühlschmiermitteln Verwendung von anderen Schmierstoffen Entfernung von Farben und Lacken Anwendung von Betonzusatzmitteln ("Concrete Additives") Flugzeugenteisung und sonstige Enteisung Anwendung von Treibgasen Hochschulen Tabakwarenproduktion Wissenschaftliche Laboratorien

3.3 Methodische Ansätze und Datenquellen zur Berechnung von Lösemittleinsatz- und Emissionsmengen

Der grundsätzliche Weg zur Ermittlung von Lösemittleinsatz und -emission in der oben erwähnten Strukturierung lässt sich in folgende Schritte unterteilen (vgl. /Obermeier95a/)

- Abschätzung des Inlandseinsatzes an lösemittelhaltigen Erzeugnissen anhand von Top-Down-Ansätzen (auf der Basis von Wirtschaftsstatistiken und Erhebungen bei führenden Herstellern) sowie zusätzlich bzw. alternativ anhand von Bottom-Up-Ansätzen (auf der Basis möglichst repräsentativer einzelbetrieblicher Daten aus Erhebungen und Emissionserklärungen sowie zur Hochrechnung benötigter Wirtschaftsstatistiken).
- Bestimmung des Inlandseinsatzes Lösemittel unter Verwendung produktbezogener Angaben zum Lösemittelgehalt sowie zur Zusammensetzung der Lösemittel (auf der Basis einer Befragung von VCI-Fachverbänden).
- Ermittlung des auf einzelne Anwendungsgebiete bezogenen Einsatzes an lösemittelhaltigen Produkten (auf der Basis von Wirtschaftsstatistiken und Auswertungen von Emissionserklärungen).
- Abschätzung des branchenbezogenen Lösemittleinsatzes unter Berücksichtigung von Daten über branchenabhängige Unterschiede bezüglich Lösemittelgehalt und Lösemittelzusammensetzung in den jeweiligen Produktarten (auf der Basis von Erhebungen auf Anwenderseite und ergänzenden Expertengesprächen).
- Abschätzung von Lösemittlemissionen anhand oben ermittelter Einsatzdaten unter Berücksichtigung des Bestandes und der Wirksamkeit von Abluftreinigungsanlagen sowie der weiteren Verwendung zurückgewonnener Lösemittel (auf der Basis von Emissionserklärungen, Abfall- und Reststoffstatistiken, Erhebungen bei Anlagenanbietern und -betreibern sowie Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden).

Parallel zu den oben erläuterten, vorwiegend produktbezogenen, Abschätzungen von Lösemittleinsatz- und Emissionsmengen wurden - vorwiegend zur Plausibilitätsprüfung - auch lösemittelbezogene Abschätzungen vorgenommen. Dabei wurde versucht, den gesamten Inlandseinsatz einzelner Lösemittel direkt zu erfassen und, soweit nach Datenlage möglich, verschiedenen Einsatzbereichen zuzuordnen. Allgemein zugängliche Statistiken boten hierfür nur eine begrenzte Grundlage, so dass die Umsetzbarkeit dieser Methode wesentlich von der Beschaffung ergänzender Informationen bei Lösemittelherstellern, -händlern und -anwendern abhing. In Bild 3.1 ist die Methode der Ermittlung der Lösemittlemissionen einschließlich der Plausibilitätsprüfung durch einen lösemittelbezogenen Ansatz graphisch dargestellt.

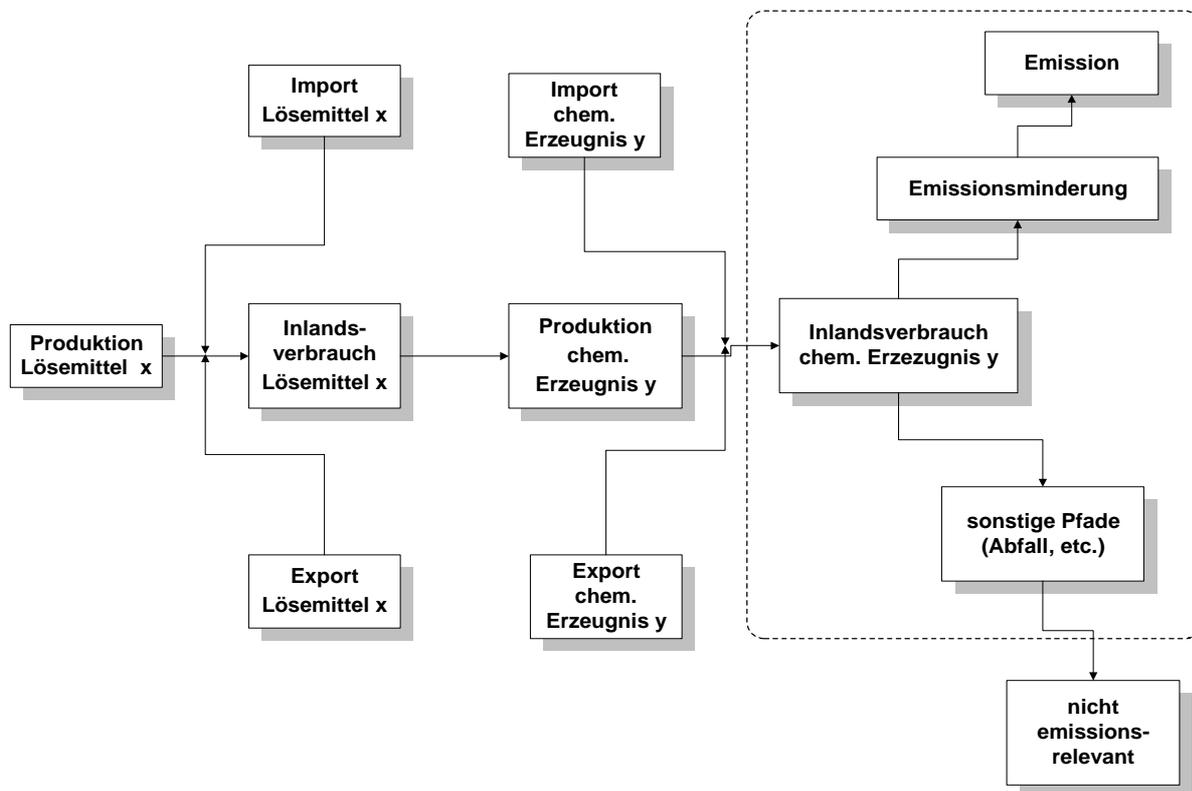


Bild 3.1: Methodik der Ermittlung von Emissionen aus der Lösemittelanwendung

3.4 Erarbeitung von Fortschreibungsmethoden

Die grob skizzierte Methodik zur Erstellung einer bundesweiten Lösemittelleinsatz- und Emissionsdatenbasis für das Bezugsjahr 1994 erfordert die Durchführung umfangreicher Erhebungen und Datenanalysen. Derartige Untersuchungen sind nur in größeren Zeitabständen denkbar und durchführbar.

Aus diesem Grund wurden Methoden entwickelt, die zumindest kurz- bis mittelfristig eine vereinfachte Fortschreibung der Datenbasis ermöglichen. Diese Fortschreibung kann vom Umweltbundesamt eigenständig und mit vertretbarem Aufwand durchgeführt werden.

Hierzu wurden Beziehungen hergestellt zwischen ursprünglich komplex erfassten Sachverhalten und leicht zugänglichen, möglichst regelmäßig aktualisierten Daten wie z. B. verschiedenen Wirtschaftsstatistiken. Darüber hinaus wurden Handlungsempfehlungen formuliert, in welchen Fällen und mit welchen Mitteln (z. B. Befragung bestimmter Institutionen) solche Eingangsdaten aktualisiert werden sollten, deren Fortschreibung von seiten Dritter nicht gewährleistet war. Bisherige Erfahrungen konnten hier integriert und systematisch ausgebaut werden (vgl. /Obermeier95b/).

3.5 Abschätzung von Emissionsminderungspotentialen

Ein weiterer Schritt beinhaltete die Abschätzung der technischen Minderungspotentiale wesentlicher primärer und sekundärer Emissionsminderungsmaßnahmen. Die vorgenommene Bestimmung der Lösemittlemissionen in größtmöglicher Detaillierung bot eine gute Grundlage zur Untersuchung von Minderungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung branchen- oder stoffspezifischer Rahmenbedingungen.

3.6 Analyse und Bewertung von Datenunsicherheiten

In Ergänzung zur Ermittlung bundesweiter Lösemittleinsatz- und Emissionsdaten wurden die Unsicherheiten, mit denen die verwendeten Eingangsdaten und Berechnungsergebnisse behaftet sind, qualitativ analysiert und bewertet.

4 Quellenbezogene Ansätze zur Ermittlung von Verbrauchsmengen und Emissionen organische Lösemittel

Im folgenden Abschnitt werden die in Tabelle 3.1 aufgeführten Quellgruppen zunächst charakterisiert und beschrieben. Dann wird der Inlandsverbrauch lösemittelhaltiger Produkte, die dieser Quellgruppe zuzuordnen sind, anhand der Produktions- und Außenhandelsstatistik für 1994 ermittelt, soweit dies möglich ist. Falls der Inlandsverbrauch nicht durch die Produktions- und Außenhandelsstatistik ermittelbar ist, so werden Informationen aus anderen Quellen wie z. B. Wirtschaftsverbänden, Industrieverbänden, öffentlichen Institutionen sowie privaten Instituten und Einrichtungen herangezogen. Anschließend werden mit Hilfe zahlreicher Informationen die Lösemittelgehalte der Produkte abgeschätzt. So wird der Lösemittelverbrauch 1994 der betrachteten Quellgruppe ermittelt. Dann werden die Emissionen für 1994 unter Berücksichtigung aller möglichen Stoffstrompfade (Abwasser, Abfall, Recycling, Abluftreinigungsmaßnahmen) ermittelt.

Die Ergebnisse werden, soweit möglich, mit den Ergebnissen einer Auswertung der Emissionserklärungen 1994 aus 11 Bundesländern, die uns die Emissionserklärungen aller genehmigungsbedürftigen Anlagen zur Verfügung gestellt haben, verglichen. Die bundesweiten Emissionen werden jeweils anhand der Beschäftigtenzahlen in den 11 Bundesländern und bundesweit hochgerechnet. Im Anschluss werden die Ergebnisse für jede Quellgruppe für 1994 zusammengefasst und dargestellt.

Im Weiteren wird die Entwicklung und Beschreibung der Fortschreibungsmethode für die jeweilige Quellgruppe erläutert. Hierbei ist insbesondere die Umstellung der Systematik der Produktionsstatistik von der Systematik des Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989 (GP89) auf die Systematik des Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1995 (GP95) zu berücksichtigen. Diese Umstellung bietet den wesentlichen Vorteil, dass diese Systematik in den meisten europäischen Ländern seit 1995 angewendet wird und die Gütergruppen der Produktionsstatistik seitdem eindeutig entsprechenden Warengruppen der Außenhandelsstatistik zugeordnet werden können.

Als nächstes werden für jede Quellgruppe die Emissionen für 1996 mit Hilfe der entwickelten Fortschreibungsmethode berechnet.

Zuletzt werden technisch mögliche Emissionsminderungspotentiale betrachtet. Hierbei wird auch berücksichtigt, ob die zum Ausschöpfen dieser Potentiale notwendigen Maßnahmen mit vertretbarem Kostenaufwand umgesetzt werden können. Vertretbarer Kostenaufwand heißt in diesem Zusammenhang, dass Minderungspotentiale, die im Rahmen dieser Studie betrachtet werden, vom Betreiber so umgesetzt werden können, dass die Kosten dieser Maßnahmen wirtschaftlich verkraftet werden.

4.1 Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen

4.1.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik /CORINAIR94/ ist dieser Quellgruppe der SNAP94 - CODE 0601 mit der Bezeichnung "Paint Application" zugeordnet. Sie umfasst den Einsatz von Anstrichmitteln, Einstellverdünnungen und sonstigen Verdünnungen im direkten Zusammenhang mit allen möglichen Arten von Beschichtungsvorgängen. Nicht mit einbezogen sind die Einsatzmengen und Emissionen, die im Zusammenhang mit der Gerätereinigung aufgrund von Farbwechseln oder ähnlichen Vorgängen auftreten und Vorgänge, die ausschließlich der Reinigung oder Entfettung von Oberflächen dienen /VDL99/. Die bei diesen Vorgängen eingesetzten Mittel und deren Emissionen werden in Abschnitt 4.2.2 (Seite 44) berücksichtigt. Die hier betrachtete Quellgruppe umfasst den Einsatz von Beschichtungsstoffen im Verarbeitenden Gewerbe, im Baugewerbe, sowie im Handwerk und im Do-it-Yourself (DIY)-Bereich. Es wird sowohl der Einsatz in Anlagen als auch außerhalb von Anlagen betrachtet. Anlagen mit einem Lösemiteleinsatz von mehr als 25 kg/h sind gemäß Ziffer 5.1 des Anhangs zur 4. BImSchV (4.Bundesimmissionsschutzverordnung)/4. BImSchV/ immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig. Infolge des Einsatzes von Phenol, Kresol und Xylenol sind fast alle Betriebe genehmigungsbedürftig, die Drahtlackierung betreiben. Die weitergehende Untergliederung der Quellgruppe anhand der CORINAIR 94-Systematik ist in Tabelle 4.1.1 gezeigt.

Tabelle 4.1.1: Sektorale Abgrenzung durch SNAP-CODES gemäß der CORINAIR 94-Systematik

SNAP-CODE	Bezeichnung des Sektors entsprechend CORINAIR 94	Deutsche Bezeichnung
60101	Manufacture of Automobiles	Herstellung von Automobilen
60102	Car Repairing	Fahrzeugreparaturlackierung
60103	Constructions and Buildings	Baugewerbe
60104	Domestic use	DIY-Bereich
60105	Coil Coating	Bandbeschichtung
60106	Boat Building	Schiffsbau
60107	Wood	Holzbearbeitung
60108	Other industrial Application	Andere industrielle Anwendungen
60109	Other non Industrial Application	Andere nicht industrielle Anwendungen

Die stoffliche Abgrenzung erfolgt in erster Linie anhand der Produktionsstatistik /StaBuA94a/ entsprechend der Meldenummern des "Systematischen Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken", Ausgabe 1989 /StaBuA89/. Davon werden nur die Beschichtungsstoffe berücksichtigt, die im Jahresbericht des Verbandes der Lackindustrie für 1994 /VDL94/ angegeben sind. Das bedeutet, dass Spachtelmassen (46 79 50) nicht berücksichtigt werden, da sie im Zusammenhang mit der Emission von NMVOC als nicht relevant zu betrachten sind. Sonstige Anstrichstoffe (auch Beizen und Wachsmattinen)(GP89-Melde-Nr.:46 41 90) werden sowohl den lösemittelhaltigen Lacken als auch

den wasserverdünnbaren Lacken und Anstrichstoffen zugerechnet. In Tabelle 4.1.2 ist die stoffliche Abgrenzung der Quellgruppe Anstrichstoffe und Verdünnungen anhand des „Systematischen Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken“, Ausgabe 1989 (GP89) /StaBuA89/ dargestellt.

Tabelle 4.1.2: Stoffliche Abgrenzung der Quellgruppe Anstrichstoffe und Verdünnungen anhand des „Systematischen Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken“, Ausgabe 1989 (GP89) /StaBuA89/

Meldenummer gemäß GP 89	Bezeichnung
Lösemittelhaltige Lacke ohne High Solids (11 - 39)	
46 41 11	Alkydharzlacke
46 41 12	Ölfarben und Öllacke
46 41 13	Celluloselacke nicht pigmentiert
46 41 14	Celluloselacke pigmentiert
46 41 15	Bitumen- und teerhaltige Lacke
46 41 16	Metallisch pigmentierte Anstrichstoffe
46 41 17	Leuchtfarben
46 41 18	Lack- und andere Spachtel
46 41 19	Sonstige Lacke auf Basis natürlicher Polymere
46 41 90	Sonstige Anstrichstoffe (auch Beizen und Wachsmattinen)
46 41 31	Phenol-, Harnstoff- und Melaminharzlacke, Einbrennlacke
46 41 32	Polyesterharzlacke (ölfrei)
46 41 34	Epoxidharzlacke
46 41 35	Polyurethanharzlacke
46 41 37	Polystyrol- und Polyvinylharzlacke
46 41 39	Sonstige Lacke auf Basis synthetischer Polymere
46 41 51	High-Solids (lösemittelhaltig)
46 41 54	Pulverlacke
Dispersionen und kunstharzgebundene Putze	
46 41 61	Dispersionsfarben Innenbereich
46 41 62	Dispersionsfarben Außenflächen
46 41 64	Grundierungen, Überzugsmittel
46 41 65	Kunstharzgebundene Putze
Wasserverdünnbare Lacke und Anstrichstoffe	
46 41 66	Leimanstrich- und Wasserfarben
46 41 67	Silikatanstrichfarben
46 41 68	Silikatputze
46 41 81	Dispersionslackfarben (Acryllacke, Blauer Engel)
46 41 85	ETL- und andere Wasserlacke
46 41 90	sonstige Anstrichstoffe (auch Beizen und Wachsmattinen)
46 45 00	Verdünnungen

4.1.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Grundlegende Daten über den anwendungsbezogenen Einsatz an Anstrichmitteln und Verdünnungen und die Emissionen an organischen Lösemitteln werden einer Studie des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI) und des Bundesumweltministeriums (BMU) /VCI97a/ entnommen. Diese Studie wurde auf der Grundlage von Expertenbefragungen erstellt. Das Bezugsjahr ist 1995. Die Verbräuche entsprechen den aus der Produktions- und Außenhandelsstatistik des Jahres 1995 berechneten Inlandsverbrauchsmengen an

Anstrichmitteln und Verdünnungen. In dieser Studie wurde der Lösemittelgehalt der einzelnen Produkte abgeschätzt. Das Ergebnis ist die Angabe anwendungsbezogener Lösemittelgehalte. Die anwendungsbezogenen Emissionsfaktoren wurden unter Berücksichtigung des Anwendungsbereiches, der Anwendungstechnik des Erzeugnisses und aller relevanten Stoffstrompfade (Abwasser, Abfall, externe Aufbereitung und Abluftreinigungsmaßnahmen) von Branchenexperten aus der Lackindustrie abgeschätzt. Das Ergebnis ist die Angabe anwendungsbezogener Emissionen.

Tabelle 4.1.3: Einsatzmengen und Emissionen aus der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen in Deutschland im Jahr 1995

	Lacke auf Basis Löse- mittel			Lacke auf Basis Wasser			Lacke auf Basis Pulver	Summe Verbrauch	Summe Lösemittel	Einstelver- dünnung	Emissions- faktor	Summe Emis- sionen
	Ver- brauch	Lösemittel- gehalt		Verbrauch	Lösemittel- gehalt							
Abnehmer-Branche	[t]	%	[t]	[t]	%	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[%]	[t]
Bauten												
Dispersionsfarben: Innen				540 000	1	5 400		540 000	5 400			
Dispersionsfarben Fassade				180 000	3	5 400		180 000	5 400			
kunstharzgebundene Putze				200 000	1	2 000		200 000	2 000			
Bautenlacke	55 000	50	27 500	55 000	7	3 850		110 000	31 350			
Summe Bauten									44 150	9 000	95	50 493
Holzbearbeitung												
Möbel	42 000	65	27 300	2 000	6	120		44 000	27 420	6 000	90	30 078
Innenausbau	16 000	65	10 400	1 000	6	60		17 000	10 460	2 500	95	12 312
Schreinerarbeiten	8 000	65	5 200	1 000	6	60		9 000	5 260	1 500	95	6 422
Autoserie:												
Grundierung				28 000	5	1 400		28 000	1 400		10	140
Füller	8 500	40	3 400	3 500	8	280		12 000	3 680	1 000	51	2 387
Decklacke/Klarlacke	25 500	55	14 025	9 500	15	1 425		35 000	15 450	4 000	77	14 977
Autoreparaturlackierung												
Autoreparatur/Nutzfahrzeuge	30 000	60	18 000	300	10	30		30 300	18 030	6 000	95	22 829
Sonstige Fahrzeuge	4 000	55	2 200	2 500	12	300		6 500	2 500	1 000	70	2 450
Lackspray (ohne Treibgas)	6 000	70	4 200					6 000	4 200		95	3 990
Korrosionsschutz												
Korrosionsschutz	58 500	30	17 550	500	5	25	1000	60 000	17 575	8 000	95	24 296
Schiffsfarben												
Schiffsfarben	9 000	70	6 300	1 000	5	50		10 000	6 350	1 000	95	6 983
Markierungsfarben												
Markierungsfarben	11 000	40	4 400	1 000	2	20		12 000	4 420	1 000	95	5 149
Sonstige Industrie												
Elektro, Haushalt	26 500	50	13 250	2 000	5	100	6 500	35 000	13 350	3 000	50	8 175
Maschinenbau	36 500	60	21 900	1 000	7	70	2 500	40 000	21 970	6 000	90	25 173
Autozubehör/Metall	7 000	55	3 850	5 000	12	600	4 000	16 000	4 450	1 000	70	3 815
Metallwaren	7 500	50	3 750	2 000	12	240	15 500	25 000	3 990	1 000	70	3 493
Blechballagen	28 000	50	14 000	12 000	5	600		40 000	14 600	2 000	50	8 300
Bandbeschichtung	15 000	40	6 000	1 000	5	50		16 000	6 050	1 000	5	353
Drahtlacke	9 000	65	5 850					9 000	5 850	1 000	5	343
Tränk- und Gießmittel	5 000	45	2 250					5 000	2 250	1 000	50	1 625
Bauelemente ohne Band-Beschichtung	19 000	50	9 500	2 000	10	200	14 000	35 000	9 700	2 000	45	5 265
Kunststoffe	19 000	60	11 400	1 000	10	100		20 000	11 500	3 000	80	11 600
Papier/Folie	2 000	60	1 200	9 000	5	450		11 000	1 650		20	330
Übrige Verarbeitung	38 000	60	22 800	1 000	5	50	1 500	40 500	22 850	4 000	90	24 165
Sonstige Bereiche	37 000	40	14 800	1 000	5	50		38 000	14 850	4 000	90	16 965
Summe	523 000		271 025	1 062 300		22930	45 000	1 630 300	293 955	70 000	80	292 105
Sonstige Verdünnungen										80 000	100	80 000
Summe Emissionen												372 105
Lösemittelverbrauch									293 955	150 000		443 955

Die Angaben in /NCI97a/ beziehen sich auf das Jahr 1995. Für die vorliegende Untersuchung sind jedoch zunächst die Einsatzmengen und Emissionen des Jahres 1994 von Interesse. Deshalb wird der Inlandsverbrauch an Anstrichmitteln und Verdünnungen für 1994 anhand der Produktions- und Außenhandelsstatistik ermittelt. Eine wesentliche Un-

schärfe bei der Rückrechnung auf das Jahr 1994 ist die im Rahmen einer europäischen Harmonisierung erfolgte grundlegende Umstellung der Produktionsstatistik von 1994 auf 1995. Während die Produktionsstatistik bis einschließlich 1994 auf dem Systematischen Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989 (GP89) /StaBuA89/ aufbaut, findet ab 1995 das „Systematische Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken“, Ausgabe 1995 (GP95) /StaBuA95/ Anwendung. In Tabelle 4.1.4 sind die Meldenummern nach GP89 der neuen Systematik nach GP95 gegenübergestellt.

Tabelle 4.1.4: Gegenüberstellung von GP89 und GP95

Melde-Nr. Prod.-Statistik bis 1994	Melde-Nr. Prod.-statistik ab 1995	Lackart
Lösemittelhaltige Lacke ohne High Solids		
46 41 11	2430 12 902	Alkydharzlacke, lufttrocknend
	2430 12 903	Alkydharzlacke, wärmetrocknend
46 41 12	2430 22 130	Ölfarben und Öllacke
46 41 13	2430 12 905	Celluloselacke nicht pigmentiert
46 41 14	2430 12 905	Celluloselacke pigmentiert
46 41 15	2430 22 153	Bitumen- und teerhaltige Lacke
	2430 22 155	Anstrichfarben und Lacke auf der Grundlage von Schellack oder anderen natürlichen Bindemitteln
46 41 16	2430 22 550	Spachtelmassen für Anstreicherarbeiten
46 41 17		
46 41 18		
46 41 19	2430 12 909	Andere Anstrichfarben und Lacke auf der Grundlage von synthetischen oder chemisch modifizierten natürlichen Polymeren in einem nichtwässrigen Medium gelöst.
46 41 39		
46 41 90		
46 41 31	2430 12 906	Phenol-, Harnstoff-, und Melaminharzlacke, Einbrennlacke
46 41 32	2430 12 904	Polyesterharzlacke (ölfrei)
46 41 34	2430 12 907	Epoxidharzlacke
46 41 35	2430 12 908	Polyurethanharzlacke
46 41 37	2430 12 570	Polystyrol- und Polyvinylharzlacke
	2430 12 550	Anstrichfarben und Lacke auf der Grundlage von Acrylpolymeren
46 41 51	2430 12 901	High Solids
46 41 54	2430 22 151	Pulverlacke
Dispersionen und kunstharzgebundene Lacke		
46 41 61	2430 11 501	Dispersionsfarben Innenbereich
46 41 62	2430 11 503	Dispersionsfarben Außenbereich
46 41 64	2430 11 505	Grundierungen, Überzugsmittel
46 41 65	2430 22 601	Kunstharzgebundene Putze
Wasserverdünnbare Lacke und Anstrichstoffe		
46 41 66	2430 11 701	Leimanstrich- und Wasserfarben
46 41 67	2430 11 703	Silikatanstrichfarben
46 41 68	2430 22 603	Silikatputze
46 41 81	2430 11 507	Dispersionslackfarben (Acryllacke, Blauer Engel)
46 41 85	2430 11 702	ETL- und andere Wasserlacke
	2430 11 704	Phenol, Harnstoff, Melaminharzlacke, wässrig
	2430 11 705	Andere Anstrichfarben und Lacke auf der Grundlage von synthetischen Polymeren in einem wässrigen Medium gelöst
	2430 11 706	Andere Anstrichfarben und Lacke auf der Grundlage von chemisch modifizierten natürlichen Polymeren in einem wässrigen Medium gelöst
46 45 00		Verdünnungen
	2430 22 730	Lösemittel auf der Grundlage von Butylacetat \geq 50%
	2430 22 793	Zubereitungen zum Entfernen von Farben und Lacken (Abbeizer)
	2430 22 799	Andere organische Lösemittel

Die in /VCI97a/ angegebenen Inlandsverbräuche wurden auf der Grundlage von GP 95 ermittelt. In der vorliegenden Untersuchung werden die Inlandsverbräuche für das Jahr 1994 auf der Grundlage von GP 89 ermittelt. Eine weitere Unschärfe ergibt sich bei der Zuordnung der Einzelpositionen der Produktionsstatistik zu Einzelpositionen der Außen-

handelsstatistik /StaBuA94b/, die eine von der Produktionsstatistik sehr verschiedene Systematik hat. Die Zuordnung erfolgt aufgrund der Systematik der Produktionsbereiche in INPUT-OUTPUT-Rechnungen (SIO) 1994 /SIO94/. In Tabelle 4.1.5 sind den entsprechenden Lackarten, die nach /WZ79/ bezeichnet sind, Meldenummern nach GP89 und entsprechende Meldenummern nach WA 94 zugeordnet.

Tabelle 4.1.5: Zuordnung der Meldenummern gemäß GP89 der Produktionsstatistik und WA94 der Außenhandelsstatistik gemäß systematischer Input-Output-Rechnungen des Statistischen Bundesamtes/SIO94/.

Bezeichnung gemäß der Gütergruppen nach der Systematik der Wirtschaftszweige 1979 (WZ1979)	Meldenummern der Einzelpositionen (GP 89)	Meldenummern gemäß WA94
Lack- und andere Spachtel, Spachtelmassen (Ausgleichs- und Nivelliermassen)	464118 467950	32141090 32149000
Wasserverdünnbare Anstrichstoffe, Leimanstrich- und Wasserfarben, Silikatanstrichfarben	464161 464162 464164 464165 464166 464167 464168 464181 464185	32091000 32099000 32100090
Lacke und Andere Anstrichstoffe auf Basis von natürlichen Polymeren	464111 464112	32089099 32100010
Lacke, Anstrichfarben und Lackfarben auf Basis von Kunstharzen	464131 464132 464134 464135 464137 464139 464151 464154	32081090 32082090 32089091
Celluloselacke	464113 464114	32089099
Sonstige Anstrichstoffe (z. B. Bitumenlacke, teerhaltige Lacke, Metallfarben, Leuchtfarben)	464115 464116 464117 464119 464190	32081010 32082010 32089010 32089099 32129090
Verdünnungen	464500	38140010 38140090

Anhand dieser Zuordnung wird der Inlandsverbrauch an Anstrichmitteln und Verdünnungen für 1994 ermittelt. Grundsätzlich errechnet sich der Inlandsverbrauch eines Produktes aus der Menge an produziertem Gut plus importierter Menge minus exportierter Menge bei angenommener konstanter Lagerhaltung. Hierbei sind die oben beschriebenen unterschiedlichen Systematiken von Produktions- und Außenhandelsstatistik zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass die jeweiligen Einzelpositionen der Produktionsstatistik und der Warenaußenhandelsstatistik in der Regel nicht direkt miteinander verknüpft werden können. Vielmehr müssen die in jedem Feld von Tabelle 4.1.5 ausgewiesenen Einzelpositionen summiert werden, um eine vergleichbare Güterstruktur bzw. vergleichbare Gütergruppen zu erhalten. Für jede Gütergruppe kann dann aus der Produktion und dem Außenhandel der Inlandsverbrauch errechnet werden. Der Inlandsverbrauch jeder Güter-

gruppe wird dann ins Verhältnis zur Produktion der entsprechenden Gütergruppe gesetzt. Damit lässt sich jeweils der Inlandsverbrauch als prozentualer Anteil der Produktion ermitteln. Werden diese Prozentanteile zurück auf die einzelnen Lackarten übertragen, ergibt sich aus der Produktionsmenge und dem entsprechenden Inlandsverbrauchsanteil näherungsweise der Inlandsverbrauch jeder Lackart. Die Summe der Inlandsverbräuche ergibt dann den Gesamtinlandsverbrauch an Anstrichmitteln und Verdünnungen. In Tabelle 4.1.6 wird das Ergebnis dieser Berechnung dargestellt. Zur Berechnung der Inlandsverbräuche wurden beim Außenhandel die Spalten mit der Bezeichnung "gewichtete Zahlen" herangezogen. Die Wichtung dieser Zahlen ist notwendig, da die WA94-Nummer 3208 90 99 in der SIO1994 drei verschiedenen Gütergruppen zugeordnet ist.

Tabelle 4.1.7: Inlandsverbrauch Farben, Lacke, Anstrichmittel und Verdünnungen 1994 (Fortsetzung)

Melde-Nr.	WA 94	Lackart	Inlands- produktion [t/a]	Import (tat- sächl. Zahlen)	Import (gewich- tete Zahlen)	Export (tat- sächl. Zahlen)	Export (gewich- tete Zahlen)	Außen- handel zu Produktion [%]	Inlands- verbrauch [t/a]
46 41 18	3214 10 90	Lack- und andere Spachtel	22.814	21.053	21.053	18.470	18.470	64,9	14.817
46 79 50	3214 90 00		447.556	214.998	214.998	382.461	382.461	64,9	
		Summe	470.370	236.051	236.051	400.931	400.931	64,9	305.490
		Dispersionen und kunstharzgebundene Putze							
46 41 61	3209 10 00	Dispersionsfarben Innenbereich	446.634	30.605	30.605	55.602	55.602	93,3	416.845
46 41 62	3209 90 00	Dispersionsfarben Außenflächen	156.258	19.201	19.201	54.498	54.498	93,3	145.836
46 41 64	3210 00 90	Grundierungen, Überzugsmittel	57.516	1.951	1.951	7.168	7.168	93,3	53.680
46 41 65		Kunstharzgebundene Putze	160.535					93,3	149.828
		Wasserverdünnbare Lacke und Anstrichstoffe							
46 41 66		Leimanstrich- und Wasserfarben	4.695					93,3	4.382
46 41 67		Silikatanstrichfarben	29.166					93,3	27.221
46 41 68		Silikatputze	26.904					93,3	25.110
46 41 81		Dispersionslackfarben (Acryllacke, Blauer Engel)	36.307					93,3	33.885
46 41 85		ETL- und andere Wasserlacke	64.206					93,3	59.924
		Summe	982.221	51.757	51.757	117.268	117.268	93,3	916.710
46 45 00	3814 00 10	Verdünnungen	134.981	526	526	5.434	5.434	99,1	133.712
	3814 00 90			55.544	55.544	51.905	51.905	99	
		Summe	134.981	56.070	56.070	57.339	57.339	99,1	133.712
		Summe lösemittelhaltige Lacke	562.801						470.048
		Summe wässrige Lacke	995.639						920.492
		Summe Pulverlacke	50.477						40.530
46 4		Lacke, Anstrichstoffe ohne Verdünnungen	1.608.916						1.431.070
46 4		Lacke, Anstrichstoffe und Verdünnungen	1.743.897						1.564.782

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden die in /VCI97a/ aufgeführten Anwendungsbereiche den Sektoren der CORINAIR 94-Systematik zugeordnet. Dies ist in Tabelle 4.1.8 dargestellt

Tabelle 4.1.8: Zuordnung der in /VCI97a/ ausgewiesenen Anwendungsbereichen zur CORINAIR 94-Systematik

SNAP-CODE	Bezeichnung des Sektors entsprechend CORINAIR 94	Anwendungsbereich aus der VCI/BMU-Studie [3]
60101	Manufacture of Automobiles	Autoserie: Grundierung Füller Decklacke/Klarlacke
60102	Car Repairing	Autoreparatur / Nutzfahrzeuge Sonstige Fahrzeuge Lackspray (ohne Treibgas)
60103	Constructions and Buildings	Bauten: Dispersionsfarben innen Dispersionsfarben Fassade Kunstharzgebundene Putze Bautenlacke
60104	Domestic Use	Bauten: Dispersionsfarben innen Dispersionsfarben Fassade Kunstharzgebundene Putze Bautenlacke
60105	Coil Coating	Bandbeschichtung
60106	Boat Building	Schiffsfarben
60107	Wood	Holzbearbeitung: Möbel Innenausbau Schreinerarbeiten
60108	Other Industrial Application	Elektro, Haushalt Maschinenbau Autozubehör/Metall Metallwaren Blechballagen Drahtlacke Tränke- und Gießmittel Bauelemente ohne Bandbeschichtung Kunststoffe Papier/Folie Übrige Verarbeitung Markierungsfarben Sonstige Bereiche Korrosionsschutz
60109	Other non Industrial Application	Elektro, Haushalt Maschinenbau Autozubehör/Metall Metallwaren Blechballagen Drahtlacke Tränke- und Gießmittel Bauelemente ohne Bandbeschichtung Kunststoffe Papier/Folie Übrige Verarbeitung Markierungsfarben Sonstige Bereiche Korrosionsschutz

Anhand Tabelle 4.1.8 werden die Angaben aus Tabelle 4.1.3 den entsprechenden SNAP-CODE's zugeordnet. In Tabelle 4.1.9 sind die Einsatzmengen und Emissionen an organischen Lösemitteln für das Jahr 1995 entsprechend der CORINAIR 94-Systematik wiedergegeben.

Tabelle 4.1.9: Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 1995 nach CORINAIR 94-Systematik

SNAP	Abnehmerbranche	Lacke auf Basis Lösemittel				Lacke auf Basis Wasser		Pulver-lacke (öse-mittelfrei) Verbrauch	Summe Lack-verbrauch	Summe Lösemittel (ohne Einst. Verdünnung)	Summe Lösemittel (mit Einst. Verdünnung)	Emissi-ons-anteil	Emissionen ohne sonstige Verdüner	Sonstige Verdüner		VOC-Emission
		Ver-brauch	Anteil Löse-mittel	Anteil Löse-mittel	Verbrauch	Verbrauch	Anteil							Verbrauch	Anteil	
		[t]	[%]	Anteil Löse-mittel	Verbrauch	Anteil Löse-mittel	Verbrauch	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
60101	Manufacture of Automobiles															
	Summe	34.000		17.425	5.000	41.000	3.105	75.000	20.530	25.530		17.503	5.201		22.704	
	Grundierung	0		0	0	28.000	5	28.000	1.400	1.400	10	140	0	100	140	
	Füller	8.500	40	3.400	1.000	3.500	8	12.000	3.680	4.680	51	2.387	1.300	100	3.687	
	Decklacke / Klarlacke	25.500	55	14.025	4.000	9.500	15	35.000	15.450	19.450	77	14.977	3.901	100	18.877	
60102	Car Repairing															
	Summe	40.000		24.400	7.000	2.800	22	42.800	24.730	31.730		29.269	6.119		35.387	
	Autoreparatur / Nutzfahrzeuge	30.000	60	18.000	6.000	300	10	30.300	18.030	24.030	95	22.829	4.589	100	27.417	
	Sonstige Fahrzeuge	4.000	55	2.200	1.000	2.500	12	6.500	2.500	3.500	70	2.450	612	100	3.062	
	Lackspray (ohne Treibgas)	6.000	70	4.200	0	0	0	6.000	4.200	4.200	95	3.990	918	100	4.908	
60103	Construction and Buildings and															
60104	Domestic Use															
	Summe	55.000		27.500	9.000	975.000	16.650	1.030.000	44.150	53.150		50.493	8.413		58.906	
	Bauten: Dispersionsfarben Innen	0		0	0	540.000	1	540.000	5.400	5.400	95	5.130	0	100	5.130	
	Bauten: Dispersionsfarben Außen	0		0	0	180.000	3	180.000	5.400	5.400	95	5.130	0	100	5.130	
	Bauten: Kunstharzgebundene Putze	0		0	0	200.000	1	200.000	2.000	2.000	95	1.900	0	100	1.900	
	Bautenlacke	55.000	50	27.500	9.000	55.000	7	110.000	31.350	40.350	95	38.333	8.413	100	46.746	
60103	Construction and Buildings (70%)															
60104	Domestic Use (30%)															
	Summe	15.000	40	6.000	1.000	1.000	5	16.000	6.050	7.050	5	353	2.294	100	2.647	
60105	Coil Coating															
	Summe	9.000	70	6.300	1.000	1.000	5	10.000	6.350	7.350	95	6.983	1.377	100	8.359	
60106	Boat Building															
	Summe	66.000		42.900	10.000	4.000	240	70.000	43.140	53.140		48.812	10.096		58.908	
	Möbel	42.000	65	27.300	6.000	2.000	6	44.000	27.420	33.420	90	30.078	6.424	100	36.502	
	Innenausbau	16.000	65	10.400	2.500	1.000	6	17.000	10.460	12.960	95	12.312	2.447	100	14.759	
	Schreinerarbeiten	8.000	65	5.200	1.500	1.000	6	9.000	5.260	6.760	95	6.422	1.224	100	7.646	

Tabelle 4.1.10: Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 1995 nach CORINAIR 94-Systematik (Fortsetzung)

SNAP	Abnehmerbranche	Lacke auf Basis Lösemittel				Lacke auf Basis Wasser		Pulver-lacke (löse-mittelfrei) Verbrauch	Summe Lack-verbrauch	Summe Lösemittel (ohne Einst. Verdünnung)	Summe Lösemittel (mit Einst. Verdünnung)	Emissi-ons-anteil	Emissionen ohne sonstige Verdüner	Sonstige Verdüner		VOC-Emission
		Ver-brauch	Anteil Löse-mittel [%]	Löse-mittel [t]	Einstell-verdü-nung [t]	Verbrauch	Anteil Löse-mittel [%]							Verbrauch	Emissions-anteil [%]	
60108	Other Industrial Paint Application and															185.195
60109	Other Non Industrial Paint Application															185.195
	Summe	304.000		146.500	37.000	37.500		45.000	386.500	149.005	186.005	900	138.694	46.501		185.195
	Elektro, Haushalt	26.500	50	13.250	3.000	2.000	5	100	35.000	13.350	16.350	50	8.175	4.054	100	12.229
	Maschinenbau	36.500	60	21.900	6.000	1.000	7	70	40.000	21.970	27.970	90	25.173	5.583	100	30.756
	Autozubehör / Metall	7.000	55	3.850	1.000	5.000	12	600	16.000	4.450	5.450	70	3.815	1.071	100	4.886
	Metallwaren	7.500	50	3.750	1.000	2.000	12	240	25.000	3.990	4.990	70	3.493	1.147	100	4.640
	Blechemballagen	28.000	50	14.000	2.000	12.000	5	600	40.000	14.600	16.600	50	8.300	4.283	100	12.583
	Drahtlacke	9.000	65	5.850	1.000	0	0	0	9.000	5.850	6.850	5	343	1.377	100	1.719
	Tränk- und Gießmittel	5.000	45	2.250	1.000	0	0	0	5.000	2.250	3.250	50	1.625	765	100	2.390
	Bauelemente ohne Bandbeschichtung	19.000	50	9.500	2.000	2.000	10	200	35.000	9.700	11.700	45	5.265	2.906	100	8.171
	Kunststoffe	19.000	60	11.400	3.000	1.000	10	100	20.000	11.500	14.500	80	11.600	2.906	100	14.506
	Papier / Folie	2.000	60	1.200	0	9.000	5	450	11.000	1.650	1.650	20	330	306	100	636
	Übrige Verarbeitung	38.000	60	22.800	4.000	1.000	5	50	40.500	22.850	26.850	90	24.165	5.813	100	29.978
	Markierungsfarben	11.000	40	4.400	1.000	1.000	2	20	12.000	4.420	5.420	95	5.149	1.683	100	6.832
	Sonstige Bereiche	37.000	40	14.800	4.000	1.000	5	50	38.000	14.850	18.850	90	16.965	5.660	100	22.625
	Korrosionsschutz	56.500	30	17.550	8.000	500	5	25	60.000	17.575	25.575	95	24.296	8.948	100	33.244
60108	Other Industrial Paint Application (80%)															148.156
60109	Other Non Industrial Paint Application (20%)															37.039
	Summe 60101 - 60109	523.000		271.025	70.000	1.062.300		22.930	1.630.300	293.955	363.955		292.105	80.000		372.105

Bei der Rückrechnung auf das Jahr 1994 wird angenommen, dass sich die Lösemittelgehalte und die Emissionsfaktoren nicht geändert haben.

Die Berechnung findet dann folgendermaßen statt:

- a) Zunächst werden die Gesamtinlandsverbräuche an der verschiedenen Anstrichmitteln ohne Verdünnungen 1994 und 1995 ins Verhältnis gesetzt:
 - Inlandsverbrauch lösemittelhaltige Anstrichmittel 1994/Inlandsverbrauch lösemittelhaltige Anstrichmittel 1995 = **F1**
 - Inlandsverbrauch Wasserlacke 1994/Inlandsverbrauch Wasserlacke 1995 = **F2**
 - Inlandsverbrauch Pulverlacke 1994/Inlandsverbrauch Pulverlacke 1995 = **F3**
- b) Anschließend werden alle Einsatzmengen, die Lacke und Farben betreffen, aus Tabelle 4.1.9 mit den Faktoren **F1**, **F2** bzw. **F3** multipliziert.
- c) Dann werden die Mengen an eingesetzten Einstellverdünnern berechnet. Dazu werden die Gesamtinlandsverbrauchsmengen an Verdünnern aus 1994 und 1995 ins Verhältnis gesetzt:
$$\text{Inlandsverbrauch Verdünner 1994} / \text{Inlandsverbrauch Verdünner 1995} = \text{Faktor (Verdünnungen) } \mathbf{V}$$
- d) Anschließend werden alle eingesetzten Mengen an Einstellverdünnern mit diesem Faktor **V** multipliziert. Daraus ergibt sich eine Gesamtmenge an eingesetzten Einstellverdünnern. Diese wird von der Gesamtinlandsverbrauchsmenge an Verdünnern subtrahiert. Dies ergibt die 1994 eingesetzte Menge an sonstigen Verdünnern.
- e) Die errechnete Menge an sonstigen Verdünnern wird auf die eingesetzte Menge an lösemittelhaltigen Lacken aufgeteilt und zwar entsprechend deren Anteil an der Gesamtverbrauchsmenge an lösemittelhaltigen Lacken.
- f) Anschließend wurde mit den für 1995 bekannten Lösemittelanteilen und Emissionsfaktoren die Gesamtmenge an Emissionen bzw. die Emissionsmenge in den einzelnen SNAP-Bereichen ermittelt.
- g) Bei der Aufteilung auf die SNAP-Bereiche muss noch folgendes beachtet werden: Die Emissionen der SNAP-Bereiche 60103 (Construction and Buildings) und 60104 (Domestic use) werden zusammen berechnet und anschließend aufgrund von /Reichert90/ im Verhältnis 70:30 aufgeteilt.
- h) Die Emissionen für die SNAP-Bereiche 60108 (Other Industrial Application) und 60109 (Other non Industrial Application) werden ebenfalls zusammen berechnet und dann im Verhältnis 80:20 aufgeteilt.

Aus dieser Berechnung ergeben sich für 1994 die in Tabelle 4.1.11 dargestellten Einsatzmengen und Emissionen an organischen Lösemitteln.

Tabelle 4.1.11: Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 1994 gemäß CORINAIR94-Systematik

SNAP	Abnehmerbranche	Lacke auf Basis Lösemittel				Lacke auf Basis Wasser		Pulver-lacke (löse-mittelfrei) Verbrauch	Summe Lack-verbrauch	Summe Lösemittel (ohne Einst. Verdünnung)	Summe Lösemittel (mit Einst. Verdünnung)	Emissi- sions- anteil [%]	Emissionen ohne sonstige Verdüner	Sonstige Verdüner		VOC- Emission [t]
		Ver- brauch	Anteil Löse- mittel [%]	Löse- mittel [t]	Einstell- verdü- nung [t]	Verbrauch	Anteil Löse- mittel [%]							Verbrauch	Emissions- anteil [%]	
60101	Manufacture of Automobiles															19.956
	Summe	30.558		15.661	4.057	35.527	2.691	66.084	18.351	22.408	15.320	4.636				19.956
	Grundierung	0		0	0	24.262	5	24.262	1.213	1.213	10	121	0	100		121
	Füller	7.639	40	3.056	1.014	3.033	8	10.672	3.298	4.313	51	2.199	1.159	100	3.358	
	Decklacke / Klarlacke	22.918	55	12.605	3.042	8.232	15	31.150	13.840	16.882	77	12.999	3.477	100	16.476	
60102	Car Repairing															30.414
	Summe	35.950		21.930	4.772	2.426	22	38.376	22.216	26.988		24.960	5.454		30.414	
	Autoreparatur / Nutzfahrzeuge	26.963	60	16.178	3.579	260	10	27.223	16.204	19.783	95	18.794	4.091	100	22.884	
	Sonstige Fahrzeuge	3.595	55	1.977	477	2.166	12	5.761	2.237	2.714	70	1.900	545	100	2.446	
	Lackspray (ohne Treibgas)	5.393	70	3.775	716	0	0	5.393	3.775	4.491	95	4.266	818	100	5.084	
60103	Construction and Buildings and Domestic Use															50.401
	Summe	49.431		24.716	6.562	844.846		894.277	39.143	45.705	43.420	7.499			50.919	
	Bauten: Dispersionsfarben Innen	0		0	0	467.915	1	467.915	4.679	4.679	95	4.445	0	100	4.445	
	Bauten: Dispersionsfarben Außen	0		0	0	155.972	3	155.972	4.679	4.679	95	4.445	0	100	4.445	
	Bauten: Kunstharzgebundene Putze	0		0	0	173.302	1	173.302	1.733	1.733	95	1.646	0	100	1.646	
	Bautenlacke	49.431	50	24.716	6.562	47.658	7	97.089	28.052	34.614	95	32.883	7.499	100	40.383	
60103	Construction and Buildings (70%)															35.644
60104	Domestic Use (30%)															15.276
60105	Coil Coating	13.481	40	5.393	1.790	867	5	14.348	5.436	7.225	5	361	2.045	100	2.407	
60106	Boat Building	8.089	70	5.662	1.074	867	5	8.955	5.705	6.779	95	6.440	1.227	100	7.667	
60107	Wood															51.824
	Summe	59.318		38.556	7.874	3.466	208	62.784	38.764	46.639		42.824	8.999		51.824	
	Möbel	37.748	65	24.536	5.011	1.733	6	39.481	24.640	29.651	90	26.686	5.727	100	32.413	
	Innenausbau	14.380	65	9.347	1.909	867	6	15.247	9.399	11.308	95	10.743	2.182	100	12.924	
	Schreinerarbeiten	7.190	65	4.674	954	867	6	8.057	4.726	5.680	95	5.396	1.091	100	6.487	

Die ermittelten Daten über die Einsatzmengen und Emissionen an organischen Lösemitteln sind teilweise mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Die Umstellung der Systematik der Produktionsstatistik von 1994 auf 1995 und der unterschiedlichen Systematiken von Produktions- und Außenhandelsstatistik führt zu Unsicherheiten. Dazu kommt noch, dass in der Produktionsstatistik nur Betriebe mit mehr als 20 Beschäftigten erfasst werden. Dadurch wird ein Teil der Verbrauchsmengen und Emissionen durch die oben beschriebene Methode gar nicht erfasst. Zudem beruht die Studie des VCI/BMU /VCI97a/ auf einzelnen Befragungen von Branchenexperten. Über die Genauigkeit bzw. Zuverlässigkeit dieser Informationen lässt sich keine quantitative Aussage treffen. Die Menge an eingesetzten Verdünnern ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Die Entwicklung dieser Größe hat erheblichen Einfluss auf die Menge an Emissionen. In Tabelle 4.1.13 sind die in Jahren 1994-1997 produzierten Mengen an Verdünnern aufgeführt.

Tabelle 4.1.13: Entwicklung der Produktion an Verdünnungen von 1994 bis 1998 /VDL98/

Jahr	Produktion an Verdünnungen laut /VDL98/in [t]
1994	135 161
1995	162 278
1996	215 725
1997	241 024
1998	249 069

Tabelle 4.1.13 zeigt, dass die Produktion an Verdünnern von 1994 auf 1998 um ca. 84 % zugenommen hat.

Von besonderem Interesse ist jedoch die Entwicklung des Inlandsverbrauches an Verdünnern, die in Tabelle 4.1.14 dargestellt ist. Hieraus geht hervor, dass der Inlandsverbrauch an Verdünnern von 1994 auf 1998 um ca. 70 % zugenommen hat.

Tabelle 4.1.14: Entwicklung des Inlandsverbrauches an Verdünnungen in [t] von 1994 bis 1998 (eigene Berechnungen)

Jahr	Inlandsverbrauch an Verdünnungen laut in [t]
1994	133 712
1995	150 000
1996	187 246
1998	227 571

Für die Ursache des hier ausgewiesenen Anstiegs an Verdünnern gibt es zum jetzigen Zeitpunkt zwei Erklärungen:

- a) Es werden zwar verstärkt High-Solid-Lacke eingekauft, diese dann aber mit Hilfe von Verdünnern auf die ursprüngliche Konsistenz herkömmlicher Low- und Medium-Solid-Lacke gebracht.
- b) Die Menge an Verdünnungen wurde in früheren Jahren erheblich unterschätzt und hat sich erst in jüngerer Zeit der Realität angepasst. Dies ist auf statistische Erfas-

sungsprobleme zurückzuführen. Früher gab es viele kleine Verdünner-Produzenten (Abfüller) mit weniger als 20 Beschäftigten. Die Produktion dieser Kleinbetriebe wird statistisch nicht erfasst. Diese Kleinhersteller verschwinden jedoch zunehmend vom Markt bzw. werden aufgekauft. Durch diesen Umstand ist die Erfassung der Menge an Verdünnern heute vollständiger als in früheren Jahren.

- c) Durch die steigende Qualität der angewendeten Lacksysteme steigen auch die Anforderungen an die Qualität der Verdünner. Dies hatte in den letzten Jahren den Effekt, daß die Lackhersteller auch gleichzeitig die Verdünner vertrieben haben bzw. spezielle Verdünnersysteme empfohlen haben, die gewährleisten, daß die Qualität der verschiedenen Lackprodukte bei Anwendung dieser speziellen Verdünner erhalten bleibt. Dadurch können die Verdünner besser erfaßt werden als in früheren Jahren, als möglicherweise Teile des Verdünnerbedarfs in unbekannter Menge über den Handel und die Mineralölverarbeitende Industrie befriedigt wurden. Hierdurch wurde die Menge der eingesetzten Verdünner in früheren Jahren möglicherweise unterschätzt.

Je nachdem, welcher der obigen Thesen man folgt, hat dies unterschiedliche Auswirkungen auf den Trend der Emissionen in den letzten Jahren. In Fall a) hat der Produktionsanstieg an Verdünnern tatsächlich direkt einen Anstieg der Emissionen zur Folge. In den Fällen b) und c) wäre der Anstieg an Emissionen nicht real, da die Emissionen in früheren Jahren unterschätzt wurden.

Die quantitative Aufteilung der in dieser Quellgruppe verwendeten Lösemittel wurden an der Studie von Bräutigam und Kruse /Bräutigam92/ orientiert. Diese von /Bräutigam92/ durchgeführte stoffliche Disaggregation ist aus der folgenden Tabelle 4.1.15 ersichtlich.

Tabelle 4.1.15: Zusammensetzung der Lösemittel in Anstrichmitteln und Verdünnungen im Jahr 1986 nach /Bräutigam92/

	Lösemittel	Industrielacke		DIY-und Malerlacke		Andere Anwendungen		Summe 1986
		[t]	[%]	[t]	[%]	[t]	[%]	[t]
Kohlenwasserstoffe	Spezialbenzin	9 865	2,70		0,00		0,00	9 865
	Testbenzin	11 900	3,26	33 200	70,34		0,00	45 100
	Toluol	9 237	2,53		0,00		0,00	9 237
	Xylol	20 800	5,70	2 300	4,87	27 700	80,29	50 800
	Solvent Naphta (leicht)	25 410	6,96	4 800	10,17	6 700	19,42	36 910
	Solvent Naphta (schwer)	7 600	2,08	300	0,64		0,00	7 900
	Terpene			1 100	2,33		0,00	1 100
CKW	Methylenchlorid (DCM)	20	0,01		0,00		0,00	20
	Trichlorethen	1 000	0,27		0,00		0,00	1 000
	Tetrachlorethen	2 000	0,55		0,00		0,00	2 000
	Trichlorethan							0
Alkohole	Methanol	3 500	0,96		0,00		0,00	3 500
	Ethanol	1 500	0,41		0,00		0,00	1 500
	i-Propanol	15 000	4,11		0,00		0,00	15 000
	n-Propanol	200	0,05		0,00		0,00	200
	Butanol (i,n)	65 000	17,80		0,00		0,00	65 000
	n-Butanol		0,00		0,00		0,00	0
	i-Butanol		0,00		0,00	100	0,29	100
	Sec-Butanol		0,00		0,00		0,00	0
	Hexanole	100	0,03		0,00		0,00	100
	Pentanol	300	0,08		0,00		0,00	300
	Cyclohexanol	100	0,03		0,00		0,00	100
	Benzylalkohol	1 200	0,33		0,00		0,00	1 200
	Ketone	Aceton	18 000	4,93		0,00		0,00
Methylethylketon		11 500	3,15		0,00		0,00	11 500
Methylisobutylketon		4 500	1,23		0,00		0,00	4 500
Cyclohexanon		1 500	0,41	500	1,06		0,00	2 000
Isophoron		4 400	1,20		0,00		0,00	4 400
Hydroxyketone								
Diacetonalkohol		4 200	1,15		0,00		0,00	4 200
Ester	Methylacetat	5 600	1,53		0,00		0,00	5 600
	Ethylacetat	24 000	6,57		0,00		0,00	24 000
	Propylacetat	1 100	0,30		0,00		0,00	1 100
	i-Butylacetat	9 000	2,46		0,00		0,00	9 000
	n-Butylacetat	46 600	12,76		0,00		0,00	46 600
Glykolether und Glykoletheracetate	Ethylglykol		0,00		0,00		0,00	0
	Propylenderivate	22 000	6,02		0,00		0,00	22 000
	Propylenglykol		0,00	1 500	3,18		0,00	1 500
	Butylenglycol		0,00		0,00		0,00	0
	Ethylglykolacetat		0,00		0,00		0,00	0
	Propylenglykoldimethylether		0,00		0,00		0,00	0
	Dipropylenglykoldimethylether		0,00		0,00		0,00	0
	Methylpropylacetat		0,00		0,00		0,00	0
	2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiolmonoisobutytrat		0,00	3 400	7,20		0,00	3 400
	Ethylenglykolmonophenylether		0,00	100	0,21		0,00	100
Ether	Tetrahydrofuran	100	0,03		0,00		0,00	100
Summe		365 232	100	47 200	100	34 500	100	446 932

4.1.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

Die im Rahmen dieser Studie für die Quellgruppe Anstrichmittel und Verdünnungen ermittelten Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel für das Bezugsjahr 1994 gemäß Tabelle 4.1.10 sind in der Tabelle 4.1.16 aufgeführt und in Bild 4.1 dargestellt.

Tabelle 4.1.16: Einsatzmengen und Emissionen an VOC in der Quellgruppe Anstrichmittel und Verdünnungen für 1994 in Deutschland

SNAP-CODE	Bezeichnung des Sektors entsprechend CORINAIR	Einsatzmenge Lösemittel in [t]	Emissionen in [t]
60101	Manufacture of Automobiles	27 044	19 956
60102	Car Repairing	32 442	30 414
60103	Constructions and Buildings	37 243	35 644
60104	Domestic Use	15 961	15 276
60105	Coil Coating	9 271	2 407
60106	Boat Building	8 006	7 667
60107	Wood	55 638	51 824
60108	Other Industrial Application	169 251	134 104
60109	Other non Industrial Application	42 313	33 526
Summe		397 173	330 817

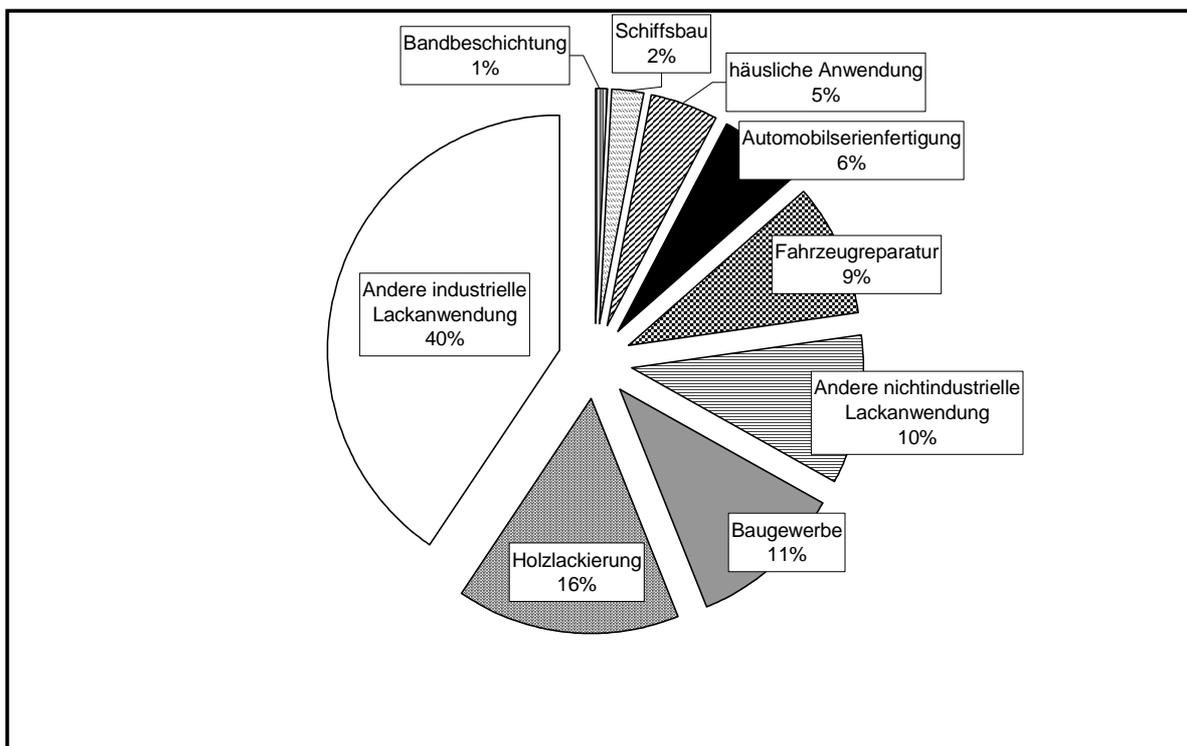


Bild 4.1: Einsatzmengen Lösemittel gemäß der CORINAIR94-Systematik

Die Zusammensetzung der Lösemittelverbräuche und Emissionen aus der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen wird in Anlehnung an die Untersuchung von Bräutigam und Kruse /Bräutigam92/ ermittelt, indem die Verbräuche und Emissionen von 1986 und 1994 gemäß Tabelle 4.1.13 ins Verhältnis gesetzt werden. Für das Jahr 1994 ergibt sich die in Tabelle 4.1.17 und Bild 4.2 dargestellte Stoffzusammensetzung.

Tabelle 4.1.17: Stoffliche Zusammensetzung der Verbrauchs- und Emissionsmengen Lösemittel bei der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen 1994

Lösemittel		Verbrauch 1994 in [t]	Emissionen 1994 in [t]
Kohlenwasserstoffe	Spezialbenzin	8 489	6 908
	Testbenzin	47 663	44 149
	Toluol	7 948	6 468
	Xylol	44 326	36 442
	Solvent Naphta (leicht)	33 041	27 662
	Solvent Naphta (schwer)	6 878	5 645
	Terpene	1 240	1 187
CKW	Methylenchlorid (DCM)	17	14
	Trichlorethen	860	700
	Tetrachlorethen	1 721	1 400
	Trichlorethan	0	0
Alkohole	Methanol	3 012	2 451
	Ethanol	1 291	1 050
	i-Propanol	12 907	10 503
	n-Propanol	172	140
	Butanol (i,n)	55 932	45 515
	n-Butanol	0	0
	i-Butanol	86	70
	Sec-Butanol	0	0
	Hexanole	86	70
	Pentanol	258	210
	Cyclohexanol	86	70
	Benzylalkohol	1 033	840
Ketone	Aceton	15 489	12 604
	Methylethylketon	9 896	8 052
	Methylisobutylketon	3 872	3 151
	Cyclohexanon	1 854	1 590
	Isophoron	3 786	3 081
Hydroxyketone	Diacetonalkohol	3 614	2 941
Ester	Methylacetat	4 819	3 921
	Ethylacetat	20 652	16 805
	Propylacetat	947	770
	i-Butylacetat	7 744	6 302
	n-Butylacetat	40 099	32 630
Glykolether und Glykoletheracetate	Ethylenderivate	32 698	26 608
	Ethylglykol	0	0
	Propylenderivate	18 931	15 405
	Propylenglykol	1 691	1 618
	Butylglykol	0	0
	Ethylglykolacetat	0	0
	Propylenglykoldimethylether	0	0
	Dipropylenglykoldimethylether	0	0
	Methylpropylacetat	0	0
	2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiolmonoisobutyrat	3 833	3 668
Ethylenglykolmonophenylether	113	108	
Ether	Tetrahydrofuran	86	70
	Summe	397 166	330 817

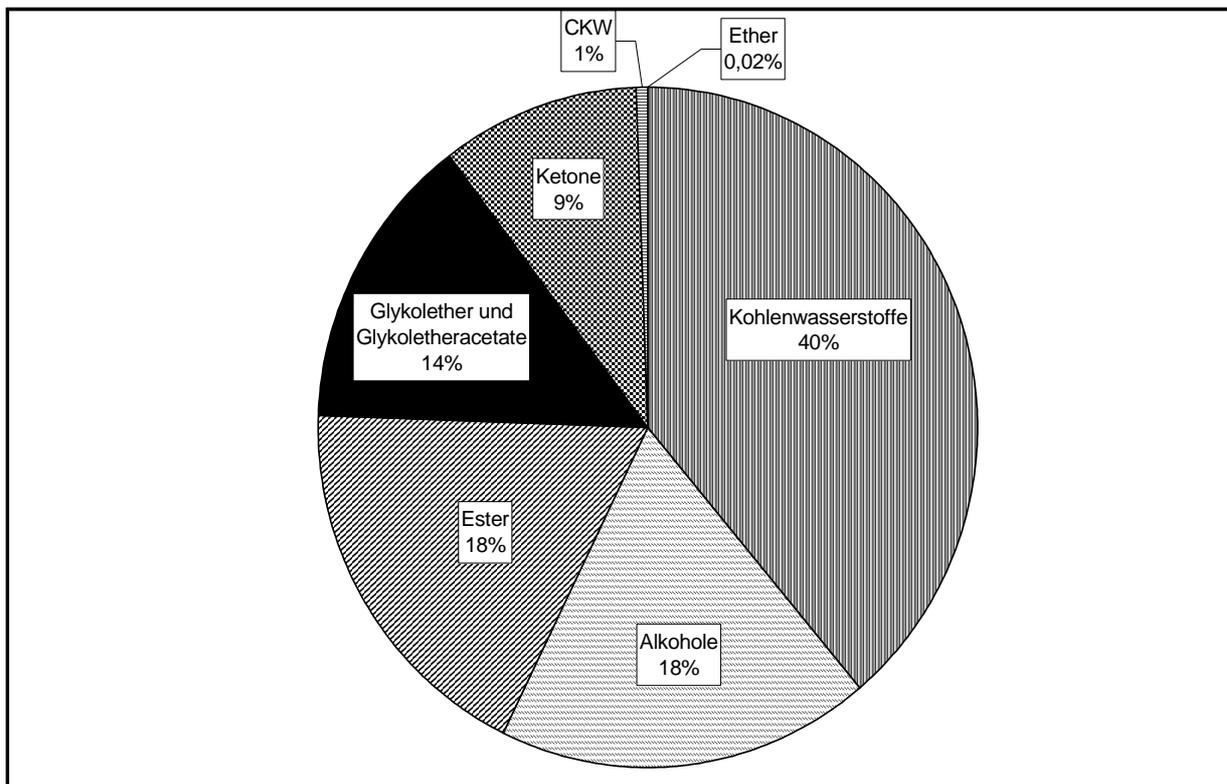


Bild 4.2: Zusammensetzung der in der Quellgruppe Anstrichmittel und Verdünnungen 1994 in der Bundesrepublik Deutschland verbrauchten Lösemittel in Anlehnung an /Bräutigam92/

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland bei der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen 397 173 t Lösemittel eingesetzt. Davon wurden insgesamt 330 817 t (83 %) emittiert. Die meisten Lösemittel (167 630 t; ca. 50 %) wurden im Bereich der industriellen und nicht industriellen Anwendungen emittiert. Jeweils ca. 50 000 t Lösemittelmmissionen entstammten der Holzbe- und -verarbeitung sowie der Verwendung von Anstrichmitteln im Bautenbereich (Constructions and Buildings) und Heimwerkerbereich (Domestic use). Ungefähr 20 000 t wurden bei der Herstellung von Fahrzeugen und ca. 30 000 t bei deren Reparatur emittiert.

4.1.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Eine Fortschreibung der Einsatzmengen und Emissionen von Lösemitteln setzt voraus, dass sich an den Lösemittelgehalten der einzelnen Anstrichmittel, Emissionsfaktoren und Anwendungstechniken gegenüber 1995 (vergl. Tabelle 4.1.9) nichts ändert. Unter dieser Voraussetzung ist eine Fortschreibung folgendermaßen möglich.

- a) Es ist zunächst notwendig, den Inlandsverbrauch im Fortschreibungsjahr zu ermitteln. Dies geschieht anhand einer Berechnungsmethode, die in Tabelle 4.1.18 beschrieben ist. Die in der 3. Spalte mit einem "+" gekennzeichneten Bereiche sind für die Fortschreibung der Emissionen relevant.

Tabelle 4.1.18: Ermittlung des Inlandsverbrauchs im Fortschreibungsjahr

Meldenummer GP95	WA94		Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Anteil Inlands- verbrauch [%]	Inlandsverbrauch [t]
2430 11 501		+	A1(2430 11 501)			E1	D1=A1*E1/100
2430 11 503	3209 10 00	+	A2(2430 11 503)			E1	D2=A2*E1/100
2430 11 505		+	A3(2430 11 505)			E1	D3=A3*E1/100
2430 11 507		+	A4(2430 11 507)			E1	D4=A4*E1/100
Summe			P1=A1+A2+A3+A4	B1 (3209 10 00)	C1 (3209 10 00)	E1=I1/P1*100	I1=P1+B1-C1
2430 11 701	3209 90 00	+	A5(2430 11 701)			E2	D5=A5*E2/100
2430 11 702		+	A6(2430 11 702)			E2	D6=A6*E2/100
2430 11 703		+	A7(2430 11 703)			E2	D7=A7*E2/100
2430 11 704		+	A8(2430 11 704)			E2	D8=A8*E2/100
2430 11 705		+	A9(2430 11 705)			E2	D9=A9*E2/100
2430 11 706		+	A10(2430 11 706)			E2	D10=A10*E2/100
Summe			P2=A5+A6+A7+A8+A9+A10	B2 (3209 90 00)	C2 (3209 90 00)	E2=I2/P2*100	I2=P2+B2-C2
2430 12 290 (24 30 12 904)	3208 10 90	+	P3=A11(2430 12 90) (24 30 12 904)	B3 (3208 10 90)	C3 (3208 10 90)	E3=I3/P3*100	I3=P3+B3-C3
2430 12 550	3208 20 90	+	A12(2430 12 550)			E4	D12=A12*E4/100
2430 12 570		+	A13(2430 12 570)			E4	D13=A13*E4/100
Summe			P4=A12+A13	B4 (3208 20 90)	C4 (3208 20 90)	E4=I4/P4*100	I4=P4+B4-C4
2430 12 901	3208 90 91	+	A14(2430 12 901)			E5	D14=A14*E5/100
2430 12 902		+	A15(2430 12 902)			E5	D15=A15*E5/100
2430 12 903		+	A16(2430 12 903)			E5	D16=A16*E5/100
2430 12 906		+	A17(2430 12 906)			E5	D17=A17*E5/100
2430 12 907		+	A18(2430 12 907)			E5	D18=A18*E5/100
2430 12 908		+	A19(2430 12 908)			E5	D19=A19*E5/100
Summe			P5=A14+A15+A16+A17+A18+A19	B5 (3208 90 91)	C5 (3208 90 91)	E5=I5/P5*100	I5=P5+B5-C5
2430 12 905	3208 90 99	+	A20(2430 12 905)			E6	D20=A20*E6/100
2430 12 909		+	A21(2430 12 909)			E6	D21=A21*E6/100
Summe			P6=A20+A21	B6(3208 90 99)	C6 (3208 90 99)	E6=I6/P6*100	I6=P6+B6-C6
2430 22 130	3210 00 10	+	P7=A22 (2430 22 130)	B7 (3210 00 10)	C7 (3210 00 10)	E7=I7/P7*100	I7=P7+B7-C7
2430 22 151	3210 00 90	+	A23(2430 22 151)			E8	D23=A23*E8/100
2430 22 153		+	A24(2430 22 153)			E8	D24=A24*E8/100
2430 22 155		+	A25(2430 22 155)			E8	D25=A25*E8/100
2430 22 157		-	A26(2430 22 157)			E8	D26=A26*E8/100
Summe			P8=A23+A24+A25+A26	B8 (3210 00 90)	C8 (3210 00 90)	E8=I8/P8*100	I8=P8+B8-C8
2430 22 550	3214 10 90	+	P9=A27(2430 22 550)	B9 (3214 10 90)	C9 (3214 10 90)	E9=I9/P9*100	I9=P9+B9-C9
2430 22 601	3214 90 00	+	A28(2430 22 601)			E10	D28=A28*E10/100
2430 22 603		+	A29(2430 22 603)			E10	D29=A29*E10/100
2430 22 605		-	A30(2430 22 605)			E10	D30=A30*E10/100
2430 22 607		-	A31(2430 22 607)			E10	D31=A31*E10/100
2430 22 609		-	A32(2430 22 609)			E10	D32=A32*E10/100
Summe			P10=A28+A29+A30+A31+A32	B10 (3214 90 00)	C10 (3214 90 00)	E10 =I10/P10*100	I10=P10+B10-C10
Summe Lacke, Anstrichstoffe ohne Verdünnungen				R1=I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8+I9+I10-D30-D31-D32-D26			
2430 22 730	3814 00 10	+	P11=A33 (2430 22 730)	B11 (3814 00 10)	C11 (3814 00 10)	E11 =I11/P11*100	I11=P11+B11-C11
2430 22 793	3814 00 90	-	A34(2430 22 793)			E12 E12	D34=A34*E12/100
2430 22 799		+	A35(2430 22 799)				D35=A35*E12/100

Tabelle 4.1.18: Ermittlung des Inlandsverbrauchs im Fortschreibungsjahr

Meldenummer GP95	WA94	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Anteil Inlands- verbrauch [%]	Inlandsverbrauch [t]
Summe		P12=A34+A35	B12 (3814 00 90)	C12 (3814 00 90)	E12 =I12/P12*100	I12=P12+B12-C12
Summe Inlandsverbrauch Verdünnungen			R2=I11+I12-D34			
Summe Lacke, Anstrichstoffe mit Verdünnungen			R3=R1+R2			
Summe lösemittelhaltige Lacke			R4=I3+I4+I5+I6+I7+D24+D25			
Summe Wasserlacke			R5=I1+I2+I9+D28+D29			
Summe Pulverlacke			R6=D23			

Aus Tabelle 4.1.18 werden R4, R5 und R6 (Inlandsverbräuche an Anstrichmitteln) und R2 (Inlandsverbrauch an Verdünnern) als wesentliche Ergebnisse für die folgenden Berechnungen benötigt.

- b) Die Einsatzmengen an Anstrichmitteln in den durch die CORINAIR94-Systematik definierten Anwendungsbereichen können dann wie folgt berechnet werden:

In Tabelle 4.1.19 sind Zahlen angegeben, die sich unmittelbar aus Tabelle 4.1.9 ergeben. Die Emissionsfaktoren sind gewichtete Mittelwerte der einzelnen Anwendungsbereiche. Diese Werte werden in den Spalten A, B, C und E mit den entsprechenden Faktoren X1, X2 und X3 multipliziert. In Spalte F werden dann die jedem SNAP-CODE zuzuordnenden Emissionen berechnet.

Tabelle 4.1.19: Berechnungstabelle zur Fortschreibung von Einsatzmengen und Emissionen

			A	B	C	D	E	F
	SNAP-CODE	Sektorbezeichnung	Lösemittelhaltige Lacke	Wasserlacke	Einstellverdünner	Emissionsfaktoren	Sonstige Verdünner	Emissionen
	Faktoren		X1	X2	X3		X3	Fi=(Ai+Bi+Ci)*Di+Ei
1	60101	Manufacture of Automobiles	17 425	3 105	5 000	0,69	5 201	
2	60102	Car Repairing	24 400	330	7 000	0,92	6 119	
3	60103	Construction and Buildings	19 250	11 655	6 300	0,95	5 889	
4	60104	Domestic Use	8 250	4 995	2 700	0,95	2 524	
5	60105	Coil Coating	6 000	50	1 000	0,05	2 294	
6	60106	Boat building	8 300	50	1 000	0,95	1 377	
7	60107	Wood	42 900	240	10 000	0,92	10 096	
8	60108	Other industrial Application	117 200	2 004	29 600	0,75	37 201	
9	60109	Other non industrial Application	29 300	501	7 400	0,75	9 300	
10	Summen							

Die in Tabelle 4.1.19 benötigten Faktoren errechnen sich wie folgt

(Werte aus Tabelle 4.1.3) :

$$X1 = R4 / 523\,000 \text{ (lösemittelhaltige Lacke)}$$

$$X2 = R5 / 1\,062\,300 \text{ (Wasserlacke)}$$

$$X3 = R2 / 150\,000 \text{ (Verdünnungen)}$$

In Spalte F werden die entsprechenden Spalten aufsummiert. Daraus ergibt sich dann die dem entsprechenden SNAP-CODE zuzuordnende Emission. Ergebnisse der Fortschreibung für das Jahr 1996 werden in Kapitel 4.1.5 dargestellt.

4.1.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Es ergeben sich für 1996 folgende Inlandsverbräuche an Anstrichmitteln:

R1 = 1 599 969 t (Summe Lacke, Anstrichstoffe ohne Verdünnungen)

R2 = 187 246 t (Summe Inlandsverbrauch Verdünnungen)

R3 = 1 787 938 t (Summe Lacke, Anstrichstoffe mit Verdünnungen)

R4 = 447 696 t (Summe lösemittelhaltige Lacke)

R5 = 1 101 573 t (Summe Wasserlacke)

R6 = 50 700 t (Pulverlacke)

Daraus ergeben sich die Faktoren:

X1 = 0,86 (lösemittelhaltige Lacke)

X2 = 1,04 (Wasserlacke)

X3 = 1,25 (Verdünnungen)

Damit resultieren für 1996 die in Tabelle 4.1.20 angegebenen, gemäß der CORINAIR94-Systematik sektoral aufgegliederten, Emissionen an organischen Lösemitteln.

Tabelle 4.1.20: Fortschreibung der Einsatzmengen und Emissionen aus der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen für das Jahr 1996

			A	B	C	D	E	F
	SNAP-C ODE	Sektorbezeichnung	Lösemittelhaltige Lacke [t]	Wasserlacke [t]	Einstellverdünner [t]	Emissionsfaktoren	Sonstige Verdünner [t]	Emissionen [t]
1	60101	Manufacture of Automobiles	14 916	3 220	5 681	0,69	6 492	22 657
2	60102	Car Repairing	20 887	342	6 683	0,92	7 638	33 439
3	60103	Construction and Buildings	16 478	12 086	6 432	0,95	7 351	40 598
4	60104	Domestic use	7 062	5 180	2 757	0,95	3 151	17 399
5	60105	Coil Coating	5 136	52	2 506	0,05	2 864	3 249
6	60106	Boat Building	5 393	52	1 504	0,95	1 719	8 320
7	60107	Wood	36 723	250	11 027	0,92	12 602	56 676
8	60108	Other Industrial Application	100 325	2 078	40 633	0,75	46 438	152 687
9	60109	Other non Industrial Application	25 081	520	10 158	0,75	11 609	38 172
10	601		232 001	23 521	87 381		99 864	373 196

In Tabelle 4.1.21 sind die NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Farben und Lacken nach Anwendungsbereichen, wie für 1994 und 1995 disaggregiert, für 1996 dargestellt. Diese Emissionen wurden in dieser Auflösung von uns; mit der gegenüber der Fortschreibung etwas verfeinerten Methode für 1994 und 1995 berechnet.

Tabelle 4.1.21: Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 1996 nach CORINAIR 94-Systematik

SNAP	Abnehmerbranche	Lacke auf Basis Lösemittel				Lacke auf Basis Wasser				Pulver-lacke (löse-mittelfrei) Verbrauch	Summe Lack-verbrauch	Summe Lösemittel (ohne Einst. Verdünnung)	Summe Lösemittel (mit Einst. Verdünnung)	Emissi-ons-anteil	Emissionen ohne sonstige Verdüner	Sonstige Verdüner		VOC-Emission
		Ver-brauch	Anteil Löse-mittel [%]	Löse-mittel [t]	Einstell-verdün-nung [t]	Verbrauch	Anteil Löse-mittel [%]	Löse-mittel [t]	Verbrauch							Anteil Emissions-anteil [%]	Verbrauch [t]	
60101	Manufacture of Automobiles																	22.657
	Summe	29.104		14.916	5.681	42.516		3.220		71.620	18.136	23.816	16.165	6.492				22.657
	Grundierung	0		0	0	29.035	5	1.452		29.035	1.452	1.452	10	0				145
	Füller	7.276	40	2.910	1.420	3.629	8	290		10.906	3.201	4.621	51	1.623				3.980
	Decklacke / Klarlacke	21.828	55	12.006	4.260	9.851	15	1.478		31.680	13.483	17.744	77	4.869				18.532
60102	Car Repairing																	33.439
	Summe	34.241		20.887	6.683	2.904	22	342		37.144	21.229	27.912	25.801	7.638				33.439
	Autoreparatur / Nutzfahrzeuge	25.680	60	15.408	5.012	311	10	31		25.992	15.439	20.452	95	5.728				25.157
	Sonstige Fahrzeuge	3.424	55	1.883	668	2.592	12	311		6.016	2.194	2.863	70	764				2.768
	Lackspray (ohne Treibgas)	5.136	70	3.595	1.002	0		0		5.136	3.595	4.598	95	1.146				5.514
60103	Construction and Buildings and Domestic Use																	50.401
	Summe	47.081		23.540	9.189	1.011.045		17.266		1.058.126	40.806	49.995	47.495	10.502				57.997
	Bauten: Dispersionsfarben Innen	0		0	0	559.964	1	5.600		559.964	5.600	5.600	95	0				5.320
	Bauten: Dispersionsfarben Außen	0		0	0	186.655	3	5.600		186.655	5.600	5.600	95	0				5.320
	Bauten: Kunstharzgebundene Putze	0		0	0	207.394	1	2.074		207.394	2.074	2.074	95	0				1.970
	Bautenlacke	47.081	50	23.540	9.189	57.033	7	3.992		104.114	27.533	36.722	95	10.502				45.388
60103	Construction and Buildings (70%)																	40.598
60104	Domestic Use (30%)																	17.399
60105	Coil Coating																	3.249
	Summe	12.840	40	5.136	2.506	1.037	5	52		13.877	5.188	7.694	385	2.864				3.249
60106	Boat Building																	8.320
	Summe	7.704	70	5.393	1.504	1.037	5	52		8.741	5.445	6.948	95	1.719				8.320
60107	Wood																	56.676
	Summe	56.497		36.723	11.027	4.148		249		60.645	36.972	47.999	44.074	12.602				56.676
	Möbel	35.953	65	23.369	7.017	2.074	6	124		38.027	23.494	30.511	90	8.020				35.480
	Innenausbau	13.696	65	8.903	2.673	1.037	6	62		14.733	8.965	11.638	95	3.055				14.111
	Schreinerarbeiten	6.848	65	4.451	1.337	1.037	6	62		7.885	4.513	5.850	95	1.528				7.085

Tabelle 4.1.22: Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 1996 nach CORINAIR 94-Systematik (Fortsetzung)

SNAP	Abnehmerbranche	Lacke auf Basis Lösemittel				Lacke auf Basis Wasser		Pulver-lacke (löse-mittelfrei) Verbrauch	Summe Lack-verbrauch	Summe Lösemittel (ohne Einst. Verdünnung)	Summe Lösemittel (mit Einst. Verdünnung)	Emissionen sonstiger Verdünnung	Sonstige Verdünnung		VOC-Emission	
		Verbrauch	Anteil Lösemittel [%]	Lösemittel	Einstell-verdünnung	Verbrauch	Anteil Lösemittel [%]						Verbrauch	Emissions-anteil		
60108	Other Industrial Paint Application and															
60109	Other Non Industrial Paint Application															
	Summe	260.228		125.406	50.792	38.886		2.598	50.700	349.815	128.004	178.795	900	132.811	58.047	190.859
	Elektro, Haushalt	22.684	50	11.342	4.428	2.074	5	104	7.323	32.082	11.446	15.873	50	7.937	5.060	100
	Maschinenbau	31.245	60	18.747	6.098	1.037	7	73	2.817	35.098	18.819	24.918	90	22.426	6.970	100
	Autozubehör / Metall	5.992	55	3.296	1.170	5.185	12	622	4.507	15.684	3.918	5.087	70	3.561	1.337	100
	Metallwaren	6.420	50	3.210	1.253	2.074	12	249	17.463	25.957	3.459	4.712	70	3.298	1.432	100
	Blechemballagen	23.968	50	11.984	4.678	12.444	5	622	0	36.412	12.606	17.285	50	8.642	5.346	100
	Drahtlacke	7.704	65	5.008	1.504	0	0	0	0	7.704	5.008	6.511	5	326	1.719	100
	Tränk- und Gießmittel	4.280	45	1.926	835	0	0	0	0	4.280	1.926	2.761	50	1.381	955	100
	Bauelemente ohne Bandbeschichtung	16.264	50	8.132	3.174	2.074	10	207	15.773	34.112	8.340	11.514	45	5.181	3.628	100
	Kunststoffe	16.264	60	9.759	3.174	1.037	10	104	0	17.301	9.862	13.037	80	10.429	3.628	100
	Papier / Folie	1.712	60	1.027	334	9.333	5	467	0	11.045	1.494	1.828	20	366	382	100
	Übrige Verarbeitung	32.529	60	19.517	6.349	1.037	5	52	1.690	35.256	19.569	25.918	90	23.326	7.256	100
	Markierungsfarben	9.416	40	3.766	1.838	1.037	2	21	0	10.453	3.787	5.625	95	5.344	2.100	100
	Sonstige Bereiche	31.673	40	12.669	6.182	1.037	5	52	0	32.710	12.721	18.903	90	17.012	7.065	100
	Korrosionsschutz	50.077	30	15.023	9.774	518	5	26	1.127	51.722	15.049	24.823	95	23.582	11.170	100
60108	Other Industrial Paint Application (80%)															152.687
60109	Other Non Industrial Paint Application (20%)															38.172
	Summe 60101 - 60109	447.696		232.001	87.381	1.101.573		23.778	50.700	1.599.969	255.779	343.160		273.331	99.864	373.196

Damit ergibt sich für die Jahre 1994 bis 1998 die in Tabelle 4.1.23 dargestellte Entwicklung bezüglich der Emissionen. Zusätzlich ist noch die mit der entwickelten Fortschreibungsmethode berechnete Emissionsmenge 1998 angegeben.

Tabelle 4.1.23: NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Anstrichmitteln in den Jahren 1994 bis 1998

Jahr	NMVOC-Emissionen in [t]
1994	330 823
1995	372 105
1996	373 176
1998	398 452

Tabelle 4.1.23 zeigt einen Anstieg der VOC-Emissionen für den SNAP-Bereich 60100 von 1994 auf 1998 um ca. 20 %. Dieser Trend ist in erster Linie auf den Anstieg des Einsatzes an Verdünnern zurückzuführen.

4.1.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

In Kapitel 4.1.5 wurde gezeigt, dass die Emissionen aus der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen von 1994 auf 1996 um ca. 13 % gestiegen sind. Dieser Anstieg ist vor allem auf einen erheblichen Anstieg des Inlandsverbrauchs an Verdünnern um 25 % zurückzuführen. Die möglichen Ursachen dieses Anstiegs wurden in Kapitel 4.1.4 diskutiert. Durch die Umsetzung der /4. BImSchV/ waren 1994 anlagenbezogene Emissionsminderungspotentiale soweit es sich um Sekundärmaßnahmen, d. h. Abluftreinigungsmaßnahmen, handelte, weitgehend ausgeschöpft. Lediglich in den neuen Bundesländern waren die Übergangsfristen für die Umsetzung der TA Luft noch nicht ausgelaufen, so dass hier noch nicht alle Minderungspotentiale ausgeschöpft waren.

Von der TA Luft sind jedoch nur ca. 1 % aller Lackieranlagen betroffen, die für ca. 20 % des Lösemittleinsatzes verantwortlich zeichnen. Die restlichen kleinen und mittleren Anlagen sowie die lackverarbeitenden Hand- und Heimwerker verbrauchen 80 % der Lösemittel bei der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen. Für diese Bereiche sind Emissionsminderungspotentiale schon aus Kostengründen vorrangig im Bereich von Primärmaßnahmen zu suchen. An erster Stelle sollte hier die Vermeidung von Beschichtungsprozessen stehen. Allerdings sind die Emissionsminderungspotentiale durch Vermeidung von Beschichtung eher als gering einzuschätzen. An zweiter Stelle ist insbesondere an die Substitution durch lösemittelärmere Anstrichmittel (High-Solid-Lacke, Wasser- und Pulverlacke), effizientere Applikationstechniken (z. B. Einsatz von HVLP (High Volume Low Pressure) im Bereich der Fahrzeugreparaturlackierung) sowie an den sparsameren Umgang mit Reinigungsmitteln zu denken.

Durch eine Kombination der Umsetzung der an zweiter Stelle genannten Maßnahmen

kann nach Ansicht des VDL /VCI97a/ bis 2007 eine Emissionsminderung für den Anwendungsbereich "Paint Application" um ca. 44 % erreicht werden. Das Szenario berücksichtigt, daß durch die Implementierung der am 11.03.1999 von der EU-Kommission beschlossenen sogenannten EU-VOC-Lösemittelrichtlinie /VOC-Richtlinie99/ ein Veränderungsdruck bei kleineren und mittleren Lackieranlagen erzeugt wird, der zu einer Beschleunigung der Dynamik von Emissionsminderungen führt. In Tabelle 4.1.24 ist gezeigt welche Auswirkungen das Szenario auf die einzelnen SNAP-CODES 60101-60109 hat.

Tabelle 4.1.24: Einsatzmengen und Emissionen Lösemittel 2007 nach CORINAIR 94-Systematik

SNAP	Abnehmerbranche	Lacke auf Basis Lösemittel				Lacke auf Basis Wasser		Pulver- lacke (löse- mittelfrei)	Summe Lack- verbrauch	Summe Lösemittel (ohne Einst. Verdünnung)	Summe Lösemittel (mit Einst. Verdünnung)	Emissi- ons- anteil	Emissionen ohne sonstige Verdüner	Sonstige Verdüner		VOC- Emission [t]	
		Ver- brauch	Anteil Löse- mittel [%]	Löse- mittel [t]	Einstell- verdünn- ung [t]	Verbrauch	Anteil Löse- mittel [%]							Verbrauch	Emissions- anteil [%]		
60101	Manufacture of Automobiles																
	Summe	16.000		7.050	2.000	52.000	3.680	70.000	10.730	12.730		6.982	2.496			9.478	
	Grundierung	0		0	0	28.000	1.400	28.000	1.400	1.400	10	140	0	100	140		
	Füller	3.000	40	1.200	150	6.000	8	10.000	1.680	1.830	52	962	488	100	1.420		
	Decklacke / Klarlacke	13.000	45	5.850	1.850	18.000	10	32.000	7.650	9.500	62	5.890	2.028	100	7.918		
60102	Car Repairing																
	Summe	24.500		12.525	2.800	12.500	16	37.000	13.525	16.325		15.129	3.822		18.951		
	Autoreparatur / Nutzfahrzeuge	16.500	45	7.425	2.500	8.500	8	25.000	8.105	10.605	95	10.075	2.574	100	12.649		
	Sonstige Fahrzeuge	2.000	45	900	300	4.000	8	6.000	1.220	1.520	70	1.064	312	100	1.376		
	Lackspray (ohne Treibgas)	6.000	70	4.200	0	0	0	6.000	4.200	4.200	95	3.990	936	100	4.926		
60103	Construction and Buildings and																
60104	Domestic Use																
	Summe	22.000		11.000	3.000	1.008.000	18.960	1.030.000	29.960	32.960		31.312	3.432		34.744		
	Bauten: Dispersionsfarben Innen	0		0	0	540.000	1	540.000	5.400	5.400	95	5.130	0	100	5.130		
	Bauten: Dispersionsfarben Außen	0		0	180.000	3	5.400	180.000	5.400	5.400	95	5.130	0	100	5.130		
	Bauten: Kunstharzgebundene Putze	0		0	200.000	1	2.000	200.000	2.000	2.000	95	1.900	0	100	1.900		
	Bautenlacke	22.000	50	11.000	3.000	88.000	7	110.000	17.160	20.160	95	19.162	3.432	100	22.584		
60105	Coil Coating	15.000	40	6.000	1.000	1.000	5	16.000	6.050	7.050	5	363	2.340	100	2.693		
60106	Boat Building	6.000	45	2.700	500	2.000	5	8.000	2.800	3.300	95	3.136	936	100	4.071		
60107	Wood																
	Summe	39.000		21.300	4.800	22.000	1.320	61.000	22.620	27.420		25.377	6.084		31.461		
	Möbel	21.000	50	10.500	2.100	14.000	6	35.000	11.340	13.440	90	12.096	3.276	100	15.372		
	Innenausbau	12.000	60	7.200	1.800	5.000	6	17.000	7.500	9.300	95	8.836	1.872	100	10.707		
	Schreinerarbeiten	6.000	60	3.600	900	3.000	6	9.000	3.780	4.680	95	4.446	936	100	5.382		

In Tabelle 4.1.26 wird das aus Tabelle 4.1.24 abgeleitete Emissionsszenario für 2007, disaggregiert nach SNAP-CODES entsprechend CORINAIR94, mit den entsprechenden Emissionsminderungen gegenüber 1995 gezeigt.

Tabelle 4.1.26: Aus /VCI97a/ abgeleitetes Emissionsszenario für 2007

SNAP-CODE	Bezeichnung des Sektors entsprechend CORINAIR	Emissionen [t]	Emissionsminderung gegenüber 1995 [%]
60101	Manufacture of Automobiles	9 478	- 58
60102	Car Repairing	18 951	- 46
60103	Constructions and Buildings	24 321	-41
60104	Domestic use	10 423	-41
60105	Coil Coating	2 693	+2
60106	Boat Building	4 071	-51
60107	Wood	31 461	-47
60108	Other Industrial Application	86 147	-42
60109	Other non Industrial Application	21 287	-42
Summe		207 831	-44

In das Szenario des VDL sind keine konjunkturellen oder strukturellen Änderungen des Lackverbrauchs eingeflossen.

Die EU-VOC-Lösemittelrichtlinie muss innerhalb der nächsten 2 Jahre in nationale Gesetzgebung umgesetzt sein. Dadurch sind die konkreten Auswirkungen auf die Lösemittelmmissionen noch nicht detailliert abzusehen. In jedem Fall wird die Umsetzung bis zum Jahre 2007 zu erheblichen Emissionsminderungen führen. Die Richtlinie betrifft allerdings nur bestimmte Bereiche dieser Quellgruppe. Betroffen sind folgende Bereiche:

- 60101 Manufacture of Automobiles
- 60102 Car Repairing
- 60105 Coil Coating
- 60107 Wood
- 60108 Other Industrial Applications (nur teilweise)

Das heißt, es bleiben durch die Richtlinie der Bautenschutz, der DIY-Bereich, der Schiffbau, und ein großer Teil der anderen industriellen und nicht industriellen Anwendungsgebiete unberücksichtigt.

Für die Bereiche Bautenschutz, des Do-it-Yourself und weitere Bereiche ist bei der Kommission eine sogenannte "EU-Paint-Directive" in Planung, die für die betroffenen Anwendungsgebiete bis 2010 eine Emissionsminderung von 70 % gegenüber 1990 erreichen soll.

Die Umsetzung der oben angeführten EU-weiten gesetzlichen Maßnahmen kann in erster Linie nur durch produktbezogene Primärmaßnahmen erreicht werden.

Hier wird die Substitution von lösemittelhaltigen durch weniger lösemittelhaltige Lacke sowie durch Wasser- und Pulverlacke die wesentliche Rolle spielen. Diese Maßnahmen

können in der in Kapitel 4.1.4 dargestellten Fortschreibungsmethode durch entsprechende Änderungen der angeführten Werte bzw. einer neuen Abschätzung der entsprechenden Emissionsfaktoren berücksichtigt werden.

4.1.7 Anmerkungen

Eine Überarbeitung der in der CORINAIR94-Systematik definierten Quellgruppen 60101 bis 60109 erscheint wünschenswert. So wäre z. B. eine Aufschlüsselung weiterer wichtiger Anwendungsgebiete von Anstrichmitteln, die bislang unter "andere industrielle Anwendungen" zusammengefasst sind, auch im Hinblick auf die Umsetzung der EU-VOC-Richtlinie sinnvoll. Dringend geboten erscheint auch eine konsistente Definition von "industriellen" und "nicht industriellen" Anwendungen, sofern eine solche Abgrenzung überhaupt beibehalten werden soll. Aus deutscher Sicht wäre zudem die Differenzierung zwischen Emissionen aus genehmigungsbedürftigen und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen zu empfehlen.

4.2 Metallentfettung

4.2.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Der Quellgruppe Metallentfettung ist im Rahmen der CORINAIR94-Systematik der SNAP94-CODE 60201 zugeordnet. Dieser Quellgruppe 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. Mit einbezogen werden die Einsatzmengen und Emissionen, die im Zusammenhang mit der Gerätereinigung bei der Lackierung aufgrund von Farbwechseln oder ähnlichen Vorgängen auftreten.

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 Lösemittel sind zwei Gruppen von Lösemitteln zu unterscheiden, zum einen chlorierte Lösemittel (CKW), zum anderen Kohlenwasserstofflösemittel (KWL). Der Einsatz an CKW zur Metallreinigung ist mit Einführung der 2. BImSchV 1990 /2. BImSchV/ im Vergleich zu früheren Jahren erheblich zurückgegangen. In der 2. BImSchV wird nach Ablauf der Übergangsfrist (bis 31.1.1994) der ausschließliche Einsatz geschlossener Anlagen gefordert. CKW-Reinigungssysteme werden deshalb verstärkt durch KWL-Systeme bzw. wässrige Reinigungssysteme ersetzt.

Eine Abschätzung der Einsatzmengen und Emissionen ist für die betrachtete Quellgruppe sehr schwierig. Ein produktbezogener Top-Down-Ansatz zur Ermittlung des Einsatzes an Entfettungsmitteln versagt aufgrund der sehr heterogenen Beschaffenheit des Einsatzgebietes an Entfettungsmitteln. Die Produktionsmenge an Reinigungs- und Entfettungsmitteln für technische Zwecke lässt sich zwar aufgrund der Produktionsstatistik ermitteln. In dieser Menge sind auch Entkonservierungs- und Entlackungsmittel enthalten /Obermeier95a/. Der Außenhandel dieser Stoffe lässt sich allerdings durch die entsprechende Außenhandelsstatistik nicht quantifizieren, bzw. es ist nicht möglich, die Produktionsmenge einer Außenhandelsmenge zuzuordnen. Damit lässt sich ein Inlandsbrauch an Metallentfettungsmitteln nur schwer abschätzen.

Der Anteil der Emissionen an der Einsatzmenge hängt stark von den verwendeten Lösemitteln sowie der Art der Reinigungsanlage ab. Die verschiedenen Anlagen zur Metallreinigung mit Hilfe von Kohlenwasserstoffen sind in Tabelle 4.2.1 aufgeführt.

Tabelle 4.2.1: Verschiedene Anlagentypen und Beispiele zur KWL-Metallreinigung /Berner96/

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

4.2.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Wie schon in Abschnitt 4.2.1 beschrieben lassen sich die zur Metallentfettung verwendeten Lösemittel in zwei Hauptgruppen aufteilen. Hier sind als erstes die Chlorkohlenwasserstoffe zu nennen. Seit 1994 dürfen nach der 2. BImSchV nur noch Dichlormethan (DCM), Perchlorethylen (PER) und Trichlorethylen (TRI) verwendet werden. Um die im Bereich Metallentfettung eingesetzten und emittierten Mengen an CKW's zu ermitteln, kann auf einen vom Verband der Chemischen Industrie (VCI) herausgegebenen Überblick über den CKW-Lösemittelmarkt in der Bundesrepublik zurückgegriffen werden. Es wurden laut VCI /Nader94/ 1994 insgesamt 35 000 t CKW-Frischware eingesetzt. Diese teilten sich wie in Tabelle 4.2.2 gezeigt auf.

Tabelle 4.2.2: CKW-Lösemittelmarkt (Frischware) in der Bundesrepublik Deutschland 1994 /Nader94/

CKW-Lösemittel	Eingesetzte Frischware [kt]
Perchlorethylen (Per)	10,234
Trichlorethylen (TRI)	7,019
Dichlormethan (DCM)	18,081

Die Inlandsverbrauchsmengen sind aus den Angaben des Statistischen Bundesamtes nur für Dichlormethan (Produktion an DCM 1994: 71 021 t) zu ermitteln. Die Angaben bezüglich TRI und PER werden in der Statistik nicht ausgewiesen, da diese CKW nur von wenigen Unternehmen produziert werden. Die eingesetzten Mengen an CKW können aufgrund der Angaben des VCI weiter nach dem Verkauf über den Handel, sowie den Direktverkauf disaggregiert werden. Der Direktverkauf wurde durch den VCI nach Anwendungsgebieten disaggregiert. Dieser Überblick des VCI ist in Tabelle 4.2.3 dargestellt:

Tabelle 4.2.3: CKW-Lösemittelmarkt (Frischware) in der Bundesrepublik Deutschland 1994 /Nader94/ und Disaggregation des Direktverkaufs nach Anwendungsgebieten.

	DCM	TRI	PER
	[t]	[t]	[t]
Gesamtverkauf der VCI-Mitgliedsfirmen	16 281	5 519	10 234
Importe	1 800	1 500	0
Gesamtinlandsverbrauch	18 081	7 019	10 234
Verkauf der VCI-Mitgliedsfirmen über den Handel	9 644	3 735	10 218
Direktverkauf der Mitgliedsfirmen	6 637	1 784	16
Direktverkauf f.geschl. Anlagen (2/4 BlmSchV) und Lösemittel in Chemischer Industrie	3 749		
Metallentfettung	78		
Elektronik/Entlacken			
Klebstoff-Kunststoff-Verarbeitung	499		
Extraktion	434		
Lösemittel für chem. Prozesse	2 213		16
Sonstige	525		
Direktverkauf in offenen Anwendungen	2 888	1 784	0
Kleber	675	1 784	
Lacke	20		
Elektron. Reinigung			
Abbeizer	1 831		
Antidröhnmassen	100		
Techn. Aerosole	90		
Metallreinigung			
Textilanwendung			
Entfettung			
Sonstige	172		

Der Verkauf der Mitgliedsfirmen über den Handel sowie die Importe lassen sich entsprechend /DECHEMA97/ nach Anwendungsbereichen disaggregieren. Das Ergebnis dieser Disaggregation ist in Tabelle 4.2.4 dargestellt.

Tabelle 4.2.4: Prozentuale Aufteilung der über den Handel verkauften und importierten Frischware von Perchlorethylen und Trichlorethylen in Deutschland nach Einsatzgebieten

Einsatzgebiet	Prozentualer Anteil der Summe von PER und TRI am Einsatzgebiet	Anteil PER	Anteil TRI
Metallreinigung	58	35,7	22,3
Textilreinigung	13	13	0
Kleber/Beschichtung	12	0	12
Sonstiges	10	10	0
Industrielle Prozesse (geschlossen)	8	4	4

Aus Tabelle 4.2.3 ergaben sich folgende Mengen, die über den Handel verkauft wurden bzw. importiert wurden:

Dichlormethan: 11 444 t

Trichlorethylen: 5 235 t

Perchlorethylen: 10 218 t

Im folgenden werden die von den VCI-Mitgliedsfirmen über den Handel verkauften Mengen bzw. die vom Handel importierten Mengen an Tri- und Perchlorethylen den prozen-

tualen Anteilen aus Tabelle 4.2.4 zugeordnet. Die Aufteilung der Menge an Dichlormethan erfolgte aufgrund von /Enquete94/

Tabelle 4.2.5: Mengenmäßige Aufteilung der über den Handel verkauften und importierten Frischware an CKW in Deutschland nach Einsatzgebieten

Einsatzgebiet	Anteil DCM [t]	Anteil PER [t]	Anteil TRI [t]
Metallreinigung	2 000	5 500	3 446
Textilreinigung	0	2 000	0
Kleber / Beschichtung	3 000	0	1 790
Sonstiges	2 000	1 510	0
Industrielle Prozesse (geschlossen)	0	1 210	0
Aerosole	420	0	0
Entparaffinierung	700	0	0
Lösemittel für chemische Prozesse / Pharma	2 700	0	0
Abbeizer	630	0	0

Damit ergab sich das in Tabelle 4.2.6 dargestellte Bild des CKW-Frischwarenmarkt für 1994.

Tabelle 4.2.6: CKW-Frischwarenmarkt in der Bundesrepublik Deutschland 1994
/Nader94//DECHEMA97//Enquete94/

	DCM [t]	TRI [t]	PER [t]
Gesamtverkauf der VCI-Mitgliedsfirmen	16 281	5 519	10 234
Importe	1 800	1 500	0
CKW-Lösemittelmarkt (gesamt)	18 081	7 019	10 234
davon Direktverkauf	6 637	1 784	16
Direktverkauf für geschlossene Anlagen nach 2./4. BImSchV	3 749	0	16
Metallentfettung	78	0	0
Elektronik / Entlacken	0	0	0
Klebstoff-Kunststoff-Verarbeitung	499	0	0
Extraktion	434	0	0
Lösemittel für chem. Prozesse	2 213	0	16
Sonstige	525	0	0
Direktverkauf in offenen Anwendungen	2 888	1 784	0
Kleber	675	1 784	0
Lacke	20	0	0
Elektronische Reinigung		0	0
Abbeizer	1 831	0	0
Antidröhnmassen	100	0	0
Technische Aerosole	90	0	0
Metallreinigung	0	0	0
Textilanwendung	0	0	0
Entfettung	0	0	0
Sonstige	172	0	0
Davon über den Handel	11 444	5 235	10 219
Kleber / Beschichtung	3 000	1 789	0
Sonstiges	2 000	0	1 535
Aerosole	380	0	0
Abbeizer	664	0	0
Textilreinigung	0	0	2 009
Metallreinigung	2 000	3 446	5 517
Industrielle Prozesse (geschlossen)	0	0	1 159
Entparaffinierung	700	0	0
Lösemittel für chemische Prozesse	2 700	0	0

Damit wurden im Bereich der Metallentfettung 1994 insgesamt 11 041 t CKW eingesetzt. Die anderen in Tabelle 4.2.6 aufgeführten Anwendungsbereiche sind in Tabelle 4.2.7

zum besseren Verständnis nach Quellgruppen bzw. SNAP-CODES disaggregiert dargestellt. Die dargestellten Verbräuche werden in den entsprechenden Quellgruppen in späteren Abschnitten dieses Berichtes mitberücksichtigt.

Tabelle 4.2.7: Disaggregation des deutschen CKW-Marktes 1994 auf die verschiedenen Quellgruppen bzw. SNAP-CODES

Einsatzbereich	DCM [t]	TRI [t]	PER [t]	Summe [t]	Quellgruppe	SNAP-CODE
Metallentfettung	2 078	3 446	5 517	11 041	Metallentfettung	60201
Klebstoffe/Beschichtung	3 925	3573	0	7 498	Herstellung und Anwendung von Klebstoffen	60309 60405
Kunststoffe	250	0	0	250	Verarbeitung von Kunststoffen	60303 60304
Aerosole	470	0	0	470	Aerosolanwendung	60412
Entparaffinierung	700	0	0	700	Entwachsen von Fahrzeugen	60409
Extraktion	434	0	0	434	Chemische industrie	60314
Entlacken/Abbeizen	2 495	0	0	2 495	Entfernung von Farben und Lacken	60412
Elektronische Reinigung/Elektronik	0	0	0	0	Fertigung elektronischer Komponenten	60203
Lacke	20	0	0	20	Anwendung von Farben und Lacken	60100
Lösemittel für chemische Prozesse	4 913	0	16	4 929	Chemische Industrie	60314
Textilanwendung	0	0	2 009	2 009	Chemische Reinigung	60202
Industrielle Prozesse (geschlossen)	0	0	1 159	1 159	Chemische Industrie	60314
Antidröhnmassen	100	0	0	100	Chemische Industrie	60314
sonstiges	2 697	0	1 535	4 232	Chemische Industrie	60314
Summe	18 082	7 019	10 236	35 337		

Bezüglich des Emissionsfaktors liegen uns zwei Quellen vor. Von /DECHEMA97/ wurde eine Modellberechnung der CKW-Emissionen in der Metallreinigung für die BRD 1996 entwickelt. Es wurden drei Szenarien entwickelt: ein schlechtestes, ein bestes und ein wahrscheinlichstes. Diese Szenarien beziehen sich auf folgende Anlagensituation:

- Umstellung auf Anlagen gemäß 2. BImSchV weitgehend erfolgt (2. BImSchV: Abluftreinigung < 20 mg/m³, vor Öffnen: in Anlage <1g/m³)
- Ca. 2 300 Anlagen mit CKW-Lösemittel
- Neue Anlagen überwiegend ohne Abluft mit anlageninterner Rückführung der gereinigten Abluft und des Lösemittels.
- Vakuumtechnik zur weiteren Emissionsreduktion.
- Belieferung und Rücknahme in Sicherheitsbinden.
- Befüllung / Entleerung der Maschinen über Gaspendelung und tropffreie Anschlüsse
- Vermehrt weitere destillative Aufarbeitung des Altlösemittels vor Ort.

In Tabelle 4.2.8 sind die Ergebnisse der drei Szenarien dargestellt.

Tabelle 4.2.8: Modellberechnung CKW Emissionen für Metallreinigung BRD 1996 /DECHEMA97/

		Bestes Szenario	Wahrscheinlichstes Szenario	Schlechtestes Szenario
Marktbedarf (Frisch und Recyclingware)	[kt]	8,8	8,8	8,8
Gesamtemissionen	[kt]	<0,5	1,2	3,7
Emissionsfaktor	[%]	5,7	13,6	42
Altware	[kt]	8,5	7,6	4,9
Emissionen pro Maschine und Stunde	[g/h]	<50	125	420
Destillat	[kt]	8,1	7,2	4,6
Thermische Verwertung	[kt]	0,4	0,4	0,3

Aus Tabelle 4.2.8 ergibt sich ein durchschnittlicher Emissionsfaktor von 20,4 %. Da zum einen aber für das Bezugsjahr 1994 durch Übergangsregelungen bei der Umsetzung der 2. BImSchV, die erst am 31.12.1994 umgesetzt sein musste, noch mit weiteren Emissionen zu rechnen ist und zum anderen in einer anderen Quelle /VDI95/ ein Emissionsfaktor von 53 % angenommen wurde, nehmen wir in dieser Studie für das Bezugsjahr 1994 einen Emissionsfaktor von 40 % an. Damit wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 4 392 t CKW im Bereich der Metallentfettung emittiert.

Die andere Gruppe der in der Metallreinigung eingesetzten Lösemitteln sind die nichtchlorierten organischen Lösemittel. Hierbei handelt es sich um Kohlenwasserstoffgemische (Testbenzine, Spezialbenzine, Paraffingemische, etc.) der Gefahrenklasse A II und A III, d. h. höhersiedende Stoffe mit Flammpunkten über 21 °C. Außerdem werden Alkohole, Ketone und Ester eingesetzt. Die Lösemittel können sowohl in der Heißreinigung als auch in der Kaltreinigung eingesetzt werden. Im Bericht der Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des deutschen Bundestages /Enquete94/ wird die eingesetzte Menge an nichtchlorierten Kohlenwasserstoffen auf ca. 30 000 t für das Jahr 1992 geschätzt. Die deutsche Produktion an Reinigungs- und Entfettungsmitteln für technische Zwecke ist von 1992 auf 1994 nur geringfügig von 72 047 t auf 75 368 t (GP89-Meldenummer 4933 13) angestiegen. Nach Einschätzung von zwei Herstellern /Exxon96/, /Biesterfeld96a/ der Reinigungsmittel dürfte sich dieser Trend auch in einer Zunahme des Verbrauchs widerspiegeln. Deshalb wird für 1994 eine Einsatzmenge von 40 000 t abgeschätzt.

Oben wurde schon beschrieben, dass die Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Reinigungs- und Entfettungsmitteln schwierig ist. In der Produktionsstatistik sind industrielle Reinigungsmittel unter den GP89-Meldenummern 4933 12 (Reinigungs- und Entfettungsmittel für technische Zwecke), 4933 17 (Rostlösemittel) und 4933 19 (sonstige Industriereiniger) zu finden. In Tabelle 4.2.9 wird die Zuordnung dieser GP89-Meldenummern zu den entsprechenden WA94-Meldenummern beschrieben. Diese Zuordnung erfolgt aufgrund der Systematik der Produktionsbereiche in INPUT-OUT-

PUT-Rechnungen (SIO) 1994 /SIO94/.

Tabelle 4.2.9: Zuordnung der Meldenummern gemäß GP89 der Produktionsstatistik und WA 94 der Außenhandelsstatistik gemäß systematischer INPUT-OUTPUT-Rechnungen des Statistischen Bundesamtes

Bezeichnung gemäß der Gütergruppen nach der Systematik der Wirtschaftszweige 1979 (WZ1979)	Meldenummern der Einzelpositionen GP89	Meldenummern gemäß WA94	Warenbenennung der Außenhandelsstatistik
Wasserenthärtungsmittel	4933 11	3403 19 10 V	Schmiermittel Erdölgehalt >70GhT nicht charakterisiert. Ionenaustauscher Kesselsteinentfernungsmittel andere Zubereitungen der Chemischen Industrie
Reinigungs- und Entfettungsmittel für technische Zwecke	4933 12	3823 90 20	
Reinigungs- und Desinfektionsmittel für die Ernährungswirtschaft	4933 13	3823 90 81	
Phosphatierungs- und Passivierungsmittel	4933 15	3823 90 98 S	
Rostlösemittel	4933 17		
sonst. Industriereiniger	4933 19		

In Tabelle 4.2.10 wird der Inlandsverbrauch an Reinigungs- und Entfettungsmitteln aufgrund dieser Zuordnung berechnet. Hierbei wird wie folgt vorgegangen: Zunächst werden die Produktions-, Import- und Exportmengen jeweils addiert. Hierbei wird angenommen, dass 10 % der ex- bzw. importierten Menge der WA-Meldenummer 3403 19 10 der betrachteten Produktgruppe zuzuordnen ist und 50 % der WA-Meldenummer 3823 90 98. WA-Meldenummern, die mit einem V (=vernachlässigbar) in /SIO94/ bezeichnet sind, beinhalten maximal 10 % der betrachteten Produktgruppen aus der Produktionsstatistik und WA-Meldenummern mit einem S (=schwerpunktmäßig) beinhalten zu mindestens 50 % die betrachteten Produktgruppen aus der Produktionsstatistik. Aus Summe von Produktion und Import minus Export wird dann der Gesamtinlandsverbrauch berechnet. Aus dem Verhältnis von Gesamtproduktionsmenge und Gesamtinlandsverbrauch ergibt sich der prozentuale Anteil des Inlandsverbrauchs an der Produktionsmenge. Dieser wird den Einzelposten der Produktionsstatistik zugeordnet. Hieraus ergibt sich der Inlandsverbrauch der relevanten Gütergruppen.

Tabelle 4.2.10: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Reinigungs- und Entfettungsmitteln in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1994 /StaBuA94a//StaBuA94b/

Meldenummern der Einzelpositionen GP89	Meldenummern gemäß WA94	Produktion	Import	Export	Anteil am Inlandsverbrauch	Inlandsverbrauch
		[t]	[t]	[t]	[%]	[t]
4933 11	3403 19 10 V	134 841	20	420	45,5	61 349
4933 12	3823 90 20	75 368	56 956	88 653	45,5	34 290
4933 13	3823 90 81	118 186	1 882	1 289	45,5	53 771
4933 15	3823 90 98 S	28 041	306 029	504 006	45,5	12 758
4933 17		1 230			45,5	560
4933 19		63 377			45,5	28 835
Summe		421 043	364 886	594 367	45,5	191 562

Die Summe der in Tabelle 4.2.10 fettgedruckten GP89-Einzelposten ergibt eine Einsatzmenge an Entfettungsmitteln für technische Zwecke, Rostlösemitteln und sonstigen In-

dustriereinigern von 63 685 t. Sowohl die zunächst abgeschätzten 40 000 t als auch die nun berechneten Einsatzmengen von ca. 64 000 t nichtchlorierten Reinigungs- und Entfettungsmitteln sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Im Folgenden wird ein Mittelwert von 52 000 t als Einsatzmenge angenommen.

Eine Abschätzung des Emissionsfaktors ist verhältnismäßig schwierig, da er stark von den verwendeten Lösemitteln sowie der Art der Reinigungsanlage (siehe Tabelle 4.2.1) abhängt. Der Anteil der Emissionen an der Einsatzmenge liegt zwischen 5,5 % für die Kaltentfettung mit N-Methyl-Pyrrolidon (NMP) und 79 % für die offene Tauchreinigung wie in Tabelle 4.2.11 dargestellt ist.

Tabelle 4.2.11: Einsatzmengen und Emissionen ausgewählter Anlagentypen und Beispiele /Berner96/

Anlagentyp und Beispiele	Einsatzmenge [t]	Emission [t]	Emission in % der Einsatzmenge
Offene Kaltreinigung			
Diskontinuierliche, offene Kaltreinigung	5 143	3 847	75
Diskontinuierliche, offene Kaltreinigung	1 341	896	67
Diskontinuierliche, offene Kaltreinigung mit NMP	752	41	6
Geschlossene Kaltreinigung			
Diskontinuierliche, geschlossene Kaltreinigung	91	25	28
Diskontinuierliche geschlossene Kaltreinigung mit nachgeschalteter Plasmabehandlung	747	149	20
Offene Warmlufttrocknung			
Serielle Tauchreinigung mit Warmlufttrocknung	6 004	4 742	79
Serielle Tauchreinigung mit Warmlufttrocknung	3 648	2 827	78
Serielle Tauchreinigung mit Warmlufttrocknung	8 701	3 797	44
Serielle Spritzreinigung mit Warmlufttrocknung	8 132	5 624	69
Moderne geschlossene Anlagen			
Diskontinuierliche Reinigung mit Tiefkühlkondensation und Vakuumtrocknung	251	16	6

In der Kaltreinigung werden vor allem Entfettungsmittel der Gefahrenklasse A II 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 /Biesterfeld96a/.

Laut /Berner96/ ist von einem Emissionsfaktor von 50-70 % auszugehen. Bei einem durchschnittlichen Emissionsfaktor von 60 % und einer Einsatzmenge von 52 000 t nichtchlorierte organische Lösemittel ergibt sich für 1994 eine Emission von 31 200 t.

4.2.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

Im Bereich der Metallentfettung wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 10 981 t chlorierte Kohlenwasserstoffe eingesetzt. Davon wurden 4 392 t emittiert. Es wurden Perchlorethylen, Dichlormethan, und Trichlorethylen eingesetzt. Deren Einsatzmengen und Emissionen teilten sich wie Tabelle 4.2.12 dargestellt auf.

Tabelle 4.2.12: Einsatzmengen und Emissionen an chlorierten und nichtchlorierten Kohlenwasserstoffen in der Bundesrepublik Deutschland 1994 bei der Metallfettung und -reinigung

	Einsatzmenge	Emission
	[t]	[t]
Dichlormethan	2 018	807
Perchlorethylen	5 517	2 207
Trichlorethylen	3 446	1 378
Nichtchlorierte Kohlenwasserstoffe	52 000	31 200
Gesamt	63 041	35 592

An nichtchlorierten Kohlenwasserstoffen wurden zur Metallreinigung 1994 in der Bundesrepublik ca. 52 000 t eingesetzt, von denen ca. 60 % emittiert werden. Dies entspricht einer emittierten Menge von 31 200 t. Es handelt sich hierbei zum einen um Kohlenwasserstoffgemische (Testbenzine, Spezialbenzine, Paraffingemische, etc.) der Gefahrenklasse A II und A III, d. h. höhersiedende Stoffe mit Flammpunkten über 21 °C. Außerdem werden Alkohole, Ketone und Ester eingesetzt. Eine quantitative stoffliche Disaggregation war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

4.2.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung der Einsatzmengen an chlorierten Kohlenwasserstoffen sollte die in jährlichem Turnus herausgegebene Übersicht über den CKW-Lösemittelmarkt in Deutschland herangezogen werden. Diese Information ist über

Herrn Prof. Dr. F. Nader
Abt. Umwelt und Technik
Verband der Chemischen Industrie e.V.
Karlstr. 21
60329 Frankfurt

erhältlich.

Die über den Handel verkaufte Menge an Dichlormethan sollte nach /Enquete94/ aufgeteilt werden. Aus diesen Daten kann dann die zur Metallreinigung eingesetzte Menge an CKW ermittelt werden. Da davon auszugehen ist, dass die 2. BImSchV inzwischen vollständig umgesetzt ist, sollte allerdings nur noch ein Emissionsfaktor von 20 % angenommen werden.

In Tabelle 4.2.13 ist die Fortschreibungsmethode beschrieben. Die Zahlen des VCI bezüglich des Gesamtverkaufs, des Imports sowie des Direktverkaufs werden direkt übernommen. Die Disaggregation der über den Handel verkauften CKW wird entsprechend der in Tabelle 4.2.13 aufgeführten Gleichungen vorgenommen.

Tabelle 4.2.13: Methode zur Fortschreibung der CKW-Einsatzmengen

	DCM	TRI	PER
	[t]	[t]	[t]
Gesamtverkauf der VCI-Mitgliedsfirmen	A1	B1	C1
Importe	A2	B2	C2
CKW-Lösemittelmarkt	A3=A1+A2	B3=B1+B2	C3=C1+C2
Davon Direktverkauf	A4	B4	C4
Direktverkauf für geschlossene Anlagen nach 2./4. BImSchV	A5	B5	C5
darunter:			
Metallentfettung	A6	B6	C6
Elektronik / Entlacken	A7	B7	C7
Klebstoff und Kunststoff - Verarbeitung	A8	B8	C8
Extraktion	A9	B9	C9
Lösemittel für chem. Prozesse	A10	B10	C10
Sonstige	A11	B11	C11
Direktverkauf	A12	B12	C12
in offenen Anwendungen			
Kleber	A13	B13	C13
Lacke	A14	B14	C14
Elektronische Reinigung	A15	B15	C15
Abbeizer	A16	B16	C16
Antidröhnmassen	A17	B17	C17
Technische Aerosole	A18	B18	C18
Metallreinigung	A19	B19	C19
Textilanwendung	A20	B20	C20
Entfettung	A21	B21	C21
Sonstige Reinigungsmittel bei Polyesterverarbeitung	A22	B22	C22
Davon über den Handel	A23=A3-A4	B23=B3-B4	C23=C3-C4
Tri+Per			S=B23+C23
Kleber/Beschichtung	A24=0,232*A3-A8-A13	B24=S*0,116	C24=0
Sonstiges	A25=0,129*A3-A11-A22	B25=0	C25=0,1*S
Aerosole	A26=0,026*A3-A18	B26=0	B26=0
Abbeizer	A27=0,138*A3-A7-A16	B27=0	C27=0
Textilreinigung	A28=0	B28=0	C28=0,13*S
Metallreinigung	A29=0,12*A3-A6-A19	B29=0,223*S	C29=0,357*S
industrielle Prozesse (geschlossen)	A30=0	B30=0	C30=0,075*S
Entparaffinierung	A31=0,04*A3	B31=0	C31=0
Lösemittel für chemische Prozesse	A32=0,281*A3-A10	B32=0	C32=0

Es sollte bei der Fortschreibung von A24 bis A32; B24 bis B32 und C24 bis C32 stets darauf geachtet werden, dass die Summe mit A23; B23 bzw. C23 übereinstimmt. Es ist auch möglich, dass bei der Berechnung von A23 bis A32 ein negatives Ergebnis erhalten wird. In diesem Fall sollte die Einsatzmenge gleich Null gesetzt werden. Anschließend werden die ermittelten CKW-Verbrauchsmengen auf die verschiedenen Quellgruppen verteilt entsprechend der in Tabelle 4.2.14 dargestellten Methode.

Tabelle 4.2.14: Methode zur Disaggregation des deutschen CKW-Marktes auf die verschiedenen Quellgruppen bzw. SNAP-CODES

Einsatzbereich	Einsatzmenge CKW [t]	Quellgruppe	SNAP-CODE
Metallentfettung	$D1=A6+B6+C6+A19+B19+C19+A21+B21+C21+A29+B29+C29$	Metallentfettung	60201
Klebstoffe/Beschichtung	$D2=(A8+B8+C8)*0,5+A13+B13+C13+A24+B24+C24$	Herstellung und Anwendung von Klebstoffen	60309 60405
Kunststoffe	$D3=(A8+B8+C8)*0,5$	Verarbeitung von Kunststoffen	60303 60304
Aerosole	$D4=A18+B18+C18+A26+B26+C26$	Aerosolanwendung	60412
Entparaffinierung	$D5=A31+B31+C31$	Entwachsen von Fahrzeugen	60409
Extraktion	$D6=A9+B9+C9$	Chemische Industrie	60314
Entlacken/Abbeizen	$D7=(A7+B7+C7)*0,5+A16+B16+C16+A27+B27+C27$	Entfernung von Farben und Lacken	60412
Elektronische Reinigung/Elektronik	$D8=(A7+B7+C7)*0,5+A15+B15+C15$	Fertigung elektronischer Komponenten	60203
Lacke	$D9=A14+B14+C14$	Anwendung von Farben und Lacken	60100
Lösemittel für chemische Prozesse	$D10=A10+B10+C10+A32+B32+C32$	Chemische Industrie	60314
Textilanwendung	$D11=A20+B20+C20+A28+B28+C28$	Chemische Reinigung	60202
Industrielle Prozesse (geschlossen)	$D12=A30+B30+C30$	Chemische Industrie	60314
Antidröhnmassen	$D13=A17+B17+C17$	Chemische Industrie	60314
sonstige Reinigungsmittel bei der Polyesterverarbeitung	$D14=A22+B22+C22$	Polyesterverarbeitung	60301
sonstiges	$D15=A11+B11+C11+A25+B25+C25$	Chemische Industrie	60314

Die Gesamtmenge an eingesetzten CKW in der Metallentfettung entspricht dann:

$$M1[t]=D1[t]$$

Da davon auszugehen ist, dass die 2. BImSchV inzwischen vollständig umgesetzt ist, sollte nur ein Emissionsfaktor von 20 % angenommen werden. So ergibt sich für das Fortschreibungsjahr folgende Emission an CKW in der Metallentfettung:

$$E1[t]=M1[t]*0,2$$

Zur Fortschreibung der Einsatz- und Emissionsmengen an nichtchlorierten Kohlenwasserstofflösemitteln werden die in Abschnitt 4.29.4 (Seite 195) berechneten Inlandsverbräuche an Reinigungs- und Entfettungsmittel für technische Zwecke (GP95-Meldenummer 2451 32 796) und andere Industriereiniger, flüssig (GP95-Meldenummer 2451 32 798) verwendet. Die Einsatzmenge M2 ergibt sich dann aus der Summation der in Abschnitt 4.29.4 definierten Variablen V47 und V49:

$$M2[t]=V47[t]+V49[t]$$

Im Fortschreibungsjahr werden somit:

$$E2[t]=M2[t]*0,6$$

an nichtchlorierten Kohlenwasserstofflösemitteln emittiert

4.2.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Mit Hilfe der in Kapitel 4.2.4 beschriebenen Fortschreibungsmethode ergibt sich für 1996 folgendes Bild bezüglich des CKW-Frischwarenmarktes in Deutschland.

Tabelle 4.2.15: CKW-Frischwarenmarkt 1996 in der Bundesrepublik Deutschland/Nader98//DECHEMA97//Enquete94/

	DCM	TRI	PER
	[t]	[t]	[t]
Gesamtverkauf der VCI-Mitgliedsfirmen	13 870	5 218	5 628
Importe	1 775	1 500	1 039
CKW-Lösemittelmarkt	15 645	6 718	6 667
davon Direktverkauf	6 882	1 249	47
Direktverkauf für geschlossene Anlagen n. 2./4. BImSchV	4 324	0	47
Metallentfettung	0	0	0
Elektronik / Entlacken	5	0	0
Klebstoff-Kunststoff-Verarbeitung	544	0	0
Extraktion	1 457	0	0
Lösemittel für chem. Prozesse	1 383	0	0
Sonstige	890	0	47
Direktverkauf für geschlossene Anwendungen	2 498	1.249	0
Kleber	0	1.249	0
Lacke	182	0	0
Elektronische Reinigung	0	0	
Abbeizer	2 202	0	0
Antidröhnmassen	0	0	0
Technische Aerosole	0	0	0
Metallreinigung	0	0	0
Textilanwendung	0	0	0
Entfettung	91	0	0
Sonstige Reinigungsmittel bei Polyesterverarbeitung)	23	0	0
davon über den Handel	8 773	5 469	6 620
Tri+Per			12 089
Summen	8 773	5 476	6 637
Kleber/Beschichtung	2 980	1 451	0
Sonstiges	150	725	399
Aerosole	300	0	0
Abbeizer	0	0	0
Textilreinigung	0	0	1 572
Metallreinigung	1 743	2 696	4 316
ind. Prozesse (geschl.)	0	0	907
Entparaffinierung	600	0	0
Lösemittel für chemische Prozesse	3 000	0	0

Die CKW's verteilen sich dann entsprechend Tabelle 4.2.16 auf die einzelnen Quellgruppen.

Tabelle 4.2.16: Disaggregation des deutschen CKW-Marktes 1996 in die verschiedenen Quellgruppen bzw. SNAP-CODES

Einsatzbereich	Einsatzmenge CKW 1996 [t]	Quellgruppe	SNAP-CODE
Metallentfettung	8 846	Metallentfettung	60201
Klebstoffe/Beschichtung	5 952	Herstellung und Anwendung von Klebstoffen	60309 60405
Kunststoffe	272	Verarbeitung von Kunststoffen	60303 60304
Aerosole	300	Aerosolanwendung	60412
Entparaffinierung	600	Entwachsen von Fahrzeugen	60409
Extraktion	1 457	Extraktion von Ölen und Fetten	60404
Entlacken/Abbeizen	2 205	Entfernung von Farben und Lacken	60412
Elektronische Reinigung/Elektronik	3	Fertigung elektronischer Komponenten	60203
Lacke	182	Anwendung von Farben und Lacken	60100
Lösemittel für chemische Prozesse	4 383	Chemische Industrie	60314
Textilanwendung	1 572	Chemische Reinigung	60202
Industrielle Prozesse (geschlossen)	955	Chemische Industrie	60314
Antidröhnmassen	0	Chemische industrie	60314
sonstige Reinigungsmittel bei der Polyester- verarbeitung	23	Polyesterverarbeitung	60301
sonstiges	2 211	Chemische Industrie	60314

Hieraus ergibt sich für 1996 eine Einsatzmenge an chlorierten Kohlenwasserstoffen in der Bundesrepublik Deutschland in der Metallreinigung von ca. 8 846 t. Es wurden 1996 ca. 1 769 t chlorierte Kohlenwasserstoffe emittiert, die zur Metallentfettung verwendet wurden. In Tabelle 4.2.17 sind die Einsatzmengen und Emissionen nach Einzelstoffen disaggregiert dargestellt.

Bei der Metallentfettung mit nichtchlorierten organischen Lösemitteln wurden 1996 folgende Mengen im Inland an nichtchlorierten organischen Lösemitteln eingesetzt.

V47 (Reinigungs- und Entfettungsmittel für technische Zwecke) = 31 769 t

V49 (andere Industriereiniger, flüssig) = 11 840 t

Die Gesamteinsatzmenge betrug

M2=43 609 t

Es wurden somit ca. 26 165 t nichtchlorierte organische Lösemittel emittiert.

Die 1996 zur Metallentfettung eingesetzten Stoffmengen und die daraus resultierenden Emissionen sind in Tabelle 4.2.17 zusammengefasst.

Tabelle 4.2.17: Einsatzmengen und Emissionen an chlorierten und nichtchlorierten Kohlenwasserstoffen in der Bundesrepublik Deutschland 1996 für die Metallentfettung

	Einsatzmenge	Emission
	[t]	[t]
Dichlormethan	1 743	349
Perchlorethylen	4 316	863
Trichlorethylen	2 696	539
Nichtchlorierte KWL	43 609	26 165
Gesamt	52 364	27 916

4.2.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Bezüglich des Einsatzes an chlorierten Kohlenwasserstoffen nach Umsetzung der 2. BImSchV keine weiteren Emissionsminderungspotentiale zu erwarten. Es ist davon auszugehen, dass jedes Jahr ca. 1 500 - 2 000 t CKW (TRI;DCM und PER) im Bereich der Metallentfettung emittiert werden.

Beim Einsatz von Kohlenwasserstofflösemitteln sind noch Emissionsminderungspotentiale zu erkennen. Zum einen sind hier Substitutionsmaßnahmen zu nennen, d. h. A II durch A III-Reiniger ersetzen, sowie der vermehrte Einsatz von wässrigen Reinigungsmethoden. Außerdem sind noch Potentiale durch den vermehrten Einsatz von geschlossenen Anlagen zu erkennen. Im Rahmen der Umsetzung der VOC-Richtlinie ist mit einer erheblichen Reduktion der Emissionen an Kohlenwasserstoffen durch den Einsatz neuer Anlagen zu rechnen. Nach der EU-VOC-Richtlinie /VOC-Richtlinie99/ dürfen in Anlagen zur Oberflächenreinigung ab dem Jahr 2004 (neue Anlagen) bzw. 2007 (bestehende Anlagen) nur noch 15 % der eingesetzten Lösemittel diffus emittiert werden, wenn der Lösemittelseinsatz 1-5 t/a beträgt. Für Anlagen mit einem Lösemittelverbrauch von mehr als 5 t/a gilt ein Grenzwert von 10 % der eingesetzten Lösemittel für die diffusen Emissionen. Grundsätzlich gilt nach Umsetzung der VOC-Richtlinie ein Abgasemissionsgrenzwert von 20 mg/Nm³ (Masse der emittierten Verbindungen und nicht des gesamten Kohlenstoffgehalts) für alle Anlagen, die mehr als 1 t Reinigungsmittel einsetzen.

4.2.7 Anmerkungen

Der Bereich der Metallentfettung ist ein sehr heterogener Bereich. Die Datenlage bezüglich Einsatzes an CKW ist als einigermaßen sicher einzustufen. Bezüglich des Einsatzes an Kohlenwasserstofflösemitteln besteht allerdings ein erheblicher Datenbedarf. Die Belastbarkeit der Daten über Einsatzmengen in diesem Bereich ist als sehr gering einzustufen.

4.3 Chemische Reinigung

4.3.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

In der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60202 mit der Bezeichnung "Dry cleaning" zugeordnet. Sie umfasst alle industriellen und gewerblichen Tätigkeiten, bei denen flüchtige organische Verbindungen in Anlagen zur Reinigung von Kleidung, Heimtextilien und ähnlichen Verbrauchsgütern verwendet werden, mit Ausnahme der manuellen Entfernung von Flecken in der Textil- und Bekleidungsindustrie. Es werden alle Reinigungsvorgänge erfasst, bei denen nichtwässrige Lösemittel eingesetzt werden. Die chemische Reinigung ist zu unterscheiden von der Wäscherei, in der mit wässrigen Systemen in Waschstraßen gereinigt wird. Es gibt in der Branche mehr Betriebsstätten als Maschinen, da in der Branche zwischen "heißen", "lauwarmen" und "kalten" Betrieben unterschieden wird /DTV98/.

Diese sind folgendermaßen definiert:

Kalter Betrieb: Es wird nur Ware angenommen

Lauwarmer Betrieb: Es wird nur gebügelt

Heißer Betrieb: Es wird in diesem Betrieb gereinigt und gebügelt

4.3.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Zur Textilreinigung mit nichtwässrigen Systemen werden zum einen Perchlorethylen und zum anderen Kohlenwasserstofflösemittel verwendet. Perchlorethylen ist aufgrund der Umsetzung der 2. BImSchV seit Januar 1993 der einzige Chlorkohlenwasserstoff, der zur Textilreinigung noch eingesetzt werden darf. Wie aus Tabelle 4.2.7 (Seite 47) hervorgeht, wurden 1994 in der Textilreinigung 2 009 t Perchlorethylen als Frischware eingesetzt. Wenn man davon ausgeht, dass diese Menge als Ersatz des emittierten Perchlorethylen benötigt wird, kann Einsatzmenge gleich Emission gesetzt werden. Damit wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 2 009 t Perchlorethylen durch den Einsatz in der Textilreinigung emittiert.

Die getroffene Annahme, dass die Einsatzmenge der Emission an Perchlorethylen entspricht, könnte durch den Umstand eingeschränkt sein, dass Recyclingware exportiert wird und nicht wieder in den nationalen Perchlorethylenkreislauf eingespeist wird. Dabei ist davon auszugehen, dass dieser Export dann ins europäische Ausland stattfindet. Aufgrund fehlender gesetzlicher Vorgaben findet die Anwendung dort häufig noch in offenen oder halboffenen Anwendungen statt, ohne interne Redestillation, so dass die exportierte Recyclingware dort vollständig emittiert wird. Im Folgenden wird die Annahme erläutert, dass die eingesetzte Frischware vollständig emittiert wird. Hierbei werden unterschiedlich

Informationsquellen ausgewertet.

- Nach /DTV95/ wurden 1994 ca. 1,6 Millionen Teile pro Tag gereinigt. Dies entspricht 1500 t/Tag bzw. 400 000 000 Teilen im Jahr. Nach Angaben des Deutschen Textilreinigungsverbandes (DTV) /DTV95/ beträgt der Verlust an PER bezogen auf das Gewicht an gereinigter Ware 0,2 %. Daraus ergibt sich bei angenommenen 250 Arbeitstagen eine Emission von 750 t pro Jahr.
- Nach /UBA95/ beträgt der Verlust allerdings 1-2 % bezogen auf die Masse an gereinigtem Gut. Dies ergäbe eine Emission von 5 625 t, wenn man einen Verlust von 1,5 % annimmt. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Masse an gereinigten Teilen mit großen Unsicherheiten behaftet ist.
- Von /DECHEMA97/ wurde ein Modell für den Bereich der Textilreinigung für 1995 entwickelt. Dabei wurden Emissionen von ca. 1,05-1,18 kt PER aus der Textilreinigung abgeschätzt. Es wurde davon ausgegangen, dass 1995 insgesamt 2 500-2 700 t Perchlorethylen eingesetzt wurden. Dabei sind Frisch- und Recyclingware erfasst. Weiterhin wurde davon ausgegangen, dass 1995 ca. 500-600 neue Maschinen als Ersatz für nicht der 2. BImSchV-konforme Maschinen erstbefüllt wurden. Pro neuer Maschine wurden 680 kg Perchlorethylen als Erstbefüllung eingesetzt. Daraus ergab sich ein laufender Verbrauch (Gesamtmarkt minus Erstbefüllung) von 2,09 bis 2,36 kt. Von diesem laufenden Verbrauch wurde dann angenommen, dass 50% emittiert wurden und 50 % in das externe Recycling gingen. Danach wären 1995 1,05-1,18 kt an PER aus der Textilreinigung emittiert.
- Die gleiche Quelle /DECHEMA97/ gibt allerdings als laufenden Verbrauch an Perchlorethylen pro 100 g Kleider für 1995 1,04-1,17 g an. Bei 1 500 t/Tag, 250 Arbeitstagen pro Jahr und der Annahme, dass 50 % des verbrauchten Perchlorethylens emittiert werden, ergibt sich für 1995 eine Emission von 2 194 t. Diese Zahl entspricht in etwa der 1994 eingesetzten Menge an Frischware. D. h. es ist davon auszugehen, dass die Einsatzmenge an Frischware in etwa der Emission entspricht, wie eingangs schon angenommen wurde.

Bezüglich des Einsatzes an Kohlenwasserstofflösemitteln (KWL) gibt /Hohenstein96a/ eine Einsatzmenge von 720-1 000 t/Jahr für das Bezugsjahr 1995 an. Die lösemittelherstellende Industrie gibt laut Forschungsinstitut Hohenstein einen Jahresverbrauch pro Reinigungsmaschine von 1 t an. Nach Angaben des Deutschen Textilreinigungsverbandes /DTV98/ waren 1994 etwa 1 200 KWL-Maschinen im Einsatz. Daraus ergäbe sich eine Einsatzmenge von 1 200 t KWL-Lösemitteln im Jahr 1994. Im Folgenden nehmen wir eine Einsatzmenge zur Textilreinigung von ca. 1 000 t Kohlenwasserstofflösemitteln 1994 in Deutschland an. Etwa 36 % der eingesetzten Menge an KWL verlassen die Anlagen durch Austritt in die Atmosphäre, Austrag in den Arbeitsraum sowie durch sonstige Verlustquellen (Kontaktwasser, Leckagen, u. a.) /wfk96/, d. h. es wurden 1994 etwa 360 t KWL-Lösemittel emittiert. Da 1994 die 2. BImSchV noch umgesetzt wurde, ist davon auszugehen, dass die Anzahl an KWL-Reinigungssystemen von 1994 auf 1995 eher zugenommen hat. Bei den KWL-Lösemitteln handelt es sich in erster Linie um C10-C12-Iso-paraffine sowie naphthenische Kohlenwasserstoffe /Hohenstein96b/.

4.3.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

Im Bereich der Textilreinigung wurden 1994 2 009 t frisches Perchlorethylen eingesetzt und emittiert. Daneben wurden ca. 1 000 t Kohlenwasserstofflösemittel eingesetzt und ca. 360 t emittiert. Bei den KWL-Lösemitteln handelt es sich in erster Linie um C10-C12-Isoparaffine sowie Naphthenische Kohlenwasserstoffe.

4.3.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung der PER-Emission wird die Übersicht über den CKW-Frischwarenmarkt benötigt, die beim VCI erhältlich ist. Es wird dann angenommen, dass 13 % der Gesamtmenge der über den Handel verkauften PER- und TRI-Menge zur Textilreinigung als PER eingesetzt und emittiert werden. Daraus ergibt sich folgende Gleichung:

$$(P_H(\text{Bezugsjahr}) + T_H(\text{Bezugsjahr})) \cdot 0,13 = P_E(\text{Bezugsjahr})$$

Hierbei ist:

- $P_H(\text{Bezugsjahr})$ Die über den Handel verkaufte Menge an Perchlorethylen (Frischware) im Bezugsjahr.
- $T_H(\text{Bezugsjahr})$ Die über den Handel verkaufte Menge an Trichlorethylen (Frischware) im Bezugsjahr.
- $P_E(\text{Bezugsjahr})$ Die im Bezugsjahr in der Textilreinigung eingesetzte und emittierte Menge an Perchlorethylen

Da 1994 die 2. BImSchV noch in der Umsetzung war, ist davon auszugehen, dass die Anzahl an KWL-Reinigungssystemen von 1994 auf 1995 eher zugenommen hat. Die Zahl beträgt nach /DTV97/ ca. 1200. Die eingesetzte und emittierte Menge an KWL ergibt sich aus der Anzahl der KWL-Maschinen, die beim DTV zu erfahren ist. Es wird angenommen, dass pro KWL-Maschine pro Jahr 1 t frisches KWL eingesetzt wird und auch emittiert.

Hieraus ergibt sich bei einem Emissionsfaktor von 0,36 folgende Gleichung:

$$M_{KWL}(\text{Bezugsjahr}) \cdot 1 \text{ t} \cdot 0,36 = E_{KWL}(\text{Bezugsjahr})$$

Hierbei ist:

- M_{KWL} = Zahl der im Bezugsjahr in der Textilreinigung betriebenen KWL-Maschinen
- $E_{KWL}(\text{Bezugsjahr})$ = Im Bezugsjahr eingesetzte und emittierte Menge an KWL.

4.3.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Aus der oben angegebenen Gleichung ergibt sich im Jahr 1996 folgende Emission an Perchlorethylen:

$$P_H(1996) = 6\,620 \text{ t}; T_H(1996) = 5\,469 \text{ t}$$

$$P_E(\text{Bezugsjahr}) = (5469 \text{ t} + 6620 \text{ t}) \cdot 0,13 = 1\,572 \text{ t}$$

1996 wurden in der Textilreinigung somit 1 572 t Perchlorethylen eingesetzt und emittiert. Weiterhin waren 1996 ca. 1 200 KWL-Maschinen im Einsatz. Hieraus ergibt sich für 1996 eine Einsatzmenge an KWL von 1 200 t und eine Emission von 432 t.

4.3.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Durch die Umsetzung der 2. BImSchV und die Umstellung auf geschlossene PER- und KWL-Reinigungsmaschinen sind im Augenblick keine Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung zu erkennen.

4.4 Fertigung elektronischer Komponenten

4.4.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60203 mit der Bezeichnung "Electronic Components Manufacturing" zugeordnet. Sie umfasst alle industriellen und nichtindustriellen, maschinellen und manuellen Vorgänge, bei denen elektronische Bauteile mit Hilfe von Lösemitteln gereinigt werden. Die Reinigung mit Lösemitteln wird hauptsächlich bei der Herstellung von Leiterplatten, Hybriden, Sieben und Lötrahmen sowie der manuellen Nachbearbeitung für das Militär, die Luftfahrt und die Autoindustrie angewendet. Durch den Einsatz feststoffarmer Flussmittel kann heutzutage in vielen Bereichen auf eine Reinigung der verlöteten Leiterplatten verzichtet werden. Das Waschverfahren besteht aus einem Vorwaschen mit Cyclohexan oder Glykolethern. Die Reinigung findet dann mit Isopropanol oder Wasser statt. Die Hilfsmittel (Schablonen, Siebe) werden hauptsächlich noch manuell gereinigt /Öko99a/. Von /Öko99a/ wird diese Quellgruppe von der Quellgruppe Metallentfettung klar abgegrenzt.

4.4.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Für die betrachtete Quellgruppe gibt es nur wenig belastbares Datenmaterial. Aufgrund Umsetzung der 2. BImSchV sowie der FCKW-Halon-Verbotsverordnung /FCKW91/ ist davon auszugehen, dass keine Chlorkohlenwasserstoffe mehr in offenen Anlagen eingesetzt werden und überhaupt kein FCKW mehr eingesetzt wird. Da diese Stoffe in früheren Jahren eine wesentliche Rolle bei der Reinigung elektronischer Komponenten gespielt haben /Bräutigam92//Obermeier95a/, haben sich die Reinigungstechniken in den letzten Jahren stark geändert. Heutzutage ist in vielen Bereichen die Reinigung aufgrund feststoffarmer Flussmittel gar nicht mehr nötig. In den Bereichen, wo eine Reinigung nach wie vor nötig ist, wird in explosionsgeschützten Anlagen mit Dauerabsaugung, Mehrkammeranlagen sowie manuellen Tauchbehältern gereinigt. Als Lösemittel werden Cyclohexan(A I)/Isopropanol(A II)-Gemische zur Vorreinigung, Glykolether-(A III)-Isopropanol- bzw. Glykol-Ether-Wasser-Gemische zur Spülung sowie Isopropanol, Aceton und Verdüner zur manuellen Reinigung in Tauchbehältern eingesetzt. Nach /Öko99a/ wurden 1997 ca. 2 000 t Lösemittel zur Reinigung elektronischer

Komponenten eingesetzt. Es wurde in etwa 100 explosionsgeschützten Anlagen, 50 Mehrkammeranlagen, 200 Spritzanlagen, einer unbekanntem Anzahl an manuellen Tauchbehältern sowie mit Hilfe von Flaschen und Sprays gereinigt. Nach /Öko99a/ werden in explosionsgeschützten Anlagen, die aufgrund des primären Explosionsschutzes mit einer permanenten Dauerabsaugung ausgestattet sind, durchschnittlich pro Jahr und Anlage etwa 12 t frisches Lösemittel eingesetzt. Hiervon werden etwa 50 % emittiert, also ca. 6 t. Die restlichen 6 t werden einer Entsorgung zugeführt. Bei 100 Anlagen bedeutet dies einen Lösemittel-Einsatz von ca. 1 200 t und eine Emission von 600 t. In den 50 Mehrkammeranlagen wurden 1997 ca. 200 t Glykolether-/Wassergemische verwendet. Aufgrund der Schwerflüchtigkeit der Glykolether ist eine VOC-Emission aus diesem Anlagentyp zu vernachlässigen. Glykolether werden in erster Linie ins Wasser emittiert. Das mit ca. 5 % Glykolether belastete Wasser wird in Sonderkläranlagen biologisch gereinigt. Die Glykolether werden Recyclingunternehmen zugeführt und von diesen zu Frostschutzmitteln aufgearbeitet. In den übrigen Reinigungsanlagen (manuelle Tauchbehälter, Flaschen und Sprays) wurden 1997 ca. 800 t Lösemittel verwendet. Diese wurden vollständig emittiert. Für 1994 kann angenommen werden, dass das Verfahren der Reinigung mit Glykolether weniger Bedeutung als 1997 hatte. Somit ist davon auszugehen, dass 1994 mehr leichtflüchtige Lösemittel eingesetzt wurden; d. h., wenn man von einer Einsatzmenge von 2 000 t Lösemittel für 1994 ausgeht, so wurden 1994 mit ca. 1 600 t mehr emittiert als 1997 mit 1400 t.

4.4.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

Es wurden 1994 ca. 2 000 t Lösemittel zur Reinigung bei der Fertigung elektronischer Bauteile eingesetzt. Hiervon wurden 1 600 t emittiert. Es handelte sich um Cyclohexan-/Isopropanolgemische, Glykolether-/Isopropanolgemische, Isopropanol, Verdüner sowie Aceton.

4.4.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Solange keine bessere Datengrundlage verfügbar ist, sollte für die Fortschreibung der Daten davon ausgegangen werden, dass jedes Jahr 2 000 t Lösemittel zur Reinigung elektronischer Bauteile eingesetzt werden. Hiervon werden jedes Jahr etwa 1 400 t emittiert.

4.4.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Bei einer Einsatzmenge von 2 000 t wurden 1996 etwa 1 400 t emittiert. Hierbei handelte es sich um Isopropanol, Glykolether, Aceton und Verdüner

4.4.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

In erster Linie gibt es im Bereich der Reinigung elektronischer Bauteile noch Emissionsminderungspotentiale durch Substitution leichtflüchtiger Lösemittel durch schwerflüchtige Lösemittel. Der Einsatz schwerflüchtiger Glykolether-/Wassergemische gewinnt weiterhin an Bedeutung. Daneben werden diese Systeme zunehmend auch zum Ersatz des Isopropanols bei der Hilfsmittelreinigung (Schablonen, Siebe, Lötrahmen) verwendet.

4.4.7 Anmerkungen

Die Belastbarkeit der Daten ist bezüglich Einsatzmenge und Emission für den Bereich der Reinigung elektronischer Bauteile zur Zeit noch nicht befriedigend. Durch diesen Umstand ist auch das Ergebnis der Fortschreibung wenig belastbar.

4.5 Oberflächenreinigung in der Feinoptik und Optoelektronik

4.5.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60204 mit der Bezeichnung "Other Industrial Cleaning" zugeordnet. Dieser Quellgruppe sind alle in der Feinoptik bzw. Optoelektronik auftretenden Reinigungsvorgänge zugeordnet. Optische Materialien werden im Allgemeinen beschichtet, so dass die Reinheit der Oberfläche sehr wichtig ist. Optische Gläser für Brillen werden heutzutage im Wesentlichen wässrig gereinigt. Dagegen sind Gläser, die für präzisionsoptische Anwendungen (Kameralinsen, Mikroskope, Ferngläser usw.) verwendet werden, häufig wasserunbeständig, so dass zur Reinigung dieser Gläser die Verwendung von Lösemitteln notwendig ist. Es werden folgende Lösemittel eingesetzt, die aus Gründen des Explosionsschutzes eine Dauerabsaugung notwendig machen: Isopropanol, Aceton, Cyclohexan, n-Butylacetat. N-Methyl-Pyrrolidon (NMP) wird häufig zum Entkitten verwendet. Die Anwendung der Lösemittel findet im Wesentlichen offen und manuell statt. Dies ist sowohl auf die kleinbetriebliche Struktur der Branche zurückzuführen als auch auf die verschiedenen zu bearbeitenden Glasarten.

4.5.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchs- mengen und Emissionen im Jahr 1994

Für die betrachtete Quellgruppe gibt es nur wenige Informationen bezüglich der eingesetzten und emittierten Mengen Lösemittel. Die einzige zur Verfügung stehende Quelle entstammt dem Bericht von /Öko99a/. Die Daten wurden durch Befragen von Anwendern erhalten. Nach diesem Bericht wurden 1997 ca. 2 700 t Lösemittel in 50 explosionsgeschützten Anlagen und manuellen Tischbecken eingesetzt. Wie schon in Kapitel 4.4.2.

beschrieben, geht Ökorecherche davon aus, dass pro Anlage und Jahr ca. 12 t Lösemittel frisch hinzugefügt werden; davon wurden ca. 6 t emittiert. D. h., daß in den 50 Anlagen zur Reinigung feinoptischer Elemente 1997 ca. 600 t Lösemittel verwendet wurden, und davon 300 t emittiert wurden. Die restlichen 2 100 t wurden in manuellen Tischreinigungsbecken eingesetzt. Ökorecherche /Öko99a/ nimmt an, dass dabei 50 % der Lösemittel emittiert wurden. Wir halten eine 100 %-ige Emission für wahrscheinlicher, da die Anwendung von Lösemitteln in manuell betriebenen Tischbecken offen erfolgt bzw. aus Gründen des Arbeitsschutzes die Lösemittel dauerabgesaugt werden. D. h. es wurden 1997 bei der Reinigung von optischen Präzisionselementen in manuellen Tischbecken ca. 2 100 t eingesetzt und emittiert. Für 1994 ist von ähnlichen Einsatzmengen und Emissionen auszugehen, da durch die spezifischen Eigenheiten der feinoptischen Reinigung 1997 hauptsächlich offen gereinigt wurde und dies 1994 dann auch der Fall war. Somit wurden 1994 ca. 2 700 t Cyclohexan, Isopropanol und Aceton zur Reinigung von Feinoptischen und optoelektronischen Elementen (Linsen, Prismen, Röhren, etc.) eingesetzt und 2 400 t emittiert.

4.5.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

Es wurden 1994 ca. 2 700 t Lösemittel zur Reinigung feinoptischer und optoelektronischer Elemente eingesetzt. Hiervon wurden 2 400 t emittiert. Es handelte sich um Cyclohexan, Isopropanol und Aceton.

4.5.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Solange keine bessere Datengrundlage besteht, sollte für die Fortschreibung der Daten davon ausgegangen werden, dass jedes Jahr 2 700 t Lösemittel zur Reinigung in der Feinoptik eingesetzt werden. Hiervon werden jedes Jahr etwa 2 400 t emittiert.

4.5.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Bei einer Einsatzmenge von 2 700 t wurden 1996 2 400 t emittiert. Hierbei handelte es sich um Isopropanol, Cyclohexan und Aceton.

4.5.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Im Bereich der Reinigung feinoptischer Materialien gibt es sicherlich noch erhebliche Emissionsminderungspotentiale, insbesondere die

- Substitution der Reinigung in manuellen Tischbecken durch explosionsgeschützte Anlagen.
- Strukturelle Änderungen, d. h. Zentralisierung der Reinigung in größeren Einheiten. Dann könnte auch der Einsatz von Sekundärmaßnahmen in Erwägung gezogen werden.

4.5.7 Anmerkungen

Die Belastbarkeit der Daten ist bezüglich Einsatzmenge und Emission für den Bereich der Reinigung feinoptischer Präzisionsbauteile zur Zeit noch nicht befriedigend. Durch diesen Umstand ist auch das Ergebnis der Fortschreibung wenig belastbar.

4.6 Verarbeitung von Kunststoffen - allgemeine Einführung

Der Sektor Kunststoffverarbeitung ist durch eine heterogene Produktions- und Emissionenstruktur geprägt. Die Emission von NMVOC ist insbesondere auf den Einsatz von Hilfsstoffen zurückzuführen, die im Rahmen der Herstellung von Kunststoffserzeugnissen eingesetzt werden. Bei diesen Hilfsmitteln handelt es sich um:

- Formentrennmittel, die bei Gießvorgängen eingesetzt werden
- Chemikalien für die Herstellung von Kunststofffolien aus Polyethylen (PE)
- Verschäumungsmittel für die Herstellung von Schaumstoffserzeugnissen aus Polyurethan (PUR), Polystyrol (PS) und Polyethylen (PE)
- Weichmacher zur Beeinflussung der Gebrauchseigenschaften von Kunststoffserzeugnissen aus Polyvinylchlorid (PVC)

Produktionsmengen bzw. verwendungsbezogene Einsatzmengen der benötigten Stoffe werden statistisch nicht erfasst bzw. nur in der Summe mit anderen Erzeugnissen ausgewiesen. Verbrauchsabschätzungen auf der Basis der Menge der hergestellten Kunststoffserzeugnisse sind nur bedingt möglich, da in erster Linie die Art der Erzeugnisse statistisch erfasst wird, oft jedoch nicht die Art des Kunststoffes. Letzteres ist aber als bestimmender Faktor zur Emissionsermittlung anzusehen.

Der Hauptteil der NMVOC-Emissionen wird bei der Herstellung der Kunststoffprodukte freigesetzt. Neben den direkt mit der Produktion verbundenen Emissionen werden organische Schadgase auch mit beträchtlicher zeitlicher Verzögerung erst während der Nutzung von bestimmten Kunststoffserzeugnissen emittiert. Zu diesen Erzeugnissen zählen vor allem halbhart und hart PUR-Schaumstoffe mit einer mehr oder weniger geschlossenen Zellenstruktur, in welcher das eingesetzte Treibmittel eingeschlossen ist und erst

mit der Zeit entweicht. Eine weitere Emissionsquelle stellt die Verwendung von Ortschaftschaum dar, der im Zuge von Abdicht- und Montagearbeiten vor allem in der Bauwirtschaft eingesetzt wird. Auch hier erfolgt die Emission nicht auf der Hersteller- sondern auf der Anwenderseite. Ferner sind PVC-Kunststoffe zu nennen, aus denen auch nach der Fertigstellung der Produkte Anteile der eingesetzten Weichmacher entweichen.

Mit Ausnahme der dem Ausbaugewerbe zugeordneten Ortschaftschaumverwendung wird angenommen, dass die zeitlich verzögerten Emissionen im Haushaltsbereich auftreten.

4.7 Verarbeitung von Polyester

4.7.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60301 mit der Bezeichnung "Polyester Processing" zugeordnet.

Polyester sind Duroplaste, die durch Veresterung von Diolen (z. B. Diethylenglykol) mit Dicarbonsäuren (z. B. Terephthalsäure) entstehen. Häufig werden nicht vollständig polymerisierte sogenannte Polyesterharze vertrieben, die erst bei der Verarbeitung unter Wärmezufuhr vollständig vernetzt (polymerisiert) werden. Diese Verarbeitung findet teilweise in geschlossenen Anlagen und teilweise offen statt. Bei der Vernetzung können flüchtige organische Verbindungen emittiert werden. /Schilling99/.

Eine wesentliche Rolle bei der Polyesterverarbeitung spielt die Verarbeitung sogenannter ungesättigter Polyesterharze (UP). Sie werden als Gel-Coat-Material (Oberflächenfeinschicht) für GFK-Formteile (GFK: glasfaserverstärkte Kunststoffe) verwendet. UP-Harze werden meist als 60-75 % ige Lösung geliefert. Lösemittel ist meist Styrol. Deshalb wird vor allem Styrol in dieser Quellgruppe emittiert.

Polyester sind in der Produktionsstatistik unter folgenden Meldenummern des "Systematischen Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989" /StaBuA89/ wie in Tabelle 4.7.1 beschrieben, eingeordnet.

Tabelle 4.7.1: Meldenummern der Polyester entsprechend des Systematischen Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989 (GP89) /StaBuA89/

Meldenummer gemäß GP89	Bezeichnung
4412 31	Phenolharze, Formmassen
4412 33	Technische Harze, Lackkunstharze
4412 35	Leimharze
4412 37	sonst. technische Harze
4412 39	sonst. Kunststoffe auf Basis von Phenolharzen
4412 41	Harnstoffharze, Thioharnstoffharze, Formmassen
4412 43	Harnstoffharze, Thioharnstoffharze Lackkunstharze
4412 45	Harnstoffharze, Thioharnstoffharze Leimharze
4412 48	Harnstoffharze, Thioharnstoffharze sonst. Kunststoffharze
4412 51	Melanminharze, Formmassen
4412 53	Melanminharze, Lackkunstharze
4412 55	Melanminharze, Leimharze
4412 58	Melanminharze, sonst. kunststoffharze
4412 61	sonstige Aminoharze
4412 69	Aminoharze a.n.g.
4413 11	Polyacetale
4413 15	Polyetheralkohole
4413 19	sonst. Polyether
4413 30	Epoxidharze
4413 51	Polycarbonate
4413 53	Alkydharze
4413 55	Polyethylenterephthalat
4413 57	Sonst. ungesättigte Polyester
4413 59	Sonst. Polyester
4413 70	Polyamide

4.7.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Der Inlandsverbrauch der Polyester lässt sich aus der Menge an produzierten Polyestern plus importierter Menge minus exportierter Menge an Polyestern ermitteln. Den Meldenummern der "Systematischen Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989"(GP89) sind die in Tabelle 4.7.2 aufgeführten Meldenummern der Außenhandelsstatistik (WA94) gegenübergestellt.

Tabelle 4.7.2: Gegenüberstellung von GP89 und WA 94 zur Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Polyestern

Meldenummer gemäß GP89	Meldenummern gemäß WA94	Bezeichnung gemäß WA 94
4412 31 4412 33 4412 35 4412 37 4412 39	3909 40 00	andere Phenolharze in Primärformen
4412 41 4412 43 4412 45 4412 48	3909 10 00	Harnstoff/Thioharnstoffharz Primärformen
4412 51 4412 53 4412 55 4412 58	3909 20 00	Melaminharze, Primärformen
4412 61 4412 69	3909 30 00	andere Aminoharze in Primärformen
4413 70 4413 11 4413 15	3907 10 00 3907 20 11 3907 20 21 3907 20 29 3908 10 00 3908 90 00 3911 90 10	Polyacetale Polyethylenglykole andere Polyetheralkohole, Hydroxylzahl <100 andere Polyetheralkohole Polyamid -6,- 11, -12 andere Polyamide in Primärformen Kondensationspolymerisationserzeugnisse
4413 19	3907 20 90	andere Polyether, Primärform
4413 30	3907 30 00	Epoxidharze
4413 51	3907 40 00	Polycarbonate, Primärform
4413 53	3907 50 00	Alkydharze
4413 55	3907 60 00	Polyethylenterephthalat
4413 57	3907 91 10	andere Polyester ungesättigt flüssig
4413 59	3907 99 10 3907 99 90	andere Polyester, Primärformen, Hydroxylzahl <100 andere Polyester in Primärform

Der Export für die Meldenummern gemäß WA94 3907 99 10 und 3907 99 90 ist in der Exportmenge eingeschlossen, die unter 3907 40 00 angegeben ist. Jedoch sind beide der GP 89-Meldenummer 4413 59 zugeordnet. Daraus wird in Tabelle 4.7.3 der Inlandsverbrauch berechnet.

Tabelle 4.7.3: Berechnung des Inlandsverbrauches an Polyestern 1994 in der Bundesrepublik Deutschland

Meldenummer gemäß GP89	Produktion	Import	Export	Inlandsverbrauch	Inlandsverbrauch
	[t]	[t]	[t]	[%]	[t]
4412 31	33 610	28 285	113 151	68,5	
4412 33	24 867			68,5	
4412 35	125 532			68,5	
4412 37	74 105			68,5	
4412 39	11 685			68,5	
Summe	269 799	28 285	113 151	68,5	184 933
4412 41	884 ¹⁾	315 522	205 130	125,9	
4412 43	13 211			125,9	
4412 45	365 412			125,9	
4412 48	46 684			125,9	
Summe	426 799	315 522	205 130	125,9	537 583
4412 51	11 220	40 866	91 859	74,1	
4412 53	17 949			74,1	
4412 55	62 182			74,1	
4412 58	105 586			74,1	
Summe	196 937	40 866	9 1859	74,1	145 944
4412 61	4 100 ¹⁾	3 901	9 042	8,9	
4412 69	1 545			8,9	
Summe	5 645	3 901	9 042	8,9	504
4413 11	95 620 ¹⁾	24 612	456 137	52,2	
4413 15	19 471	14 473	76 223	52,2	
4413 70	279 290	221 158	95 111	52,2	
		33 307			
		91 925			
		54 120			
		7 391			
Summe	394 381	446 986	627 471	52,2	213 896
4413 19	158 330	34 486	15 263	112,1	177 553
4413 30	185 571	46 658	88 699	77,3	143 530
4413 51	249 550	36 208	264 203	69,0	
4413 59	176 232	30 677		69,0	
		65 486			
Summe	425 782	132 371	264 203	69,0	293 950
4413 53	156 841	28 024	41 616	91,3	143 249
4413 55	95 924	24 806	140 569	-20,7	-19 839 ²⁾
4413 57	100 992	38 167	52 971	85,3	86 188
Gesamt	2 416 393	887 843	1 649 974	78,6	1 906 491

1) abgeschätzt

2) Der Inlandsverbrauch ist vermutlich aufgrund von Zuordnungsproblemen kleiner Null. Dies ist im Folgenden allerdings nicht besonders relevant, da nur die Gesamtmenge an verarbeitetem Polyester betrachtet wird.

Aus Tabelle 4.7.3 ergibt sich ein Inlandsverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland für 1994 an Polyestern von 1 906 491 t. Es wird in /BUWAL95/ ein Emissionsfaktor für die manuelle Verarbeitung von 40 kg/t verarbeitetem Polyester und für geschlossene Anwendungen ein Emissionsfaktor von 10 kg/t angegeben. Laut /Bülltier98/ ist bezüglich des Verhältnisses von offenen zu geschlossenen Anlagen kaum eine Aussage zu treffen. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass bei offenen Anwendungen, wie z. B. beim Bootsbau erhebliche Emissionen entstehen. Bei dieser Verarbeitungsform können bezüglich der verarbeiteten Menge bis zu 10 000 mal höhere Emissionen auftreten als bei geschlossenen Anwendungen. Er schätzt, dass es in Europa ca. 4 000-5 000 polyesterverarbei-

tende Betriebe gibt. Die Emission kann bei kleineren Betrieben bei 500 g/Tag und bei größeren Betrieben bei einigen kg/Tag liegen. Wenn davon ausgegangen wird, dass zwei Drittel, d. h. 1 270 994 t der Polyestermenge in geschlossenen Anlagen verarbeitet wird und ein Drittel, d. h. 635 497 t, in offenen Anwendungen verarbeitet wird, ergibt sich unter Berücksichtigung der obigen Emissionsfaktoren eine Emission von ca. 38 130 t für das Jahr 1994 in der Bundesrepublik Deutschland. Dieser Wert ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Im Wesentlichen werden die entsprechenden Monomere emittiert bzw. bei der Verarbeitung ungesättigter Polyesterharze hauptsächlich das als Lösemittel für die Reaktionskomponenten verwendete Styrol-Monomer. Aus Tabelle 4.2.16 geht hervor, dass 1996 23 t Dichlormethan als "sonstiges Reinigungsmittel bei der Polyesterverarbeitung" eingesetzt wurde. Entsprechend des Anhangs der 4. BImSchV /4. BImSchV/ sind folgende Anlagenarten zur Polyesterverarbeitung genehmigungsbedürftig:

- Herstellung von Kunststoffen oder Chemiefasern (0401H1)
- Herstellung von Cellulosenitraten (0401I1)
- Herstellung von Kunstharzen (0401K1)
- Lackier-/Trocknungsanlagen Kunstharzeinsatz ≥ 25 kg verarbeitete Harzmenge pro Stunde (0501/B1)
- Lackier-/Trocknungsanlagen Kunstharzeinsatz 10 kg bis 25 kg verarbeitete Harzmenge pro Stunde (0501/B2)
- Lackier-/Trocknungsanlagen Kunststoff-/Gummieinsatz ≥ 250 kg verarbeitete Kunststoffmenge pro Stunde (0501/C1)
- Lackier-/Trocknungsanlagen Kunststoff-/Gummieinsatz 25 bis 250 kg verarbeitete Kunststoffmenge pro Stunde (0501/C2)
- Herstellung von Formmassen und Formteilen aus Polyesterharzen ≥ 500 kg verarbeitete Harzmenge pro Woche (0507/2)
- Herstellung von Formmassen aus Polyesterharzen ≥ 500 kg verarbeitete Harzmenge pro Woche (0507/A2)
- Herstellung von Formteilen aus Polyesterharzen ≥ 500 kg verarbeitete Harzmenge pro Woche (0507/B2)
- Herstellung von Gegenständen aus Aminoplasten ≥ 10 kg verarbeitete Harzmenge pro Stunde (0508/2)
- Herstellung von Reibbelägen aus Phenolplasten (0509/2).

Eine Auswertung der Emissionserklärungen aus 11 Bundesländern ergab NMVOC-Emissionen von insgesamt 7 156 t für die Anlagen, die den betrachteten BImSchV-Nummern zugeordnet werden. In den Branchen "Chemische Industrie" (SYPRO40) und "Herstellung von Kunststoffwaren" (SYPRO58) waren 1994 in den betrachteten Bundesländern 451 979 Personen beschäftigt /EASYSSTAT94/ und bundesweit 861 241 Personen. Damit ergeben sich bundesweit NMVOC-Emissionen aus genehmigungsbedürftigen Anlagen von 13 636 t. Die Diskrepanz zwischen unseren Abschätzungen und der Auswertung der

Emissionserklärungen erklärt sich wahrscheinlich hauptsächlich durch die sehr unterschiedlichen Arten der Verarbeitung von Polyestern (Verarbeiten in genehmigungsbedürftigen Anlagen bzw. in nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen, offene und halboffene Anwendungen, etc.). Außerdem standen uns nicht die Emissionserklärungen aus allen Bundesländern zur Verfügung, und es wurde nicht in jeder Anlage, die den entsprechenden BImSchV-Nummern zugeordnet wurde, auch Polyester verarbeitet

4.7.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

Es wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 1 906 491 t Polyester verarbeitet. Dabei wurden ca. 38 130 t flüchtige organische Verbindungen emittiert.

4.7.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung ist es notwendig, den Inlandsverbrauch des jeweiligen Jahres zu ermitteln. Aufgrund der Umstellung der Produktionsstatistik auf das Systematische Güterverzeichnis der Produktionsstatistik, Ausgabe 1995 (GP95) /StaBuA95/ sind neue Meldenummern vergeben worden, die in Tabelle 4.7.4 angegeben sind.

Tabelle 4.7.4: Meldenummern des Systematischen Güterverzeichnisses der Produktionsstatistik, Ausgabe 1995 (GP95) die die Verarbeitung von Polyestern betreffen.

GP95	Polyesterart
2416 40 130	Polyacetale
2416 40 150	Polyetheralkohole
2416 40 230	andere Polyether
2416 40 303	Epoxidharze, Formmassen
2416 40 305	Epoxidharze, als Klebstoff bestimmt
2416 40 309	andere Epoxidharze
2416 40 430	Polycarbonate, in Primärformen, Formmassen
2416 40 450	andere Polycarbonate
2416 40 500	Alkydharze in Primärformen
2416 40 630	Polyethylenterephthalat in Primärform, Formmassen
2416 40 650	andere Polyethylenterephthalate
2416 40 705	Ungesättigte Polyester als Klebstoff bestimmt
2416 40 709	ungesättigte, flüssige Polyester in Primärform, andere ungesättigte flüssige Ester
2416 40 830	ungesättigte, nichtflüssige Polyester in Primärformen, Formmassen
2416 40 850	Andere ungesättigte, nichtflüssige Polyester
2416 40 930	Andere Polyester in Primärformen, Formmassen
2416 40 955	Andere Polyester als Klebstoff bestimmt
2416 40 959	andere Polyester a. n. g.
2416 55 550	Harnstoffharze, Thioharnstoffharze in Primärformen, Formmassen
2416 55 575	andere Harnstoffharze, Thioharnstoffharze als Klebstoff bestimmt.
2416 55 577	andere Harnstoffharze, Thioharnstoffharze, als Dichtungsmasse bestimmt
2416 55 579	andere Harnstoffharze, Thioharnstoffharze a.n.g.
2416 55 750	Melaminharze in Primärformen, Formmassen
2416 55 775	Andere Melaminharze, als Klebstoff bestimmt
2416 55 779	andere Melaminharze, a.n.g.
2416 56 350	andere Aminoharze, in Primärformen, Formmassen
2416 56 370	andere Aminoharze, a.n.g.
2416 56 550	Phenolharze, in Primärformen, Formmassen
2416 56 575	Andere Phenolharze, als Klebstoff bestimmt
2416 56 579	andere Phenolharze, a.n.g.

Die in Tabelle 4.7.4 aufgeführten GP95-Meldenummern sind folgenden WA 94-Meldenummern zugeordnet.

Tabelle 4.7.5: Zuordnung von GP95-Meldenummern zu den entsprechenden WA94-Meldenummern

GP95	WA94-Meldenummer
2416 40 130	3907 10 00
2416 40 150	3907 20 11 3907 20 21 3907 20 29
2416 40 230 2416 40 250	3907 20 90
2416 40 303 2416 40 305 2416 40 309	3907 30 00
2416 40 430 2416 40 450	3907 40 00
2416 40 500	3907 50 00
2416 40 630 2416 40 650	3907 60 00
2416 40 705 2416 40 709	3907 91 10
2416 40 830 2416 40 850	3907 91 90
2416 40 930 2416 40 955 2416 40 959	3907 99 10 3907 99 90
2416 55 550 2416 55 575 2416 55 577 2416 55 579	3909 10 00
2416 55 750 2416 55 775 2416 55 779	3909 20 00
2416 56 350 2416 56 370	3909 30 00
2416 56 550 2416 56 575 2416 56 579	3909 40 00

Bei vielen der betrachteten Gütergruppen sind aus Datenschutzgründen keine Produktionsmengen in der Produktionsstatistik ausgewiesen. Deshalb wird die Inlandsverbrauchsmenge auf Grundlage der Außenhandelsmengen abgeschätzt. 1994 betrug der Außenhandelsanteil an der Inlandsproduktion von Polyestern ca. 31,5 %. Der Gesamtinlandsverbrauch ergibt sich dann aus der Summe von abgeschätzter Inlandsproduktion und Import minus Export. In Tabelle 4.7.6 werden die zur Ermittlung der Differenz von Import und Export an Polyestern im Fortschreibungsjahr notwendigen Variablen definiert.

Tabelle 4.7.6: Definition der für die Fortschreibung notwendigen Variablen

WA94-Meldenummer	Import	Export	Differenz
	[t]	[t]	[t]
3907 10 00	E1	A1	D1=A1-E1
3907 20 11	E2	A2	D2=A2-E2
3907 20 21	E3	A3	D3=A3-E3
3907 20 29	E4	A4	D4=A4-E4
3907 20 90	E5	A5	D5=A5-E5
3907 30 00	E6	A6	D6=A6-E6
3907 40 00	E7	A7	D7=A7-E7
3907 50 00	E8	A8	D8=A8-E8
3907 60 00	E9	A9	D9=A9-E9
3907 91 10	E10	A10	D10=A10-E10
3907 91 90	E11	A11	D11=A11-E11
3907 99 10	E12	A12	D12=A12-E12
3907 99 90	E13	A13	D13=A13-E13
3909 10 00	E14	A14	D14=A14-E14
3909 20 00	E15	A15	D15=A15-E15
3909 30 00	E16	A16	D16=A16-E16
3909 40 00	E17	A17	D17=A17-E17
Summe	E18=E1+...+E18	A18=A1+...+A18	D18=A18-E18

Die Inlandsproduktionsmenge P an Polyestern ergibt dann aus

$$P[t]=D18[t]*0,315^{-1}$$

Die Inlandsverbrauchsmenge V an Polyestern wird berechnet aus:

$$V[t]=P[t]-D18[t]$$

Im Fortschreibungsjahr wurden

$$P[t]=V[t]*0,03$$

an flüchtigen organischen Verbindungen bei der Verarbeitung von Polyestern emittiert.

4.7.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

In Tabelle 4.7.7 sind die entsprechenden Im- und Exportmengen an Polyestern gemäß der Außenhandelsstatistik dargestellt.

Tabelle 4.7.7: Außenhandel an Polyestern in der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1996. /Außenhandelsstatistik, stat. Bundesamt1996/

WA96-Meldenummer	Import [t]	Export [t]	Differenz [t]
3907 10 00	27 673	484 778	23 739
3907 20 12	172		
3907 20 19	8 068		
3908 10 00 ¹⁾	219 914		
3908 90 00 ¹⁾	26 592		
3911 90 10 ¹⁾	9 435		
3907 20 21	91 816	82 650	-9 166
3907 20 29	55 336	102 926	47 590
3907 20 90	31 404	20 762	-10 642
3907 30 00	66 074	118 452	52 378
3907 40 00	47 097	311 763	154 226
3907 99 10	51 918		
3907 99 90	58 522		
3907 50 00	24 315	39 763	15 448
3907 60 10	1 026	1 201	175
3907 60 90	23 735	165 550	141 815
3907 91 10	29 974	47 114	17 140
3907 91 90	3 038	9 298	6 260
3909 10 00	303 355	202 973	-100 382
3909 20 00	69 494	93 155	23 661
3909 30 00	2 740	10 622	7 882
3909 40 00	28 988	118 711	89 723
Summe	1 180 686	1 809 718	459 847

1) Der Importmenge für die WA96-Meldernr. 3907 10 00 sind die exportmengen der WA-Meldenummern 3907 10 00, 3907 20 12, 3907 20 19, 3908 10 00, 3908 90 00 und 3911 90 10 zugeordnet. Die drei letztgenannten gehören allerdings nicht zur betrachteten Quellgruppe. Bei der Differenzenbildung wurde der Export anteilig bezogen auf den Import eingesetzt.

1996 wurden ca. 691 651 t Polyesterkunststoffe mehr exportiert als importiert. Damit kann für 1996 eine Inlandsproduktionsmenge von 1 459 833 t abgeschätzt werden und eine Inlandsverbrauchsmenge von 999 986 t. Es wurden 1996 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 30 000 t NMVOC bei der Verarbeitung von Polyestern emittiert.

Die Abweichung bzw. Minderung der Emissionen von 1994 auf 1996 um ein Drittel ist hauptsächlich auf die großen Unsicherheiten bei der Berechnung des Inlandsverbrauches aufgrund der nur zum Teil bekannten Produktionsmengen an Polyestern zurückzuführen.

4.7.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Im Rahmen dieser Untersuchung konnten nur Informationen über Minderungsmöglichkeiten der Styrolemissionen bei der Verarbeitung von ungesättigten Polyesterharzen (UP-Harze) gewonnen werden. Diese Maßnahmen basieren auf einem Konzept der European Organisation of reinforced Plastic composite Materials (GPRMC) sowie der Sector Group unsaturated polyesters innerhalb der CEFIC /UP-Harze99/. Dieses Konzept wurde zur Reduzierung der Emissionen am Arbeitsplatz entwickelt.

Beim Verarbeiten des flüssigen UP-Harzes verdunstet Styrol, solange die Oberfläche durch Streichen oder Walzen in Bewegung gehalten wird. Die höchste Priorität in diesem Konzept besitzt die Vermeidung von Styrolemissionen entweder durch die Vermeidung von Styrolverdunstung am Entstehungsort oder der Separierung der Verdunstungsquelle.

Der baldige Ersatz von Styrol als reaktives Lösungsmittel für UP-Harze ist zur Zeit nicht denkbar. Am besten kann die Verdunstung von monomerem Styrol durch die Verarbeitung in geschlossenen Werkzeugen verhindert werden. Die polyesterverarbeitende Industrie geht deshalb tendenziell wenn möglich zu geschlossenen Formverfahren über.

Bei offener Verarbeitungsweise können die Styrolemissionen durch sogenannte umweltfreundliche UP-Harze erheblich verringert werden. Diese Harze enthalten einen wachsartigen Zusatzstoff, mit dem das Harz sich nicht gut verträgt. Bei Beginn des Aushärtungsprozesses beginnt sich dieser Zusatzstoff vom Harz abzutrennen und bildet innerhalb weniger Minuten eine dünne Sperrschicht auf der Laminatoberfläche. Dadurch wird monomeres Styrol daran gehindert, während des Temperns und Aushärtens zu verdampfen. Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass dieser Zusatzstoff beim Auftragen des Harzes, also in einer Phase, in der im Allgemeinen die Emission am höchsten ist, wenig Einfluss hat. Trotzdem kann mit dieser Methode die Gesamtemission an Styrol erheblich verringert werden, z. B. beim manuellen Verarbeiten des Materials um ca. 66 %, beim Faserspritzen um ca. 50 % und beim Präzisionswickeln um ca. 25 %. In einigen nordeuropäischen Ländern machen diese sogenannten umweltfreundlichen Harze, die auch LSE-Harze (LSE = Low Styrene emission / Harze mit geringer Styrolemission) genannt werden, bereits mehr als 50 % des Gesamtverbrauchs an UP-Harzen aus. Styrolemissionen können auch durch die Aushärtung mit UV-Licht vermindert werden.

Styrolemissionen können darüber hinaus durch technische und organisatorische Maßnahmen bei der Verarbeitung von UP-Harzen vermindert werden. Die Temperatur des Harzes und die Umgebungstemperatur sollte niedrig gehalten werden. Dies gilt insbesondere im Sommer. Bei einem Temperaturanstieg um 1 °C erhöht sich die Emissionsmenge um ca. 5 g/m². Bei einer Temperatur von 18 °C verflüchtigen sich z. B. 40 g Styrol pro m² während es bei 30 °C schon ca. 100 g pro m² sind.

Es sollten so viele Schichten wie möglich "Nass-in-Nass" auf einmal aufgebracht werden, da 80 % der Emissionen aus der obersten Schicht entweichen.

Ein schnelles Auftragen mit konstanter Geschwindigkeit ist sowohl beim Walzen als auch beim Auftragen des Harzes wichtig. Beim Aushärten auftretende Emissionen können durch Abdecken des aufgetragenen Harzes vermindert werden. Vor dem Abdecken muss das Laminat entlüftet und verdichtet sein. Diese Methode hat sich bei flachen Produkten sowie bei Produkten mit geringer Tiefe und beim Präzisionsentwickeln als effektiv erwiesen.

Styrolemissionsquellen wie offene Eimer und Fässer sollten hermetisch geschlossen werden. Im Arbeitsbereich sollten so wenig wie möglich styrolhaltige Stoffe vorhanden sein.

Sogenanntes harzreiches Faserspritzen bzw. nachträgliches Reinharzspritzen sollte vermieden werden und etwaige styrolhaltigen Abfälle so schnell wie möglich vom Boden entfernt werden. Die überschüssigen Materialien und styrolhaltiger Abfall sollten in einem automatisch schließenden Abfalleimer entsorgt werden. Ebenso sollten schmutzige Werkzeuge, Walzen und Bürsten in einem automatisch schließenden Container, der eine Reinigungsflüssigkeit enthält, entsorgt werden.

Außerdem ist es sinnvoll, das Harz durch Rohrleitungen direkt vom Lagerort zum Verarbeitungsort zu transportieren.

Bei der Herstellung großer Oberflächen sollten langstielige Auftragswerkzeuge verwendet werden. Auch in Imprägnieranlagen vorgetränkte Lamine können in eine Form eingelegt werden oder beim Wickeln um den Kern positioniert werden.

Auf einfache aber wirksame Weise können Styrolemissionen beim Auswalzen durch das Aufbringen eines Spritzschutzes auf der Walze vermindert werden. Durch eine solche Vorrichtung wird die Vernebelung und damit auch die Emission erheblich vermindert.

Airless und air-assist Niederdruck-Spritzpistolensysteme produzieren 10 mal so große Tröpfchen wie herkömmliche Spritzpistolensysteme. Dadurch wird der Verlust durch Vernebelung und Verdunstung in der kurzen Phase, in der das Harz die Formoberfläche erreicht, vermindert. Neue Spritzsysteme, die das Harz nach dem Duschkopf-Prinzip ausspritzen, vermindern die Spritzemission um bis zu 90 %. Bei Arbeiten mit kurzen Abständen sind die Ergebnisse vielversprechend. In den meisten Fällen können diese Spritzpistolen an existierende Faserspritzanlagen angeschlossen werden, ohne dass dabei größere bauliche Veränderungen notwendig sind. Die Verwendung von anderen Spritzköpfen stellt jedoch nur ein geringes Minderungspotential dar, da die Verdampfung aus der offenen Formteilerfläche die größte Emissionsquelle darstellt. Durch diese Maß-

nahmen wird aber die Harzausbeute größer, und es werden erhebliche Kosten eingespart.

Geschlossenen Verarbeitungssysteme verursachen im Allgemeinen nicht mehr als 0,5 % der Styrolemissionen, die bei offener Anwendung entstehen würden. Es gibt ein Vielzahl an Verfahren. Als Beispiele seien hier genannt das Kalt- und Warmpressen (SMC/BMC), das Harzinjektionsverfahren (RTM), verstärkt durch Vakuum- und Druckinjektion, Filmtiefziehen, usw. Welches Verfahren jeweils angewandt wird, hängt zum einen von der Größe und Form des Produktes ab, zum andern von ökonomischen Erwägungen. Hier ist insbesondere die Stückzahl eine entscheidende Größe.

Da die Verwendung von UP-Harzen häufig noch offen, im Freien, stattfindet, sollte überlegt werden, ob es nicht Sinn macht, diese Anwendungen in Hallen durchzuführen, deren Abluft dann durch entsprechende Abluftreinigungsanlagen gereinigt wird. An Abluftreinigungsverfahren sind folgende Verfahren in der Anwendung:

- Thermische bzw. katalytische Nachverbrennung
- Adsorption
- Biofiltration

4.8 Verarbeitung von Polyvinylchlorid

4.8.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60 302 mit der Bezeichnung "Polyvinylchloride Processing" zugeordnet. Bei der Verarbeitung von Polyvinylchlorid (PVC) werden als flüchtige organische Verbindungen hauptsächlich Weichmacher emittiert. Nach /Caers93/ werden 90 % aller Weichmacher bei der Verarbeitung von PVC eingesetzt. 60 % des PVC werden bei der Herstellung von Fensterprofilen, Dachbahnen, Bodenbelägen, Kabeln und Rohren verarbeitet, 16 % zur Herstellung von Verpackungen und der Rest wird in der Automobil-, Möbel- und Elektroindustrie und sonstigen Bereichen verarbeitet /Jopp96/. Laut /Menzel96/ wurden 1994 in Europa ca. 1 Mio. t Weichmacher verbraucht. Eine stoffliche Disaggregation ist in Tabelle 4.8.1 angegeben.

Tabelle 4.8.1: Stoffliche Disaggregation der in Europa 1994 verbrauchten Weichmacher /Menzel96/

Weichmacher	Prozentualer Anteil [%]
Di(2-ethylhexyl)phtalat (DEHP)	46
Diisooctylorthophtalat (DIOP)	12
Diisononylorthophtalat(DINP)	18
Diisodecylorthophtalat (DIDP)	7
Diisobutyl-/Dibutylphtalat	3
Lineare Phtalate	3
Benzylbutylphtalat	5
Sonstige	6

Im Rahmen der Arbeitsstättenzählung 1987 /Arbeitsstätten87/ wurde festgestellt, dass es 1987 in den alten Bundesländern etwa 5 000 PVC-verarbeitende Betriebe gab. 75 % dieser Betriebe hatten weniger als 20 Beschäftigte und insgesamt 26 000 Mitarbeiter. In Betrieben mit mehr als 20 Beschäftigten wurden ca. 60 000 Beschäftigte gezählt.

1994 wurden 67 % der hergestellten PVC-Menge in Westeuropa als Hart-PVC und 33 % als Weich-PVC verarbeitet /Wrede95/. Der Pro-Kopfverbrauch an PVC betrug 1994 in Deutschland 18,2 kg/Einwohner. Laut AG PVC und Umwelt /AGPU94/ unterliegen 90 % der PVC-verarbeitenden Betriebe, d. h. ca. 4 500, der 4. BImSchV Ziffer 5.6 /4. BImSchV/ und sind dementsprechend mit Nachverbrennung und Filteranlagen ausgerüstet.

4.8.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Bei der PVC-Verarbeitung werden hauptsächlich Weichmacher als flüchtige organische Verbindungen emittiert. Laut /AGPU94/ wurden 1995 200 t Vinylchlorid-Monomeren bei der PVC-Herstellung emittiert. Es gibt 2 Möglichkeiten, die Emission an Weichmachern abzuschätzen.

Zum einen kann der Inlandsverbrauch an PVC aus der Menge an produziertem PVC plus Import minus Export berechnet werden. Es wurden nach der Produktionsstatistik /StaBuA94a/ 1 263 591 t (GP89-Meldenummer: 4414 52) an PVC produziert. Laut Außenhandelsstatistik /StaBuA94b/ wurden folgende, in Tabelle 4.8.2 angegebenen Mengen exportiert bzw. importiert.

Tabelle 4.8.2: PVC-Außenhandel in der Bundesrepublik Deutschland 1994

WA 94	Bezeichnung	Import [t]	Export [t]
3904 10 00	Polyvinylchlorid nicht gemischt	585 578	562 527
3904 21 00	Polyvinylchlorid nicht weichgemacht	44 130	38 743
3904 22 00	Polyvinylchlorid weichgemacht	25 140	59 238
Summe		654 848	660 508

Daraus ergibt sich ein Inlandsverbrauch für 1994 an PVC in der Bundesrepublik Deutschland von 1 257 931 t. In /BUWAL95/ ist ein Emissionsfaktor von 40 kg/t PVC angegeben. Aus der Literaturquelle geht nicht hervor, ob Minderungsmaßnahmen bei der Ermittlung des Emissionsfaktors eine Rolle gespielt haben. Hieraus ergäbe sich für 1994 eine Menge an VOC-Emissionen von 50 317 t aus der Verarbeitung von PVC in der Bundesrepublik Deutschland. Dies erscheint uns wesentlich zu hoch, da vermutlich keinerlei Emissionsminderungsmaßnahmen berücksichtigt wurden. Die andere Möglichkeit besteht darin, die Inlandsverbrauchsmenge an Weichmachern zu ermitteln.

Tabelle 4.8.3: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Weichmachern/StaBuA94a//StaBuA94b/

GP89-Melde- nummer	WA94-Melde- nummer	Weichmacher	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsver- brauch [t]
4264 51	2917 31 00	Dibutylorthophtalate	21 636	1 501	12 382	10 755
4264 52	2917 32 00	Dioctylorthophtalate	251 506	30 042	167 581	113 967
4264 53	2917 33 00 2917 34 10	Diisooctyl-, Diisononyl o. Diisodecylorthophtalate	49 131	66 60 121	57 45 491	63 770
4264 54	2917 34 90	Andere Ester der Orthophtalsäure	86 103	7 556	17 182	76 477
Summe			408 376	99 286	242 693	264 969

Nach Informationen der AG PVC und Umwelt /AGPU94/ wurden 85 % der hergestellten Weichmachermengen als PVC-Zusatz verwendet. Die restlichen 15 % verteilen sich auf die Anwendungsgebiete Farben und Lacke, Klebstoffe, Schmierstoffe und andere kleinere Einsatzgebiete/Caers93/. Wenn man annimmt, dass dies auch für den Verbrauch gilt, so wurden 1994 ca. 225 224 t Weichmacher bei der Verarbeitung von PVC verwendet.

Die Auswertung der Emissionserklärungen der genehmigungsbedürftigen Anlagen für 11 Bundesländer ergab für 1994 eine Emission von 855 t. In den Branchen "Chemische Industrie" (SYPRO40) und "Herstellung von Kunststoffwaren" (SYPRO58) waren 1994 in den betrachteten Bundesländern 451 979 Personen beschäftigt /EASYSSTAT94/ und bundesweit 861 241 Personen. Hochgerechnet ergibt sich somit für alle genehmigungsbe-

dürftigen Anlagen 1994 eine Emission von 1629 t .

Dies wird als die Emissionsmenge für 1994 angenommen, die von genehmigungsbedürftigen PVC-verarbeitenden Betrieben emittiert wurde. Nach Angaben der Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt eV /AGPU94/ sind etwa 90 % der PVC-verarbeitenden Anlagen genehmigungsbedürftig und mit Nachverbrennungen und Filtern ausgestattet. Im folgenden wird angenommen, dass in diesen Anlagen auch 90 % der Weichmacher verwendet wurden.

Für die restlichen 10 % der als Weichmacher verwendeten Phtalate wird angenommen, dass sie in Anlagen verwendet werden, die gemäß einer Annahme für 1988 im Mittel von den verarbeiteten bzw. verwendeten Weichmachern 2 % emittieren /LBA93/, d.h. 1994 wurden 450 t emittiert. Damit wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland bei der Verarbeitung von PVC ca. 2 079 t Weichmacher und ca. 200 t Vinylchlorid emittiert.

4.8.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

Es wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 1 257 931 t PVC verbraucht. Dabei wurden ca. 200 t Vinylchlorid emittiert. Bei der Verarbeitung des PVC wurden 225 224 t Weichmacher eingesetzt, wovon ca. 2 079 t emittiert wurden. Dies entspricht einer Emissionsmenge an Weichmachern von ca. 1 % bezogen auf die bei der PVC-Verarbeitung eingesetzte Menge an Weichmachern. Bei den Weichmachern handelte es sich hauptsächlich um Phtalsäureester mit C4-C10-Alkylketten.

4.8.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Durch die Umstellung des systematischen Güterverzeichnisses der Produktionsstatistik von GP89 auf GP95 ist es notwendig, zur Ermittlung der Inlandsverbräuche an PVC und Weichmachern die neuen Meldenummern entsprechend GP 95 zu ermitteln. Diese Umstellung ist in Tabelle 4.8.4 dargestellt.

Tabelle 4.8.4: Zuordnung von Meldenummern des systematischen Güterverzeichnisses der Produktionsstatistik, Ausgabe 1989 (GP89) /StaBuA89/ zu Meldenummern des systematischen Güterverzeichnis der Produktionsstatistik, Ausgabe 1995 (GP95) /StaBuA95/

GP89-Meldenummer	GP95-Meldenummer	Bezeichnung gemäß GP95
4414 52	2416 30 100	Polyvinylchlorid, nicht mit anderen Stoffen gemischt
	2416 30 230	Nicht weichgemachtes Polyvinylchlorid, mit anderen Stoffen gemischt
	2416 30 250	Weichgemachtes Polyvinylchlorid mit anderen Stoffen gemischt
4264 51	2414 34 130	Dibutylorthophtalate
4264 52	2414 34 150	Dioctylorthophtalate
4264 53	2414 34 230	Diisooctyl-, Diisononyl- oder Diisodecylorthophtalate
4264 54	2414 34 250	Andere Ester der Orthophtalsäure

Daraus berechnen sich die in Tabelle 4.8.5 dargestellten Inlandsverbräuche.

Tabelle 4.8.5: Ermittlung der Inlandsverbräuche PVC und Weichmacher im Fortschreibungsjahr

GP95-Meldenummer	Bezeichnung	Produktion [t]	WA 96	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch [t]
2416 30 100	Polyvinylchlorid, nicht mit anderen Stoffen gemischt	P1	3904 10 00	I1	A1	V1=P1+I1-A1
2416 30 230	Nicht weichgemachtes Polyvinylchlorid, mit anderen Stoffen gemischt	P2	3904 21 00	I2	A2	V2=P2+I2-A2
2416 30 250	Weichgemachtes Polyvinylchlorid mit anderen Stoffen gemischt	P3	3904 22 00	I3	A3	V3=P3+I3-A3
Gesamtinlandsverbrauch an PVC						V4=V1+V2+V3
2414 34 130	Dibutylorthophtalate	P5	2917 31 00	I5	A5	V5=P5+I5-A5
2414 34 150	Diocetylorthophtalate	P6	2917 32 00	I6	A6	V5=P6+I6-A6
2414 34 230	Diisooctyl-, Diisononyl- oder Diisodecylorthophtalate	P7	2917 33 00 2917 34 10	I7a I7b	A7a A7b	V6=P7+I7a+I7b-A7a-A7b
2414 34 250	Andere Ester der Orthophtalsäure	P8	2917 34 90	I8	A8	V8=P8+I8-A8
Gesamtsumme Inlandsverbrauch an Weichmachern						V9=V5+V6+V7+V8

Es ist davon auszugehen, dass jedes Jahr ca. 200 t Vinylchlorid bei der PVC-Verarbeitung emittiert werden. 1994 wurden ca. 1 % der zur PVC-Verarbeitung eingesetzten Weichmacher emittiert. Die Emission E an Weichmachern kann dann über folgende Gleichung ermittelt werden:

$$E[t]=V9[t]*0,85*0,01$$

Da der größte Teil der Verarbeitung von Weichmachern in Anlagen, die nach der 4. BImSchV genehmigungsbedürftig sind und meist über eine thermische Abluftreinigung mit Nachverbrennung verfügen, stattfindet, sind für die Zukunft keine wesentlichen Minderungspotentiale erkennbar.

4.8.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Für 1996 ergeben sich nach der in Abschnitt 4.8.4 beschriebenen Methode folgende Inlandsverbräuche und Emissionen aus der Verarbeitung von PVC.

Tabelle 4.8.6: Ermittlung der Inlandsverbräuche an PVC und Weichmachern für 1996

Bezeichnung gemäß GP95	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch [t]
Polyvinylchlorid nicht mit anderen Stoffen gemischt	1 183 536	535 357	550 900	1 167 993
Nicht weichgemachtes Polyvinylchlorid mit anderen Stoffen gemischt	3 336	46 612	46 165	3 783
Weichgemachtes Polyvinylchlorid mit anderen Stoffen gemischt	113 397	26 289	80 618	59 068
Gesamtinlandsverbrauch an PVC				1 230 844
Dibutylorthophtalate	21 008 (abgeschätzt)	1 386	12 825	9 569
Diocetylorthophtalate	236 363	34 972	158 569	112 766
Diisooctyl-, Diisononyl- oder Diisodecylorthophtalate	50 000 (abgeschätzt)	0 32 585	4 368 38 314	39 903
Andere Ester der Orthophtalsäure	93 077	9 158	13 410	88 825
Gesamtsumme Inlandsverbrauch an Weichmachern				251 063

Aus Tabelle 4.8.6 ergibt sich für 1996 ein Inlandsverbrauch an PVC von 1 230 844 t. An Weichmachern wurden 251 063 t eingesetzt. Damit wurden 1996 in der Bundesrepublik Deutschland 2 134 t Weichmacher bei der Verarbeitung bzw. Herstellung von PVC emittiert. Dazu kommen noch ca. 200 t Vinylchlorid, die emittiert wurden.

4.8.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Ca. 90 % der PVC-verarbeitenden Anlagen sind bereits emissionsgemindert. Das einzige zur Zeit erkennbare Minderungspotential besteht in der Installation von Abluftreinigungsanlagen in den bisher nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen

4.8.7 Anmerkungen

Aufgrund einer dünnen Informationsbasis sind die Unsicherheiten bei der Ermittlung der NMVOC-Emissionen, die bei der PVC-Herstellung und Verarbeitung entstehen, relativ groß. Es auch schwierig abzuschätzen, welche Mengen an Weichmachern während der Lebensdauer von PVC-haltigen Produkten in die Atmosphäre entweichen.

4.9 Verarbeitung von Polyurethan

4.9.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60303 mit der Bezeichnung "Polyurethane Processing" zugeordnet. In dieser Quellgruppe werden Prozesse berücksichtigt, bei denen Polyurethane verarbeitet werden. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die Verarbeitung von Polyurethan fast immer auch mit seiner Herstellung verbunden ist. Polyurethane werden durch Polyaddition aus Diisocyanaten und zweiwertigen Alkoholen hergestellt. Polyurethane lassen sich durch Zusatz von drei- und mehrwertigen Alkoholen (Glycerin, Trimethylolpropan) vernetzen und durch Zusatz geringer Mengen an Wasser, unter Verseifung der Isocyanat-Gruppe zur Aminogruppe und Kohlendioxid, verschäumen. Polyurethane werden hauptsächlich zu Weich-, Hart-, Form-, Montage-, Integral- und Ortsschäumen verarbeitet. Daneben werden Polyurethane als Lackrohstoffe, Elastomere, Thermoplaste eingesetzt und in Schuhsohlensystemen. Zum Aufschäumen werden neben Wasser noch andere, gasförmige Aufschäummittel hinzugegeben. Hierbei handelt es sich um Kohlendioxid, Propan, Butan, n-Pentan, Cyclopentan sowie teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (R134a, R152a, R22, R141b). Das am meisten eingesetzte Aufschäummittel ist Cyclopentan. In geringem Maße wurden 1994 auch noch Fluorchlorkohlenwasserstoffe als Schäummittel eingesetzt. Seit 1.1.1995 gibt es ein gesetzliches Verbot bezüglich der Herstellung und Verwendung von FCKW's in der Bundesrepublik Deutschland. Eine Ausnahme bildet der

medizinische Bereich. Dort werden z. B. Asthmasprays zum Teil noch mit FCKW-Treibmitteln verwendet. Der Verbrauch an FCKW's betrug 1995 in der Bundesrepublik Deutschland noch etwa 1 000 t /Eisele98a/. Nach Angaben des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI) wurde eine freiwillige FCKW-Reduzierung bereits 1990 beschlossen. Im Mai 1994 waren die FCKW fast vollständig verbannt.

Das Aufschäummittel wird im heißen Verarbeitungszustand des Kunststoffes zugegeben. Das Polymer bekommt so spezifische Eigenschaften wie z. B. eine geringere Dichte, ein größeres Leerraumvolumen, eine geringere Wärmeleitfähigkeit. Dadurch bietet sich der Einsatz als Wärme- und Schalldämmstoff, als Verpackungstoff sowie in Formmassen wie z. B. Sesselschalen, etc. an.

4.9.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Zur Ermittlung der VOC-Emissionen aus der Verarbeitung von Polyurethan muss zunächst der Inlandsverbrauch an Polyurethan ermittelt werden. Dies geschieht mit Hilfe der Produktions- und Außenhandelsstatistik.

Produktion (1994) (GP89-Meldenummer 4412 90 (Polyurethan, zum Absatz bestimmt):

552 110 t

Außenhandel (1994) (WA94-Meldenummer: 3909 50 00):

Import: 58 431 t

Export: 140 687 t

Inlandsverbrauch: 469 854 t

Wieviel an Polyurethan zu Schäumen in welcher Branche verarbeitet wurde, geht aus dem Inlandsverbrauch nicht hervor. Daneben ist auch wichtig zu unterscheiden, wieviel Polyurethanschäume Weichschäume, Hartschäume oder sonstige Schäume (Integral-, Montage- oder Ortsschäume) sind. In einer Studie /FSK97/ des Fachverbandes Schaumkunststoffe e.V. (FSK) ist die Disaggregation von PUR-Schäumen nach Anwendungsgebieten angegeben. Diese ist in Tabelle 4.9.1 dargestellt.

Tabelle 4.9.1: Anwendungsgebiete für PUR-Schäume

Anwendungsgebiet	Prozentualer Anteil am Verbrauch 1995 [%]	Einsatzmenge 1994 [t]
Bau	21,6	101 488
Automobil	19,2	90 211
Technische Isolierung	7,2	33 829
Sonstige	52,0	244 324

Nach /Raßdorfer94/ werden etwa 8 % des verarbeiteten Polyurethans nicht geschäumt. D. h. es wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 432 266 t PUR-Schäume verarbeitet. Die Aufteilung in die unterschiedlichen Schaumarten wird ebenfalls in /Raßdorfer94/ vorgenommen und ist in Tabelle 4.9.2 dargestellt. Nach /Beddies96/ wird PUR-Hartschaum ohne Dämmung, mit hoher Dichte, im Allgemeinen mit Wasser geschäumt. PUR-Hartschäume für Kühlschränke und weiße Ware werden mit Cyclopentan, PUR-Hartschäume für Baustoffe mit n-Pentan geschäumt.

Tabelle 4.9.2: Aufteilung der PUR-Verbrauchsmenge in die verschiedenen Schaumarten

Schaumart	Anteil [%]	Menge [t]
Weichschaum (Block/Form)	45	194 520
Hartschaum (Bau)	16	69 163
Hartschaum (Haushaltsgeräte)	4	17 291
Sonstige	35	151 293

Nach /Hirsch98/ werden PUR-Weichschäume nur mit CO₂ aufgeschäumt. In anderen europäischen Ländern wird neben CO₂ auch Methylenchlorid eingesetzt. Nur die Herstellung bzw. Verarbeitung von PUR-Hartschäumen ist damit für die Ermittlung der VOC-Emissionen von Interesse. Aus Tabelle 4.9.2 geht hervor, dass 1994 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 162 100 t Hartschäume verbraucht wurden, wenn die sonstigen Schäume zur Hälfte als Weich- und zur anderen Hälfte als Hartschäume verwendet wurden.

Nach /Mann92/ werden zwischen 3 und 5 % an Treibgasen zur Aufschäumung von PUR-Hartschäumen verwendet. Diese werden im Laufe der Zeit vollständig emittiert. Wenn man von einem mittleren Treibgasanteil von 4 % ausgeht, so wurden 1994 bei der Verwendung von PUR-Hartschäumen ca. 6 484 t Cyclopentan emittiert. Dazu kamen noch 125 t Dichlormethan //Nader94/.

Entsprechend des Anhangs zur 4. BimSchV /4. BImSchV/ sind Anlagen zur Herstellung von Polyurethanformteilen mit einem Kunststoffeinsatz von mehr als 200 kg pro Stunde genehmigungsbedürftig (0511/2). 1994 wurden in 11 Bundesländern entsprechend der Emissionserklärungen 531 t NMVOC emittiert. Es waren in den betrachteten Branchen "Chemische Industrie" und "Herstellung von Kunststoffwaren" 451 979 Personen in den elf Bundesländern beschäftigt /EASYSSTAT94/ und bundesweit 861 241 Personen. Daraus lässt sich abschätzen, dass 1994 aus genehmigungsbedürftigen Anlagen bundesweit ca. 1 012 t NMVOC emittiert wurden.

4.9.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 469 854 t Polyurethan verarbeitet. Hier- von wurden 162 100 t als Hartschäume verarbeitet. Dabei wurden 6 484 t Cyclopentan und 125 t Dichlormethan emittiert, die als Aufschäummittel verwendet wurden.

4.9.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Bezüglich der Fortschreibung ist die Umstellung der Systematik der Produktionsstatistik von GP 89 auf GP 95 zu berücksichtigen. Der Inlandsverbrauch an Polyurethan ergibt sich aus folgenden Daten:

Produktion(Bezugsjahr)(GP95-Meldenummer: 241656709 (Andere Polyurethane a.n.g.):
P(PU) [t]

Außenhandel (WA94-Meldenummer: 3909 50 00)

Import: (PU) [t]

Export: (PU) [t]

Inlandsverbrauch: $V(\text{PU})[t]=P(\text{PU})[t]+I(\text{PU})[t]-A(\text{PU})[t]$

Hieraus kann dann die Emission entsprechend folgender Gleichung ermittelt werden.

$E(\text{Cyclopentan})[t]=V(\text{PU})[t]*0,0138$

4.9.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Für 1996 ergeben aus der in Abschnitt 4.8.5 beschriebenen Fortschreibungsmethode fol- gende Verbrauchsmengen an Polyurethan und Emissionen an Cyclopentan

Produktion (1996):550 842 t

Außenhandel (WA94: 3909 50 00)

Import:62 369 t

Export: 143 864 t

Inlandsverbrauch: 469 347 t

Hieraus kann dann die Emission von Cyclopentan entsprechend folgender Gleichung er- mittelt werden.

$E[t]=V[t]*0,0138 = 6 477t$

Es wurden 1996 ca. 469 347 t Polyurethan verarbeitet. Dabei wurden bei der Verarbei- tung von Hartschäumen ca. 6 477 t Cyclopentan emittiert. Dazu kamen noch 136 t Di- chlormethan /Nader98/.

4.9.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Es sind keine Emissionsminderungspotentiale bekannt. Ein mögliches Minderungspotential könnte die Substitution von Cyclopentan durch CO₂ sein.

4.10 Verarbeitung von Polystyrol

4.10.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60304 mit der Bezeichnung "Polystyrol Foam Processing" zugeordnet. Diese Quellgruppe beinhaltet alle Prozesse, bei denen Polystyrol mit Hilfe von Treibgasen aufgeschäumt wird. Sie betrifft expandierten Polystyrol-Hartschaum (EPS), der als Kunststoffdämmung und Verpackungsmaterial verwendet wird, sowie Polystyrol-Extruderschaumstoffe. EPS wird durch Erhitzen von treibmittelhaltigem Polystyrolgranulat mit Hilfe von Wasserdampf hergestellt. Durch Verdampfen des Treibmittels wird das Granulat zu geschlossenzelligen Partikeln aufgeschäumt. Als Treibmittel wird ein Gemisch von Isopentan und n-Pentan eingesetzt /Marti99/. Das Schäummittel entweicht vollständig in die Atmosphäre.

4.10.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Nach der Baumarktstatistik des Gesamtverbandes der Dämmstoffindustrie (GDI) /GDI97/, die etwa 95 % des Gesamtbaumarktes bezüglich Dämmstoffen darstellt, wurde 1994 eine Menge von 8 773 000 m³ EPS-Hartschaumdämmstoffen sowie 890 000 m³ an Polystyrol-Extruderschaumstoffen verbraucht. Nach /VCI97c/ besteht EPS zu 98% aus Luft und zu 2% aus Polystyrol. Es wird eine mittlere Dichte von ca. 22 kg/m³ angegeben. D. h. es wurden 1994 ca. 223 477 t Polystyrol aufgeschäumt, wenn man berücksichtigt, dass durch die Baustoffstatistik nur 95 % des Marktes erfasst sind. Etwa 5-7 % Pentan werden dem Rohstoff als Treibmittel zugegeben. Dieses wird während des Aufschäumprozesses vollständig emittiert. D. h. es wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 13 426 t Treibmittel beim Aufschäumen und Extrudieren von Polystyrol eingesetzt und emittiert. Dies war nach /Marti99/ zu drei Viertel n-Pentan und zu einem Viertel Isopentan. Bei dieser Berechnung ist nur der als Dämmstoff verwendete Polystyrolschaum berücksichtigt. Nicht berücksichtigt ist der EPS-Verpackungsschaum. Laut Industrieverband Hartschaum e.V. /Doppler99/ beträgt das Verhältnis der Menge an verwendetem Baustoff-EPS zu Verpackungs-EPS ca. 80:20. Nach Angaben des Informationszentrums Kunststoff /Emminger99/ beträgt dieses Verhältnis 90:10. Wenn man annimmt, dass es 85:15 beträgt, so werden beim Aufschäumen von Verpackungs-EPS zusätzlich 2 369 t Isopentan und n-Pentan emittiert. Insgesamt wurden 1994 15 796 t Treibmittel emittiert.

Hinzu kommen nach /Marti99/ noch Emissionen von Styrol und anderen Aromaten, die bei der Verarbeitung von Polystyrol anfallen. Entsprechende Emissionsfaktoren und daraus für 1994 resultierende Emissionen sind in Tabelle 4.10.1 angegeben.

Tabelle 4.10.1: Emissionsfaktoren und daraus resultierende Emissionen von Aromatischen Verbindungen bei der Verarbeitung von Polystyrol /Marti99/

Stoff	Kleinster Emissionsfaktor [g/t]	Größter Emissionsfaktor [g/t]	Mittlerer Emissionsfaktor [g/t]	Emission [t]
Styrol	106	298	202	54
Ethylbenzol	42	78	60	16
m- und p-Xylol	8	57	33	9
o-Xylol	7	25	16	4
Cumol	12	16	14	4
Benzol	2,5	12	7	2
n-Propylbenzol	8	12	10	3
Allylbenzol	5	9	7	2
Summe	191	507	349	94

Damit wurden weitere 94 t aromatische Kohlenwasserstoffe bei der Verarbeitung von Polystyrol emittiert. Zuletzt wird noch die 1996 bei dem Aufschäumen von Polystyrol eingesetzte Menge Dichlormethan von 125 t /Nader94/ hinzugerechnet.

4.10.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

Es wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 223 477 t Polystyrol aufgeschäumt und als Dämmstoff genutzt. Daneben wurden ca. 39 490 t als Verpackungsmaterial aufgeschäumt. Dabei wurden 15 796 t n- und Isopentan im Verhältnis drei zu eins emittiert. Daneben wurden bei der Verarbeitung von Polystyrol ca. 94 t aromatische Verbindungen und 125 t Dichlormethan emittiert. Insgesamt wurden beim Aufschäumen von Polystyrol 1994 ca. 16015 t.

4.10.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung wird die aktuelle Baumarktstatistik des Gesamtverbandes der Dämmstoffindustrie (GDI) benötigt, die dort direkt bezogen werden kann. Die Menge an verkauften EPS-Hartschaumstoffen (V1) und Polystyrol-Extruderschaumstoffen (V2) wird in dieser Statistik in m³ angegeben. Die Summe aus beiden Werten muss noch mit (0,95)⁻¹ multipliziert werden, da die Statistik nur 95% des Dämmstoffmarktes erfasst. Die Menge an verbrauchtem Dämmstoff in t errechnet sich bei einer angenommenen mittleren Dichte von 22 kg/m³ nach folgender Gleichung:

$$D[t] = (V1[m^3] + V2[m^3]) * (0,95)^{-1} * 22[\text{kg/m}^3] * 1/1000$$

Damit ergibt sich für das Fortschreibungsjahr eine Emission von:

$$E1[t] = D[t] * 0,06$$

aus der Herstellung von Polystyrolämmstoffen.

Hinzu kommen noch Emissionen aus der Herstellung von Polystyrol-Verpackungsmaterialien, die sich nach folgender Gleichung errechnen lassen:

$$E2[t]=E1[t]*0,15/0,85$$

Die Gesamtmenge emittierten Pentans entspricht dann der Summe aus E1 und E2.

Der Gesamtverbrauch an geschäumten Polystyrol errechnet sich nach folgender Gleichung: $V_{ges}[t]=D[t]*1/0,85$

Hinzu kommen noch eine Menge an emittierten aromatischen Verbindungen, die sich nach folgender Gleichung ermitteln lässt: $E(A)[t]=349 [g/t] * V_{ges}[t]*10^{-6}$,

sowie eine Menge an Dichlormethan, die sich der entsprechenden Übersicht des CKW-Marktes vom VCI entnehmen lässt.

4.10.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 wurden in der Bundesrepublik Deutschland nach der GDI-Baummarktstatistik 9 100 000 m³ an EPS-Hartschaumdämmstoffen sowie 985 000 m³ an Polystyrol-Extruderschäumen abgesetzt. Es wurden 1996 somit ca. 233 547 t Polystyrolämmstoffe verbraucht. Dabei wurden ca. 14 013 t n- und Isopentan emittiert. Zusätzlich wurden noch 2 473 t n- und Isopentan bei der Herstellung von Polystyrol-Verpackungsmaterialien emittiert. Es wurden durch das Aufschäumen von Polystyrol 1996 ca. 16 486 t NMVOC emittiert, und insgesamt 274 762 t geschäumtem Polystyrol verbraucht. Hinzu kommen noch ca. 96 t emittierte aromatische Verbindungen, die bei der Verarbeitung von Polystyrol entstehen und 136 t Dichlormethan /Nader98/. Insgesamt wurden 1996 in dieser Quellgruppe ca. 16 718 t NMVOC emittiert

4.10.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Seit kurzem wird pentanarmes Polystyrolgranulat auf dem Markt angeboten, mit einem Pentangehalt von ca. 4 %. Nach /Marti99/ sind in den USA seit über 15 Jahren emissionsmindernde Maßnahmen bei der Verarbeitung von EPS vorgeschrieben /SouthCoast94/. Die Abluft wird im Betrieb an verschiedenen Quellen erfasst und einer Verbrennungseinheit zugeführt. Dabei kommen eine thermische Nachverbrennung, katalytische Nachverbrennung oder die thermische Verwertung im Heizkessel in Frage. Allerdings ist es notwendig, bei der Erfassung des Pentans die entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen zu treffen, da Pentan/Luft-Gemische leicht explodieren können. Laut /Marti99/ gibt es in Europa etwa 750 EPS-verarbeitende Betriebe mit einer jährlichen Emission von ca. 40 000 t Pentan. Diese Emissionen könnten um 65 % reduziert werden, wenn die entsprechenden Abluftreinigungssysteme zum Einsatz kommen würden.

4.11 Gummiverarbeitung

4.11.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60305 mit der Bezeichnung "Rubber Processing" zugeordnet. Diese Quellgruppe beinhaltet alle Prozesse, bei denen Fahrzeugreifen hergestellt bzw. runderneuert werden. Daneben wird hier auch das Auftragen von Gummilösungen und Lösemitteln auf Halbfertigprodukte berücksichtigt.

4.11.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Die meisten Anlagen zur Herstellung von Fahrzeugreifen sind nach dem Anhang zur 4. BImSchV (Ziffer 10.07) /4. BImSchV/ genehmigungsbedürftig. Relevante VOC-Emissionen /LBA93/ treten während der Produktion von Fahrzeugreifen hauptsächlich in den Produktionsstufen Halbfertigprodukte, Karkasse und Rohling auf. Hierbei handelt es sich im Regelfall um getrennte Anlagen. Die Emissionen werden bei der Anwendung von lösemittelhaltigen Gummilösungen zum Verkleben einzelner Gummischichten verursacht. Es werden aromatenarme Benzingemische verwendet, die hauptsächlich aus aliphatischen und naphthenischen Kohlenwasserstoffgemischen, die nach TA Luft /4. BImSchV/ in Klasse III eingeordnet sind, bestehen. Aus den Produktionsabschnitten Halbfertigprodukte bzw. Vulkanisation entstehende Emissionen können vernachlässigt werden.

Im Statistischen Jahrbuch 1996, Seite 220 ist angegeben, daß 1994 Bereifungen im Wert von 43 200 000 DM produziert worden sind. Da es für diese Quellgruppe in der Literatur kein vertrauenswürdiger Emissionsfaktor ermittelt werden konnte, wurden die Emissionen anhand der Auswertung der Emissionserklärungen genehmigungsbedürftiger Anlagen ermittelt. Anhand der Emissionserklärungen genehmigungsbedürftiger Anlagen und der in der Gummiindustrie Beschäftigten wurden die bundesweiten Emissionen ermittelt.

Danach wurden 1994 in 11 Bundesländern 1 376 t emittiert. In diesen Bundesländern waren 1994 ca. 43 249 Personen (SYPRO 59) /EASYSTAT94/ in der gummiverarbeitenden Industrie beschäftigt /StaLa96/, bundesweit waren es 83 785 /EASYSTAT94/. Daraus ergeben sich für 1994 in der Bundesrepublik Deutschland VOC-Emissionen von ca. 2 666 t in der Gummiverarbeitung. Hierbei handelte es sich hauptsächlich um Spezialbenzine, Xylole sowie Toluol.

4.11.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland bei der Gummiverarbeitung ca. 2 666 t

Spezialbenzine, Xylole und Toluol emittiert.

4.11.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Im Statistischen Jahrbuch 1996 (Seite 220) /Jahrbuch96/, ist angegeben, daß 1994 Bereifungen im Wert von 4 320 000 000 DM produziert worden sind. Daraus ergibt sich ein Emissionsfaktor von: $E [g/DM]=0,62 \text{ g / DM}$

Zur Fortschreibung kann der Wert der produzierten Menge Gummiwaren-Bereifungen B [DM] im Bezugsjahr verwendet werden. Dieser Wert ist aus dem Statistischen Jahrbuch erhältlich. Die Emission ergibt sich dann aus folgender Gleichung:

$$G [t] = B [DM] * E [g/DM] * 1/1\,000\,000$$

4.11.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 wurden Bereifungen im Wert von 4 949 000 000 DM /Jahrbuch98/ produziert. Es wurden somit 1996 ca. 3 054 t NMVOC bei Herstellung von Gummiwaren emittiert. Hierbei handelte es sich um Spezialbenzine, Xylole sowie Toluol.

4.11.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Nach der EU-VOC-Richtlinie gilt für Betriebe mit einem Lösemittelverbrauch von mehr als 15 t/a ein Emissionsgrenzwert von 20 mg C/m³ für die Abgase. Falls Techniken eingesetzt werden, die die Wiederverwendung zurückgewonnener Lösemittel ermöglichen, gilt für die Abgase ein Emissionsgrenzwert von 150 mg C/m³. Der Grenzwert für diffuse Emissionen beträgt 25 % der eingesetzten Lösemittel und bezieht sich nicht auf Lösemittel, die als Teil von Erzeugnissen oder Zubereitungen in einem geschlossenen Behälter verkauft werden. Der Grenzwert für die gesamten Emissionen beträgt ebenfalls 25 % der eingesetzten Lösemittel.

Die Gummiverarbeitung bzw. Kautschukumwandlung findet fast ausschließlich in genehmigungsbedürftigen Anlagen statt. Der Schwellenwert von 15 t/a wird von allen betrachteten Anlagen überschritten. D. h. diese Quellgruppe wird vollständig durch die EU-VOC-Richtlinie erfasst. Wir schätzen eine Gesamtminderung bis 2007 von ca. 70 % der Emissionen durch die Umsetzung der Richtlinie ab.

4.11.7 Anmerkungen

Die Datenbasis ist bei dieser Quellgruppe mit Unsicherheiten behaftet. Auch die Fortschreibungsmethode ist mit hohen Unsicherheiten behaftet, da es fraglich ist, ob die Wertentwicklung der Gummireifenproduktion ein geeigneter Parameter zur Ermittlung der Emissionsentwicklung ist. Bezüglich der Emissionen dieser Quellgruppe besteht in Zukunft noch erheblicher Informationsbedarf.

4.12 Herstellung von pharmazeutischen Produkten

4.12.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60306 mit der Bezeichnung "Pharmaceutical Products Manufacturing" zugeordnet. VOC-Emissionen entstehen in diesem Bereich hauptsächlich bei der Synthese der Wirkstoffe in Batch-Reaktoren und deren Aufarbeitung. Die Reinigung der Batch-Reaktoren findet vorwiegend mit Hilfe wässriger Systeme statt und stellt somit keine relevante Emissionsquelle dar. Charakteristisches Merkmal der pharmazeutischen Industrie ist eine vielfältige Produktpalette, die komplexe Synthesewege und aufwendige Reinigungs- und Aufarbeitungsschritte erfordert. Die betrachteten VOC werden nicht nur als Lösemittel verwendet, sondern sind auch Reaktionskomponenten oder finden als Katalysatoren Verwendung. Allerdings können VOC auch während der Synthese als Nebenprodukte entstehen, die dann ebenfalls emittiert werden können.

Pharmazeutische Produkte sind in der Produktionsstatistik unter folgenden Meldenummern des "Systematischen Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989" /StaBuA89/, wie in Tabelle 4.12.1 dargestellt, eingeordnet.

Tabelle 4.12.1: Meldenummern der pharmazeutischen Erzeugnisse entsprechend des Systematischen Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989 (GP89) /StaBuA89/

GP89-Meldenummer	Bezeichnung
471110	Provitamine und Vitamine
471150	Hormone
471300	Enzyme (ohne Lab)
471510	Glykoside
471550	Alkaloide
471710	Penicilline
471750	Sonstige Antibiotika
471810	Zubereitete Drogen und Extrakte menschlicher oder tierischer Herkunft
471850	Zubereitete Drogen und Extrakte pflanzlicher Herkunft
473100	Bulkware von pharmazeutischen Sera und Impfstoffen
473510	Bulkware von Arzneiwaren, die aus zwei oder mehr gemischten Bestandteilen bestehen, nicht dosiert
473550	Bulkware von Arzneiwaren, die aus zwei oder mehr gemischten Bestandteilen bestehen, dosiert
475110	Sera
475150	Impfstoffe
475310	Penicilline oder ihre Derivate oder Streptomycine oder ihre Derivate enthaltend
475390	Andere Antibiotika enthaltend
475510	Hormone
475530	Alkaloide oder ihre Derivate, jedoch weder Hormone noch Antibiotika enthaltend
475550	Homöopathische Präparate
475590	Sonst. Arzneiwaren
475700	Hormonelle Contraceptiva
479110	Dentalzement u. a. Zahnfüllsteine
479191	Sonst. Dentalmed. Erzeugnisse
479410	Verbandsmittel u. Watte mit medikamentösen Stoffen getränkt od. überzogen
479440	Pflaster
479460	Chirurgisches Nahtmaterial
479700	Desinfektionsmittel
479800	Sonst. Chem. Pharmazeutische Erzeugnisse

In Tabelle 4.12.2 sind die WA94-Nummern /WA94/ für pharmazeutische Erzeugnisse der Außenhandelswarenstatistik angegeben

Tabelle 4.12.2: WA94-Nummern für pharmazeutische Produkte

WA94-Meldenummer	Bezeichnung
30011010	Drüsen und andere Organe als Pulver
30011090	Drüsen und andere Organe getrocknet
30012010	Auszüge aus Drüsen usw. von Menschen
30012090	Andere Auszüge aus Drüsen und Organen
30019010	Andere menschliche Stoffe zu therapeutischen Zwecken usw.
30019091	Heparin und seine Salze
30019099	Andere tierische Stoffe zu therapeutischen Zwecke, anders nicht genannt
30021010	Antisera
30021091	Hämoglobin Blut- und Serumglobuline
30021095	Andere Blutfraktionen von Menschen
30021099	Andere Blutfraktionen von Tieren
30022000	Vaccine für die Humanmedizin
30023100	Vaccine gegen Maul- und Klauenseuche
30023900	And Vaccine für Veterinärmedizin
30029010	Menschliches Blut
30029030	Zubereit Tierblut z. Therap. Usw Zwecke
30029050	Kulturen von Mikroorganismen
30029090	Andere Erzeugnisse der Position 3002
30031000	Penicilline usw. nicht für Einzelverkauf
30032000	Andere Antibiotika nicht für Einzelverkauf
30033100	Insulin nicht aufgemacht für Einzelverkauf
30033900	Hormone usw. nicht für Einzelverkauf
30034000	Alkaloide usw. nicht für Einzelverkauf
30039010	Jod Jodverbindung nicht für Einzelverkauf
30039090	Andere Arzneiwaren nicht für Einzelverkauf

Tabelle 4.12.2: WA94-Nummern für pharmazeutische Produkte

WA94-Meldenummer	Bezeichnung
30041010	Penicilline usw. aufgemacht für Einzelverkauf
30041090	Streptomycin usw. für Einzelverkauf
30042010	Andere Antibiotika aufgemacht für Einzelverkauf
30042090	Andere Arzneiwaren antibiotikahaltig
30043110	Insulin aufgemacht für Einzelverkauf
30043190	Andere Arzneiwaren Insulinhaltig
30043210	Nebennierenrindenhormon für Einzelverkauf
30043290	Andere Arzneiwaren Nebennierenhormonhaltig
30043910	Andere Hormone aufgemacht für Einzelverkauf
30043990	Andere Arzneiwaren hormonhaltig
30044010	Alkaloide usw. aufgemacht für Einzelverkauf
30044090	Andere Arzneiwaren alkaloidhaltig
30045010	Vitamine usw. aufgemacht für Einzelverkauf
30045090	Andere Arzneiwaren vitaminhaltig usw.
30049011	Jod, Jodverbindung aufgemacht für Einzelverkauf
30049019	Andere Arzneiwaren aufgemacht f Einzelverkauf
30049091	Andere Arzneiwaren Jodhaltig
30049099	Andere Arzneiwaren
30051000	Heftpflaster and Waren mit Klebeschicht
30059010	Watte und Waren daraus
30059031	Verbandszeug usw. aus Mull- und Mullwaren
30059051	Verbandszeug aus Vliesstoffen
30059055	Verbandszeug aus anderen Spinnstoffen
30059099	Anderes Verbandszeug
30061010	Steriles Catgut
30061090	Andere Steriles Nahtmaterial usw.
30062000	Reagenzien zur Blutgruppenbest. Usw.
30063000	Röntgenkontrastmittel diagnost. Reagenzien
30064000	Zahnzement und Zahnfüllstoffe usw.
30065000	Taschen mit Ausstattung für erste Hilfe
30066011	Empfängnisverhütungsmittel Hormongehalt für Einzelverkauf
30066019	And Empfängnisverhütungsmittel Hormonhaltig
30066090	Empfängnisverhütungsmittel Spermizid grundlag
29411010	Amoxicillin und seine Salze
29411020	Am-, Metam- Pivampicillin usw.
29411090	Andere Penicilline usw.
29412010	Dihydrostreptomycin
29412090	Andere Streptomycine usw.
29413000	Tetracyclin ihr Derivate Salz des erz
29414000	Choramphenicol sein Derivate Salz u. a
29415000	Erythromycin sein Derivate Salz usw.
29419000	Andere Antibiotika

4.12.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchs- mengen und Emissionen im Jahr 1994

Die im Inland produzierte Menge an pharmazeutischen Produkten lässt sich aufgrund fehlender Daten nicht aus der Produktionsstatistik ermitteln. Zu den in Tabelle 4.12.1 angegebenen Meldenummern der Produktionsstatistik fehlen fast vollständig die Produktionsmengen, während die Werte (in 1000 DM) der produzierten Ware häufig angegeben sind. Dagegen finden sich in der Warenaußenhandelsstatistik zu allen in Tabelle 4.12.2 angegebenen Meldenummern Mengen- und Wertangaben.

Tabelle 4.12.3: Import- und Exportmengen bzw. Werte der pharmazeutischen Erzeugnisse für das Bezugsjahr 1994 /StaBuA94b/

WA-Nr.	Einfuhr		Ausfuhr	
	[t]	[1000 DM]	[t]	[1000 DM]
30011010	43	541	36	1663
30011090	12	1096	0,6	111
30012010	4,2	10913	0	0
30012090	23	3256	41	6736
30019010	9	903	1,3	9083
30019091	31	65713	7,5	20110
30019099	18	13958	2	2000
30021010	141	43092	37	150427
30021091	360	508201	317	462052
30021095	1288	329951	553	270956
30021099	47	5943	1,6	1569
30022000	155	165425	83	59201
30023100			7,7	965
30023900	399	46927	216	33300
30029010	8	2632	91	14583
30029030	29	1198	21	8994
30029050	3518	31991	1026	24570
30029090	115	75532	427	244701
30031000	29	5112	36	4744
30032000	30	4137	133	5781
30033100	0,4	487		
30033900	29	24875	188	22138
30034000	73	14184	27	7734
30039010	0,7	203	60	473
30039090	1662	258541	6974	389535
30041010	1348	100900	615	62180
30041090	290	21852	71	4076
30042010	2496	218988	2002	200780
30042090	1119	200705	477	205698
30043110	458	117860	85	35289
30043190	53	18978	7,4	435
30043210	879	74221	982	106904
30043290	23	7010	242	50088
30043910	496	213171	2068	469223
30043990	137	240118	68	97465
30044010	262	32662	1585	114901
30044090	123	30107	287	2254
30045010	3338	136083	12968	519858
30045090	262	48108	1553	51489
30049011	659	20869	341	12860
30049019	46860	2607161	83066	4041193
30049091		132	15	1726
30049099	12409	970005	8990	2016074
30051000	2334	148972	3121	130957
30059010	775	10981	507	7374
30059031	3859	67774	980	23194
30059051	3610	69013	1235	23637
30059055	812	17835	4561	78397
30059099	2104	57995	962	26190
30061010	33	29611	109	25805
30061090	157	68926	333	117974
30062000	292	47880	164	50536
30063000	1166	50351	2585	901932
30064000	521	39062	660	161112
30065000	35	1115	309	6742
30066011	26	22278	1037	223815
30066019	52	101683	3,4	3833
30066090	3,2	124	22	1557
29411010	313	35516	230	25895
29411020	71	9292	156	19491
29411090	420	33602	1513	91862
29412010	34	3040	29	2408
29412090	162	7439	77	3008
29413000	1621	53440	1233	25639
29414000	287	12484	307	14708

Tabelle 4.12.3: Import- und Exportmengen bzw. Werte der pharmazeutischen Erzeugnisse für das Bezugsjahr 1994 /StaBuA94b/

VVA-Nr.	Einfuhr [t]	Einfuhr [1000 DM]	Ausfuhr [t]	Ausfuhr [1000 DM]
29415000	48	6609	18	3063
29419000	335	281212	207	117765
Summe	98.307	7.849.975	146.068	11.820.813

Aus Tabelle 4.12.3 lässt sich aus den Differenzen der Export- und Importmenge und der entsprechende Werte in DM ein durchschnittlicher Wert berechnen, der einer Tonne pharmazeutischer Produkte entspricht. Es ergibt sich ein Wert von 83 140 DM/t. In /VCI95a/ wird ein Produktionswert von 32,8 Mrd. DM für pharmazeutische Erzeugnisse angegeben. Aus diesem Wert lässt sich für 1994 eine Produktionsmenge von 394 516 t errechnen. Wenn nun weiterhin angenommen wird, dass bezogen auf die produzierte Menge ca. 10 % Lösemittel /Eisele98b/ eingesetzt wurden, so wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 39 452 t Lösemittel bei der Herstellung von pharmazeutischen Produkten eingesetzt. Unter Berücksichtigung von emissionsmindernden Maßnahmen wird ein Emissionsfaktor von ca. 20 % /Eisele98b/ angenommen. Das bedeutet, dass 1994 in der Bundesrepublik Deutschland bei der Herstellung pharmazeutischer Produkte ca. 7 890 t Lösemittel emittiert wurden.

Die Auswertung der Emissionserklärungen der genehmigungsbedürftigen Anlagen, die Arzneimittel produzierten (Anhang 4. BImSchV-Nr.: 0403/2, 0403A2, 0403B2, 0403C2), ergab für 1994 in 11 Bundesländern mit 301 420 Beschäftigten (Sypro-Nummer 40 (Beschäftigte in der Chemischen Industrie)), insgesamt 170 t NMVOC-Emissionen. Laut /EASYSSTAT94/ waren 1994 bundesweit 569 885 Personen in der Chemischen Industrie beschäftigt. Hieraus ergibt sich für 1994 in der Bundesrepublik Deutschland bei Annahme eines Emissionsfaktors von 0,56 kg/Beschäftigtem eine Emission von 321 t NMVOC bei der Herstellung pharmazeutischer Produkte in genehmigungsbedürftigen Anlagen. Genehmigungsbedürftig sind alle Anlagen, die der fabrikmäßigen Herstellung von Arzneimitteln oder Arzneimittelzwischenprodukten dienen, soweit

- Pflanzen, Pflanzenteile oder Pflanzenbestandteile extrahiert, destilliert oder auf ähnliche Weise behandelt werden, ausgenommen Extraktionsanlagen mit Ethanol ohne Erwärmen
- Tierkörper, auch lebender Tiere, sowie Körperteile, Körperbestandteile und Stoffwechselprodukte von Tieren eingesetzt werden oder
- Mikroorganismen sowie deren Bestandteile oder Stoffwechselprodukte verwendet werden, ausgenommen Anlagen, die ausschließlich der Herstellung der Darreichungsform dienen.

Die Diskrepanz zwischen den eigenen Abschätzungen und den aufgrund der Emissionserklärungen anhand der Beschäftigtenzahlen hochgerechneten Emissionen ist zum einen mit den Unsicherheiten beider Berechnungen zu erklären. Zum anderen sind bei der Genehmigungsbedürftigkeit die Extraktion mit Ethanol ohne Erwärmen sowie die Herstellung der Darreichungsform ausgenommen.

Isopropanol und Ethanol machen zusammen ca. 80 % der eingesetzten Lösemittel aus /Schaber99/. Die restlichen 20 % setzen sich aus vielen verschiedenen anderen flüchtigen organischen Stoffen zusammen.

4.12.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 394 516 t pharmazeutische Produkte produziert. Dabei wurden ca. 39 452 t Lösemittel verbraucht und es wurden ungefähr 7 890 t als NMVOC emittiert.

4.12.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung werden zum einen die im- und exportierten Mengen an pharmazeutischen Produkten im jeweiligen Bezugsjahr benötigt, um den Wert pro Tonne an produziertem pharmazeutischen Erzeugnis zu ermitteln. Zum anderen wird der aus der Broschüre "Chemiewirtschaft in Zahlen" des jeweiligen Bezugsjahres, die beim Verband der Chemischen Industrie erhältlich ist, der angegebene Produktionswert der pharmazeutischen Erzeugnisse benötigt.

Tabelle 4.12.4: Ermittlung des Wertes pro Tonne produziertem pharmazeutischem Erzeugnis für das Fortschreibungsjahr

WA - Nr.	Einfuhr		Ausfuhr	
	[t]	[1000 DM]	[t]	[1000 DM]
30011010	IG1	IW1	EG1	EW1
30011090	IG2	IW2	EG2	EW2
30012010	IG3	IW3	EG3	EW3
30012090	IG4	IW4	EG4	EW4
30019010	IG5	IW5	EG5	EW5
30019091	IG6	IW6	EG6	EW6
30019099	IG7	IW7	EG7	EW7
30021010	IG8	IW8	EG8	EW8
30021091	IG9	IW9	EG9	EW9
30021095	IG10	IW10	EG10	EW10
30021099	IG11	IW11	EG11	EW11
30022000	IG12	IW12	EG12	EW12
30023100	IG13	IW13	EG13	EW13
30023900	IG14	IW14	EG14	EW14
30029010	IG15	IW15	EG15	EW15
30029030	IG16	IW16	EG16	EW16
30029050	IG17	IW17	EG17	EW17
30029090	IG18	IW18	EG18	EW18
30031000	IG19	IW19	EG19	EW19
30032000	IG20	IW20	EG20	EW20
30033100	IG21	IW21	EG21	EW21
30033900	IG22	IW22	EG22	EW22
30034000	IG23	IW23	EG23	EW23
30039010	IG24	IW24	EG24	EW24
30039090	IG25	IW25	EG25	EW25
30041010	IG26	IW26	EG26	EW26
30041090	IG27	IW27	EG27	EW27
30042010	IG28	IW28	EG28	EW28
30042090	IG29	IW29	EG29	EW29
30043110	IG30	IW30	EG30	EW30
30043190	IG31	IW31	EG31	EW31
30043210	IG32	IW32	EG32	EW32
30043290	IG33	IW33	EG33	EW33
30043910	IG34	IW34	EG34	EW34
30043990	IG35	IW35	EG35	EW35
30044010	IG36	IW36	EG36	EW36
30044090	IG37	IW37	EG37	EW37
30045010	IG38	IW38	EG38	EW38
30045090	IG39	IW39	EG39	EW39
30049011	IG40	IW40	EG40	EW40
30049019	IG41	IW41	EG41	EW41
30049091	IG42	IW42	EG42	EW42
30049099	IG43	IW43	EG43	EW43
30051000	IG44	IW44	EG44	EW44
30059010	IG45	IW45	EG45	EW45
30059031	IG46	IW46	EG46	EW46
30059051	IG47	IW47	EG47	EW47
30059055	IG48	IW48	EG48	EW48
30059099	IG49	IW49	EG49	EW49
30061010	IG50	IW50	EG50	EW50
30061090	IG51	IW51	EG51	EW51
30062000	IG52	IW52	EG52	EW52
30063000	IG53	IW53	EG53	EW53
30064000	IG54	IW54	EG54	EW54
30065000	IG55	IW55	EG55	EW55
30066011	IG56	IW56	EG56	EW56
30066019	IG57	IW57	EG57	EW57
30066090	IG58	IW58	EG58	EW58
29411010	IG59	IW59	EG59	EW59
29411020	IG60	IW60	EG60	EW60
29411090	IG61	IW61	EG61	EW61
29412010	IG62	IW62	EG62	EW62
29412090	IG63	IW63	EG63	EW63
29413000	IG64	IW64	EG64	EW64
29414000	IG65	IW65	EG65	EW65

Tabelle 4.12.4: Ermittlung des Wertes pro Tonne produziertem pharmazeutischem Erzeugnis für das Fortschreibungsjahr

WA - Nr.	Einfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Ausfuhr
	[t]	[1000 DM]	[t]	[1000 DM]
29415000	IG66	IW66	EG66	EW66
29419000	IG67	IW67	EG67	EW67
Summe	IG	IW	EG	EW

Der Wert pro Tonne an produzierten pharmazeutischen Erzeugnissen ergibt sich dann folgendermaßen:

$$(IW[DM]-EW[DM])/(IG[t]-EG[t])=W [DM/t]$$

Die Inlandsproduktion P[t] wird dann mit Hilfe des Produktionswertes PW [DM] an pharmazeutischen Erzeugnissen ermittelt, der aus „Chemiewirtschaft in Zahlen“ des VCI zu erhalten ist.

$$P [t] = PW [DM] / W [DM/t]$$

Die Menge an eingesetzten Lösemitteln L [t] ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$L[t] = 0,1 * P[t]$$

Damit wurden im Fortschreibungsjahr folgende Menge E [t] bei der Produktion pharmazeutischer Erzeugnisse emittiert:

$$E[t] = 0,2 L[t]$$

4.12.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Für 1996 ergibt sich nach der in Abschnitt 4.12.4 beschriebenen Methode folgender Wert pro Tonne pharmazeutischem Erzeugnis.

Tabelle 4.12.5: Ermittlung des Wertes pro Tonne produziertem pharmazeutischem Erzeugnis für das Bezugsjahr 1996 /StaBuA96b/.

VWA - Nr.	Einfuhr [t]	Einfuhr [1000 DM]	Ausfuhr [t]	Ausfuhr [1000 DM]
30011010	46	4 363	21,6	128,1
30011090	0,2	162	0,1	170
30012010	1,7	23 772	0,04	10
30012090	17,2	3 901	34,6	7 325
30019010	7,6	879	2,8	11 618
30019091	64,6	55 574	8,8	32 202
30019099	11,7	10 701	0,1	528
30021010	44,6	32 944	44,5	123 295
30021091	658,8	768 248	491,2	563 852
30021095	1 233,3	294 339	966,9	344 941
30021099	115,2	17 081	31,1	3 946
30022000	299,6	315 695	96,9	73 412
30023000 (30023100 und 30023900 sind in 96er Statistik zusammengefasst)	411,3	60 959	332,3	66 713
30029010	8,4	3 242	7,2	1 319
30029030	18,8	15 411	18,4	12 568
30029050	507,2	34 259	1 169,8	32 768
30029090	155,7	165 936	510,2	30 3686
30031000	44,2	3 271	43,5	490,4
30032000	13,7	3 375	14,6	962
30033100	0,1	18	0,5	82
30033900	33,2	14 686	274,5	29 664
30034000	64,0	9 766	31,1	6 245
30039010	0,1	1	70,6	578
30039090	4438,7	246 484	5 407,8	468 656
30041010	1618,7	127 597	664,3	64 933
30041090	314,5	42 553	182,8	21 383
30042010	2670,1	338 569	3 135,3	241 465
30042090	481,4	141 335	400,9	286 504
30043110	632,2	196 053	102,0	47 401
30043190	44,5	11 651	3,8	1 618
30043210	925,4	87 879	785,7	105 211
30043290	4,8	1 993	199,7	37 016
30043910	692,6	460 003	2 183,2	581 466
30043990	175,8	227 176	129,9	264 705
30044010	390,1	66 964	1 200,5	120 960
30044090	96,6	38 083	198,4	24 628
30045010	3 352,7	111 636	11 842,8	405 833
30045090	162,2	34 177	510,4	18 100
30049011	602,6	7 519	348,4	16 559
30049019	57 574,2	2 999 563	87 853,7	4 870 243
30049091	0,1	6	7,6	573
30049099	4 990,7	1 164 538	10 814,8	2 434 812
30051000	3 155,9	183 088	4 101,1	210 704
30059010	790,6	16 184	564,0	7 288
30059031	6 700,7	118 750	1 344,1	29 055
30059051	4 591,3	73 032	953,4	19 322
30059055	1 227,2	23 873	4 765,5	79 244
30059099	2 105,5	76 364	1 128,0	32 502
30061010	32,0	31 522	82,8	19 162
30061090	105,2	84 635	406,9	189 327
30062000	169,0	4 6440	159,0	42 376
30063000	1 176,1	96 833	3 245,3	843 325
30064000	460,7	51 664	673,6	206 329
30065000	42,8	942	493,8	9 440
30066011	49,7	30 895	982,4	234 706
30066019	96,3	132 349	16,5	2 918
30066090	0,2	132	13,7	880
29411010	265	28 705	129	13 524

Tabelle 4.12.5: Ermittlung des Wertes pro Tonne produziertem pharmazeutischem Erzeugnis für das Bezugsjahr 1996 /StaBuA96b/.

VVA - Nr.	Einfuhr [t]	Einfuhr [1000 DM]	Ausfuhr [t]	Ausfuhr [1000 DM]
29411020	107	11 701	108,2	13 991
29411090	297,5	23 366	1 238,3	74 269
29412010	300,3	295	7492,2	7 883
Statt 29412090 Summe aus 29412020 Und 29412080	17 101,5	15 503	5972,8	4493
29413000	2 216,0	79 026	1 573,7	46 226
29414000	118,2	6 673	108,4	6 410
29415000	84,3	12 950	29,2	3 938
29419000	45 838,1	340 932	43 181,7	98 509
Summe	169 956,2	9 628 216	208 906,94	13 824 389,5

Aus Tabelle 4.12.5 ergibt sich ein spezifischer Warenwert von 107 730 DM/t. Aus /VCI97b/ geht hervor, dass 1996 pharmazeutische Erzeugnisse im Umsatzwert von 30,5 Mrd. DM hergestellt wurden. D. h. es wurden 1996 ca. 283 147 t pharmazeutische Erzeugnisse produziert. Dabei wurden ca. 28 315 t Lösemittel eingesetzt. Davon wurden 5 663 t emittiert.

4.12.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Emissionsminderungen ergeben sich nach /LBA93/ häufig bei der Umsetzung von Maßnahmen, die dem Arbeitsschutz dienen. Darüber hinaus sind Minderungspotentiale im Bereich der Aufarbeitung in Zentrifugen und Trockenschränken zu finden. Bis zu 95 % der Lösemittel können durch den Einsatz von Umlufttrocknern eingespart werden. Diese Substitution von Frischlufttrocknern hat in den vergangenen Jahren vermutlich größtenteils schon stattgefunden. Weitere Potentiale zur Emissionsminderung können noch durch den Einsatz von Vakuumtrocknern mit Lösemittelrückgewinnung erschlossen werden. Daneben kann die Menge an eingesetzten Lösemitteln vermutlich noch vermindert werden. Die EU-VOC-Lösemittelrichtlinie sieht folgende Grenzwerte für Anlagen mit einem jährlichen Lösemittelverbrauch von mehr als 50 t vor:

Es dürfen maximal 20 mg C/Nm^3 in Abgasen emittiert werden. Falls Techniken eingesetzt werden, die die Wiederverwendung zurückgewonnener Lösemittel ermöglichen, gilt ein Abgasemissionsgrenzwert von 150 mg C/Nm^3 . Aus neuen Anlagen dürfen nur noch 5 % der eingesetzten Lösemittel diffus emittiert werden, aus bestehenden Anlagen 20 %. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass die Gesamtemission die diffuse Emission nicht überschritten darf. Außerdem ist zu beachten, dass der Grenzwert für die diffuse Emission nicht die Lösemittel berücksichtigt, die als Teil von Erzeugnissen oder Zubereitungen in einem geschlossenen Behälter verkauft werden. Für 1994 wurde angenommen, dass ca. 20% der eingesetzten Lösemittel emittiert wurden. Die Umsetzung der Richtlinie würde bedeuten, dass bis 2007 eine ca. 50 %ige Emissionsminderung stattgefunden haben

wird. Dieses setzt voraus, dass bis zu diesem Zeitpunkt 50 % der Anlagen neu sind und die andere Hälfte der Anlagen schon vor Beschluss der Richtlinie bestanden hat, so dass für diese Hälfte der weniger zwingende Grenzwert gilt.

4.12.7 Anmerkungen

Für den betrachteten Bereich der Herstellung pharmazeutischer Erzeugnisse ist die Datengrundlage mit großen Unsicherheiten behaftet. Eine Verbesserungsmöglichkeit wäre es, wenn die Produktionsstatistik in Zukunft mehr Daten bezüglich der hergestellten Masse an pharmazeutischen Erzeugnissen enthält. Dies scheitert aber bisher vor allem an der statistischen Geheimhaltung. Die verwendete indirekte Ermittlung der produzierten Menge über die Auswertung der Außenhandelsstatistik ist mit hohen Unsicherheiten behaftet. Ebenfalls mit hohen Unsicherheiten ist die Abschätzung der eingesetzten Lösemittelmenge behaftet, sowie der abgeschätzte Emissionsfaktor. Eine besondere Schwierigkeit in diesem Bereich ist die Vielzahl der verschiedenen Synthesen und Aufarbeitungsschritte, bei denen Emissionen auftreten können. So ist damit zu rechnen, dass es auch in Zukunft schwierig sein wird, über grobe Abschätzungen hinaus zu genaueren Emissionsdaten zu gelangen.

4.13 Herstellung von Farben und Lacken

4.13.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60307 mit der Bezeichnung "Paints Manufacturing" zugeordnet. In dieser Quellgruppe treten VOC-Emissionen vor allem beim Erstellen der Rezeptur sowie beim Abfüllen der Gebinde auf. Es werden alle Schritte betrachtet, die bei der Herstellung von Farben und Lacken aus den Rohstoffen bis zur Befüllung der Gebinde auftreten. Diese Schritte sind in Bild 4.3 dargestellt.

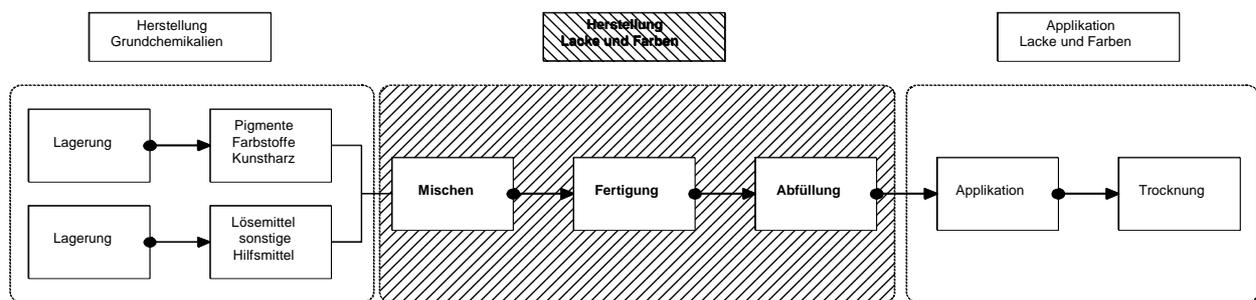


Bild 4.3: Schematische Darstellung der Herstellung von Farben und Lacken von der Herstellung bis zur Applikation.

Lacke und Farben werden in Deutschland hauptsächlich in mittelständisch strukturierten Betrieben hergestellt. Die durchschnittliche Standortgröße hat ein Produktionsvolumen von 5 000-6 000 t sowie 50-100 Mitarbeiter. Die Produktion und Abfüllung findet größtenteils in geschlossenen Anlagen statt /VCI97a/.

4.13.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchs- mengen und Emissionen im Jahr 1994

Nach Tabelle 4.1.7 wurden 1994 ca. 1 609 000 t Farben und Lacke hergestellt. Davon waren 553 404 t lösemittelhaltige Farben und Lacke. Dabei wurden 358 600 t /VCI97a/ flüchtige organische Verbindungen verwendet. Es wurden nach /VCI97a/ bei der Herstellung 5 400 t NMVOC, d. h. ca. 1,5 % der eingesetzten Lösemittelmenge, emittiert. Dies entspricht einem Emissionsfaktor von 9,76 kg pro Tonne hergestelltem lösemittelhaltigem Lack. Die stoffliche Zusammensetzung entspricht dem in Abschnitt 4.1 (Tabelle 4.1.17, Seite 30) dargestellten VOC-Split.

Entsprechend dem Anhang zur 4. BImSchV /4. BImSchV/ sind Anlagen zur Herstellung von Firnis, Lacken und Druckfarben mit einem Lösemiteleinsatz von mehr als 10 t pro Tag genehmigungsbedürftig (0410/2). 1994 wurden in 11 Bundesländern mit 301 420 in der Chemischen Industrie Beschäftigten /EASYSSTAT94/ aus genehmigungsbedürftigen Anlagen 2 161 t NMVOC emittiert. Bundesweit waren 569 885 Personen beschäftigt. Da-

mit wird angenommen, dass bundesweit ca. 4 085 t NMVOC aus genehmigungsbedürftigen Anlagen emittiert wurden.

4.13.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 1 609 000 t Farben und Lacke produziert. Bei der Herstellung von 576 218 t lösemittelhaltiger Farben und Lacke wurden 5 400 t NMVOC emittiert.

4.13.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung sollte die Produktionsstatistik des Fortschreibungsjahres verwendet werden. Die Gesamtmenge an produzierten Farben und Lacken kann dann Tabelle 4.1.18 (Seite 32) entnommen werden. Nach Angaben des Verbandes der Lackindustrie /VC197a/ kann aufgrund der Emissionserklärungen genehmigungsbedürftiger Anlagen bei der Fortschreibung von ca. 0,2 % Lösemittellemission bezüglich des Produktionsvolumens an lösemittelhaltigen Farben und Lacken ausgegangen werden. An dieser Menge wird sich auch in Zukunft wenig ändern. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die diffusen Emissionen aus Produktionsanlagen, Technika und Labors unter ökonomischen Aspekten nicht weiter reduzierbar sind.

Wenn P [t] die im Bezugsjahr produzierte Menge an lösemittelhaltigen Farben und Lacken ist, so werden im Bezugsjahr

$$E[t]=P[t]*0,002$$

an NMVOC emittiert.

P[t] ist Tabelle 4.1.18 (Seite 32) zu entnehmen.

4.13.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 wurden 1 913 855 t Farben und Lacke produziert. Davon waren 540 392 t lösemittelhaltige Farben und Lacke. Somit wurden 1996 ca. 3 500 t Lösemittel bei der Herstellung von Farben und Lacken emittiert.

4.13.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Bei der Herstellung von Farben und Lacken sind für die Zukunft keine Emissionsminderungspotentiale zu sehen. Die meisten Anlagen zur Herstellung von Farben und Lacken sind genehmigungsbedürftig. Es sind in diesen Anlagen praktisch alle Emissionsminderungspotentiale ausgeschöpft. Die verbliebenen diffusen Emissionen sind mit vertretbarem ökonomischem Aufwand kaum vermeidbar. Nur eine geringere Produktion von löse-

mittelhaltigen Farben und Lacken kann zu einer geringeren Emission an NMVOC führen. Die EU-VOC-Lösemittelrichtlinie unterscheidet bei der Herstellung von Beschichtungsstoffen und Klarlacken in zwei Anlagenarten. Zum einen in Anlagen mit einem jährlichen Lösemittelverbrauch von 100 bis 1 000 t pro Jahr und zum anderen in Anlagen mit einem Lösemittelverbrauch von mehr als 1 000 t pro Jahr. Beide Anlagenarten müssen Emissionsgrenzwerte von 150 mg C/Nm^3 einhalten. Für die Anlagen mit 100 bis 1 000 t Lösemittelverbrauch gilt, dass sie 5 % der eingesetzten Lösemittel diffus emittieren dürfen und eine Gesamtemission von 5 % der eingesetzten Lösemittel nicht überschreiten dürfen. Für Anlagen mit einem Lösemittel-Jahresverbrauch von mehr als 1 000 t gilt ein Grenzwert von 5 % der eingesetzten Lösemittelmengen sowie ein Gesamtemissionsgrenzwert von 5 % der eingesetzten Lösemittelmengen.

Insbesondere kleinere und mittlere Unternehmen, die bisher nicht von der 4. BImSchV erfasst waren, werden von der Richtlinie betroffen sein. Jedoch sind für den Bereich der Herstellung von Farben und Lacken in Deutschland kaum Minderungen durch die Lösemittelrichtlinie zu erwarten, da die meisten Hersteller von Farben und Lacken die Emissionsgrenzwerte bereits bei weitem unterschreiten. Es fallen vermutlich ca. 90 % der bestehenden Anlagen unter die Richtlinie.

Allerdings ist auf /Lack99/ hinzuweisen. Dort werden Vorschläge gemacht, wie Unternehmen es zum einen vermeiden können, unter die Lösemittelrichtlinie zu fallen, indem sie ihre Einsatzmengen reduzieren. Weiterhin ist beschrieben, wie sie, wenn sie von der Richtlinie erfasst sind, die Emissionen reduzieren können. Die Einsatzmengen können danach durch folgende Maßnahmen reduziert werden:

- Lösemittelrückgewinnung,
- Umstellung auf wässrige Behälterreinigung.

Emissionen können durch Umstellung der Produktion reduziert werden:

- Schulung von Mitarbeitern,
- Umstellung von Kleingebinde auf Großgebinde,
- Umstellung der Dosierung auf vollautomatische geschlossene Systeme,
- Umstellung der Produktion von einer linearen bestellorientierten Produktion ("Grundaufbereitung") auf "Halbfabrikatfertigung",

Diese Primärmaßnahmen können dem einzelnen Hersteller durch das Einsparen von Material und Personal auch wirtschaftliche Vorteile bringen. Emissionen können auch durch Abluftreinigungsmaßnahmen reduziert werden. Darüber hinaus können die Lösemittelmmissionen auch durch produktintegrierte Ansätze reduziert werden. Durch die vermehrte Herstellung von Pulver- und Wasserlacken bzw. lösemittelarmen Lacksystemen werden auch bei den Herstellern die NMVOC-Emissionen reduziert.

4.14 Herstellung von Druckfarben

4.14.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60308 mit der Bezeichnung "Ink Manufacturing" zugeordnet. Der Begriff Ink (engl.) bedeutet im Deutschen sowohl Druckerschwärze als auch Tinte. In der Produktionsstatistik /StaBuA94a/ sind die Druckfarben unter den in Tabelle 4.14.1 aufgeführten GP89-Nummern zu finden.

Tabelle 4.14.1: Bezeichnung der Quellgruppe Druckfarben anhand des systematischen Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989(GP89) /StaBuA89/

GP89-Meldenummern	Bezeichnung
	Druckfarben u. Druckereihilfsmittel für grafische Zwecke Druckfarben:
4673 11	Lösemittelfrei
4673 15	Auf der Basis wässriger oder wäss.-alk. Lösungsmittel
4673 19	Andere
4674 90	Künstlerfarben
4985 80	Tinten; Farben für Stempelkissen, und Vervielfältigungsapparate.

Die Produktion von Druckereihilfsmitteln wird hier nicht berücksichtigt. Die dabei entstehenden NMVOC-Emissionen sind in Abschnitt 4.21 unter der Produktion von Feinchemikalien subsumiert. Bei der Ermittlung der NMVOC-Emissionen ist es sinnvoll, nur Mengen an produzierten Druckfarben zu berücksichtigen, die auf wässrigen bzw. lösemittelhaltigen Systemen beruhen. Tinten sind in der Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamtes unter der GP89-Meldenummer 4985 80 zu finden und auch in dieser Quellgruppe zu berücksichtigen. Auch die Herstellung von Unterrichts- und Künstlerfarben sollte in dieser Quellgruppe Berücksichtigung finden. Bei Unterrichtsfarben handelt es sich in erster Linie um sogenannte "Wasserfarben", die somit bei der Ermittlung von NMVOC-Emissionen keine Rolle spielen. Künstlerfarben sind meist Ölfarben und Pasten. Ölfarben bestehen zu ca. 85 % aus Pigmenten und zu 15 % aus pflanzlichen Ölen oder Testbenzinen. Künstlerfarben sind in der Produktionsstatistik unter der GP89-Meldenummer 4674 90 berücksichtigt.

4.14.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

In einer Studie des VCI /VCI97a/ wird die Produktionsmenge und der VOC-Gehalt disaggregiert nach Druckfarbensorten der 1995 produzierten Druckfarben angegeben. Dies ist in Tabelle 4.14.2 dargestellt.

Tabelle 4.14.2: Produktionsmengen und VOC-Gehalte bei der Herstellung von Druckfarben in der Bundesrepublik Deutschland 1995 /VCI97a/

Druckfarbensorte	Produktionsmenge [t]	VOC-Gehalt [%]	VOC-Gehalt [t]
Illustrationstiefdruck	119 100	50	59 550
Offsetdruck	97 800	0	0
Offset-UV	800	0	0
Flexodruck, lösem.	13 200	60	7 920
Flexodruck, wässrig	8 000	5	400
Spezialtiefdruck, lösem.	25 900	60	15 540
Spezialtiefdruck, wässrig	14 900	5	745
Hochdruckrotation	2 500	0	0
Siebdruck (industriell und gewerblich)	6 100	50	3 050
Sonstige	1 700	50	850
Summe	290 000		88 055

Aus Tabelle 4.14.2 geht hervor, dass 1995 ca. 166 000 t lösemittelhaltige Druckfarben und 22 900 t wässrige Druckfarben produziert wurden. Lösemittelhaltige Druckfarben enthalten im Mittel 52,3 % Lösemittel, während wässrige Druckfarben im Schnitt ca. 5 % an VOC enthalten /VCI97a/. Insgesamt wurden 88 055 t VOC eingesetzt. Nach Angaben des Verbandes der Druckindustrie (VdD) /VCI97a/ wurden davon ca. 1 %, d. h. 881 t bei der Herstellung emittiert. Hierbei wurde berücksichtigt, dass bei allen Herstellern von Druckfarben Abluftreinigungsanlagen installiert sind. Damit wurden 1995 ca. 10 kg NMVOC pro Tonne bei der Herstellung von Druckfarben eingesetzter Lösemittel emittiert.

Zur Ermittlung der an Druckfarben, Tinten und Künstlerfarben 1994 in der Bundesrepublik Deutschland produzierten Menge wird die Produktionsstatistik /StaBuA94a/ herangezogen. In Tabelle 4.14.3 sind die unter den entsprechenden GP89-Nummern angegebenen Produktionsmengen aufgeführt.

Tabelle 4.14.3: Produktionsmengen an Druckfarben und Tinten in der Bundesrepublik Deutschland 1994/StaBuA94a/

GP89-Meldenummer	Bezeichnung	Produktionsmenge 1994 [t]
4673 11	Druckfarben lösemittelfrei	93 485
4673 15	Druckfarben auf der Basis wässriger oder wäss.-alk. Lösungsmittel	22 100
4673 19	Andere Druckfarben (lösemittelhaltig)	189 323
4985 80	Tinten, Farben f. Stempelkissen und Vielfältigungsapparate	1 889
4674 90	Künstlerfarben	1 893

Es wurden nach Angaben der Produktionsstatistik 1994 /StaBuA94a/ 189 323 t lösemittelhaltige Druckfarben und 22 100 t wässrige Druckfarben produziert. Die Produktionsstatistik berücksichtigt allerdings nur ca. 95 % der produzierten Menge, da z. B. Betriebe mit weniger als 20 Beschäftigten gar nicht erfasst werden. Damit wurden 1994 in der Bundesrepublik ca. 199 287 t lösemittelhaltige Druckfarben hergestellt, sowie 23 263 t wässrige Druckfarben. Dabei wurden 104 227 t NMVOC für die lösemittelhaltigen Druckfarben eingesetzt und 1 163 t für die wässrigen. Insgesamt wurden 1994 zur Herstellung

von Druckfarben 105 390 t Lösemittel eingesetzt. Davon wurden 1 054 t emittiert. Zusätzlich müssen in dieser Quellgruppe noch die Emissionen bei der Herstellung von Tinten berücksichtigt werden. 1994 wurden 1 889 t Tinte in der Bundesrepublik Deutschland produziert. Im Allgemeinen haben wasserbasierte Tinten einen Lösemittelanteil von maximal 10 % /Otto97/, d. h. es wurden bei der Herstellung von Tinten ca. 190 t Lösemittel verwendet. Wenn angenommen wird, dass ca. 1 % der eingesetzten Lösemittel bei der Herstellung emittiert wird, resultieren daraus dies ca. 2 t emittierte VOC.

Darüber hinaus wurden 1994 noch 1 893 t Künstlerfarben, die einen mittleren Lösemittelgehalt von 15 % aufwiesen, produziert. Von den eingesetzten ca. 284 t Lösemittel wurden ca. 1 %, d. h. ca. 3 t emittiert. Hauptsächlich handelt es sich hierbei um pflanzliche Öle bzw. Testbenzine.

Eine Auswertung der Emissionserklärungen für die Herstellung von Druckfarben ist nicht sinnvoll. Genehmigungsbedürftige Anlagen dieses Bereiches wurden zusammen mit den Produktionsanlagen für Lacke und Firnisse betrachtet. Die dabei erhaltenen Ergebnisse wurden bereits in Abschnitt 4.13.2 (Seite 99) dargestellt.

4.14.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 199 287 t lösemittelhaltige und 23 563 t wässrige Druckfarben produziert. Dabei wurden 105 390 t Lösemittel eingesetzt, und es wurden 1 054 t emittiert. Zusätzlich wurden bei der Produktion von 1 889 t Tinte 190 t Lösemittel eingesetzt, wovon ungefähr 2 t emittiert wurden. Bei der Herstellung von 1 893 t Künstlerfarben, die ca. 284 t Lösemittel enthielten, wurden ca. 3 t NMVOC emittiert. Insgesamt wurden in dieser Quellgruppe im Jahr 1994 ca. 1 059 t NMVOC emittiert.

4.14.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Bei der Fortschreibung ist auch bei dieser Quellgruppe die 1995 erfolgte Umstellung der Produktionsstatistik von GP89 auf GP 95 zu berücksichtigen. In Tabelle 4.14.4 ist die Zuordnung von GP89-Meldenummern zu GP95-Nummern dargestellt.

Tabelle 4.14.4: Zuordnung von GP89-Meldenummern zu GP95-Meldenummern
/StaBuA89/, /StaBuA95/

GP-89-Meldenummer	GP95-Meldenummer	Bezeichnung entsprechend GP95
		Druckfarben, schwarze Druckfarben
4673 11 4673 15 467319	2430 24 530	für Lithographie
4673 11 4673 15 4673 19	2430 24 550	Für Flexographie
4673 11 4673 15 4673 19	2430 24 590	Für andere Verwendung
		Druckfarben, andere Druckfarben
4673 11 4673 15 4673 19	2430 24 730	für Lithographie
4673 11 4673 15 4673 19	2430 24 750	Für Flexographie
4673 11 4673 15 4673 19	2430 24 790	Für andere Verwendung
4674 90	2430 23 700 2430 23 500	Farben für Kunstmaler, nicht in Zusammenstellungen Farben für Kunstmaler, in Zusammenstellungen
4985 80 ex4985 99 (sonst. chem. Bürobedarf)	2466 20 000	Tinte und Tusche zum Schreiben oder zeichnen u. ä., auch konzentriert oder in fester Form (ohne Druckfarben)

Bei der systematischen Einteilung gemäß GP 95 ist es nicht mehr möglich, lösemittelfreie von lösemittelhaltigen bzw. wässrigen Druckfarben zu unterscheiden. Deshalb ist es sinnvoll, zur Ermittlung der insgesamt eingesetzten VOC-Menge die Gesamtsumme der nach /VCI97a/ hergestellten Druckfarben ins Verhältnis zur 1995 angegebenen Gesamtmenge an enthaltenen VOC zu setzen. 1995 wurden 290 000 t hergestellt, die 88 055 t VOC enthielten. Daraus ergibt sich eine Menge von 0,3 t VOC pro Tonne an hergestellter Druckfarbe.

Die GP95-Meldenummer für Tinten berücksichtigt neben Tinten auch noch teilweise den chemischen Bürobedarf. Da die VOC-Emission 1994 nur ca. 2 t betrug und damit nicht als relevant zu betrachten ist, kann die Emissionsmenge für die Produktion mit 2 t / Jahr konstant fortgeschrieben werden. Ansonsten wird die Gesamtsumme P an produzierten Druckfarben und die Menge an hergestellten Künstlerfarben gemäß Tabelle 4.14.5 aus der Produktionsstatistik des Fortschreibungsjahres ermittelt.

Tabelle 4.14.5: Ermittlung der produzierten Menge an Druckfarben und Künstlerfarben für das Fortschreibungsjahr

GP95-Meldenummer	Produktionsmenge [t]
2430 23 500	P1
2430 23 700	P2
2430 24 530	P3
2430 24 550	P4
2430 24 590	P5
2430 24 730	P6
2430 24 750	P7
2430 24 790	P8
Summe	P=P3+P4+P5+P6+P7+P8

Die Ermittlung der Menge an verwendeten Lösemitteln L [t] zur Produktion von P [t] Druckfarben für das Fortschreibungsjahr erfolgt gemäß folgender Gleichung.

$$L [t] = P[t] * 0,3.$$

Die Menge der emittierten NMVOC E [t] ergibt sich aufgrund der Gleichung:

$$E[t] = L[t]*0,01.$$

Hinzu kommt noch die Menge der bei der Herstellung von Künstlerfarben verwendeten (LK [t]) und emittierten (EK [t]) Menge an NMVOC, die entsprechend der folgenden Gleichungen berechnet wird. PK [t] ist hier die Menge der im Bezugsjahr produzierten Künstlerfarben.

$$LK[t] = (P1[t]+P2[t])*0,15.$$

$$EK[t] =LK[t] * 0,01.$$

4.14.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 wurden folgende in Tabelle 4.14.6 angegebenen Mengen an Druckfarben und Künstlerfarben hergestellt.

Tabelle 4.14.6: Ermittlung der 1996 in der Bundesrepublik hergestellten Druckfarben und Künstlerfarben/StaBuA96a/

GP95-Meldenummer	Produktionsmenge [t]
2430 23 500	1 430
2430 23 700	2 003
2430 24 530	61 367
2430 24 550	1 482
2430 24 590	20 486
2430 24 730	42 673
2430 24 750	38 660
2430 24 790	157 196
Summe	325 297

Damit wurden 1996 in der Bundesrepublik Deutschland 325 297 t Druckfarben hergestellt.

Dabei wurden

$$L[t] = 0,3 \cdot 321\,864\text{ t} = 96\,559\text{ t}$$

Lösemittel eingesetzt, wovon

$$E[t] = 96\,559\text{ t} \cdot 0,01 = 966\text{ t}$$

NMVOC emittiert wurden.

Außerdem wurden 3 433 t Künstlerfarben produziert, die

$$LK[t] = 3\,433\text{ t} \cdot 0,15 = 515\text{ t}$$

Lösemittel enthielten, davon wurden

$$EK[t] = 555\text{ t} \cdot 0,01 = 6\text{ t}$$

als NMVOC emittiert.

Wenn noch die 2 t bei der Herstellung von Tinten emittierten VOC berücksichtigt werden, so wurden 1996 bei der Herstellung von Druckfarben, Künstlerfarben und Tinten insgesamt ca. 974 t flüchtige organische Verbindungen emittiert.

4.14.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Bis 2007 werden nach /VCI97a/ für den Bereich der Herstellung von Druckfarben, Tinten und Künstlerfarben nur noch 0,2 % der eingesetzten Lösemittel emittiert. D. h. es werden statt 1 059 t im Jahr 1994 nur noch 212 t im Jahr 2007 an VOC emittiert werden.

Nach Umsetzung der EU-VOC-Richtlinie /VOC-Richtlinie99/ im Jahr 2004 bzw. 2007 gelten folgende Grenzwerte:

Für Anlagen mit 100-1 000 t an Jahreslösemittelverbrauch gilt ein Abgasemissionsgrenzwert von 150 mgC/Nm³ sowie ein Grenzwert für die diffusen Emissionen von 5 % der eingesetzten Lösemittel. Für neue Anlagen mit mehr als 1 000 t Jahreslösemittelverbrauch gilt ebenfalls ein Abgasemissionsgrenzwert von 150 mg C/Nm³, aber es dürfen nur 3 % der eingesetzten Lösemittel diffus emittiert werden. Der Grenzwert für diffuse Emissionen bezieht sich nicht auf Lösemittel, die als Teil der Druckfarben in einem geschlossenen Behälter verkauft werden.

4.15 Herstellung von Klebstoffen

4.15.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60309 mit der Bezeichnung "Glues Manufacturing" zugeordnet. Dieser Quellgruppe wird die Produktion aller Klebstoffarten zugeordnet, einschließlich der Kautschukklebstoffe und Gummilösungen. Die Produktion von Klebebändern wird nicht berücksichtigt. Die hergestellte Menge an Klebstoffen wird anhand der Produktionsstatistik /StaBuA94a/ ermittelt. Klebstoffe sind in der Produktionsstatistik unter den in Tabelle 4.15.1 dargestellten GP89-Meldenummern berücksichtigt.

Tabelle 4.15.1: GP 89-Meldenummern der Klebstoffe in der Produktionsstatistik /StaBuA89/

GP89-Meldenummer	Bezeichnung
491300	Kaseinkaltleime, berechnet auf Trockensubstanz
491400	Andere Leime tierischen Ursprungs
491500	Pflanzliche Klebstoffe (ohne Kautschukklebstoffe)
	Synthetische Klebstoffe (ohne Kautschukklebstoffe)
491711	-wasserlöslich, in wässriger Emulsion oder Dispersion
491713	-in organischen Lösemitteln
491719	-ungelöste u. a. synth. Klebstoffe
491800	Schmelzklebstoffe
491900	Sonst. Klebstoffe (ohne Kautschukklebstoffe)
592910	Kautschukklebstoffe (einschl. Gummilösung)

Es muss darauf hingewiesen werden, dass Kautschukklebstoffe in der GP89-Systematik der Produktionsstatistik nicht unter chemischen Erzeugnissen sondern unter Gummiwaren aufgeführt sind.

4.15.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchs- mengen und Emissionen im Jahr 1994

Um die Menge der 1994 in der Bundesrepublik Deutschland produzierten Klebstoffe zu ermitteln, wird die Produktionsstatistik herangezogen. Die dieser Statistik entnommenen Zahlen sind in Tabelle 4.15.2 dargestellt.

Tabelle 4.15.2: Produktionsmengen der 1994 in der Bundesrepublik Deutschland hergestellten Klebstoffe/StaBuA94a/

GP89-Meldenummer	Produktionsmenge [t]
491300	10 551
491400	Ca. 8 000 (abgeschätzt)
491500	63 164
491711	237 656
491713	42 514
491719	22 636
491800	51 544
491900	33 426
592910	21 562
Summe	491 053

Nach Angaben des Industrieverbandes Klebstoffe (IVK) /VCI97a/ wurden 1994 aufgrund einer verbandsinternen Statistik $512\,000 \cdot 1,12/1,16 = 494\,345$ t Klebstoffe hergestellt. Die Differenz, die sich bei einem Vergleich von Produktionsstatistik und verbandsinterner Statistik ergibt, ist zum einen damit zu erklären, dass in der Produktionsstatistik nur Betriebe mit mehr als 20 Beschäftigten erfasst werden, zum anderen ist zu der GP-89 Meldenummer 491 400 keine Angabe in der Produktionsstatistik veröffentlicht. Die Mengenentwicklung von 1988 bis 1995 wurde vom IVK in /VCI97a/ veröffentlicht. Dabei wurden nach Angaben des IVK ca. $39\,885 \cdot 0,88/0,83 = 42\,288$ t Lösemittel eingesetzt. Der Einsatz von Abluftreinigungsanlagen reduziert die emittierte Menge auf ca. 1 %, d. h. es wurden 1994 bei der Klebstoffherstellung ca. 423 t Lösemittel emittiert. In der /VCI97a/ schlüsselt der IVK die eingesetzten Lösemittel nach Stoffklassen auf. Das Ergebnis dieser Disaggregation nach Stoffklassen ist in Tabelle 4.15.3 dargestellt:

Tabelle 4.15.3: Disaggregation der bei der Klebstoffherstellung eingesetzten Lösemittel nach Stoffklassen /VCI97a/

Stoffklasse	Anteil [%]	Einsatzmenge [t]	Emissionsmenge [t]
Aromaten	8	3890	39
Aliphaten	24	11 502	115
Ester	5	2 207	22
Ketone	42	19 867	199
Alkohole	6	2 622	26
Chlorkohlenwasserstoffe	16	7520	75
Summe	100	42 288	476

Nach Angaben von /Nader94/ und der daraus resultierenden Tabelle 4.2.7 (Seite 47) wurden 1994 bei der Herstellung und Verarbeitung von Klebstoffen 7 520 t Chlorkohlenwasserstoffe eingesetzt. Dies entspricht einer Differenz von 5 321 t zwischen beiden Quellen /Nader94/ /VCI97a/. Diese Menge wird hier zusätzlich berücksichtigt. Außerdem verändern sich die prozentualen Anteile der einzelnen Stoffklassen durch die Berücksichtigung dieser Diskrepanz gegen über /VCI97a/ etwas. Damit ergibt sich für 1994 eine Lösemittelleinsatzmenge von 47 609 bei der Herstellung von Klebstoffen. Es wurden somit 1994 in Deutschland bei der Herstellung von Klebstoffen 476 t NMVOC emittiert.

4.15.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 494 345 t Klebstoffe hergestellt. Dabei wurden 47 609 t Lösemittel eingesetzt. Hiervon wurden ca. 1 %, d. h. 476 t als NMVOC emittiert. Es wurden ca. 39 t Aromaten, 115 t Aliphaten, 199 t Ketone, sowie 25 t Alkohole, 22 t Ester und 75 t Chlorkohlenwasserstoffe emittiert.

4.15.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung werden - angelehnt an die Ermittlung der Verbrauchsmengen und Emissionen - Daten und Abschätzungen des IVK /VCI97a/ sowie Daten der Produktionsstatistik verwendet. Dazu muss die Umstellung der Systematik der Produktionsstatistik von GP89 auf GP 89 /StaBuA95/ berücksichtigt werden. In Tabelle 4.15.4 sind GP89-Meldenummern den entsprechenden GP95-Meldenummern gegenübergestellt.

Tabelle 4.15.4: Gegenüberstellung von GP89-Meldenummern und GP95-Meldenummern /StaBuA95/

GP89-Meldenummer	GP95 - Meldenummer	Bezeichnung entsprechend GP95
491300	2462 10 130	Caseinleime in allen Verpackungsgrößen
491400	2462 10 500	andere Leime tierischen Ursprungs in allen Verpackungsgrößen
491500	2462 10 600 2462 10 701 2462 10 900	Leime auf der Grundlage von Stärken, Dextrinen, oder anderen modifizierten Stärken; Pflanzliche Klebstoffe; Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg
491711	2462 10 702 2462 10 805 2462 10 900	Synthetische Klebstoffe, wasserlöslich in wässriger Emulsion oder Dispersion (Klebstoffe) Synthetische Klebstoffe, wasserlöslich in wässriger Emulsion oder Dispersion (Kautschuk- und Kunststoffklebstoffe) Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg
491713	2462 10 807 2462 10 703 2462 10 900	Synthetische Klebstoffe inorganischen Lösemitteln (Kautschuk- und Kunststoffklebstoffe) Synthetische Klebstoffe inorganischen Lösemitteln (Klebstoffe) Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg
491719	2462 10 900 2462 10 704 2462 10 809	Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg Andere synthetische Klebstoffe (Klebstoffe) Andere synthetische Klebstoffe (Kautschuk- und Kunststoffklebstoffe)
491800	2462 10 900 2462 10 705 2462 10 801	Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg Schmelzklebstoffe (Klebstoffe) Schmelzklebstoffe (Kautschuk- und Kunststoffklebstoffe)
491900	2462 10 900 2462 10 709 2462 10 809	Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg Andere Klebstoffe Andere synthetische Klebstoffe
592910	2462 10 803 2513 20 150	Kautschukleime Kautschuklösungen, Dispersionen (ohne solche mit Zusatz von Ruß oder Siliziumdioxid)

Die Zahlen bezüglich der produzierten Menge an Klebstoffen unterscheiden sich für 1994 nicht wesentlich (ca. 0,6 %). der IVK schlägt für 1995 auf die bei internen Erhebungen ermittelten Produktionsmengen einfach 3 % auf. Dieses Verfahren kann für die Fortschreibung übernommen werden. Für die GP95-Meldenummern 2462 10 500 und 2462 10 705 werden aus Gründen der Geheimhaltung keine Mengen- bzw. Wertangaben veröffentlicht. Diese unbekanntes Größen sind vermutlich durch den Faktor 1,03 miterfasst. Die im Fortschreibungsjahr produzierte Menge Klebstoffe wird entsprechend Tabelle 4.15.5 ermittelt.

Tabelle 4.15.5: Ermittlung der in Bundesrepublik Deutschland Produktionsmenge an Klebstoffezeugnissen für das Fortschreibungsjahr

GP95-Meldenummer	Produktionsmenge [t]
2462 10 130	P1
2462 10 500	P2
2462 10 600	P3
2462 10 701	P4
2462 10 702	P5
2462 10 703	P6
2462 10 704	P7
2462 10 705	P8
2462 10 709	P9
2462 10 801	P10
2462 10 803	P11
2462 10 805	P12
2462 10 807	P13
2462 10 809	P14
2462 10 900	P15
2513 20 150	P16
Summe	$P = \sum P(l) \quad (l=1-16)$

Im Fortschreibungsjahr werden somit in der Bundesrepublik Deutschland

$$PK[t] = P[t] * 1,03$$

Klebstoffe produziert. 1994 wurden bezogen auf die produzierte Menge ca. 9,6 % Lösemittel eingesetzt. Wenn man davon ausgeht, dass dieser Wert in den folgenden Jahren konstant bleibt, so ergibt sich im Fortschreibungsjahr ein Lösemittelleinsatz von

$$L[t] = PK[t] * 0,096.$$

Nach Angaben des IVK werden die Emissionen bis 2007 durch Umsetzung der Lösemittelrichtlinie um 15 % reduziert. Dies soll vor allem durch Abluftreinigungsverfahren geschehen.

Wenn dies mitberücksichtigt werden soll, so werden unter der Voraussetzung, dass keine weiteren Emissionsminderungsmaßnahmen ergriffen werden,

$$E[t] = L[t] * F$$

im Fortschreibungsjahr emittiert.

Der Faktor F ist vom Fortschreibungsjahr abhängig. Im Jahr 1994 beträgt er 0,01 und im Jahr 2007 0,0085, in den dazwischen liegenden Jahren nimmt er linear ab, entsprechend folgender Gleichung, in der J das Fortschreibungsjahr bedeutet.

$$F[-] = 8,5 * 10^{-3} + (2007 - J) * 1,25 * 10^{-4}$$

4.15.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Zunächst wird die Menge der in der Bundesrepublik Deutschland produzierten Klebstoffe nach der in Tabelle 4.15.5 beschriebenen Methode in Tabelle 4.15.6 anhand der Produktionsstatistik ermittelt.

Tabelle 4.15.6: Ermittlung der 1996 in der Bundesrepublik Deutschland produzierten Menge an Klebstoffherzeugnissen anhand der /StaBuA96a//

GP95-Meldenummer	Produktionsmenge [t]
2462 10 130	14 206
2462 10 500	k.A.
2462 10 600	12 358
2462 10 701	4 731
2462 10 702	66 769
2462 10 703	7 033
2462 10 704	3 877
2462 10 705	k.A.
2462 10 709	4 055
2462 10 801	49 636
2462 10 803	4 810
2462 10 805	145 937
2462 10 807	33 689
2462 10 809	21 572
2462 10 900	86 976
2513 20 150	1 187
Summe	P=456 836

Damit wurden 1996 in der Bundesrepublik Deutschland $PK[t] = 470\,541$ t Klebstoffe hergestellt. Dabei wurden 45 172 t Lösemittel eingesetzt und davon 446 t Lösemittel emittiert.

4.15.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Nach Angaben des IVK /VCI97a/ können bis 2007 bei der Klebstoffherstellung bzw. Klebstoffformulierung durch Verbesserung von Abluftreinigungsmaßnahmen noch ca. 15 % der Emissionen eingespart werden. Nach Umsetzung der EU-VOC-Richtlinie /VOC-Richtlinie99/ im Jahr 2004 bzw. 2007 gelten folgende Grenzwerte:

Für Anlagen mit 100 - 1 000 t Jahreslösemittelverbrauch gilt ein Abgasemissionsgrenzwert von 150 mg C/Nm^3 sowie ein Grenzwert für die diffusen Emissionen von 5 % der eingesetzten Lösemittel. Für neue Anlagen mit mehr als 1 000 t Jahreslösemittelverbrauch gilt ebenfalls ein Abgasemissionsgrenzwert von 150 mg C/Nm^3 , aber es dürfen nur 3 % der eingesetzten Lösemittel diffus emittiert werden. Der Grenzwert für diffuse Emissionen bezieht sich nicht auf Lösemittel, die als Teil der Klebstoffe in einem geschlossenen Behälter verkauft werden.

4.16 Asphaltverarbeitung und Herstellung

4.16.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60310 mit der Bezeichnung "Asphalt blowing" zugeordnet. Der Begriff Asphalt Blowing (engl.) bedeutet übersetzt "Asphalt Blasen". Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass der englische Bezeichnung "Asphalt" im deutschen Sprachraum "Bitumen" entspricht. Grundsätzlich sind Bitumen und Asphalt in ihren Eigenschaften unterschiedlich. Daneben gibt es noch die Begriffe Teer und Pech. Um die Unterschiede zu definieren, werden die Begriffe im Folgenden erläutert /BPAG89/

Bitumen

sind die dunkelbraunen bis tiefschwarzen Rückstände, die bei schonender Destillation von atmosphärischem Rückstand im Vakuumturm bei der Rohöldestillation anfallen.

Asphalte

sind natürlich vorkommende oder technisch hergestellte Gemische aus Bitumen und Mineralstoffen. Das Bitumen wirkt in diesem Gemisch als Bindemittel, welches die Mineralstoffe zusammenhält.

Teer und Pech

sind Gemische von Reaktionsprodukten, die bei der Verkokung von Kohle entstehen.

Unter "Asphalt Blowing" wird im Rahmen dieser Studie das Blasen von Bitumen verstanden. Nach /BPAG89/ wird das entstehende Produkt auch Oxidations- oder Industriebitumen genannt. Beim Herstellungsprozess wird durch den aus der Rohöldestillation gewonnenen Bitumen Luft bei einer Temperatur von 200 °C bis 300 °C durchgeblasen. Dabei entsteht durch Oxidations- und Dehydrierungsreaktionen weicher Bitumen. Geblasener Bitumen wird vor allem für Dach- und Dichtungsbahnen, Isoliermassen, Anstriche, Schutz- und Vergussmassen sowie von der Bautenschutz-, Kabel- und Behälterindustrie verwendet.

4.16.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Entsprechend der Statistik der Mineralölwirtschaft /MWV96/ wurden 1994 4 200 000 t Bitumen produziert. Die Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamtes /StaBuA94a/ liefert für die Produktion von Bitumen und Bitumenemulsionen keine Angaben über die Produktion. Lediglich die Absatzmenge wird mit 2 112 567 t angegeben.

Ca. 10 % des produzierten Bitumens werden nach Angaben der Arbeitsgemeinschaft der Bitumenindustrie e.V. /Bitumen98/ als geblasener Bitumen produziert, d. h. 1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 420 000 t geblasenes Bitumen produziert.

Zur Berechnung der dabei entstandenen VOC-Emissionen werden Emissionsfaktoren von /Passant93b/ herangezogen. Hier wird zwischen der Herstellung von geblasenem Bitumen mit und ohne anschließende Abgasreinigung unterschieden. Für das abgasgereinigte Bitumenblasen wird ein Emissionsfaktor von 0,54 kg/t Bitumen angegeben, für das Bitumenblasen ohne Abgasreinigung wird ein Emissionsfaktor von 27 kg / t geblasenem Bitumen angegeben. Da das Bitumen in den Raffinerien geblasen wird und davon auszugehen ist, dass sekundäre Abluftreinigungsmaßnahmen eingesetzt werden, ist es sinnvoll, einen Emissionsfaktor von 0,54 kg/t geblasenes Bitumen anzunehmen. Damit wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 227 t VOC beim Blasen von Bitumen emittiert. /Passant93b/ gibt auch eine Disaggregation nach Stoffen an, die er in Anlehnung an das VOC-Profil der Emissionen aus Raffinerien abgeschätzt hat, und die in Tabelle 4.16.1 dargestellt ist.

Tabelle 4.16.1: Disaggregation der beim Blasen von Bitumen emittierten Stoffe /Passant93b/

Stoff	Anteil [%]	Emission 1994 [t]
Ethan	6	13,6
Propan	18,8	42,7
Butane	30,5	69,2
Pentane	17,2	39,0
Hexane	8,4	19,1
Heptane	9,8	22,2
Oktane	7,4	16,8
Cycloparaffine	1,9	4,3
Benzol	0,1	0,2
Summe	100,1	227,1

Entsprechend des Anhangs zur 4. BImSchV /4. BImSchV/ sind folgende Anlagenarten genehmigungsbedürftig:

- Bitumenschmelz-/Mischanlagen mit einer Produktionskapazität von mehr als 200 t pro Stunde (0215/1)
- Bitumenschmelz-/Mischanlagen mit einer Produktionskapazität von weniger als 200 t pro Stunde (0215/1)

Nach den Emissionserklärungen emittierten diese Anlagen in 11 Bundesländern mit 301 420 in der Chemischen Industrie Beschäftigten insgesamt 756 t NMVOC. Bundesweit ergibt sich daraus bei 569 885 Beschäftigten eine Emissionsmenge von ca. 1 429 t. Die Diskrepanz hängt vermutlich damit zusammen, dass die Anlagen zum Bitumenblasen nur einen Teil der genehmigungsbedürftigen Anlagen mit den entsprechenden BImSchV-Nummern darstellen.

4.16.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 4 200 000 t Bitumen produziert, davon ca. 420 000 t als geblasener Bitumen. Die Produktion fand in abgasgereinigten Anlagen statt, so dass 1994 in der Bundesrepublik Deutschland beim Blasen von Bitumen ca. 227 t NMVOC emittiert wurden.

4.16.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung der Produktionsmengen und Emissionen für das Fortschreibungsjahr kann der Jahresbericht des MWV herangezogen werden. Unter der Rubrik Raffinerieerzeugung ist die Menge B[t] an im Fortschreibungsjahr in der Bundesrepublik Deutschland erzeugtem Bitumen angegeben. Die Menge an geblasenem Bitumen ergibt sich dann anhand folgender Gleichung:

$$P[t] = B[t] \cdot 0,1$$

Die dabei emittierte Menge ergibt sich gemäß:

$$E[t] = P[t] \cdot 0,54[\text{kg/t}] \cdot 1/1000$$

4.16.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Nach Angaben MWV /MWV97/ wurden 1996 in der Bundesrepublik Deutschland 3 419 000 t Bitumen, d. h. ca. 341 900 t geblasenes Bitumen erzeugt. Dabei wurden ca. 185 t flüchtige organische Verbindungen emittiert.

4.16.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Für diese Quellgruppe sind für die Zukunft keine signifikanten Minderungspotentiale zu erkennen, da die Anlagen, in denen Bitumen geblasen wird, bereits der 4. BImSchV (2.15o.SW; 10.04 o. SW.) /4. BImSchV/ unterliegen und Abgasreinigungssysteme besitzen.

4.17 Herstellung von Haftmaterialien

4.17.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60311 mit der Bezeichnung "Adhesives, Magnetic Tapes, Films and Photographs Manufacturing" zugeordnet. Dieser sehr heterogen strukturierte SNAP94-CODE wird im Folgenden in drei Kapitel (4.17; 4.18; 4.19) untergliedert. In diesem Kapitel werden nur die Emissionen bei der Produktion von "adhesives", d. h. die Herstellung von Haftmaterialien bzw. Klebebänder, abgeschätzt. Nach /VCI97a/ wurden 1995 in 65 % der Betriebe zur Herstellung von Klebebändern Lösemittel verwendet. In 15 % der Betriebe wurden Dispersionen verwendet, und in 20 % der Betriebe wurden die Bänder mit Schmelzklebstoffen beschichtet.

4.17.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Grundlage der Ermittlung der Lösemittelverbräuche und der NMVOC-Emission bei der Klebebandherstellung ist /VCI97a/. Die Produktionsstatistik ist bezüglich Klebebändern nur in begrenztem Umfang aussagekräftig. In der /VCI97a/ ist für die Jahre 1988 und 1995 der Lösemittelseinsatz sowie die Lösemittlemission bei der Klebebandherstellung angegeben. Die Zahlen beruhen auf internen Erhebungen des IVK. In Tabelle 4.17.1 sind die entsprechenden Daten aufgeführt sowie die vom IVK prognostizierte Menge an eingesetzten Lösemitteln und Lösemittlemissionen für 2007/VCI97a/.

Tabelle 4.17.1: Einsatzmengen und Emissionen für 1995 und 2007 bei der Klebebandherstellung /VCI97a/

Jahr	Lösemittelseinsatz		Lösemittlemissionen	
	Menge [t]	Menge [t]	Anteil [%]	
1988	16 650	675	4	
1995	15 560	415	2,7	
2007	13 000	200	1,5	

Für 1994 ist zu erwarten, dass ähnliche Mengen Lösemittel zur Klebebandherstellung verwendet und emittiert wurden, wie 1995.

4.17.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 15 560 t Lösemittel zur Klebebandherstellung eingesetzt. Dabei wurden ca. 415 t Lösemittel emittiert.

4.17.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung werden die Daten aus der /VC197a/ verwendet. Nach Tabelle 4.16.2.1 werden im Zeitraum von 1995 bis 2007 ca. 2 560 t weniger Lösemittel zur Klebebandherstellung verwendet. Unter der Voraussetzung, dass diese Abnahme linear stattfindet, bedeutet dies, dass jedes Jahr 213 t weniger Lösemittel eingesetzt werden. Unter der gleichen Voraussetzung werden bis 2007 jedes Jahr 18 t weniger Lösemittel emittiert. Hieraus ergibt sich für den Verbrauch $V[t]$ Lösemittel im Fortschreibungsjahr J die Gleichung:

$$V[t]=13\,000\ t + (2007-J)*213\ t$$

Die Emission $E[t]$ im Fortschreibungsjahr errechnet sich folglich nach der Gleichung.

$$E[t] = 200\ t + (2007-J) *18\ t$$

4.17.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 wurden zur Klebebandherstellung 15 343 t Lösemittel eingesetzt. Dabei wurden 398 t NMVOC emittiert.

4.17.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Mögliche Minderungspotentiale sind für die Quellgruppe Klebebandherstellung weitgehend ausgeschöpft. In einzelnen Betrieben können noch weitere Effizienzsteigerungen durch technische Maßnahmen erreicht werden. In dem überwiegenden Teil der Betriebe erfolgt die Rückgewinnung der eingesetzten Lösemittel nach dem Stand der Technik mit hoher Effizienz. Die Betriebe betreiben Abluftreinigungsanlagen, da sie der 4. BImSchV./4. BImSchV/ unterliegen. Der größte Teil der eingesetzten und zurückgewonnenen Lösemittel wird an Spezialunternehmen veräußert, dort wiederaufbereitet und erneut bezogen und eingesetzt.

4.18 Herstellung von Magnetbändern

4.18.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60311 mit der Bezeichnung "Adhesives, Magnetic Tapes, Films and Photographs Manufacturing" zugeordnet. In diesem Kapitel wird die Quellgruppe "Magnetic Tapes Manufacturing", d. h. die Herstellung von Magnetbändern betrachtet. Magnetbänder werden in der Bundesrepublik nur von einem großen Hersteller in zwei Produktionsbetrieben hergestellt. Zur Aufbringung des Pigmentgemisches wird ein Gemisch von Dioxan, Tetrahydrofuran und Cyclohexanon verwendet.

4.18.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Nach Angaben des Herstellers /Huber98/ wurden 1994 zur Herstellung von Magnetbändern in zwei Werken 20 171,6 t Lösemittel eingesetzt. Aufgrund der Lösemittelbilanz des Produzenten wurden hiervon 179,4 t diffus während des Produktionsprozesses emittiert. Hierzu muss noch der in den Produkten enthaltene Restlösemittelgehalt, der über längere Zeiträume außerhalb des Werkes emittiert wird, gerechnet werden. Dieser betrug 1994 20,3 t. Hierbei ist allerdings der Im- bzw. Export unberücksichtigt. Die eingesetzten Lösemittel werden mittels Adsorberanlagen zurückgewonnen, destillativ aufgearbeitet und wieder dem Produktionskreislauf zugeführt. Für diese Quellgruppe ist eine stoffliche Disaggregation möglich. Es wurden 30,6 t Dioxan, 144,5 t THF sowie 24,5 t Cyclohexanon emittiert.

4.18.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland zur Herstellung von Magnetbändern 20 171,6 t Lösemittel eingesetzt. Es wurden insgesamt 200 t NMVOC emittiert.

4.18.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Grundlage der Fortschreibung ist der Produktionsindex der Chemischen Industrie. Basisjahr für diesen Index ist 1991 (=100%). 1994 betrug dieser Index 105,2 %. Damit werden im Fortschreibungsjahr $E[t]=200 \text{ t} * P_i/105,2$

NMVOC bei der Herstellung von Magnetbändern emittiert. P_i ist der Produktionsindex der "Chemischen Industrie, insgesamt" im Fortschreibungsjahr.

4.18.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 betrug der Produktionsindex der "Chemischen Industrie, insgesamt" $P_i=108,6 \%$ /VCI97b/. Es wurden somit 1996 bei der Herstellung von Magnetbändern 206 t NMVOC emittiert.

4.18.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

In einem der beiden Produktionsbetriebe sind Minderungspotentiale mit einer Rückgewinnungsquote von 99,4 % bereits ausgeschöpft, während bei dem anderen Produktionsbetrieb bei Rückgewinnungsquote von 95,5 % (1994) nach Angaben des Produzenten noch Minderungspotentiale vorhanden sind /Huber98/. Der Produzent ist durch diverse Maßnahmen dabei, diese Minderungspotentiale zu nutzen.

4.19 Herstellung von Filmen und Photographien

4.19.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60311 mit der Bezeichnung "Adhesives, Magnetic Tapes, Films and Photographs Manufacturing" zugeordnet. In diesem Kapitel wird die Quellgruppe "Films and Photographs Manufacturing", also die Produktion von Filmen und Photographien, untersucht. Die Herstellung von Fotomaterialien und Filmen findet in der Bundesrepublik Deutschland nur bei einem großen Hersteller statt.

4.19.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchs- mengen und Emissionen im Jahr 1994

Nach Angaben des Produzenten /Kosfeld98/ wurden 1994 folgende Mengen Lösemittel bei der Produktion von Fotochemikalien für die fotografische Filmentwicklung eingesetzt.

Benzylalkohol: ca. 60 t

Essigsäure: ca. 250 t

Ethylenglykol: ca. 140 t

Formaldehyd: ca. 5 t

Die Herstellung der handelsüblichen Verarbeitungskonzentrate erfolgt grundsätzlich durch Lösen dieser Stoffe in Wasser bei Raumtemperatur unter gleichzeitiger Zugabe anderer chemischer Substanzen. Hierbei treten nach Aussage des Produzenten keine nennenswerten Emissionen auf, da bei diesen Arbeitsschritten keine NMVOC-freisetzenden Reaktionen in den Ansatzkesseln erfolgen. Dasselbe gilt für die Abfüllung in Flaschen und Kanister. Die für die Entwicklung fotografischer Materialien aus den käuflich erhältlichen Produkten durch Verdünnen mit Wasser hergestellten gebrauchsfertigen Lösungen enthalten in der Regel noch

ca. 1% Benzylalkohol

ca. 2 % Essigsäure

ca. 2% Ethylenglykol

ca. 0,1 % Formaldehyd

Nach Angaben des Produzenten sind VOC-Emissionen aus diesen stark verdünnten wässrigen Lösungen vernachlässigbar. Dies wurde durch Messungen überprüft, die die Einhaltung des MAK-Wertes (MAK = Maximale Arbeitsplatzkonzentration) zum Ziel hatten. Wenn man nach diesen Angaben von einer Emission von ca. 1% bezogen auf die eingesetzte Menge Lösemittel ausgeht, so wurden 1994 bei der Herstellung von Fotochemikalien ca. 5 t VOC emittiert.

4.19.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994

Zur Herstellung von Fotochemikalien wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 455 t Lösemittel eingesetzt, von denen ca. 5 t als VOC emittiert wurden.

4.19.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung kann auf den Produktionsindex $i[\%]$ für den Bereich sonstige chemische Erzeugnisse aus der vom Verband der Chemischen Industrie alljährlich herausgegebenen Broschüre "Chemiewirtschaft in Zahlen" zurückgegriffen werden. Es wird als Bezugswert der Wert von 1991 genommen. Der Menge M an eingesetzten Lösemitteln ergibt sich dann aus der folgenden Gleichung:

$$M[t]=455 \text{ t} \cdot i[\%]/106,7\%$$

Daraus kann dann die Menge E an emittierten VOC ermittelt werden.

$$E[t]=M[t] \cdot 0,01$$

4.19.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 433 t Lösemittel /VCI97b/ für die Herstellung von Fotochemikalien verwendet; es wurden ca. 4,5 t NMVOC emittiert.

4.20 Produktion und Verarbeitung von Textilien

4.20.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60311 mit der Bezeichnung "Textile Finishing" zugeordnet. Es wird hier die Textilienveredlung betrachtet. In Tabelle 4.20.1 sind emissionsrelevante Prozesse, die beim Veredeln von Textilien auftreten, aufgelistet /LBA93/

Tabelle 4.20.1: Emissionsrelevante Prozesse bei der Textilveredlung/LBA93/

Prozess	Emittierte Stoffe
Thermofixieren	Faserpräparation und deren Oxidationsprodukte (Blauer Dunst)
Trocknen	Carrier, faseraffine Hilfsmittel, White Spirit
Beschichten	Lösemittel
Drucken	Harnstoff, flüchtige Hilfsmittel, White Spirit
Appretieren und Trocknen	Formaldehyd, Säuren, flüchtige Komponenten, Weichmacher
Sengen	Verbrennungsabgas, Crackprodukte, Fasern
Thermoisolieren	Carrier, Hilfsstoffe, Lösemittel
Imprägnieren und Trocknen	Formaldehyd, Säuren, flüchtige Komponenten, Weichmacher

In der Textilveredlungsindustrie sind inhomogene Betriebsstrukturen vorhanden, d. h. es gibt keine standardisierte Abfolge von Veredlungsprozessen. Der Einsatz von Anlagen,

die Prozessbedingungen (hier vor allem die Temperatur) und die zeitliche Abfolge von Prozessen ist je nach Betrieb unterschiedlich und in hohem Maße auch von der vorherrschenden Mode abhängig. Außerdem können einzelne Anlagenarten (z. B. Spannrahmen) nicht speziellen Prozessen (z. B. Thermofixieren, Trocknen) zugeordnet werden, weil häufig Mehrzweckanlagen eingesetzt werden.

In der Textilveredlungsindustrie treten vor allem geruchsintensive Emissionen auf, insbesondere bei den Nachveredlungsprozessen (Stichwort "Blauer Dunst"). Bei den Prozessen Färben, Bleichen, Drucken treten nur geringe, aber unter Umständen geruchsintensive Emissionen auf. Färbeprozesse werden vor allem in wässrigen Medien durchgeführt. Carrier werden nur zum Färben von Polyestertextilien eingesetzt. Die Emissionen aus Dämpfprozessen sind vernachlässigbar. Im Wesentlichen emissionsrelevant sind Prozesse, bei denen mit höheren Temperaturen gearbeitet wird. Dabei handelt es sich um die Prozesse Sengen, Thermofixieren, Thermoisolieren, Kondensieren, Beschichten und die Hochveredlung sowie andere Prozeduren.

In der Textilveredlungsindustrie sind nach der 4. BImSchV /4. BImSchV/ folgende Anlagen genehmigungsbedürftig:

- Anlagen zur Textilveredlung durch Sengen, Thermofixieren, Thermoisolieren, Beschichten, Imprägnieren, Appretieren oder Trocknen ausgenommen Anlagen, in denen weniger als 500 Quadratmeter Textilien je Stunde behandelt werden (Ziff. 10.23)

Fast alle Anlagen der Textilveredlungsindustrie sind genehmigungsbedürftig. In der Produktionsstatistik sind Textilhilfsmittel unter folgenden GP89-Meldenummern /StaBuA95/ zu finden:

Tabelle 4.20.2: GP89-Meldenummern für Textilhilfsmittel/StaBuA95/

GP89-Meldenummer	Produktbezeichnung
4923 10	Hilfs- und Veredlungsmittel für Fasern und Garne
4923 30	Vorbehandlungsmittel
4923 40	Färberei- und Druckereihilfsmittel
4923 50	Ausrüstungsmittel, griffgebundene Mittel, Phobiermittel, antimikrobiell wirksame Mittel
4923 60	Universell einsetzbare Hilfsmittel für die Textilindustrie
4923 80	Hilfsmittel für die chemische Reinigung
492714	Organische grenzflächenaktive Stoffe für die Herstellung von Textilien
492754	Organische grenzflächenaktive Zubereitungen für die Herstellung von Textilien.

4.20.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Zur Ermittlung der bundesweit eingesetzten Mengen an Textilveredlungsmitteln wird die Produktions- und Außenhandelsstatistik verwendet. Zunächst werden die GP89-Meldenummern /StaBuA89/ mit Hilfe von sogenannten systematischen INPUT-OUTPUT-Rechnungen /SIO94/ den entsprechenden WA94-Meldenummern zugeordnet.

Tabelle 4.20.3: Zuordnung von GP89-Meldenummern und WA 94-Meldenummern anhand SIO-Berechnungen des Statistischen Bundesamtes/SIO94/

GP89-Meldenummer	WA94-Meldenummer
4923 10	3809 91 00
4923 30	3809 10 90 S
4923 40	3809 10 10 S
4923 50	3809 10 30 S
4923 60	3809 10 50 S
4923 80	3204 20 00
	3403 11 00 V
	3403 91 00 V
	3808 90 90 V
4927 11	3402 11 00
4927 14	3402 12 00
4927 16	3402 13 00
4927 18	3402 19 00
4927 51	3402 20 10 S
4927 54	3402 90 10 S
4927 56	
4927 58	

Anhand dieser Zuordnung kann dann der Inlandsverbrauch ermittelt werden. Die mit V bezeichneten WA94-Meldenummern werden nur zu 10 % berücksichtigt.

Tabelle 4.20.4: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Textilhilfsmitteln 1994 in der Bundesrepublik Deutschland

GP89-Meldenummer	Produktbezeichnung	WA94-Meldenummer	Produktion	Import	Export	Anteil an der Inlandsproduktion	Inlandsverbrauch
			[t]	[t]	[t]	[%]	[t]
4923 10	Hilfs- und Veredlungsmittel für Fasern und Garne	3809 91 00	34 025	24 732,0	123 096,5	48,1	16 366
4923 30	Vorbehandlungsmittel	3809 10 90 S	7 928	8 926,7	2 937,9	48,1	3 813
4923 40	Färberei- und Druckereihilfsmittel	3809 10 10 S	49 943	7 491,7	5 969,2	48,1	24 023
4923 50	Ausrüstungsmittel, griffgebundene Mittel, Phobiermittel, antimikrobiell wirksame Mittel	3809 10 30 S	83 299	990,8	2 167,9	48,1	40 067
4923 60	Universell einsetzbare Hilfsmittel für die Textilindustrie	3809 10 50 S	15 236	709,5	2 420,0	48,1	7 329
49 23 80	Hilfsmittel für die chemische Reinigung	3204 20 00	21 856	860,6	5 670,1	48,1	10 513
		3403 11 00 V		32,5	2 852,8		
		3403 91 00 V		239,9	6 090,5		
		3808 90 90 V		440,7	3 321,2		
Summe			212 287	44 424,4	154 525,6	48,1	102 185,8
4927 11	Organische grenzflächenaktive Stoffe für die Herstellung von Ledern und Pelzen	3402 11 00	19 565	40 586,2	176 967,3	53,2	10 409
4927 14	Organische grenzflächenaktive Stoffe für die Herstellung von Textilien	3402 12 00	26 596	8 849,6	11 496,4	53,2	14 149
4927 16	Organische grenzflächenaktive Stoffe für die Herstellung von Wasch- Spül- und Reinigungsmitteln der Güterklasse 4965	3402 13 00	439089	53 330,6	200 323,9	53,2	233 595
4927 18	Organische grenzflächenaktive Stoffe für die Herstellung von Papier	3402 19 00	164 940	11 661,0	29 909,6	53,2	87 748
Summe			650 190	114 427,4	418 697,2	53,2	345 920,2
4927 51	Organische grenzflächenaktive Zubereitungen für die Herstellung von Ledern und Pelzen	3402 20 10 S	37 367	5 839,3	2 460,0	37,9	14 162
4927 54	Organische grenzflächenaktive Zubereitungen für die Herstellung von Textilien	3402 90 10 S	50 490	16 505,0	124 083,2	37,9	19 136
4927 56	Organische grenzflächenaktive Zubereitungen für die Herstellung von Wasch- Spül- und Reinigungsmitteln der Güterklasse 4965		51 554			37,9	19 539
4927 58	Organische grenzflächenaktive Zubereitungen für die Herstellung von Papier		28 319			37,9	10 733
Summe			167 730	22 344,3	126 543,2	37,9	63 531

Insgesamt wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 135 471 t Textilhilfsmittel (Addition der fettgedruckten Werte in Tabelle 4.20.4) verbraucht. Der Verband der Textilhilfsmittel, Lederhilfsmittel- Gerbstoff und Waschrohstoffindustrie /TEGEWA97/ gibt einen Inlandsverbrauch von 91 000 t Textilhilfsmitteln an, die nach einer verbandsinternen Statistik 1994 von den Mitgliedsfirmen an die Textil- und Fasererzeugende Industrie im Inland verkauft worden sind. Nach Angaben von /TEGEWA97/ waren in dieser Menge lediglich 48 t für die Anwendung aus organischen Lösemitteln enthalten. Diese geringe Menge erklärt sich nach Angaben des /TEGEWA97/ daher, dass heute bei der Herstellung und Veredlung von Textilien fast ausschließlich in wässrigen Medien gearbeitet wird. Da es sich zu großen Anteilen um organische grenzflächenaktive Verbindungen enthaltende Zubereitungen handelt, gehen wir in unserer Arbeit von einem mittleren Lösemittelgehalt von ca. 3 % aus. Dies ergibt sich aus dem mittleren Gehalt an organischen Verbindungen in Waschmitteln (siehe Abschnitt 4.29.2, S. 180).

Die Veredlung von Textilien findet ausschließlich in genehmigungsbedürftigen Anlagen (Anhang 4. BImSchV, Ziffer 10.23.) /4. BImSchV/ statt. Aus den Emissionserklärungen für 11 Bundesländer mit insgesamt 169 667 in der Textil- und Bekleidungsindustrie (SYPRO 63 und SYPRO 64) Beschäftigten geht hervor, dass 1994 bei der Textilveredlung 1319 t NMVOC emittiert wurden. Bundesweit waren 1994 in der Textil- und Bekleidungsindustrie 288 906 Personen beschäftigt /EASYSSTAT94/. Damit ergeben sich bundesweite Emissionen aus der Textil- und Bekleidungsindustrie (nur unter Berücksichtigung der Ziffer 10.23) von ca. 2 246 t. Bezogen auf die eingesetzte Menge an Textilhilfsmitteln ergibt sich ein Emissionsfaktor von 16,58 kg NMVOC-Emission pro Tonne eingesetztes Textilhilfsmittel.

4.20.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland aus genehmigungsbedürftigen Anlagen bei der Textilveredlung ca. 2 246 t VOC bei 288 906 in der Textil- und Bekleidungsindustrie Beschäftigten emittiert. Daraus ergibt sich ein Emissionsfaktor von 7,8 kg/Beschäftigtem bzw. 16,58 kg pro t eingesetztem Textilhilfsmittel.

4.20.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung der Emissionen wird der Produktionsindex herangezogen. Dieser betrug 1994 bezogen auf das Basisjahr 1991 für das Textilgewerbe 77,9 %. Damit lässt sich die Emission von NMVOC aus der Textilveredlung im Fortschreibungsjahr folgendermaßen berechnen:

$$E[t]=2246 \text{ t} \cdot P_i[\%]/77,9\%.$$

$P_i[\%]$ ist hierbei der Produktionsindex für das Textilgewerbe im Fortschreibungsjahr.

4.20.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Der Produktionsindex für das Textilgewerbe betrug 1996 $P_i=68,7\%$. Damit wurden 1996 bei der Textilveredlung 1 981 t NMVOC emittiert.

4.20.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Die Veredlung von Textilien findet in genehmigungsbedürftigen Anlagen statt. Somit kann davon ausgegangen werden, dass kaum noch wesentliche Emissionsminderungen durch Sekundärmaßnahmen erreicht werden können.

4.21 Gerben von Ledermaterialien

4.21.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60313 mit der Bezeichnung "leather tanning" zugeordnet. Darunter wird das Gerben von Leder verstanden. Die Lederindustrie kann in die Bereiche Ledererzeugung und -verarbeitung aufgeteilt werden. Vorwiegend gibt es in dieser Quellgruppe kleine bis mittelständische Betriebe. Die bei der Verarbeitung von Leder entstehenden NMVOC-Emissionen werden in verschiedenen anderen Quellgruppen (Klebstoffe, Druckindustrie, Konsumgüter, Aerosole, etc.) betrachtet.

4.21.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Zur Ermittlung der im Inland verbrauchten Mengen an Lederhilfsmitteln, die im Wesentlichen der Ledererzeugung dienen, wird die Produktions- und Außenhandelsstatistik herangezogen. In Tabelle 4.21.1 sind die entsprechenden GP89-Meldenummern /StaBuA89/ für Lederhilfsmittel aufgeführt

Tabelle 4.21.1: GP-89-Meldenummern für Lederhilfsmittel /StaBuA89/

GP89-Meldenummer	Produktbezeichnung
4921 10	Pflanzliche Gerbstoffauszüge, Tannine und ihre Salze, Ether, Ester, und andere Derivate
4921 90	Andere Gerbstoffe
4922 10	Antimikrobielle Mittel sowie Schutzmittel gegen tierische Schädlinge für Häute, Felle, Leder, Pelze
4922 40	Imprägnier- und Zurichtmittel
4922 90	Sonstige Leder- und Pelzhilfsmittel
4927 11	Organische grenzflächenaktive Stoffe für die Herstellung von Ledern und Pelzen
4927 51	Organische grenzflächenaktive Zubereitungen für die Herstellung von Ledern und Pelzen

Die GP89-Meldenummern werden aufgrund sogenannter systematischer INPUT-OUTPUT-Rechnungen /SIO94/ den dazugehörigen WA94-Meldenummern zugeordnet. Dies ist in Tabelle 4.21.2. dargestellt.

Tabelle 4.21.2: Zuordnung von GP89-Meldenummern zu WA94-Meldenummern für Lederhilfsmittel/StaBuA89/

GP89-Meldenummer	WA94-Meldenummer
4921 10	3201 10 00
4921 90	3201 20 00
	3201 30 00
	3201 90 10
	3201 90 90
	3202 10 00
	3202 90 00
	3804 00 90 V
4922 10	3403 11 00 S
4922 40	3403 91 00 S
4922 90	3808 90 90 V
	3809 10 10 V
	3809 10 30 V
	3809 10 50 V
	3809 10 90 V
	3809 93 00 S

Die Inlandsverbrauchsmengen an organischen grenzflächenaktiven Stoffen für die Herstellung von Ledern und Pelzen (10 409 t) und organischen grenzflächenaktiven Zubereitungen für die Herstellung von Ledern und Pelzen (14 162 t) wurde in Tabelle 4.20.4 (Seite 121) berechnet. Die Inlandsverbrauchsmengen der anderen Produktgruppen werden in Tabelle 4.21.3 berechnet. Bei den mit V bezeichneten WA94-Meldenummern werden nur jeweils 10 % der Im- bzw. Exportmenge berücksichtigt.

Tabelle 4.21.3: Ermittlung der Inlandsverbrauchsmengen an Lederhilfsmitteln /StaBuA94a/, /StaBuA94b/

GP89-Meldenummer	Produktbezeichnung	WA94-Meldenummer	Produktion	Import	Export	Anteil an der Inlandsproduktion	Inlandsverbrauch
			[t]	[t]	[t]	[%]	[t]
4921 10	Pflanzliche Gerbstoffauszüge, Tannine und ihre Salze, Ether, Ester, und andere Derivate	3201 10 00	10 000	1 181,2	50,4	8,0	800
		3201 20 00	(abgeschätzt)	3 494,0	72,5		
		3201 30 00		531,6	50,1		
		3201 90 10		121,3	0		
		3201 90 90		351,6	338,3		
		3202 10 00		3 347,2	119 500,9		
		3202 90 00		1 414,9			
		3804 00 90 V		50,7	13,0		
4921 90	Andere Gerbstoffe		109 069			8,0	8 725,5
Summe			119 069	10492,5	120 025,2	8,0	9 536,3
4922 10	Antimikrobielle Mittel sowie Schutzmittel gegen tierische Schädlinge für Häute, Felle, Leder, Pelze	3403 11 00 S	45 000	325,1	28 527,9	4,0	1 819,8
		3403 91 00 S	(abgeschätzt)	2399,4	60 905,0		
		3808 90 90 V		440,7	3 321,1		
		3809 10 10 V		749,2	597,0		
		3809 10 30 V		99,1	216,8		
		3809 10 50 V		71,0	242,0		
		3809 10 90 V		892,7	293,8		
		3809 93 00 S		1595,2	28 880,6		
4922 40	Imprägnier- und Zurichtmittel		31 318			4,0	1 266,6
4922 90	Sonstige Leder- und Pelzhilfsmittel		45 000			4,0	1 819,8
			(abgeschätzt)				
Summe			121 318	6 572,4	122 984,2	4,0	4 906,2

Aus Tabelle 4.21.3 ergibt sich, dass 1994 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 39 013,5 t Lederhilfsmittel verbraucht wurden. Diese Menge ist aufgrund der statistischen

Geheimhaltungsfälle, und der dadurch notwendigen ergänzenden Schätzungen, mit hohen Unsicherheiten behaftet. Uns liegen keine Informationen bezüglich der Lösemittelgehalte der eingesetzten Gerbstoffe und sonstigen Zubereitungen vor.

Das Gerben von Leder findet in der Bundesrepublik Deutschland praktisch ausschließlich in genehmigungsbedürftigen Anlagen (4. BImSchV 7.14 o. SW) /4. BImSchV/ statt. 1994 wurden in 11 Bundesländern mit 61 666 Beschäftigten (SYPRO 61) /EASYSSTAT94/ 53 t NMVOC emittiert. Bundesweit waren 123 106 Personen in der Ledererzeugung beschäftigt. Damit kann anhand der Beschäftigtenzahlen eine bundesweite Emission von ca. 106 t angenommen werden. Dies entspricht einer Emission von 0,86 kg pro Beschäftigtem bzw. 2,7 kg Emission pro Tonne der Inlandsverbrauchsmenge an Lederhilfsmitteln.

4.21.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 106 t VOC beim Erzeugen von Leder emittiert. Es waren in der Branche bundesweit 123 106 Personen beschäftigt. Dies entspricht einem Emissionsfaktor von 0,83 kg pro Beschäftigtem bzw. 2,7 kg Emission pro Tonne an inlandsverbrauchten Lederhilfsmitteln.

4.21.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Grundlage der Fortschreibung ist die Ermittlung der Inlandsverbrauchsmenge an Lederhilfsmitteln anhand der Produktions- und Außenhandelsstatistik. Hierzu müssen zunächst die entsprechenden GP95-Meldenummern für Lederhilfsmittel ermittelt werden. Zur Fortschreibung wird nur die GP95-Meldenummer 2466 45 900 (andere Appretur- oder Endausrüstungsmittel, Beschleuniger zum Färben oder Fixieren von Farbstoffen und andere Erzeugnisse und Zubereitungen für die Lederindustrie und ähnliche Industrien) verwendet. Dieser GP95-Meldenummer ist die WA94-Meldenummer 3809 93 00 (andere Zureichmittel zubereitet) zugeordnet. Die Inlandsverbrauchsmenge V [t] ergibt dann aus der Produktionsmenge P [t] plus der Importmenge I [t] minus der Exportmenge A [t]:

$$V [t]=P[t]+I[t]-A[t]$$

Die Emissionsmenge E [t] kann dann nach folgender Gleichung berechnet:

$$E[t]= V[t]*2,7 \text{ kg/t} *1/(1000\text{kg})$$

4.21.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 wird für die GP95-Meldenummer 2466 45 900 eine Produktionsmenge von

$$P[t] = 48\,191 \text{ t}$$

angegeben und an Im- und Exportmengen für die WA94-Meldenummer 3809 93 00:

$$I[t] = 1\,233 \text{ t}; A[t] = 28\,704 \text{ t}$$

Damit ergibt sich für 1996 in der Bundesrepublik Deutschland eine Inlandsverbrauchsmenge an Lederhilfsmitteln von

$$V[t] = 20\,720 \text{ t}$$

Für 1996 kann eine NMVOC-Emission von ca. 56 t bei der Ledererzeugung angenommen werden.

4.21.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Da die Anlagen zur Ledererzeugung fast ausnahmslos genehmigungsbedürftig sind, sind Minderungspotentiale, die Sekundärmaßnahmen (z. B. Abluftreinigungsmaßnahmen) betreffen, weitgehend ausgeschöpft. Nach Angaben der TEGEWA /TEGEWA99/ werden organische Lösemittel im Nassbereich, z. B. für die Entfettung von Fellen und Häuten, nicht mehr eingesetzt. Nur im Bereich der Zurichtung werden noch lösemittelhaltige Hilfsmittel verwendet. Allerdings deckten 1998 bereits wasserbasierte Systeme den größten Teil der Anwendungsbereiche ab und seien nach Angaben des Verbandes "weiter auf dem Vormarsch". Nach Angaben der TEGEWA /TEGEWA99/ wird auch in Zukunft nicht vollständig auf lösemittelhaltige Zurichtmittel verzichtet werden können. Die Minderungspotentiale in der Ledererzeugung sind als gering einzustufen.

4.22 Feinchemikalienproduktion

4.22.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60314 mit der Bezeichnung "Chemical products manufacturing or Processing: other" zugeordnet. Hier werden alle chemischen Produktionsprozesse betrachtet, die bisher nicht betrachtet wurden. Bezüglich der Lösemittlemission bleibt hier nur noch die Produktion von Feinchemikalien übrig.

4.22.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Nach Angaben des Responsible Care Berichtes 1997 des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI) /RespoCare97/ betrug die VOC-Emission der Chemischen Industrie im Jahr 1995 25 939 t. Dabei wurden 700 Chemiewerke berücksichtigt, die etwa 76 % der Beschäftigten und 90 % des Umsatzes repräsentieren. Bei Berücksichtigung des Umsatzes bedeutet dies Emissionen von 28 821 t bzw. bei Berücksichtigung der Beschäftigtenzahl ca. 34 130 t. Das Mittel ist dann 31 476 t. Durch Berücksichtigung der Produktionsindizes für die Jahre 1994 (105,2) und 1995 (108,7) /VCI97b/ kann die Gesamtemission der Chemischen Industrie auf 1994 zurückgerechnet werden. Insgesamt wurden 1994 von der Chemischen Industrie 30 462 t NMVOC emittiert. Von dieser Menge müssen die Emissionen folgender Quellgruppen subtrahiert werden:

- Produktion von pharmazeutischen Erzeugnissen (7 890 t)
- Produktion von Farben und Lacken (5 400 t)
- Produktion von Druckfarben, Tinten und Künstlerfarben (1 059 t)
- Produktion von Klebstoffen (477 t)
- Produktion von Haftmaterialien (415 t)
- Produktion von Magnetbändern (200 t)
- Produktion von fotochemischen Erzeugnissen (5 t)
- In Klammern ist jeweils die 1994 im Inland emittierte NMVOC-Menge angegeben.

Damit wurden 1994 in Deutschland 15 016 t NMVOC bei der Feinchemikalienproduktion emittiert.

4.22.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Produktionsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden ca. 15 016 t NMVOC bei der Produktion von Feinchemikalien in der Chemischen Industrie in der Bundesrepublik Deutschland emittiert.

4.22.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung wird der jährlich erscheinende "Responsible Care" Bericht des VCI des Fortschreibungsjahres verwendet. Die Gesamtemission $E_G[t]$ der Chemischen Industrie im Fortschreibungsjahr ergibt sich dann aus folgender Gleichung:

$$E_G[t] = (E_R[t]/0,76 + E_R[t]/0,9) * 0,5$$

$E_R[t]$ entspricht der im "Responsible Care" Bericht angegebenen Menge an VOC-Emissionen. Von dieser Menge $E_G[t]$ müssen die im Fortschreibungsjahr emittierten Mengen folgender Quellgruppen subtrahiert werden:

- Produktion von pharmazeutischen Erzeugnissen (A[t])
- Produktion von Farben und Lacken (B[t])
- Produktion von Druckfarben, Tinten und Künstlerfarben (C[t])
- Produktion von Klebstoffen (D[t])
- Produktion von Haftmaterialien (F[t])
- Produktion von Magnetbändern (G[t])
- Produktion von fotochemischen Erzeugnissen (H[t])

Im Fortschreibungsjahr werden somit

$$E[t]=E_G[t]-A[t]-B[t]-C[t]-D[t]-F[t]-G[t].$$

bei der Produktion von Feinchemikalien emittiert.

4.22.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Im Responsible Care Bericht 1997 /RespoCare97/ des VCI wird für 1996 eine VOC-Emission von 19 079 t angegeben. Damit betrug die Gesamtemission der Chemischen Industrie:

$$E_G[t]=23\ 151\ t$$

Davon müssen von anderen Quellgruppen 1996 emittierte Mengen subtrahiert werden, die im Folgenden in Klammern angegeben sind:

- Produktion von pharmazeutischen Erzeugnissen (A[t]=5 663 t)
- Produktion von Farben und Lacken (B[t]=3 500 t)
- Produktion von Druckfarben, Tinten und Künstlerfarben (C[t]=974 t)
- Produktion von Klebstoffen (D[t]=446 t)
- Produktion von Haftmaterialien (F[t]=398 t)
- Produktion von Magnetbändern (G[t]=206 t)
- Produktion von fotochemischen Erzeugnissen (H[t]=5 t)

Bei der Produktion von Feinchemikalien wurden somit 1996 ca. 11 959 t NMVOC im Inland emittiert.

4.22.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Es gibt keine Informationen über wesentliche Minderungspotentiale in dieser Quellgruppe. Allerdings ist ein Rückgang der NMVOC-Emissionen aus dieser Quellgruppe von 1994 bis 1996 um ca. 25 % zu verzeichnen. Dies könnte neben vielen anderen Maßnahmen, die die Chemische Industrie zur Emissionsminderung ergriffen hat, auch daran liegen, dass die Übergangsfristen zur Umsetzung der TA Luft in den neuen Bundesländern 1994 noch nicht abgelaufen war.

4.23 Behandlung von Glas- und Mineralwolle

4.23.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik sind dieser Quellgruppe die SNAP94-CODES 60401 und 60402 mit den Bezeichnung "Glass wool enduction" und "Mineral wool enduction" zugeordnet. Glas- und Mineralwolle sind sehr ähnliche Produkte und werden unter dem Begriff Mineralwolle zusammengefasst. Beide werden in ähnlichen Produktionsverfahren hergestellt und behandelt. Zuerst werden die Rohstoffe geschmolzen. Aus der Schmelze werden durch Ziehen, Schleudern oder Blasen Fasern mit einem Durchmesser von 0,1-20 µm gewonnen. Diese werden auf einem Transportband gesammelt und mit Hilfe von Bindemitteln zu Bahnen, Platten oder Filzen weiterverarbeitet. Der Bindemittelanteil beträgt je nach notwendiger mechanischer Festigkeit drei bis 10 Prozent. Bei den Bindemitteln handelt es sich um Kunstharze, meist Phenolformaldehyd-Harze, die im Heißluftstrom aushärten und zu der typischen Gelbfärbung der Glaswolle führen.

Anlagen zur Behandlung von Mineralwolle sind größtenteils genehmigungsbedürftig. Sie fallen jeweils unter Teilbereiche der BImSchV-Nummern 2.8 (Glaserstellung) sowie 2.11 (Schmelzen mineralischer Stoffe), die beide keine Schwellenwerte besitzen /4. BImSchV/.

4.23.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Nach Aussage von /Elkan97/ wurden 1996 ca. 670 000 t Mineralwolle hergestellt. Mit Mineralwolle ist sowohl Stein- als auch Glaswolle gemeint. Bezüglich der angegebenen Mengen ist zu beachten, dass nicht alle Produzenten dem Fachverband der Mineralfaserindustrie (FMI) angehören. Außerdem sind in dieser Menge auch Produktionsmengen von im Ausland ansässigen Tochterunternehmen enthalten. Allerdings ist nach /Elkan97/ die im Ausland produzierte Menge sehr klein.

Eine weitere mögliche Datenquelle ist die Baumarktstatistik des Gesamtverbandes der Dämmstoffindustrie (GDI) /GDI97/. Allerdings sind hier nur Absatzmengen und keine Produktionsmengen angegeben, und technische Isolierungen wurden nicht berücksichtigt. Diese haben einen Anteil von ca. 10 % an der Gesamtverbrauchsmenge der Mineralwolle. Die Mengenangaben der Baumarktstatistik sind in m³ angegeben. Die Umrechnung in t ist mit großen Ungenauigkeiten verbunden. Allerdings eignet sich die Baumarktstatistik dazu, von 1996 auf 1994 zurück zu projizieren bzw., wie später noch gezeigt wird, für die Fortschreibung der Verbrauchs- und Emissionsmengen.

1996 wurden ca. 670 000 t Mineralwolle produziert /Elkan97/. Laut Baumarktstatistik wurden 1996 ca. 18 980 000 m³ Mineralwollämmstoffe abgesetzt. Dazu müssen noch 10%

technische Isolierungen gerechnet werden. Es wurden somit 1996 ca. 20 878 000 m³ an Mineralwollämmstoffen und technischen Isolierungen abgesetzt. Wenn man davon ausgeht, dass sich an dem Verhältnis von abgesetzter zu produzierter Menge von 1994 bis 1996 nicht viel geändert hat, so lässt sich aus der laut Baumarktstatistik 1994 verbrauchten Menge an Mineralwollstoffen die 1994 produzierte Menge in t ermitteln, ohne die Dichte des Materials zu kennen. 1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 17 250 000 m³ an Mineralwolle abgesetzt /GDI97/, d. h. einschließlich der technischen Isolierungen ca. 18 975 000 m³. Somit wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland

$$670\,000\text{ t} \cdot 18\,975\,000\text{ m}^3 / 20\,878\,000\text{ m}^3 = 608\,930\text{ t}$$

Mineralwolle abgesetzt und im Inland verbraucht.

Dabei wurden ca. 39 580 t Bindemittel eingesetzt, wenn man annimmt, dass im Durchschnitt etwa 6,5 % Bindemittel, bezogen auf die abgesetzte Mineralwollmenge, eingesetzt werden.

Weiterhin wird angenommen, dass nach /Wyss97/ ca. 1,5 kg NMVOC pro Tonne Steinwolle emittiert werden, d. h. 1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 913 t NMVOC bei der Herstellung von Mineralwolle emittiert. Der Emissionsfaktor ist mit großen Unsicherheiten behaftet, da er nur auf einer Quelle basiert, die sich nur auf eine Produktionsstätte in der Schweiz bezieht.

Aus einer Auswertung der Emissionserklärungen 1994 aus 11 Bundesländern mit 34 333 Beschäftigten in der glasverarbeitenden Industrie (SYPRO 52) ergibt sich für die betroffenen BImSchV-Nummern 2.8 und 2.11 eine Emission von insgesamt ca. 395 t. Bundesweit waren 1994 in der glasverarbeitenden Industrie 70 453 Personen beschäftigt /EASYSSTAT94/. Damit kann bundesweit für die Herstellung von Glas und dem Schmelzen mineralischer Stoffe eine Emissionsmenge von ca. 811 t angenommen werden. Diese Emissionsmenge stimmt gut der oben abgeschätzten Menge überein.

4.23.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 608 930 t Mineralwolle hergestellt. Es wurden ca. 39 580 t Bindemittel eingesetzt. Dabei wurden 913 t NMVOC emittiert. Hierbei handelte sich hauptsächlich um Emissionen aus der Verwendung von Phenolformaldehydharzen.

4.23.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung benötigt man die Menge der im Fortschreibungsjahr abgesetzten Mineralwollämmstoffe M, die in der Baumarktstatistik des /GDI97/ enthalten sind. Die Menge an produzierten Mineralwollstoffen P[t] ergibt dann aus der Gleichung

$$P[t]=670\,000\text{ t} * M[m^3]/18\,980\,000[m^3].$$

Die Menge B [t] an eingesetztem Bindemittel lässt sich folgendermaßen berechnen:

$$B[t]=P[t]*0,065$$

Die Emission E [t] beträgt dann im Fortschreibungsjahr:

$$E[t]=P[t]*1,5\text{ [kg/t]}*1/1\,000$$

4.23.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Es wurden 1996 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 670 000 t Mineralwolle abgesetzt. Dabei wurden 43 550 t Bindemittel eingesetzt, wovon 1 005 t als flüchtige organische Verbindungen emittiert wurden.

4.23.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Es sind in dieser Quellgruppe kaum Minderungspotentiale vorhanden, da die meisten Produktionsanlagen aufgrund ihrer Genehmigungsbedürftigkeit bereits mit Abluftreinigungssystemen ausgestattet sind.

4.24 Druck- und Verpackungsindustrie

4.24.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60403 mit der Bezeichnung "Printing Industry" zugeordnet. Es werde in dieser Quellgruppe alle von der Druckindustrie verursachten VOC-Emissionen berücksichtigt. In der Druckindustrie werden im Wesentlichen vier Druckverfahren angewendet:

- Flachdruck
- Tiefdruck
- Hochdruck
- Durchdruck

In den Abbildungen 4.4 bis 4.7 sind die vier genannten Hauptdruckverfahren disaggregiert nach Untervarianten dieser Verfahren und Anwendungsbereichen dargestellt. Die Abbildungen sind /VCI97a/ entnommen.

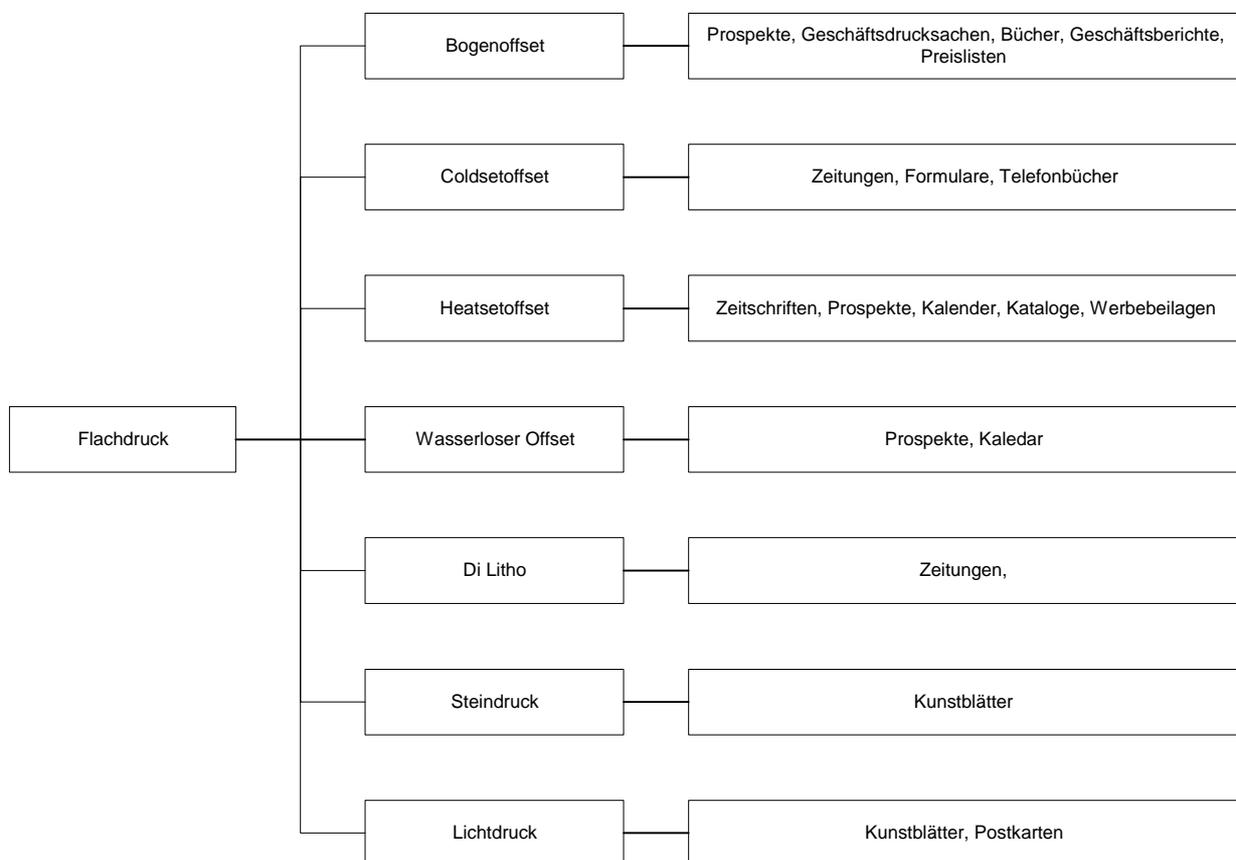


Bild 4.4: Untervarianten und Anwendungsgebiete des Flachdrucks /VCI97a/

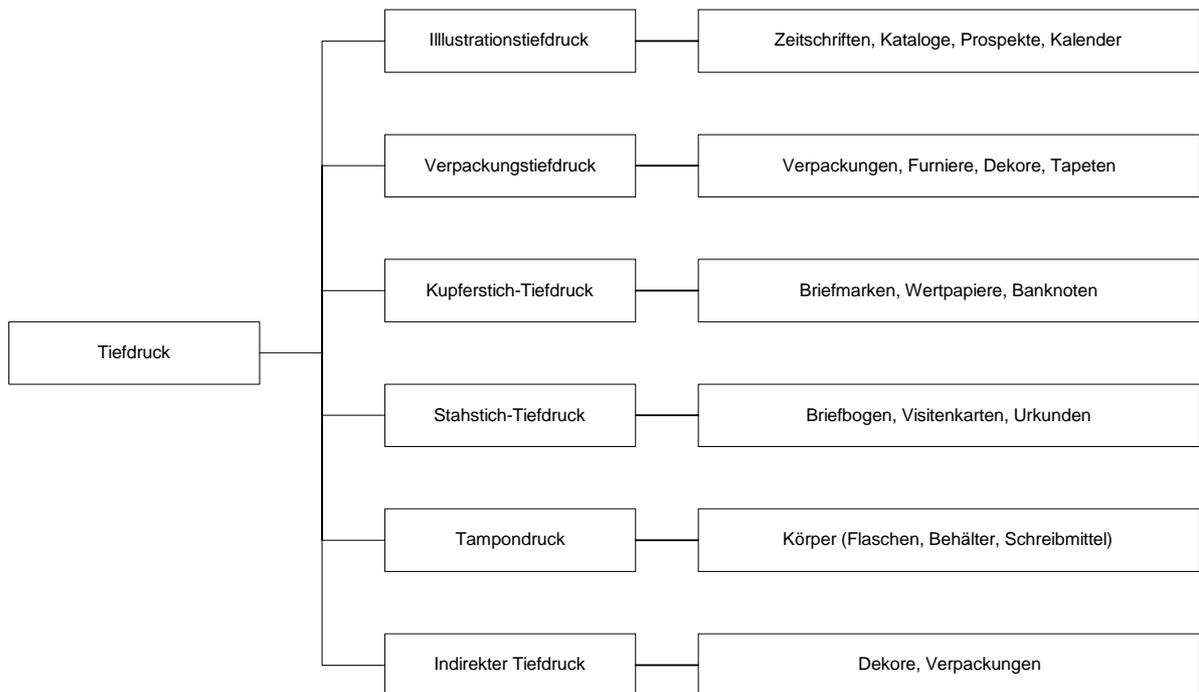


Bild 4.5: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Tiefdruckes /VCI97a/

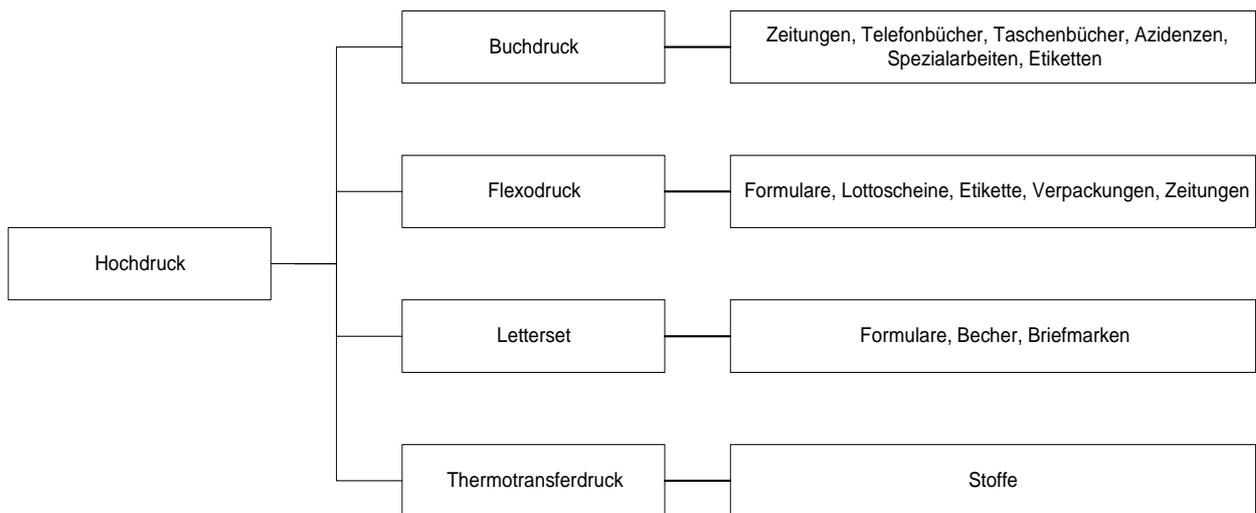


Bild 4.6: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Hochdruckes/VCI97a/

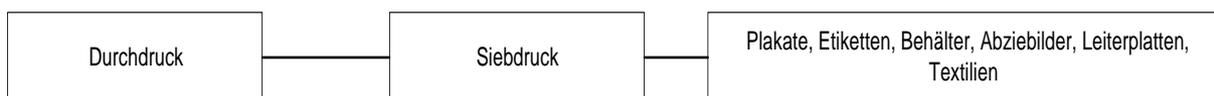


Bild 4.7: Untervarianten und Anwendungsbereiche des Durchdruckes /VCI97a/

Im Folgenden werden die vier Hauptverfahren insbesondere bezüglich ihrer Relevanz im Hinblick auf NMVOC-Emissionen beschrieben.

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 4.4 dargestellten Untervarianten des Offsetdrucks detaillierter beschrieben.

Bogen-Offsetdruck

Beim Bogen-Offsetdruck wird die Druckplatte mit einem Isopropanol/Wasser-Gemisch 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.

Druckfarben sind in der Produktionsstatistik unter den folgenden in Tabelle 4.24.1 aufgeführten GP89-Meldenummern bzw. WA94-Meldenummern /StaBuA89/ berücksichtigt.

Tabelle 4.24.1: GP89- sowie WA94-Meldenummern für Druckfarben/StaBuA89/

GP89-Meldenummern	WA94-Meldenummern	GP89-Meldenummern
		Druckfarben
4673 11	3215 11 00 3215 19 00	-lösemittelfrei
4673 15	3215 11 00 3215 19 00	- auf der Basis wässriger oder wässrig-alkalischer Lösungsmittel
4673 19	3215 11 00 3215 19 00	- andere

4.24.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Grundlage der Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und der Abschätzung der NMVOC-Emissionen ist die Produktions- und Außenhandelsstatistik sowie /VCI97a/. Zunächst wird der Inlandsverbrauch an Druckfarben für das Jahr 1994 in der Bundesrepublik Deutschland bestimmt.

Tabelle 4.24.2: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Druckfarben in Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1994./StaBuA94a//StaBuA94b/

GP89-Meldenummer	Produktionsmenge [t]	VVA94-Meldenummer	Import [t]	Export [t]
4673 11	93 485	3215 11 00	7 462	15 899,6
4673 15	22 100	3215 19 00	9 787,8	79 531,8
4673 19	189 323			
Summe	304 908		17 250	95 431

Aus Tabelle 4.24.2 ergibt sich durch Addition des Imports und Subtraktion des Exports von der Gesamtproduktionsmenge ein Inlandsverbrauch an Druckfarben in der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1994 von 226 727 t. In /VCI97a/ sind die eingesetzten Stoffmengen disaggregiert nach Einsatzbereichen bzw. Drucktechniken und eingesetzten NMVOC für die Jahre 1988 und 1995 dargestellt. Die entsprechenden Mengen für das Jahr 1994 wurden berechnet, indem die 1995 angegebene Menge mit dem Verhältnis der Inlandsverbräuche an Druckfarben für die Jahre 1994 (226 727 t) und 1995 (216 700 t) /VCI97a/ multipliziert wurde. Hierbei wurden gleiche VOC-Gehalte angenommen. In Tabelle 4.24.3 sind die Einsatzmengen an Druckfarbe, Reiniger und Isopropanol sowie der entsprechende VOC-Einsatz im Offsetdruck für die Jahre 1988, 1994 und 1995 dargestellt.

Tabelle 4.24.3: Eingesetzte Mengen und Stoffe im Offsetdruck für die Jahre 1988, 1994 und 1995

Einsatzbereich/Stoffart	1988			1995			1994	
	Stoffe [t]	VOC-Gehalt [%]	Eingesetzte Menge VOC [t]	Stoffe [t]	VOC-Gehalt [%]	eingesetzte Menge VOC [t]	Stoffe [t]	Eingesetzte Menge VOC [t]
Bogenoffset								
Druckfarbe	11 300	0	0	12 300	0	0	12 869	0
Isopropanol	6 800	100	6 800	8 400	100	8 400	8 789	8 789
Reiniger	21 000	100	21 000	15 300	>95	14 800	16 008	15 485
Heatsetoffset								
Druckfarbe	13 900	35	4 900	33 600	35	11 800	35 155	12 346
Isopropanol	6 800	100	6 800	8 100	100	8 100	8 475	8 475
Reiniger	1 700	100	1 700	2 000	65	1 300	2 093	1 360
Coldsetoffset								
Druckfarbe	12 300	0	0	23 900	0	0	25 006	0
Reiniger	4 700	100	4 700	4 500	>85	3 900	4 708	4 080
Endlosoffset								
Druckfarbe	500	0	0	400	0	0	419	0
Isopropanol	700	100	700	300	100	300	314	314
Reiniger	900	100	900	500	100	500	523	523
Gesamt	80 600		47 500	109 300		49 100	114 357	51 372

Der Druckfarbeneinsatz nahm von 1988 bis 1994 neben dem normalen Produktionszuwachs vor allem durch die Zunahme des Anteils des Offsetdruckes auf Kosten anderer Druckverfahren sowie erhöhte Produkthanforderungen, wie z. B. Mehrfarbigkeit, zu. Die Entwicklung der eingesetzten Reinigermenge, die von 1988 bis 1995 abnimmt, ist auf viele verschiedene, teilweise gegenläufige Faktoren zurückzuführen, wie z. B.:

- Maschinen können manuell bzw. maschinell gewaschen werden. Der Verbrauch an Reiniger kann bei manueller Wäsche 2-3 mal höher liegen als bei der Verwendung von Waschanlagen. Eine neue Generation an Waschanlagen mit optimierten Waschprogrammen benötigt weit weniger Reiniger.
- Je mehr Reinigungsvorgänge pro Zeiteinheit nötig sind, desto mehr Reiniger wird verbraucht. Die Zahl der Reinigungsvorgänge ist vor allem von der Auftragsstruktur abhängig. Häufige Kleinauflagen haben einen höheren Reinigerverbrauch zur Folge.
- Die Verdunstungscharakteristik des Reinigers.
- Recycling und Wiedereinsatz
- Umgang der Mitarbeiter mit dem entsprechenden Reiniger

In Tabelle 4.24.4 ist die Einsatzmenge an Druckfarbe und Verdünnungstoluol im Tiefdruck sowie die daraus resultierende Menge an eingesetzten flüchtigen organischen Verbindungen für die Jahre 1988, 1994 und 1995 dargestellt. Die eingesetzte Menge an Verdüner (Toluol) entspricht beim Tiefdruck immer der Menge eingesetzter Druckfarbe. Die VOC-Anteile bleiben über die Jahre konstant und sind deswegen nur für das Bezugsjahr 1988 angegeben.

Tabelle 4.24.4: Einsatzmengen an Druckfarbe und Verdünnungstoluol im Tiefdruck für die Jahre 1988, 1994 und 1995

Stoffe	1988			1995		1994	
	Einsatzmengen	VOC-Gehalt	VOC-Einsatzmenge	Einsatzmengen	VOC-Einsatzmenge	Einsatzmengen	VOC-Einsatzmenge
	[t]	[%]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
Illustration							
Druckfarbe	64 300	50	32 150	91 500	45 750	95 734	47 867
Toluol	64 300	100	64 300	91 500	91 500	95 734	95 734
Spezialtiefdruck (lösemittelbasiert)							
Druckfarbe	15 100	60	9 060	18 700	11 220	19 565	11 739
Lösemittel	15 100	100	15 100	18 700	18 700	19 565	19 565
Spezialtiefdruck (wässrig)							
Druckfarbe	4 500	5	225	12 000	600	12 555	628
Summe	163 300		120 835	232 400	167 770	243 153	175 532

Die im Hochdruck eingesetzten Mengen an Druckfarben und Reinigern sowie die dabei eingesetzte Menge an NMVOC in den Jahren 1988, 1994 und 1995 ist in Tabelle 4.24.5 dargestellt. Die VOC-Anteile bleiben über die Jahre konstant und sind deswegen nur einmal angegeben.

Tabelle 4.24.5: Einsatzmengen an Druckfarben und Reinigern im Hochdruck für die Jahre 1988, 1994 und 1995

Stoffe	1988			1995		1994	
	Einsatzmengen [t]	VOC-Gehalt [%]	VOC-Einsatzmenge [t]	Einsatzmengen [t]	VOC-Einsatzmenge [t]	Einsatzmengen [t]	VOC-Einsatzmenge [t]
Buchdruck							
Druckfarbe	9 800	0	0	2 100	0	2 197	0
Reiniger	8 300	100	8 300	1 200	1 200	1 256	1 256
Flexodruck (lösemittelhaltig)							
Druckfarbe	9 300	60	5 580	9 800	5 880	10 253	6 152
Lösemittel	5 580	100	5 580	5 880	5 880	6 152	6 152
Flexodruck (wässrig)							
Druckfarbe	6 200	5	310	7 600	380	7 952	398
Summe	39 180		19 770	26 580	13 340	27 810	13 957

Im Durchdruck wurden 1988, 1994 und 1995 folgende Mengen an Druckfarben, Reinigern und Verdünnern bzw. Verzögerern eingesetzt. In Tabelle 4.24.6 ist auch die dabei eingesetzte Menge an NMVOC`s dargestellt.

Tabelle 4.24.6: Im Durchdruck 1988, 1994 bzw. 1995 eingesetzte Mengen an Druckfarben; Verdünnern bzw. Verzögerern und Reinigern und dabei eingesetzte Menge an NMVOC

Stoffe	1988			1995		1994	
	Einsatzmengen [t]	VOC-Gehalt [%]	VOC-Einsatzmenge [t]	Einsatzmengen [t]	VOC-Einsatzmenge [t]	Einsatzmengen [t]	VOC-Einsatzmenge [t]
Druckfarbe	1 000	50	500	1 100	550	1 151	575
Verdünner / Verzögerer	200	100	200	150	150	157	157
Reiniger	2 000	100	2 000	1 000	1 000	1 046	1 046
Wasser- und UV-Farben	k.A	5	k.A	200	10	209	10
Summe	3 200		2 700	2 450	1 710	2 563	1 789

Die Menge an eingesetzten Druckfarben blieb beim Durchdruckverfahren über die Jahre ziemlich konstant. In diesem Bereich werden jedes Jahr ca. 100 t/a an wasserbasierten Farben und ca. 100 t/a an UV-Farben verwendet. Wenn man den wasserbasierten Farben einen Lösemittelanteil von ca. 5 % zuordnet, so müssen noch 10 t Lösemittel zu den in Tabelle 4.24.6 angegebenen Lösemittelmengen hinzugerechnet werden. Damit wurden in der Druckindustrie in den unterschiedlichen Druckverfahren die folgenden Mengen an NMVOC`s eingesetzt.

Tabelle 4.24.7: In den Jahren 1988, 1994 und 1995 eingesetzte Mengen an Druckfarben, Lösungsmitteln und Reinigern. Die Zahlen für 1994 wurden berechnet auf Grundlage der Werte für 1995

Druckverfahren	1988		1994		1995	
	Einsatzmenge an Druckfarbe, Lösemittel und Reinigern	VOC-Einsatzmenge	Einsatzmenge an Druckfarbe, Lösemittel und Reinigern	VOC-Einsatzmenge	Einsatzmenge an Druckfarbe, Lösemittel und Reinigern	VOC-Einsatzmenge
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
Flachdruck	80 600	47 500	114 357	51 372	109 500	49 100
Tiefdruck	163 300	120 835	243 153	175 532	232 400	167 770
Hochdruck	39 180	19 770	27 810	13 957	26 580	13 340
Siebdruck (einschließlich Wasser- und UV-Farben)	3 400	2 705	2 763	1 789	2 450	1 705
Summe	286 480	190 810	388 083	242 651	370 930	231 915

Nach Angaben des Industrieverbandes Druck (IVD) /VCI97a/ wurden in der Druckindustrie 1988 und 1995 folgende Mengen an VOC's bei Anwendung der unterschiedlichen Druckverfahren emittiert. In Tabelle 4.24.8 sind auch die auf Grundlage von 1995 berechneten NMVOC-Emissionen für 1994 in Deutschland dargestellt.

Tabelle 4.24.8: Emissionen in der Druckindustrie disaggregiert nach Druckverfahren in den Jahren 1988, 1994 und 1995

Druckverfahren	VOC-Emission 1988 [t]	VOC-Emission 1994 [t]	VOC-Emission 1995 [t]	Anteil (bezogen auf 1995) [%]
Flachdruck	40 500	32 539	31 100	51,4
Tiefdruck	43 685	24 458	23 376	38,6
Hochdruck	19 370	5 135	4 908	8,1
Durchdruck	2 600	1 151	1 100	1,8
Summe	106 155	63 283	60 484	100

In Tabelle 4.24.9 ist die stoffliche Aufgliederung der in der Druckindustrie eingesetzten und emittierten Stoffe dargestellt.

Tabelle 4.24.9: Stoffliche Aufgliederung der in der Druckindustrie eingesetzten und emittierten Stoffe

Stoffe	Einsatz 1994 [t]	Emission 1994 [t]	Emissionsanteil [%]
Reiniger-Flachdruck (Kohlenwasserstoffe)	21 449	13 586	63,3
Reiniger-Hochdruck (Kohlenwasserstoffe)	1 256	462	36,8
Reiniger-Durchdruck (Kohlenwasserstoffe)	1 046	675	64,5
Isopropanol-Flachdruck	17 577	11 133	63,3
Isopropanol-Hochdruck	12 702	4 673	36,8
Isopropanol-Tiefdruck	628	87	13,9
Isopropanol-Durchdruck	10	7	64,5
Mineralöle-Flachdruck (Kohlenwasserstoffe)	12 346	7 820	63,3
Mineralöle-Durchdruck (Kohlenwasserstoffe)	575	371	64,5
Toluol-Tiefdruck	174 905	24 370	13,9
Verdüner/Verzögerer-Durchdruck (andere organische Verbindungen)	157	101	64,5
Summe	242 651	63 286	26

Aus genehmigungsbedürftigen Anlagen (Rotationsdruckmaschinen) der Druckindustrie wurden gemäß den Emissionserklärungen in 11 Bundesländern mit 96 048 in Druckindustrie (SYPRO57) Beschäftigten /EASYSSTAT94/ insgesamt 4 375 t NMVOC emittiert. Auf das gesamte Bundesgebiet mit 185 468 Beschäftigten ergibt dies NMVOC-Emissionen von ca. 8 448 t aus genehmigungsbedürftigen Anlagen.

4.24.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

Es wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 226 726 t Druckfarben verbraucht. Dabei wurden 242 651 t NMVOC (einschließlich Verdünnungstoluol und Reinigern) eingesetzt und ca. 63 286 t NMVOC emittiert.

4.24.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Grundlage der Fortschreibung ist die Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Druckfarben für das entsprechende Jahr. 1995 wurde die Systematik der Produktionsstatistik von GP89 auf GP95 umgestellt. In Tabelle 4.24.10 sind die entsprechenden GP-95-Meldenummern dargestellt.

Tabelle 4.24.10:GP-95 Meldenummern für Druckfarben/StaBuA95/

GP95-Meldenummer	Bezeichnung entsprechend GP95
Druckfarben, schwarze Druckfarben,	
2430 24 530	Für Lithographie
2430 24 550	Für Flexographie
2430 24 590	Für andere Verwendung
Druckfarben, andere Druckfarben	
2430 24 730	Für Lithographie
2430 24 750	Für Flexographie
2430 24 790	Für andere Verwendung

Die in Tabelle 4.24.10 aufgeführten GP95-Meldenummern sind folgenden WA94-Meldenummern zugeordnet.

Tabelle 4.24.11:Zuordnung der GP95-Meldenummern zu den entsprechenden WA94-Meldenummern/StaBuA95/

GP95-Meldenummer	WA94-Meldenummer	Bezeichnung entsprechend GP95
Druckfarben, schwarze Druckfarben,		
2430 24 530	3215 11 00	Für Lithographie
2430 24 550	3215 11 00	Für Flexographie
2430 24 590	3215 11 00	Für andere Verwendung
Druckfarben, andere Druckfarben		
2430 24 730	3215 19 00	Für Lithographie
2430 24 750	3215 19 00	Für Flexographie
2430 24 790	3215 19 00	Für andere Verwendung

Der Inlandsverbrauch an Druckfarben im Fortschreibungsjahr kann dann entsprechend Tabelle 4.24.12 berechnet werden.

Tabelle 4.24.12: Methode zur Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Druckfarben im Fortschreibungsjahr

GP-89-Meldenummer	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch [t]
2430 24 530	P1			
2430 24 550	P2			
2430 24 590	P3			
Zwischensumme	$S1=P1+P2+P3$	E1 (3215 11 00)	A1(3215 19 00)	$V1=S1+E1-A1$
2430 24 730	P4			
2430 24 750	P5			
2430 24 790	P6			
Zwischensumme	$S2=P4+P5+P6$	E2(3215 11 00)	A2(3215 19 00)	$V2=S2+E2-A2$
Gesamtsumme	$S=S1+S2$	$E=E1+E2$	$A=A1+A2$	$V=V1+V2$

Der Inlandsverbrauch an Druckfarben betrug nach Angaben des Bundesverbandes der Druckindustrie 1995 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 216 700 t /VCI97a/. Wenn man nun den entsprechenden Inlandsverbrauch $V[t]$ des Fortschreibungsjahres ins Verhältnis zu der Menge an Druckfarben setzt, die 1995 verbraucht wurden, so erhält man den folgendermaßen definierten Faktor $F [t]$:

$$F[t]=V[t]/216\ 700\ t$$

Mit diesem Faktor werden alle in den Tabellen 4.24.3 bis 4.24.9 aufgeführten Mengen multipliziert, die sich auf das Jahr 1995 beziehen. Die Methode ist in den folgenden Tabellen noch einmal explizit beschrieben

Tabelle 4.24.13: Methode zur Ermittlung der im Fortschreibungsjahr im Offsetdruck eingesetzten Stoffe und NMVOC-Mengen

Einsatzbereich/Stoffart	Stoffe [t]	VOC-Gehalt [%]	Eingesetzte Menge VOC [t]
Bogenoffset			
Druckfarbe	12 300*F	0	0
Isopropanol	8 400*F	100	8 400*F
Reiniger	15 300*F	>95	14 800*F
Heatsetoffset			
Druckfarbe	33 600*F	35	11 800*F
Isopropanol	8 100*F	100	8 100*F
Reiniger	2 000*F	65	1 300*F
Coldsetoffset			
Druckfarbe	23 900*F	0	0
Reiniger	4 500*F	>85	3 900*F
Endlosoffset			
Druckfarbe	400*F	0	0
Isopropanol	300*F	100	300*F
Reiniger	500*F	100	500*F
Gesamt	109 300*F		49 100*F

Tabelle 4.24.14: Methode zur Ermittlung der im Fortschreibungsjahr im Tiefdruck eingesetzten Stoffe und NMVOC-Mengen

Stoffe	Einsatzmengen [t]	VOC- Einsatzmenge
Illustration		
Druckfarbe	91 500*F	45 750*F
Toluol	91 500*F	91 500*F
Spezialtiefdruck (lösemittelbasiert)		
Druckfarbe	18 700*F	11 220*F
Lösemittel	18 700*F	18 700*F
Spezialtiefdruck (wässrig)		
Druckfarbe	12 000*F	600*F
Summe	232 400*F	167 770*F

Tabelle 4.24.15: Methode zur Ermittlung der im Fortschreibungsjahr im Hochdruck eingesetzten Stoffe und NMVOC-Mengen

Stoffe	Einsatzmengen [t]	VOC-Einsatzmenge [t]
Buchdruck		
Druckfarbe	2 100*F	0
Reiniger	1 200*F	1 200*F
Flexodruck (lösemittelhaltig)		
Druckfarbe	9 800*F	5 880*F
Lösemittel	5 880*F	5 880*F
Flexodruck (wässrig)		
Druckfarbe	7 600*F	380*F
Summe	26 580*F	13 340*F

Tabelle 4.24.16: Methode zur Ermittlung der im Fortschreibungsjahr im Durchdruck eingesetzten Stoffe und NMVOC-Mengen

Stoffe	Einsatzmengen [t]	VOC-Einsatzmenge [t]
Druckfarbe	1 100*F	550*F
Verdünner/Verzögerer	150*F	150*F
Reiniger	1 000*F	1 000*F
Wasser- und UV-Farben	200*F	10*F
Summe	2 450*F	1 710*F

Tabelle 4.24.17 fasst die Einsatzmengen an Druckfarbe und NMVOC-Einsatzmenge für die verschiedenen Druckverfahren summarisch zusammen.

Tabelle 4.24.17: Fortschreibung der Gesamteinsatzmengen an Druckfarben und NMVOC-Einsatzmengen disaggregiert nach Druckverfahren

Druckverfahren	Einsatzmenge an Druckfarbe [t]	Einsatzmenge an VOC's [t]
Flachdruck	109 300*F	49 100*F
Tiefdruck	232 400*F	167 770*F
Hochdruck	26 580*F	13 340*F
Siebdruck (einschließlich Wasser- und UV-Farben)	2 450*F	1 710*F
Summe	370 730*F	231 920*F

Die aus diesen Verbräuchen berechneten Emissionen werden mit der in Tabelle 4.24.18 dargestellten Methode ermittelt.

Tabelle 4.24.18: Methode der Fortschreibung der NMVOC-Emissionen in der Druckindustrie disaggregiert nach Druckverfahren

Druckverfahren	VOC-Emission [t]	Anteil (bezogen auf 1995 [%])
Flachdruck	31 100*F	51,5
Tiefdruck	23 376*F	38,7
Hochdruck	4 908*F	8,1
Durchdruck	1 000*F	1,7*
Summe	60 484*F	100

4.24.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Zur Fortschreibung der Einsatz- und Emissionsmengen für 1996 wird zunächst die Menge an produzierten, importierten und exportierten Druckfarben ermittelt, um den Inlandsverbrauch festzustellen. Das Ergebnis ist in Tabelle 4.24.19 dargestellt.

Tabelle 4.24.19: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Druckfarben 1996 in der Bundesrepublik Deutschland /StaBuA96a/, /StaBuA96b/

GP95-Meldenummer	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch [t]
2430 24 530	61 367			
2430 24 550	1 482			
2430 24 590	20 486			
Zwischensumme	83 335	6 075	15 682	73 728
2430 24 730	42 673			
2430 24 750	38 660			
2430 24 790	157 196			
Zwischensumme	238 529	13 190	90 693	161 026
Gesamtsumme	321 864	19 266	106 375	234 755

Der Inlandsverbrauch an Druckfarben 1996 kann nun entsprechend Tabelle 4.24.12 berechnet werden. Damit ergibt sich bezüglich des Verhältnisses der Inlandsverbräuche der Jahre 1995 und 1996 der Faktor:

$$F[-]=234\,755\text{ t}/216\,700\text{ t} = 1,083$$

Dieser Faktor wird nun in Tabelle 4.24.13 bis Tabelle 4.24.18 eingesetzt. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 4.24.20 bis Tabelle 4.24.25 dargestellten Einsatzmengen an Druckfarben, Verdünnern, Reinigern etc. für das Jahr 1996.

Tabelle 4.24.20: Für 1996 ermittelte Einsatzmengen an Druckfarben, Isopropanol und Reinigern im Offsetdruck

Einsatzbereich/Stoffart		Stoffe [t]	VOC-Gehalt [%]	Eingesetzte Menge VOC [t]
Bogenoffset	Druckfarbe	13 325	0,0	0,0
	Isopropanol	9 100	100,0	9 100
	Reiniger	16 575	>95	16 033
Heatsetoffset	Druckfarbe	36 399	35,0	12 783
	Isopropanol	8 775	100,0	8 775
	Reiniger	2 167	65,0	1 408
Coldsetoffset	Druckfarbe	25 891	0,0	0
	Reiniger	4 875	>85	4 225
Endlosoffset	Druckfarbe	433	0,0	0,0
	Isopropanol	325	100,0	325
	Reiniger	542	100,0	542
Gesamt		118 406		53 191

Tabelle 4.24.21: Einsatzmengen der 1996 im Tiefdruck verwendeten Druckfarben und Verdüner

Stoffe		Einsatzmengen [t]	VOC-Einsatzmenge [t]
Illustration	Druckfarbe	99 123	49 562
	Toluol	99 123	99 123
Spezialtiefdruck (lösemittelbasiert)	Druckfarbe	20 258	12 155
	Lösemittel	20 258	20 258
Spezialtiefdruck (wässrig)	Druckfarbe	13 000	650
Summe		251 763	181 748

Tabelle 4.24.22: 1996 im Hochdruck eingesetzte Menge an Druckfarben, Reinigern und Lösemitteln

Stoffe		Einsatzmengen [t]	VOC-Einsatzmenge [t]
Buchdruck	Druckfarbe	2 275	0
	Reiniger	1 300	1 300
Flexodruck (lösemittelhaltig)	Druckfarbe	10 616	6 370
	Lösemittel	6 370	6 370
Flexodruck (wässrig)	Druckfarbe	8 233	412
Summe		28 795	14 451

Tabelle 4.24.23: Im Durchdruck 1996 eingesetzte Mengen an Druckfarben, Verdünnern, Verzögerern und Reinigern

Stoffe	Einsatzmengen [t]	VOC-Einsatzmenge [t]
Druckfarbe	1 192	596
Verdünner/Verzögerer	162	162
Reiniger	1 083	1 083
Wasser- und UV-Farben	217	11
Summe	2 654	1 852

Tabelle 4.24.24: Gesamteinsatzmengen für das Jahr 1996 disaggregiert nach Druckverfahren

Druckverfahren	Einsatzmenge an Druckfarbe [t]	Einsatzmenge an VOC's [t]
Flachdruck	118 406	53 191
Tiefdruck	251 763	181 748
Hochdruck	28 795	14 451
Siebdruck (einschl. Wasser- und UV-Farben)	2 654	1 847
Summe	401 834	251 237

Tabelle 4.24.25: 1996 von der Druckindustrie emittierte NMVOC-Mengen disaggregiert nach Druckverfahren

Druckverfahren	VOC-Emission [t]	Anteil (bezogen auf 1995) [%]
Flachdruck	33 691	51,4
Tiefdruck	25 324	38,6
Hochdruck	5 317	8,1
Durchdruck	1 192	1,8
Summe	65 523	100,0

Damit wurden in der Bundesrepublik Deutschland 1996 ca. 401 834 t Druckfarben, Lösemittel, Verdünner, Verzögerer und Reiniger in der Druckindustrie eingesetzt. Hiervon waren 251 237 t NMVOC. Von dieser VOC-Einsatzmenge gelangten ca. ein Viertel, d. h. 65 523 t, in die Atmosphäre.

Es ist wichtig, darauf aufmerksam zu machen, dass bei der in dieser Studie angewendeten Fortschreibungsmethode Verschiebungen in der Bedeutung einzelner Drucktechniken nicht berücksichtigt werden.

4.24.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Bei der Abschätzung von Emissionsminderungspotentialen ist es wichtig, nach den einzelnen Druckverfahren zu unterscheiden. Die beschriebenen Minderungspotentiale wurden der /VC197a/ und einer "Brancheninitiative Offsetdruck" der IG Medien /IGMedien98/ entnommen.

Emissionsminderungspotentiale im Offsetdruck

Seit 1995 besteht die Brancheninitiative zur Reduzierung des Lösemittelverbrauchs in Offset-Druckereien /IGMedien98/. Dabei haben sich die wesentlichen Akteure der Branche, d. h. insbesondere Hersteller und Händler, Arbeitgeberverband und Gewerkschaft, unter Federführung der Berufsgenossenschaft der Drucker zusammengeschlossen, um die leichtflüchtigen A I- und A II-Benzinreiniger aus den Offset-Druckereien zu verbannen. Die Bilanz ist überwiegend positiv. In vielen Fällen haben Beschäftigte, Betriebsräte und Geschäftsleitungen „an einem Strick gezogen“ und die Umstellungsprobleme ge-

meistert. Ziel der Initiative war die Halbierung der NMVOC-Emissionen um 50 % bis zum Jahr 2000 bezogen auf 1995. Umfragen des Bundesverbandes Druck und der Gewerbeaufsicht zeigten, dass 1998 immer noch mehr als zwei Drittel der Betriebe die leichtflüchtigen A I- und A II - Reiniger verwendeten, wenn auch nicht ausschließlich. Pflanzenöle wurden in sieben bis zehn Prozent der Fälle eingesetzt. Ein wichtiges Ziel dieser Initiative war auch die Implementierung organisatorischer Maßnahmen in den Betrieben, die mit der Einführung von hochsiedenden Reinigern notwendig werden. Bei der Handwäsche im Bogenoffset bilden Waschmittel auf pflanzlicher Basis heute den Stand der Technik.

Der Einsatz pflanzlicher hochsiedender Reiniger wirkt sich aus folgenden Gründen meist auch günstig auf die Produktionskosten aus:

- Geringere Einsatzmengen
- Weniger Transport- und Lagerkosten
- Weniger Kosten für arbeitsmedizinische Vorsorge
- Pflanzenöle sind recyclebar, d. h. die zu entsorgende Abfallmenge wird geringer
- Schadstoffmessungen entfallen
- Die Notwendigkeit von Explosionsschutzmaßnahmen entfällt

Im Juli 1997 hat der Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) einen Leitfaden /IGMedien98/ verfasst: "Ersatzstoffe und Verwendungsbeschränkungen in der Reinigungstechnik im Offsetdruck". Leitgedanke dieser Schrift ist die zwingende Bestimmung der Gefahrstoffverordnung, gefährliche Arbeitsstoffe, wie leichtflüchtige Lösemittel, durch weniger gefährliche Stoffe zu ersetzen. Ziel der Initiative war es, bei den Routinekontrollen und auf Anforderung z. B. durch Betriebsräte oder Beschäftigte dafür zu sorgen, dass A I- und möglichst auch alle A II-Mittel aus dem Betrieb entfernt werden. Die Aufsichtspersonen - so heißen die ehemaligen Gewerbeaufsichtsbeamten- haben jedenfalls strikte Anweisung, mit einem vorgefertigten Erfassungsbogen nach folgendem Schema vorzugehen:

- Der Einsatz von A I-Reinigern wird unverzüglich an allen Offset-Maschinen untersagt.
- A II-Reiniger werden auch verboten und sind nur noch in Ausnahmefällen an alten Maschinen erlaubt
- Bei neuen Maschinen müssen zwingend zumindest A III - Reiniger, besser Hochsieder eingesetzt werden. Der Einsatz von Pflanzenölestern ist in jedem Fall zu prüfen.

Falls die Prüfung zu dem Ergebnis kommt, dass der Einsatz von A II noch notwendig ist, werden nur A II-Reiniger mit einem Flammpunkt größer 40 °C akzeptiert.

Nach Angaben der Initiative ist die Tauglichkeit von A III-Reinigern, Hochsiedern (HBS) und Pflanzenölestern (VCA;vegetable cleaning agents) für folgende Bereich erwiesen:

- Bogenoffset (Handwäsche)
- Rollenoffset (Handwäsche).
- Rollenoffset mit Waschanlage oder nachgeschalteter Trocknung (überwiegend)
- Heatset erfordert eine genauere Prüfung.

Ein zweiter Schwerpunkt der Brancheninitiative ist eine Reduktion des Isopropanol-Einsatzes bzw. der Emission von Isopropanol. Versuche der Berufsgenossenschaft in verschiedenen Betrieben haben ergeben, dass in vielen Fällen der Isopropanol-Verbrauch um die Hälfte verringert werden kann. Bisher sind Isopropanol-Anteile im Wischwasser von 12 bis 13 Prozent und mehr üblich. Angestrebt wird eine Verringerung auf fünf bis sechs Prozent Anteil Isopropanol. Die Berufsgenossenschaft der Branche hat acht Vorschläge /BG97/ 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 Feuchtwalzen 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

Walter Fleck (Bundesverband Druck)/BVD97/, geht davon aus, dass künftig der Anteil von IPA höchstens fünf bis sechs Prozent betragen darf und außerdem mindestens A III-Reiniger, besser Hochsieder oder Pflanzenölester eingesetzt werden müssen, um die Ziele der EU-VOC-Richtlinie zu erreichen.

In /VCI97a/ werden für die einzelnen Drucktechniken folgende Minderungspotentiale beschrieben:

Bogen-Offsetdruck

Hier werden in erster Linie Isopropanol aus dem Befeuchtungsmittel sowie Reinigungsmittel emittiert. Die Menge an emittiertem Isopropanol entspricht der eingesetzten Menge. Hier ist ein Minderungspotential in der Minderung der spezifischen Einsatzmenge. Dieses wurde nach Aussagen des Bundesverbandes der Druckindustrie (BVD) in den letzten Jahren schon in gewissem Maße ausgeschöpft. Die Emissionsmenge an Reinigungsmitt-

ten ist vor allem abhängig von der Menge und der Art des verwendeten Reinigers. In letzter Zeit ist die Menge an eingesetztem Reiniger aufgrund des verstärkten Einsatzes an Waschanlagen schon zurückgegangen. Allerdings werden im Bogenoffset noch überwiegend A I- und A II-Waschmittel eingesetzt. Ein wesentliches Minderungspotential ist im Einsatz von schwer verdampfenden A III-Reinigern bzw. höhersiedenden Reinigern und Pflanzenölestern zu sehen.

Heatset-Offsetdruck

Obwohl bereits fast 50 % der Reiniger in diesem Bereich hochsiedend (A III) sind, gibt es hier noch Möglichkeiten, die Einsatzmenge an hochsiedenden Reinigern im Heatset-Offsetdruck zu erhöhen. Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit einer Absenkung des Isopropanol-Gehaltes im Feuchtmittel.

Coldset-Offsetdruck

Hier bestehen nur noch geringe Minderungspotentiale durch einen noch größeren Einsatz an hochsiedenden Reinigern als dies zur Zeit schon der Fall ist.

Endlos-Offsetdruck

Hier gibt es ähnliche Minderungspotentiale wie im Bogen-Offsetdruck.

Emissionsminderungspotentiale im Tiefdruck

Ein weiterer Ausbau der in diesem Bereich bestehenden Abluftreinigungsanlagen wäre mit großen wirtschaftlichen Anstrengungen der betroffenen Betriebe verbunden. Fortentwicklungen in der betrieblichen Praxis können in Zukunft die diffusen Emissionen noch mindern. Hier sei z. B. auf die vermehrte Anwendung der Trockeneistechnik bei der Maschinenreinigung hingewiesen. Substitution durch wasserbasierte Systeme ist technisch bei gleichbleibender Qualität nicht möglich. Beim Einsatz von wasserbasierten Systemen wird auch wesentlich mehr Energie, vor allem für das Trocknen, benötigt.

Emissionsminderungspotentiale im Buchdruck

Viele Betriebe, in denen bisher das Buchdruckverfahren eingesetzt wurde, werden innerhalb der nächsten 10 Jahre auf Offsetdruckverfahren umstellen. Durch diese strukturellen Veränderungen ist damit zu rechnen, dass der Verbrauch an Reinigern und deren Emission um ca. 50% gegenüber 1995 sinken werden.

Emissionsminderungspotentiale im Siebdruck

Hier sind keine realisierbaren Minderungspotentiale bekannt.

Zusammengefasst gibt der Verband der Druckindustrie folgende Minderungspotentiale

für die verschiedenen Druckverfahren an /VCI97a/

Tabelle 4.24.26: Minderungspotentiale an NMVOC-Emissionen bis 2007 auf der Basis von 1995/VCI97a/

Druckverfahren	Emission 1995 [t]	Emission 2007 [t]	Minderungspotential [%]
Flachdruck	31 100	14 700	53
Tiefdruck	23 376	17 100	27
Hochdruck	4 908	3 665	25
Durchdruck	1 100	1 000	9

Die EU-VOC-Richtlinie /VOC-Richtlinie99/ sieht für die Druckindustrie die in Tabelle 4.24.27 für verschiedene Druckverfahren aufgeführten Schwellen- und Grenzwerte vor.

Tabelle 4.24.27: Schwellen- und Emissionsgrenzwerte nach der EU-VOC-Lösemittelrichtlinie /VOC-Richtlinie99/

Tätigkeit (Schwellenwert für den Lösemittelverbrauch in [t /Jahr]	Schwellenwert in Bezug auf den Löse- mittelverbrauch [t/Jahr]	Emissionsgrenz- werte für Abgase [mg C/m ³]	Grenzwerte für diffuse Emissionen [in % der eingesetzten Lösemittel]		Bemerkungen
			Neue Anlagen	Bestehende Anla- gen	
Heatset-Rollenoffset (>15)	15-25 >25	100 20	30(1) 30(1)		(1) Der Lösemittel- rückstand im End- produkt gilt nicht als Teil der diffusen Emission
Illustrationstiefdruck (>25)		75	10	15	
Sonstige Rotationstief- druckverfahren, Flexod- ruck, Rotationssieb- druck, Laminierung oder Klarlackauftrag (>15), Rotationssieb- druck auf Texti- lien/Pappe (>30)	15-25 >25 >30(1)	100 100 100		25 20 20	(1) Schwellenwert für Rotationssiebdruck auf Textilien und Pappe

4.25 Extraktion von Ölen und Fetten

4.25.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60404 mit der Bezeichnung "Fat, Edible and Non Edible Oil Extraction" zugeordnet. In dieser Quellgruppe werden alle Aktivitäten betrachtet, bei den genießbare Öle und Fette mittels Lösemittlextraktion aus Ölsamen gewonnen werden. Darüber hinaus wird auch die Trocknung von übriggebliebenen Samen vor ihrer Verwendung als Tierfutter berücksichtigt. Die Extraktion von Ölen aus Samen wird entweder mechanisch oder mittels Lösemittlextraktion durchgeführt. Die verwendeten Lösemittel werden im Allgemeinen zurückgewonnen und für die Wiederverwendung gereinigt. Nachdem die Extraktion abgeschlossen ist, wird der Rückstand getrocknet und als Tierfutter verwendet.

Wenn der Ölgehalt der Samen hoch ist (z. B. Olivensamen) so wird das Öl meist mechanisch herausgepresst. Die Methode der Lösemittlextraktion wird zum einen für Samen mit geringeren Ölgehalten und zum anderen zum Extrahieren des Restölgehaltes aus bereits mechanisch gepressten Samen verwendet. Als Lösemittel wird fast ausschließlich n-Hexan verwendet. Bei der Fabrikation tierischer Fette und Öle wird kein n-Hexan verwendet /BUWAL95/.

4.25.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Grundlage der Ermittlung der zur Extraktion eingesetzten und emittierten Menge Lösemittel ist die Erhebung der verarbeiteten Mengen an Ölsaaten. Nach Angaben des Verbandes deutscher Ölmühlen e.V. /Ölmühlen95/ betrug die 1994 in der Bundesrepublik Deutschland verarbeitete Menge an Ölsaaten 6 867 000 t. Auf einzelne Ölsaatenarten verteilt, ergibt sich das in Tabelle 4.25.1 dargestellte Bild.

Tabelle 4.25.1: Anteil der einzelnen Ölsamensorten an der 1994 insgesamt in der Bundesrepublik verarbeiteten Menge (6,9 Mio. t)/Ölmühlen95/

Ölsaatenart	Anteil [%]	Verarbeitete Menge (1994) [t]
Sojabohnen	44	3 024 000
Raps	44	3 023 000
Sonnenblumenkerne	6,3	435 000
Kopra	1	65 000
Leinsaat	3,5	240 000
Rizinus	0,4	30 000
Andere	0,7	50 000
Summe	99,9	6867 000

Die Produktion an Ölen bzw. Fetten betrug 1994 ca. 2 118 000 t /Ölmühlen95/. In Tabelle 4.25.2 ist der Anteil der einzelnen Ölsorten wiedergegeben.

Tabelle 4.25.2: Produktion von pflanzlichen und Ölen und Fetten 1994 in der Bundesrepublik Deutschland /Ölmühlen95/

Ölsorte	Anteil [%]	Produktion [t]
Erdnussöl	0	0
Sojaöl	25,3	535 000
Rapsöl	58,5	1 239 000
Sonnenblumenöl	8,7	185 000
Baumwollsaatöl	0	0
Palmöl	0	0
Leinöl	4,0	84 000
Rizinusöl	0,6	13 000
Andere	1,0	22 000
Pflanzliche Fette		
Kokosöl	1,9	40 000
Palmkernöl	0	0
Summe	100	2 118 000

Daneben wurden 1994 noch 4 186 000 t Ölschrote bzw. Ölkuchen produziert, die sich, wie in Tabelle 4.25.3 dargestellt, aufteilen.

Tabelle 4.25.3: Produktion an Ölschroten bzw. Ölkuchen 1994 aufgeteilt nach verschiedenen Sorten

Ölschrot/Kuchen	Anteil [%]	Produktion [t]
Sojaschrot	55,6	2 329 000
Rapsschrot	34,7	1 453 000
Sonnenblumenschrot	5,6	235 000
Andere	4,0	169 000
Summe	99,9	4 186 000

Um die eingesetzte Menge an Extraktionsmittel zu ermitteln, wird der Emissionsfaktor folgendermaßen ermittelt. Die Berechnungsmethode beruht auf den Angaben aus /BUWAL95/. In /BUWAL95/ wird aus drei unterschiedlichen Literaturquellen ein gemittelter Emissionsfaktor angegeben. In /Passant93a/ ist ein Emissionsfaktor von 0,85 kg/t Öl für die Extraktion von Öl und von 1,31 kg/t Schrot für die Extraktion von Extraktionsschrot zu finden.

Die Autoren gehen davon aus, dass das Ölsaatgut zu 30 % aus Öl und zu 70 % aus Schrot besteht. Daraus ermitteln sie, bezogen auf das Ölsaatgut, einen gemittelten Emissionsfaktor von 1,17 kg /t Ölsaat und bezogen auf das extrahierte Öl, einschließlich der Emission aufgrund der Extraktion des Schrotes, einen mittleren Emissionsfaktor von 3,9 kg/t Öl. Nach /VDI2592/ beträgt der Emissionsfaktor 1,5 kg/t Ölsaat bezogen auf die Menge extrahierten Ölsaatgutes und 5 kg/t Öl bezogen auf das gewonnene Öl. Die Literaturquelle /VOC90/ gibt einen Emissionsfaktor von 2,8 kg/t Öl an.

Wenn die Emissionsfaktoren der drei zitierten Literaturquellen gemittelt werden, ergeben sich folgende Emissionsfaktoren:

2,88 kg/t Öl und 1,34 kg/t Ölsaaten sowie 1,31 kg /t Extraktionsschrot.

Die durch Anwendung dieser Emissionsfaktoren ermittelten Emissionen sind in Tabelle 4.25.4 dargestellt:

Tabelle 4.25.4: Ermittlung der Emissionen an n-Hexan bei der Extraktion von Ölen und Fetten

Produkt	Produktionsmenge [t]	Emissionsfaktor [kg/t]	Emission [t]
Öl	2 118 000	2,88	6 100
Ölsaaten	6 867 000	1,34	9 202
Extraktionsschrot	4 186 000	1,31	5 484

Nach den in Tabelle 4.25.4 berechneten Emissionen wurden bei der Extraktion von Ölen und Fetten im Mittel 6 928 t n-Hexan emittiert. In geringen Mengen werden auch noch Aldehyde und Fettsäuren emittiert, die bei der Behandlung mit n-Hexan-Dampf entstehen /EEA96/.

Anlagen zum Extrahieren pflanzlicher Fette und Öle, die mindestens 1 t/a Extraktionsmittel einsetzen, sind entsprechend des Anhangs der 4. BImSchV (Ziffer 7.23) /4. BImSchV/ genehmigungsbedürftig.

Eine Auswertung der Emissionserklärungen genehmigungsbedürftiger Anlagen für 11 Bundesländer mit 290 852 Beschäftigten /EASYSSTAT94/ im Ernährungsgewerbe (SYPRO 68) ergab NMVOC-Emissionen von 123 t. Bundesweit kann bei 540 066 im Ernährungsgewerbe Beschäftigten eine NMVOC-Emission von ca. 228 t abgeschätzt werden.

4.25.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

Es wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 6 867 000 t Ölsaaten verarbeitet. Dabei wurden 2 118 000 t Öl produziert und es fielen 4 186 000 t Ölschrot an. Bezüglich der Menge des für die Extraktion eingesetzten n-Hexans liegen keine Informationen vor. Es wurden ca. 6 928 t n-Hexan emittiert, dem fast ausschließlichen Extraktionsmittel. Daneben wurden noch geringe, nicht quantifizierbare Mengen an Aldehyden und Fettsäuren emittiert. D. h. es wurden ungefähr 7000 t emittiert.

4.25.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung der Inlandsverbrauchsmengen an Extraktionsmittel wird die "Anlage zur Statistik des Geschäftsberichtes des Verbandes deutscher Ölmühlen e.V." herangezogen. Zur Ermittlung der im Bezugsjahr verarbeiteten Menge an Ölsaaten wird Tabelle 1, Spalte "Verarbeitung" dieser Statistik herangezogen. In Tabelle 4.25.5 ist die Ermittlung dieser Menge beschrieben.

Tabelle 4.25.5: Ermittlung der im Fortschreibungsjahr verarbeiteten Menge an Ölsaamen

Ölsaatensorte	Verarbeitete Menge [t]
Sojabohnen	V1
Raps/Rüben	V2
Sonnenblumenkerne	V3
Andere (Kopra, Leinsamen, Rizinusbohnen)	V4
Summe	$V=V1+V2+V3+V4$

Die Menge an produzierten pflanzlichen Ölen und Fetten im Fortschreibungsjahr ergibt sich aus Tabelle 2 der Statistik des Verbandes deutscher Ölmühlen. Die Methode der Produktionsmengenermittlung ist in Tabelle 4.25.6 beschrieben.

Tabelle 4.25.6: Ermittlung der im Fortschreibungsjahr produzierten Mengen an pflanzlichen Ölen und Fetten

Ölsorte	Produktionsmenge [t]
Erdnussöl	P1
Sojaöl	P2
Rapsöl	P3
Sonnenblumenöl	P4
Baumwollsaatöl	P5
Palmöl	P6
Palmkernöl	P7
Andere (Kokos-, Lein- und Rizinusöl)	P8
Summe	$P=P1+P2+P3+.....+P8$

Zur Ermittlung der produzierten Ölschrotmenge kann Tabelle 3 der Ölmühlenstatistik herangezogen werden. Die Methode der Mengenermittlung für Ölschrot ist in Tabelle 4.25.7 dargestellt.

Tabelle 4.25.7: Ermittlung der im Fortschreibungsjahr produzierten Ölschrotmenge

Ölschrot/kuchen	Produktion [t]
Sojaschrot	S1
Rapsschrot	S2
Sonnenblumenschrot	S3
Andere	S4
Summe	$S = S1+S2+S3+S4$

Um die Menge an emittiertem n- Hexan zu ermitteln, wird entsprechend Tabelle 4.25.8 vorgegangen.

Tabelle 4.25.8: Ermittlung der im Fortschreibungsjahr bei der Extraktion von Ölen und Fetten emittierten Menge n-Hexan

Produkt	Produktionsmenge [t]	Emissionsfaktor [kg/t]	Emission [t]
Öl	P	EF1=2,88	E1=EF1*P/1000
Ölsaart	V	EF2=1,34	E2=EF2*V/1000
Ölschrot	S	EF3=1,31	E3=EF3*S/1000

Die Menge an emittiertem n-Hexan ergibt sich dann aus folgender Gleichung:

$$E[t]=(E1[t]+E2[t]+E3[t])/2$$

4.25.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Nach der in Kapitel 4.25.4 beschriebenen Methode zur Fortschreibung ergeben sich für 1996 folgende Produktionsmengen und Mengen an emittierten n-Hexan: Zunächst werden in Tabelle 4.25.9, Tabelle 4.25.10 und Tabelle 4.25.11 die Produktions- bzw. Verarbeitungsmengen an Ölsaaten, Ölen, Fetten und Ölschroten für 1996 ermittelt /Ölmühlen99/.

Tabelle 4.25.9: Ermittlung der 1996 verarbeiteten Menge Ölsaamen /Ölmühlen99/

Ölsaatensorte	Verarbeitete Menge [t]
Sojabohnen	3 307 000
Raps/Rüben	3 344 000
Sonnenblumenkerne	415 000
Andere (Kopra, Leinsamen, Rizinusbohnen)	314 000
Summe	7 380 000

Tabelle 4.25.10: Ermittlung der 1996 produzierten Mengen an pflanzlichen Ölen und Fetten/Ölmühlen99/

Ölsorte	Produktionsmenge [t]
Erdnussöl	0
Sojaöl	591 000
Rapsöl	1 382 000
Sonnenblumenöl	181 000
Baumwollsaatöl	0
Palmöl	0
Palmkernöl	0
Andere (Kokos-, Lein- und Rizinusöl)	130 000
Summe	2 284 000

Zur Ermittlung der produzierten Ölschrotmenge kann Tabelle 3 der Ölmühlenstatistik herangezogen werden. Die Methode der Mengenermittlung ist in Tabelle 4.25.11 dargestellt.

Tabelle 4.25.11: Ermittlung der 1996 produzierten Ölschrotmenge/Ölmühlen99/

Ölschrot/kuchen	Produktion [t]
Sojaschrot	2 666 000
Rapsschrot	1 967 000
Sonnenblumenschrot	231 000
Andere	171 000
Summe	5 035 000

Damit ergibt sich entsprechend der in Tabelle 4.25.8 beschriebenen Methode, dass 1996 bei der Extraktion von Ölen und Fetten ca. 7 688 t n-Hexan emittiert wurden. Wenn man die nicht quantifizierbare Menge an Aldehyden und Fettsäuren mitberücksichtigt, so wurden 1996 bei der Extraktion von Ölen und Fetten ca. 7 700 t NMVOC emittiert.

4.25.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Über Emissionsminderungspotentiale liegen keine Informationen vor.

4.26 Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien

4.26.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60405 mit der Bezeichnung "Application of Glues and Adhesives" zugeordnet. Diese Quellgruppe berücksichtigt alle Prozesse und Anwendungen, bei denen Klebstoffe, einschließlich Kautschukklebstoffe und Gummilösungen, und Klebebänder eingesetzt werden. 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" (FEICA = Fédération Européenne des Colles et Adhésifs, Düsseldorf). Die klassifizierten Marktsegmente werden entsprechend /VCI97a/ im Folgenden beschrieben.

Papier & Verpackung

Diesem Bereich werden die Anwendungen Verpackung, Veredlung, Buchbinderei, Grafisches 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) /4. BImSchV/.

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 Kunststofffenstern 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 Dispersionsschmelzstoffe (21 %) verwendet.

Schuh

Hier wird die Verwendung von Klebstoffen bei der Herstellung und Reparatur von Schuh- und Lederwaren betrachtet. Hier 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.

Der Klebstoffmarkt verteilte sich 1995 wie in Tabelle 4.26.1 dargestellt.

Tabelle 4.26.1: Klebstoffmarkt in Deutschland 1995 /VC197a/

Marktsegment	Anteil [%]
Papierverpackung	27
Bau	18
Holz	20
Transport	9
DIY	12
Sonstige (Schuhe, Montage, etc.)	14

In der Produktionsstatistik sind Klebstoffe und Klebebänder unter den in Tabelle 4.26.2 aufgeführten GP89-Meldenummern berücksichtigt /StaBuA89/.

Tabelle 4.26.2: GP-89-Meldenummern für Klebematerialien /StaBuA89/

Bezeichnung	GP-89-Meldenummer
4913 00	Kaseinkaltleime, berechnet auf Trockensubstanz
4914 00	Andere Leime tierischen Ursprungs
4915 00	Pflanzliche Klebstoffe (ohne Kautschukklebstoffe)
	Synthetische Klebstoffe (ohne Kautschukklebstoffe)
4917 11	- wasserlöslich, in wässriger Emulsion oder Dispersion
4917 13	- in organischen Lösemitteln
4917 19	- ungelöste und andere synthetische Klebstoffe
4918 00	Schmelzklebstoffe
4919 00	Sonstige Klebstoffe (ohne Kautschukklebstoffe)
5929 10	Kautschukklebstoffe (einschl. Gummilösung)

Die entsprechenden WA94-Meldenummern der Außenhandelsstatistik sind in Tabelle 4.26.3 aufgeführt.

Tabelle 4.26.3: WA 94-Meldenummern der Klebematerialien/StaBuA95/

WA 94-Meldenummern	Bezeichnung gemäß WA 94
3501 9010	Caseinleime
3503 0080	Hausenblase und Leime Tier Ursprungs
3505 2010	Leime Stärkegehalt usw. < 25 GHT
3505 2030	Leime Stärkegehalt usw. > 25-55 GHT
3505 2050	Leime Stärkegehalt usw. > 55-80 GHT
3505 2090	Leime Stärkegehalt usw. > 80 GHT
3506 1000	Klebstoffe Einzelverkauf BEH < 1 kg
3506 9900	Andere zubereitete Leimklebstoffe BEH < 1kg
3506 9100	Klebstoff Kautschukgrundlage BEH < 1 kg
4005 2000	Kautschuk-Lösungen, Dispersionen etc.

4.26.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Zunächst wurde der Inlandsverbrauch an verwendeten Klebmaterialien anhand der Produktions- und Außenhandelsstatistik für das Jahr 1994 ermittelt. Dazu war es zunächst wichtig die GP-89-Meldenummern den entsprechenden WA-Meldenummern zuzuordnen. Die Zuordnung ist in Tabelle 4.26.4 dargestellt.

Tabelle 4.26.4: Zuordnung von GP-89-Meldenummern zu WA 94-Meldenummern für Klebstoffmaterialien

GP89-Meldenummer	WA 94-Meldenummer
491300	3501 9010
491400	3503 0080
491500	3505 2010 3505 2030 3505 2050 3505 2090 3506 1000 3506 9900
491711	3506 1000
491713	3506 9100
491719	3506 9900
491800	
491900	
592910	35069100 40052000

Durch diese Zuordnung kann der Inlandsverbrauch an Klebstoffmaterialien für das Jahr 1994 ermittelt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Systematik von Produktions- und Außenhandelsstatistik können die Einzelpositionen nicht direkt miteinander verknüpft werden. Stattdessen müssen die Einzelpositionen summiert werden, um eine vergleichbare Güterstruktur zu erhalten. Für die aufsummierten Gütergruppen können dann die Inlandsverbräuche ermittelt werden. Aus dem Verhältnis von Produktion und Inlandsverbrauch der aufsummierten Gütergruppen wird der prozentuale Anteil des Inlandsverbrauchs an der Produktion berechnet. Diese Anteile werden auf die Einzelposten zurückübertragen. So können die Inlandsverbräuche der Einzelposten ermittelt werden. Durch Summierung der Inlandsverbräuche wird die Gesamtinlandsverbrauchsmenge an Klebstoffen errechnet. Da die WA94-Meldenummern 3506 10 00, 3506 91 00 und 3506 99 00 verschiedenen Gütergruppen bzw. Einzelposten der Produktionsstatistik zugeordnet sind, werden die Import- bzw. Exportmengen entsprechend der Produktionsmengen gewichtet. Zur Ermittlung der Einzelinlandsverbräuche werden die entsprechend gewichteten Zahlen herangezogen. Damit ergeben sich die in Tabelle 4.26.5 aufgeführten Inlandsverbräuche für die einzelnen Produktgruppen an Klebstoffen.

Tabelle 4.26.5: Ermittlung der Inlandsverbräuche an Klebstoffmaterialien für das Jahr 1994/StaBuA94a//StaBuA94b/

GP 89-Meldenummer	Benennung	WA 94-Meldenummer	Produktion	Import (tatsächlich)	Import (gewichtet)	Export (tatsächlich)	Export (gewichtet)	Inlandsverbrauch	Inlandsverbrauch
			[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[%]	[t]
491300	Kaseinkaltleime, berechnet auf Trockensubstanz	3501 9010	10 551	371	371	4 195	4 195	63,8	6 727
491400	Andere Leime tierischen Ursprungs	3503 0080	8 000	3 085	3 085	3 296	3 296	97,4	7 789
491500	Pflanzliche Klebstoffe (ohne Kautschukklebstoffe)	3505 2010 3505 2030 3505 2050 3505 2090 3506 1000 3506 9900	63 164	523 268 353 346 2 674 15 351	523 268 353 346 375 2 150	1 046 1 310 2 462 5 895 12 307 15 395	1 046 1 310 2 462 5 895 1 724 2 156	83,3	52 586
Summe			63 164	19 515	4 015	38 415	14 593	83,3	52 586
491711	Wasserlöslich, in wässriger Emulsion oder Dispersion	3506 1000 3506 9100	237 656	2 674 39 749	2 299 37 655	12 307 64 905	10 583 61 486	91,7	217 951
491713	in organischen Lösemitteln	3506 9900	42 514	15 351	13 201	15 395	13 239	91,7	38 989
491719	Ungelöste und andere synthetische Klebstoffe		22 636					91,7	20 759
491800	Schmelzklebstoffe		51 544					91,7	47 270
491900	Sonst. Klebstoffe (ohne Kautschukklebstoffe)		33 426					91,7	30 654
Summe			387 776	57 774	53 155	92 607	85 308	91,7	355 624
592910	Kautschukklebstoffe (einschl. Gummilösung)	35069100 40052000	21 562	39 749 12 362	2 094 12 362	64 905 1 699	3 419 1 699	143,3	30 900
Summe			21 562	52 111	14 456	66 604	5 118	143,3	30 900
Gesamt			491 053	132 856	75 082	205 117	112 510	92,4	453 625

Daraus ergibt sich für 1994 ein Inlandsverbrauch an Klebstoffen von 453 625 t. Allerdings wurde schon in Kapitel 4.14.2 (Seite 102) auf die Unsicherheiten bezüglich der produzierten Mengen hingewiesen. Nach Angaben des IVK /VCI97a/ wurden 1995 ca. 46 700 t lösemittelhaltige Klebstoffe verbraucht. Um die entsprechende Menge für 1994 zu ermitteln, ist es notwendig, die Menge der 1995 im Inland verbrauchten Klebstoffe zu bestimmen. Aufgrund der erfolgten Umstellung der Produktionsstatistik von der Systematik GP89 auf die Systematik GP95 ist es notwendig, zunächst die entsprechenden GP95-Meldenummern zu ermitteln /StaBuA95/. In Tabelle 4.26.6 werden GP95-Meldenummern den entsprechenden GP89-Meldenummern für Klebstoffmaterialien gegenübergestellt.

Tabelle 4.26.6: Gegenüberstellung von GP89-Meldenummern und GP95-Meldenummern für Klebstoffe/StaBuA95/

GP89-Meldenummer	GP95-Meldenummer	Bezeichnung entsprechend GP95
491300	2462 10 130	Caseinleime in allen Verpackungsgrößen
491400	2462 10 500	Andere Leime tierischen Ursprungs in allen Verpackungsgrößen
491500	2462 10 600 2462 10 701 2462 10 900	Leime auf der Grundlage von Stärken, Dextrinen, oder anderen modifizierten Stärken Pflanzliche Klebstoffe Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg
491711	2462 10 702 2462 10 805 2462 10 900	Synthetische Klebstoffe, wasserlöslich in wässriger Emulsion oder Dispersion (Klebstoffe) Synthetische Klebstoffe, wasserlöslich in wässriger Emulsion oder Dispersion (Kautschuk- und Kunststoffklebstoffe) Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg
491713	2462 10 807 2462 10 703 2462 10 900	Synthetische Klebstoffe in organischen Lösemitteln (Kautschuk- und Kunststoffklebstoffe) Synthetische Klebstoffe in organischen Lösemitteln (Klebstoffe) Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg
491719	2462 10 900 2462 10 704 2462 10 809	Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg Andere synthetische Klebstoffe (Klebstoffe) Andere synthetische Klebstoffe (Kautschuk- und Kunststoffklebstoffe)
491800	2462 10 900 2462 10 705 2462 10 801	Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg Schmelzklebstoffe (Klebstoffe) Schmelzklebstoffe (Kautschuk- und Kunststoffklebstoffe)
491900	2462 10 900 2462 10 709 2462 10 809	Andere zubereitete Leime und Klebstoffe mit einem Gewicht des Inhalts von mehr als 1 kg Andere Klebstoffe Andere synthetische Klebstoffe
592910	2462 10 803 2513 20 150	Kautschukleime Kautschuklösungen, Dispersionen (ohne solche mit Zusatz von Ruß oder Siliziumdioxid)

Weiterhin ist es notwendig, die WA94-Meldenummern der Außenhandelsstatistik den entsprechenden GP95-Meldenummern gegenüberzustellen /StaBuA95/. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.26.7 dargestellt.

Tabelle 4.26.7: Gegenüberstellung von GP95-Meldenummern und WA94-Meldenummern für Klebstoffmaterialien/StaBuA95/

GP95-Meldenummer	WA94-Meldenummer
2462 10 130	3501 90 10
2462 10 500	3503 00 80
2462 10 600	3505 20 10 3505 20 30 3505 20 50 3505 20 90
2462 10 701 2462 10 702 2462 10 703 2462 10 704 2462 10 705 2462 10 709	3506 10 00
2462 10 801 2462 10 803 2462 10 805 2462 10 807 2462 10 809	3506 9100
2462 10 900	3506 99 00
2513 20 150	4005 20 00

Durch die Umstellung der Systematik der Produktionsstatistik sind die Gütergruppen eindeutig zugeordnet. Somit ist eine Gewichtung der Import- bzw. Exportzahlen, wie sie bei der Ermittlung der Inlandsverbräuche für das Jahr 1994 durchgeführt wurde, nicht not-

wendig. Jedoch ist es aufgrund der unterschiedlichen Systematik von Außenhandels- und Produktionsstatistik nach wie vor nötig, teilweise die Mengen der Einzelposten zu Gütergruppen aufzusummieren und das Verhältnis des summierten Inlandsverbrauchs zu den Mengen an produziertem Gut zu ermitteln. Dieser Anteil wird auf die Einzelposten der betroffenen Gütergruppe übertragen und so die Inlandsverbräuche der Einzelposten ermittelt. Die nach der beschriebenen Methode für 1996 ermittelten Ergebnisse sind in Tabelle 4.26.8 dargestellt.

Tabelle 4.26.8: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Klebstoffmaterialien für das Jahr 1996/StaBuA96a//StaBuA96b/

GP95-Meldenummer	WA94-Meldenummer	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch [%]	Inlandsverbrauch [t]
2462 10 130	3501 90 10	14 206	635	5 759	63,9	9 082
2462 10 500	3503 00 80	8 000	2841	3 681	89,5	7 160
2462 10 600	3505 20 10 3505 20 30 3505 20 50 3505 20 90	12 358	1 018 286 709 316	1 170 2 090 2 767 5 524	25,4	3 136
Summe		12 358	2 329	11 551	25,4	3 136
2462 10 701	3506 10 00	4 731	4 653	14 543	92,9	4 393
2462 10 702		66 769			92,9	62 000
2462 10 703		7 033			92,9	6 531
2462 10 704		3 877			92,9	3 600
2462 10 705		52 000			92,9	48 286
2462 10 709		4 055			92,9	3 765
Summe		138 465	4 653	14 543	92,9	128 575
2462 10 801	3506 9100	49 636	59 612	74 830	94,0	46 681
2462 10 803		4 810			94,0	4 524
2462 10 805		145 937			94,0	137 250
2462 10 807		33 689			94,0	31 684
2462 10 809		21 572			94,0	20 288
Summe		255 644	59 612	74 830	94,0	240 426
2462 10 900	3506 99 00	86 976	15 514	21 859	92,7	80 631
2513 20 150	4005 20 00	1 187	10 781	1 430	887,8	10 538
Gesamt		516 836	96 365	133 653	92,8	479 548

1994 betrug der prozentuale Anteil des Inlandsverbrauchs an der Produktion 92,4 %. Unter Berücksichtigung des Anteils des Inlandsverbrauchs von 92,8 % für 1996 ist es plausibel, wenn von einem Inlandsverbrauchsanteil für 1995 von 92,6 % ausgegangen wird. 1995 wurden 511 670 t /VCI97a/ Klebstoffmaterialien produziert. Dies entspricht einem Inlandsverbrauch im Jahr 1995 an Klebstoffmaterialien von 473 806 t, d. h. der Anteil an lösemittelhaltigen Klebstoffen betrug ca. 9,8 %. Dies entspricht für 1994 einem angenommenen Inlandsverbrauch (s. Tabelle 4.26.5, Seite 158) von 453 625 t und einer Menge an eingesetzten lösemittelhaltigen Klebstoffen von 44 455 t. Der IVK gibt in /VCI97a/ eine Disaggregation nach Marktsegmenten der eingesetzten Klebstoffe an und ordnet den im jeweiligen Marktsegment eingesetzten Klebstoffen einen durchschnittlichen Lösemittelanteil zu. Dies ist in Tabelle 4.26.9 dargestellt.

Tabelle 4.26.9: Disaggregation der eingesetzten lösemittelhaltigen Klebstoffe nach Marktsegmenten und zugeordnete durchschnittliche Lösemittelanteile. Die Werte beziehen sich auf das Jahr 1995 /VCI97a/

Marktsegment	Prozentualer Anteil am Gesamtmarkt [%]	Einsatzmenge an lösemittelhaltigen Klebstoffen [t]	Durchschnittlicher Lösemittelgehalt [%]	Lösemittelseinsatz [t]
Papier & Verpackung	16,7	7 790	50	3 895
Bau	37,8	17 630	15	2 645
Holz	9,4	4 370	50	2 185
Transport	15,9	7 440	60	4 465
Schuh	5,3	2 480	80	1 985
Heimwerkerbereich	6,8	3 190	50	1 595
Montage	8,1	3 800	50	1 900
Summe	100,0	46 700	40	18 670

Die entsprechenden nach Marktsegmenten disaggregierten Mengen für 1994 sind in Tabelle 4.26.10 berechnet.

Tabelle 4.26.10: Disaggregation der 1994 eingesetzten lösemittelhaltigen Klebstoffe nach Marktsegmenten und zugeordneten durchschnittlichen Lösemittelanteilen/VCI97a/.

Marktsegment	Prozentualer Anteil am Gesamtmarkt [%]	Einsatzmenge an lösemittelhaltigen Klebstoffen [t]	Durchschnittlicher Lösemittelgehalt [%]	Lösemittelseinsatz [t]
Papier & Verpackung	16,7	7 724	50	3 712
Bau	37,8	16 804	15	2 521
Holz	9,4	4 179	50	2 089
Transport	15,9	7 068	60	4 241
Schuh	5,3	2 356	80	1 885
Heimwerkerbereich	6,8	3 023	50	1 511
Montage	8,1	3 601	50	1 800
Summe	100,0	44 455		17 760

Nach Tabelle 4.26.10 wurden 1994 bei der Anwendung von 44 455 t lösemittelhaltigen Klebstoffen 17 760 t Lösemittel eingesetzt. 1994 wurden nach Tabelle 4.26.5 (Seite 158) außerdem noch ca. 233 401 t Dispersionsklebstoffe eingesetzt. Laut IVK /VCI97a/ wird für diese Klebstoffart ein Lösemittelanteil von 1,5 % angenommen. Da der IVK jedoch nur Lösemittel betrachtet, die einen Siedepunkt von weniger als 200 °C haben und dabei Weichmacher und Filmbildehilfsmittel nicht quantifiziert werden, muss im Sinne der VOC-Definition dieser Untersuchung ein höherer Lösemittelanteil angenommen werden. Im Rahmen dieser Studie nehmen wir einen Lösemittelanteil für Dispersionsklebstoffe von 2 % /Obermeier95a/ an. Damit ergibt sich ein Lösemittelanteil in Dispersionsklebstoffen von 4668 t bezogen auf das Jahr 1994. Dazu müssen laut IVK /VCI97a/ noch Lösemittel gerechnet werden, die als Verdünner, Primer oder als Untergrundvorbehandlung eingesetzt werden. Diese Menge betrug 1995 ca. 1000 t. Für 1994 kann dann entsprechend von 951 t ausgegangen werden. Zur Ermittlung der Emissionen wurden Emissi-

onsfaktoren verwendet, die Experten des IVK in /VCI97a/ abgeschätzt haben. Die auf Grundlage dieser Informationen berechneten NMVOC-Emissionen sind in Tabelle 4.26.11 dargestellt.

Tabelle 4.26.11: Lösemittelleinsatz und Emissionen bei der Verwendung von lösemittelhaltigen Klebstoffen disaggregiert nach Anwendungsbereichen für das Jahr 1995/VCI97a/

Anwendungsbereich	Lösemittelleinsatz [t/a]	Emissionsanteil [%]	NMVOC-Emission [t/a]
Papier & Verpackung	3 895	10 ¹	390
Bau	2 645	100	2 645
Holz	2 185	100	2 185
Transport	4 465	80	3 572
Schuh	1 985	100	1 985
Heimwerkerbereich	1 595	100	1 595
Montage	1 900	50	950
Dispersionsklebstoffe	3 820	90	3 438
Verdünnung, Primer, Untergrundvorbehandlung	1 000	80	800
Summe	23 490		17 560

¹ Der IVK hat in einer vorläufigen Studie 20% angegeben; in der endgültigen Fassung werden 10% Emissionsanteil angenommen.

² Laut IVK /VCI97a/ wird für diese Klebstoffart ein Lösemittelanteil von 1,5 % angenommen. Da der IVK jedoch nur Lösemittel betrachtet, die einen Siedepunkt < 200 °C haben und dabei Weichmacher und Filmbildehilfsmittel nicht quantifiziert werden, muss im Sinne der VOC-Definition dieser Untersuchung ein höherer Lösemittelanteil angenommen werden. Im Rahmen dieser Studie nehmen wir einen Lösemittelanteil für Dispersionsklebstoffe von 2 % /Obermeier95a/ an.

Die Lösemittelleinsatz- und emissionsmengen sowie die Emissionsanteile für das Bezugsjahr 1995 werden in Tabelle 4.26.12 auf das Jahr 1994 übertragen.

Tabelle 4.26.12: Lösemittelleinsatz und Emissionen bei der Verwendung von lösemittelhaltigen Klebstoffen disaggregiert nach Anwendungsbereichen für das Jahr 1994

Anwendungsbereich	Lösemittelleinsatz [t]	Emissionsanteil [%]	NMVOC-Emission [t]
Papier & Verpackung	3 712	10	371
Bau	2 521	100	2 521
Holz	2 089	100	2 089
Transport	4 241	80	3 393
Schuh	1 885	100	1 885
Heimwerkerbereich	1 511	100	1 511
Montage	1 800	80(*)	1 440
Zwischensumme	17 760		13 211
Dispersionsklebstoffe	4 668	90	4 201
Verdünnung, Primer, Untergrundvorbehandlung	951	80	761
Summe	23 379		18 173

(*) eigene Abschätzung; Montagevorgänge finden häufig offen statt, so dass ein Emissionsanteil von 50 %, wie vom IVK /VCI97a/ angegeben, unserer Einschätzung nach zu niedrig ist.

Das Ergebnis einer stofflichen Disaggregation, die auf Angaben des IVK /VCI97a/ beruht, ist in Tabelle 4.26.13 dargestellt.

Tabelle 4.26.13: Disaggregation der bei der Klebstoffanwendung eingesetzten Lösemittel nach Stoffklassen/VCI97a/Nader94/

Stoffklasse	Prozentualer Anteil [%]	Einsatzmenge [t]	Emissionsmenge [t]
Aromaten	8	1 451	1 080
Aliphaten	24	4 291	3 192
Ester	5	823	613
Ketone	42	7 411	5 513
Alkohole	6	978	728
Chlorkohlenwasserstoffe	16	2 824	2 087
Zwischensumme	100	17 760	13 211
Weichmacher und Filmbildungsmittel (Dispersionsklebstoffe)		4 668	4 201
Sonstige Primer, etc.		951	761
Gesamtsumme		23 379	18 173

4.26.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden insgesamt 453 625 t Klebstoffe eingesetzt. Darin sind 233 401 t Dispersionsklebstoffe sowie 44 455 t lösemittelhaltige Klebstoffe enthalten. Die eingesetzten lösemittelhaltigen Klebstoffe enthielten 17 760 t Lösemittel. Daneben wurden durch den Einsatz von Dispersionsklebstoffen 4 651 t Filmbildungsmittel und Weichmacher verwendet. Hinzu kamen noch 951 t Lösemittel, die als Verdüner, Primer und zur Untergrundvorbehandlung verwendet wurden.

Beim Einsatz lösemittelhaltiger Klebstoffe wurden 1994 ca. 13 211 t NMVOC emittiert. Die Verwendung von Dispersionsklebstoffen hatte Emissionen von ca. 4 201 t und der Einsatz von Verdünnern, Primern und Untergrundvorbehandlern von ca. 761 t zur Folge. Insgesamt wurden bei der Anwendung von Klebstoffen 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 18 173 t Lösemittel emittiert.

4.26.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Eine Fortschreibung setzt voraus, dass sich an dem Verhältnis an lösemittelhaltigen Klebstoffen zum Gesamtinlandsverbrauch von Klebstoffmaterialien nichts ändert, dass die Lösemittelgehalte der sektoral disaggregierten Klebstoffmaterialien sich nicht ändern, und dass sich an den Emissionsfaktoren ebenfalls nichts ändert. Unter diesen Voraussetzungen wird die Fortschreibung wie folgt durchgeführt. Zunächst wird der Inlandsverbrauch an Klebstoffmaterialien ermittelt. Die dazu notwendige Zuordnung von GP95-Meldenummern zu WA94-Meldenummern /StaBuA95/ ist bereits in Tabelle 4.26.7 (Seite 159) erfolgt. Anhand dieser Zuordnung wird die Berechnung des Inlandsverbrauches im Fortschreibungsjahr dann entsprechend Tabelle 4.26.14 durchgeführt.

Tabelle 4.26.14: Ermittlung des Inlandsverbrauchs Klebstoffmaterialien für das Fortschreibungsjahr

GP95-Mel- denummer	WA94-Mel- denummer	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsver- brauch [%]	Inlandsverbrauch [t]
2462 10 130	3501 90 10	P1=A1	I1=B1	E1=C1	T1=V1/P1*100	V1=P1+I1-E1
2462 10 500	3503 00 80	P2=A2	I2=B2	E2=C2	T2=V2/P2*100	V2=P2+I2-E2
2462 10 600	3505 20 10 3505 20 30 3505 20 50 3505 20 90	A3	B3 B4 B5 B6	C3 C4 C5 C6	T3	D1=V3
Summe		P3=A3	I3=B3+B4+B5+B6	E3=C3+C4+C5+C6	T3=V3/P3*100	V3=P3+I3-E3
2462 10 701	3506 10 00	A4	B7	C7	T4	D2=T4/100*A4
2462 10 702		A5			T4	D3=T4/100*A5
2462 10 703		A6			T4	D4=T4/100*A6
2462 10 704		A7			T4	D5=T4/100*A7
2462 10 705		A8			T4	D6=T4/100*A8
2462 10 709		A9			T4	D7=T4/100*A9
Summe		P4=A4+A5+A6+A7+A8+A9	I4=B7	E4=C7	T4=V4/P4*100	V4=P4+I4-E4
2462 10 801	3506 9100	A10	B8	C9	T5	D8=T5/100*A10
2462 10 803		A11			T5	D9=T5/100*A11
2462 10 805		A12			T5	D10=T5/100*A12
2462 10 807		A13			T5	D11=T5/100*A13
2462 10 809		A14			T5	D12=T5/100*A14
Summe		P5=A10+A11+A12+A13+A14	I5=B8	E5=C8	T5=V5/P5*100	V5=P5+I5-E5
2462 10 900	3506 99 00	P6=A15	I6=B9	E6=C9	T6=V6/P6*100	V6=P6+I6-E6
2513 20 150	4005 20 00	P7=A16	I7=B10	E7=C10	T7=V7/P7*100	V7=P7+I7-E7
Gesamt		S1= P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7	S2=I1+I2+I3 +I4+I5+I6+I7	S3=E1+E2+E3+E4+ E5+E6+E7	T8=S4/S1*100	S4=V1+V2+V3+ V4+V5+V6+V7

Der Gesamtinlandsverbrauch an Klebstoffen entspricht dann S4[t] in Tabelle 4.26.14. Wenn davon ausgegangen wird, dass der Anteil an lösemittelhaltigen Klebstoffen ca. 9,8 % beträgt, so ergibt sich die im Fortschreibungsjahr verwendete Menge an lösemittelhaltigen Klebstoffen L [t] nach folgender Gleichung:

$$L[t] = S4 [t] * 0,098$$

Diese Menge wird im Folgenden in Marktsegmente disaggregiert und der daraus resultierende Lösemiteleininsatz ermittelt, wie in Tabelle 4.26.15 beschrieben ist.

Tabelle 4.26.15: Disaggregation der lösemittelhaltigen nach Marktsegmenten Klebstoffe im Fortschreibungsjahr

Marktsegment	Prozentualer Anteil am Gesamtmarkt [%]	Einsatzmenge an Lösemittelhaltigen Klebstoffen [t]	Durchschnittlicher Lösemittelgehalt [%]	Lösemiteleininsatz [t]
Papier & Verpackung	16,7	M1=L*0,167	50	N1=M1*0,5
Bau	37,8	M2=L*0,378	15	N2=M2*0,15
Holz	9,4	M3=L*0,094	50	N3=M3*0,5
Transport	15,9	M4=L*0,159	60	N4=M4*0,6
Schuh	5,3	M5=L*0,053	80	N5=M5*0,8
Heimwerkerbereich	6,8	M6=L*0,068	50	N6=M6*0,5
Montage	8,1	M7=L*0,081	50	N7=M7*0,5
Summe	100,0	L		N=N1+N2+N3+N4+N5+N6+N7

Dem Lösemittelleinsatz von N [t] bei der Verwendung von lösemittelhaltigen Klebstoffen ist noch die Menge Lösemittel aus der Verwendung von Dispersionsklebstoffen hinzuzurechnen sowie die Mengen an Primern, Untergrundvorbehandlern und Verdünnern. Bei der Anwendung von Dispersionsklebstoffen wird eine durch folgende Gleichung zu berechnende Menge R [t] Lösemittel eingesetzt:

$$R[t]=(D3[t]+D10[t]+(V6[t]/2))[t] *0,02.$$

Die Menge an eingesetzten Verdünnern, Primern und Untergrundvorbehandlern ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$U[t] = (L[t]/46\ 700\ t) *1\ 000\ t$$

Die Emissionen an NMVOC's aus der Verwendung von Klebstoffen werden dann entsprechend Tabelle 4.26.16 berechnet.

Tabelle 4.26.16: Lösemittelleinsatz und -emissionen bei der Verwendung von Klebstoffen disaggregiert nach Anwendungsbereichen im Fortschreibungsjahr

Anwendungsbereich	Lösemittelleinsatz [t]	Emissionsanteil [%]	NMVOC-Emission [t]
Papier & Verpackung	N1	10	O1=N1*0,1
Bau	N2	100	O2=N2
Holz	N3	100	O3=N3
Transport	N4	80	O4=N4*0,8
Schuh	N5	100	O5=N5
Heimwerkerbereich	N6	100	O6=N6
Montage	N7	80	O7=N7*0,8
Zwischensumme	L		O=O1+O2+O3+O4+O5+O6+O7
Dispersionsklebstoffe	R	90	O8=R*0,9
Verdünnung, Primer, Untergrundvorbehandlung	U	80	O9=U*0,8
Summe	S5=L+U+R		S6=O+O8+O9

Damit werden im Fortschreibungsjahr S6 [t] NMVOC's bei der Verwendung von Klebstoffen emittiert.

Falls sich an den Lösemittelgehalten bzw. Emissionsfaktoren in Zukunft was ändern sollte, so können diese Faktoren entsprechend angepasst werden. Ebenso kann verfahren werden, wenn sich das Verhältnis von lösemittelhaltigen zu lösemittelfreien Klebstoffen ändert.

4.26.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Aus Tabelle 4.26.8 geht hervor, dass 1996 ca. 479 548 t Klebstoffe in der Bundesrepublik Deutschland verbraucht wurden. Es wurden somit L [t]=46 996 t lösemittelhaltige Klebstoffe verwendet. Diese Menge wird in Tabelle 4.26.17 nach Marktsegmenten disaggregiert und der Lösemittelseinsatz ermittelt.

Tabelle 4.26.17: Disaggregation der lösemittelhaltigen Klebstoffe und Lösemittelseinsatz 1996

Marktsegment	Prozentualer Anteil am Gesamtmarkt [%]	Einsatzmenge an lösemittelhaltigen Klebstoffen [t]	Durchschnittlicher Lösemittelgehalt [%]	Lösemittelseinsatz [t]
Papier & Verpackung	16,7	7 848	50	3 924
Bau	37,8	17 764	15	2 665
Holz	9,4	4 418	50	2 209
Transport	15,9	7 472	60	4 483
Schuh	5,3	2 491	80	1 993
Heimwerkerbereich	6,8	3 196	50	1 598
Montage	8,1	3 807	50	1 903
Summe	100,0	46 996		18 775

Bei der Verwendung von 46 996 t lösemittelhaltigen Klebstoffen wurden 1996 ca. 18 775 Lösemittel eingesetzt. Zusätzlich wurden noch 239 565 t Dispersionsklebstoffe verwendet. Dabei wurden R [t] = 4 791 t Lösemittel eingesetzt. An Primern, Verdünnern und Untergrundvorbehandlern wurden 1996 ca. U[t]=1 006 t eingesetzt. Aus den so ermittelten NMVOC-Einsatzmengen ergeben sich die in Tabelle 4.26.18 dargestellten NMVOC-Emissionsmengen.

Tabelle 4.26.18: Lösemittelseinsatz und -emissionen bei der Verwendung von Klebstoffen disaggregiert nach Anwendungsbereichen für das Jahr 1996

Anwendungsbereich	Lösemittelseinsatz [t/a]	Emissionsanteil [%]	NMVOC-Emission [t/a]
Papier & Verpackung	3 924	10	392
Bau	2 665	100	2 665
Holz	2 209	100	2 209
Transport	4 483	80	3 586
Schuh	1 993	100	1 993
Heimwerkerbereich	1 598	100	1 598
Montage	1 903	80	1 523
Zwischensumme	18 776		13 966
Dispersionsklebstoffe	4 791	90	4 312
Verdünnung, Primer, Untergrundvorbehandlung	1 006	80	805
Summe	24 572		19 083

Es wurden 1996 in der Bundesrepublik Deutschland bei der Verwendung von Klebstoffen 19 083 t Lösemittel emittiert.

4.26.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Nachdem die TA Luft /4. BImSchV/ umgesetzt ist und Sekundärmaßnahmen, d. h. der Einbau von Abluftreinigungsanlagen zur Emissionsminderung weitgehend ausgeschöpft sind, sind weitere Emissionsminderungspotentiale im Bereich der Umstellung von lösemittelhaltigen Klebstoffsystemen auf lösemittelärmere bzw. lösemittelfreie Klebstoffsysteme zu suchen. 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 /VC197a/ 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 /VC197a/ nötig machen. Der Verband führt weiterhin an, dass wehrtechnische Spezifikationen den Einsatz lösemittelhaltiger Klebstoffe manchmal notwendig machen. Derselbe Verband 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 wasserbasierter Klebstoffe sicherlich sinnvoll. Vom IVK werden den einzelnen Marktsegmenten zugeordnete Minderungspotentiale angegeben. Es werden Minderungen bis 2007 betrachtet, bezogen auf die Einsatz- bzw. Emissionsmengen des Jahres 1995.

Eine Zusammenfassung dieser Betrachtungen ist in Tabelle 4.26.19 dargestellt /VCI97a/.

Tabelle 4.26.19: Minderungspotentiale bei der Verwendung von Klebstoffen von 1995 bis 2007 disaggregiert nach Sektoren/VCI97a/

Sektor	Lösemittel-Einsatz 1995 [t/a]	Minderungspotential [%]	Lösemittelnutzung 2007 [t/a]	Emissionsanteil [%]	Emissionen 1995 [t/a]	Emissionen 2007 [t/a]
Papier & Verpackung 1)	3 895	10	3 506	10	390	351
Bau 2)	2 645	10	2 381	100	2 465	2 381
Holz 3)	2 185	10	1 967	100	2 185	1 967
Transport	4 465	10	4 019	80	3 572	3 215
Schuh	1 985	10	1 787	100	1 985	1 787
Heimwerkerbereich 4)	1 595	50	798	100	1 595	798
Montage	1 900	10	1 710	80	1 520	1 368
Dispersionsklebstoffe	3 811	50	1 906	90	3 430	1 715
Verdünnung, Primer, Untergrundvorbehandlung	1 000	30	700	80	800	560
Summe	23 481		18 774		17 942	14 142

- 1) Im Bereich Papier & Verpackung sind nur 6 % der eingesetzten Klebstoffe lösemittelhaltig. Nur für diese können Minderungspotentiale betrachtet werden.
- 2) Im Baubereich werden lösemittelhaltige Klebstoffe nur noch für Bodenbeläge verwendet. Das Verhältnis Dispersionsklebstoffe zu lösemittelhaltigen Klebstoffen beträgt zur Zeit schon 90:10.
- 3) Lösemittelhaltige Klebstoffe werden in der Holz- und Möbelindustrie in erster Linie bei der Weichschaumverarbeitung und der Profilmantelung von Kunststoffen verwendet. Die Substitution von Chlorkohlenwasserstoffen durch Polyurethan-Schmelzklebstoffe im Bereich der Fensterprofilumantelung 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.

In der EU-VOC-Richtlinie /VOC-Richtlinie99/ wird die Anwendung von Klebstoffen unter den Anwendungsbereichen "Klebebeschichtung" und "Laminierung von Holz und Kunststoffen" erfasst. Für den Bereich der Laminierung von Holz und Kunststoffen werden Tätigkeiten erfasst, die mehr als 5 t/a Lösemittel verwenden. Dann gilt sowohl für bestehende als auch für neue Anlagen ein Gesamtemissionsgrenzwert von 30 g/m² beschichtetem Produkt. Im Bereich der Klebebeschichtung werden ebenfalls Anwender erfasst, die mehr als 5 t pro Jahr Lösemittel verwenden. Dann gilt ein Emissionsgrenzwert für die Abgase von 50 mg C/Nm³. Falls Techniken eingesetzt werden, die die Wiederverwendung zurückgewonnener Lösemittel ermöglichen, gilt ein Grenzwert von 150 mg C/Nm³. Anlagen mit einem Lösemittelverbrauch zwischen 5 t und 15 t/a dürfen 25 % der eingesetzten Lösemittel diffus emittieren. Anlagen mit einem Lösemittelverbrauch von mehr als 15 t/a dürfen nur 20 % der eingesetzten Lösemittelmenge emittieren.

4.27 Anwendung von Holzschutzmitteln.

4.27.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60406 mit der Bezeichnung "Preservation of wood" zugeordnet. Diese Quellgruppe berücksichtigt alle Prozesse und Anwendungen, bei denen Holzschutzmittel eingesetzt werden und das Holz dadurch imprägniert wird. Aufgabe von Holzschutzmitteln ist es, der Zerstörung von Holz bzw. Holzwerkstoffen entgegenzuwirken. Es soll ein Schutz vor Schädlingen aller Art erreicht werden (z. B.: Käfer, Würmer, Pilze). Holzschutzmittel werden in folgende Gruppen eingeteilt: /Leiße92/.

a) Lösemittelhaltige Holzschutzmittel

Die fungiziden, insektiziden bzw. bioziden Wirkstoffe sind in organischen Lösemitteln gelöst. Lösemittelhaltige Holzschutzmittel bestehen zum überwiegenden Teil aus Lösemitteln. Es handelt sich hauptsächlich um mittelsiedende, aliphatische und aromatische Kohlenwasserstofflösemittel. Üblich sind Aromatenbenzine oder Testbenzine. Das für lösemittelhaltige Holzschutzmittel typische Lösemittel ist ein aromatenhaltiges Testbenzin mit einem Siedebereich von 180 °C-210 °C. In industriellen Anwendungen werden schneller trocknende aromatenhaltige Testbenzine mit einem Siedereich von 145 °C-200 °C verwendet. Darüber hinaus werden auch entaromatisierte Testbenzine mit einem Siedebereich von 175 °C-210 °C verwendet. Als Hilfslöser werden Glykole, Glykolderivate und Phtalate verwendet. Der Lösemittelanteil beträgt ca. 80-95%. Das Holzschutzmittel wird aufgetragen und das Lösemittel verdunstet.

b) wässrige Holzschutzmittel

Wässrige Holzschutzmittel werden hauptsächlich bei feuchtem Holz appliziert. Die Wirkstoffe sind in Wasser gelöst.

c) Teeröle bzw. Holzkreosote (1)

Teeröle enthalten im Wesentlichen aromatische Kohlenwasserstoffe, Phenole und Kresole, sowie heteroaromatische Systeme. Diese Stoffkombination wirkt biozid. Teeröle werden hauptsächlich eingesetzt, um Fäulnis vorzubeugen. In industriellen Anwendungen werden vor allem dickflüssige Teeröle verwendet, während im DIY-Bereich vorwiegend dünnflüssige Teeröle verwendet werden. Diese dünnflüssigen Präparationen werden auch Carbolineum genannt. Seit 1991 gilt in Deutschland ein Verkaufsverbot für Teeröle.

Danach ist die Abgabe von teerölhaltigen Holzschutzmitteln und mit solchen Erzeugnissen aus Holz an den privaten Endverbraucher grundsätzlich verboten. Ende 1994 wurde mit der EU-Richtlinie 94/60/EG auf europäischer Ebene ein Verbot des Inverkehrbringens von Teerölen (in der Richtlinie als Kreosote bezeichnet) erlassen.

(1)Kreosot = Kohlenteeröl

d) Holzterpentinöle

Holzschutzmittel in denen Terpentinöle als Lösemittel verwendet werden.

Es werden im Wesentlichen folgende Verfahren zum Aufbringen der Holzschutzmittel appliziert:

1) Streichen und Spritzen bzw. Sprühen.

Streichen und Spritzen ist das einfachste Verfahren zum Aufbringen von Holzschutzmitteln. Es wird im Wesentlichen im handwerklichen und DIY-Bereich verwendet. Meistens sind bei der Anwendung dieses Verfahrens 2 Arbeitsgänge erforderlich, um die erforderlichen Einbringmengen zu erreichen und auftretende Unregelmäßigkeiten auszugleichen. Die erreichbaren Einbringmengen und Eindringtiefen sind gering. Ein großer Teil des Holzschutzmittels liegt an der Oberfläche vor. Bei diesem Verfahren sind hohe Verluste des Holzschutzmittels durch Overspray und Abtropfen unvermeidlich. Je nach Konstruktion und Dimension der zu behandelnden Hölzer können die Verluste beim Streichen 10-20 % betragen und beim Spritzen 20-50 %. Nur beim Sprühtunnelverfahren sind die Verluste erheblich geringer, da das zu behandelnde Holz in einer handwerklich einsetzbaren stationären Spritz- bzw. Sprühanlage mit Schutzmittel-Auffangwanne und regelbarem Vorschub durch einen Sprühkranz läuft.

2) Tauchen.

Hier schwimmt das Holz im bzw. auf dem Schutzmittel. Durch die Anwendung des Tauchverfahrens können mehrere Arbeitsgänge eingespart werden.

3) Trogränkung

Bei der Trogränkung werden die Hölzer in offenen Trögen längere Zeit untergetaucht und am Aufschwimmen gehindert. In der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer) wurden 1992 ca. 2 500-3 000 Trogränkanlagen zur Imprägnierung von Bauholz betrieben.

4) Kesseldrucktränkung

Bei der Kesseldrucktränkung handelt es sich um großtechnische Verfahren, bei denen das Holz in verschleißbaren druckdichten Kesseln mit Über- oder Unterdruck getränkt wird.

4.27.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

In der Produktionsstatistik /StaBuA94a/ sind Holzschutzmittel unter der GP89-Meldenummer 49 42 40 angeführt. Holzkreosote sind in der GP89-Meldenummer 42 99 90 (andere organische Grundstoffe) miterfasst und sind somit bezüglich der Produktionsmenge nicht zu quantifizieren. Die Außenhandelsstatistik /StaBuA94b/ ist bezüglich Holzschutzmitteln relativ wenig aussagekräftig, da die Holzschutzmittel sich hinter verschiedenen Positionen, die Anstrichmittel betreffen, verbergen. Holzkreosote sind unter den WA94-Meldenummern 3807 0090 und 3808 1010 zu finden. Holzterpinole sind unter der GP89-Meldenummer 42 94 00 zu finden. Nach Angaben des Verbandes für Bauchemie und Holzschutzmittel e.V. /Graßmann97/ beträgt der Außenhandelsanteil an der Inlandsproduktion weniger als 10 % und zwar sowohl bezüglich des Exports als auch des Imports. Aus diesen Informationen ergeben sich die in Tabelle 4.27.1 zusammengestellten Produktions- und Inlandsverbrauchsmengen an Holzschutzmitteln.

Tabelle 4.27.1: Produktion und Inlandsverbrauchsmengen an Holzschutzmitteln im Jahr 1994
/StaBuA94a/

GP89-Meldenummer	Benennung	Produktionsmenge [t]		Inlandsverbrauch [t]
49 42 40	Holzschutzmittel	27 921		25 128
42 94 00	Gereinigte und veredelte Naturharze	13 142		11 828
WA94-Meldenummer		Export [t]	Import [t]	
3807 00 10	Holzteere	246	227	2 214
3807 00 90	Holzteeröle, Holzkreosot usw.	496	1698	4 464
Summe				43 634 t

Es wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland somit 43 634 t Holzschutzmittel verbraucht. Diese Zahl ist allerdings durch die oben beschriebenen statistischen Zuordnungsprobleme mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Bei der Abschätzung der Emissionsmenge wird angenommen, dass alle eingesetzten Lösemittel und zusätzlich ein Teil der Wirkstoffe emittiert werden. Es wird ein mittlerer NMVOC-Gehalt von ca. 75 % /Eisele98c/ angenommen. Damit wurden 1994 bei der Anwendung von Holzschutzmitteln 32 726 t NMVOC emittiert.

4.27.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 43 634 t Holzschutzmittel verwendet. Dabei wurden 32 726 t NMVOC emittiert.

4.27.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Grundlage der Fortschreibung ist die Produktions- und Außenhandelsstatistik. Durch die Umstellung der Systematik der Produktionsstatistik ist es zunächst notwendig, die entsprechenden GP95-Meldenummern /StaBuA95/ zu ermitteln. Dies findet anhand von Tabelle 4.27.2 statt.

Tabelle 4.27.2: Zuordnung von GP95-Meldenummern für Holzschutzpräparate zu den entsprechenden WA96-Meldenummern /StaBuA95/

GP95-Meldenummer	Benennung	WA96-Meldenummer	Bezeichnung
2414 71 700	Holzkreosot	3807 00 10	Holzteere
		3807 00 90	Holzteeröle, Holzkreosot usw.
2414 71 400	Holzterpentinöl	3805 10 10	Balsamterpentinöl
		3805 10 30	Holzterpentinöl
		3805 10 90	Sulfatterpentinöl
		3805 20 00	Pine-oil
		3805 90 00	Andere terpenhaltige Öle
2466 48 670	Flammschutz-, Wasserschutzmittel u. ä. Zubereitungen für den Schutz von Bauwerken	3824 90 70	Flamm-, Wasser- und Bauwerk-schutzmittel

Die Berechnung des Inlandsverbrauchs an Holzschutzmitteln wird entsprechend Tabelle 4.27.3 durchgeführt. Die Position 2466 48 670 enthält unserer Einschätzung nach zu etwa 10 % Holzschutzmittel. Diese Annahme geht in die Methode ein.

Tabelle 4.27.3: Ermittlung des Inlandsverbrauchs Holzschutzmittel für das Fortschreibungsjahr

GP95-Meldenummer	Produktion [t]	WA96-Meldenummer	Export [t]	Import [t]	Inlandsverbrauch [t]
Holzteere					
241471700	P1	3807 00 10	E1	I1	$V1=P1+I1+I2-E1-E2$
Terpentinöle					
241471400	P2	3805 10 10	E3	I3	$V2=P2+I3+I4+I5+I6+I7-E3-E4-E5-E6-E7$
		3805 10 30	E4	I4	
		3805 10 90	E5	I5	
		3805 20 00	E6	I6	
		3805 90 00	E7	I7	
Bauten-Schutzmittel					
246648670	P3	3824 90 70	E8	I8	$V3=0,1*P3+0,1*I8-0,1*E8$
Summe	P=P1+P2+P3				V=V1+V2+V3

Damit wurden V [t] Holzschutzmittel in der Bundesrepublik Deutschland im Fortschreibungsjahr verwendet. Unter der Voraussetzung, dass ein Lösemittelgehalt von ca. 75 % vorliegt und die Lösemittel praktisch vollständig emittiert werden, ergibt sich folgende Menge N [t] an emittierten NMVOC im Fortschreibungsjahr:

$$N [t]=V[t]*0,75.$$

4.27.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 wurden folgende in Tabelle 4.27.4 dargestellten Mengen an unterschiedlichen Holzschutzmitteln produziert, ex- und importiert sowie im Inland verbraucht.

Tabelle 4.27.4: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Holzschutzmitteln für das Jahr 1996 /StaBuA96a/, /StaBuA96b/

GP95-Meldenummer	Produktion [t]	WA96-Meldenummer	Export [t]	Import [t]	Inlandsverbrauch [t]
241471700	1 600 (abgeschätzt)	3807 00 10 3807 00 90	60 144	308 595	1 848
Summe	1 600		204	903	1 848
241471400	40 000 (abgeschätzt)	3805 10 10 3805 10 30 3805 10 90 3805 20 00 3805 90 00	1 148 38 2 761 668 1 128	1 484 0 2 875 1 178 2 107	41 901
Summe	40 000		5 743	7 644	41 901
246648670	58 380	3824 90 70	21 050	3 382	4 071
Summe					48 271

Es wurden 1996 ca. 48 271 t Holzschutzmittel verwendet und dabei 36 203 t NMVOC emittiert. Hierbei handelt es sich allerdings aufgrund der statistischen Zuordnungsprobleme um sehr unsichere Abschätzungen.

4.27.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Die EU-VOC-Richtlinie /VOC-Richtlinie99/ schreibt für Anlagen mit einem Lösemittelverbrauch von mehr als 25 t pro Jahr einen Abgasemissionsgrenzwert von 100 mg C/Nm³ vor. Der Grenzwert für diffuse Emissionen beträgt 45 % der eingesetzten Lösemittel. Als Gesamtemissionsgrenzwert wurde für bestehende und neue Anlagen ein Grenzwert von 11 kg/m³ Holz vorgeschrieben. Diese Regelungen gilt nicht für die Imprägnierung mit Kreosoten. Minderungspotentiale sind zum einen in der Substitution von Kreosoten durch wässrige Holzschutzmittel zu sehen. Zum anderen ist auch in der Überprüfung der Notwendigkeit der jeweiligen Holzschutzapplikation ein Minderungspotential zu sehen. Z. B. sollten Holzschutzmittel nicht bei Hölzern verwendet werden, die anschließend in Innenräumen eingesetzt werden. Holzschutzmittel sollten nur in Anlagen verwendet werden, in denen das Lösemittel zurückgewonnen und soweit wie möglich im Kreislauf geführt werden kann. Die Emissionen sollten, soweit wirtschaftlich vertretbar, mit Hilfe von Sekundärmaßnahmen vermieden werden. Eine weitere Möglichkeit, die Emissionen erheblich zu verringern, ist, Holzschutzmittel nur noch von Fachleuten verwenden zu lassen und Heimwerker von Holzschutzmitteln fernzuhalten, indem lösemittelhaltige Holzschutzmittel und Holzkreosote nicht mehr frei verkäuflich zugänglich sind. Auf diesem Wege könnten erhebliche Emissionen, die beim offenen Umgang mit Holzschutzmitteln im DIY-Bereich entstehen, vermieden werden.

4.27.7 Anmerkungen

Die ermittelten Mengen an verwendeten Holzschutzmitteln sind mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, da zum einen die GP95-Systematik keine eindeutige Zuordnung der produzierten Mengen erlaubt und zu den Terpentinölen und Holzkreosoten aufgrund von Geheimhaltungsfällen keine Zahlen zu erhalten sind. Die Zuordnung von Produktions- und Außenhandelsstatistik ist nicht eindeutig, und auch die verwendeten WA-Meldenummern umfassen neben den Holzschutzmitteln noch andere Bautenschutz- und Anstrichmittel. "Bauchemie e.V." erhebt seit 1998 verbandsintern Produktions- und Verbrauchszahlen. Diese Zahlen stehen der Öffentlichkeit nicht zur Verfügung. Diese Erhebung basiert auf einer "freiwilligen Selbstverpflichtung zu Mitteln zum Schutz von Holz gegen holzerstörende und/oder holzverfärbende Organismen" des Verbandes der Chemischen Industrie e.V. (VCI), der Deutschen Bauchemie e.V. und des Verbandes der Lackindustrie e.V. (VdL). Hier ist insbesondere auf Abschnitt 8 dieser Selbstverpflichtungserklärung hinzuweisen, in dem die Unterrichtung des BMU über das erhobene Datenmaterial vorgesehen ist /Bauchemie97/.

4.28 Anwendung von Unterbodenschutz und Konservierung von Fahrzeugen.

4.28.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60407 mit der Bezeichnung "Underseal treatment and conservation of vehicles" zugeordnet. Diese Quellgruppe betrachtet alle Prozesse, bei denen Unterbodenschutz verwendet wird, sowie die Konservierung von Fahrzeugen. Es werden nur die gewerblichen Anwendungen von Kfz-Pflege- und Korrosionsschutzmitteln betrachtet. Der private Gebrauch von Kfz-Pflegemitteln wird nicht berücksichtigt.

4.28.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Weder die Produktions- noch die Außenhandelsstatistik bieten eine Basis zur Abschätzung des Inlandsverbrauchs an Transportwachs und Beschichtungsmitteln für den Fahrzeugunterboden. In /Bräutigam92/ sind für das Jahr 1986 Verbrauchsabschätzungen für die enthaltenen Kohlenwasserstoffe (Testbenzine und Hochsieder) angegeben. Danach wurden 1986 bei der Bewachsung von Fahrzeugen ca. 4 310 t Kohlenwasserstoffe verwendet, für den Unterbodenschutz ca. 5 210 t. Laut /LBA93/ erfolgt die Hohlraumversiegelung von Kraftfahrzeugen weitgehend ohne Freisetzung von NMVOC's und kann somit bei der Ermittlung von Emissionen unberücksichtigt bleiben. Zur Ermittlung der Verbrauchsmengen an Kohlenwasserstoffen werden folgende Annahmen getroffen:

Der für 1986 angegebene Verbrauch an Kohlenwasserstoffen für die Bewachsung wird als konstant angesehen, da laut /Obermeier95a/ neben dem produktionsbedingten Verbrauchsanstieg gleichzeitig ein Trend zum Bewachsungsverzicht festzustellen ist.

Unterbodenschutz wird sowohl im Automobilbau als auch im Kfz-Reparaturgewerbe verwendet. Von 1986 bis 1994 hat der Fahrzeugbestand von 31 367 000 in den alten Bundesländern auf 46 339 000 Kraftfahrzeuge /Verkehr97/ im gesamten Bundesgebiet (alte und neue Bundesländer gesamt), und damit um ca. 48 % zugenommen.

Bei der Abschätzung der Emissionen wird von einer offenen Applikation ohne Abluftreinigung ausgegangen. Somit sind die Verbrauchsmengen an Kohlenwasserstoffen den Emissionen gleichzusetzen. Es wurden 1994 ca. 4 310 t Kohlenwasserstoffe in Bewachungsmitteln verwendet und 7 711 t Kohlenwasserstoffe im Unterbodenschutz. Es wurden somit ca. 12 021 t NMVOC bei der Bewachsung von Fahrzeugen und der Anwendung von Unterbodenschutz emittiert.

4.28.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden bei der Konservierung von Fahrzeugen und der Anwendung von Unterbodenschutz 12 021 t Kohlenwasserstoffe verwendet und emittiert.

4.28.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung wird der Gesamtfahrzeugbestand F der Bundesrepublik Deutschland im Fortschreibungsjahr herangezogen. Die Einsatzmenge an Kohlenwasserstoffen ergibt sich dann aus der folgenden Gleichung: $V[t]=F/46\,339\,000 * 6\,460\,t + 4\,310\,t$.

Der Gesamtfahrzeugbestand betrug 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 46 339 000 Kraftfahrzeuge.

4.28.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 betrug der Kraftfahrzeugsbestand F in der Bundesrepublik Deutschland 48 100 000 /Verkehr97/. Daraus ergibt sich eine Einsatzmenge an Kohlenwasserstoffen von 11 016 t, die 1996 auch emittiert wurden.

4.28.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Bei der Konservierung von Fahrzeugen sind Minderungspotentiale in der Verwendung synthetischer Polymerwachse zu sehen, bei denen es sich um Acrylatsysteme handelt. Im experimentellen Stadium befindet sich der Gebrauch von Klebefolien. Im Bereich des Unterbodenschutzes sind keine Minderungspotentiale zu erkennen /Öko99a/.

4.28.7 Anmerkungen

Die dieser Quellgruppe zugrundeliegenden Annahmen und Datenbasis sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Trotz Anfrage waren beim Verband der Automobilindustrie keine weiteren Informationen zu erhalten.

4.29 Häuslicher Gebrauch von Lösemitteln

4.29.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60408 mit der Bezeichnung "Domestic solvent use" zugeordnet. Diese Quellgruppe umfasst alle lösemittelhaltigen Produktgruppen, die im häuslichen Bereich verwendet werden, außer der Anwendung von Farben und Lacken. Es werden betrachtet:

- Seifen
- Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel
- Alkoholische Duft- und Hygienewässer
- Parfüms
- Haut- und Haarpflegemittel
- Schönheitspflegemittel
- Badezusatzmittel
- andere Körperpflegemittel
- Putz- und Pflegemittel
- Kfz-Frostschutzmittel
- Kältemittel
- Feuerlöschmittel

In Tabelle 4.29.1 sind die betrachteten Produktgruppen entsprechend der Produktionsstatistik disaggregiert. Es werden hier auch die entsprechenden GP89-Meldenummern angegeben und die zugeordneten WA94-Meldenummern der Außenhandelsstatistik. Die Zuordnung erfolgte aufgrund der Systematik der Produktionsbereiche in Input-Output-Rechnungen (SIO), Ausgabe 1994 /SIO94/.

Tabelle 4.29.1: In der Quellgruppe "Domestic Solvent use" betrachtete Produktgruppen disaggregiert nach GP89-Meldenummern bzw. WA 94-Meldenummern /SIO94/

Produktgruppe	GP89-Meldenummer	WA94-Meldenummer
Seifen, Wasch- und Reinigungsmittel		
Feinseifen, Medizinalseife	4961 10	3401 11 00 (S)
Haushaltskernseifen	4961 20	3401 19 00 (S)
Rasierseifen	4961 31	3401 20 10
Schmierseifen	4961 51	3401 20 90
Flüssige Seifen	4961 55	
Seifenflocken, -späne, -nadeln	4961 70	
Industrieseifen	4961 80	
Sonst. Seifen	4961 90	
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel		
Voll- und Hauptwaschmittel, pulverförmig	4965 11	3402 20 90 (S)
Voll- und Hauptwaschmittel, flüssig	4965 15	3402 90 90 (S)
Wäscheweichspülmittel, Konzentrate	4965 42	3809 10 10 (V)
Wäscheweichspülmittel, andere	4965 44	3809 10 30 (V)
Stärken und Steifen	4965 48	3809 10 50 (V)
Sonst. Waschhilfsmittel	4965 49	3809 10 90 (V)

Tabelle 4.29.1: In der Quellgruppe "Domestic Solvent use" betrachtete Produktgruppen disaggregiert nach GP89-Meldenummern bzw. WA 94-Meldenummern /SIO94/

Produktgruppe	GP89-Meldenummer	WA94-Meldenummer
Spezial- und Feinwaschmittel, pulverförmig	4965 31	3402 20 90 (V)
Spezial- und Feinwaschmittel, flüssig	4965 35	3402 90 90 (V)
Handgeschirrspülmittel	4965 52	
Maschinen-Geschirrspülmittel Reiniger pulverförmig	4965 53	
Maschinen-Geschirrspülmittel Reiniger flüssig	4965 55	
Maschinen-Geschirrspülmittel Klarspüler	4965 56	
Maschinen-Geschirrspülmittel Regeneriersalz	4965 58	
Andere Haushaltsreinigungsmittel, flüssig	4965 61	
Andere Haushaltsreinigungsmittel, andere	4965 69	
Andere Haushaltsreinigungsmittel, Scheuermittel	4965 70	3405 40 00
Andere Haushaltsreinigungsmittel, Handreinigungsmittel	4965 90	3402 20 90 (V) 3402 90 90 (V)
Alkoholische Duft- u. Hygienewasser		
Kölnisch-, Lavendel- u. a. Duftwässer, Gesichtswässer, Rasierwässer	4971 10	3303 00 90 (S)
	4971 51	3304 99 00 (V)
	4971 55	3307 10 00 (V)
Parfums, flüssig oder fest		
Parfums, flüssig oder fest	4972 00	3303 00 10
Hautpflegemittel		
Sonnenschutzmittel	4973 10	3304 99 00
Sonst. Hautpflegemittel, cremeförmig	4973 91	
Sonst. Hautpflegemittel, andere	4973 99	
Haarpflegemittel		
Kopf- und Haarwässer	4976 10	3304 99 00 (V)
Haarwaschmittel, flüssig	4976 21	3305 10 00
Haarwaschmittel, andere	4976 29	3305 20 00
Haarsprays	4976 41	3305 30 00
Haar- und Schaumfestiger, Fönlotion	4976 45	3305 90 10
Haarfarben, -bleichmittel, -tönungen	4976 70	3305 90 90
Dauerwellmittel	4976 91	
Fixier- und sonst. Haarpflegemittel	4976 99	
Schonheitspflegemittel		
Lippenpflegemittel	4977 10	3304 10 00
Nagelpflegemittel	4977 91	3304 20 00
Augenpflegemittel	4977 95	3304 30 00
		3304 99 00 (V)
		3307 90 00 (S)
		3401 11 00 (V)
Badezusatzmittel		
Schaum- und Cremebäder	4978 11	3307 30 00
Duschbäder	4978 15	
sonstige Badezusatzmittel	4978 90	
Andere Körperpflegemittel		
Desodorantien für die Körperpflege	4979 10	3303 00 90 (V)
Rasiercremes, auch in Aerosolform	4979 50	3304 99 00 (V)
Sonst. Körperpflegemittel	4979 90	3307 10 00 (S) 3307 20 00 3307 90 00 (V) 3401 11 00 (V)
Putz- und Pflegemittel		
Schuhcreme	4991 21	3403 11 00 (V)
Andere Schuhpflegemittel	4991 29	3403 91 00 (V)
Lederputz- und -pflegemittel	4991 31	3405 10 00 (S)
Fußbodenreinigungsmittel	4991 40	3402 20 10 (V)
Bohnerwachs	4991 51	3402 20 90 (V)
Selbstglänzende Fußbodenpflegemittel	4991 55	3402 90 10 (V)
Andere Fußbodenpflegemittel	4991 59	3402 90 90 (V) 3405 20 00 (S)
Möbelpflegemittel	4991 60	3405 20 00 (V)
Autowaschmittel	4991 71	3402 20 90 (V)
Autolackpflegemittel	4991 73	3402 90 90 (V)
Autochrompflegemittel	4991 75	3405 30 00 (S)
Defroster- und Antibeslagmittel	4991 77	3405 90 10 (V)
Sonst. Autopflegemittel	4991 79	3405 90 90 (V)
Fensterputzmittel	4991 81	3402 20 90 (V)
Herdputzmittel	4991 84	3402 90 90 (V)
Rohr- und WC-Reiniger	4991 87	3405 90 10 (S)
Sonstige Putz- und Pflegemittel	4991 90	3405 90 90 (S)

Die fettgedruckten WA-Meldenummern sind mehreren Gruppen von GP-89-Meldnummern zugeordnet. Das (S) bedeutet schwerpunktmäßig, d. h. die dieser WA94-Meldenummer zugeordnete Export- bzw. Importmenge ist zum größten Teil dieser Gruppe an GP89-Meldenummern zuzuordnen. (V) bedeutet, dass bezüglich der Gesamtmenge an ex- bzw. importierter Ware die Menge, die der entsprechenden GP-89-Gütergruppe zuzuordnen ist, vernachlässigbar klein ist. Die mehrfache Zuordnung und die Kategorisierung in (S) und (V) muss bei der Berechnung des Inlandsverbrauchs berücksichtigt werden.

Darüber hinaus werden in dieser Quellgruppe auch die Emissionen aus privaten und gewerblichen Kühlgeräten, Kfz-Klimaanlagen sowie stationären Klimaanlagen, die Emissionen aus der Verwendung von Frostschutzmitteln in Kraftfahrzeugen sowie Feuerlöschmittel berücksichtigt.

4.29.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Um die bei der Verwendung von Putz-, Pflege, Reinigungs- und Waschmitteln sowie von Körperpflegemitteln eingesetzten Mengen Lösemittel zu bestimmen, wird zunächst der Inlandsverbrauch der in Tabelle 4.29.1 beschriebenen Produktgruppen ermittelt. Hierbei wird die anteilige Gewichtung der mehrfach genannten WA94-Meldenummern berücksichtigt. Darüber hinaus wird der Inlandsverbrauch einer Gütergruppe, der mehrere GP89-Meldenummern sowie mehrere WA 94-Meldenummern zugeordnet sind, ausgerechnet, indem die Summe der exportierten Menge von der summierten Produktionsmenge abgezogen wird und die summierte Importmenge hinzuaddiert wird. Daraus wird der Anteil des Inlandsverbrauchs an der Produktionsmenge berechnet und auf die einzelnen Produktgruppen bzw. GP89-Meldenummern zurückübertragen. Anschließend wird die Inlandsverbrauchsmenge der entsprechenden Produktgruppe berechnet.

Tabelle 4.29.2: Ermittlung der Inlandsverbrauchsmenge an Konsumgütern 1994 in der Bundesrepublik Deutschland /StaBuA94a/, /StaBuA94b/

Produktgruppe	Produktionsmenge 1994 [t]	Import [t]	Export [t]	Inlands- verbrauch [%]	Inlands- verbrauch [t]
Seifen, Wasch- und Reinigungsmittel					
Feinseifen, Medizinalseifen	64 669			70,0	45 261,2
Haushaltskernseifen	1 792			70,0	1 254,2
Rasierseifen	683	12 699,5	39 284,2	70,0	478,0
Schmierseifen	11 802	1 025,8	827,8	70,0	8 260,1
Flüssige Seifen	10 169	876,2	3 941,5	70,0	7 117,2
Seifenflocken, -späne, -nadeln	5 113	5 358,5	7 848,9	70,0	3 578,5
Industrieseifen	11 332			70,0	7 931,2
Sonst. Seifen	876			70,0	613,1
Summe	106 436	19 960	51902,4	70,0	74 493,6

Tabelle 4.29.2: Ermittlung der Inlandsverbrauchsmenge an Konsumgütern 1994 in der Bundesrepublik Deutschland /StaBuA94a/, /StaBuA94b/

Produktgruppe	Produktionsmenge 1994 [t]	Import [t]	Export [t]	Inlands- verbrauch [%]	Inlands- verbrauch [t]
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel					
Voll- und Hauptwaschmittel, pulverförmig	540 691	141 978,6	117 584,4	101,9	550 867,3
Voll- und Hauptwaschmittel, flüssig	32 700	56 363,4	65 833,7	101,9	33 315,4
Wäscheweichspülmittel, Konzentrate	62 546	749,2	596,9	101,9	63 723,2
Wäscheweichspülmittel, andere	17 478	99,1	216,8	101,9	17 807,0
Stärken und Steifen	132 691	71,0	242,0	101,9	135 188,4
Sonst. Waschlösungsmittel	31 406	892,7	293,8	101,9	31 997,1
Summe	817 12	200 153,8	184 767,6	101,9	832 898,3
Spezial- und Feinwaschmittel, pulverförmig	4 481			101,8	4 562,8
Spezial- und Feinwaschmittel, flüssig	78 970			101,8	80 411,6
Handgeschirrspülmittel	123 922			101,8	126 184,2
Maschinen-Geschirrspülmittel Reiniger pulverförmig	76 641	72 998,8	60 456,5	101,8	78 040,1
Maschinen-Geschirrspülmittel Reiniger flüssig	34 038	28 979,5	33 848,7	101,8	34 659,4
Maschinen-Geschirrspülmittel Klarspüler	Keine Angabe			101,8	keine Angabe
Maschinen-Geschirrspülmittel Regeneriersalz	Keine Angabe			101,8	keine Angabe
Andere Haushaltsreinigungsmittel, flüssig	89 257			101,8	90 886,4
Andere Haushaltsreinigungsmittel, andere	13 018			101,8	13 255,6
Summe	420 327	101 978,3	94305,1	101,8	94 305,1
Andere Haushaltsreinigungsmittel, Scheuermittel	14 428	25 369,2	6700,3	229,4	33 096,9
Andere Haushaltsreinigungsmittel, Handreinigungsmittel	18 278	3 174,4	2629,0	101,8	18 611,7
Summe	18 278	4 434,5	4100,9	101,8	18 611,7
Alkoholische Duft- u. Hygienewasser					
Kölnisch-, Lavendel- und andere Duftwässer	3 207	2 359,3	1 516,9	104,5	3 352,3
Gesichtswässer	3 050	617,4	896,2	104,5	3 188,2
Rasierwässer	2 843	2 451,8	2 602,9	104,5	2 971,8
Summe	9 100	5 428,5	5 016,1	104,5	9 512,4
Parfüms, flüssig oder fest					
Parfüms, flüssig oder fest	1 440	1595,1	632,7	166,8	2 402,4
Hautpflegemittel					
Sonnenschutzmittel	6 600			96,9	6 397,7
Sonst. Hautpflegemittel, cremeförmig	38 058	5 440,2	7 897,7	96,9	36 891,7
Sonst. Hautpflegemittel, andere	35 531			96,9	34 442,1
Summe	80 189	5 440,2	7 897,7	96,9	77 731,6
Haarpflegemittel					
Kopf- und Haarwässer	3351			68,6	2 299,5
Haarwaschmittel, flüssig	103 693	14 287,4	20 741,3	68,6	71 157,0
Haarwaschmittel, andere	791	16 597,4	46 159,1	68,6	542,8
Haarsprays	34 812	1 078,4	3 507,1	68,6	23 889,0
Haar- und Schaumfestiger, Fönlotion	14 564	3 081,4	7 652,8	68,6	9 994,2
Haarfarben, -bleichmittel, -tönungen	18 503	696,9	379,8	68,6	12 697,3
Dauerwellmittel	5 830	8 670,3	32 051,2	68,6	4 000,7
Fixier- und sonst. Haarpflegemittel	29 053			68,6	19 937,0
Summe	210 597	44 411,8	110 491,3	68,6	14 4517,5
Schonheitspflegemittel					
Lippenpflegemittel	1363	670,4	1 831,3	54,4	741,1
		1 451,9	1 027,1		
Nagelpflegemittel	1659	3 020,7	2 998,7	54,4	902,0
		271,2	393,8		
Augenpflegemittel	976	953,5	942,5	54,4	530,7
		477,0	1 475,6		
Summe	3998	6 844,7	8 669,0	54,4	2 173,7
Badezusatzmittel					
Schaum- und Cremebäder	79932			99,4	79 480,5
Duschbäder	52392	26 107,2	26 995,4	99,4	52 096,1
sonstige Badezusatzmittel	24914			99,4	24 773,3
Summe	157238	26 107,2	26 995,4	99,4	156 349,8
Andere Körperpflegemittel					
Desodorantien für die Körperpflege	22400	7 128,3	4 583,4	56,1	12 568,8
		1 865,3	2 707,9		
Rasiercremes, auch in Aerosolform	5095	7 408,1	7 864,5	56,1	2 858,8
		7 732,0	14 253,2		
Sonst. Körperpflegemittel	keine Angabe	6 557,2	6481,9	56,1	keine Angabe
		3 280,6	10 148,1		
Summe	27495	33 971,5	46 038,9	56,1	15 427,6

Tabelle 4.29.2: Ermittlung der Inlandsverbrauchsmenge an Konsumgütern 1994 in der Bundesrepublik Deutschland /StaBuA94a/, /StaBuA94b/

Produktgruppe	Produktionsmenge 1994 [t]	Import [t]	Export [t]	Inlands- verbrauch [%]	Inlands- verbrauch [t]
Putz- und Pflegemittel					
Schuhcreme	1468	3,3	285,3	66,9	982,8
Andere Schuhpflegemittel	4436	24,0	609,1	66,9	2 969,7
Lederputz- und -pflegemittel	3376	1 307,8	3 508,1	66,9	2 260,1
Summe	9280	1 335,0	4 402,4	66,9	6 212,6
Fußbodenreinigungsmittel	42679	583,9	246,0	78,0	33 286,2
Bohnerwachs	1170	12 799,6	10 600,4	78,0	912,5
Selbstglänzende Fußbodenpflegemittel	23405	1 650,5	12 408,3	78,0	18 254,0
Andere Fußbodenpflegemittel	6446	3 168,1	10 313,5	78,0	5 027,4
Summe	73 700	23 283,3	39 503,3	78,0	57 480,1
Möbelpflegemittel	2 083	89,5	291,5	90,3	1 881,0
Autowaschmittel	8 718	7 868,5	6 516,6	92,3	8 048,0
Autolackpflegemittel	8 615	3 123,7	3 648,5	92,3	7 952,9
Autochrompflegemittel	329	1 737,1	3 230,0	92,3	303,7
Defroster- und Antibeslagmittel	17 553	96,6	2 861,2	92,3	16 204,0
Sonst. Autopflegemittel	10 092	910,3	962,1	92,3	9 316,4
Summe	45 307	13736,3	17 218,4	92,3	41 824,9
Fensterputzmittel	14 935	24 413,4	20 218,8	95,6	14 279,3
Herdputzmittel	1 425	9 691,7	11 320,2	95,6	1 362,4
Rohr- und WC-Reiniger	66 676	299,9	8 877,2	95,6	63 748,6
Sonstige Putz- und Pflegemittel	57 536	2 824,5	2 985,0	95,6	55 009,9
Summe	140 572	37229,4	43401,2	95,6	134 400,2

Die Lösemittelgehalte der entsprechenden Produktgruppen wurden verschiedenen Quellen entnommen /Berner96/, /Obermeier95a/, /Vollmer91a/, /Vollmer91b/, /Vollmer94/. Anhand der angenommenen Lösemittelgehalte können die entsprechenden Emissionen berechnet werden. Dabei wurde angenommen, dass die eingesetzten Lösemittel vollständig emittiert werden. Dies ist aufgrund der offenen Anwendung dieser Produktgruppen plausibel. Die Menge an eingesetzten Lösemitteln sowie die daraus resultierenden Emissionen sind in Tabelle 4.29.3 disaggregiert nach Produktgruppen dargestellt.

Tabelle 4.29.3: Einsatz und Emission von Lösemitteln beim Gebrauch von Konsumgütern

Produktgruppe	Inlandsverbrauch [t]	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
Seifen, Wasch- und Reinigungsmittel			
Feinseifen, Medizinalseifen	45 261,2	0,0	0
Haushaltskernseifen	1 254,2	0,0	0
Rasierseifen	478,0	10,0	48
Schmierseifen	8 260,1	0,0	0
Flüssige Seifen	7 117,2	5,0	356
Seifenflocken, -späne, -nadeln	3 578,5	0,0	0
Industrieseifen	7 931,2	0,0	0
Sonst. Seifen	613,1	0,0	0
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel			
Voll- und Hauptwaschmittel, pulverförmig	550 867,3	0,0	0
Voll- und Hauptwaschmittel, flüssig	33 315,4	7,0	2 332
Wäscheweichspülmittel, Konzentrate	63 723,2	1,0	637
Wäscheweichspülmittel, andere	17 807,0	1,0	178
Stärken und Steifen	135 188,4	1,5	2 028
Sonst. Waschhilfsmittel	31 997,1	0,0	0
Spezial- und Feinwaschmittel, pulverförmig	4 562,8	0,0	0
Spezial- und Feinwaschmittel, flüssig	80 411,6	5,0	4 021
Handgeschirrspülmittel	126 184,2	5,0	6 309
Maschinen-Geschirrspülmittel Reiniger pulverförmig	78 040,1	0,0	0
Maschinen-Geschirrspülmittel Reiniger flüssig	34 659,4	5,0	1 733
Maschinen-Geschirrspülmittel Klarspüler	9 500 *	5,0	475
Maschinen-Geschirrspülmittel Regeneriersalz	keine Angabe	0,0	0

Tabelle 4.29.3: Einsatz und Emission von Lösemitteln beim Gebrauch von Konsumgütern

Produktgruppe	Inlandsverbrauch [t]	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
Andere Haushaltsreinigungsmittel, flüssig	90 886,4	7,0	6362
Andere Haushaltsreinigungsmittel, andere	13 255,6	0,0	0
Andere Haushaltsreinigungsmittel, Scheuermittel	33 096,9	0,0	0
Andere Haushaltsreinigungsmittel, Handreinigungsmittel	18 611,7	5,0	931
Alkoholische Duft- u. Hygienewässer			
Kölnisch-, Lavendel- u. a. Duftwässer	3 352,3	50,0	1 676
Gesichtswässer	3 188,2	50,0	1 594
Rasierwässer	2 971,8	30,0	892
Parfums, flüssig oder fest			
Parfums, flüssig oder fest	2 402,4	50,0	1 201
Hautpflegemittel			
Sonnenschutzmittel	6 397,7	2,0	128
Sonst. Hautpflegemittel, cremeförmig	36 891,7	1,0	369
Sonst. Hautpflegemittel, andere	34 442,1	28,0	9 644
Haarpflegemittel			
Kopf- und Haarwässer	2 299,5	20,0	460
Haarwaschmittel, flüssig	71 157,0	0,0	0
Haarwaschmittel, andere	542,8	0,0	0
Haarsprays	23 889,0	75,0	17 917
Haar- und Schaumfestiger, Fönlotion	9 994,2	2,0	200
Haarfarben, -bleichmittel, -tönungen	12 697,3	5,0	635
Dauerwellmittel	4 000,7	1,0	40
Fixier- und sonst. Haarpflegemittel	19 937,0	5,0	997
Schönheitspflegemittel			
Lippenpflegemittel	741,1	0,0	0
Nagelpflegemittel	902,0	90,0	812
Augenpflegemittel	530,7	5,0	27
Badezusatzmittel			
Schaum- und Cremebäder	79 480,5	0,5	397
Duschbäder	52 096,1	0,5	260
sonstige Badezusatzmittel	24 773,3	5,0	1 239
Andere Körperpflegemittel			
Desodorantien für die Körperpflege	12 568,8	100,0	12 569
Rasiercremes, auch in Aerosolform	2 858,8	5,0	143,0
Sonst. Körperpflegemittel	keine Angabe	0,0	0
Putz- und Pflegemittel			
Schuhcreme	982,8	45,0	442
Andere Schuhpflegemittel	2 969,7	45,0	1 336
Lederputz- und -pflegemittel	2 260,1	45,0	1 017
Fußbodenreinigungsmittel	33 286,2	3,0	999
Bohnerwachs	912,5	80,0	730
Selbstglänzende Fußbodenpflegemittel	18 254,0	2,0	365
Andere Fußbodenpflegemittel	5 027,4	3,0	151
Möbelpflegemittel	1 881,0	35,0	658
Autowaschmittel	8 048,0	0,0	0
Autolackpflegemittel	7 952,9	35,0	2 784
Autochrompflegemittel	303,7	5,0	15
Defroster- und Antibeschlagmittel	16 204,0	85,0	13 773
Sonst. Autopflegemittel	9 316,4	20,0	1 863
Fensterputzmittel	14 279,3	15,0	2 142
Herdputzmittel	1 362,4	35,0	477
Rohr- und WC-Reiniger	63 748,6	2,0	1 270
Sonstige Putz- und Pflegemittel	55 009,9	15,0	8 251

* die Menge der im Inland verbrauchten Klarspüler wurde anhand des Inlandsverbrauchs 1996 abgeschätzt.

Bezüglich der stofflichen Disaggregation ergibt sich nach Tabelle 4.29.4 /Obermeier95a//Bräutigam92//Greiner99/ /UBA98//Öko99b/ folgendes Bild.

Tabelle 4.29.4: Zusammensetzung der NMVOC-Emissionen aus der Verwendung von Konsumgütern in Gewichtsprozent /Bräutigam92/ /Obermeier95a//Greiner99//UBA98//Öko99b/

NMVOC-Komponenten	Wasch-, Reinigungs-, Putz- und Pflegemittel	Körperpflegemittel	Frostschutzmittel	Feuerlöscher	Kältemittel
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Spezialbenzine	1,6				
Testbenzine	1,0				
Toluol	0,03				
Xylol	0,03				
sonstige Aromaten	0,002				
Terpenkohlenwasserstoffe	0,3				
Propan		2,4			2,75
Butan		20,0			2,75
Pentan		2,0			
sonstige Kohlenwasserstoffe	4,5				
Halogenkohlenwasserstoffe	0,3			100,0	94,5
Methanol	0,01				
Ethanol	5,1	44,4	50,0		
Isopropanol	72,6	4,9	50,0		
sonstige Alkohole	0,13				
Ester	0,4				
Aceton	0,1	2,2			
sonstige Ketone	0,05				
Aldehyde	0,3				
Organische Säuren	0,9				
Glykolderivate	4,1	5,9			
Ether	0,01	18,2			
Amine	0,4				
sonstige NMVOC	8,1				
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Im folgenden werden zusätzlich noch die Quellgruppen:

- Kfz-Frostschutzmittel
- Kältemittel
- Feuerlöschmittel

betrachtet.

Bei der Verwendung von Frostschutzmitteln in Kraftfahrzeugen wird für 1994 von einem Jahresverbrauch von ca. 1,5 l pro Kraftfahrzeug /ADAC97/ ausgegangen. Es handelt sich meist um Alkohole (Ethanol, Isopropanol, etc.). Alkohole besitzen im allgemeinen eine spezifische Dichte von ca. 0,8 t/m³. 1994 waren in der Bundesrepublik Deutschland 46 339 000 Kraftfahrzeuge /Verkehr97/ zugelassen. Damit wurden 1994 ca. 55 607 t Frostschutzmittel in Kraftfahrzeugen /ADAC97/ eingesetzt. Wenn davon ausgegangen wird, dass ca. 50 % der eingesetzten Frostschutzmittel emittiert wurden, so entspricht dies einer NMVOC-Emissionsmenge von ca. 27 803 t. Die anderen 50 % der eingesetz-

ten Frostschutzmittel gelangen unserer Einschätzung nach ins Abwasser.

Kältemittel werden in einer Vielzahl von Kühlaggregaten und Klimaanlage unterschiedlicher Größe und Bauart eingesetzt. Hierbei sind privat genutzte Kühlschränke und Tiefkühlgeräte, gewerblich genutzte Kühlgeräte einschließlich Transportfahrzeuge mit Kühleinrichtungen, Autoklimaanlagen sowie stationäre Klimaanlage in Gebäuden zu betrachten. Nach dem FCKW-HALON-Verbot /FCKW91/ gilt bei Kühl- und Kältemitteln für Großanlagen seit 1.1.1992, für mobile Großanlagen seit 1.1.1994 und für Kleinanlagen ab 1.1.1995 /Bayern97/ ein Verbot bezüglich des Einsatzes von Fluorchlorkohlenwasserstoffen. Damit ist der Einsatz von FCKW in Kleinanlagen, zu denen Autoklimaanlagen, private Kühlgeräte und teilweise gewerbliche Kühlgeräte, Transportkühlgeräte sowie stationäre Klimaanlage zählen, für das Bezugsjahr 1994 noch zu berücksichtigen. Nach /ICU92/ wurden 1992 ca. 1000 t FCKW in der Kälte und Klimatechnik eingesetzt. Wenn man aufgrund der Verbote von einem weiteren Rückgang bis 1994 ausgeht, so werden für 1994 ca. 500 t FCKW angenommen, die in der Kälte- und Klimatechnik eingesetzt werden. Die Verwendung von vollhalogenierten FCKW wie R12 /UBA98/ ist nach den Vorschriften der FCKW-HALON-Verbotsverordnung /FCKW91/ in Deutschland seit 1. Januar 1995 verboten. Für bestehende Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen dürfen diese Kältemittel noch solange in den Verkehr gebracht und verwendet werden, bis Ersatzmittel vom Umweltbundesamt benannt werden. Der teilhalogenierte FCKW R22 darf noch bis zum Jahr 2000 bei der Herstellung von Neuanlagen verwendet werden. Anfang 1996 enthielten Kälte- und Klimaanlage in Deutschland noch ca. 6 740 t R12. Nur 7 % der privaten Kfz-Klimaanlagen waren bis 1998 umgerüstet. Damit waren Kfz-Klimaanlagen die wichtigste Emissionsquelle für R12. Das am häufigsten eingesetzte Ersatzkältemittel enthält einen Anteil von 54 % R134 a. Weitere vielfach eingesetzte Ersatzkältemittel ohne Ozonabbaupotential sind R404 a, R507 und R413 a. Ein Drittel der heute eingesetzten Ersatzkältemittel besitzt jedoch noch ein Ozonabbaupotential. Hierzu zählt z. B. R22, ein H-FCKW, sowie R22-haltige Gemische. Andere vollhalogenierte wie R502, R11 oder R114 durften bzw. dürfen als Kältemittel für bestehende Anlagen noch verwendet werden. R 502, ein Gemisch aus R115 und R 22, war unter Berücksichtigung der ozonabbauenden Wirkung nach R12 das am häufigsten in Deutschland eingesetzte Kältemittel. Ein Teil der R502-Anlagen ist bereits auf Ersatzkältemittel umgestellt. R502 wird weltweit nicht mehr hergestellt und ist in der Bundesrepublik kaum noch verfügbar. Mit Ausnahme von kleinen kompakten werksfertigen Heizwärmepumpen ist eine Umstellung aller R 502-Kälteanlagen möglich. Das Inverkehrbringen und Verwenden von R22 und R22-haltigen Gemischen in Neuanlagen war nach der FCKW-HALON-Verbotsverordnung /FCKW91/ noch bis zum 31.12.1999 erlaubt. Für bestehende Anlagen ist die Verwendung ab dem 1. Januar 2000 so lange zulässig, bis Ersatzkältemittel mit geringerem

Ozonabbaupotential nach dem Stand der Technik einsetzbar sind. Es liegen wenig Erfahrungen mit Umstellungen von bestehenden R22-Kälteanlagen vor. Diese konzentrieren sich auf das weltweit größte Einsatzgebiet, die Klimatisierung. Für in Deutschland relevante Einsatzbereiche liegen bisher nur vereinzelte Erfahrungsberichte vor. Weiterhin werden in geringem Maße immer noch Halone hauptsächlich als Feuerlöschmittel eingesetzt. Sie werden zum Schutz von Räumen mit stationären Löschanlagen, die den betreffenden Raum im Brandfall mit dem Löschgas fluten, eingesetzt. Als Handfeuerlöscher wurden sie sowohl im privaten Bereich (insbesondere in PKW) als auch im industriellen Bereich (z. B. in Laboren) verwendet. Nach der FCKW-HALON-Verordnung /FCKW91/ ist die Verwendung von Halonen seit dem 1.1.1992 verboten. In Feuerlöschgeräten und Anlagen, die vor dem 1.8.1991 hergestellt wurden, durften Halone noch bis zum 31.12.1993 verwendet werden. Ausnahmen von diesen Regelungen sind nur möglich, wenn diese Stoffe bei der Brandbekämpfung zum Schutz von Leben und Gesundheit des Menschen zwingend erforderlich sind. Halone dürfen noch eingesetzt werden in Luftfahrzeugen und Seeschiffen unter deutscher Flagge, deren Kiellegung vor dem 1.1.1992 erfolgte. Die Ausnahmegenehmigungen sind bundesweit bis zum 31.12.1998 befristet. 1998 wurden erneute Ausnahmen für die Halonverwendung nur noch für eine Menge von etwa 100 t erteilt. Hiervon befanden sich ca. 65 t in Lagern für die Wartung der zugelassenen Halonanlagen. 1998 wurde gegenüber 1993 eine Reduzierung der Halonmengen um ca. 65 % erreicht. In Halonanlagen auf unter deutscher Flagge fahrender Seeschiffe befanden sich 1998 noch 23,4 t Halon. 1993 waren dies noch 66,7 t. Es wird für 1994 eine Emission von ca. 2 t Halonen angenommen.

Die Freisetzung von Kältemitteln hat verschiedene Ursachen. Hierzu zählen Leckagen und Undichtigkeiten im Kühlmittelkreislauf, der Kühlmittelaustausch im Zuge von Wartungs- und Reparaturarbeiten sowie die Entsorgung von Altgeräten. Tabelle 4.29.5 enthält eine Zusammenstellung über den Einsatz von FCKW in Kühl- und Klimageräten in der Bundesrepublik Deutschland /Obermeier95a/.

Tabelle 4.29.5: Einsatz und Emissionen von FCKW-Kühlmitteln in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1990 /Obermeier95a/

Geräteart	FCKW-Einsatz [t/a]	FCKW-Emission [t/a]
private Kühlgeräte	650	540
Gewerbliche Kühlgeräte	2 600	900
Kfz-Klimaanlagen	1 500	760
Stationäre Klimaanlagen	3 750	1 500
Summe	8 500	3 700

Die Mengen beinhalten auch die herstellerseitige Befüllung von Neugeräten. Ferner sind in dieser Tabelle Emissionsabschätzungen durchgeführt. Hierbei wurde z. B. berücksichtigt, dass ein erheblicher Teil der 1990 mit Klimaanlagen ausgestatteten Kraftfahrzeuge exportiert wurde und spätere Emissionen (Kfz-Klimaanlagen werden während der Fahr-

zeuglebensdauer 2-3 mal neu befüllt) nicht innerhalb des Bundesgebietes erfolgten. Außerdem wurde die in zunehmenden Maße durchgeführte Absaugung des Kühlmittels bei der Entsorgung von Altgeräten berücksichtigt. Nach /Öko99b/ wurden 1995 aus Kälteanlagen und Stationären Klimaanlage 126 t (Einsatz 1 144 t) und aus mobilen Klimaanlage (hauptsächlich Kfz-Klimaanlagen) ebenfalls 126 t (Einsatz 853 t) emittiert. Aufgrund des erst ab 1.1.1995 geltenden Verbotes für Kleinanlagen war die Emissionssituation 1994 noch etwas anders. Für unsere Studie wird jedoch zur Vereinfachung eine ähnliche Emissionssituation für 1994 und 1995 angenommen, da es sich in erster Linie um Substitutionsprozesse handelte. Seit 1992 werden in privaten und gewerblichen Kühlgeräten neben R134a zunehmend Isobutan und Isobutan-Propan-Gemische als FCKW-Ersatzstoffe eingesetzt. Über die Einsatzmengen dieser Stoffe ist bezogen auf 1994 wenig bekannt. Deshalb wird in dieser Studie zunächst der Inlandsverkaufs an Haushaltskühlgeräten und gewerblichen Kühlschränken und -truhen ermittelt.

Tabelle 4.29.6: Ermittlung des Inlandverkaufs Haushaltskühlgeräte /StaBuA94a/, /StaBuA94b/.

Produktart	GP89-Melde-nummer	WA 94-Mel-dennummer	Produktion 1994 [Stück]	Import [Stück]	Export [Stück]	Inlandsverkauf [Stück]
Gewerbliche Kühlschränke und Kühltruhe						
-für Normalkühlung	3233 13	8418 10 10	29 657	2	230	
- für Tiefkühlagerung und Gefrierzwecke	3233 14	8418 10 90	4 634	494 244	313 448	
Verkaufsmöbel für Normalkühlung		8418 21 10		10 861	19 794	
		8418 21 51		496 055	125 184	
- Truhen, Theken, Inseln (einstufig)	3233 22	8418 21 59	2 498	279 963	553 570	
Regale und- schränke (mehrstufig)	3233 24	8418 21 91	20 673	436 633	37 983	
Verkaufskühlmöbel für Tiefkühlung	3233 27	8418 21 99	19 854	11 502	26 764	
		8418 22 00		42 463	127 559	
Kühleinrichtungen für Gaststätten, Cafeterias u.ä.	3233 35	8418 29 00	40 107	11 077	16 066	
		8418 30 10		0	2	
Sonstige gewerbliche Kühlmöbel und -geräte	3233 45	8418 30 91	49 961	354 862	29 375	
		8418 30 99		37 435	4 182	
Tischkühlschränke	3638 12	8418 40 10	69 6407	0	5	
Einbaukühlschränke	3638 13	8418 40 91	1 633 250	318 029	141 547	
Kombinierte Kühl- und Gefrierschränke sowie Haushaltsgefrierschränke und -truhen bis 250 l	3638 16	8418 40 99	749 742	14 453	107 738	
	3638 23	8418 50 11		19 288	9 288	
Einbaugeräte	3638 32	8418 50 19	235 044	34 739	14 748	
Standgeräte sowie Einbau- und Standgeräte über 250 l	3638 33	8418 50 91	479 822	4 039	1 239	
	3638 34	8418 50 99		294 331	11 563	
Summe			3 961 649	2 859 976	1 540 285	5 281 340

Die Gesamtinlandsverkaufsmenge an Kühlgeräten betrug 1994 nach Tabelle 4.29.6 ca. 5 281 340 Stück. In dieser Studie wird eine mittlere Kühlmittleinsatzmenge von ca. 60 g / Kühlgerät (Kohlenwasserstofffüllung) und 180 g / Kühlgerät (HFKW-Füllung) angenommen /Lohbeck99/. 54 % der im Inland verkauften Kühlschränke sind Importware, die größtenteils noch R134a enthält. Die Einsatzmenge an Kühlmitteln für Kühlanlagen betrug 1994 ca. 515 t R134 a sowie ca. 145 t Propan-Isobutan-Gemisch. Während der Lebensdauer von durchschnittlich 15 Jahren können Kühlschränke als hermetisch betrachtet werden (Null Emission). Die wesentlichen Emissionen entstehen bei der Entsorgung. Wenn nun weiterhin angenommen wird, dass entsprechend /Obermeier95a/ ca. 44 % dieser Menge emittiert werden, so entspricht dies einer Menge von ca. 290 t NMVOC, die 1994 in die Atmosphäre entwich.

4.29.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland bei der Verwendung von Seifen, Wasch-, Spül- und Reinigungsmitteln, alkoholischen Duft- und Hygienewässern, Parfüms, Haut- und Haarpflegemitteln, Schönheitspflegemitteln, Badezusatzmitteln, anderen Körperpflegemitteln, Putz- und Pflegemitteln sowie dem Einsatz von Kühlmitteln in privaten und gewerblichen Kühlgeräten, Kfz-Klimaanlagen und stationären Klimaanlagen ca. 176 244 t NMVOC eingesetzt. Diese Einsatzmengen teilten sich wie in Tabelle 4.29.7 dargestellt auf. In dieser Tabelle sind auch die daraus resultierenden Emissionen dargestellt.

Tabelle 4.29.7: Einsatzmengen und Emissionen an NMVOC in der Quellgruppe "Domestic solvent use" disaggregiert nach Produktgruppen im Bezugsjahr 1994

Produktgruppe	Einsatzmenge [t]	Emission [t]
Seifen-, Wasch- und Reinigungsmittel	404	404
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel	24 531	24 531
Alkoholische Duft- und Hygienewässer	4 162	4 162
Parfüms	1 201	1 201
Hautpflegemittel	10 141	10 141
Haarpflegemittel	20 248	20 248
Schönheitspflegemittel	838	838
Badezusatzmittel	1 897	1 897
andere Körperpflegemittel	12 712	12 712
Putz- und Pflegemittel	36 279	36 279
Frostschutzmittel in Kraftfahrzeugen	55 607	27 803
Feuerlöscher	100	2
Kälteanlagen und stationäre Klimaanlagen	1 144	126
mobile Klimaanlagen	853	126
Private und gewerbliche Kühlgeräte	660	290
Summe	170 776	140 760

4.29.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Bei der Fortschreibungsmethode ist zunächst die Umstellung der Systematik der Produktionsstatik von GP89 auf GP95 zu berücksichtigen. In Tabelle 4.29.8 werden den betrachteten Produktgruppen die entsprechenden GP95-Meldenummern zugeordnet. In derselben Tabelle werden den GP 95-Meldenummern die entsprechenden WA94-Meldenummern /StaBuA95/

Tabelle 4.29.8: Zuordnung der GP95-Meldenummern zu Meldenummern von WA 96 für die betrachtete Quellgruppe "domestic solvent use"/StaBuA95/

Produktgruppe	GP95-Meldenummer	WA96-Meldenummer	
Seifen			
Rasierseifen	2451 31 203	3401 11 00	
Papier, Watte, Filz und Vliesstoffe, mit Seife oder Reinigungsmitteln getränkt oder überzogen, zur Körperpflege	2451 31 205		
andere Seifen (z. B. Feinseife, Medizinalseife)	2451 31 209		
Industrieseifen	2451 31 530	3401 19 00	
Haushaltskernseifen	2451 31 550		
andere Seifen, nicht zur Körperpflege	2451 31 590		
Seifen in Form von Flocken, Körnern oder Pulvern	2451 31 730	3401 20 10	
Seifen, flüssig- und pastenförmig	2451 31 793	3401 20 90	
Seifen, nicht zur Körperpflege	2451 31 799		
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel			
Wäscheweichspüler	2466 45 710	3809 91 00	
andere Mittel für die Textilindustrie o.ä. Industrien	2466 45 730	3402 20 10	
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen)	2451 32 300		
Universalwaschmittel, flüssig	2451 32 523	3402 20 90	
andere Universalwaschmittel	2451 32 529		
Spezialwaschmittel, flüssig	2451 32 533		
andere Spezialwaschmittel	2451 32 539		
Geschirrspülmittel, Klarspüler	2451 32 573		
Geschirrspülmittel, Handgeschirrspülmittel	2451 32 575		
Geschirrspülmittel, Maschinengeschirrspülmittel	2451 32 577		
Stärken, Seifen und andere Waschlösungsmittel	2451 32 591		
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche	2451 32 592		
Wasch- und Reinigungsmittel für andere Fußbodenbeläge	2451 32 593		
Autowaschmittel ¹⁾	2451 32 594		
Fensterputzmittel	2451 32 595		
WC-Reinigungsmittel	2451 32 596		
andere Reinigungsmittel, flüssig	2451 32 597		
andere Reinigungsmittel, nicht flüssig	2451 32 598		
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen) n.A.E.	2451 32 600		3402 90 10
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche, n.A.E.	2451 32 720		3402 90 90
Wasch- und Reinigungsmittel für andere Fußbodenbeläge, n.A.E.	2451 32 730		
Autowaschmittel, n.A.E. ¹⁾	2451 32 740		
Fensterputzmittel, n.A.E.	2451 32 750		
WC-Reinigungsmittel, n.A.E.	2451 32 770		
andere Haushaltsreiniger	2451 32 791		
Universalwaschmittel, n.A.E.	2451 32 792		
Spezialwaschmittel, n.A.E.	2451 32 793		
Geschirrspülmittel, n.A.E.	2451 32 794		
Waschlösungsmittel, n.A.E.	2451 32 795		
Reinigungs- und Entfettungsmittel für technische Zwecke	2451 32 796		
Reinigungsmittel für die Ernährungswissenschaft	2451 32 797		
Andere Industriereiniger, a.n.g., flüssig	2451 32 798		
Andere Industriereiniger, a.n.g. nicht flüssig	2451 32 799		
Desodorierende Zubereitungen			
Zubereitungen zum Parfümieren oder Desodorieren von Räumen, duftende Zubereitungen für religiöse Zeremonien	2451 41 000	3307 41 00 3307 49 00	
Schuh- und Lederpflegemittel			
Schuhcreme, Schuh- und Lederpflegemittel	2451 43 350	3405 10 00	
Lederpflegemittel	2451 43 370		

Tabelle 4.29.8: Zuordnung der GP95-Meldenummern zu Meldenummern von WA 96 für die betrachtete Quellgruppe "domestic solvent use"/StaBuA95/

Produktgruppe	GP95-Meldenummer	WA96-Meldenummer
Mobelpflegemittel		
Möbel- und Bohnerwachs für Böden	2451 43 550	3405 20 00
Möbel- und Bohnerwachs für Möbel	2451 43 570	
Autopflegemittel		
Lackpflegemittel für Autos	2451 43 750	3405 30 00
Poliermittel für Autos	2451 43 770	
andere Zubereitungen (ohne Pflegemittel für Autos)	2451 43 790	
Polier- und Scheuermittel		
Zubereitungen zum Polieren von Metall	2451 43 830	3405 90 10
Andere Polier-, Pflegemittel, u. ä. Zubereitungen	2451 43 890	3405 90 90
Scheuermittel	2451 44 000	3405 40 00
Duftstoffe und -wässer		
Duftstoffe (Parfüms)	2452 11 500	3303 00 10
Duftstoffe (Toilettenwässer)	2452 11 700	3303 00 90
Schminkmittel		
für die Lippen	2452 12 500	3304 10 00
für die Augen	2452 12 700	3304 20 00
Zubereitungen zur Hand- und Fußpflege		
zur Handpflege, auch Nagelpflegemittel	2452 13 030	3304 30 00
zur Fußpflege	2452 13 050	
Puder, lose oder fest, zur Schönheits- oder Körperpflege	2452 14 000	3304 91 00
Andere Zubereitungen zur Schönheitspflege		
Schminkmittel für das Gesicht	2452 15 010	3304 99 00
Gesichtsreinigungsmittel (incl. Make-up-Entferner)	2452 15 020	
Wässer, Cremes, Spezialbehandlungsmittel zur Gesichtspflege	2452 15 030	
Wässer, Cremes zur Körperpflege	2452 15 050	
Sonnenschutzmittel	2452 15 070	
Andere Zubereitungen zur Schönheitspflege	2452 15 090	
Haarwaschmittel, Dauerwellmittel und Haarlacke		
flüssige Haarwaschmittel	2452 16 350	3305 10 00
andere Haarwaschmittel	2452 16 390	
Dauerwell- und Entkrausungsmittel	2452 16 500	3305 20 00
Haarsprays	2452 16 700	3305 30 00
Haarkonditionierungsmittel	2452 17 020	3305 90 10 3305 90 90
Haarfestiger, flüssig und als Schaum	2452 17 030	
Haarcremes, Brillantine	2452 17 050	
Tönungsshampoo, Haarfärbemittel, Haarbleichmittel	2452 17 070	
andere zubereitete Haarbehandlungsmittel	2452 17 090	
zubereitete Rasier- Riech- Körperpflege- und Schönheitsmittel		
Rasierwässer	2452 19 350	3307 10 00
Rasiercremes	2452 19 370	
Körperdesodorierungs- und Antitranspirationsmittel	2452 19 500	3307 20 00
Badezusatzmittel	2452 19 700	3307 30 00
Zubereitungen zur Körperintimpflege	2452 19 930	3307 90 00
Haarentfernungsmittel	2452 19 950	
Zubereitungen für Kleinkinder (ohne Haarwaschmittel, Cremes, Puder- und Desinfektionsmittel)	2452 19 970	
andere zubereitete Riech-, Körperpflege- oder Schönheitsmittel	2452 19 990	

1) in der Gütergruppe Autowaschmittel sind Defroster und Antibeschlagmittel beinhaltet.

a.n.g.: anders nicht genannt

n.A.E.: nicht in Aufmachungen für den Einzelverkauf

Im nächsten Schritt wird der Inlandsverbrauch der betrachteten Gütergruppen berechnet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für einige Gütergruppen in der Produktionsstatistik nur der Wert der produzierten Ware angegeben ist. In diesen Fällen lässt ein Umrechnungsfaktor aus der Außenhandelsstatistik bilden. Dies geschieht nach folgender Gleichung:

$$F_x = (A_x + B_x) / (C_x + D_x)$$

Die verwendeten Variablen sind folgendermaßen definiert:

F_x : Umrechnungsfaktor für den Produktionswert der Gütergruppe x [t/DM]

x: fortlaufender Index

A_x : Import [t]

B_x : Export [t]

C_x : Import [DM]

D_x : Export [DM]

Bei anderen Gütergruppen wird die produzierte Menge in Liter angegeben. Bei einer angenommenen spezifischen Dichte von ca. 1 t/m^3 werden die entsprechenden Produktionsvolumina mit 10^{-6} t/l multipliziert. In der folgenden Tabelle 4.29.9 werden die notwendigen Daten zur Ermittlung des Inlandsverbrauchs in t der betrachteten Gütergruppen für das Fortschreibungsjahr beschrieben sowie die entsprechenden Variablen festgelegt.

Tabelle 4.29.9: Ermittlung der Produktionsmenge in den jeweils angegebenen Einheiten sowie Ermittlung der Import- und Exportmengen in Wert und Menge und Definition der entsprechenden zur Fortschreibung notwendigen Variablen

Produktgruppe	Produktionsmenge	Einheit	Import		Export	
			[t]	[DM]	[t]	[DM]
Seifen						
Rasierseifen	P1 (2451 31 203)	t				
Papier, Watte, Filz und Vliesstoffe, mit Seife oder Reinigungsmitteln getränkt oder überzogen, zur Körperpflege	P2 (2451 31 205)	t	A1 (3401 11 00)	C1 (3401 11 00)	B1 (3401 11 00)	D1 (3401 11 00)
andere Seifen (z. B. Feinseife, Medizinalseife)	P3 (2451 31 209)	t				
Summe			A2=A1	C2=C1	B2=B1	D2=D1
industrieseifen	P5 (2451 31 530)	t				
Haushaltskernseifen	P6 (2451 31 550)	t	A3 (3401 19 00)	C3 (3401 19 00)	B3 (3401 19 00)	D3 (3401 19 00)
andere Seifen, nicht zur Körperpflege	P7 (2451 31 590)	t				
Summe			A4=A3	C4=C3	B4=B3	D4=D3
Seifen in Form von Flocken, Körnern oder Pulvern	P9 (2451 31 730)	t	A5 (3401 20 10)	C5 (3401 20 10)	B5 (3401 20 10)	D5 (3401 20 10)
Summe			A6=A5	C6=C5	B6=B5	D6=D5
Seifen, flüssig- und pastenformig	P11 (2451 31 793)	t				
Seifen, nicht zur Körperpflege	P12 (2451 31 799)	t	A7 (3401 20 90)	C7 (3401 20 90)	B7 (3401 20 90)	D7 (3401 20 90)
Summe			A8=A7	C8=C7	B8=B7	D8=D7

Tabelle 4.29.9: Ermittlung der Produktionsmenge in den jeweils angegebenen Einheiten sowie Ermittlung der Import- und Exportmengen in Wert und Menge und Definition der entsprechenden zur Fortschreibung notwendigen Variablen

Produktgruppe	Produktionsmenge	Einheit	Import		Export	
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel						
Wäscheweichspüler	P14 (2466 45 710)	t	A9	C9	B9	D9
andere Mittel für die Textilindustrie, o.ä. Industrien	P15 (2466 45 730)	t	(3809 91 00)	(3809 91 00)	(3809 91 00)	(3809 91 00)
Summe			A10=A9	C10=C9	B10=B9	D10=D9
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen)	P17 (2451 32 300)	t	A11	C11	B11	D11
			(3402 20 10)	(3402 20 10)	(3402 20 10)	(3402 20 10)
Summe			A12=A11	C12=C11	B12=B11	D12=D11
Universalwaschmittel, flüssig	P19 (2451 32 523)	t	A13 (3402 20 90)	C13 (3402 20 90)	B13 (3402 20 90)	D13 (3402 20 90)
andere Universalwaschmittel	P20 (2451 32 529)	t				
Spezialwaschmittel, flüssig	P21 (2451 32 533)	t				
andere Spezialwaschmittel	P22 (2451 32 539)	t				
Geschirrspülmittel, Klarspüler	P23 (2451 32 573)	t				
Geschirrspülmittel, Handgeschirrspülmittel	P24 (2451 32 575)	t				
Geschirrspülmittel, Maschinengeschirrspülmittel	P25 (2451 32 577)	t				
Stärken, Seifen und andere Waschlösungsmittel	P26 (2451 32 591)	t				
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche	P27 (2451 32 592)	t				
Wasch- und Reinigungsmittel für andere Fußbodenbeläge	P28 (2451 32 593)	t				
Autowaschmittel ¹⁾	P29 (2451 32 594)	t				
Fensterputzmittel	P30 (2451 32 595)	t				
WC-Reinigungsmittel	P31 (2451 32 596)	t				
andere Reinigungsmittel, flüssig	P32 (2451 32 597)	t				
andere Reinigungsmittel, nicht flüssig	P33 (2451 32 598)	t				
Summe			A14=A13	C14=C13	B14=B13	D14=D13
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen) n.A.E.	P35 (2451 32 600)	t	A15	C15	B15	D15
			(3402 90 10)	(3402 90 10)	(3402 90 10)	(3402 90 10)
Summe			A16=A15	C16=C15	B16=B15	D16=D15
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche, n.A.E.	P37 (2451 32 720)	t	A17 (3402 90 90)	C17 (3402 90 90)	B17 (3402 90 90)	D17 (3402 90 90)
Wasch- und Reinigungsmittel für andere fußbodenbeläge, n.A.E.	P38 (2451 32 730)	t				
Autowaschmittel, n.A.E. ¹⁾	P39 (2451 32 740)	t				
Fensterputzmittel, n.A.E.	P40 (2451 32 750)	t				
WC-Reinigungsmittel, n.A.E.	P41 (2451 32 770)	t				
andere Haushaltsreiniger	P42 (2451 32 791)	t				
Universalwaschmittel, n.A.E.	P43 (2451 32 792)	t				
Spezialwaschmittel, n.A.E.	P44 (2451 32 793)	DM				
Geschirrspülmittel, n.A.E.	P45 (2451 32 794)	t				
Waschlösungsmittel, n.A.E.	P46 (2451 32 795)	t				
Reinigungs- und Entfettungsmittel für technische Zwecke	P47 (2451 32 796)	t				
Reinigungsmittel für die Ernährungswissenschaft	P48 (2451 32 797)	t				
andere Industriereiniger, a.n.g., flüssig	P49 (2451 32 798)	t				
andere Industriereiniger, a.n.g. nicht flüssig	P50 (2451 32 799)	t				
Summe			A18=A17	C18=C17	B18=B17	D18=D17
Desodorierende Zubereitungen						
Zubereitungen zum Parfümieren oder Desodorieren von Räumen, duftende Zubereitungen für religiöse Zeremonien	P52 (2451 41 000)	DM	A19	C19	B19	D19
			(3307 41 00)	(3307 41 00)	(3307 41 00)	(3307 41 00)
			A20	C20	B20	D20
			(3307 49 00)	(3307 49 00)	(3307 49 00)	(3307 49 00)
Summe			A21=A19+A20	C21=C19+C20	B21=B19+B20	D21=D19+D20
Schuh- und Lederpflegemittel						
Schuhcreme, Schuh- und Lederpflegemittel	P54 (2451 43 350)	t	A22	C22	B22	D22
Lederpflegemittel	P55 (2451 43 370)	t	(3405 10 00)	(3405 10 00)	(3405 10 00)	(3405 10 00)
Summe			A23=A22	C23=C22	B23=B22	D23=D22
Möbelpflegemittel						
Möbel- und Bohnerwachs für Böden	P57 (2451 43 550)	t	A24	C24	B24	D24
Möbel- und Bohnerwachs für Möbel	P58 (2451 43 570)	t	(3405 20 00)	(3405 20 00)	(3405 20 00)	(3405 20 00)
Summe			A25=A24	C25=C24	B25=B24	D25=D24

Tabelle 4.29.9: Ermittlung der Produktionsmenge in den jeweils angegebenen Einheiten sowie Ermittlung der Import- und Exportmengen in Wert und Menge und Definition der entsprechenden zur Fortschreibung notwendigen Variablen

Produktgruppe	Produktionsmenge	Einheit	Import		Export	
Autopflegemittel						
Lackpflegemittel für Autos	P60 (2451 43 750)	t				
Poliermittel für Autos	P61 (2451 43 770)	t	A26 (3405 30 00)	C26 (3405 30 00)	B26 (3405 30 00)	D26 (3405 30 00)
andere Zubereitungen (ohne Pflegemittel für Autos)	P62 (2451 43 790)	t				
Summe			A27=A26	C27=C26	B27=B26	D27=D26
Polier- und Scheuermittel						
Zubereitungen zum Polieren von Metall	P64 (2451 43 830)	t	A28 (3405 90 10)	C28 (3405 90 10)	B28 (3405 90 10)	D28 (3405 90 10)
andere Polier-, Pflegemittel, u. ä. Zubereitungen	P65 (2451 43 890)	t	A29 (3405 90 90)	C29 (3405 90 90)	B29 (3405 90 90)	D29 (3405 90 90)
Scheuermittel	P66 (2451 44 000)	t	A30 (3405 40 00)	C30 (3405 40 00)	B30 (3405 40 00)	D30 (3405 40 00)
Summe			A31=A28+A29+A30	C31=C28+C29+C30	B31=B28+B29+B30	D31=D28+D29+D30
Duftstoffe und -wasser						
Duftstoffe (Parfüms)	P68 (2452 11 500)	l	A32 (3303 00 10)	C32 (3303 00 10)	B32 (3303 00 10)	D32 (3303 00 10)
Duftstoffe (Toilettenwässer)	P69 (2452 11 700)	l	A33 (3303 00 90)	C33 (3303 00 90)	B33 (3303 00 90)	D33 (3303 00 90)
Summe			A34=A32+A33	C34=C32+C33	B34=B32+B33	D34=D32+D33
Schminkmittel						
für die Lippen	P71 (2452 12 500)	DM	A35 (3304 10 00)	C35 (3304 10 00)	B35 (3304 10 00)	D35 (3304 10 00)
für die Augen	P72 (2452 12 700)	DM	A36 (3304 20 00)	C36 (3304 20 00)	B36 (3304 20 00)	D36 (3304 20 00)
Summe			A37=A35+A36	C37=C35+C36	B37=B35+B36	D37=D35+D36
Zubereitungen zur Hand- und Fußpflege						
zur Handpflege, auch Nagelpflegemittel	P74 (2452 13 030)	DM	A38 (3304 30 00)	C38 (3304 30 00)	B38 (3304 30 00)	D38 (3304 30 00)
zur Fußpflege	P75 (2452 13 050)	DM				
Summe			A39=A38	C39=C38	B39=B38	D39=D38
Puder, lose oder fest, zur Schönheits- oder Körperpflege	P77 (2452 14 000)	DM	A40(3304 91 00)	C40(3304 91 00)	B40(3304 91 00)	D40(3304 91 00)
Summe			A41=A40	C41=C40	B41=B40	D41=D40
andere Zubereitungen zur Schönheitspflege						
Schminkmittel für das Gesicht	P79 (2452 15 010)	DM				
Gesichtsreinigungsmittel (incl. Make-up-Entferner)	P80 (2452 15 020)	DM				
Wässer, Cremes, Spezialbehandlungsmittel zur Gesichtspflege	P81 (2452 15 030)	DM	A42 (3304 99 00)	C42 (3304 99 00)	B42 (3304 99 00)	D42 (3304 99 00)
Wässer, Cremes zur Körperpflege	P82 (2452 15 050)	DM				
Sonnenschutzmittel	P83 (2452 15 070)	DM				
andere Zubereitungen zur Schönheitspflege	P84 (2452 15 090)	DM				
Summe			A43=A42	C43=C42	B43=B42	D43=D42
Haarwaschmittel, Dauerwellmittel und Haarlacke						
flüssige Haarwaschmittel	P86 (2452 16 350)	l	A44 (3305 10 00)	C44 (3305 10 00)	B44 (3305 10 00)	D44 (3305 10 00)
andere Haarwaschmittel	P87 (2452 16 390)	DM				
Summe			A45=A44	C45=C44	B45=B44	D45=D44
Dauerwell- und Entkrausungsmittel	P89 (2452 16 500)	DM	A46 (3305 20 00)	C46 (3305 20 00)	B46 (3305 20 00)	D46 (3305 20 00)
Summe			A47=A46	C47=C46	B47=B46	D47=D46
Haarsprays	P91 (2452 16 700)	DM	A48 (3305 30 00)	C48 (3305 30 00)	B48 (3305 30 00)	D48 (3305 30 00)
Summe			A49=A48	C49=C48	B49=B48	D49=D48
Haarkonditionierungsmittel	P93 (2452 17 020)	DM				
Haarfestiger, flüssig und als Schaum	P94 (2452 17 030)	DM	A50 (3305 90 10)	C50 (3305 90 10)	B50 (3305 90 10)	D50 (3305 90 10)
Haarcremes, Brillantine	P95 (2452 17 050)	DM				
Tönungsshampoo, Haarfärbemittel, Haarbleichmittel	P96 (2452 17 070)	DM	A51 (3305 90 90)	C51 (3305 90 90)	B51 (3305 90 90)	D51 (3305 90 90)
andere zubereitete Haarbehandlungsmittel	P97 (2452 17 090)	DM				
Summe			A52=A50+A51	C52=C50+C51	B52=B50+B51	D52=D50+D51
zubereitete Rasier- Riech- Körperpflege- und Schönheitsmittel						
Rasierwässer	P99 (2452 19 350)	DM	A53 (3307 10 00)	C53 (3307 10 00)	B53 (3307 10 00)	D53 (3307 10 00)
Rasiercremes	P100(2452 19 370)	DM				
Summe			A54=A53	C54=C53	B54=B53	D54=D53
Körperdesodorierungs- und Antitranspirationsmittel	P102(2452 19 500)	DM	A55 (3307 20 00)	C55 (3307 20 00)	B55 (3307 20 00)	D55 (3307 20 00)

Tabelle 4.29.9: Ermittlung der Produktionsmenge in den jeweils angegebenen Einheiten sowie Ermittlung der Import- und Exportmengen in Wert und Menge und Definition der entsprechenden zur Fortschreibung notwendigen Variablen

Produktgruppe	Produktionsmenge	Einheit	Import		Export	
Summe	P103=P103		A56=A55	C56=C55	B56=B55	D56=D55
Badezusatzmittel	P104(2452 19 700)	DM	A57 (3307 30 00)	C57 (3307 30 00)	B57 (3307 30 00)	D57 (3307 30 00)
Summe			A58=A57	C58=C57	B58=B57	D58=D57
Zubereitungen zur Körperintimpflege	P106(2452 19 930)	DM				
Haarentfernungsmittel	P107(2452 19 950)	t				
Zubereitungen für Kleinkinder (ohne Haarwaschmittel, Cremes, Puder- und Desinfektionsmittel)	P108(2452 19 970)	DM	A59 (3307 90 00)	C59 (3307 90 00)	B59 (3307 90 00)	D59 (3307 90 00)
andere zubereitete Riech-, Körperpflege- oder Schönheitsmittel	P109(2452 19 990)	DM				
Summe			A60=A59	C60=C59	B60=B59	D60=D59

In Tabelle 4.29.10 wird die Methode beschrieben, mit der die Produktionsmengen einheitlich in Tonnen umgerechnet werden.

Tabelle 4.29.10: Methode zur Umrechnung der im Fortschreibungsjahr produzierten Menge

Produktgruppe	Produktionsmenge	Einheit	Umrechnungsfaktor	Produktionsmenge [t]
Seifen				
Rasierseifen	P1	t	F1=1	R1=P1*F1
Papier, Watte, Filz und Vliesstoffe, mit Seife oder Reinigungsmitteln getränkt oder überzogen, zur Körperpflege	P2	t	F2=1	R2=P2*F2
andere Seifen (z. B. Feinseife, Medizinalseife)	P3	t	F3=1	R3=P3*F3
Summe				R4=R1+R2+R3
Industrieseifen	P5	t	F5=1	R5=P5*F5
Haushaltskernseifen	P6	t	F6=1	R6=P6*F6
andere Seifen, nicht zur Körperpflege	P7	t	F7=1	R7=P7*F7
Summe				R8=R5+R6+R7
Seifen in Form von Flocken, Körnern oder Pulvern	P9	t	F9=1	R9=P9*F9
Summe	P10		F10=1	R10=P10*F10
Seifen, flüssig- und pastenförmig	P11	t	F11=1	R11=P11*F11
Seifen, nicht zur Körperpflege	P12	t	F12=1	R12=P12*F12
Summe				R13=R9+R10+R11+R12
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel				
Wäscheweichspüler	P14	t	F14=1	R14=P14*F14
andere Mittel für die Textilindustrie, o.ä. Industrien	P15	t	F15=1	R15=P15*F15
Summe				R16=R14+R15
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen)	P17	t	F17=1	R17=P17*F17
Summe				R18=R17
Universalwaschmittel, flüssig	P19	t	F19=1	R19=P19*F19
andere Universalwaschmittel	P20	t	F20=1	R20=P20*F20
Spezialwaschmittel, flüssig	P21	t	F21=1	R21=P21*F21
andere Spezialwaschmittel	P22	t	F22=1	R22=P22*F22
Geschirrspülmittel, Klarspüler	P23	t	F23=1	R23=P23*F23
Geschirrspülmittel, Handgeschirrspülmittel	P24	t	F24=1	R24=P24*F24
Geschirrspülmittel, Maschinengeschirrspülmittel	P25	t	F25=1	R25=P25*F25
Stärken, Seifen und andere Waschlsmittel	P26	t	F26=1	R26=P26*F26
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche	P27	t	F27=1	R27=P27*F27
Wasch- und Reinigungsmittel für andere Fußbodenbeläge	P28	t	F28=1	R28=P28*F28
Autowaschmittel ¹⁾	P29	t	F29=1	R29=P29*F29
Fensterputzmittel	P30	t	F30=1	R30=P30*F30
WC-Reinigungsmittel	P31	t	F31=1	R31=P31*F31
andere Reinigungsmittel, flüssig	P32	t	F32=1	R32=P32*F32
andere Reinigungsmittel, nicht flüssig	P33	t	F33=1	R33=P33*F33
Summe				R34=R19+...+R33
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen) n.A.E.	P35	t	F35=1	R35=P35*F35
Summe				R36=R35
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche, n.A.E.	P37	t	F37=1	R37=P37*F37
Wasch- und Reinigungsmittel für andere Fußbodenbeläge, n.A.E.	P38	t	F38=1	R38=P38*F38
Autowaschmittel, n.A.E. ¹⁾	P39	t	F39=1	R39=P39*F39
Fensterputzmittel, n.A.E.	P40	t	F40=1	R40=P40*F40

Tabelle 4.29.10: Methode zur Umrechnung der im Fortschreibungsjahr produzierten Menge

Produktgruppe	Produktionsmenge	Einheit	Umrechnungsfaktor	Produktionsmenge [t]
WC-Reinigungsmittel, n.A.E.	P41	t	F41=1	R41=P41*F41
andere Haushaltsreiniger	P42	t	F42=1	R42=P42*F42
Universalwaschmittel, n.A.E.	P43	t	F43=1	R43=P43*F43
Spezialwaschmittel, n.A.E.	P44	DM	$F44=(A18+B18)/(C18+D18)$	R44=P44*F44
Geschirrspülmittel, n.A.E.	P45	t	F45=1	R45=P45*F45
Waschhilfsmittel, n.A.E.	P46	t	F46=1	R46=P46*F46
Reinigungs- und Entfettungsmittel für technische Zwecke	P47	t	F47=1	R47=P47*F47
Reinigungsmittel für die Ernährungswissenschaft	P48	t	F48=1	R48=P48*F48
Andere Industriereiniger, a.n.g., flüssig	P49	t	F49=1	R49=P49*F49
Andere Industriereiniger, a.n.g. nicht flüssig	P50	t	F50=1	R50=P50*F50
Summe				R51=R37+...+R50
Desodorierende Zubereitungen				
Zubereitungen zum Parfümieren oder Desodorieren von Räumen, duftende Zubereitungen für religiöse Zeremonien	P52	DM	$F52=(A21+B21)/(C21+D21)$	R52=P52*F52
Summe				R53=R52
Schuh- und Lederpflegemittel				
Schuhcreme, Schuh- und Lederpflegemittel	P54	t	F54=1	R54=P54*F54
Lederpflegemittel	P55	t	F55=1	R55=P55*F55
Summe				R56=R54+R55
Möbelpflegemittel				
Möbel- und Bohnerwachs für Böden	P57	t	F57=1	R57=P57*F57
Möbel- und Bohnerwachs für Möbel	P58	t	F58=1	R58=P58*F38
Summe				R59=R57+R58
Autopflegemittel				
Lackpflegemittel für Autos	P60	t	F60=1	R60=P60*F60
Poliermittel für Autos	P61	t	F61=1	R61=P61*F61
Andere Zubereitungen (ohne Pflegemittel für Autos)	P62	t	F62=1	R62=P62*F62
Summe				R63=R60+R61+R62
Polier- und Scheuermittel				
Zubereitungen zum Polieren von Metall	P64	t	F64=1	R64=P64*F64
Andere Polier-, Pflegemittel, u. ä. Zubereitungen	P65	t	F65=1	R65=P65*F65
Scheuermittel	P66	t	F66=1	R66=P66*F66
Summe				R67=R64+R65+R66
Duftstoffe und -wässer				
Duftstoffe (Parfüms)	P68	l	$F68=10^{-3} \text{ t/l}$	R68=P68*F68
Duftstoffe (Toilettenwässer)	P69	l	$F69=10^{-3} \text{ t/l}$	R69=P69*F69
Summe				R70=R68+R69
Schminkmittel				
Für die Lippen	P71	DM	$F71=(A35+B35)/(C35+D35)$	R71=P71*F71
Für die Augen	P72	DM	$F72=(A36+B36)/(C36+D36)$	R72=P72*F72
Summe				R73=R71+R72
Zubereitungen zur Hand- und Fußpflege				
Zur Handpflege, auch Nagelpflegemittel	P74	DM	$F74=(A39+B39)/(C39+D39)$	R74=P74*F74
Zur Fußpflege	P75	DM	$F75=(A39+B39)/(C39+D39)$	R75=P75*F75
Summe				R76=R74+R75
Puder, lose oder fest, zur Schönheits- oder Körperpflege	P77	DM	$F77=(A40+B40)/(C41+D41)$	R77=P77*F77
Summe				R78=R77
Andere Zubereitungen zur Schönheitspflege				
Schminkmittel für das Gesicht	P79	DM	$F79=(A43+B43)/(C43+D43)$	R79=P79*F79
Gesichtsreinigungsmittel (incl. Make-up-Entferner)	P80	DM	$F80=(A43+B43)/(C43+D43)$	R80=P80*F80
Wässer, Cremes, Spezialbehandlungsmittel zur Gesichtspflege	P81	DM	$F81=(A43+B43)/(C43+D43)$	R81=P81*F81
Wässer, Cremes zur Körperpflege	P82	DM	$F82=(A43+B43)/(C43+D43)$	R82=P82*F82
Sonnenschutzmittel	P83	DM	$F83=(A43+B43)/(C43+D43)$	R83=P83*F83
Andere Zubereitungen zur Schönheitspflege	P84	DM	$F84=(A43+B43)/(C43+D43)$	R84=P84*F84
Summe				R85=R79+R80+R81+R82+R83+R84

Tabelle 4.29.10: Methode zur Umrechnung der im Fortschreibungsjahr produzierten Menge

Produktgruppe	Produktionsmenge	Einheit	Umrechnungsfaktor	Produktionsmenge [t]
Haarwaschmittel, Dauerwellmittel und Haarlacke				
Flüssige Haarwaschmittel	P86	l	$F86=10^{-3} \text{ t/l}$	$R86=P86 \cdot F86$
Andere Haarwaschmittel	P87	DM	$F87=(A45+B45)/(C45+D45)$	$R87=P87 \cdot F87$
Summe				R88=R87
Dauerwell- und Entkrausungsmittel	P89	DM	$F89=(A47+B47)/(C47+D47)$	$R89=P89 \cdot F89$
Summe				R90=R89
Haarsprays	P91	DM	$F91=(A49+B49)/(C49+D49)$	$R91=P91 \cdot F91$
Summe				R92=R91
Haarkonditionierungsmittel	P93	DM	$F93=(A52+B52)/(C52+D52)$	$R93=P93 \cdot F93$
Haarfester, flüssig und als Schaum	P94	DM	$F94=(A52+B52)/(C52+D52)$	$R94=P94 \cdot F94$
Haarcremes, Brillantine	P95	DM	$F95=(A52+B52)/(C52+D52)$	$R95=P95 \cdot F95$
Tönungsshampoo, Haarfärbemittel, Haarbleichmittel	P96	DM	$F96=(A52+B52)/(C52+D52)$	$R96=P96 \cdot F96$
Andere zubereitete Haarbehandlungsmittel	P97	DM	$F97=(A52+B52)/(C52+D52)$	$R97=P97 \cdot F97$
Summe				R98=R93+R94+R95+R96+R97
Zubereitete Rasier- Riech- Körperpflege- und Schönheitsmittel				
Rasierwässer	P99	DM	$F99=(A54+B54)/(C54+D54)$	$R99=P99 \cdot F99$
Rasiercremes	P100	DM	$F100=(A54+B54)/(C54+D54)$	$R100=P100 \cdot F100$
Summe				R101=R100
Körperdesodorierungs- und Antitranspirationsmittel	P102	DM	$F102=(A56+B56)/(C56+D56)$	$R102=P102 \cdot F102$
Summe				R103=R102
Badezusatzmittel	P104	DM	$F104=(A58+B58)/(C58+D58)$	$R104=P104 \cdot F104$
Summe				R105=R104
Zubereitungen zur Körperintimpflege	P106	DM	$F106=(A60+B60)/(C60+D60)$	$R106=P106 \cdot F106$
Haarentfernungsmittel	P107	t	$F107=(A60+B60)/(C60+D60)$	$R107=P107 \cdot F107$
Zubereitungen für Kleinkinder (ohne Haarwaschmittel, Cremes, Puder- und Desinfektionsmittel)	P108	DM	$F108=(A60+B60)/(C60+D60)$	$R108=P108 \cdot F108$
Andere zubereitete Riech-, Körperpflege- oder Schönheitsmittel	P109	DM	$F109=(A60+B60)/(C60+D60)$	$R109=P109 \cdot F109$
Summe				R110=R106+R107+R108+R109

Der Inlandsverbrauch der betrachteten Gütergruppen im Fortschreibungsjahr kann dann entsprechend Tabelle 4.29.11 berechnet werden.

Tabelle 4.29.11: Ermittlung der Inlandsverbräuche im Fortschreibungsjahr

Produktgruppe	Produktionsmenge [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch [%]	Inlandsverbrauch [t]
Seifen					
Rasierseifen	R1			$E1=E4$	$V1=R1 \cdot E1/100$
Papier, Watte, Filz und Vliesstoffe, mit Seife oder Reinigungsmitteln getränkt oder überzogen, zur Körperpflege	R2	A1	B1	$E2=E4$	$V2=R2 \cdot E2/100$
Andere Seifen (z. B. Feinseife, Medizinalseife)	R3			$E3=E4$	$V3=R3 \cdot E3/100$
Summe	R4	A2=A1	B2=B1	E4=V4/R4*100	V4=R4+A2-B2
Industrieseifen	R5			$E5=E8$	$V5=R5 \cdot E5/100$
Haushaltskernseifen	R6	A3	B3	$E6=E8$	$V6=R6 \cdot E6/100$
Andere Seifen, nicht zur Körperpflege	R7			$E7=E8$	$V7=R7 \cdot E7/100$
Summe	R8	A4=A3	B4=B3	E8=V8/R8*100	V8=R8+A4-B4
Seifen in Form von Flocken, Körnern oder Pulvern	R9	A5	B5	$E9=E10$	$V9=V10$
Summe	R10	A6=A5	B6=B5	E10=V10/R10*100	V10=R10+A6-B6
Seifen, flüssig- und pastenförmig	R11	A7	B7	$E11=E13$	$V11=R11 \cdot E11/100$
Seifen, nicht zur Körperpflege	R12			$E12=E13$	$V12=R12 \cdot E12/100$
Summe	R13	A8=A7	B8=B7	E13=V13/R13*100	V13=R13+A8-B8

Tabelle 4.29.11: Ermittlung der Inlandsverbräuche im Fortschreibungsjahr

Produktgruppe	Produktionsmenge [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch [%]	Inlandsverbrauch [t]
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel					
Wäscheweichspüler	R14	A9	B9	E14=E16	V14=R14*E14/100
Andere Mittel für die Textilindustrie, o.ä. Industrien	R15			E15=E16	V15=R15*E15/100
Summe	R16	A10=A9	B10=B9	E16=V16/R16*100	V16=R16+A10-B10
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen)	R17	A11	B11	E17=E16	V17=V18
Summe	R18	A12=A11	B12=B11	E16=V16/E16*100	V18=R18+A12-B12
Universalwaschmittel, flüssig	R19	A13	B13	E19=E34	V19=R19*E19/100
Andere Universalwaschmittel	R20			E20=E34	V20=R20*E20/100
Spezialwaschmittel, flüssig	R21			E21=E34	V21=R21*E21/100
Andere Spezialwaschmittel	R22			E22=E34	V22=R22*E22/100
Geschirrspülmittel, Klarspüler	R23			E23=E34	V23=R23*E23/100
Geschirrspülmittel, Handgeschirrspülmittel	R24			E24=E34	V24=R24*E24/100
Geschirrspülmittel, Maschinengeschirrspülmittel	R25			E25=E34	V25=R25*E25/100
Stärken, Seifen und andere Waschlösungsmittel	R26			E26=E34	V26=R26*E26/100
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche	R27			E27=E34	V27=R27*E27/100
Wasch- und Reinigungsmittel für andere Fußbodenbeläge	R28			E28=E34	V28=R28*E28/100
Autowaschmittel ¹⁾	R29			E29=E34	V29=R29*E29/100
Fensterputzmittel	R30			E30=E34	V30=R30*E30/100
WC-Reinigungsmittel	R31			E31=E34	V31=R31*E31/100
Andere Reinigungsmittel, flüssig	R32			E32=E34	V32=R32*E32/100
Andere Reinigungsmittel, nicht flüssig	R33	E33=E34	V33=R33*E33/100		
Summe	R34	A14=A13	B14=B13	E34=V34/R34*100	V34=R34+A14-B14
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen) n.A.E.	R35	A15	B15	E35=E36	V35=R35*E35/100
Summe	R36	A16=A15	B16=B15	E36=V36/R36*100	V36=R36+A16-B16
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche, n.A.E.	R37	A17	B17	E37=E51	V37=R37*E37/100
Wasch- und Reinigungsmittel für andere Fußbodenbeläge, n.A.E.	R38			E38=E51	V38=R38*E38/100
Autowaschmittel, n.A.E. ¹⁾	R39			E39=E51	V39=R39*E39/100
Fensterputzmittel, n.A.E.	R40			E40=E51	V40=R40*E40/100
WC-Reinigungsmittel, n.A.E.	R41			E41=E51	V41=R41*E41/100
andere Haushaltsreiniger	R42			E42=E51	V42=R42*E42/100
Universalwaschmittel, n.A.E.	R43			E43=E51	V43=R43*E43/100
Spezialwaschmittel, n.A.E.	R44			E44=E51	V44=R44*E44/100
Geschirrspülmittel, n.A.E.	R45			E45=E51	V45=R45*E45/100
Waschlösungsmittel, n.A.E.	R46			E46=E51	V46=R46*E46/100
Reinigungs- und Entfettungsmittel für technische Zwecke	R47			E47=E51	V47=R47*E47/100
Reinigungsmittel für die Ernährungswissenschaft	R48			E48=E51	V48=R48*E48/100
andere Industriereiniger, a.n.g., flüssig	R49			E49=E51	V49=R49*E49/100
andere Industriereiniger, a.n.g. nicht flüssig	R50			E50=E51	V50=R50*E50/100
Summe	R51	A18=A17	B18=B17	E51=V51/R51*100	V51=R51+A18-B18
Desodorierende Zubereitungen					
Zubereitungen zum Parfümieren oder Desodorieren von Räumen, duftende Zubereitungen für religiöse Zeremonien	R52	A19 A20	B19 B20	E52=E53	V52=R52*E52/100
Summe	R53	A21=A19+ A20	B21=B19+ B20	E53=V53/R53*100	V53=R53+A21-B21
Schuh- und Lederpflegemittel					
Schuhcreme, Schuh- und Lederpflegemittel	R54	A22	B22	E54=E56	V54=R54*E54/100
Lederpflegemittel	R55			E55=E56	V55=R55*E55/100
Summe	R56	A23=A22	B23=B22	E56=V56/R56*100	V56=R56+A23-B23
Möbelpflegemittel					
Möbel- und Bohnerwachs für Böden	R57	A24	B24	E57=E58	V57=R57*E57/100
Möbel- und Bohnerwachs für Möbel	R58			E58=E59	V58=R58*E58/100
Summe	R59	A25=A24	B25=B24	E59=V59/R59*100	V59=R59+A25-B25
Autopflegemittel					
Lackpflegemittel für Autos	R60	A26	B26	E60=E63	V60=R60*E60/100
Poliermittel für Autos	R61			E61=E63	V61=R61*E61/100
Andere Zubereitungen (ohne Pflegemittel für Autos)	R62			E62=E63	V62=R62*E62/100
Summe	R63	A27=A26	B27=B26	E63=V63/R63*100	V63=R63+A27-B27

Tabelle 4.29.11: Ermittlung der Inlandsverbräuche im Fortschreibungsjahr

Produktgruppe	Produktionsmenge [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch [%]	Inlandsverbrauch [t]
Polier- und Scheuermittel					
Zubereitungen zum Polieren von Metall	R64	A28	B28	$E64=V64/R64*100$	$V64=R64+A28-B28$
Andere Polier-, Pflegemittel, u. ä. Zubereitungen	R65	A29	B29	$E65=V65/R66*100$	$V65=R65+A29-B29$
Scheuermittel	R66	A30	B30	$E66=V66/R66*100$	$V66=R66+A30-B30$
Summe	R67	A31=A28+A29+A30	B31=B28+B29+B30	E67=V67/R67*100	V67=R67+A31-B31
Duftstoffe und -wasser					
Duftstoffe (Parfüms)	R68	A32	B32	$E68=V68/R68*100$	$V68=R68+A32-B32$
Duftstoffe (Toilettenwässer)	R69	A33	B33	$E69=V69/R69*100$	$V69=R69+A33-B33$
Summe	R70	A34=A32+A33	B34=B32+B33	E70=V70/R70*100	V70=R70+A34-B34
Schminkmittel					
für die Lippen	R71	A35	B35	$E71=V71/R71*100$	$V71=R71+A35-B35$
für die Augen	R72	A36	B36	$E72=V72/R72*100$	$V72=R72+A36-B36$
Summe	R73	A37=A35+A36	B37=B35+B36	E73=V73/R73*100	V73=R73+A37-B37
Zubereitungen zur Hand- und Fußpflege					
zur Handpflege, auch Nagelpflegemittel	R74	A38	B38	$E74=E76$	$V74=R74*E74/100$
zur Fußpflege	R75			$E75=E76$	$V75=R75*E75/100$
Summe	R76	A39=A38	B39=B38	E76=V76/R76*100	V76=R76+A39-B39
Puder, lose oder fest, zur Schönheits- oder Körperpflege	R77	A40	B40	$E77=E78$	$V77=V78$
Summe	R78	A41=A40	B41=B40	E78=V78/R78*100	V78=R78+A41-B41
Andere Zubereitungen zur Schönheitspflege					
Schminkmittel für das Gesicht	R79			$E79=E85$	$V79=R79*E79/100$
Gesichtsreinigungsmittel (incl. Make-up-Entferner)	R80			$E80=E85$	$V80=R80*E80/100$
Wässer, Cremes, Spezialbehandlungsmittel zur Gesichtspflege	R81	A42	B42	$E81=E85$	$V81=R81*E81/100$
Wässer, Cremes zur Körperpflege	R82			$E82=E85$	$V82=R82*E82/100$
Sonnenschutzmittel	R83			$E83=E85$	$V83=R83*E83/100$
Andere Zubereitungen zur Schönheitspflege	R84			$E84=E85$	$V84=R84*E84/100$
Summe	R85	A43=A42	B43=B42	E85=V85/R85*100	V85=R85+A43-B43
Haarwaschmittel, Dauerwellmittel und Haarlacke					
Flüssige Haarwaschmittel	R86			$E86=E88$	$V86=R86*E86/100$
Andere Haarwaschmittel	R87	A44	B44	$E87=E88$	$V87=R87*E87/100$
Summe	R88	A45=A44	B45=B44	E88=V88/R88*100	V88=R88+A45-B45
Dauerwell- und Entkrausungsmittel	R89	A46	B46	$E89=E90$	$V89=V90$
Summe	R90	A47=A46	B47=B46	E90=V90/R90*100	V90=R90+A47-B47
Haarsprays	R91	A48	B48	$E91=E92$	$V91=V92$
Summe	R92	A49=A48	B49=B48	E92=V92/R92*100	V92=R92+A49-B49
Haarkonditionierungsmittel	R93			$E93=E98$	$V93=R93*E93/100$
Haarfestiger, flüssig und als Schaum	R94			$E94=E98$	$V94=R94*E94/100$
Haarcremes, Brillantine	R95	A50	B50	$E95=E98$	$V95=R95*E95/100$
Tönungsshampoo, Haarfärbemittel, Haarbleichmittel	R96	A51	B51	$E96=E98$	$V96=R96*E96/100$
Andere zubereitete Haarbehandlungsmittel	R97			$E97=E98$	$V97=R97*E97/100$
Summe	R98	A52=A50+A51	B52=B50+B51	E98=V98/R98*100	V98=R98+A52-B52

Tabelle 4.29.11: Ermittlung der Inlandsverbräuche im Fortschreibungsjahr

Produktgruppe	Produktionsmenge [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch [%]	Inlandsverbrauch [t]
Zubereitete Rasier- Riech- Körperpflege- und Schönheitsmittel					
Rasierwässer	R99	A53	B53	E99=E101	V99=R99*E99/100
Rasiercremes	R100			E100=E101	V100=R100*E100/100
Summe	R101	A54=A53	B54=B53	E101=V101/R101*100	V101=R101+A54-B54
Körperdesodorierungs- und Antitranspirationsmittel	R102	A55	B55	E102=E103	V102=V103
Summe	R103	A56=A55	B56=B55	E103=V103/R103*100	V103=R103+A56-B56
Badezusatzmittel	R104	A57	B57	E104=E105	V104=V105
Summe	R105	A58=A57	B58=B57	E105=V105/R105*100	V105=R105+A58-B58
Zubereitungen zur Körperintimpflege	R106	A59	B59	E106=E110	V106=R106*E106/100
Haarentfernungsmittel	R107			E107=E110	V107=R107*E107/100
Zubereitungen für Kleinkinder (ohne Haarwaschmittel, Cremes, Puder- und Desinfektionsmittel)	R108			E108=E110	V108=R108*E108/100
Andere zubereitete Riech-, Körperpflege- oder Schönheitsmittel	R109			E109=E110	V109=R109*E109/100
Summe	R110	A60=A59	B60=B59	E110=V110/R110*100	V110=R110+A60-B60

Zuletzt werden entsprechend Tabelle 4.29.12 die NMVOC-Emissionen ermittelt, die durch die Anwendung der in diesem Abschnitt betrachteten Gütergruppen im Fortschreibungsjahr entstehen.

Tabelle 4.29.12: Ermittlung der NMVOC-Emissionen aus Konsumgütern im Fortschreibungsjahr

Produktgruppe	Inlandsverbrauch [t]	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
Seifen			
Rasierseifen	V1=	L1=10	G1=V1*L1/100
Papier, Watte, Filz und Vliesstoffe, mit Seife oder Reinigungsmitteln getränkt oder überzogen, zur Körperpflege	V2=	L2=0	G2=V2*L2/100
Andere Seifen (z. B. Feinseife, Medizinalseife)	V3=	L3=0	G3=V3*L3/100
Summe	V4=		G4=G1+G2+G3
Industrieseifen	V5=	L5=0	G5=V5*L5/100
Haushaltskernseifen	V6=	L6=0	G6=V6*L6/100
Andere Seifen, nicht zur Körperpflege	V7=	L7=0	G7=V7*L7/100
Summe	V8=		G8=G5+G6+G7
Seifen in Form von Flocken, Körnern oder Pulvern	V9=	L9=0	G9=V9*L9/100
Summe	V10=		G10=G9
Seifen, flüssig- und pastenförmig	V11	L11=5	G11=V11*L11/100
Seifen, nicht zur Körperpflege	V12	L12=0	G12=V12*L12/100
Summe	V13=		G13=G11+G12
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel			
Wäscheweichspüler	V14	L14=1	G14=V14*L14/100
Andere Mittel für die Textilindustrie, o.ä. Industrien	V15	L15=0	G15=V15*L15/100
Summe	V16=		G16=G14+G15
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen)	V17	L17=5	G17=V17*L17/100
Summe	V18=		G18=G17
Universalwaschmittel, flüssig	V19	L19=7	G19=V19*L19/100
Andere Universalwaschmittel	V20	L20=0	G20=V20*L20/100
Spezialwaschmittel, flüssig	V21	L21=5	G21=V21*L21/100
Andere Spezialwaschmittel	V22	L22=0	G22=V22*L22/100
Geschirrspülmittel, Klarspüler	V23	L23=5	G23=V23*L23/100
Geschirrspülmittel, Handgeschirrspülmittel	V24	L24=5	G24=V24*L24/100
Geschirrspülmittel, Maschinengeschirrspülmittel	V25	L25=1,5	G25=V25*L25/100
Stärken, Seifen und andere Waschhilfsmittel	V26	L26=1,5	G26=V26*L26/100
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche	V27	L27=3	G27=V27*L27/100
Wasch- und Reinigungsmittel für andere Fußbodenbeläge	V28	L28=3	G28=V28*L28/100
Autowaschmittel ¹⁾	V29	L29=20	G29=V29*L29/100

Tabelle 4.29.12: Ermittlung der NMVOC-Emissionen aus Konsumgütern im Fortschreibungsjahr

Produktgruppe	Inlandsverbrauch [t]	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
Fensterputzmittel	V30	L30=15	G30=V30*L30/100
WC-Reinigungsmittel	V31	L31=2	G31=V31*L31/100
Andere Reinigungsmittel, flüssig	V32	L32=7	G32=V32*L32/100
Andere Reinigungsmittel, nicht flüssig	V33	L33=0	G33=V33*L33/100
Summe	V34		G34=G19+...+G33
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen) n.A.E.	V35	L35=5	G35=V35*L35/100
Summe	V36		G36=G35
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche, n.A.E.	V37	L37=3	G37=V37*L37/100
Wasch- und Reinigungsmittel für andere Fußbodenbeläge, n.A.E.	V38	L38=3	G38=V38*L38/100
Autowaschmittel, n.A.E. ¹⁾	V39	L39=20	G39=V39*L39/100
Fensterputzmittel, n.A.E.	V40	L40=15	G40=V40*L40/100
WC-Reinigungsmittel, n.A.E.	V41	L41=2	G41=V41*L41/100
Andere Haushaltsreiniger	V42	L42=3	G42=V42*L42/100
Universalwaschmittel, n.A.E.	V43	L43=7	G43=V43*L43/100
Spezialwaschmittel, n.A.E.	V44	L44=3	G44=V44*L44/100
Geschirrspülmittel, n.A.E.	V45	L45=3	G45=V45*L45/100
Waschhilfsmittel, n.A.E.	V46	L46=1,5	G46=V46*L46/100
Reinigungs- und Entfettungsmittel für technische Zwecke	V47	L47=0	G47=V47*L47/100
Reinigungsmittel für die Ernährungswissenschaft	V48	L48=0	G48=V48*L48/100
andere Industriereiniger, a.n.g., flüssig	V49	L49=0	G49=V49*L49/100
andere Industriereiniger, a.n.g. nicht flüssig	V50	L50=0	G50=V50*L50/100
Summe	V51		G51=G37+...+G50
Desodorierende Zubereitungen			
Zubereitungen zum Parfümieren oder Desodorieren von Räumen, duftende Zubereitungen für religiöse Zeremonien	V52=	L52=5	G52=V52*L52/100
Summe	V53		G53=G52
Schuh- und Lederpflegemittel			
Schuhcreme, Schuh- und Lederpflegemittel	V54	L54=45	G54=V54*L54/100
Lederpflegemittel	V55	L55=45	G55=V55*L55/100
Summe	V56		G56=G54+G55
Möbelpflegemittel			
Möbel- und Bohnerwachs für Böden	V57	L57=80	G57=V57*L57/100
Möbel- und Bohnerwachs für Möbel	V58	L58=35	G58=V58*L58/100
Summe	V59		G59=G57+G58
Autopflegemittel			
Lackpflegemittel für Autos	V60	L60=35	G60=V60*L60/100
Poliermittel für Autos	V61	L61=5	G61=V61*L61/100
andere Zubereitungen (ohne Pflegemittel für Autos)	V62	L62=20	G62=V62*L62/100
Summe	V63		G63=G60+G61+G62
Polier- und Scheuermittel			
Zubereitungen zum Polieren von Metall	V64	L64=5	G64=V64*L64/100
andere Polier-, Pflegemittel, u. ä. Zubereitungen	V65	L65=20	G65=V65*L65/100
Scheuermittel	V66	L66=0	G66=V66*L66/100
Summe	V67		G67=G64+G65+G66
Duftstoffe und -wässer			
Duftstoffe (Parfüms)	V68	L68=50	G68=V68*L68/100
Duftstoffe (Toilettenwässer)	V69	L69=50	G69=V69*L69/100
Summe	V70		G70=G68+G69
Schminkmittel			
für die Lippen	V71	L71=0	G71=V71*L71/100
für die Augen	V72	L72=5	G72=V72*L72/100
Summe	V73		G73=G71+G72
Zubereitungen zur Hand- und Fußpflege			
zur Handpflege, auch Nagelpflegemittel	V74	L74=90	G74=V74*L74/100
zur Fußpflege	V75	L75=90	G75=V75*L75/100
Summe	V76		G76=G74+G75
Puder, lose oder fest, zur Schönheits- oder Körperpflege	V77	L77=0	G77=V77*L77/100
Summe	V78		G78=G77
andere Zubereitungen zur Schönheitspflege			
Schminkmittel für das Gesicht	V79	L79=1	G79=V79*L79/100
Gesichtsreinigungsmittel (incl. Make-up-Entferner)	V80	L80=50	G80=V80*L80/100
Wässer, Cremes, Spezialbehandlungsmittel zur Gesichtspflege	V81	L81=10	G81=V81*L81/100
Wässer, Cremes zur Körperpflege	V82	L82=10	G82=V82*L82/100
Sonnenschutzmittel	V83	L83=2	G83=V83*L83/100
andere Zubereitungen zur Schönheitspflege	V84	L84=28	G84=V84*L84/100
Summe	V85		G85=G79+...+G84

Tabelle 4.29.12: Ermittlung der NMVOC-Emissionen aus Konsumgütern im Fortschreibungsjahr

Produktgruppe	Inlandsverbrauch [t]	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
Haarwaschmittel, Dauerwellmittel und Haarlacke			
flüssige Haarwaschmittel	V86	L86=0,5	G86=V86*L86/100
andere Haarwaschmittel	V87	L87=0	G87=V87*L87/100
Summe	V88		G88=G86+G87
Dauerwell- und Entkrausungsmittel	V89	L89=1	G89=V89*L89/100
Summe	V90		G90=G89
Haarsprays	V91	L91=60	G91=V91*L91/100
Summe	V92		G92=G91
Haarkonditionierungsmittel	V93	L93 =5	G93=V93*L93/100
Haarfestiger, flüssig und als Schaum	V94	L94=2	G94=V94*L94/100
Haarcremes, Brillantine	V95	L95=2	G95=V95*L95/100
Tönungsshampoo, Haarfärbemittel, Haarbleichmittel	V96	L96=1	G96=V96*L96/100
andere zubereitete Haarbehandlungsmittel	V97	L97=1	G97=V97*L97/100
Summe	V98		G98=G93+...+G97
zubereitete Rasier- Riech- Körperpflege- und Schönheitsmittel			
Rasierwässer	V99	L99=90	G99=V99*L99/100
Rasiercremes	V100	L100=5	G100=V100*L100/100
Summe	V101		G101=G99+G100
Körperdesodorierungs- und Antitranspirationsmittel	V102	L102=5	G102=V102*L102/100
Summe	V103		G103=G102
Badezusatzmittel	V104	L104=1	G104=V104*L104/100
Summe	V105		G105=G104
Zubereitungen zur Körperintimpflege	V106	L106=50	G106=V106*L106/100
Haarentfernungsmittel	V107	L107=20	G107=V107*L107/100
Zubereitungen für Kleinkinder (ohne Haarwaschmittel, Cremes, Puder- und Desinfektionsmittel)	V108	L108=1	G108=V108*L108/100
andere zubereitete Riech-, Körperpflege- oder Schönheitsmittel	V109	L109=5	G109=V109*L109/100
Summe	V110		G110=G106+....+G109

Um die Emissionen aus der Verwendung von Frostschutzmitteln in Kraftfahrzeugen fortzuschreiben, wird die Zahl Z der im Fortschreibungsjahr zugelassenen Fahrzeuge benötigt. Der Einsatz an Frostschutzmitteln im Fortschreibungsjahr berechnet sich dann nach folgender Gleichung:

$$V111[t]=Z[\text{Kraftfahrzeuge}] * 1,5 \text{ kg/Kraftfahrzeug} * 0,8 \text{ t/1000 kg}$$

Die Emission im Fortschreibungsjahr ist folgendermaßen zu berechnen:

$$G111[t]= V111[t]*0,5$$

Die Emission aus halonhaltigen Feuerlöscheinrichtungen wird mit 2 t konstant fortgeschrieben.

Nach /Leisewitz&Schwarz / werden aus Kälteanlagen und stationären Klimaanlageanlagen im Jahr 2000 ca. 1 219 t HFKW emittiert. Aus mobilen Klimaanlageanlagen werden im Jahr 2000 ca. 1 017 t HFKW emittiert. Für die Jahre 1995 bis 1997 werden von /Öko99b/ Einsatzmengen und Emissionen an HFKW in Kälte- und stationären Klimaanlageanlagen angegeben.

Tabelle 4.29.13: Inlandsverbrauch und Emissionen von HFKW - Kältemitteln aus Kälte- und stationären Klimaanlageanlagen 1995-1997 in t /Öko99b/

Kältemittel	1995		1996		1997	
	Verbrauch	Emission	Verbrauch	Emission	Verbrauch	Emission
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
134a	667	65	878	142	1 067	229
404A/507	369	38	877	105	1 141	215
sonstige HFKW	108	23	130	42	210	66
Summe	1 144	126	1 885	289	2 418	510

Nach /Öko99b/ wurden 1995-1997 folgende Mengen an HFKW in mobilen Klimaanlageanlagen eingesetzt bzw. emittiert.

Tabelle 4.29.14: Inlandsverbrauch und Emissionen an R134a und anderen HFKW's in mobilen Klimaanlageanlagen (Hauptsächlich Pkw-Klimaanlagen) /Öko99b/

Einsatzart	1995		1996		1997	
	Verbrauch	Emission	Verbrauch	Emission	Verbrauch	Emission
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
PKW-AC	781	113	1 349	211	1 862	356
sonst. Mobil-AC	72	13	86	21	98	31
Summe	853	126	1 435	233	1 960	386

In der gleichen Studie /Öko99b/ werden sowohl für Kälte- und stationären Klimaanlageanlagen als auch für mobile Klimaanlageanlagen 2 Trendszenarien mit den Stützjahren 2000, 2005 und 2010 diskutiert. In Tabelle 4.29.15 sind für die Zwischenjahre jeweils die mittleren Emissionen beider Trendszenarien bis 2010 angegeben, sowohl für Kälte- und stationäre Klimaanlageanlagen als auch für mobile Klimaanlageanlagen.

Tabelle 4.29.15: HFKW-Emissionen aus Kälte- und stationären Klimanlagen sowie aus mobilen Klimanlagen 1995-2010/Öko99b/

Bezugsjahr	HFKW-Emissionen aus Kälte- und stationären Klimanlagen	HFKW-Emissionen aus mobilen Klimanlagen
	[t]	[t]
1995	126	126
1996	289	233
1997	510	386
1998	816	689
1999	1035	908
2000	1219	1017
2001	1415	1340
2002	1577	1553
2003	1719	1765
2004	1843	1975
2005	2008	2337
2006	2034	2389
2007	2101	2593
2008	2148	2796
2009	2177	2996
2010	2164	3140

Weiterhin fortzuschreiben sind die Emissionen aus privaten und gewerblichen Kühlgeräten. Hierzu muss zunächst die Gesamtinlandsverkaufsmenge im Fortschreibungsjahr ermittelt werden. Dies geschieht mit Hilfe der Produktions- und Außenhandelsstatistik des Bezugsjahres. Zunächst werden die Kühlgeräte betreffenden GP95-Meldenummern ermittelt und den entsprechenden WA 96-Meldenummern zugeordnet /StaBuA95/.

Tabelle 4.29.16: Zuordnung der GP95-Meldenummern zu den entsprechenden WA96-Meldenummern für private und gewerbliche Kühlgeräte/StaBuA95/.

Produktart	GP95-Meldenummer	WA-96-Meldenummer
Kombinierte Kühl- und Gefrierschränke für den Einbau	2971 11 103	8418 10 10 8418 10 90 8418 10 99
andere kombinierte Kühl- und Gefrierschränke	2971 11 109	
Tischkühlschränke	2971 11 333	8418 21 51
andere Haushaltskühlschränke	2971 11 339	8418 21 10 8418 21 91 8418 21 99 8418 22 00 8418 29 00
Einbaukühlschränke	2971 11 350	8418 21 59
Gefrier- und Tiefkühltruhen mit einem Inhalt von 800 l oder weniger	2971 11 500	8418 30 10 8418 30 91 8418 30 99
Gefrier- und Tiefkühltruhen mit einem Inhalt von 900 l oder weniger	2971 11 700	8418 40 10 8418 40 91 8418 40 99

In Tabelle 4.29.17 werden die zur Ermittlung der Inlandsverbrauchsmenge notwendigen Variablen definiert.

Tabelle 4.29.17: Definition der zur Berechnung des Inlandverkaufs an privaten und gewerblichen Kühlgeräten im Fortschreibungsjahr notwendigen Variablen

Produktart	Produktion [Stück]	Import [Stück]	Export [Stück]
Kombinierte Kühl- und Gefrierschränke für den Einbau	R114(2971 11 103)	A61(8418 10 10) A62(8418 10 90) A63(8418 10 99)	B61(8418 10 10) B62(8418 10 90) B63(8418 10 99)
andere kombinierte Kühl- und Gefrierschränke	R115(2971 11 109)		
Tischkühlschränke	R117(2971 11 333)	A65(8418 21 51)	B65(8418 21 51)
andere Haushaltskühlschränke	R119(2971 11 339)	A67(8418 21 10) A68(8418 21 91) A69(8418 21 99) A70(8418 22 00) A71(8418 29 00)	B67(8418 21 10) B68(8418 21 91) B69(8418 21 99) B70(8418 22 00) B71(8418 29 00)
Einbaukühlschränke	R121(2971 11 350)	A73(8418 21 59)	B73(8418 21 59)
Gefrier- und Tiefkühltruhen mit einem Inhalt von 800 l oder weniger	R123(2971 11 500)	A75(8418 30 10) A76(8418 30 91) A77(8418 30 99)	B75(8418 30 10) B76(8418 30 91) B77(8418 30 99)
Gefrier- und Tiefkühltruhen mit einem Inhalt von 900 l oder weniger	R125 (2971 11 700)	A79(8418 40 10) A80(8418 40 91) A81(8418 40 99)	B79(8418 40 10) B80(8418 40 91) B81(8418 40 99)

In Tabelle 4.29.18 wird der Inlandsverkauf von Kühlgeräten im Fortschreibungsjahr berechnet.

Tabelle 4.29.18: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an privaten und gewerblichen Kühlgeräten.

Produktart	Produktion [Stück]	Import [Stück]	Export [Stück]	Inlandsverkauf [%]	Inlandsverkauf [Stück]
Kombinierte Kühl- und Gefrierschränke für den Einbau	R114	A61 A62 A63	B61 B62 B63	E114=E116	V114=R114* E114/100
andere kombinierte Kühl- und Gefrierschränke	R115			E115=E116	V115=R115* E115/100
Summe	R116 =R114+R115	A64=A61+A62+ A63	B64=B61+B62+ B63	E116=V116/R 116*100	V116=R117+ A64-B64
Tischkühlschränke	R117	A65	B65	E117=E118	V117=V118
Summe	R118=R117	A66=A65	B66=B65	E118=V118/ R118*100	V118=R118+ A66-B66
andere Haushaltskühlschränke	R119	A67 A68 A69 A70 A71	B67 B68 B69 B70 B71	E119=E120	V119=R119* E119/100
Summe	R120=R119	A72=A67+...+ A71	B72=B67+ +B71	E120=V120/ R120*100	V120=R120+ A72-B72
Einbaukühlschränke	R121	A73	B73	E121=E122	V121=V122
Summe	R122=121	A74=A73	B74=B73	E122=V122/ R122*100	V122=R122+ A74-B74
Gefrier- und Tiefkühltruhen mit einem Inhalt von 800 l oder weniger	R123	A75 A76 A77	B75 B76 B77	E123=E124	V123=V124
Summe	R124 =R123	A78=A75+A76+ A77	B78=B75+B76 +B77		V124=R124+ A78-B78
Gefrier- und Tiefkühltruhen mit einem Inhalt von 900 l oder weniger	R125	A79 A80 A81	B79 B80 B81		V125=V126
Summe	R126=R125	A82=A79+A80+ A81	B82=B79+B80 +B81		V126=R126+A82- B82
Gesamtsumme	R127=R116+R 118+R120+R12 2+R124+R126	A83=A64+A66+ A72+A74+A78+ A82	B83=B64+B66 +B72+B74+B7 8+B82		V127=V116+V118 +V120+V122+ V124+V126

Die eingesetzte Menge an Kühlmitteln im Fortschreibungsjahr ergibt sich nach folgender Gleichung:

$$V128[t] = (A83[\text{Stück}] * 0,18 \text{kg/Stück} + (V127[\text{Stück}] - A83[\text{Stück}]) * 0,06 \text{kg/Stück}) * 1 \text{ t}/1000 \text{kg}$$

Die emittierte Menge an Kühlmitteln aus privaten und gewerblichen Kühlgeräten ergibt sich nach:

$$G128[t] = V128[t] * 0,44$$

4.29.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Nach der in Kapitel 4.29.4 beschriebenen Methode ergeben sich für die betrachteten Produktgruppen für 1996 folgende Inlandsverbräuche und Emissionen an NMVOC.

Folgende zusätzliche Annahmen wurden bei der Berechnung gemacht:

- Die Produktionsmenge der GP95-Meldenummer 2451 31 205 (Papier, Watte, Filz- und Vliesstoffe, mit Seife oder Reinigungsmitteln getränkt oder überzogen, zur Körperpflege) wurde mit 10 000 t abgeschätzt.
- Die Produktionsmenge für die GP95-Meldenummer 2451 32 799 (andere Industriereiniger, a.n.g., nicht flüssig) wurde mit 50 000 t angenommen.
- Die Produktionsmenge für die GP95-Meldenummer 2452 19 950 (Haarentfernungsmittel) wurde mit 3 000 t angenommen.

Falls für den Inlandsverbrauch ein Wert errechnet wurde, der kleiner als Null war, so wurde der Inlandsverbrauch gleich Null gesetzt.

Folgende Bereiche werden nur aufgeführt, da diese Produktgruppen in Posten der Außenhandelsstatistik mitberücksichtigt sind, aber nicht zu der betrachteten Quellgruppe gehören:

- Reinigungs- und Entfettungsmittel für technische Zwecke
- Reinigungsmittel für die Ernährungswissenschaft
- andere Industriereiniger, anders nicht genannt., flüssig
- andere Industriereiniger, anders nicht genannt, nicht flüssig

Aus den gleichen Gründen wird diesen Produktgruppen ein Lösemittelgehalt von 0 % zugeordnet. Dies entspricht nicht unbedingt ihrem tatsächlichem Lösemittelgehalt.

Tabelle 4.29.19: Inlandsverbräuche und Emissionen in Deutschland für das Jahr 1996 bezüglich der häuslichen Verwendung von Konsumgütern/StaBuA96a//StaBuA96b/

Produktgruppe	Inlandsverbrauch [t]	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
Seifen			
Rasierseifen	287	10	29
Papier, Watte, Filz und Vliesstoffe, mit Seife oder Reinigungsmitteln getränkt oder überzogen, zur Körperpflege	4 300	0	0
andere Seifen (z. B. Feinseife, Medizinalseife)	32 378	0	0
Summe	36 965		29
Industrieseifen	9 351	0	0
Haushaltskernseifen	1 817	0	0
andere Seifen, nicht zur Körperpflege	682	0	0
Summe	11 850		0
Seifen in Form von Flocken, Körnern oder Pulvern	4 080	0	0
Summe	4 080		0
Seifen, flüssig- und pastenförmig	22 604	5	1 130
Seifen, nicht zur Körperpflege	11 845	0	0
Summe	34 449		1 130
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel			
Wäscheweichspüler	121 307	1	1 213
andere Mittel für die Textilindustrie, o.ä. Industrien	120 363	0	0
Summe	241 570		1 213
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen)	33 664	5	1 683
Summe	33 664		1 683
Universalwaschmittel, flüssig	34 185	7	2 393

Tabelle 4.29.19: Inlandsverbräuche und Emissionen in Deutschland für das Jahr 1996 bezüglich der häuslichen Verwendung von Konsumgütern/StaBuA96a//StaBuA96b/

andere Universalwaschmittel	556 744	0	0
Spezialwaschmittel, flüssig	19 238	5	962
andere Spezialwaschmittel	72 539	0	0
Geschirrspülmittel, Klarspüler	9 504	5	475
Produktgruppe	Inlandsverbrauch [t]	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
Geschirrspülmittel, Handgeschirrspülmittel	101 504	5	5 075
Geschirrspülmittel, Maschinengeschirrspülmittel	156 753	1,5	2 351
Stärken, Seifen und andere Waschlösungsmittel	44 124	1,5	662
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche	6 415	3	192
Wasch- und Reinigungsmittel für andere Fußbodenbeläge	41 626	3	1 249
Autowaschmittel ¹⁾	12 566	20	2 513
Fensterputzmittel	15 837	15	2 376
WC-Reinigungsmittel	81 096	2	1 622
andere Reinigungsmittel, flüssig	76 340	7	5 344
andere Reinigungsmittel, nicht flüssig	8 505	0	0
Summe	1 236 977		25 214
Produktgruppe	Inlandsverbrauch [t]	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
Grenzflächenaktive Zubereitungen (ohne Seifen) n.A.E.	-41 673	5	0
Summe	-41 673		0
Wasch- und Reinigungsmittel für Teppiche, n.A.E.	11 804	3	354
Wasch- und Reinigungsmittel für andere Fußbodenbeläge, n.A.E.	40 886	3	1 227
Autowaschmittel, n.A.E. ¹⁾	49 090	20	9 818
Fensterputzmittel, n.A.E.	496	15	74
WC-Reinigungsmittel, n.A.E.	5 976	2	120
Andere Haushaltsreiniger	6 147	3	184
Universalwaschmittel, n.A.E.	6 520	7	456
Spezialwaschmittel, n.A.E.	3 833	3	115
Geschirrspülmittel, n.A.E.	8 481	3	254
Waschlösungsmittel, n.A.E.	6 317	1,5	95
Reinigungs- und Entfettungsmittel für technische Zwecke	31 769	0	0
Reinigungsmittel für die Ernährungswissenschaft	77 289	0	0
Andere Industriereiniger, a.n.g., flüssig	11 840	0	0
andere Industriereiniger, a.n.g. nicht flüssig	42 296	0	0
Summe	302 744		12 698
Desodorierende Zubereitungen			
Zubereitungen zum Parfümieren oder Desodorieren von Räumen, duftende Zubereitungen für religiöse Zeremonien	17 705	5	885
Summe	17 705		885
Schuh- und Lederpflegemittel			
Schuhcreme, Schuh- und Lederpflegemittel	4 031	45	1 814
Lederpflegemittel	2 587	45	1 164
Summe	6 618		2 978
Möbelpflegemittel			
Möbel- und Bohnerwachs für Böden	15 558	80	12 446
Möbel- und Bohnerwachs für Möbel	1 812	35	634
Summe	17 370		13 080
Autopflegemittel			
Lackpflegemittel für Autos	6 970	35	2 439
Poliermittel für Autos	562	5	28
andere Zubereitungen (ohne Pflegemittel für Autos)	2 013	20	403
Summe	9 545		2 870
Polier- und Scheuermittel			
Zubereitungen zum Polieren von Metall	13 033	5	652
andere Polier-, Pflegemittel, u. ä. Zubereitungen	329	20	66
Scheuermittel	34 927	0	0
Summe	48 289		717
Duftstoffe und -wässer			
Duftstoffe (Parfüms)	2 882	50	1 441
Duftstoffe (Toilettenwässer)	9 082	50	4 541
Summe	11 964		5 982
Schminkmittel			
für die Lippen	2 537	0	0
für die Augen	1 714	5	86
Summe	4 252		86
Zubereitungen zur Hand- und Fußpflege			
zur Handpflege, auch Nagelpflegemittel	8 539	90	7 685

Tabelle 4.29.19: Inlandsverbräuche und Emissionen in Deutschland für das Jahr 1996 bezüglich der häuslichen Verwendung von Konsumgütern/StaBuA96a//StaBuA96b/

zur Fußpflege	2 544	90	2 290
Summe	11 083		9 975
Puder, lose oder fest, zur Schönheits- oder Körperpflege	997	0	0
Summe	997		0
andere Zubereitungen zur Schönheitspflege			
Schminkmittel für das Gesicht	6 024	1	60
Produktgruppe	Inlandsverbrauch [t]	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
Gesichtsreinigungsmittel (incl. Make-up-Entferner)	6 280	50	3 140
Wässer, Cremes, Spezialbehandlungsmittel zur Gesichtspflege	32 351	10	3 235
Wässer, Cremes zur Körperpflege	50 047	10	5 005
Sonnenschutzmittel	11 303	2	226
Andere Zubereitungen zur Schönheitspflege	4 958	28	1 388
Summe	110 963		13 054
Produktgruppe	Inlandsverbrauch [t]	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
Haarwaschmittel, Dauerwellmittel und Haarlacke			
Flüssige Haarwaschmittel	73 191	0,5	366
Andere Haarwaschmittel	2 857	0	0
Summe	76 048		366
Dauerwell- und Entkrausungsmittel	15 259	1	153
Summe	15259		153
Haarsprays	36 337	60	21 802
Summe	36 337		21 802
Haarkonditionierungsmittel	8 151	5	408
Haarfester, flüssig und als Schaum	13 992	2	280
Haarcremes, Brillantine	1 546	2	31
Tönungsshampoo, Haarfärbemittel, Haarbleichmittel	68 881	1	689
Andere zubereitete Haarbehandlungsmittel	26 854	1	269
Summe	119 424		1 677
Zubereitete Rasier- Riech- Körperpflege- und Schönheitsmittel			
Rasierwässer	11 557	30	3 467
Rasiercremes	1 672	5	84
Summe	13 248		3 551
Körperdesodorierungs- und Antitranspirationsmittel	29 624	5	1 481
Summe	29 624		1 481
Badezusatzmittel	159 967	1	1 600
Summe	159 967		1 600
Zubereitungen zur Körperintimpflege	734	50	367
Haarentfernungsmittel	4 678	20	936
Zubereitungen für Kleinkinder (ohne Haarwaschmittel, Cremes, Puder- und Desinfektionsmittel)	114	1	1
Andere zubereitete Riech-, Körperpflege- oder Schönheitsmittel	7 633	5	382
Summe	13 159		1 686

1996 waren in der Bundesrepublik Deutschland 48,1 Mio. Kraftfahrzeuge zugelassen /Verkehr97/. Es wurden somit ca. 57 720 t Frostschutzmittel eingesetzt und davon ca. 28 860 t emittiert.

Die Emission aus halonhaltigen Feuerlöscheinrichtungen betrug 1996 ca. 2 t. Entsprechend Tabelle 4.29.13 (Seite 199) wurden aus Kälte- und stationären Klimaanlage ca. 289 t HFKW emittiert. Nach Tabelle 4.29.14 (Seite 199) wurden aus mobilen Klimaanlage ca. 233 t HFKW emittiert.

In Tabelle 4.29.20 wird der Inlandsverbrauch an Kühlgeräten 1996 in der Bundesrepublik Deutschland berechnet

Tabelle 4.29.20: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an privaten und gewerblichen Kühlgeräten 1996 in der Bundesrepublik Deutschland/StaBuA96a//StaBuA96b/

Produktart	Produktion [Stück]	Import [Stück]	Export [Stück]	Inlandsverkauf [%]	Inlandsverkauf [Stück]
Kombinierte Kühl- und Gefrierschränke für den Einbau	197 571	72 43 199 551 405	7 161 636 160 519	148,2	292 767
Andere kombinierte Kühl- und Gefrierschränke	368 008 ¹⁾			148,2	545 326
Summe	565 579	594 676	322 162	148,2	838 093
Tischkühlschränke	530 550	613 467	123 350	192,4	1 020 667
Summe	530 550	613 467	123 350	192,4	1 020 667
andere Haushaltskühlschränke	406 915	9 213 417 555 26 564 36 725 7 434	23 042 25 228 26 253 196 840 2 882	137,5	559 438
Summe	406 915	426 768	274 245	137,5	559 438
Einbaukühlschränke	1 288 979	143 001	557 378	67,9	874 602
Summe	1 288 979	143 001	557 378	67,9	874 602
Gefrier- und Tiefkühltruhen mit einem Inhalt von 800 l oder weniger	600 000 ²⁾	1 328 878 23 152	5 14 421 1 549	156,0	936 056
Summe	600 000	352 031	15 975	156,0	936 056
Gefrier- und Tiefkühltruhen mit einem Inhalt von 900 l oder weniger	631 232	1 419 049 13 983	1 137 757 103 699	130,3	822 808
Summe	631 232	433 033	241 457	130,3	822 808
Gesamtsumme	4 023 255	2 562 976	1 534 567	125,6	5 051 664

1) Produktionsmenge 1997

2) abgeschätzt

Damit wurden 1996 in Deutschland ca. 611 t Kältemittel in Kühlgeräten eingesetzt, und es wurden ca. 269 t emittiert.

In Tabelle 4.29.21 sind die entsprechend aggregierten Produktgruppen mit ihren summierten Inlandsverbräuchen und Emissionen für das Jahr 1996 in Deutschland dargestellt

Tabelle 4.29.21: Nach Produktgruppen aggregierte Inlandsverbräuche und Emissionen 1996 in Deutschland

Produktgruppe	Inlandsverbrauch [t]	Emission [t]
Seifen	1 159	1 159
Wasch-, Spül- und Reinigungsmittel	40 808	40 808
Schuh- und Lederpflegemittel	2 978	2 978
Möbelpflegemittel	13 080	13 080
Autopflegemittel	2 870	2 870
Polier- und Scheuermittel	717	717
Summe	61 612	61 612
Duftstoffe und -wässer	5 982	5 982
Desodorierende Zubereitungen	885	885
zubereite Rasiermittel	3 551	3 551
Summe	10 418	10 418
Schminkmittel	86	86
Zubereitungen zur Hand- und Fußpflege	9 975	9 975
Puder, lose oder fest, zur Schönheits- oder Körperpflege	0	0
Andere Zubereitungen zur Schönheitspflege	13 054	13 054
Körperpflege- Riech- und Schönheitsmittel	4 767	4 767
Summe	27 882	27 882
Haarwaschmittel, Dauerwellmittel und Haarlacke	23 997	23 997
Kfz-Frostschutz	57 720	28 860
Feuerlöscher	100	2
Kälte- und stationäre Klimaanlageanlagen	1 885	289
Mobile Klimaanlageanlagen	1 435	233
Kältemittel in privaten und gewerblichen Kühlgeräten	491	216
Gesamt	185 540	153 510

Insgesamt wurden 1996 in Deutschland in der Quellgruppe häusliche Anwendung von Lösemitteln ca. 185 540 t NMVOC eingesetzt. Davon wurden ca. 153 510 t emittiert.

4.29.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Im Bereich des "Domestic solvent use" können die größten Emissionsminderungen durch den Einsatz treibgasfreier Spraydosen erzielt werden. Im Bereich der Haarsprays werden seit einiger Zeit sogenannte low-VOC-Sprays mit einem VOC-Gehalt von maximal 55 % angeboten. Herkömmliche Haarsprays haben einen VOC-Gehalt von ca. 80 %. In Tabelle 4.29.22 sind für verschiedene Produktgruppen Minderungsmöglichkeiten dargestellt /Berner96/.

Tabelle 4.29.22: Minderungspotentiale für ausgewählte Produktgruppen des "Domestic solvent use" /Berner96/

Produkt	Minderungspotentiale
Haarsprays, Deodorants	Einsatz von Pumpsprays oder Permanentgasen (Luft, N ₂ , CO ₂); Substitution von VOC-haltigen Sprays (80 % VOC-Gehalt) durch low-VOC-Sprays (55% VOC-Gehalt)
Schuh- und Lederpflege	Umstellung von Spraydosen auf Cremes möglich
Möbelpflegemittel	Einsatz von Möbelsprays mit geringerem VOC-Gehalt möglich (bisheriger VOC-Gehalt: 30%, zukünftig: 20%)
Defroster- und Antibeschlagmittel	Statt Einsatz von Defroster- und Antibeschlagmitteln ist auch eine mechanische Enteisung möglich (Eiskratzer)
Frostschutzmittel für die Scheibenwaschanlage	Unterscheidung zwischen Sommerqualität (0% VOC) und Winterqualität (70-75% VOC) des Wischwassers möglich; Weitere Minderungspotentiale bestehen in einer besseren Dosierung und einer Qualitätssteigerung der Reinigungsmittel

4.30 Entwachsen von Fahrzeugen

4.30.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60409 mit der Bezeichnung "Vehicles dewaxing" zugeordnet. Diese Quellgruppe betrachtet die Entkonservierung von Fahrzeugen. Jährlich werden laut /Öko99a/ etwa 1,3 Mio. Neuwagen entwachst. In den bundesweit 25 Großlagern der Autospediteure werden ca. 1 Mio. Neuwagen entwachst. Vor Übergabe an die Autohändler werden die Fahrzeuge mit Hilfe von heißem lösemittelhaltigem Wasser entwachst. Die restlichen Neuwagen (ca. 300 000) werden direkt bei den Autohändlern entwachst. Hier findet die Entwachsung mit Hilfe eines Hochdrucksprühgerätes manuell statt.

4.30.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Nach Angaben von /Öko99a/ werden pro Jahr etwa 5 000 m³ A III-Reiniger zur Entwachsung bei Spediteuren verwendet. 90 % dieser hochsiedenden Lösemittel verlassen die Anlage über den Abfallpfad bzw. werden zur Energiegewinnung in der Entwachsungsanlage eingesetzt. Ca. 10 % verlassen die Anlagen über den Emissionspfad in die Luft. Bei einer angenommenen Dichte von $\rho=0,8 \text{ g/cm}^3$ werden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 400 t A III-Reiniger bei der Entwachsung von Fahrzeugen bei Spediteuren emittiert. Zur Entwachsung in Autohäusern werden jährlich ca. 1 500 t A III-Reinigern verwendet /Öko99a/. Zu dem mittels Hochdrucksprühgerät bei der Entwachsung aufgebrachtem heißem Wasser werden Lösemittel hinzugefügt. Ein nicht bekannter Anteil wird abgeschieden. Bei manchen Autohändlern wird das Lösemittel im Kreislauf gefahren und wiederverwendet. Wenn man annimmt, dass ca. 50 % der eingesetzten Lösemittel in die Atmosphäre entweichen, so wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 750 t A III-Reiniger bei der Entwachsung von Neufahrzeugen in Autohäusern emittiert. Dazu müssen noch noch 700 t Dichlormethan gerechnet werden, die entsprechend Tabelle 4.2.7 (Seite 47) zur Entparaffinierung von Fahrzeugen verwendet wird. Wenn angenommen wird, dass davon ca. 10 % emittiert werden, so wurden 1994 beim Entwachsen von Fahrzeugen noch zusätzlich 70 t Dichlormethan emittiert.

4.30.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden zur Entwachsung von Neufahrzeugen bei Spediteuren und Autohäusern ca. 5 500 t A III-Reiniger und 700 t Dichlormethan verwendet. Dabei entstanden NMVOC-Emissionen von ca. 1 220 t.

4.30.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Die Zahlen für 1994 können für die folgenden Jahre konstant fortgeschrieben werden. Es werden zwar Jahr für Jahr abhängig von der wirtschaftlichen Entwicklung mehr oder weniger Neufahrzeuge hergestellt und entwachst. Jedoch muss auch berücksichtigt werden, dass bis 1994 und auch in den folgenden Jahren Bemühungen stattfanden, zunehmend auf Bewachung von Neufahrzeugen zu verzichten. Diese beiden Trends können gegenläufig verlaufen oder sich addieren. Diese Entwicklung ist schwierig zu beurteilen.

4.30.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 wurden wie 1994 ca. 5 500 t A III-Reiniger zur Entwachsung von Fahrzeugen eingesetzt. Dabei wurden ca. 1 150 t Kohlenwasserstoffe emittiert. Dazu müssen noch 600 t Dichlormethan, die entsprechend Tabelle 4.2.16 (Seite 55) bei der Entparaffinierung eingesetzt wurden, gerechnet werden. Davon wurden ca. 60 t emittiert. Damit wurden bei der Entwachsung von Fahrzeugen insgesamt 1 210 t NMVOC emittiert.

4.30.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Viele neu produzierten Fahrzeuge werden heute nicht mehr konserviert wenn sie auf "kurzem Weg" zum Kunden kommen. Vor einiger Zeit wurden in einem Ausschuss des Verbandes der Automobilindustrie Substitutionsmöglichkeiten bei der Fahrzeugkonservierung untersucht. Dabei wurde der Einsatz von Acrylatlacken als Oberflächenschutz untersucht. Die qualitativen Eigenschaften dieses Systems genügten den Ansprüchen der Kunden allerdings nicht. Für den amerikanischen Markt und bei französischen Importfahrzeugen werden sogenannte Acrylattransportkonservierungen eingesetzt, die mit einer wässrig-alkalischen Lösung entfernt werden. Für deutsche Verhältnisse ist allerdings der CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf) dieses Verfahrens zu hoch. Nach Angaben von/Öko99a/ wird auch mit Klebefolien experimentiert.

4.30.7 Anmerkungen

Zu dem Bereich der Entkonservierung ist die Datenbasis aufgrund fehlender Informationen seitens der Automobilindustrie mit großen Unsicherheiten behaftet. Bezüglich der Entwachsung von Importfahrzeugen liegen uns keine Informationen vor.

4.31 Häusliche Verwendung von pharmazeutischen Produkten

4.31.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60411 mit der Bezeichnung "Domestic use of pharmaceutical products" zugeordnet. Diese Quellgruppe betrachtet die häusliche Verwendung von pharmazeutischen Produkten sowie die Verwendung dieser Produkte in Krankenhäusern und medizinischen Praxen.

4.31.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Zur Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Pharmazeutischen Produkten wird die Produktions-/StaBuA94a/ und Außenhandelsstatistik /StaBuA94b/ herangezogen. Danach wurden 1994 in der Bundesrepublik ca. 394 516 t pharmazeutische Produkte hergestellt. Diese Menge ergibt sich aus der in Kapitel 4.12.2 (Seite 91) beschriebenen Methode. Es wurden entsprechend Kapitel 4.12.2 (Seite 93) ca. 98 307 t importiert und 146 068 t exportiert. Daraus ergibt sich eine Inlandsverbrauchsmenge von 346 755 t. Nach /UBA96a/ beträgt der Anteil lösemittelhaltiger Arzneimittel an der Gesamtarzneimittelmenge ca. 13 %. Dies entspricht einer Menge von 45 078 t lösemittelhaltigen Arzneimitteln. Weiterhin wird ein mittlerer Lösemittelanteil von 20 % /Eisele98a/ angenommen. Da ein Teil dieser Lösemittel vom Konsumenten absorbiert wird, wird von einem Emissionsanteil von etwa 50 % ausgegangen. Damit wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 4 508 t NMVOC bei der häuslichen Verwendung pharmazeutischer Erzeugnisse emittiert. Nach /Schaber99/ setzten sich die Emissionen zu jeweils ca. 40 % aus Ethanol und Isopropanol zusammen. Bei den den restlichen 20 % handelt es sich um eine Vielzahl von flüchtigen organischen Verbindungen, die im Rahmen dieser Untersuchung nicht weiter aufgelöst werden konnten.

4.31.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden ca. 346 755 t Arzneimittel verbraucht. Darunter befanden sich ca. 45 078 t lösemittelhaltige Arzneimittel. Bei deren Verwendung wurden ca. 4 508 t NMVOC emittiert.

4.31.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Die Methode zur Fortschreibung wird in Kapitel 4.12.4 (Seite 95) ausführlich beschrieben. Zur Fortschreibung des Inlandsverbrauchs an pharmazeutischen Erzeugnissen und den daraus resultierenden Emissionen werden aus Kapitel 4.12.4 die Variablen P[t], IG[t] und EG[t] benötigt. Der Inlandsverbrauch V[t] ergibt dann aus:

$$V[t]=P[t]+IG[t]-EG[t]$$

Die emittierte Menge E[t] an NMVOC ergibt sich im Folgenden aus der Gleichung:

$$E[t]=V[t]*0,13*0,2*0,5$$

4.31.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Aus Kapitel 4.12.5 ergibt sich für P[t] eine Menge von 283 147 t, für IG[t] von 169 956 t und für EG[t] von 208 907 t. Damit wurden 1996 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 244 196 t pharmazeutische Erzeugnisse verbraucht. Dabei wurden ca. 3 175 t NMVOC emittiert.

4.31.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Für die Quellgruppe der häuslichen Verwendung von Arzneimitteln sind wenig Minderungspotentiale zu sehen. Ein relevantes Minderungspotential liegt in der Verwendung lösemittelärmerer Arzneimittel oder von Feststoffarzneimitteln. Allerdings beeinflusst dies natürlich die Wirkeigenschaften der Arznei. Insofern muss hier für jedes Arzneimittel das jeweilige individuelle Minderungspotential betrachtet werden. Die Vermeidung von Arzneimitteln bzw. die Beschränkung des Einsatzes von Arzneimitteln auf notwendige Applikationen stellt ein weiteres Minderungspotential dar.

4.31.7 Anmerkungen

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Unsicherheiten bezüglich der Ermittlung des Inlandsverbrauchs relativ groß sind, aufgrund der in Kapitel 4.12.2 (Seite 92) beschriebenen Schwierigkeiten bei der Ermittlung der Inlandsproduktion. Darüber hinaus ist der angenommene Anteil lösemittelhaltiger Präparate sowie der angenommene mittlere Lösemittelanteil pharmazeutischer Produkte mit hohen Unsicherheiten behaftet.

4.32 Verwendung von Pflanzenschutzmitteln

4.32.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik ist dieser Quellgruppe der SNAP94-CODE 60412 mit der Bezeichnung "Other use of solvent and related activities-other" zugeordnet. Die unter diesem SNAP-CODE aufgeführten Quellgruppen sind in CORINAIR 94 in keinem anderen SNAP-CODE aufgeführt. Eine Quellgruppe stellt die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln dar. Hier wird die Verwendung von Lösemitteln beim Einbringen von Pflanzenschutzmitteln in die Umwelt betrachtet. Unter Pflanzenschutzmitteln wird ein vielfältiges Wirkstoffgemisch verstanden, welches häufig in organischen Lösemitteln gelöst ist.

4.32.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchs- mengen und Emissionen im Jahr 1994

Zur Ermittlung des Inlandsverbrauchs wird die Produktions- und Außenhandelsstatistik verwendet. In Tabelle 4.32.1 sind die GP89-Meldenummern, die Pflanzenschutzmittel betreffen, den entsprechenden WA94-Meldenummern zugeordnet /StaBuA95/.

Tabelle 4.32.1: Zuordnung der Pflanzenschutzmittel betreffenden GP89-Meldenummern zu den entsprechenden WA94-Nummern /StaBuA95/

GP-89-Meldenummer	Benennung	WA 94-Meldenummer	Bezeichnung
	Insektizide		
4341 11	Insektizide pflanzlicher Herkunft	38081010	Insektizid Grundlage Pyrethroid
4341 13	Chlorierte Kohlenwasserstoffe und verwandte Verbindungen	38081020	Insektizid Grundlage CKW
4341 15	Carbamate	38081030	Insektizid Grundlage Carbamat
4341 17	Organische Phosphorverbindungen	38081040	Insektizid Grundlage organische Phosphorverbindung
4341 19	Sonstige Insektizide und Akarizide	38081090	andere Insektizide
	Fungizide		
4341 41	Anorganische Fungizide	38082010	Fungizid Grundlage Kupferverbindung
		38082015	andere anorganische Fungizide
4341 45	Organische Fungizide	38082030	Fungizide Grundlage Dithiocarbamat
		38082040	Fungizide Grundlage Benzimidazol
		38082050	Fungizide Grundlage Diazol oder Triazol
		38082060	Fungizide Grundlage Diazin oder Morpholin
		38082080	andere organische Fungizide
	Herbizide		
4341 63	Harnstoffderivate	38083023	Herbizide Grundlage Harnstoffderivat
4341 65	Carbamate	38083017	Herbizide Grundlage Carbamat
4341 67	Sonstige organische Herbizide	38083011	Herbizide Grundlage Phenoxypytohormon
4341 61	Anorganische Herbizide	38083013	Herbizide Grundlage Triazin
4341 62	Carbonsäurederivate	38083015	Herbizide Grundlage Amid
		38083021	Herbizide Grundlage Dinitroanilinderivat
		38083027	andere Herbizide
4341 83	Rodentizide	38089010	Rodentizide
4341 88	sonstige Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel	38089090	andere Schädlingsbekämpfungsmittel
4341 81	Nematizide		
4341 82	Molluskizide		

Die entsprechenden Mengen einschließlich der daraus ermittelten Inlandsverbräuche für das Jahr 1994 sind in Tabelle 4.32.2 dargestellt. Hierbei ist zu beachten, dass die Produktionsmengen für die GP 89-Meldenummern 4341 19, 4341 65, 4341 61 und 4341 62 aufgrund der angegebenen Wirkstoffgehalte abgeschätzt wurden. Die für 4341 13 (Chlorierte Kohlenwasserstoffe und verwandte Verbindungen) angegebene Menge entspricht dem Wirkstoffgehalt. Für die GP89-Meldenummer 4341 81 (Nematizide) wurde eine Produktionsmenge von 11 000 t angenommen. Diese Menge ist ein statistischer Geheimhaltungsfall. 11 000 t wurde deshalb angenommen, da sonst der Inlandsverbrauch der Gruppe "sonstige Schädlingsbekämpfungsmittel" negativ geworden wäre. Dies erscheint unrealistisch. Weiterhin ist unklar, ob in der Außenstatistik Wirkstoffmengen oder Gesamtmengen angegeben sind. Wir sind in dieser Studie von Gesamtmengen (einschließlich Lösemitteln) ausgegangen.

Tabelle 4.32.2: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Pflanzenschutzmitteln für das Jahr 1994 bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland/StaBuA94a//StaBuA94b/

GP89-Meldenummer	Bezeichnung	Produktionsmenge	WA 94-Meldenummer	Bezeichnung	Import	Export	Inlandsverbrauch
		[t]			[t]	[t]	[t]
Insektizide							
434111	Insektizide pflanzlicher Herkunft	2 235	38081010	Insektizid Grundlage Pyrethroid	2 250	2 644	1 841
434113	Chlorierte Kohlenwasserstoffe und verwandte Verbindungen	4 637	38081020	Insektizid Grundlage CKW	25	163	4 499
434115	Carbamate	11 183	38081030	Insektizid Grundlage Carbamat	232	2 946	8 469
434117	organische Phosphorverbindungen	10 182	38081040	Insektizid Grundlage organische Phosphorverbindung	658	10 029	811
434119	sonstige Insektizide und Akarizide	3 000	38081090	Andere Insektizide	2 336	4 654	682
Fungizide							
434141	anorganische Fungizide	13 286	38082010	Fungizid Grundlage Kupferverbindung	564	3 772	5 167
			38082015	Andere anorganische Fungizide	179	5 090	
434145	Organische Fungizide	45 109	38082030	Fungizide Grundlage Dithiocarbamat	1 396	14 942	-42
			38082040	Fungizide Grundlage Benzimidazol	136	2 149	
			38082050	Fungizide Grundlage Diazol oder Triazol	889	7 223	
			38082060	Fungizide Grundlage Diazin oder Morpholin	49	4 811	
			38082080	Andere organische Fungizide	6 570	25 066	
Herbizide							
434163	Harnstoffderivate	5 093	38083023	Herbizide Grundlage Harnstoffderivate Herbizide Grundlage Carbamat Herbizide Grundlage Phenoxyphytohormon Herbizide Grundlage Triazin Herbizide Grundlage Amid Herbizide Grundlage Dinitroanilinderivat Andere Herbizide	1 683	3 974	18 367
434165	Carbamate	7 100	38083017		1 145	3 635	
434167	Sonstige organische Herbizide	29 863	38083011		6 882	10 761	
434161	Anorganische Herbizide	4 800	38083013		197	4 850	
434162	Carbonsäurederivate	5 300	38083015		356	3 656	
			38083021		933	431	
			38083027		13 392	23 688	
	Summe	39 963			21 760	43 386	18 367
434183	Rodentizide	2 267	38089010	Rodentizide	419	542	
434188	sonstige Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel	14 368	38089090	Andere Schädlingsbekämpfungsmittel	4 407	33 212	
434181	Nematizide	11 000 ¹					
434182	Molluskizide	4 032					
Summe		29 400			4 407	33 212	595
Gesamtsumme							47 771

1)abgeschätzt

Nach Tabelle 4.32.2 wurden 1994 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 48 000 t Pflanzenschutzmittel verwendet. Nach Angaben von /BBA97/ in Tabelle 4.32.3 wurden in den Jahren 1993-1996 folgende Mengen an Wirkstoffen für Pflanzenschutzmitteln im Inland verbraucht.

Tabelle 4.32.3: Im Inland verwendete Menge Pflanzenschutzmittel (Jahre 1993-1996) /BBA1997/

Jahr	Im Inland verwendete Menge an Wirkstoffen für Pflanzenschutzmittel [t]
1993	28930
1994	29769
1995	34531
1996	35085

Nach Angaben von /Nolting-BBA97/ wurden zum Ausbringen der Pflanzenschutzmittel 1993 ca. 3 030 t Lösemittel verwendet. Damit wären 1993 ca. 31 960 t Pflanzenschutzmittel verwendet worden. Für 1994 wären dies bei Annahme eines proportional erhöhten Einsatzes an Pflanzenschutzmitteln ca. 32 887 t. Damit ergibt sich eine Diskrepanz zu der durch die Verwendung von Produktions- und Außenhandelsstatistik ermittelten Inlandsverbrauchsmenge von 47 771 t. Für diese Diskrepanz können zum einen die Annahmen und beschriebenen Diskrepanzen, die durch die Statistik bedingt sind, verantwortlich sein. Auf der anderen Seite kann es sein, dass in der von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) angegebenen Menge die anorganischen Pflanzenschutzmittel nicht berücksichtigt sind. Die Inlandsverbrauchsmenge an anorganischen Fungiziden betrug 1994 nach Tabelle 4.32.2 ca. 5 167 t. Die entsprechende Menge an anorganischen Herbiziden ist schwer zu quantifizieren, da es keine eindeutige Zuordnung von Produktions- und Außenhandelsstatistik gibt und die Produktionsmenge lediglich abgeschätzt wurde. Im Weiteren wird angenommen, dass 1994 ca. 10 000 t anorganische Pflanzenschutzmittel im Inland verwendet wurden. Damit ergäbe sich eine Inlandsverbrauchsmenge von 37 771 t organische Pflanzenschutzmittel. Aufgrund einer verbleibenden Diskrepanz von BBA und Statistischem Bundesamt wird der Mittelwert genommen. Damit wurden 1994 in der Bundesrepublik ca. 35 329 t organische Pflanzenschutzmittel verwendet. Dies entspricht einer verwendeten Lösemittelmenge von ca. 3 700 t. Nach Angaben von /BBA97/ teilen sich diese Lösemittel wie in Tabelle 4.32.4 beschrieben auf (Bezugsjahr 1993 in dem nach /BBA97/ ca. 3 030 t Lösemittel verwendet wurden).

Tabelle 4.32.4: Stoffliche Disaggregation der beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verwendeten Lösemittel im Bezugsjahr 1993 /BBA97/

Stoffbezeichnung	Substanzmenge [t]	Anteil [%]
Paraffinische Kohlenwasserstoffe	2	0,07
Naphtenische Kohlenwasserstoffe	2	0,07
Aromatische Kohlenwasserstoffe	18	0,5
Xylole	183	5
Alkyl-(C9-C19)-Benzol (85:15)	629	17
Alkyl-(C10-C13)-Benzol	590	16
Alkyl-(C9)-Benzol	99	2,7
Alkyl-(C10)-Benzol	338	9,1
Alkyl-(C11)-Benzol	87	2,3
Alkyl-(C12)-Benzol	2	0,05
Alkyl-(C9-C11)-Benzol	198	5,3
Naphthalin	33	0,9
Inden	26	0,7
Chlorbenzol (Phenylchlorid, Monochlorbenzol)	39	1,1
Chlorhexanon	24	0,7
Isobutanol	32	0,9
Ethylenglykol	83	2,2
n-Butanol	40	1,1
Methanol	0,1	0,003
1,2-Propylenglykol	329	8,9
1-Tridecanol	2	0,05
N-(n-Oktyl)-2-Pyrrolidon	73	2
N-Methyl-2-Pyrrolidon	194	5,2
Dibutyladipat	12	0,3
Glycerin	121	3,3
N,N-Dimethyloctansäureamid	103	2,8
N,N-Dimethyldecansäureamid	128	3,5
Diacetonalkohol	4	0,1
Dimethylamin	6	0,2
Acetophenon	224	6
Diethylenglykol	53	1,4
N,N-Dimethylhexansäureamid	13	0,3
N,N-Dimethyldodecansäureamid	13	0,3
Summe	3 700	100

Die eingesetzten Lösemittel entweichen vollständig in die Atmosphäre.

4.32.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 35 329 t Pflanzenschutzmittel verwendet. Dabei kamen 3 700 t Lösemittel zum Einsatz, die vollständig verdampften.

4.32.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Die Ermittlung des Inlandsverbrauchs aufgrund der Produktions- und Außenhandelsstatistik ist für eine Fortschreibung wenig geeignet, da die Umstellung der Produktionsstatistik von GP89 auf GP95 eine erhebliche Anzahl von statistischen Geheimhaltungsfällen mit sich gebracht hat.

Sinnvoller zur Fortschreibung sind die in Tabelle 4.32.3 aufgeführten Mengen an Pflanzenschutzmitteln verwendbar. Diese Daten können bei der BBA nachgefragt werden. Wenn die Korrekturen, die für das Jahr 1994 gemacht wurden, berücksichtigt werden, ergibt sich die im Fortschreibungsjahr verwendete Menge $M[t]$ an Pflanzenschutzmitteln durch folgende Gleichung:

$$M[t]=B[t]*35\,329/29\,769$$

Hierbei ist $B[t]$ die durch die BBA angegebene Menge. Die dabei eingesetzte Menge an Lösemitteln ergibt dann wie folgt:

$$L[t] = B[t]*3\,700/29\,769$$

Diese im Fortschreibungsjahr eingesetzte Menge verdampft vollständig.

4.32.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Nach der oben beschriebenen Methode ergeben sich für das Bezugsjahr 1996 folgende Verwendungs- und Emissionsmengen: Die BBA gibt für 1996 eine im Inland verwendete Menge an Wirkstoffen für Pflanzenschutzmittel von 35 085 t an. Dies entspricht einer im Inland verwendeten Menge von 41 638 t. Dabei wurden 4 361 t Lösemittel verwendet und vollständig emittiert.

4.32.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Moderne Pflanzenschutzmittel werden nach Angaben der /BBA97/ mit möglichst wenig flüchtigen Bestandteilen zubereitet. Daher wurden in letzter Zeit flüssige Formulierungen auf der Basis von organischen Lösemitteln durch feste Formulierungen bzw. wässrige Suspensionen, Suspoemulsionen oder Emulsionen ersetzt. Darüber hinaus sind keine Minderungspotentiale bekannt.

4.32.7 Anmerkungen

Die Datenlage bezüglich Verwendung und Emission von Pflanzenschutzmitteln ist als sehr unsicher einzustufen, da zum einen aufgrund statistischer Geheimhaltungsfälle der Inlandsverbrauch nicht durch die Produktions- und Außenhandelsstatistik ermittelt werden kann. Zum anderen beruhen die Berechnungen nur auf Angaben aus einer Quelle. Hinzu kommt, dass bei der Berechnung der Verwendungs- und Bezugsmengen teilweise Daten abgeschätzt wurden und in der Produktions- und Außenhandelsstatistik nicht sauber zwischen Wirkstoff- und Pflanzenschutzmitteln mit Wirkstoff und Lösemitteln unterschieden wird. In der Produktionsstatistik ist die Wirkstoffmenge ohne Lösemittel angegeben, während in der Außenhandelsstatistik vermutlich fertige Produkte bzw. Vorprodukte und Wirkstoffe ohne weitere Differenzierung berücksichtigt sind.

4.33 Verwendung von Kühlschmiermitteln

4.33.1 Charakterisierung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik wird die Quellgruppe "Verwendung von Kühlschmiermitteln" dem SNAP94-CODE 60412 mit der Bezeichnung "Other use of solvent and related activities-other" zugeordnet. Die unter diesem SNAP-CODE aufgeführten Quellgruppen sind in CORINAIR 94 in keinem anderen SNAP-CODE aufgeführt. Die Kühlschmiermittel werden in der Metallindustrie und im Metallhandwerk zur spanenden Metallbearbeitung beim Bohren, Fräsen und Drehen verwendet, um die Bearbeitungsmaterialien und Werkzeuge zu schonen. Rund 75 % aller Industriebetriebe des produzierenden Gewerbes setzen Kühlschmierstoffe ein. Es wird unterschieden in wassermischbare und nichtwassermischbare Kühlschmiermittel.

4.33.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 1 151 312 t /Fuchs97/ an Schmierstoffen verbraucht. Davon wurden 6,5 % zur Metallverarbeitung verwendet. Diese insgesamt 75 491 t teilten sich in 47 076 t nicht mit Wasser mischbarer Kühlschmiermittel (Nwmb KSS) sowie 28 415 t Konzentrate wassermischbarer Kühlschmiermittel (Konz. Wmb KSS) auf. Wassermischbare Kühlschmiermittel werden als 5 %-ige wässrige Lösungen verwendet. Damit wurden insgesamt ca. 615 376 t Kühlschmiermittel in der Bundesrepublik Deutschland zur Metallbearbeitung eingesetzt. Diese Zahlen stimmen mit der MWV-Statistik /MWV96/ überein. Nach Angaben von /Baumann97/ wurde 1993 vom Verband der Schmierfettindustrie (VSI) eine Befragung unter seinen Mitgliedern durchgeführt. Daraus ergaben sich die in Tabelle 4.33.1 aufgeführten Mengen. Bei dem ermittelten Inlandsabsatz ist zu berücksichtigen, dass nur ca. 90 % der Kühlschmierstoffhersteller dem VSI angehören, d. h. es werden auf die abgesetzte Menge noch 10 % dazu gerechnet. In der gleichen Tabelle sind zum Vergleich die Zahlen des BAW für 1993 dargestellt.

Tabelle 4.33.1: Vergleich der Inlandsabsätze an Kühlschmiermitteln nach BAW (1993) und VSI (1992) /Baumann97/

Stoffgruppe	Inlandsabsatz nach BAW [t] (1993)	Inlandsabsatz nach VSI [t] (1992)
Schmierstoffe (ges.)	1 186 100	-----
Davon Kühlschmiermittel	84 900	113 400
-Nicht wassermischbare Kühlschmiermittel	52 100	52 100
-Wassermischbare Kühlschmiermittel	32 800	51 320
Wassergemischte Kühlschmiermittel (5%)	656 000	1 026 400
Gesamteinsatz Kühlschmiermittel	708 100	1 078 500

Die Absatzmengen differieren um ca. 56 % bei den wassermischbaren Kühlschmiermitteln. Nach /Baumann97/ gibt es für diese Differenz folgende Erklärung:

- a) Mineralölfreie Kühlschmiermittel werden in der Statistik des BAW nicht erfasst
- b) 19 VSI-Firmen werden nicht vom BAW erfasst.

Mineralölfreie Kühlschmiermittel stellten 1993 ca. 21 % der hergestellten wassermischbaren Kühlschmiermittel dar. 55,4 % der wassermischbaren Kühlschmiermittel hatten 1993 einen Mineralölanteil von mehr als 30 % und 23,4 % einen Mineralölanteil von weniger als 30 %. Diese Zahlen sind in Tabelle 4.33.2 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 4.33.2: Produktionsmengen wassermischbarer Kühlschmiermittel /Baumann97/(Mitglieder des VSI, 1993)

Kühlschmierstoffmenge	Mineralölfrei [t]	Mineralölanteil <30% [t]	Mineralölanteil >30% [t]	Gesamtmenge [t]
Inlandsabsatz	9 679	25 309	10 632	45 620
Export	2 150	5 514	2 400	10 064
Gesamt	11 829	30 823	13 032	55 684

Aufgrund dieser Differenzen muss von einer Einsatzmenge an Konzentraten wassermischbarer Kühlschmiermittel für 1994 von ca. 44 460 t ausgegangen werden. Insgesamt wurden damit 1994 ca. 91 536 t Kühlschmiermittel eingesetzt. Zu den beim Einsatz von Kühlschmiermitteln emittierten Mengen gibt es wenig Informationen. Die einzige belastbare Quelle ist /VOC90/. In diesem Bericht wird die Emission mit ca. 10 % bezogen auf alle eingesetzten Schmierstoffe abgeschätzt. D. h. es werden bei der Verwendung von Kühlschmiermitteln ca. 9 154 t NMVOC emittiert. Hierbei handelt es sich um eine Vielzahl organischer meist hochsiedender Substanzen (Siedepunkt bei Normaldruck von mehr als 200 °C). Bei der Anwendung von Kühlschmiermitteln werden außerdem auch Aerosole freigesetzt.

4.33.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 91 536 t Kühlschmiermittel eingesetzt. Davon waren 44 460 t wassermischbare Kühlschmiermittelkonzentrate und 47 076 t nicht wassermischbare Kühlschmiermittel. Die daraus resultierenden VOC-Emissionen betragen ca. 9 154 t. Dabei handelte es sich hauptsächlich um hochsiedende Substanzen, mit Siedepunkten unter Normaldruck von mehr als 200 °C.

4.33.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung sollte die Statistik des BAW herangezogen werden, die bei /MWV99/zu erhalten ist. In diesem Bericht gibt es eine Aufstellung "Inlandsabsatz von Schmierstoffen nach Sortengruppen". Die Menge der wassermischbaren Metallbearbeitungsöle wird aus oben angegebenen Gründen entsprechend korrigiert. Die Berechnungsmethode ist in Tabelle 4.33.3 dargestellt. In dieser Tabelle werden die Emissionen für das Fortschreibungsjahr mitberechnet.

Tabelle 4.33.3: Fortschreibungsmethode zur Ermittlung des Inlandsabsatzes und der Emission an Kühlschmiermitteln im Bezugsjahr

Stoffgruppe	Inlandsabsatz nach BAW [1000 t]	Korrigierter Inlandsabsatz [1000 t]	Emissionen [t]
Nichtwassermischbare Metallbearbeitungsöle	A1	$K1=A1$	$E1=K1*100$
Wassermischbare Metallbearbeitungsöle	A2	$K2=A2*44\ 460/28\ 415$	$E2=K2*100$
Wassergemischte Kühlschmiermittel	$A3=A2*20$	$K3=K2*20$	
Gesamteinsatz Kühlschmiermittel	$A=A1+A3$	$K=K1+K3$	$E=E1+E2$

Es werden im Fortschreibungsjahr E [t] aus der Verwendung von Kühlschmiermitteln emittiert.

4.33.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Für das Bezugsjahr 1996 ergeben sich nach der in Abschnitt 4.33.4 beschriebenen Methode folgende Einsatzmengen und Emissionen bezüglich der Verwendung von Kühlschmiermitteln.

Tabelle 4.33.4: In Deutschland 1996 eingesetzte und emittierte Mengen an Kühlschmiermitteln /MWV97/

Stoffgruppe	Inlandsabsatz nach BAW [1000 t]	Korrigierter Inlandsabsatz [1000 t]	Emissionen [t]
Nichtwassermischbare Metallbearbeitungsöle	41,1	41,1	4 110
Wassermischbare Metallbearbeitungsöle	27,6	43,2	4 318
Wassergemischte Kühlschmiermittel	552	863,7	
Gesamteinsatz Kühlschmiermittel	593,1	904,8	8 428

1996 wurden in Bundesrepublik Deutschland bei der Verwendung von Kühlschmiermitteln ca. 8 428 t höhersiedende organische Stoffe emittiert, die teilweise als Aerosole ausgetragen wurden.

4.33.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Durch entsprechende Absaugvorrichtungen können die Ölnebel teilweise aus der Luft des Arbeitsplatzes entfernt werden /Baumann97/. Als Abscheidesysteme kommen Faserfliese, Sinterlamellenfilter sowie Nassabscheider in Frage. Die Auswahl des Verfahrens ist von der Größenordnung des Luftdurchsatzes abhängig. Als Primärmaßnahme wird von /Mohlfeld97/ das Trockenbohren mit Hilfe von Cermetschneidstoffen und beschichteter Hartmetallwerkstoffe beschrieben. Bislang ist allerdings ein prozesssicheres Bohren mit Cermetschneidstoffen (gesinterte Keramik-Metall-Verbindungen) noch nicht möglich. Das Leistungsvermögen von Hartmetallwerkzeugen beim Trockenbohren ist wesentlich höher. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass bei geeigneten Schneidbedingungen und bei Einsatz warmfester Hartmetallschneidstoffe ein gleichmäßiger Verschleißfortschritt und ein prozesssicheres Trockenbohren von Stahlwerkstoffen möglich ist. Durch Beschichtung der Werkzeuge lässt sich eine hohe Härte und damit ein wirksamer Verschleißschutz mit einer ausreichenden Zähigkeit des Werkzeugmaterials kombinieren. Durch die Entwicklung geeigneter Titan- und aluminiumhaltiger Hartstoffschichten sowie einer Anpassung der Schneidengeometrie kann das Standverhalten der Werkzeuge weiter verbessert werden. Nach Angaben von /IFW99/ sind neue Konzepte zur Gestaltung von umweltgerechten Fertigungstechnologien notwendig. Es werden folgende Leistungsmerkmale angegeben:

- Zerspanungsuntersuchungen unter Berücksichtigung von Werkstoff-, Werkzeug-, Prozess- und Bauteilqualität
- Ökologische Prozessoptimierung zur Reduzierung von Emissionen in Luft, Boden und Wasser
- Maßnahmen zur Reduzierung des Kühlschmiermitteleinsatzes
- Verlängerung der Nutzungsdauer von Kühlschmiermitteln (z. B. Fremdölabtrennung)
- Verringerung der Kühlschmiermitteleinsatzmenge (z. B.: Minimalmengenschmierung, Kühlschmierstoff-Zufuhrkonzepte)
- Vermeidung von Kühlschmiermitteln (Trockenbearbeitung)
- Ermittlung bzw. Bewertung von Prozessemissionen
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Dies gilt sowohl für einzelne Fertigungsprozesse als auch für Prozessketten.

Die gerade in den vergangenen Jahren deutlich gestiegenen Umweltauforderungen haben die Kühlschmiermittel in der spanenden Fertigung wieder in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Damit einhergehend ist ein Wandel in der Bedeutung von Kühlschmiermitteln zu beobachten. Früher noch als Fertigungshilfsstoff eingestuft - der Einsatz wurde allenfalls unter technologischen Gesichtspunkten (Verbesserung von Bauteilqualität und Werkzeugstandzeit) diskutiert - zeigen die jüngsten Entwicklungen, dass der Kühl-

schmierstoff einen nicht unerheblichen Faktor bei den Bauteilkosten darstellt. Daher haben sich die Bemühungen verstärkt, den Kühlschmiermitteleinsatz in der spanenden Fertigung zu reduzieren oder ganz zu vermeiden. Den Gesprächen mit den Anwendern ist zu entnehmen, dass die Kosten, die in Zusammenhang mit dem Kühlschmiermitteleinsatz stehen, häufig gar nicht bekannt sind bzw. der Kühlschmierstoff als Fertigungshilfsstoff betrachtet wird und dementsprechend, nach Annahmen der Betreiber, nur einen viel zu geringen Anteil an den Fertigungskosten ausmacht. In Zusammenarbeit mit einem Automobilhersteller wurde daher zunächst einmal die Kostenstruktur des Kühlschmiermitteleinsatzes an einer Transferstraße zur Getriebegehäusefertigung untersucht /Adams94/. Dabei stellte sich heraus, dass die Beschaffung, Bereitstellung und Aufbereitung von Kühlschmierstoff einen Anteil von etwa 7,5 % der Bauteilkosten erreicht und damit etwa um den Faktor drei höher liegt als die Werkzeugkosten. Eine detaillierte Betrachtung der Kostenstruktur zeigt, dass die Kosten für die Beschaffung und Entsorgung von Kühlschmierstoffen derzeit noch von untergeordneter Bedeutung sind /Weinert95/. Die Bestrebungen um einen effizienten Kühlschmierstoff-Einsatz verfolgen daher zwei Ziele:

- Einerseits gilt es, durch geeignete Pflegemaßnahmen die Lebensdauer und damit die Entsorgungsintervalle der Schmierstoffe heraufzusetzen.
- Andererseits wird untersucht, ob und unter welchen Randbedingungen auf den Einsatz von Kühlschmierstoff verzichtet oder die benötigte Menge reduziert werden kann.

Um die Qualität der Werkstücke bei einer umweltverträglichen, prozesssicheren Fertigung sowie die Standzeiten der stärker beanspruchten Werkzeuge aufrechtzuerhalten, müssen die Funktionen Kühlen, Schmieren und Spänetransport substituiert werden. Der Einsatz von Druckluft in Verbindung mit einer Minimalmengen Kühlschmierung ist ein Schritt in Richtung einer umweltverträglicheren Fertigung. Gerade die innere Zuführung ist bei der Bohrungsbearbeitung von besonderer Bedeutung, da sie den Späneabtransport wirkungsvoll unterstützen kann. Für die konventionelle Bearbeitung ist diese Problematik durch die innere Zufuhr von Emulsion mit hohem Druck gelöst. Zur Reduzierung des Einsatzes von Fertigungshilfsstoffen bietet sich daher eine Minimalmengen Kühlschmierung an, bei der durch die innen liegenden Kühlkanäle der Werkzeuge mit Minimalmengen Kühlschmierstoff geimpfte Druckluft an die Wirkstelle geführt wird. Die Restfeuchte der Späne ist dadurch soweit reduziert, dass sie für die Entsorgung als trocken gelten. Ein besonderes Problem stellt allerdings der Transport des Mediums durch Maschinenspindel und Werkzeug an die Wirkstelle dar.

4.34 Verwendung von anderen Schmierstoffen

4.34.1 Charakterisierung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik wird die Quellgruppe „Verwendung von anderen Schmierstoffen“ dem SNAP94-CODE 60412 mit der Bezeichnung "Other use of solvent and related activities-other" zugeordnet. Die unter diesem SNAP-CODE aufgeführten Quellgruppen sind in CORINAIR 94 in keinem anderen SNAP-CODE aufgeführt. Die Verwendung von Schmierstoffen erfolgt in unterschiedlichsten Bereichen des produzierenden Gewerbes zu unterschiedlichsten Zwecken. In Tabelle 4.34.1 ist die Aufteilung des Inlandsabsatzmarktes nach Anwendungsbereichen /Fuchs97/ dargestellt.

Tabelle 4.34.1: Absatzmarkt für Schmierstoffe in der Bundesrepublik Deutschland (1991, alte Bundesländer)/Fuchs97/

Absatzmarkt	Anteil [%]
Kraftfahrzeuge	41,7
-Spezialöle	25,5
-Hydrauliköle	13,5
-Schmieröle	7,3
-Schmierfette	3,4
-Korrosionsschutzöle	0,7
--Wassermischbare Kühlschmierfette	3,1
--Nichtwassermischbare Kühlschmierfette	4,8
-Metallbearbeitungsöle gesamt	7,9
Industrie und sonstige (gesamt)	58,3

Die prozentualen Anteile schwanken von Jahr zu Jahr etwas. Z. B. betrug der Anteil der Metallbearbeitungsöle 1994 nur 6,5%.

4.34.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Zur Ermittlung der Gesamteinsatzmengen an Schmierstoffen wird die Statistik des Bundesamtes für Wirtschaft (BAW) herangezogen, die über den MWV erhältlich ist. Für 1994 ergaben sich danach in der Bundesrepublik Deutschland die in Tabelle 4.34.2 dargestellten Inlandsabsatzmengen, differenziert nach Einsatzgebieten /MWV96/.

Tabelle 4.34.2: Inlandsabsatz von Schmierstoffen nach Sortengruppen für 1994 bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland/MWV96/

Sortengruppe	Absatzmenge 1994 [1000 t]	Anteil [%]
Motorenöle	419,1	36,4
Turbinenöle	5	0,4
Getriebeöle		
-KFZ	61,7	5,4
-Industrie	22,3	1,9
Sonstige Schmieröle		
-spezialisiert	34,9	3,0
-unspezialisiert	24,4	2,1
Hydrauliköle	154,1	13,4
Metallbearbeitungsöle		
- nicht wassermischbar	47,1	4,1
- wassermischbar	28,4	2,5
Korrosionsschutzmittel	8,9	0,8
Weißöle		
- medizinische	41,2	3,6
- technische	9,2	0,8
Elektroisolieröle	21,9	1,9
Sonstige mineralische Öle für besondere Anwendungszwecke	104,8	9,1
Schmierfette	38	3,3
Helle Weichmacher und Extenderöle	44,8	3,9
Extrakte aus der Schmierölraffination	41,5	3,6
Basisöle	44,1	3,8
Summe	1151,4	100,0

Die Motorenöle und KFZ-Getriebeöle sind dem Bereich KFZ zuzuordnen und sind im Rahmen dieser Studie nicht relevant. Die Metallbearbeitungsöle wurden schon in Abschnitt 4.32 betrachtet. Die verbleibende Absatzmenge von 595 100 t wird der betrachteten Quellgruppe zugeordnet. Entsprechend /VOC90/ wird angenommen, dass ca. 10 % dieser Menge emittiert werden. Damit wurden 1994 bei der Verwendung von Schmierstoffen ca. 59 510 t emittiert. Hierbei handelte es sich vor allem um hochsiedende Substanzen, die auch als Aerosole emittiert werden.

4.34.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

Bei der Verwendung von 595 100 t Schmierstoffe wurden 1994 ca. 59 510 t hochsiedende NMVOC emittiert.

4.34.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung wird die jährliche Statistik des BAW verwendet die über den MWV erhältlich ist. Durch eine 1995 erfolgte Änderung der Nomenklatur in der Produktionsstatistik sind einige Sortengruppen nicht mehr gesondert erfasst. Jedoch lässt sich durch Differenzenbildung der Inlandsabsatz und damit auch die emittierte Menge berechnen. In Tabelle 4.34.3 ist die Methodik der Fortschreibung der Einsatz- und Emissionsmengen bei der Verwendung von Schmierstoffen beschrieben.

Tabelle 4.34.3: Methode zur Ermittlung der Einsatz- und Emissionsmengen im Fortschreibungsjahr

Sortengruppe	Absatzmenge im Fortschreibungsjahr [1000 t]	Emission [t]
Motorenöle	A1	
Getriebe - KFZ	A2	
Metallbearbeitungsöle		
- nicht wassermischbar	A3	
-wassermischbar	A4	
Gesamtabsatzmenge	A5	
Absatzmenge der quellgruppenbezogenen Schmierstoffe	A=A5-A4-A3-A2-A1	E=A*100

Es werden im Fortschreibungsjahr $A \cdot 1\,000$ t Schmierstoffe verbraucht und E t emittiert.

4.34.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Damit ergeben sich für 1996 folgende Einsatzmengen, die /MWV97/ entnommen sind und in Tabelle 4.34.4 dargestellt sind.

Tabelle 4.34.4: Einsatz- und Emissionsmengen bei der Verwendung sonstiger Schmierstoffe für 1996 /MWV97/

Sortengruppe	Absatzmenge 1996 [1000 t]	Emission [t]
Motorenöle	405,5	
Getriebe - KFZ	63,4	
Metallbearbeitungsöle		
-nicht wassermischbar	41,1	
-wassermischbar	27,6	
Gesamtabsatzmenge	1 128,5	
Absatzmenge der quellgruppenbezogenen Schmierstoffe	590,9	59 090

Es wurden 1996 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 590 900 t sonstige Schmierstoffe verwendet. Dabei wurden ca. 59 090 t höher siedende organische Substanzen emittiert.

4.35 Entfernung von Farben und Lacken

4.35.1 Charakterisierung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik wird die Quellgruppe „Entfernung von Farben und Lacken“ dem SNAP94-CODE 60412 mit der Bezeichnung "Other use of solvent and related activities-other" zugeordnet. Die unter diesem SNAP-CODE aufgeführten Quellgruppen sind in CORINAIR 94 in keinem anderen SNAP-CODE aufgeführt.

Entlackt wird vor allem in offenen Anwendungen. Im Do It Yourself-Bereich wird häufig entlackt. Darüber hinaus werden Abbeizmittel von spezialisierten Aluminiumbeschichtern verwendet. Sie entlacken pulverbeschichtete Aluminiumprofile für den Fenster-, Türen- und Fassadenbau. Diese werden zusammen mit den jeweils zugehörigen Stahlgehängen in großen Tauchbecken bei 50 °C-60 °C von Lack befreit. Daneben werden Abbeizmittel auch von Lohnentlackern eingesetzt. Auch metallverarbeitende Autozulieferer setzen Entlackungsagenten ein. Als Abbeizmittel werden Dichlormethan, nichtchlorierte Entlackungsmittel (Standardrezeptur: 30 % N-Methyl-Pyrrolidon, 47 % Ethyldiglykol, 10 % Methylglykol, 10 % Glykol, 3 % KOH), sowie anorganische Entlackungsmittel, denen Glykolether zugemischt sind, verwendet /Öko99a/.

4.35.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Entsprechend Tabelle 4.2.6 (Seite 46) wurden 1994 als Abbeizer 1 831 t Dichlormethan durch Direktverkauf in offene Anwendungen und 664 t über den Handel verkauft. Es wird im Rahmen dieser Studie davon ausgegangen, dass dieser Teil an Entlackungsmitteln vollständig verdampft. Darüber hinaus wurden auch nichtchlorierte organische Entlackungsmittel verwendet. Die Hauptanwender dieser nichtchlorierten Entlackungsmittel sind die Aluminiumbeschichter. Nach /Öko99a/ wurden 1998 ca. 2 000 t zur Entlackung fehlbeschichteter Aluminiumteile eingesetzt. Hiervon wurden nach /Schwarz99/ ca. 370 t emittiert. Zur Entlackung von Stahlteilen und Stahlgehängen wurden ca. 500 t Glykolether in anorganischen Abbeizern verwendet. Hiervon wurden nach /Schwarz99/ ca. 70 t emittiert.

4.35.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden zur Entlackung 2 495 t Dichlormethan eingesetzt und emittiert. Daneben wurden ca. 2 000 t nichtchlorierte organische Entlacker eingesetzt und davon ca. 370 t emittiert. Beim Einsatz anorganischer Entlackungsmittel wurden 500 t Glykolether verwendet und ca. 70 t emittiert. Insgesamt wurden ca. 2935 t NMVOC bei Entlackungsvorgängen emittiert.

4.35.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung wird für die Ermittlung der Einsatz- und Emissionsmenge an Dichlormethan der errechnete Wert $D7$ aus Tabelle 4.2.14 (Seite 53) übernommen. Zur Ermittlung der Einsatzmengen an organischen und anorganischen Entlackern werden die für 1994 ermittelten Zahlen übernommen. Zu diesem Wert wird noch die Menge an nichtchlorierten organischen Entlackern addiert, die als Substitut für Dichlormethan eingesetzt werden. Damit beträgt die Einsatzmenge $M1[t]$ an organischen Entlackern:

$$M1[t]=2000 \text{ t} +(2495\text{t}-D7[t])^{2/3*1/2}$$

Damit ergibt sich eine Emission $E1[t]$ aus Organischen Abbeizern von :

$$E1[t] = M1[t]*0,185$$

In anorganischen Abbeizmitteln wurden $M2$ t Glykolether eingesetzt.

$$M2[t]= 500\text{t}+(2495\text{t}-D7[t])^{2/3*1/2}$$

Emittiert wurde dabei $E2$ [t]:

$$E2[t] = M2[t]*0,14$$

Darüber hinaus wurde noch $E3[t]$ Dichlormethan emittiert.

$$E3[t]=D7[t]$$

4.35.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 wurden 2 205 t Dichlormethan in offene Anwendungen verkauft und kein Dichlormethan über den Handel als Abbeizer verkauft. Damit wurden ca. 2 205 t Dichlormethan emittiert. Die Einsatzmenge an organischen Entlackern betrug 2 098 t. Davon wurden ca. 388 t emittiert. Daneben wurden noch ca. 598 t Glykolether in anorganischen Abbeizern eingesetzt; davon wurden ca. 84 t emittiert. Insgesamt wurden 1996 bei Entlackungsvorgängen ca. 2 677 t NMVOC emittiert.

4.35.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Ein wesentliches Minderungspotential ist sicherlich die Substitution von organischen Abbeizern durch wässrig-alkalische Abbeizer. Daneben ist es sinnvoll, den Einsatz von Dichlormethan in offenen Anwendungen auf Null zu reduzieren. Weitere Minderungspotentiale sind in /Öko99a/ beschrieben. Die EU-VOC-Richtlinie /VOC-Richtlinie99/ gibt für den Bereich der Oberflächenreinigung bzw. sonstigen Oberflächenreinigung die in Tabelle 4.35.1 zusammengestellten Schwellen- und Grenzwerte vor.

Tabelle 4.35.1: Vorgaben der EU-VOC-Richtlinie für die Bereiche Oberflächenreinigung und sonstige Oberflächenreinigung/VOC-Richtlinie99/

Tätigkeit	Schwellenwert [t/a]	Emissionsgrenzwert [mg C/Nm ³]	Grenzwert für diffuse Emissionen (in Prozent der eingesetzten Lösemittel)		Bemerkungen
			Neue Anlagen	Bestehende Anlagen	
Oberflächenreinigung (>1 t)	1-5 5	20 20		15 10	Der Emissionsgrenzwert bezieht sich auf die Masse der Verbindungen in mg/Nm ³ und nicht auf den gesamten Kohlenstoffgehalt
Sonstige Oberflächenreinigung (>2t)	2-10 >10	75 75		20 15	Anlagen, bei denen gegenüber der zuständigen Behörde nachgewiesen wurde, dass der durchschnittliche Gehalt aller verwendeten Reinigungsmittel an organischen Lösemitteln 30 Gewichtsprozent nicht übersteigt, sind von der Anwendung dieser Werte ausgenommen

4.36 Betonzusatzmittel

4.36.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik wird die Quellgruppe „Betonzusatzmittel (\"Concrete Additives\") dem SNAP94-CODE 60412 mit der Bezeichnung \"Other use of solvent and related activities-other\" zugeordnet. Die unter diesem SNAP-CODE aufgeführten Quellgruppen sind in CORINAIR 94 in keinem anderen SNAP-CODE aufgeführt. Der Quellgruppe werden in unserer Untersuchung die Anwendung von Betonzusatzmitteln, Betontrennmitteln, Entschäumern, Wasserrückhaltemitteln sowie Epoxidharzen und -dispersionen, bitumenhaltige Anstrichmittel, Spachteln und Vergussmassen auf Bitumenbasis und auf Kunststoffbasis sowie Fugendichtungsmassen auf Kunststoffbasis zugeordnet. Im Folgenden werden die VOC-emissionsrelevanten Agenzien /Betonzusatz99/, /Mörtel98/, /Betontrenn96/ kurz beschrieben:

Hilfsstoffe und Additive in Betonverflüssigern und Fließmittel

In dieser Gruppe werden die Konservierungsmittel als VOC-emissionsrelevant betrachtet, die Formaldehyd, Formaldehyd abspaltende phenolische Verbindungen und Isothiazolinon-Zubereitungen beinhalten. Konservierungsmittel werden als temporärer Schutz

beigemengt. Hauptsächlich werden Formaldehyd absplaltende Verbindungen verwendet. Die Einsatzkonzentrationen betragen etwa 0,1 % bezogen auf die Masse des zu konservierenden Produktes.

Betonzusatzmittel

Epoxidharze und Epoxidharzdispersionen

ECC-Mörtel (Epoxi-Cement-Concrete) werden meist mit 3-5 % Epoxidharzen und 3-5 % aliphatischen Aminen bezogen auf die Menge Endprodukt formuliert. Bei ECC-Mörteln bildet Epoxidharz zusammen mit Zement das Bindemittel. Die Modifizierung mit Epoxidharz verbessert die Beständigkeit gegen verschiedene äußere Einflüsse, denen Beton ausgesetzt ist. Bei Epoxidharzdispersionen werden die Epoxidharze unter Zuhilfenahme von Tensiden und Alkoholen in Wasser dispergiert. In Fachkreisen werden Epoxidharze und -dispersionen aufgrund ihrer relativ großen Zugabemenge als "Betonzusatzstoffe" bezeichnet statt "Betonzusatzmittel" /Schröter99/.

Entschäumer

Hier sind die eingesetzten Mineralöle und Tributylphosphate VOC-emissionsrelevant. Entschäumer wirken schaumzerstörend, regulieren den Luftporengehalt und beeinflussen den Verlauf von Beschichtungen. Die Tributylphosphate sind deshalb emissionsrelevant, weil sie bei der Verwendung zu Phosphorsäure und n-Butanol hydrolysieren. /Mörtel98/

Hydrophobierungsmittel

Nach Angaben der Deutschen Bauchemie e.V. /Schröter99/ sind die als Zusatzmittel eingesetzten hydrophobierenden Dichtungsmittel lösemittelfrei. Allerdings spalten die eingesetzten Silane und Siloxane /Schröter99/ Alkohole ab. Davon zu unterscheiden sind Imprägniermittel, die nachträglich auf den Beton aufgebracht werden. Diese enthalten in der Regel Lösemittel. Pflanzliche und tierische Fette und Öle sind hier bedingt als VOC-emissionsrelevant zu betrachten, da es sich um hochsiedende flüchtige organische Verbindungen handelt. Die langkettigen Fettsäuren Öl- und Stearinsäure werden nur selten als freie Säure sondern meist als Salze verwendet. Als Lösemittel werden aromatenhaltige Testbenzine, aromatenfreie Kohlenwasserstoffe, synthetische Isoparaffine sowie Alkohole (Ethanol und Isopropanol) verwendet. Hydrophobierungsmittel verhindern, dass mineralische Mörtelsysteme durch Schlagregen oder aufsteigende Feuchtigkeit durchnässt werden.

Betonzusatzmittel werden unter der GP89-Meldenummer 4942 12 ausgewiesen. Die Außenhandelsstatistik berücksichtigt sie unter der WA-Meldenummer 3823 40 00 (zubereitete Zement- Mörtel- und Betonadditive). Nach /Reul91/ wird ein mittlerer VOC-Anteil von 0,133 % angenommen.

Betontrennmittel

Basisrohstoffe für Betontrennmittel sind naphthenische bzw. paraffinische Mineralöle. Es werden aromatenhaltige Öle und aromatenfreie Weißöle eingesetzt. An natürlichen Stoffen werden Rapsöle, Sonnenblumenöle oder Kokosöle bzw. deren Ester (meist Methyl-ester) verwendet. Daneben werden Lösemittel eingesetzt, hier vor allem aliphatische Kohlenwasserstoffe. Der Aromatengehalt der eingesetzten Testbenzine kann bis zu 25 Volumenprozent betragen. Zunehmend werden weitgehend entaromatisierte Testbenzine verwendet. Darüber hinaus werden mit einem geschätzten Anteil von ca. 10 % wässrige Betontrennmittel verwendet. Es wird angenommen, dass die lösemittelhaltigen Betontrennmittel zu ca. 80-90 % in die Atmosphäre entweichen /Schröter99/. Betontrennmittel werden auch als Entschalungsmittel bezeichnet. Entschalungsmittel sind in der Produktionsstatistik unter der GP89-Meldenummer 4942 14 (Entschalungsmittel), in der Außenhandelsstatistik unter der Meldenummer WA-Meldenummer 3403 9910 (andere zubereitete Schmiermittel für Maschinen usw.) und 3403 99 90 (andere zubereitete Schmiermittel usw.) zu finden. Aus der Außenhandelsstatistik lassen sich somit keine Mengen abschätzen. Es wird ein Außenhandelsanteil von ca. 10 % bezogen auf die Produktionsmenge abgeschätzt.

Bitumenhaltige Anstrichmittel

Bitumenhaltige Anstrichmittel /Stoye93/ bestehen im Allgemeinen aus hochsiedenden Ölen, in den Asphaltteilchen dispers gelöst sind. Daneben enthalten sie verschiedene Benzinfraktionen und aromatische Kohlenwasserstoffe (Siedebereich ca. 130 °C-200 °C). Der VOC-Gehalt wird mit 50 % angenommen. Aufgrund ihrer Resistenz gegenüber Säuren, Laugen, salzhaltigen Lösungen und Wasser werden bitumenhaltige Anstrichmittel vor allem im Bautenschutz zur Bauwerksabdichtung verwendet. Nach Angaben der Deutschen Bauchemie e.V. /Schröter99/ beträgt im Bereich Bauwerksabdichtung, der auch Abdichtungsarbeiten mit lösemittelhaltigen Spritzbitumina umfasst, der Anteil lösemittelfreier Bitumenemulsionen ca. 75%. In der Produktionsstatistik sind sie unter GP89-Meldenummer 4942 17 (Bitumenhaltige Anstrichmittel) sowie in der Außenhandelsstatistik unter der WA-Nummer 2715 00 00 (Bitumen Mischung Grundlage Naturasphalt usw.) zu finden.

Spachtel und Vergussmassen auf Bitumenbasis

Produkte dieser Gruppe enthalten etwa 20 % Lösemittel, die vollständig emittiert werden. In der Produktionsstatistik sind bitumenhaltige Spachtel- und Vergussmassen unter der GP89-Meldenummer 4942 23 zu finden. In der Außenhandelsstatistik sind diese Produkte unter der WA-Nummer 3214 10 10 (Kitte) zu finden.

Spachtel und Vergussmassen sowie Fugendichtungsmassen auf Kunststoffbasis

Dichtungsmassen werden meist vor der Anwendung aus 2 Komponenten gemischt und härten anschließend aus. Es werden sehr unterschiedliche Rezepturen verwendet. Die Lösemittelgehalte variieren zwischen 0 % und 25 %. Nach Informationen zweier Produzenten /Eisele98b/ werden hauptsächlich folgende Dichtungsmassen verwendet:

- Silikondichtmassen, die nahezu lösemittelfrei sind, jedoch zu ca. 4 % Essigsäure abspalten /Schröter99/
- Dichtungsmassen auf Butylbasis, die ca. 20-25 % Lösemittel enthalten
- Dichtungsmassen auf Acrylatbasis mit ca. 10-25 % Lösemittelgehalt
- Kunsthartzitte, deren Komponenten in Styrol gelöst eingesetzt werden. Hierbei ist Styrol Reaktionskomponente
- andere Kunsthartzitte mit einem Lösemittelanteil von ca. 5-10 %

Nach Einschätzung der Hersteller werden ca. 25 % lösemittelhaltige Dichtungsmassen verwendet. Im Mittel wird ein Lösemittelgehalt von ca. 10 % abgeschätzt. Somit wird bezogen auf die insgesamt verwendeten Dichtungsmassen ein Lösemittelanteil von ca. 2,5 % angenommen. Nach Angaben der deutschen Bauchemie sind 90 % aller Dichtmassen auf Acrylatbasis lösemittelfrei /Schröter99/. In der Produktionsstatistik ist diese Produktgruppe unter den GP89-Meldenummern 4942 25 (Spachtel- und Vergussmassen auf Kunststoffbasis), 4942 21 (Fugendichtungsmassen auf Kunststoffbasis), 4679 10 (Glaser- u. ä. Kitte) erfasst. Die Außenhandelsstatistik berücksichtigt sie unter der WA- Nummer 3214 10 10 (Kitte).

4.36.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Die Inlandsverbrauchsmengen an lösemittelhaltigen "Concrete Additives" werden anhand der Produktions- und Außenhandelsstatistik ermittelt. Die entsprechenden GP-89-Meldenummern und WA94-Meldenummern sind in Kapitel 4.36.1. angegeben. Die dazugehörigen Produktions- und Außenhandelsmengen sowie die daraus resultierenden Inlandsverbräuche sind Tabelle 4.36.1 zu entnehmen. Die jeweiligen Inlandsverbräuche ergeben sich aus der Produktionsmenge plus Importmenge minus Exportmenge.

Tabelle 4.36.1: Inlandsverbräuche an lösemittelhaltigen "Concrete Additives"
/StaBuA94a/, /StaBuA94b/

"Concrete Additives"	GP89- Meldenummer	WA94-Meldenummer	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch [t]
Betonzusatzmittel	4942 12	3823 40 00	226 217	16 934	29 301	213 850
Betontrennmittel ¹	4942 14	3403 99 10 3403 99 90	7 781	k.A.	k.A.	21 000 t
Bitumenhaltige Anstrichmittel	4942 17	2715 00 10	85 936	68 351	24 296	129 991
Spachtel- und Vergussmassen auf Bitumenbasis	4942 23	3214 10 10	23 445	2 369	8 387	17 427 (Außenhandel wurde gewichtet berücksichtigt)
Spachtel- und Vergussmassen sowie Fugendichtungsmassen auf Kunststoffbasis	4942 21 4942 25 4679 10	3214 10 10	67 903 32 601 5 706	10 790	38 206	78 794
Summen			449 589			461 062

¹ Nach Angaben der deutschen Bauchemie /Schröter99/ dürfte der Inlandsverbrauch an Betontrennmitteln von 7 000 t/a viel zu klein sein, da wahrscheinlich die Mengen die direkt von der Mineralindustrie geliefert werden, nicht erfasst sind. Im Folgenden wird die dreifache Menge angenommen

Die Inlandsverbrauchsmenge an lösemittelhaltigen "Concrete Additives" betrug somit 1994 in der Bundesrepublik Deutschland 461 062 t. Dazu müssen noch die direkt von der Mineralölindustrie gelieferten Mengen an Betontrennmitteln gerechnet werden, die nicht quantifizierbar sind. Die mittleren NMVOC-Gehalte sich aus den in Abschnitt 4.35.1 enthaltenen Angaben über Lösemittelgehalte der einzelnen Produktgruppen. Es wird davon ausgegangen, dass die eingesetzten NMVOC teilweise zeitverzögert vollständig emittiert werden. Die aus diesen Angaben resultierenden Emissionen sind in Tabelle 4.36.2 aufgeführt.

Tabelle 4.36.2: Ermittlung der VOC-Emissionen aus der Verwendung lösemittelhaltiger "Concrete Additives"

Concrete Additive	Inlandsverbrauch [t]	Mittlerer NMVOC-Gehalt [%]	Emission [t]
Betonzusatzmittel	213 850	0,133	284
Betontrennmittel	21 000	85	17 850
Bitumenhaltige Anstrichmittel	12 9991	12,5	16 249
Spachtel- und Vergussmassen auf Bitumenbasis	17 427	20	3 480
Spachtel- und Vergussmassen sowie Fugendichtungsmassen auf Kunststoffbasis	78 794	2,5	1 971
Summen	461 062		39 834

4.36.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 461 062 t "Concrete Additives" verwendet. Dabei sind Betonzusatzmittel, Entschalungsmittel, bitumenhaltige Anstrichmittel, Spachtel- und Vergussmassen auf Bitumenbasis, Spachtel- und Vergussmassen sowie Fugendichtungsmassen auf Kunststoffbasis berücksichtigt. Es wurden bei der Anwendung dieser Produkte 39 834 t flüchtige organische Verbindungen emittiert.

4.36.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung wird die Produktions- und Außenhandelsstatistik des Bezugsjahres herangezogen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Produktionsstatistik zwischenzeitlich von der GP89- auf die GP95-Systematik umgestellt wurde. In Tabelle 4.36.3 ist die Zuordnung von GP89- zu GP95-Meldenummern dargestellt.

Tabelle 4.36.3: Zuordnung der GP95-Meldenummern zu GP89-Meldenummern und entsprechenden WA-Meldenummern für "Concrete Additives"/StaBuA95/

GP89-Meldenummer	GP95-Meldenummer	Benennung	WA-Meldenummer
4942 12	2466 47 500	Zubereitete Additive für Zement, Mörtel oder Beton	3824 40 00 (WA94: 3823 40 00)
4942 14	2466 31 790	Andere zubereitete Schmiermittel für Maschinen, Apparate, Fahrzeuge u.a.	3403 99 10 3403 99 90
4942 17	2682 13 000	Bituminöse Mischungen auf der Grundlage von Naturasphalt, Naturbitumen u. ä. (z. B. Asphaltmastix, Verschnittbitumen)	2715 00 10 (WA94: 2715 00 00)
4942 21 4942 23 4942 25 4679 10	2430 22 530	Kitte (z. B. Hartzement, Glaserkitt)	3214 10 10

Der Inlandsverbrauch an lösemittelhaltigen "Concrete Additives" bzw. die daraus resultierende VOC-Emission kann dann anhand von Tabelle 4.36.4 ermittelt werden.

Tabelle 4.36.4: Ermittlung der Inlandsverbräuche bzw. der daraus resultierenden Emissionen aus "Concrete Additives" im Fortschreibungsjahr

GP95-Melde- nummer	WA-Meldenummer	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
2466 47 500	3824 40 00 (WA94:3823 40 00)	P1	I1	A1	$V1=P1+I1-A1$	0,133	$E1=V1*0,00133$
2466 31 790	3403 99 10 3403 99 90	P2	wird zur Berechnung nicht benötigt		$V2=P2*1,1^a$	85	$E2=V2*0,85$
2682 13 000	2715 00 10	P3	I3	A3	$V3=P3+I3-A3^b(a)$	12,5	$E3=V3*0,125$
2430 22 530	3214 10 10	P4	I4	A4	$V4=P4+I4-A4$	6,0	$E4=V4*0,06$
Summe					$V=V1+V2+V3+V4$		$E=E1+E2+E3+E4$

- a. 1994 betrug die Verbrauchsmenge 270 % der Produktionsmenge. Aufgrund der Umstellung der Produktionsstatistik von GP89 auf GP95 wurde für die Fortschreibung von uns ein Faktor von 110 % abgeschätzt
- b. Da die GP95-Meldenummer und die WA-Meldenummer neben den bitumenhaltigen Anstrichstoffen auch noch viele andere bitumenhaltige Erzeugnisse umfasst, wird hier angenommen, dass die bitumenhaltigen Anstrichstoffe sowohl beim Außenhandel als auch bezüglich der Produktion einen Anteil von ca. 10 % haben.

4.36.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Für 1996 ergeben sich die in Tabelle 4.37.5 dargestellten Inlandsverbräuche und Emissionen

Tabelle 4.36.5: Ermittlung der Inlandsverbräuche an "Concrete Additives" und der daraus resultierenden VOC-Emissionen für das Bezugsjahr 1996/StaBuA96a//StaBuA96b/

GP95-Melde- nummer	WA-Melde- nummer	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauch [t]	Lösemittelgehalt [%]	Emission [t]
2466 47 500	3824 40 00	241 060	25 951	33 821	233 190	0,133	310
2466 31 790	3403 99 10 3403 99 90	18 646			20 511	85	17 434
2682 13 000	2715 00 10	12 640 000	19 703	21 424	126 228	12,5	15 778
2430 22 530	3214 10 10	68 051	17 956	53 954	32 053	6	1 923
Summe					411 982		35 446

1996 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 411 982 t "Concrete Additives" im Inland verbraucht. Dabei wurden 35 446 t NMVOC emittiert.

4.36.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Nach Angaben der Deutschen Bauchemie e. V. /Schröter99/ sind bei der Anwendung lösemittelhaltiger Imprägniermittel Minderungspotentiale vorhanden, da immer mehr wasser verdünnbare oder wasserbasierte Imprägniermittel verwendet werden. Darüber hinaus konnten im Rahmen dieser Studie keine weiteren Erkenntnisse zu Minderungspotentialen für den Bereich der Anwendung von "Concrete Additives" gewonnen werden.

4.37 Flugzeugenteisung und sonstige Enteisung

4.37.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik wird diese Quellgruppe dem SNAP94-CODE 60412 mit der Bezeichnung "Other use of solvent and related activities-other" zugeordnet. Die unter diesem SNAP-CODE aufgeführten Quellgruppen sind in CORINAIR 94 in keinem anderen SNAP-CODE mitefassen. Diese Quellgruppe umfasst sowohl die Enteisung der Flugzeuge selber als auch die Enteisung der Betriebsflächen. Darüber hinaus werden hier Mittel betrachtet, die der Enteisung von Schiffen, Stromsträngen, Bahnsteigen, Brücken, Übergängen, Druckluftanlagen und großen Flächen dienen /Kilfrost00/. Bis 1995 wurden Enteisungsmittel nicht explizit in der Produktionsstatistik ausgewiesen, sondern fielen unter die GP89-Meldenummer 49 99 91 (sonstige chemische Erzeugnisse). In der Außenhandelsstatistik sind sie ein Teil der WA94-Meldenummer 38 20 00 00 (zubereitete Gefrierschutz- bzw. Enteisungsmittel). In Deutschland wird die Flugzeugenteisung an den meisten Großflughäfen von einem Unternehmen durchgeführt. An manchen deutschen Großflughäfen wird die Enteisung auch noch von anderen Gesellschaften durchgeführt. In Berlin führt die Enteisung ein ortsansässiges Berliner Unternehmen an allen drei Großflughäfen (Schönefeld, Tegel und Tempelhof) durch. In München wird die Enteisung seit 1994/95 ebenfalls von einer ortsansässigen Firma durchgeführt. Über die sonstige Enteisung fehlen für das Bezugsjahr 1994 Informationen. Dies liegt vor allem an den vielfältigen Einsatzbereichen. Die deutschen Flughäfen werden im Wesentlichen von zwei großen Produzenten von Enteisungsmitteln beliefert. Es werden nach der ISO-NORM 11076 zwei Flüssigkeitsgemische, ISO-Typ I bzw. ISO-Typ II, zur Enteisung verwendet. Diesen beiden Gemische zeichnen sich in ihrer Wirkung vor allem durch unterschiedlich lange Vorhaltezeiten aus. Sie werden mit warmem Wasser ($T=60\text{ °C}$) in unterschiedlichem Verhältnis gemischt. ISO-Typ I-Enteisungsmittel sind Glykol/Wasser-Gemische mit einem Glykolanteil von mindestens 80 %, die der Akutenteisung dienen /Anspach95/, während ISO-Typ II-Gemische einen Glykolanteil von mindestens 50 % besitzen, daneben aber noch sogenannte Stützgele beinhalten, die durch eine längere Vorhaltezeit einen Schutz vor baldiger Wiedervereisung bieten. Dementsprechend werden ISO-Typ II-Mittel vor allem zur Präventiventeisung eingesetzt. Auf manchen Flughäfen wird stationär enteist, indem das zu enteisende Flugzeug vor dem Start durch eine stationäre Anlage fährt, in der es gemäß ISO 11 076 enteist wird. Häufig wird auch mit mobilen Enteisungsanlagen enteist. Enteisungen werden im allgemeinen ab einer Außentemperatur von weniger als 5 °C durchgeführt. Die typische Enteisungssaison ist von Oktober bis März. Gelegentlich kann auch in den Sommermonaten eine Enteisung nötig sein. Dies ist dann der Fall, wenn ein Flugzeug mit einer hohen Sinkgeschwindigkeit gelandet ist, dabei stark abgekühlt ist und nach kurzer Zeit wieder starten will.

4.37.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Die Inlandsverbrauchsmenge an Enteisungsmitteln für 1994 ist aufgrund der in Kapitel 4.37.1 beschriebenen Zuordnung in der Produktionsstatistik nicht möglich. Deshalb wurden alle deutschen Großflughäfen sowie die für die Enteisung zuständigen Unternehmen über den Verbrauch an Enteisungsmitteln für die Enteisung von Flugzeugen befragt. Darüberhinaus wurden Informationen der Arbeitsgemeinschaft deutscher Verkehrsflughäfen (ADV) über die Enteisung der Betriebsflächen an Flughäfen verwendet. Der Glykolanteil der verwendeten Enteisungsmittel wurde im Mittel mit 70 % angenommen. Für die Flughäfen Dresden, Schönefeld, Tegel und Tempelhof wurde das Enteisungsmittel angegeben. Der Wasseranteil dieses speziellen Enteisungsmittels beträgt ca. 50 %. Deshalb wird der Glykolanteil in Tabelle 4.37.1 mit 50 % angenommen. Für den Flughafen Düsseldorf wurde die eingesetzte Menge an Glykolen angegeben. Der Flughafen München setzt Enteisungsmittel mit einem Glykolanteil von ca. 55 % ein.

Tabelle 4.37.1: Einsatzmenge von Enteisungsmitteln für Flugzeuge in den Saisons 1993/94 und 1994/1995 /Loss96/

Flughafen	Glykolanteil [%]	Einsatzmenge 1993/94 [m ³]	Einsatzmenge 1994/95 [m ³]	Mittlere Einsatzmenge [m ³]	Mittlere Einsatzmenge an Glykol [m ³]
Bremen	70	50	60	55	39
Köln/Bonn ¹⁾	70	84	165	124,5	87
Dresden ²⁾	50	48	72	60	30
Frankfurt	70	790	790	790	553
Hannover	70	215	168	191,5	134
Hamburg	70	350	273	311,5	218
Leipzig	70	65	49	57	39,9
München ³⁾	55	2 340	2 022	2 181	1 200
Nürnberg	70	75	114	94,5	66,15
Stuttgart	70	175	275	225	158
Düsseldorf ⁴⁾	100	134	282	208	208
Berlin ⁵⁾	50	466	450	458	229
Summe		4 792	4 720	4 756	2 743

1 Auf dem Flughafen Köln/Bonn wird hauptsächlich durch die Lufthansa AG enteist. Daneben wird jedoch auch noch von anderen Firmen enteist. Dieser Anteil wurde mit 50% bezüglich der von der Lufthansa AG eingesetzten Menge angenommen.

2) Laut pers. Mitt. von Herrn Schwertfeger, Flughafen Dresden GmbH

3) seit 1994/95 wird durch die EFM enteist. Die Menge für 1994/95 entstammt einer pers. Mitteilung von Frau Weber (EFM), die Menge für 1993/94 einer pers. Mitteilung von Herrn Püschner

4) pers. Mitteilung von Herrn Deleschek (Flughafen Düsseldorf): Diese Angabe entspricht der reinen Menge an eingesetztem Glykol.

5) pers. Mitteilung von Herrn Schatz (BLAS)

Wenn die Dichte von Glykol mit ca. 1,2 kg/l angenommen wird, so wurden 1994 auf den deutschen Großflughäfen ca. 3 300 t Glykole zur Enteisung der Flugzeuge verwendet. Am Flughafen München wird /Anspach95/ das Enteisungsmittel recycled. Nach Angaben

der Betreiber wird eine Recyclingquote von etwa 50 % erreicht. Weiterhin bleiben 16-20 % des Enteisungsmittels am Flugzeug haften. Darüber hinaus werden noch Enteisungsmittel zur Betriebsflächenenteisung verwendet. Wir erhielten von der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen Angaben über die zur Betriebsflächenenteisung eingesetzten Mengen an Enteisungsmitteln für die Saison (1997/98). Die eingesetzte Menge für 1994 wurde anhand des Verhältnisses der Inlandsverbräuche an Enteisungsmitteln für 1994 und 1998 ermittelt.

Tabelle 4.37.2: Einsatzmenge von Enteisungsmitteln zur Betriebsflächenenteisung auf deutschen Flughäfen /ADV99/

Mittel	1997/98		Einsatz 1994	Wirkstoffgehalt	Emission 1994
	Volumen [m ³]	Masse [t]	Masse [t]	[%]	[t]
Safeway KA	115	115	155	50	31
Clearway	1 230	1 230	1 658	50	332
Propylenglykol	986	1 183	1 595	100	638
Monoethylenglykol	88	106	143	100	57
Isopropanol	87	70	94	100	38
Summe	2 506	2 704	3 645		1 096

Ein weiterer wichtiger Indikator zur Abschätzung der Menge an eingesetzten und emittierten Mengen an Flugzeugenteisungsmitteln ist die Zahl der gewerblichen Flugbewegungen auf den größeren deutschen Flughäfen.

Tabelle 4.37.3: Zahl der gewerblichen Flugbewegungen an deutschen Flughäfen in Jahren 1993-1997 /Jahrbuch98/

	1993	1994	1995	1996	1997
	[1000]	[1000]	[1000]	[1000]	[1000]
Stuttgart	50	49	48	51,5	55
München	90	95	100	113,5	127
Nürnberg	25	26,5	28	29,5	31
B-Tegel	45	50,5	56	57,5	59
B-Tempelhof	25	20,5	16	18,5	21
B-Schoenefeld	15	15,5	16	15,5	15
Bremen	20	19,5	19	18,5	18
Hamburg	58	59	60	61,5	63
Frankfurt	168	176,5	185	189	193
Hannover	37	36	35	36,5	38
Düsseldorf	76	80,5	85	85,5	86
Köln/ Bonn	53	56	59	63,5	68
Muenster	10	12,5	15	15	15
Saarbrücken.	7	7	7	7	7
Dresden	15	16,5	18	17,5	17
Leipzig	18	20	22	21	20
Erfurt	6	5,5	5	5	5
Sonstige Flugplätze	518	524,5	531	531	531
Summe	1 236	1 270,5	1 305	1 337	1 369

Der Gesamtinlandsverbrauch an Enteisungsmitteln kann mit Hilfe der Produktions- und Außenhandelsstatistik ermittelt werden. Da die Produktionsmenge an Enteisungsmitteln aus oben genannten Gründen nicht ermittelbar ist, werden zunächst die Inlandsverbräuche für 1995, 1996 und 1998 ermittelt.

Tabelle 4.37.4: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Enteisungsmitteln für 1996 /StaBuA96a/, /StaBuA96b/

Bezeichnung	GP95-Meldenummer	WA 96-Meldenummer	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauchsanteil [%]	Inlandsverbrauch [t]
Gefrierschutzmittel	2466 33 550	38200000	87 102	44 029	50 201	94,8	82 541
Flüssigkeiten zum Enteisen	2466 33 570		30 749			94,8	29 139

Tabelle 4.37.5: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Enteisungsmitteln für 1995 /StaBuA96a/, /StaBuA96b/

Bezeichnung	GP95-Meldenummer	WA 96-Meldenummer	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauchsanteil [%]	Inlandsverbrauch [t]
Gefrierschutzmittel	2466 33 550	38200000	80 123	38 261	47 112	91,5	73 291
Flüssigkeiten zum Enteisen	2466 33 570		23 675			91,5	21 656

Tabelle 4.37.6: Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Enteisungsmitteln für 1998 /StaBuA98a/, /StaBuA98b/

Bezeichnung	GP95-Meldenummer	WA 96-Meldenummer	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauchsanteil [%]	Inlandsverbrauch [t]
Gefrierschutzmittel	2466 33 550	38200000	129 423	23 745	62 848	74,1	95 917
Flüssigkeiten zum Enteisen	2466 33 570		21 619			74,1	16 022

Für 1994 gibt die Außenhandelsstatistik für die WA 94-Meldenummer 38 20 00 00 folgende Import- und Exportmengen an:

Import: 37 640 t

Export: 42 002 t

Diese Mengen entsprechen ungefähr den Export- und Importmengen für 1995. Damit kann für 1994 ein Inlandsverbrauch von ca. 21 600 t Enteisungsmittel angenommen werden. Die vorliegenden Informationen für die Jahre 1994-1998 sind in Tabelle 4.37.7 zusammengefasst. Im Mittel wird ein Glykol- bzw. Alkoholanteil von ca. 65,2 % angenommen. Dies ergibt sich als mittlerer Wert aus den vorliegenden Informationen für Flugzeugenteisungsmittel und Mitteln zur Betriebsflächenenteisung.

Tabelle 4.37.7: Zusammenfassung der zur Flugzeugenteisung vorliegenden Informationen für die Jahre 1994-1998

	1994	1995	1996	1998
Inlandsverbrauch [t]	21 600	21 656	29 139	16 022
Zahl der Flugbewegungen	1 271 000	1 305 000	1 337 000	1 369 000
Einsatzmenge zur Flugzeugenteisung [m ³]	4 758	4 768	6 416	3 525
Anteil am Inlandsverbrauch	22,02%	22,02%	22,02%	22,02%
Bei der Flugzeugenteisung eingesetzte Menge an Glykol (ca. 58%) [t]	2 758	2 766	3 721	2 044
Einsatzmenge zur Betriebsflächenenteisung [t]	3 645	3 654	4 917	2 704
Anteil am Inlandsverbrauch	16,88 %	16,88 %	16,88 %	16,88 %
Bei der Betriebsflächenenteisung eingesetzte VOC-Menge (ca. 75%) [t]	2 734	2 741	3 688	2 028
Einsatzmenge zur sonstigen Enteisung [t]	13 199	13 233	17 806	9 790
Gesamteinsatzmenge Glykole bzw. Alkohole [t] (bezogen auf 65,2 % Glykolanteil im Enteisungsmittel)	14 083	14 120	18 999	10 446
Emissionsmenge an Glykolen bzw. Alkoholen [t] (Emissionsfaktor ca. 40 % des eingesetzten Glykols) ¹	5 633	5 648	7 599	4 179

¹ eigene Abschätzung

4.37.3 der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland insgesamt 21 600 t Enteisungsmittel eingesetzt. Davon wurden 4 758 t zur Flugzeugenteisung auf überregionalen Flughäfen und 3 645 t zur Betriebsflächenenteisung auf Flughäfen eingesetzt. Zur sonstigen Enteisung wurden 13 199 t eingesetzt. Es wurden ca. 1 103 t Glykolderivate bei der Flugzeugenteisung, ca. 1 094 t Glykolderivate und Alkohole bei der Betriebsflächenenteisung auf Flughäfen sowie ca. 3 436 t bei der sonstigen Enteisung emittiert. Die sonstige Enteisung schließt die Enteisung auf regionalen Flughäfen ein. Insgesamt wurden 1994 in Deutschland bei Enteisungsvorgängen ca. 5 633 t Glykolderivate und Alkohole emittiert.

4.37.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung des Inlandsverbrauchs an Enteisungsmitteln bzw. der daraus resultierenden Emission an Glykolen für die folgenden Bezugsjahre sind die Daten aus der Produktions- und Außenhandelsstatistik des statistischen Bundesamtes geeignet. Enteisungsmittel sind in der Produktionsstatistik unter der GP95-Meldenummer 2466 33 570 sowie in der Warenaußenhandelsstatistik unter der WA94 Meldenummer 3820 00 00 berücksichtigt. Allerdings ist die WA-Meldenummer auch der GP95-Meldenummer 2466 33 550 (Gefrierschutzmittel) zugeordnet. Die Menge des Inlandsverbrauchs wird deshalb berechnet, indem die Außenhandelsmenge anteilig der entsprechenden Produktionsmenge zugeordnet wird. Die Methode ist in Tabelle 4.37.8 beschrieben.

Tabelle 4.37.8: Methode zur Berechnung des Inlandsverbrauchs an Enteisungsmitteln im Fortschreibungsjahr

Bezeichnung	GP95-Meldenummer	WA 96-Meldenummer	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Inlandsverbrauchsanteil [%]	Inlandsverbrauch [t]
Gefrierschutzmittel	2466 33 550	3820 00 00	P1	E	A	T	$V1=P1*T/100$
Flüssigkeiten zum Enteisen	2466 33 570		P2			T	$V2=P2*T/100$
Summe			P=P1+P2	E	A	T=V/P*100	V=P+E-A

Mit Hilfe des Inlandsverbrauchs an Enteisungsmitteln im Fortschreibungsjahr lassen sich die anderen Mengen ermitteln, die in Tabelle 4.37.7 berechnet wurden. Die Berechnungsmethode ist in Tabelle 4.37.9 beschrieben.

Tabelle 4.37.9: Methode zur Berechnung der Einsatzmengen und Emissionen bei der Anwendung von Enteisungsmitteln

Inlandsverbrauch [t]	V[t]
Einsatzmenge zur Flugzeugenteisung [t]	$F[t]=V[t]*0,2202$
Anteil am Inlandsverbrauch	22,02 %
Bei der Flugzeugenteisung eingesetzte Menge an Glykol (ca. 58 %) [t]	$G[t]=F[t]*0,58$
Einsatzmenge zur Betriebsflächenenteisung [t]	$B[t]=V[t]*0,1688$
Anteil am Inlandsverbrauch	16,88 %
Bei der Betriebsflächenenteisung eingesetzte VOC-Menge (ca. 75%) [t]	$C[t]=B[t]*0,75$
Einsatzmenge zur sonstigen Enteisung [t]	$S[t]=V[t]-F[t]-B[t]$
Gesamteinsatzmenge Glykole bzw. Alkohole [t] (bezogen auf 65,2 % Glykolanteil im Enteisungsmittel)	$D[t]=V[t]*0,652$
Emissionsmenge an Glykolen bzw. Alkoholen [t] (Emissionsfaktor ca. 40 % des eingesetzten Glykols)	$H[t]=D[t]*0,4$

Die Emissionsmenge H[t] teilt sich folgendermaßen auf:

Emission aus der Flugzeugenteisung: $K[t]=G[t]*0,4$

Emission aus der Betriebsflächenenteisung: $L[t]=C[t]*0,4$

Emission aus der sonstigen Enteisung: $M[t]=S[t]*0,652*0,4$

4.37.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 wurden in Deutschland ca. 29 139 t Enteisungsmittel eingesetzt. Davon wurden ca. 6 416 t zur Flugzeugenteisung, 4 917 t zur Betriebsflächenenteisung und ca. 17 806 t zur sonstigen Enteisung eingesetzt. Bei der Flugzeugenteisung wurden ca. 1 488 t Glykole und Alkohole emittiert, bei der Betriebsflächenenteisung ca. 1 475 t und bei der sonstigen Enteisung ca. 4 636 t.

4.37.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Über Minderungspotentiale konnten im Rahmen dieser Untersuchung keine Erkenntnisse gewonnen werden. Es gibt an manchen Flughäfen Versuche zum Recycling von Enteisungsmitteln. Dabei handelt es allerdings bisher im Wesentlichen um Experimente.

4.38 Anwendung von Treibgasen

4.38.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik wird diese Quellgruppe dem SNAP94-CODE 60412 mit der Bezeichnung "Other use of solvent and related activities-other" zugeordnet. Die unter diesem SNAP-CODE aufgeführten Quellgruppen sind in CORINAIR 94 in keinem anderen SNAP-CODE miterfasst. Treibgase werden in sogenannten Aerosolsprays eingesetzt. In folgenden Bereichen werden Aerosolsprays verwendet /IGA96/:

- Haarpflege
- Körperspray
- Andere Körperpflege
- Insektensprays
- Raumsprays
- Schuh- und Lederpflege
- Haushalt
- Farben
- Auto und Technik
- Pharma
- sonstige

Einige dieser Bereiche sind bereits im Rahmen anderer Quellsektoren berücksichtigt worden. Hierbei handelt es sich um die folgenden Anwendungsbereiche:

- Haar - und Körperpflege (60408)
- Pharma (60411)
- Haushalt (60408)
- Insektensprays (60408)
- Raumsprays (60408)
- Schuh- und Lederpflege (60408)

4.38.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Zur Ermittlung der Einsatz- und Emissionsmengen an Treibgasen wird die verbandsinterne Statistik der Industriegemeinschaft Aerosole e.V. /IGA96/ sowie /Burmeister98/ herangezogen. Laut diesen Informationen wurden 1994 ca. 35 000 t Propan, Butan, Isobutan, Dimethylether sowie HFC-152a und HFC-134a in Spraydosen eingesetzt. Der Anteil beträgt nach /Burmeister98/ etwa 40 % . Ferner enthalten die Aerosoldosen noch ca. 20 % Wasser und ca. 40 % Ethanol. Daher wird die 1994 in Aerosoldosen eingesetzte Menge Ethanol entsprechend der Treibgasmenge mit ebenfalls 35 000 t abgeschätzt. Darüber hinaus wurden ca. 200 t Permanentgasen (CO₂, N₂, Luft, etc.) verwendet.

1994 wurden in Deutschland ca. 767 Mio. Aerosoldosen abgefüllt und nach Angaben von /IGA96/ auch abgesetzt. Die Aufteilung auf die einzelnen in Kapitel 4.38.1 genannten Bereichen erfolgt in Tabelle 4.38.1.

Tabelle 4.38.1: In Deutschland 1994 abgefüllte Aerosoldosen nach Füllgutgruppe /IGA96//

Füllgutgruppe	Abgesetzte Menge an Aerosoldosen [Mio. Dosen]
Haarpflegesprays	317
Körperspray	167
Andere Körperpflegesprays	80
Insektenspray	9
Raumpflege	6
Schuh- und Lederpflege	6
Haushaltssprays	21
Farben- und Lacksprays	28
Autopflegemittel und techn. Sprays für Industriezwecke und Technik	67
Pharmazeutische Sprays	36
Sonstige (incl. Sahnesprays)	50
Summe	767

Aufgrund der Angaben der I.G.A. e.V. lässt sich die Aerosolproduktion für 1994 nach Produktgruppen disaggregieren. Die angenommene Mengenverteilung der produzierten Aerosole ist aus Tabelle 4.38.2 ersichtlich. In dieser Aufstellung wird außerdem die Gesamtmenge (70 000 t) an 1994 produzierten Aerosolen entsprechend verteilt.

Tabelle 4.38.2: Aufteilung der verwendeten Aerosole auf einzelnen Produktgruppen /IGA96/.

Produktgruppe	Prozentualer Anteil [%]	Menge [t]
Haar- und Körperpflege *	70,9	49 630
Auto- und Technik	8,7	6 090
Sonstige	6,5	4 550
Pharma *	4,7	3 290
Farben	3,7	2 590
Haushalt *	2,7	1 890
Insekten*	1,2	840
Raum*	0,8	560
Schuh und Leder*	0,8	560
Summe	100	70 000

* Diese Bereiche werden in anderen Quellgruppen berücksichtigt.

Die Summe der bisher nicht betrachteten Produktgruppen ergibt eine Einsatzmenge an Aerosolen, die vollständig emittiert werden, von ca. 13 230 t. Davon handelt es sich bei 6 615 t um Ethanol und bei weiteren 6 615 t um Treibgase wie Propan, Butan, Dimethylether.

Entsprechend Tabelle 4.2.7 (Seite 47) werden zu dieser Menge 454 t noch Dichlormethan hinzugerechnet, die 1994 in Aerosolen verwendet wurde.

4.38.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland bei der Verwendung von Aerosolsprays ca. 13 684 t Treibgase freigesetzt. Betroffen waren die Produktgruppen Auto und Technik, Farben und Lacke sowie sonstige Sprays.

4.38.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung wird die verbandsinterne Produktionsstatistik über abgefüllte Aerosolverpackungen der Industriegemeinschaft Aerosole e.V. (IGA e.V.) benötigt. Aus den Berechnungen für 1994 ergab sich ein Einsatz- und Emissionsfaktor von $F = 91,3$ g Treibgas pro Dose. Durch Multiplikation dieses Faktors mit der abgefüllten und nach Aussage von IGA e. V. auch im Inland verwendeten Menge an Aerosolverpackungen kann die eingesetzte Menge aufgeteilt nach Füllgutgruppen wie in Tabelle 4.38.3 errechnet werden.

Tabelle 4.38.3: Berechnungsmethode zur Ermittlung der nach Sektoren aufgeteilten Einsatz- und Emissionsmengen für das Fortschreibungsjahr

Füllgutgruppe	Menge an abgefüllten Aerosolverpackungen [Mio. Dosen]	Im Bezugsjahr eingesetzte und emittierte Menge an Aerosolen [t]
Auto- und Technik	A1	$E1=A1 \cdot F \cdot 10^{-6}$
Sonstige	A2	$E2=A2 \cdot F \cdot 10^{-6}$
Farben	A3	$E3=A3 \cdot F \cdot 10^{-6}$
Summe	A=A1+A2+A3	E=E1+E2+E3

Die im Fortschreibungsjahr eingesetzte und emittierte Menge an Ethanol beträgt dann:

$$S1[t]=E[t] \cdot 0,5$$

und die an sonstigen Treibgasen eingesetzte und emittierte Menge:

$$S2[t]=S1[t]$$

Zu dieser Menge wird noch D4[t] (Aerosolmenge aus dem CKW-Markt) aus Tabelle 4.2.14 (Seite 53) hinzugerechnet.

4.38.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Nach der verbandsinternen Statistik der IGA e.V. wurden 1996 ca. 755 Mio. Aerosolverpackungen in Deutschland verkauft /IGA98/. In Tabelle 4.38.4 sind die daraus berechneten Einsatzmengen und Emissionen für diese Quellgruppe bezüglich der relevanten Füllgutgruppen dargestellt.

Tabelle 4.38.4: Anzahl in der Bundesrepublik Deutschland 1996 abgefüllter Aerosolverpackungen (Dosen) sowie die daraus resultierenden Einsatz- und Emissionsmengen an Treibgasen und Ethanol /IGA98/.

Füllgutgruppe	Menge an abgefüllten Aerosolverpackungen [Mio. Dosen]	Im Bezugsjahr eingesetzte und emittierte Menge an Aerosolen [t]
Auto- und Technik	51	4 656
Sonstige (Nahrungsmittel, etc.)	71	6 482
Farben	33	3 013
Summe	155	14 151

Danach wurden 1996 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 7 076 t Ethanol aus der Verwendung von Aerosolpackungen sowie ca. 7 076 t Treibgase (Propan, Butan, Isobutan, DME sowie HFC-134a und HFC-152 a), sowie 300 t Dichlormethan emittiert. Daraus ergeben sich NMVOC-Emissionen von insgesamt 14 452 t.

4.38.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Bei der Anwendung von Treibgasen gibt es folgende Minderungspotentiale:

- Low-VOC-Sprays anlog Low-VOC-Haarsprays
- Ersatz von VOC durch Permanentgase
- Pumpsprays

4.39 Hochschulen

4.39.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik wird diese Quellgruppe dem SNAP94-CODE 60412 mit der Bezeichnung "Other use of solvent and related activities-other" zugeordnet. Die unter diesem SNAP-CODE aufgeführten Quellgruppen sind in CORINAIR 94 in keinem anderen SNAP-CODE miterfasst. Es werden in dieser Quellgruppe die NMVOC-Einsatzmengen und Emissionen aus Hochschuleinrichtungen betrachtet.

4.39.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

In Baden-Württemberg wurden 1988 in Hochschuleinrichtungen ca. 31 t NMVOC emittiert /LBA93/. Dies entspricht einer Menge von 0,21 kg/Student. Dieser Wert ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Die Streuung betrug 0,08 bis 0,4 kg/Student. Die ermittelten Werte beruhten auf einer Umfrage bei Baden-Württembergischen Universitäten und Fachhochschulen. Die größten Verbraucher und Emittenten sind die Universitäten. Häufig werden organische Lösemittel von jedem Institut gesondert gekauft. Dadurch ist eine detaillierte Ermittlung von Verbrauch und Emission praktisch nicht durchführbar.

Die Universitäten veranschlagten die Emissionsmenge mit ca. 10 % bezogen auf die Einsatzmenge Lösemittel. Aceton und Alkohole bildeten zusammen den weitaus größten Teil der emittierten Stoffe. Der Anteil an Aromaten bzw. chlorierten Kohlenwasserstoffen betrug vermutlich unter 10 % der emittierten Menge. In Universitäten ist auch heutzutage häufig noch zu beobachten, dass die Lösemittel "über den Abzug" und somit über den Luftweg entsorgt werden und nicht, wie eigentlich vorgesehen, über den Sonderabfallpfad. Nach Angaben einiger Institute wurden 1988 zu Verringerung der Sonderabfallmengen und zur Senkung der damit verbundenen Kosten Bemühungen unternommen, die Einsatzmengen zu senken. Durch den Ersatz von Wasserstrahlpumpen durch Membranpumpen mit Kondensation in den Laboren könnten weitere Minderungen erreicht werden. Der Entsorgungsweg über den "Abguss", der auch heute noch übliche Praxis ist, hat ebenfalls NMVOC-Emissionen zu Folge. Es ist durchaus möglich, dass die Einsatzmengen von 1988 bis 1994 verringert wurden. Dies wurde im Rahmen dieser Studie nicht überprüft. Da jedoch die oben beschriebenen Entsorgungswege (Abzug, Abfluss) auch heute noch übliche Praxis sind, wird von keiner wesentlichen Emissionsminderung, bezogen auf den Emissionsfaktor, in dieser Quellgruppe ausgegangen. Im Wintersemester 1993/94 waren 1 223 907 Studenten /Jahrbuch94/ an bundesdeutschen Universitäten eingeschrieben, im Wintersemester 1994/95 1 222 158 /Jahrbuch95/. Der Mittelwert und damit die angenommene Studentenzahl für 1994 beträgt 1 223 033 Studenten. Damit ergibt sich eine Emission an NMVOC von ca. 257 t für das Jahr 1994 aus Hochschuleinrichtungen in der Bundesrepublik Deutschland.

4.39.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland aus Hochschuleinrichtungen 257 t NMVOC emittiert. Dies entspricht einer Menge von 0,21 kg/Student.

4.39.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Für die Fortschreibung wird der Mittelwert der in beiden Wintersemestern des Fortschreibungsjahres eingeschriebenen Studenten verwendet:

Zahl der eingeschriebenen Studenten im Wintersemester 1: A [Student]

Zahl der eingeschriebenen Studenten im Wintersemester 2: B [Student]

Zahl der eingeschriebenen Studenten im Fortschreibungsjahr:

$$C[\text{Student}] = (A[\text{Student}] + B[\text{Student}]) * 0,5$$

NMVOC-Emissionen im Fortschreibungsjahr:

$$E[t] = C[\text{Student}] * 0,21 \text{ kg/Student} * 1t/1000 \text{ kg}$$

4.39.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Im Wintersemester 1995/96 waren in Deutschland 1 858 428 Studenten an Hochschulen eingeschrieben, im Wintersemester 1996/97 1 838 456 /Jahrbuch96/, /Jahrbuch97/. Damit waren 1996 im Mittel ca. 1 848 442 Studenten eingeschrieben. Die NMVOC-Emission aus Hochschuleinrichtungen betrug 1996 ca. 338 t.

4.39.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden keine Minderungspotentiale bezüglich der Emission von NMVOC aus Hochschuleinrichtungen ermittelt

4.40 Tabakwarenproduktion

4.40.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik wird die Quellgruppe „Tabakwarenproduktion“ dem SNAP94-CODE 60412 mit der Bezeichnung "Other use of solvent and related activities-other" zugeordnet. Die unter diesem SNAP-CODE aufgeführten Quellgruppen sind in CORINAIR 94 in keinem anderen SNAP-CODE miterfasst. In dieser Quellgruppe entstehen VOC-Emissionen im Wesentlichen durch den Einsatz von Befeuchtungsmitteln bei der Tabakverarbeitung.

4.40.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Nach /BUWAL95/ werden pro Beschäftigtem 12 kg an NMVOC emittiert. 1994 waren in 45 Betrieben der Tabakverarbeitung (SYPRO-Nr. 69) 15 456 Arbeiter und Angestellte beschäftigt /Stabua94c/. Insgesamt gab es somit 1994 in der Bundesrepublik Deutschland in der Tabakverarbeitung ca. 15 455 Beschäftigte, es wurden ca. 186 t NMVOC bei der Tabakverarbeitung emittiert.

4.40.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik ca. 186 t NMVOC bei der Tabakverarbeitung emittiert.

4.40.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung wird die Beschäftigtenzahl B des Fortschreibungsjahres benötigt. Diese kann vom Stat. Bundesamt erhalten werden. 1995 trat die neue Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993 (WZ 93) /WZ93/ in Kraft, die die bisherige Systematik der Wirtschaftszweige, Fassung 1979 für die Statistik im Produzierenden Gewerbe (SYPRO)/WZ79/ ersetzt. Die Zahl der Beschäftigten B [Person] in der Tabakverarbeitung ist unter WZ93-Nummer 16 angegeben.

Die Emission im Fortschreibungsjahr beträgt dann

$$E [t]=B[\text{Person}] \cdot 12 \text{ kg/Person} \cdot 1/1000$$

Es werden im Fortschreibungsjahr ca. E[t] an NMVOC bei der Tabakverarbeitung emittiert.

4.40.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

1996 waren in 36 Betrieben, die der WZ93-Nr. 16 zugeordnet werden, 13 794 Personen beschäftigt /StaBua96c/. Damit lässt sich für 1996 eine Emission von 166 t NMVOC bei der Tabakverarbeitung abschätzen.

4.40.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Über Minderungspotentiale konnten im Rahmen dieser Untersuchung keine Erkenntnisse gewonnen werden.

4.41 Wissenschaftliche Laboratorien

4.41.1 Charakterisierung und Abgrenzung der Quellgruppe

Im Rahmen der CORINAIR94-Systematik wird die Quellgruppe „Wissenschaftliche Laboratorien“ dem SNAP94-CODE 60412 mit der Bezeichnung "Other use of solvent and related activities-other" zugeordnet. Die unter diesem SNAP-CODE aufgeführten Quellgruppen sind in CORINAIR 94 in keinem anderen SNAP-CODE miterfasst. In dieser Quellgruppe werden alle wissenschaftlichen Laboratorien mitberücksichtigt, die der Forschung und Entwicklung sowie der Prüfung dienen, jedoch keine Laboratorien, die sich in Hochschuleinrichtungen befinden.

4.41.2 Datengrundlage und Methoden zur Ermittlung der Lösemittelverbrauchsmengen und Emissionen im Jahr 1994

Nach /BUWAL95/ werden pro Beschäftigtem 5 kg NMVOC emittiert. 1994 waren in Unternehmen und in Instituten für Gemeinschaftsforschung und experimentelle Entwicklung

284 380 Personen als Forschungspersonal beschäftigt /Jahrbuch97/. Damit lässt sich eine NMVOC-Emission von 1 422 t abschätzen. Der verwendete Emissionsfaktor ist mit großen Unsicherheiten behaftet.

4.41.3 Ergebnisse der Abschätzungen von Verbrauchsmengen und Emissionen 1994

1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 1 422 t NMVOC von wissenschaftlichen Laboratorien emittiert.

4.41.4 Datengrundlage und Methoden zur Fortschreibung

Zur Fortschreibung wird die Beschäftigtenzahl B [Person] des Fortschreibungsjahres benötigt. Diese wird dem Statistischen Jahrbuch entnommen. Die NMVOC-Emission berechnet sich dann folgendermaßen:

$$E[t]=B[\text{Person}] \cdot 5 \text{ kg/Person} \cdot 1\text{t}/1000\text{kg}$$

Es werden im Fortschreibungsjahr ca. E[t] an NMVOC aus wissenschaftlichen Laboratorien emittiert.

4.41.5 Ergebnisse der Fortschreibung für 1996

Die Zahl der Beschäftigten 1996 in wissenschaftlichen Einrichtungen betrug 276 794 Personen /Jahrbuch97/. Damit ergab sich 1996 eine Emission von ca. 1 384 t NMVOC aus wissenschaftlichen Laboratorien.

4.41.6 Möglichkeiten und Potentiale einer weitergehenden Emissionsminderung

Über Minderungspotentiale konnten im Rahmen dieser Untersuchung keine Erkenntnisse gewonnen werden.

5 Gesamtergebnisse

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse aus den quellenbezogenen Ansätzen zur Ermittlung von Verbrauchsmengen und Emissionen organischer Lösemittel

In Tabelle 5.1 sind die in Abschnitt 4 ermittelten Lösemittlemissionen für 1994 und 1996 disaggregiert nach SNAP-CODES auf der Basis von CORINAIR94 dargestellt.

Tabelle 5.1: Lösemittlemissionen in den Jahren 1994 und 1996 disaggregiert nach SNAP94

SNAP94	Emittentengruppe	VOC-Emissionen	
		1994 [t]	1996 [t]
060100	Anwendung von Farben und Lacken	330 817	373 196
060101	Herstellung von Fahrzeugen	19 956	22 657
060102	Reparatur von Fahrzeugen	30 414	33 439
060103	Konstruktionen und Gebäude	35 644	40 598
060104	Häusliche Anwendung von Farben und Lacken	15 276	17 399
060105	Bandbeschichtung	2 407	3 249
060106	Schiffsbau	7 667	8 320
060107	Holz	51 824	56 676
060108	Andere industrielle Anwendung von Farben und Lacken	134 104	152 687
060109	Andere nichtindustrielle Anwendungen von Farben und Lacken	33 526	38 172
060200	Entfettung, Chemische Reinigung und Elektronik	41 961	38 442
060201	Metallentfettung	35 592	32 636
060202	Chemische Reinigung	2 369	2 004
060203	Herstellung von Elektronikkomponenten	1 600	1 403
060204	andere industrielle Reinigung (Feinmechanik, Optik, Herstellung von Uhren)	2 400	2 400
060300	Herstellung und Verarbeitung von chemischen Produkten	98 566	83 906
060301	Verarbeitung von Polyester	38 130	30 000
060302	Verarbeitung von Polyvinylchlorid	2 279	2 334
060303	Verarbeitung von Polyurethan	6 609	6 613
060304	Verarbeitung von Polystyrolschaum	16 015	16 718
060305	Gummiverarbeitung	2 666	3 054
060306	Herstellung von pharmazeutischen Produkten	7 890	5 663
060307	Herstellung von Farben und Lacken	5 400	3 500
060308	Herstellung von Druckfarben und Tinten	1 059	1 028
060309	Herstellung von Klebstoffen	477	446
060310	Asphaltverarbeitung und Herstellung	227	185
060311	Herstellung von Haftmaterialien, Magnetbändern, Filmen und Fotografien	620	608
060312	Produktion und Verarbeitung von Textilien (Textilveredlung)	2 246	1 981
060313	Gerben von Ledermaterialien	106	56
060314	Feinchemikalienproduktion	14 844	11 721
060400	Andere Anwendungen von Lösemitteln und ähnlichen Aktivitäten	416 935	432 829
060401	Behandlung von Glaswolle	in 60402 enthalten	in 60402 enthalten
060402	Behandlung von Mineralwolle	913	1 005
060403	Druckindustrie	63 283	65 523
060404	Extraktion von Ölen und Fetten	7 000	7 700
060405	Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien	18 173	19 083
060406	Anwendung von Holzschutzmitteln	32 726	36 203
060407	Anwendung von Unterbodenschutz und Konservierung von Fahrzeugen	12 021	11 015
060408	Häusliche Verwendung von Lösemitteln (außer der Anwendung von Farben und Lacken)	140 760	153 510
060409	Entwachsen von Fahrzeugen	1 220	1 714
060410	Herstellung von pharmazeutischen Produkten	in 60306 enthalten	in 60306 enthalten
060411	Häusliche Verwendung von pharmazeutischen Produkten	4 508	3 175
060412	andere		
	Verwendung von Pflanzenschutzmitteln	3 700	4 361
	Verwendung von Kühlschmiermitteln	9 154	8 428
	Verwendung von anderen Schmierstoffen	59 510	59 090
	Entfernung von Farben und Lacken	2 951	2 686
	Betonzusatzmittel	39 834	35 446
	Flugzeugenteisung und sonstige Enteisung	5 633	7 599
	Anwendung von Treibgasen	13 684	14.487
	Hochschulen	257	253
	Tabakwarenproduktion	186	166
	Wissenschaftliche Laboratorien (F+E, Prüfung, nicht an Hochschulen)	1 422	1 384
060000	Summe	888 279	928 373

In Tabelle 5.2 sind die in Abschnitt 4 ermittelten Lösemittelleinsatzmengen für 1994 und 1996 disaggregiert nach SNAP94-CODES dargestellt. Bei dieser Aufstellung ist zu beachten, dass die Gesamtsumme nicht der insgesamt in Deutschland eingesetzten Menge Lösemittel entspricht. Z. B. wird in Tabelle 5.2 die Einsatzmenge an Weichmachern angegeben. Weichmacher (Phtalate) werden im Rahmen dieser Untersuchung als flüchtige organische Verbindungen betrachtet, aber sind keine Lösemittel. Weichmacher werden z. B. bei der PVC-Verarbeitung sowie der Anwendung von Klebstoffen berücksichtigt.

Insbesondere die bei den Herstellungsprozessen eingesetzten Lösemittel werden bei den Anwendungsquellgruppen nochmal gezählt. Dies ist insbesondere bei einem Plausibilitätsabgleich mit der Menge an verbrauchten Lösemitteln, der sogenannten Lösemittelbilanz, von Bedeutung. Bei den Emissionsabschätzungen wurde so genau wie möglich darauf geachtet, dass keine Doppelzählungen stattfanden. Bei den in Tabelle 5.2 dargestellten NMVOC-Einsatzmengen finden dagegen Doppelzählungen statt. Diese Tatsache ist bei der Betrachtung der Gesamtsummen zu beachten.

Tabelle 5.2: NMVOC-Einsatzmengen 1994 und 1996 in Deutschland disaggregiert nach SNAP94-CODE⁴

SNAP94	Emittentengruppe	Lösemittleinsatz	
		1994	1996
		[t]	[t]
060100	Anwendung von Farben und Lacken	397 446	442 534
060101	Herstellung von Fahrzeugen	27 044	30 309
060102	Reparatur von Fahrzeugen	32 442	35 550
060103	Konstruktionen und Gebäude	37 243	42 348
060104	Häusliche Anwendung von Farben und Lacken	15 961	18 149
060105	Bandbeschichtung	9 271	10 558
060106	Schiffsbau	8 006	8 176
060107	Holz	55 638	60 601
060108	Andere industrielle Anwendung von Farben und Lacken	169 248	189 474
060109	Andere nichtindustrielle Anwendungen von Farben und Lacken	42 312	47 369
060200	Entfettung, Chemische Reinigung und Elektronik	70 690	67 548
060201	Metallentfettung	62 981	60 074
060202	Chemische Reinigung	3 009	2 772
060203	Herstellung von Elektronikkomponenten	2 000	2 003
060204	andere industrielle Reinigung (Feinmechanik, Optik, Herstellung von Uhren)	2 700	2 700
060300	Herstellung und Verarbeitung von chemischen Produkten	888 508	853 042
060301	Verarbeitung von Polyester	38 130	30 000
060302	Verarbeitung von Polyvinylchlorid	225.224	213 404
060303	Verarbeitung von Polyurethan	6 609	6 613
060304	Verarbeitung von Polystyrolschaum	16 015	16 718
060305	Gummiverarbeitung	2 666	3 054
060306	Herstellung von pharmazeutischen Produkten	39 452	28 315
060307	Herstellung von Farben und Lacken	358 600	356 400
060308	Herstellung von Druckfarben und Tinten	100 594	102 825
060309	Herstellung von Klebstoffen	47 609	45 172
060310	Asphaltverarbeitung und Herstellung	227	185
060311	Herstellung von Haftmaterialien, Magnetbändern, Filmen und Fotografien	36 188	36 600
060312	Produktion und Verarbeitung von Textilien (Textilveredlung)	2 246	1 981
060313	Gerben von Ledermaterialien	106	56
060314	Feinchemikalienproduktion	14.844	11 721
060400	Andere Anwendungen von Lösemitteln und ähnliche Aktivitäten	1 308 163	1 327 430
060401	Behandlung von Glaswolle	in 60402 enthalten	in 60402 enthalten
060402	Behandlung von Mineralwolle	39 580	43 550
060403	Druckindustrie	242 651	251 243
060404	Extraktion von Ölen und Fetten	7 000	7 700
060405	Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien	23 379	24 372
060406	Anwendung von Holzschutzmitteln	32 726	36 203
060407	Anwendung von Unterbodenschutz und Konservierung von Fahrzeugen	12 021	11 015
060408	Häusliche Verwendung von Lösemitteln	170 776	185 540
060409	Entwachsen von Fahrzeugen	6 200	6 064
060410	Herstellung von pharmazeutischen Produkten	in 60306 enthalten	in 60306 enthalten
060411	Häusliche Verwendung von pharmazeutischen Produkten	9 016	6 349
060412	andere		
	Verwendung von Pflanzenschutzmitteln	3 700	4 361
	Verwendung von Kühlschmiermitteln	91 536	84 285
	Verwendung von anderen Schmierstoffen	595 100	591 000
	Entfernung von Farben und Lacken	5 011	4 912
	Betonzusatzmittel	39 834	35 446
	Flugzeugenteisung und sonstige Enteisung	14 083	18 999
	Anwendung von Treibgasen	13 684	14 487
	Hochschulen	257	253
	Wissenschaftliche Laboratorien (F+E, Prüfung, nicht an Hochschulen)	1.422	1.384
	Tabakwarenproduktion	186	166
060000	Summe	2 664 526	2 690 553

In den folgenden Abbildungen wird die Verteilung der Emissionen und Einsatzmengen grafisch dargestellt. 1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 890 000 t NMVOC's bei der Anwendung von Lösungsmitteln und lösemittelhaltigen Erzeugnissen emittiert.

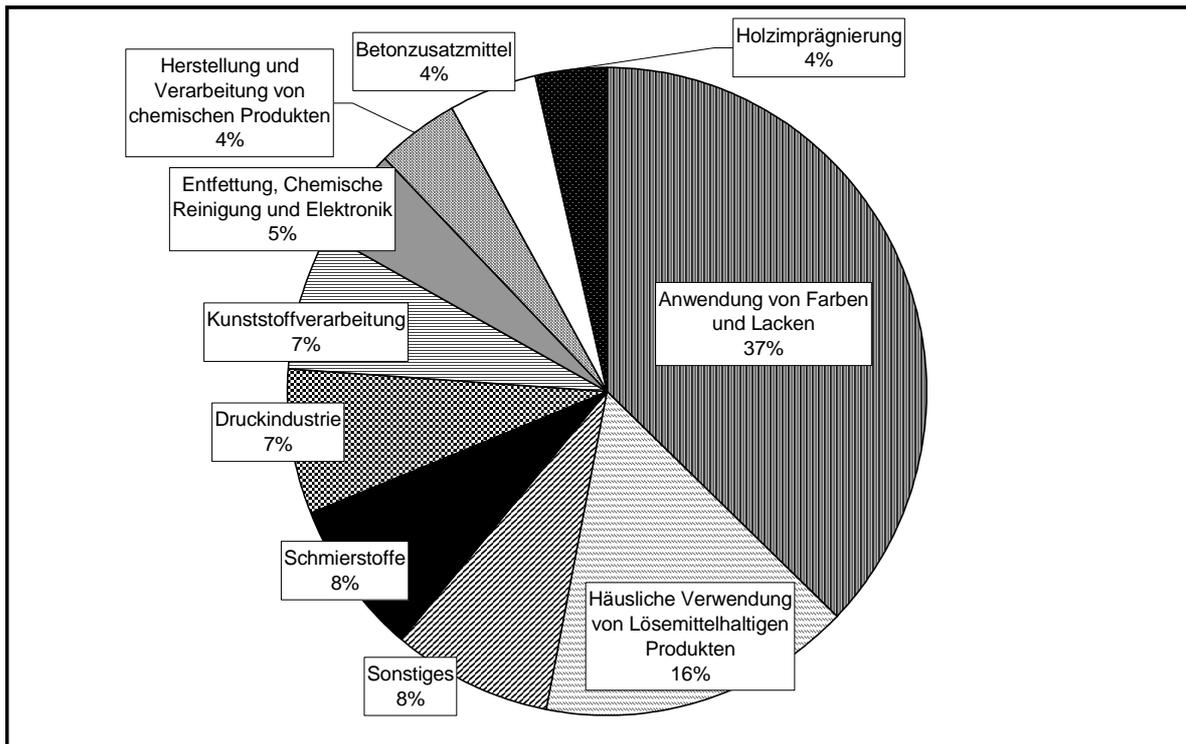


Bild 5.1: NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen in Deutschland 1994

Bild 5.1 zeigt die Verteilung der Lösemittlemissionen auf die Quellgruppen. Man sieht, dass mehr als die Hälfte (ca. 472 000 t) der Lösemittlemissionen den Quellgruppen "Anwendung von Farben und Lacken" sowie "Häusliche Verwendung von Lösemitteln" (ohne Anwendung von Farben und Lacken) entstammen.

Ungefähr ein Drittel (ca. 331 000 t) der Lösemittlemissionen wurden durch die Anwendung von Farben und Lacken verursacht. Nur ein geringer Teil der Emissionen entstammt dabei immissionschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen, da diese gemäß den Bestimmungen der TA Luft über eine entsprechende Abluftreinigung verfügen. Über 50 % (ca. 168 000 t) der Emissionen aus der Quellgruppe "Anwendung von Farben und Lacken" entstammen den Bereichen "Industrielle und nicht Industrielle Anwendung von Farben und Lacken". In diesem Bereich arbeiten im wesentlichen kleinere und mittlere Industrie- und Handwerksunternehmen, die über keine Abluftreinigungsanlagen verfügen.

Wenn man die Bereiche Holzbearbeitung, Baugewerbe, Autoreparaturlackierung sowie die häusliche Anwendung von Farben und Lacken noch hinzu nimmt, so entstammen über 90 % der NMVOC-Emissionen der Quellgruppe „Anwendung von Farben und La-

cken“ kleineren und mittleren Industrie- und Handwerksunternehmen sowie dem Do-It-Yourself-Bereich.

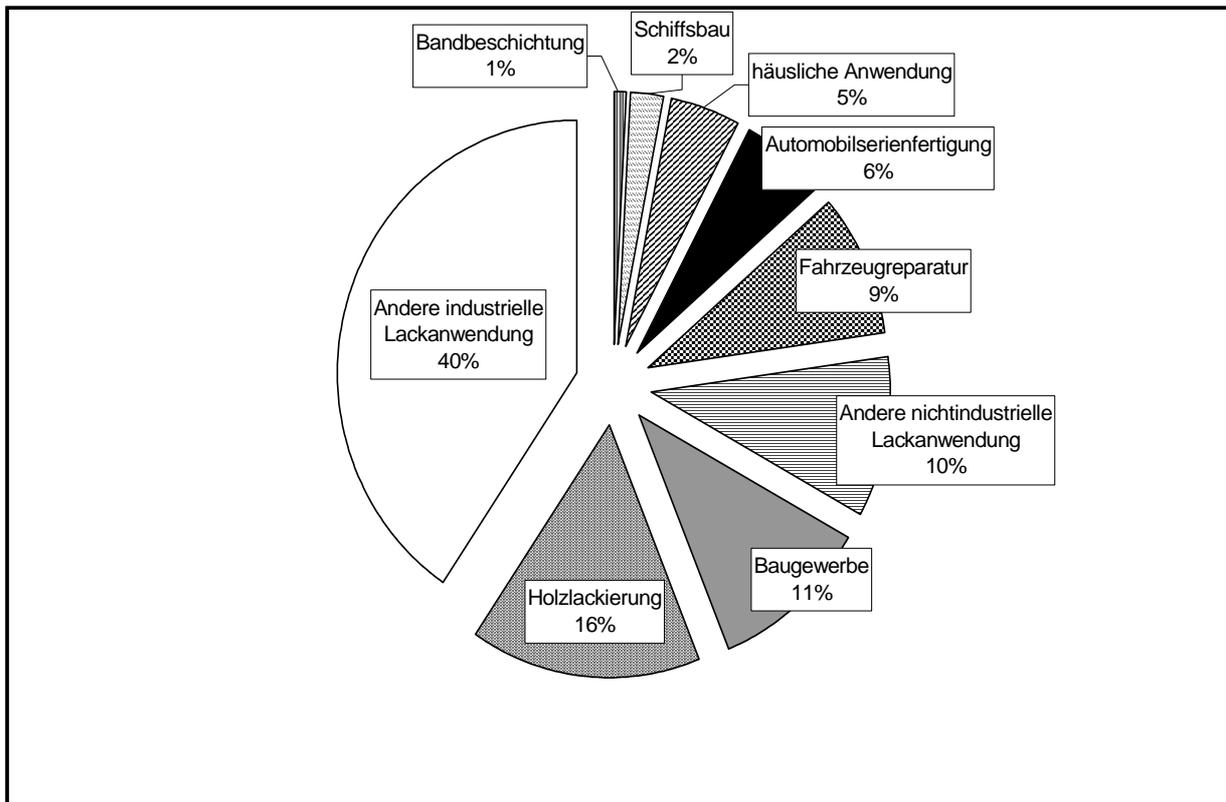


Bild 5.2: NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Farben und Lacken (Gesamtemission: 331 000 t)
Ca. 42 000 t NMVOC wurden bei Oberflächenreinigungsprozessen bzw. der chemischen Reinigung emittiert. Die Zusammensetzung dieser Emissionen nach Quellgruppen zeigt Bild 5.3 .

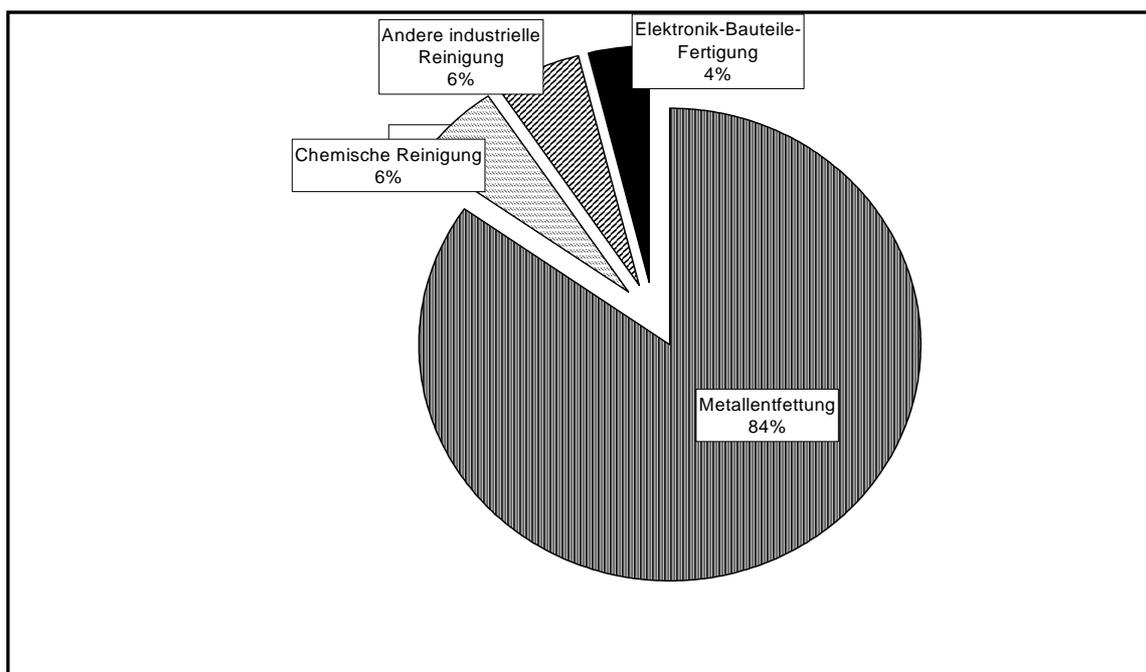


Bild 5.3: NMVOC-Emissionen aus Entfettung, chemischer Reinigung und anderer industrieller Reinigung
Gesamtemission: 42 000 t)

Der größte Teil der Emissionen (84 %) wird hier durch die Metallentfettung (ca. 36 000 t) verursacht.

Bei der Herstellung und Verarbeitung von Produkten wurden 1994 ca. 99 000 t NMVOC emittiert. Ungefähr 65 % (ca. 63 000 t) entstammten dabei der Verarbeitung von Kunststoffen. Die Aufschlüsselung nach den einzelnen Gruppen - sortiert nach der Höhe der NMVOC-Emissionen - wird in Bild 5.4 veranschaulicht.

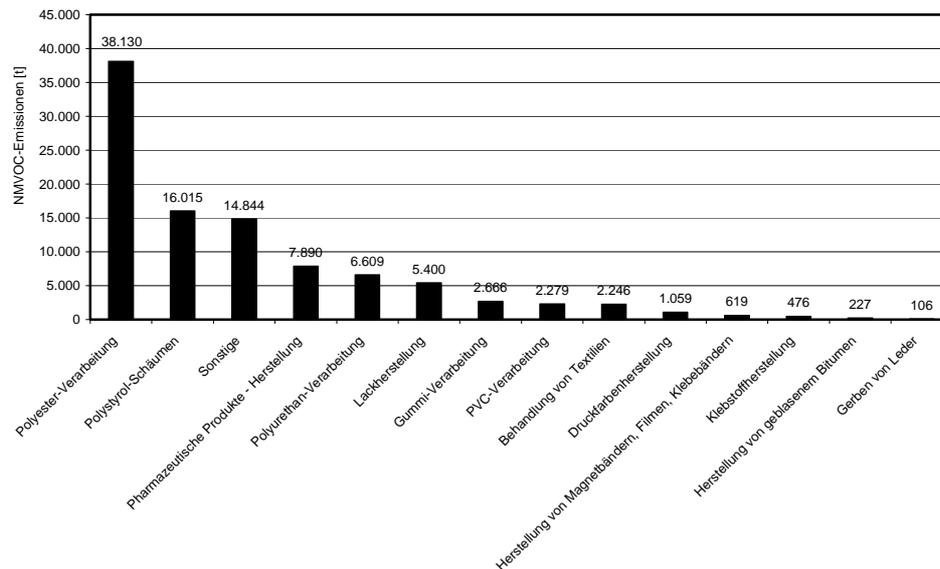


Bild 5.4: NMVOC-Emissionen aus der Herstellung und Produktion von chemischen Produkten (ca. 99 000 t)

Ungefähr 47 % (ca. 417 000 t) der NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen entstammten sogenannten anderen Anwendungen. Diese Quellgruppe setzt sich aus sehr unterschiedlichen Verursacherguppen zusammen. Die Emissionsanteile sind in Bild 5.5 dargestellt.

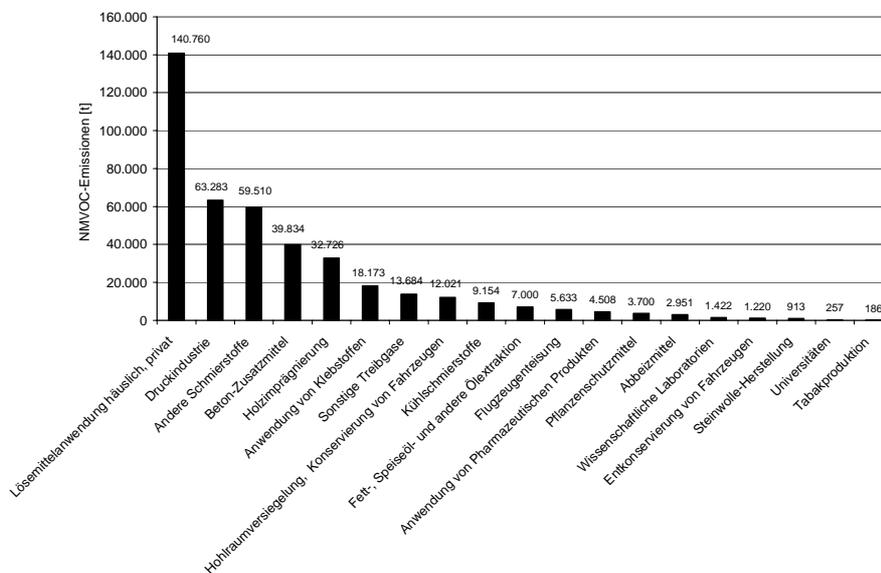


Bild 5.5: NMVOC-Emissionen aus anderen Lösemittelanwendungen (Gesamtemission: 417 000 t)

Ungefähr ein sechstel der gesamten VOC-Emissionen (ca. 141 000 t) entstammen Konsumgütern, die vorwiegend in privaten Haushalten verwendet werden. Hier sind insbesondere Putz- und Pflegemittel, Körperpflege- und Waschmittel sowie Kfz- Frostschutzmittel und Kältemittel zu erwähnen. Die Anteile der Verursacherguppen kann Bild 5.6 entnommen werden.

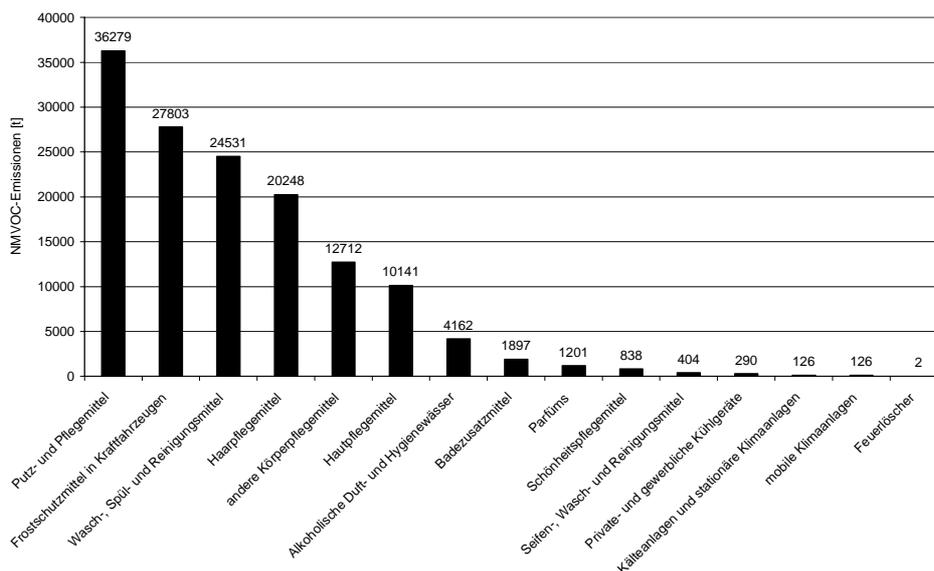


Bild 5.6: NMVOC-Emissionen aus Verwendung von Konsumgütern (ohne Anwendung von Farben und Lacken) (ca. 141 000 t)

Bei der Herstellung von Druckerzeugnissen wurden 1994 ca. 63 000 t NMVOC emittiert, davon ungefähr die Hälfte (ca. 33 000 t) im Bereich der Flachdruckverfahren (Offset-

druck). Emissionsrelevant ist hier insbesondere der Einsatz von Feuchtmitteln (Isopropanol) und Reinigungsmitteln. Tiefdruckverfahren (Illustrationsdrucke) verursachten ca. 25 000 t der VOC-Emissionen der Druckindustrie. Die Emissionen entstammen hier vor allem dem Einsatz von Toluol als Druckfarbenverdünner. Durch Hochdruckverfahren (Buch- und Flexodruck) und Durchdruckverfahren (Siebdruck) wurden 1994 ca. 6 500 t Lösemittel emittiert.

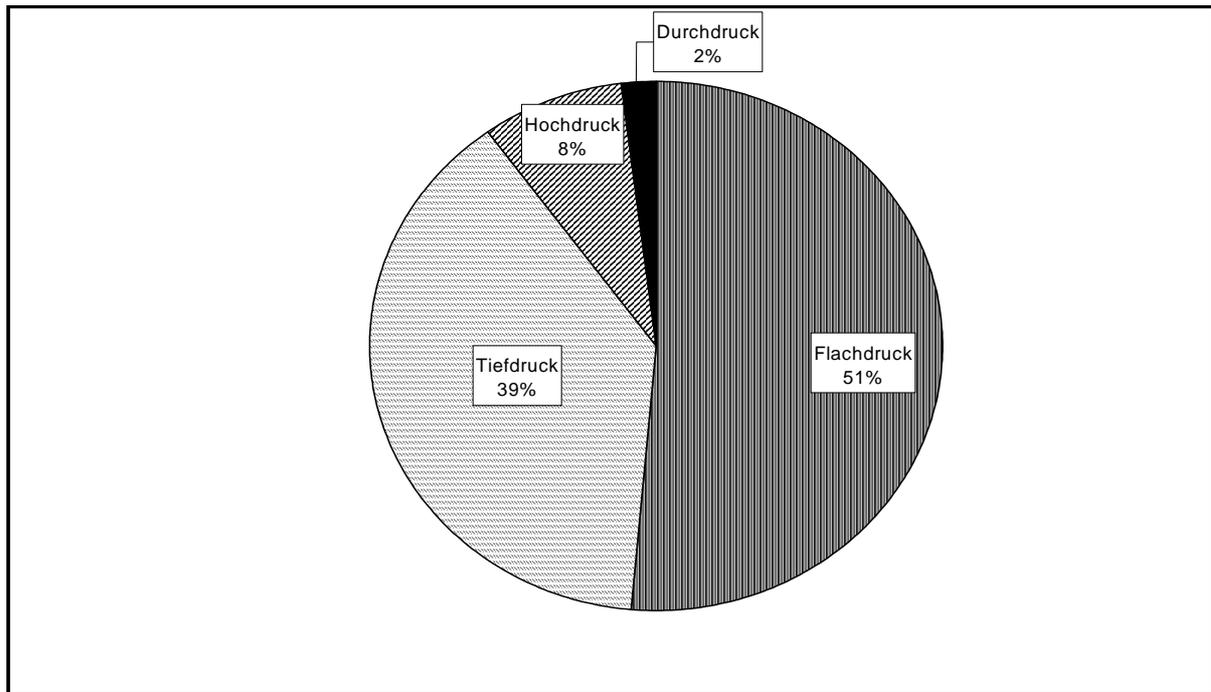


Bild 5.7: Disaggregation der NMVOC-Emission aus der Druckindustrie (insgesamt ca. 63 000 t)

Die Disaggregation der Emissionen aus der Anwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Erzeugnissen nach Stoffklassen ist vor allem aufgrund einer lückenhaften Datengrundlage nur näherungsweise möglich.

Die NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Lösemitteln setzten sich zu 35 % aus Aliphaten, zu 25 % aus Alkoholen und zu 14 % aus Aromaten zusammen. Daneben wurden noch Carbonsäureester (8 %), Glykolderivate (7 %) und Ketone (5 %), Halogenkohlenwasserstoffe (2%), Ether (1 %), Terpene (1 %) sowie geringe Mengen organische Säuren, Aldehyde, Amine und Amide emittiert. Insgesamt 2 % der NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen konnten keiner Stoffklasse zugeordnet werden.

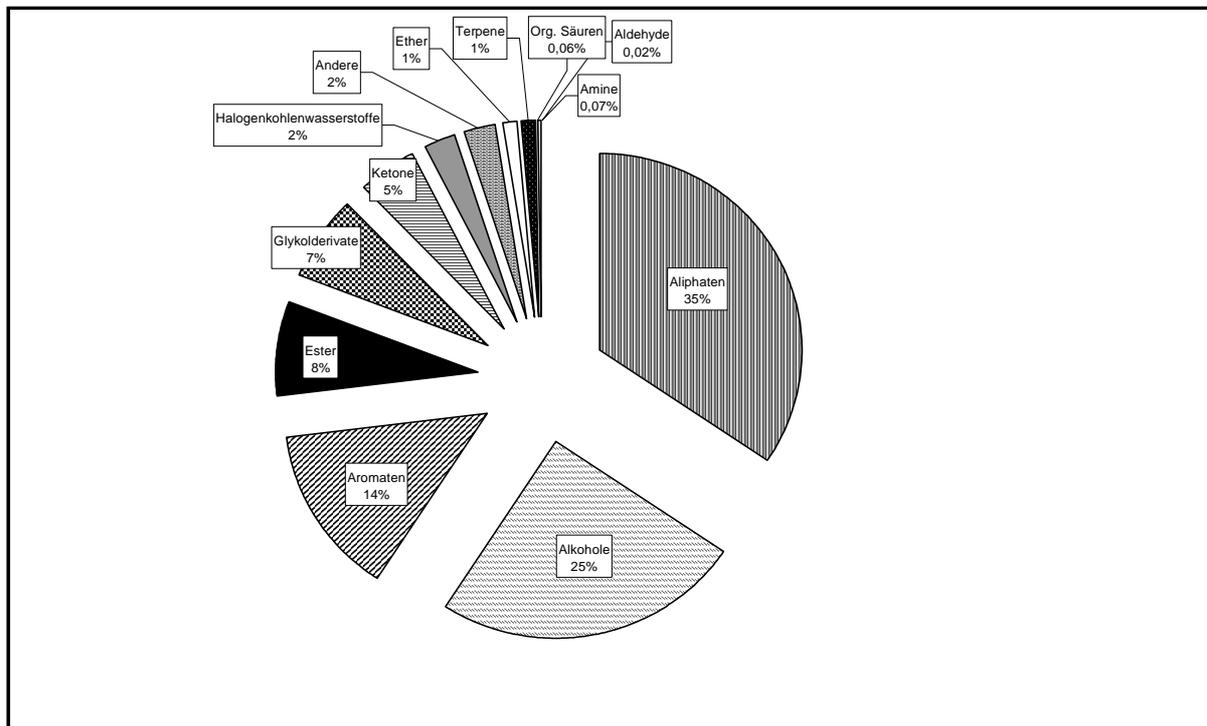


Bild 5.8: Disaggregation der NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen nach Stoffklassen

In den Tabellen 5.3 - 5.8 ist die stoffliche Disaggregation des Lösemittelverbrauches dargestellt, aufgeteilt nach SNAP-CODES entsprechend CORINAIR94. Die Stoffklasse "andere" bedeutet, dass keine Zuordnung möglich war.

1996 wurden insgesamt 928 373 t NMVOC aus der Anwendung von Lösemitteln emittiert. Obwohl viele Quellgruppen Minderungen gegenüber 1994 zu verzeichnen hatten oder die Emissionen unverändert blieben, ergibt sich eine Zunahme der Emissionen von 1994 auf 1996 um ca. 5 %. Die Hauptverursacher dieser Zunahme sind die Quellgruppen "Anwendung von Farben und Lacken" (+13 %) und "Häusliche Verwendung von Lösemitteln" (+9 %). Die Emissionen aus der Anwendung von Farben und Lacken haben hauptsächlich wegen des signifikant steigenden Verbrauches an Verdünnern zugenommen. Bei der Verwendung von Lösemitteln im Haushalt ist die Zunahme hauptsächlich auf steigenden Konsum und die steigende Anzahl von zugelassenen Fahrzeugen zurückzuführen (Verwendung von Kfz-Frostschutzmitteln). Eine geringe Ursache kann hier auch die Umstellung der Systematik der Produktionsstatistik von GP89 auf GP95 sein. In Bild 5.9 ist die Zunahme des Inlandsverbrauches der Verdünner von 1994 bis 1998, sowie die Zunahme der Emissionen von 1994 bis 1998 bei der Verwendung von Farben und Lacken, dargestellt.

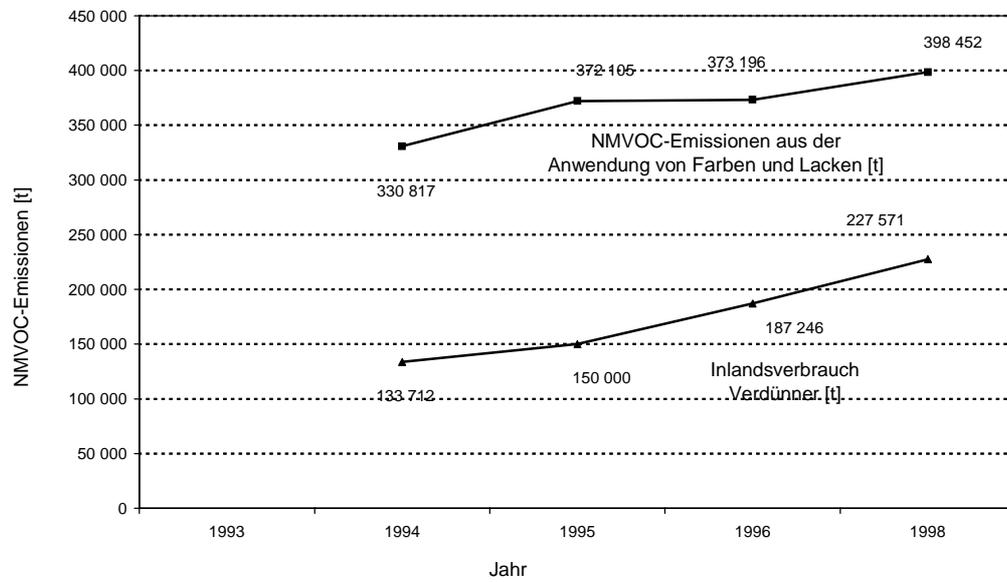


Bild 5.9: Entwicklung der NMVOC-Emissionen aus der Verwendung von Farben und Lacken sowie des Inlandsverbrauches an Verdünnern von 1994 bis 1998

5.2 Vergleich des quellgruppenbezogenen Ansatzes mit einer Gesamtbilanzierung des lösemittelbezogenen Ansatzes

Die nach Stoffklassen und teilweise auch Einzelstoffen disaggregierten von uns abgeschätzten Lösemittelverbrauchsmengen für 1994 wurden mit Informationen aus der Lösemittelindustrie abgeglichen. Das Ergebnis ist in Tabelle 5.15 dargestellt

Tabelle 5.15: Vergleich der stofflichen Disaggregation der von uns abgeschätzten Lösemittelverbrauchsmengen 1994 mit Inlandsverbrauchsmengen 1994, die auf Abschätzungen der Lösemittelindustrie beruhen

Stoffklassen	Inlandsverbrauchsmenge [t] (Lösemittelindustrie)	Inlandsverbrauchsmenge in [t] (eigene Abschätzung)	Abweichung [%]
Aliphaten	300 000	279 794	-6,7
Aromaten	250 000	286 452	+14,6
Terpene		10 304	
Halogenkohlenwasserstoffe	35 000	34 730	-0,8
Alkohole	360 000	315 649	-12,3
-Ethanol	50 000	84 808	
-Isopropanol	250 000	143 727	
-n-Propanol	40 000	191	
-n-/i-butanol	10.000	56 138	
Glykolderivate	75 000	78 160	+4,2
Ester	75 000	76 047	+1,4
Ketone	60 000	61 074	+1,8
Ether	30 000	29 309	-2,3
Aldehyde		172	
organische Säuren		816	
Weichmacher		225 224	
sonstige VOC		64 988	
Gesamt (Summe der fettgedruckten Stoffklassen)	1 185 000	1 161 215	-2,0

Zum Abgleich wurden die abgeschätzten Lösemittelverbrauchsmengen der SNAP - CODES 60100, 60200, 60301-306, 60311, 60314 sowie 60400 (ohne Anwendung von Kühlschmier- und sonstigen Schmiermitteln) herangezogen.

Tabelle 5.15. zeigt, dass die abgeschätzten Lösemittelverbrauchsmengen in der Summe und auch in Ihrer Disaggregation nach Stoffklassen plausibel sind. Tabelle 5.15 zeigt aber auch, am Beispiel der Alkohole, dass eine weitere Disaggregation nach Einzelstoffen teilweise mit erheblichen Unsicherheiten verbunden ist. In der Reihe "Gesamt" in Tabelle 5.15 sind nur die Mengen summiert worden, die abgeglichen werden konnten.

6 Unsicherheiten

Die Anwendung von flüchtigen organischen Lösemitteln bzw. lösemittelhaltigen Erzeugnissen stellt einen Quellsektor dar, der hinsichtlich seiner stofflichen sowie auch prozess- und anwendungsbezogenen Vielfalt nicht mit anderen anthropogenen Quellgruppen vergleichbar ist. Es ist zu berücksichtigen, dass sich die Anwendungsbereiche der lösemittelhaltigen Produkte z. T. auf sehr viele verschiedene Branchen der Industrie und des Gewerbes sowie auch auf den Bereich der privaten Haushalte erstrecken. In besonderem Maße gilt dies für den Einsatz von Anstrichmitteln und Verdünnungen. Ferner sind je nach Anwendungsbereich gegebenenfalls auch sehr verschiedene Anwendungstechniken zu betrachten, wie z. B. die Applikation von Lacken durch Tauchen, verschiedene Spritzverfahren, Rollen, Streichen, Gießen etc., wobei die diesen Verfahren zuzuordnenden unterschiedlichen Auftragswirkungsgrade Einfluss auf den spezifischen Lackverbrauch für eine Lackieraufgabe nehmen.

Schließlich ist im Hinblick auf die aus der Lösemittel-Anwendung resultierenden Emissionen an NMVOC die sehr heterogene Bestandsstruktur an Anlagen und Einrichtungen zur Abluftreinigung zu berücksichtigen. Während beispielsweise eine Anlage, die von ihrer Art und Größe her in den Geltungsbereich der TA Luft fällt, über eine entsprechende Abluftreinigung verfügen muss, ist dies bei einer etwas kleineren Anlage derselben Art nicht notwendigerweise der Fall. Die hier dargestellte weitreichende Heterogenität des Quellsektors Lösemittel-Anwendungen schlägt sich auf die Art und den Umfang verfügbarer Eingangsdaten und demzufolge auch auf die Methoden zur Emissionsermittlung nieder, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Quantifizierungsmöglichkeiten von Unsicherheiten bzw. Unsicherheiten abgeschätzter Emissionsdaten. Darauf wird in den nachfolgenden Abschnitten näher eingegangen.

6.1 Eingangsdaten und Methoden zur Emissionsermittlung

Neben der zuvor angesprochenen Heterogenität des Quellsektors Lösemittel-Anwendungen ist die Ermittlung der Mengen von als Lösemittel u. ä. eingesetzten organischen Substanzen durch den Umstand geprägt, dass keine allgemein zugänglichen Verbrauchsangaben zur Verfügung stehen, wie dies z. B. für Energieträger in Form von Energiebilanzen auf Bundes- oder Länderebene der Fall ist. Für verschiedene flüchtige organische Substanzen lässt sich der Verbrauch in Deutschland zwar aus der Produktions- und Außenhandelsstatistik abschätzen. Insbesondere aus Gründen des Datenschutzes werden in der Produktionsstatistik jedoch bei weitem nicht alle potentiellen Lösemittel ausgewiesen. Und selbst wenn dies der Fall wäre, ließe sich allein auf der Grundlage von Gesamtverbrauchsmengen an flüchtigen organischen Komponenten kaum eine belastbare Ab-

schätzung der Emissionen in die Atmosphäre vornehmen. Dies liegt in erster Linie daran, dass ein sicherlich sehr großer, jedoch kaum näher bezifferbarer Anteil der Komponenten nicht als Lösemittel, sondern als Ausgangsstoff für weitere Synthesen oder auch als Reaktionsmedium in geschlossenen Anlagen verwendet wird. Bei derartigen Anwendungen wird nur ein kleiner Teil der eingesetzten Komponenten emittiert, während im Zuge des Einsatzes lösemittelhaltiger Produkte häufig eine vollständige Emissionen der flüchtigen Inhaltsstoffe erfolgt.

Für Anlagen, die in den Geltungsbereich der 11. BImSchV /11. BImSchV/ fallen, sind von den Betreibern Emissionserklärungen anzufertigen und den zuständigen Behörden vorzulegen. Soweit mit behördlicher Zustimmung und unter Beachtung der Rechtsvorschriften möglich, wird auf Daten aus diesen Emissionserklärungen (z. B. Angaben zu anlagenbezogenen Jahresemissionen) zugegriffen. Je nach Emittentenbereich lässt sich damit ein mehr oder minder großer Teil der Gesamtemissionen des Emittentenbereiches abdecken. Anlagenbezogene Daten einerseits und ergänzende produkt- bzw. prozessbezogene Daten andererseits müssen dabei miteinander abgeglichen werden, um letztlich Doppelerfassungen von Emissionen zu vermeiden.

6.2 Bisherige Ansätze zur Abschätzung der Unsicherheiten berechneter Lösemittelmmissionen

Einfachere Ansätze zur Bewertung der Unsicherheiten berechneter Emissionen, welche im Hinblick auf die oben skizzierte Vielschichtigkeit auch auf den Bereich der Lösemittel-Emissionen anwendbar sind, basieren auf einer eher qualitativen bzw. vergleichenden Bewertung. So wird in /EEA96/ eine 5-stufige Bewertungsskala von Emissionsfaktoren mit folgenden Merkmalen ausgewiesen:

Stufe A

Wert basiert auf einer großen Zahl an Messungen an zahlreichen Anlagen, welche die Quellgruppe voll repräsentieren

Stufe B

Wert basiert auf einer großen Zahl an Messungen an zahlreichen Anlagen, welche einen großen Teil der Quellgruppe repräsentieren

Stufe C

Wert basiert auf einer Anzahl an Messungen an wenigen repräsentativen Anlagen, oder auf einer Experteneinschätzung auf der Grundlage verschiedener relevanter Fakten

Stufe D

Wert basiert auf einer einzelnen Messung oder auf einer Experteneinschätzung auf der Grundlage verschiedener relevanter Fakten und einiger Annahmen

Stufe E

Wert basiert auf einer Experteneinschätzung auf der Grundlage von Annahmen

Ähnliche Bewertungen werden auch den Daten zur Beschreibung des Umfangs emissionsrelevanter Aktivitäten (z. B. Produktionsdaten) zugeordnet. Die "mittlere Qualitätsstufe C" wird dabei vergeben, wenn es sich z. B. um offizielle Statistiken handelt. Andere Bewertungen werden dann relativ zu "C" vorgenommen, wobei präziser ermittelte Aktivitätsdaten entsprechend mit "A" oder "B" bewertet werden, während Aktivitätsdaten, die aus anderen Werten bzw. Ersatzindikatoren abgeleitet wurden, nach "D" oder "E" zugeordnet werden. Die Gesamtbewertung der aus Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten ermittelten Emissionen erfolgt dann nach dem in Tabelle dargestellten Schema.

Dieses Schema zielt zwar ursprünglich eher auf die Bewertung berechneter jährlicher Gesamtemissionen für eine Quellengruppe bzw. einen emissionsrelevanten Prozess ab, ließe sich sinngemäß aber auch auf die weiteren Arbeitsschritte zur Ermittlung zeitlich, räumlich und stofflich hochaufgelöster Emissionen übertragen. Eine quantitative Einordnung von Unsicherheiten ist damit jedoch nicht verbunden.

Tabelle 6.1: Gesamtbewertung berechneter Emissionen aus Kombinationen der Bewertungen von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

Kombination	Endfaktor	Kombination	Endfaktor	Kombination	Endfaktor
A - A	A	D - A	C	E - B	D
B - A	A	C - C	C	D - D	D
B - B	B	D - B	C	E - C	D
C - A	B	D - C	C	E - D	D
C - B	B	E - A	C	E - E	E

Eine grobe quantitative Indikation der Unsicherheiten von Aktivitätsdaten, Emissionsfaktoren sowie daraus ermittelter Emissionen wird in [RIVM 1997] vorgenommen, und zwar mit folgender Skalierung:

- geringe Unsicherheiten(10%)
- mittlere Unsicherheiten(50%)
- hohe Unsicherheiten(100%)
- sehr hohe Unsicherheiten(>100%)

In Klammern sind jeweils die Fehlerbandbreiten der ermittelten Werte angegeben. Auf globaler bzw. regionaler Ebene wird hierbei den Aktivitätsdaten, Emissionsfaktoren und Emissionsdaten im Lösemittelbereich eine mittlere Unsicherheit zugeordnet. Im Vergleich

dazu wird im Bereich der Verbrennung fossiler Energieträger den Aktivitätszahlen eine "geringe" Unsicherheit zugewiesen, den Emissionsfaktoren und damit auch den berechneten Emissionen jedoch auch eine "mittlere" Unsicherheit. Ergänzend wird in [RIVM 1997] aber auch darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse der Schätzungen von Unsicherheiten berechneter Emissionsdaten maßgeblich davon abhängen, welche Querschnitte hinsichtlich Raumbezug und Quellenbezug angesetzt werden.

6.3 Gesamtschätzung der Unsicherheiten berechneter Jahresemissionen aus Lösemittelanwendungen in Deutschland und Westeuropa

Wie bereits erwähnt stellt die Anwendung von organischen Lösemitteln und lösemittelhaltigen Erzeugnissen eine Quellgruppe dar, die hinsichtlich ihrer stofflichen sowie prozess- und anwendungstechnischen Vielfalt nicht mit anderen Quellgruppen vergleichbar ist. In Anbetracht dessen stellt sich zunächst die vordringliche Frage, inwieweit der gesamte Verbrauch und damit die Gesamtemissionen an flüchtigen organischen Lösemitteln auf Basis der heutigen Erkenntnis überhaupt vollständig abgeschätzt werden kann, d. h. ob gegebenenfalls weitere Anwendungsbereiche von Lösemitteln bislang gar nicht als solche erkannt sind.

Entsprechend der verfügbaren Datenlage kann dieser Frage zunächst am Beispiel Westeuropas nachgegangen werden. Die abgesetzte Frischwarenmenge an organischen Lösemitteln wird hier vom Zusammenschluss der europäischen Lösemittelhersteller (ESIG) für das Jahr 1993 mit 4,3 Mio. t angegeben. Die Frischwarenmenge ist näherungsweise gleichzusetzen der Summe aller Stoffausträge, d. h. in erster Linie der Emission in die Atmosphäre, ggf. auch den Einträgen in Wasser und Boden, sowie der Entsorgung (z. B. thermische Verwertung, Wiederaufbereitung und Export in Drittländer). Im Vergleich dazu werden die entsprechenden Lösemittel-Emissionen im Jahr 1994 gemäß der Emissionsdatenbasis CORINAIR auf insgesamt 3,6 Mio. t beziffert /EEA96/. Damit würden sich die angegebenen Emissionen in die Atmosphäre auf rund 84 % des angegebenen Frischwarenabsatzes belaufen. Unter Berücksichtigung der anderweitigen Stoffaustragspfade deutet dies auf eine plausible Übereinstimmung hin.

Nach dieser Grobeinschätzung erhebt sich nun die Frage, wie die Unsicherheiten von Lösemittel-Emissionsdaten für die einzelnen Teilbereiche (Anwendung verschiedener lösemittelhaltiger Erzeugnisse in verschiedenen Wirtschaftszweigen bzw. Anwendungsbereichen) zu bewerten sind.

6.4 Vorgehen zur detaillierten Abschätzung von Unsicherheiten

Aus dem vorangegangenen Abschnitt wird deutlich, dass die Ermittlung von Emissionen aus Lösemittelanwendungen vorrangig auf sogenannten Top-down-Ansätzen beruht. Bei den hierbei verwendeten Eingangsdaten handelt es sich vielfach um einzelne Werte, wie z. B. die Produktions- oder Außenhandelsmenge einer bestimmten Lackart, Emissionsangaben für eine immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlage, die monatlichen Nettoproduktionswerte eines Wirtschaftszweiges etc. Statistische Streuungsmaße lassen sich hierfür jedoch nur bestimmen, wenn das zur Ermittlung solcher Gesamt- oder Durchschnittswerte verwendete Zahlenmaterial oder zumindest damit vergleichbare Daten zur Verfügung stehen. Dies ist aber im Fall der Lösemittelanwendungen sehr häufig nicht gegeben. Damit sind hier die Möglichkeiten zur expliziten Quantifizierung von Unsicherheiten sehr stark limitiert. Die Bestimmung statistischer Streuungsmaße muss sich hier auf eine exemplarische Untersuchung einzelner Aspekte der Emissionsberechnung beschränken. Dies wird in den nachfolgenden Ausführungen zu einzelnen Verursacherbereichen von Lösemittel-Emissionen ausführlicher diskutiert.

Um trotz dieser Einschränkungen zumindest orientierende Aussagen über die Unsicherheiten berechneter Lösemittel-Emissionen treffen zu können, ist eine eher qualitativ ausgerichtete Betrachtungsweise zu entwickeln und anzuwenden. Das vorrangige Ziel ist dabei, zumindest eine relative Bewertung von Unsicherheiten im Lösemittelsektor zu ermöglichen. Um eine solche Bewertung transparent bzw. nachvollziehbar und - über die verschiedenen Quellgruppen hinweg - vergleichbar gestalten zu können, muss sie auf einem Bewertungsschema mit definierten Kriterien aufbauen. Anhand der im Folgenden aufgestellten Kriterien lassen sich Charakteristika der betrachteten Quellgruppen sowie die jeweiligen Eingangsdaten und deren methodische Verknüpfungen vergleichend bewerten:

- sektorale bzw. stoffliche Abgrenzbarkeit der betrachteten Quellgruppe
- Homogenität der betrachteten Quellgruppe
- Charakterisierung der Datengrundlage zur Emissionsberechnung:
- Verfügbarkeit von Detailuntersuchungen
- Eignung und Unschärfen von Eingangsdaten zur Beschreibung emissionsbestimmender Parameter
- Umfang und Eignung einzubeziehender Ersatzindikatoren
- Umfang und Plausibilität notwendiger Annahmen zur Vervollständigung der Datenbasis
- Bedeutung immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftiger Anlagen innerhalb der betrachteten Quellgruppe

Tabelle 6.2: Bewertungsskala und exemplarische Beschreibungen zur Einordnung der Unsicherheiten hochaufgelöster Emissionsberechnungen

Stufe	exemplarische Beschreibungen
1	Quellgruppen-Abgrenzung: keine Einschränkungen hinsichtlich sektoraler und stofflicher Abgrenzung Quellgruppen-Homogenität: Quellgruppe sehr homogen strukturiert Datengrundlage: keine Einschränkungen hinsichtlich Umfang, Qualität und Repräsentativität der Eingangsdaten, ggf. liegen umfangreiche Detailuntersuchungen vor Anlagen-/betriebsbezogene Daten: ggf. sind Emissionen weitestgehend aus anlagen-/betriebsbezogenen Daten ermittelbar
2	Quellgruppen-Abgrenzung: keine wesentlichen Einschränkungen hinsichtlich sektoraler und/oder stofflicher Abgrenzung Quellgruppen-Homogenität: Quellgruppe im Wesentlichen homogen strukturiert Datengrundlage: kaum Einschränkungen hinsichtlich Umfang, Qualität und Repräsentativität der Eingangsdaten, ggf. liegen Detailuntersuchungen vor Anlagen-/betriebsbezogene Daten: ggf. sind Emissionen zumindest in signifikantem Umfang aus anlagen-/betriebsbezogenen Daten ermittelbar
3	Quellgruppen-Abgrenzung: Einschränkungen hinsichtlich sektoraler und/oder stofflicher Abgrenzung Quellgruppen-Homogenität: Quellgruppe näherungsweise als homogen strukturiert anzusehen Datengrundlage: Umfang, Qualität und Repräsentativität der Eingangsdaten sind eingeschränkt, Detailuntersuchungen nicht verfügbar, Ersatzindikatoren sind einzubeziehen Anlagen-/betriebsbezogene Daten: ggf. sind Emissionen nur in geringerem Umfang aus anlagen-/betriebsbezogenen Daten ermittelbar
4	Quellgruppen-Abgrenzung: sektorale und/oder stoffliche Abgrenzung nur näherungsweise möglich Quellgruppen-Homogenität: Quellgruppe insgesamt sehr inhomogen strukturiert Datengrundlage: Datengrundlage weist signifikante Unzulänglichkeiten auf, die durch Ersatzindikatoren bzw. Annahmen nur bedingt zu beheben sind Anlagen-/betriebsbezogene Daten: ggf. sind Emissionen kaum aus anlagen-/betriebsbezogenen Daten ermittelbar
5	Quellgruppen-Abgrenzung: sektorale und/oder stoffliche Abgrenzung stützt sich auf grobe Annahmen Quellgruppen-Homogenität: Quellgruppe äußerst inhomogen strukturiert Datengrundlage: Datengrundlage weist gravierende Lücken und Unschärfen auf bzw. basiert weitestgehend auf Annahmen Anlagen-/betriebsbezogene Daten: Emissionen nicht aus anlagen-/betriebsbezogenen Daten ermittelbar

Die Reihenfolge der zuvor genannten Kriterien ist hier nicht als Rangordnung der Bedeutung zu verstehen. Für die Gesamteinschätzung der Unsicherheiten eines Rechenschrittes für eine bestimmte Quellgruppe ist nicht nur von Bedeutung, ob die Mehrzahl o.g. Kriterien eher im positiven Sinne (geringe Unsicherheiten) oder negativen Sinne (hohe Unsicherheiten) zu bewerten ist. Entscheidender kann vielmehr sein, ob bestimmte Kriterien in besonders ausgeprägtem Maße positiv bzw. negativ zu bewerten sind.

Angelehnt an Vorschläge der U.S. Environmental Protection Agency /EPA99/, die sinn gemäß unter anderem auch von der Europäischen Umweltagentur übernommen werden /EEA99/, wird zur eigentlichen Bewertung eine 5-stufige Skala definiert. Exemplarische Beschreibungen der einzelnen Stufen sind in Tabelle 6.2 wiedergegeben.

Konkrete Beispiele hinsichtlich der Anwendung der hier dargestellten Bewertungskriterien und Abstufungen finden sich in den nachfolgenden Abschnitten zu den jeweils betrachteten Quellgruppen.

6.5 Quellgruppen- bzw. produktbezogene Abschätzung von Unsicherheiten

Getrennt nach den wesentlichen Quellgruppen bzw. den verschiedenen Arten lösemittelhaltiger Erzeugnisse werden die jeweiligen Unsicherheiten der einzelnen Arbeitsschritte zur Abschätzung von Lösemittel-Emissionsdaten betrachtet und analysiert. Dies umfasst:

- die Ermittlung jährlicher NMVOC-Gesamtemissionen einer Quellengruppe,
- die Aufschlüsselung von NMVOC-Emissionsdaten nach Einzelkomponenten bzw. Stoffklassen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die quantitativen Unsicherheiten der einzelnen Berechnungsschritte untereinander, auch wenn sie der selben Stufe in der qualitativ ausgerichteten Bewertungsskala zugeordnet sind, nicht oder zumindest nicht notwendigerweise übereinstimmen. So dürften beispielsweise die Unsicherheiten in der Ermittlung jährlicher NMVOC-Gesamtemissionen einer Quellgruppe in Deutschland auf der Grundlage einer relativ guten Datenbasis in der Regel deutlich geringer sein als die Unsicherheiten der stofflichen Disaggregation dieser Emissionen. Eine direkte Vergleichbarkeit der Unsicherheiten der einzelnen Berechnungsschritte untereinander wäre nur im Falle einer expliziten Quantifizierung möglich. Miteinander vergleichbar sind vielmehr die innerhalb eines Berechnungsschrittes ausgewiesenen Bewertungen der Unsicherheiten für einzelne Emittentenbereiche.

6.6 Anstrichmittel und Verdünnungen

Unter den verschiedenen Produktgruppen lösemittelhaltiger Erzeugnisse kommt den Anstrichmitteln und Verdünnungen hinsichtlich der darin enthaltenen Lösemittelmengen die größte Bedeutung zu. Diese Produktgruppe ist vergleichsweise gut untersucht, d. h. über das statistische Zahlenmaterial hinaus kann auch auf Ergebnisse spezieller Untersuchungen über den Lösemiteleinsatz und die VOC-Emissionen aus der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen zurückgegriffen werden.

6.6.1 Ermittlung des Inlandsverbrauchs an Anstrichmitteln und Verdünnungen

Die Ermittlung des Verbrauchs an Anstrichmitteln und Verdünnungen lässt sich - wie bei anderen Produktverwendungen auch - anhand von Statistiken nur auf Bundesebene durchführen. Der Inlandsverbrauch ergibt sich dabei aus einer Verknüpfung von Produktionsstatistik und Warenaußenhandelsstatistik.

In der Produktionsstatistik werden immerhin rund 30 verschiedene Arten an Anstrichmitteln mit teilweise höchst unterschiedlichem durchschnittlichem Lösemittelgehalt ausgewiesen, so dass die in den produzierten Anstrichmitteln enthaltenen Lösemittelmengen recht detailliert ermittelt werden können. Gewisse Unschärfen ergeben sich bei diesem Rechengang jedoch aus dem Umstand, dass in der Warenaußenhandelsstatistik insge-

samt zwar auch 15 Produkt- bzw. Warenarten differenziert werden, eine Gegenüberstellung der einzelnen Positionen beider Statistiken jedoch nur über jeweils 7 zu bildende Gruppen durchgeführt werden kann. Der für die Emissionsberechnung ausschlaggebende Lösemittelgehalt der Anstrichmittel lässt sich demzufolge für den Inlandsverbrauch nur mit etwas höheren Unsicherheiten ermitteln als allein für die Produktion. Differenziert man z. B. bei den lösemittelhaltigen Lacken nur zwischen

- Low-Solid-Lacken,
- Medium-Solid-Lacken,
- High-Solid-Lacken,
- Wasserlacken,
- Pulverlacken,

so führt dies zu entsprechend höheren Bandbreiten des Gehaltes an organischen Lösemitteln innerhalb dieser Gruppen.

Beispielhaft zeigt Bild 6.1 ausgewertete Ergebnisse einer vom Statistischen Landesamt Baden-Württemberg durchgeführten Befragung von Lackanwendern /STaLa98/. Dargestellt ist hier die Bandbreite der Lösemittelgehalte für Wasserlacke sowie für High-, Medium- und Low-Solids, wobei die jeweilige Häufigkeit der entsprechenden Nennungen von Lackanwendern über dem in 5 %-Stufen angegebenen Lösemittelgehalt aufgetragen ist. Die Bandbreite der Unsicherheiten bewegt sich demzufolge in einer Größenordnung von 15 %.

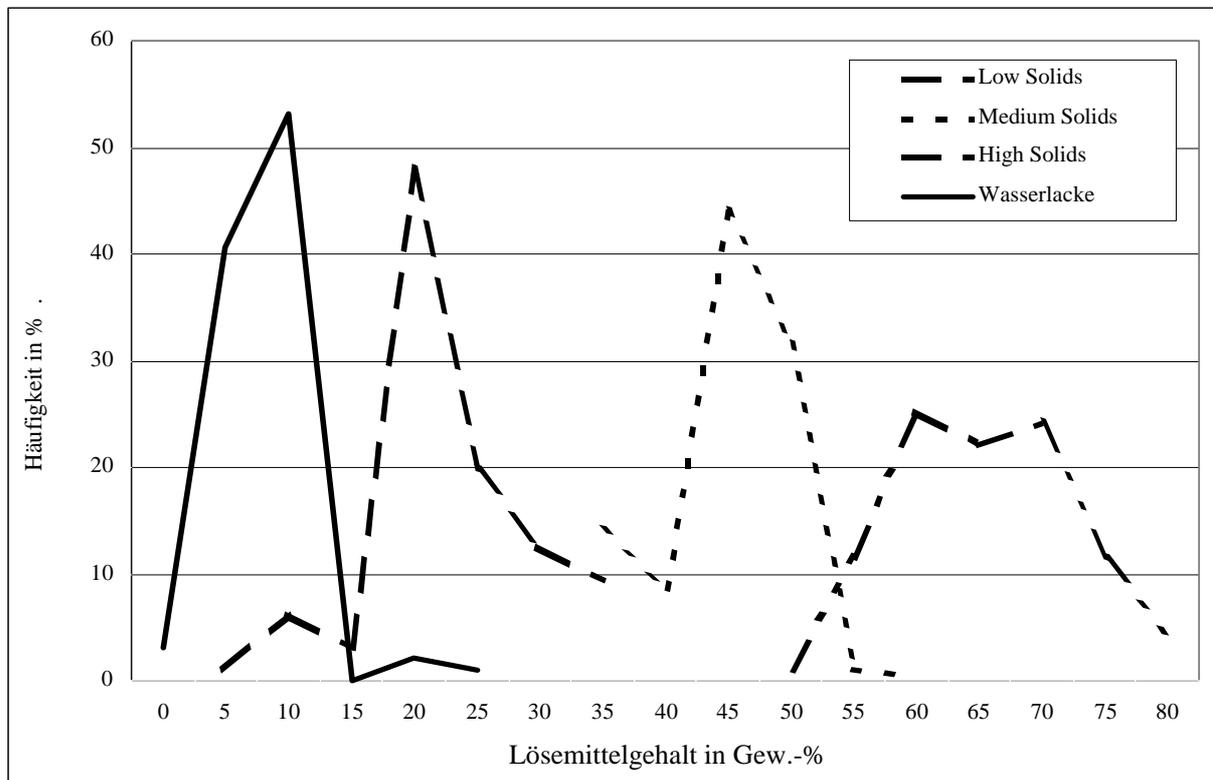


Bild 6.1: Bandbreite der Lösemittelgehalte verschiedener Lackarten

Hinweise auf gegebenenfalls größere Unsicherheiten in der Abschätzung des Lösemittelseinsatzes ergeben sich bei einer Analyse der neueren Entwicklung der jährlichen Produktion bzw. des Inlandsverbrauchs an Verdünnungen, wobei hier nicht die in den Anstrichmitteln bereits enthaltenen Lösemittel gemeint sind. Die Produktions- bzw. Inlandsverbrauchsmenge an Verdünnungen weist nämlich im Gegensatz zu den Anstrichmittelmengen in den letzten Jahren eine erhebliche Zunahme auf. So stieg die Verdünnerproduktion zwischen 1994 und 1997 um annähernd 80 %, während z. B. die Produktion konventioneller lösemittelhaltiger Lacke im genannten Zeitraum sogar um rund 5 % abnahm. Hierfür können verschiedene Ursachen maßgeblich sein, die teilweise auch Indizien für eine mit erheblichen Unsicherheiten behaftete statistische Erfassung von Verdünnermengen liefern.

In Expertenkreisen werden folgende Erklärungsmöglichkeiten diskutiert:

- 1 In Anbetracht der zunehmenden Verwendung von High-Solid-Lacken wäre es denkbar, dass diese häufiger unter Zugabe erhöhter Verdünnermengen auf die Konsistenz und Verarbeitungsfähigkeit konventioneller Low- und Medium-Solid-Lacke eingestellt werden.
- 2 Es liegen Hinweise dafür vor, dass die auf die Lackeinsatzmenge bezogene Verbrauchsmenge an Verdünnungen für Reinigungs- und Spülzwecke in den vergangenen Jahren zugenommen hat. Ursachen hierfür liegen in immer häufigeren Farbwechseln und einer zunehmenden Automatisierung von Lackieranlagen, wobei der spezifische Einsatz an Reinigungs- und Spülverdünnern in automatisierten Anlagen oftmals weit über dem Einsatz bei der manuellen Applikation liegt.
- 3 Es ist denkbar, dass die in früheren Produktionsstatistiken ausgewiesenen Verdünnermengen signifikant unterschätzt wurden, und zwar aus dem Grund, dass ggf. nicht unerhebliche Mengen an Verdünnungen von Kleinbetrieben mit weniger als 20 Beschäftigten produziert (bzw. abgefüllt) wurden. Die Produktion solcher Kleinbetriebe wird in der Produktionsstatistik jedoch nicht erfasst. Durch eventuelle Übernahmen von Kleinbetrieben durch bereits berichtspflichtige größere Betriebe könnte in den letzten Jahren eine vollständigere Erfassung des gesamten Produktionsumfangs eingetreten sein.
- 4 Gegebenenfalls werden die im Rahmen von Beschichtungsprozessen benötigten Verdüner (zur Farbverdünnung, Entfettung, Vorreinigung, Geräte- und Anlagenreinigung) im Zuge verstärkter angebotener Komplettlösungen zunehmend von Lackherstellern bezogen, während in früheren Jahren eventuell eher auf (preisgünstigere) Standardlösemittel zurückgegriffen wurde, welche in der Produktionsstatistik gar nicht als Farbverdünnungen geführt bzw. gemeldet werden.

Die unter Punkt 1 und Punkt 2 genannten Argumente deuten auf eine tatsächliche Erhöhung des Lösemittel- bzw. Verdünnereinsatzes hin, während die Punkte 3 und 4 nur in einer scheinbaren Erhöhung der jährlichen Einsatzmengen im betrachteten Zeitraum resultieren würden. Unterstellt man, dass die Emissionen in 1994 und früheren Jahren um den Betrag des danach erfolgten drastischen Anstiegs unterschätzt wurden, so würde dies, bezogen auf die Gesamtemissionen aus der Verwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen, einer Abweichung gegenüber der eigentlichen Emissionsmenge von rund 25 % gleichkommen.

6.6.2 Zuordnung des Produktverbrauchs und der Emissionen zu Anwendungsbereichen

Im Hinblick auf die räumliche Disaggregation der für das Gesamtgebiet Deutschlands ermittelten Lösemittel-Verbrauchsmengen und -Emissionen ist es notwendig, den Gesamteinsatz an Anstrichmitteln und Verdünnungen auf die wesentlichen Wirtschaftszweige und sonstige Anwendungsbereiche zu verteilen. Auf diese Weise kann vorhandenen regionalen Unterschieden z. B. in der Zusammensetzung der Betriebe im Verarbeitenden

Gewerbe bzw. regionalen Schwerpunkten einzelner Wirtschaftszweige bei der Emissionsermittlung Rechnung getragen werden. Detailuntersuchungen zu den Verbrauchsmengen und Emissionen in Deutschland nach hauptsächlichen Anwendungsbereichen von Anstrichmitteln und Verdünnungen stehen aus /VCI97a/ zur Verfügung. Mit welchen Unsicherheiten die dort vorgenommenen Zuordnungen nach einzelnen Wirtschaftszweigen behaftet sind, ist nicht näher bekannt.

6.6.3 Stoffliche Aufgliederung von VOC-Gesamtemissionen

Umfangreichere Angaben über die Zusammensetzung der in Anstrichmitteln und Verdünnungen enthaltenen Lösemittel finden sich in /Bräutigam92//diese Studie/, wobei zwischen Industrielacken auf der einen Seite und Anstrichmitteln für den Maler- und Do-it-yourself-Bereich auf der anderen Seite unterschieden wird. Die Fehlerbandbreiten dieser Literaturangaben lassen sich nicht quantifizieren. Jedoch ist zu beachten, dass neuere Entwicklungen z. B. im Bereich der wasserverdünnbaren Lacke und daraus ggf. resultierende Veränderungen hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der in neuen Lacksystemen enthaltenen organischen Lösemittel in der zitierten Datengrundlage nicht berücksichtigt sind. Wenngleich es sich bei den Daten aus /Bräutigam92/ um Ergebnisse umfangreicherer Detailuntersuchungen handelt, ist ihre Aktualität damit nicht mehr uneingeschränkt gegeben. Die in Emissionserklärungen für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Lackieranlagen enthaltenen Angaben zu VOC- bzw. NMVOC-Emissionen umfassen vielfach keine oder lediglich bruchstückhafte Informationen zur chemischen Zusammensetzung. Eine Verbesserung der komponentenbezogenen Datengrundlage ist damit häufig nicht zu erzielen.

6.6.4 Gesamteinschätzung der Unsicherheiten

Auf der Grundlage der vorstehenden Abschnitte soll eine Einordnung der Unsicherheiten von Berechnungen jährlicher Gesamtemissionen aus dem Einsatz von Anstrichmitteln und Verdünnungen in Deutschland sowie von nachgeordneten Disaggregationsschritten erfolgen. Tabelle 6.3 fasst entsprechende Einschätzungen zusammen, die nachfolgend noch zu diskutieren bzw. zu erläutern sind.

Bei der Ermittlung von Jahreswerten der NMVOC-Gesamtemission aus der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen kann - insgesamt gesehen - von einer vergleichsweise guten Datenbasis ausgegangen werden, d. h. die Unsicherheiten bewegen sich noch auf relativ niedrigem Niveau. Emissionen aus der Applikation von Anstrichmitteln sind Gegenstand verschiedener Detailuntersuchungen, und damit recht gut dokumentiert. Nachteilig macht sich die eingangs beschriebene Problematik in der Quantifizierung des Verdünnereinsatzes bemerkbar, so dass eine bessere Bewertung nicht gerechtfertigt

erscheint. Hinsichtlich einer Aufschlüsselung der Jahresemissionen nach einzelnen Anwendungsbereichen ist zu vermerken, dass es sich bei der Kfz-Serienlackierung (dies beinhaltet nicht die Zulieferindustrie) und - nach derzeitigem Kenntnisstand - auch bei der Bandbeschichtung quasi ausschließlich um immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Lackieranlagen handelt, für die anlagenbezogene Emissionsdaten aus Emissionserklärungen zur Verfügung stehen. Belastbares Zahlenmaterial steht auch für den seit Jahren sehr umfangreich untersuchten und recht homogen strukturierten Bereich der Kfz-Reparaturlackierung zur Verfügung. Wie schon aus Tabelle 6.3 andeutungsweise hervorgeht, sind auch die Unsicherheiten jährlicher Emissionswerte für die Holzverarbeitung und den Maschinenbau als vergleichsweise gering einzustufen.

Tabelle 6.3: Einordnung der Unsicherheitsbandbreiten berechneter NMVOC-Emissionen aus dem Einsatz von Anstrichmitteln und Verdünnungen nach Anwendungsbereich

Anwendungsbereiche	Unsicherheitsbandbreiten		Anteile anEmission
	Jahreswert	VOC-Profil	
Holzverarbeitung	2	3	6,0 %
Kfz-Serienlackierung	1	2	3,8 %
Kfz-Rep.lackierung/Nutzfahrzeuge	1	3	2,0 %
Maschinenbau	2	3	4,9 %
EBM-Waren	3	3	2,2 %
Elektrotechnik	3	3	1,9 %
Bandbeschichtung	1	2	0,2 %
Kunststoffverarbeitung	3	3	1,8 %
Baugewerbe	3	3	2,8 %
sonstige industr./gewerbl. Bereiche	3	3	11,3 %
Haushalte	3	3	1,4 %
Anstrichmittel/Verdünnungen (Gesamtbewertung)	2-3	3	38,2 %

Auf die für die Quellengruppe Anstrichmittel und Verdünnungen grundsätzlich verfügbare Datenbasis zur Aufschlüsselung des Lösemittleinsatzes und der Emissionen nach VOC-Komponenten wurde bereits hingewiesen. Mit /Bräutigam92/ stehen hier zwar Ergebnisse einer nach Industrielacken und Lacken für den Maler-/Heimwerkerbereich gegliederten Detailuntersuchung zur Verfügung., allerdings beschreiben diese Ergebnisse die Situation Mitte bis Ende der 80iger Jahre. Der Zusammensetzung neuer Lacksysteme, die seither - in begrenztem Umfang - an Bedeutung gewonnen haben, wird damit ggf. nur unzureichend Rechnung getragen. Ebenfalls nur in begrenztem Umfang können Informationen aus Emissionserklärungen zur Verbesserung der Datenlage herangezogen werden, da häufig keine oder nur sehr grobe stoffliche Spezifikation der emittierten Komponenten ausgewiesen wird. Auch ist generell zu vermerken, dass auf Seiten der Lackanwender vielfach keine präzise Kenntnis der Zusammensetzung der flüchtigen Lackinhaltsstoffe vorhanden ist (abgesehen z. B. von Informationen, die aus der Kennzeichnungspflicht bestimmter Inhaltsstoffe abzuleiten sind). Zudem weisen auch Lackhersteller darauf hin, dass die Zusammensetzung der Lösemittel in den einzelnen Produkten von

Charge zu Charge durchaus Schwankungen aufweisen kann. Hinsichtlich der vorhandenen Daten und Informationen liegen damit keine näheren Anhaltspunkte vor, die ein differenzierteres Ranking der Unsicherheitsbandbreiten je Anwendungsbereich nahelegen würden.

Fasst man die Einordnungen von Unsicherheiten der Ermittlung hochaufgelöster Emissionen für die einzelnen Anwendungsbereiche von Anstrichmitteln und Verdünnungen - nach Emissionsanteilen gewichtet - zusammen, so ist der Ermittlung von Jahresemissionen eine relativ geringe Unsicherheit zuzuordnen, während die Datenbasis zur stofflichen Disaggregation insgesamt ein höheres Maß an Unsicherheiten aufweist.

6.7 Oberflächenbehandlung

Dem Stichwort Oberflächenbehandlung wird hier der industrielle/gewerbliche Einsatz von Entfettungs- und Reinigungsmitteln, Abbeizmitteln sowie Textilreinigungsmitteln zugeordnet.

6.7.1 Ermittlung des Inlandsverbrauchs

Die Ermittlung der Emissionen aus der Anwendung von Entfettungs- und Reinigungsmitteln, die vorrangig in der Metallverarbeitung sowie in geringerem Umfang in der Kunststoffverarbeitung und im Bereich der Feinoptik eingesetzt werden, ist insofern ein Problem, als sich der Inlandsverbrauch nicht aus verfügbaren statistischen Daten ableiten lässt. Dasselbe gilt für den Einsatz von Chemikalien zum Entfernen von Farben und Lacken sowie zur Textilreinigung. Weder in der Produktions- noch in der Außenhandelsstatistik werden die in diesen Quellgruppen eingesetzten chemischen Erzeugnisse explizit ausgewiesen.

Somit können Abschätzungen des Stoffeinsatzes und der Emissionen nur über die Auswertung vorhandener Literaturangaben bzw. anderweitig durchgeführter Detailuntersuchungen vorgenommen werden, wobei zwischen Chlorkohlenwasserstoffen einerseits und sonstigen VOC andererseits unterschieden wird (siehe z. B. /Nader98/ /Enquete94/). Der Bereich Chlorkohlenwasserstoffe kann im Hinblick auf die 2. BImSchV als vergleichsweise detailliert untersucht angesehen werden, während Abschätzungen des - gesetzlich nicht direkt geregelten - Einsatzes und der Emission von Kohlenwasserstoffen und oxidierten Kohlenwasserstoffen mit deutlich größeren Unsicherheiten behaftet sein dürften. Nach erfolgter Umsetzung der 2. BImSchV spielen dabei letztgenannte Substanzen bei der Metallentfettung eine mengenmäßig größere Rolle als die Chlorkohlenwasserstoffe, so dass die Unsicherheitsbandbreiten hier eher als überdurchschnittlich einzuordnen sind. Hingegen spielen bei der Textilreinigung CKW immer noch eine dominierende Rolle.

6.7.2 Zuordnung des Produktverbrauchs und der Emissionen zu Anwendungsbereichen

Die insbesondere für die Regionalisierung der Emissionen bedeutsame Zuordnung der Gesamtemissionen auf einzelne Wirtschaftszweige bzw. Anwendungsbereiche (insbesondere im Bereich metallverarbeitender Branchen) stützt sich im Falle der Entfettungs- und Reinigungsmittel auf eine dem branchenbezogenen Aufkommen an CKW-haltigen und CKW-freien Lösemittelabfällen proportionale Verteilung. Dieses methodische Vorgehen wird in /Obermeier95a/ näher beschrieben. Die branchenbezogene Disaggregation der Abbeizmittel-Verwendung erfolgt proportional zum entsprechenden Lackeinsatz in den jeweiligen Branchen bzw. Anwendungsbereiche, wobei die diesem Ansatz zugrunde liegenden Annahmen eine sehr grobe Näherung darstellen dürften. Da chemische Reinigungen einen eigenen Wirtschaftszweig bilden, ist hier keine weitere branchenbezogene Disaggregation von Gesamtverbrauch bzw. Emission durchzuführen.

6.7.3 Stoffliche Aufgliederung

Die Anteile einzelner CKW am Gesamteinsatz chlorierter Kohlenwasserstoffe in den hier besprochenen Quellgruppen sind relativ genau bekannt. Weniger detailliert stellt sich demgegenüber der Kenntnisstand über die Zusammensetzung der CKW-freien Komponenten dar. Daraus resultieren für den Bereich Entfettungs- und Reinigungsmittel überdurchschnittliche Unsicherheiten in der stofflichen Disaggregation, in der Textilreinigung hingegen relativ geringe Fehlerbandbreiten.

6.7.4 Gesamteinschätzung der Unsicherheiten

Fügt man die in den vorangegangenen Abschnitten diskutierten Aspekte zu einem Gesamtbild zusammen, so ergibt sich die in Tabelle 6.4 dargestellte qualitative Einschätzung der Unsicherheiten von Jahresemissionen sowie deren stofflicher Disaggregation. Bei den mengenmäßig bedeutsamsten Emissionen aus Entfettungs- und Reinigungsmitteln treten insgesamt die höchsten Unsicherheiten auf, wodurch auch das Gesamtergebnis der Quellgruppe Oberflächenbehandlung geprägt wird. In der Textilreinigung, deren Emissionsrelevanz nach Umsetzung der 2. BImSchV deutlich abgenommen hat, finden sich hingegen die insgesamt kleinsten Fehlerbandbreiten.

Tabelle 6.4: Einordnung der Unsicherheitsbandbreiten berechneter NMVOC-Emissionen aus der Oberflächenbehandlung

Anwendungsbereiche	Unsicherheitsbandbreiten		Anteile an Emission
	Jahreswert	VOC-Profil	
Entfettungs- und Reinigungsmittel	4	4	5,2 %
Abbeizmittel	3	3	1,1 %
Textilreinigung	2	2	0,4 %
Oberflächenbehandlung (Gesamtbewertung)	4	4	6,7 %

6.8 Sonstige Emittentenbereiche

Mit den bislang diskutierten Emittentenbereichen der Anstrichmittel und der Oberflächenbehandlung sind rund 45 % der NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von organischen Lösemitteln abgedeckt. Die restlichen Emissionen verteilen sich auf eine ganze Reihe weiterer Quellsektoren, für die jedoch keine ausreichende Datengrundlage für statistische Fehlerbetrachtungen zur Verfügung steht. Zur besseren Vergleichbarkeit relativer Unsicherheiten werden die einzelnen Rechenschritte sowie die jeweilige Eingangsdatenbasis zur Ermittlung von Emissionsdaten für alle Quellsektoren im Folgenden zusammenfassend erörtert und bewertet.

Die in Tabelle 6.5 ausgewiesenen Quellsektoren umfassen rund 97 % der neben Lackierung und Oberflächenbehandlung anfallenden Emissionen. Weitergehende Erläuterungen zu den in Tabelle 6.5 ausgewiesenen Bewertungen der Unsicherheitsbandbreiten finden sich in den darauffolgenden Abschnitten.

Tabelle 6.5: Einordnung der Unsicherheitsbandbreiten berechneter NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von org. Lösemitteln (ohne Lackierung und Oberflächenbehandlung)

Quellsektoren	Unsicherheitsbandbreiten		Anteile an Emission
	Jahreswert	VOC-Profil	
Konsumgüter im Haushalt	3	2	12,3 %
Druckfarben- u. Druckhilfsmittel	2	2	9,9 %
Kunststoffverarbeitung	4	3	9,1 %
Betonzusatzmittel u. ä.	3	4	5,5 %
Kühlschmierstoffe	3	4	3,4 %
Chemische Industrie	2	5	2,6 %
Klebstoffe	2	2	2,4 %
Holzschutzmittel	4	4	1,9 %
Asphaltherstellung u.- verarbeitung	4	4	0,9 %
wissenschaftliche Laboratorien	5	5	0,9 %
Kfz Unterbodenschutz/Konservierung	4	4	0,9 %
Treibgase in Spraydosen	3	2	0,7 %
Extraktion von Fetten u. Ölen	2	1	0,7 %
Lösemittelanwendung, ohne Lackierung und Oberflächenbehandlung (Gesamtbewertung)	3	3	53,2 %

6.8.1 Ermittlung von Jahresemissionen

Die Ermittlung der jährlichen NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Druckfarben und Druckhilfsmitteln, Klebstoffen, sowie aus Produktionsprozessen in der Chemischen Industrie und bei der Fett- bzw. Ölextraktion kann sich jeweils auf eine Datengrundlage überdurchschnittlicher Qualität stützen. Für die beiden erstgenannten Bereiche stehen Ergebnisse umfangreicherer Detailuntersuchungen zur Verfügung (siehe /VC197a/). Hingegen ist im Falle der Produktionsprozesse in der Chemischen Industrie sowie insbesondere auch bei der Extraktion von Fetten und Ölen davon auszugehen, dass die auftretenden Emissionen zum weit überwiegenden Teil durch Daten aus Emissionserklärungen erfasst sind.

Für die den Konsumgütern zugeordneten Erzeugnisarten stehen zwar ausführliche Daten zum jeweiligen mittleren Lösemittelgehalt zur Verfügung. Die Genauigkeit der Emissionsabschätzungen wird jedoch dadurch reglementiert, dass der Warenaußenhandel von Erzeugnisarten mit z. T. sehr unterschiedlichem Lösemittelgehalt nur in aggregierter Form berücksichtigt werden kann. Zudem ergeben sich teilweise Abgrenzungsprobleme zu den ebenfalls in Tabelle 6.5 ausgewiesenen Treibgasanwendungen in Spraydosen. Die Einsatzmengen an Treibmitteln in Haarsprays und anderen Körperpflegemitteln, sonstigen Pflegemitteln, Lacksprays etc. sind zwar dokumentiert, jedoch ist die Vermeidung von Überschneidungen bzw. Doppelzählungen im Konsumgüterbereich, im Anstrichmittelbereich usw. nicht zweifelsfrei gewährleistet. So können Treibmittel in Spraydosen z. B. gleichzeitig als Lösungsvermittler fungieren. Eher durchschnittliche Unsicherheitsband-

breiten sind auch den Betonzusatzmitteln sowie Kühlschmierstoffen zuzuordnen, wobei hier Literaturangaben zu Emissionsanteilen bzw. mittlerem Lösemittelgehalt teilweise als Anhaltswerte zu interpretieren sind.

Signifikante Datenlücken bzw. erhöhte Unsicherheiten von Emissionsabschätzungen treten zumindest in Teilbereichen der Kunststoffverarbeitung auf. Größere Anlagen zur Beschichtung von Materialien mit Kunststofflösungen sowie zur Kunststoffverarbeitung (z. B. Polyesterharze, Epoxidharze, Kunststoff/Weichmacher-Gemische, Polyurethan-Verschäumung) sind zwar gemäß dem Anhang zur 4. BImSchV immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig, so dass ein Teil der Emissionen durch Auswertung von Daten aus Emissionserklärungen erfasst werden kann. Allerdings gestaltet sich der notwendige Abgleich dieser betriebs- bzw. anlagenbezogenen Daten mit den ergänzenden flächenhaften Berechnungen auf statistischer Datenbasis schwierig, da Art und Umfang der in der Verarbeitung gehandhabten Stoffe häufig nur unspezifisch und offensichtlich unvollständig wiedergegeben sind. Zudem berücksichtigen die vorliegenden Emissionsfaktoren die z. T. beträchtlichen Unterschiede im Emissionsverhalten verschiedener Prozesse nicht oder nur in sehr aggregierter Form.

Letztlich basieren die Emissionsdaten für wissenschaftliche Laboratorien allein auf Angaben bzw. Emissionsfaktoren in /INFRAS94/, wobei es sich hier jeweils um grobe Abschätzungen der jährlichen Emissionen je Arbeitsplatz handelt, basierend auf stichprobenhaften Umfragen in verschiedenen Schweizer Kantonen sowie Auswertungen von Literaturdaten.

Führt man die Einzelbewertungen anhand einer mengenmäßigen Gewichtung zusammen, so ergeben sich als rechnerischer Mittelwert Unsicherheiten, die als durchschnittlich einzuordnen sind. Ein solches Ergebnis kann freilich nicht als Resultat einer statistischen Fehlerrechnung interpretiert werden. Es soll lediglich als Orientierungshilfe in der Zusammenführung von Einzelbewertungen dienen.

6.8.2 Stoffliche Disaggregation von NMVOC-Emissionen

Die Aufschlüsselung von Lösemittel-Emissionen nach Einzelsubstanzen oder Stoffklassen (z. B. entsprechend der chemischen Struktur der Verbindungen in Alkane, Aromaten, Alkohole etc.) erfolgt anhand von Angaben über die Zusammensetzung der Lösemittel bzw. die flüchtigen Inhaltsstoffe lösemittelhaltiger Erzeugnisse. Stoffliche Veränderungen durch chemische Reaktionen finden in der Regel nicht statt.

Die hier vorgenommene Bewertung der Unsicherheiten in der stofflichen Disaggregation von NMVOC-Gesamtemissionen zielt weniger auf die Ermittlung von Einzelkomponenten ab, sondern vielmehr auf die Ausweisung von Stoffklassen, wie sie als Input für gängige

Chemiemodule in Chemie-Transport-Modellen benötigt werden. Als Beispiel sei hier die Einteilung in insgesamt 32 Stoffklassen gemäß /MIDDLETON90/ herangezogen, die u.a. als Basis zur Zusammenstellung von NMVOC-Eingabedaten für das häufiger verwendete RADM2.0-System genutzt werden kann.

Bei der Extraktion von pflanzlichen Fetten und Ölen wird nach heutigem Kenntnisstand ausschließlich n-Hexan verwendet, so dass hier keine Unsicherheiten in der stofflichen Zuordnung der NMVOC-Emissionen zu erwarten sind. Eine relativ gute Datengrundlage ist auch in den Bereichen Konsumgüter (unterteilt nach Körperpflegemitteln, Putz- und Pflegemitteln sowie Seifen und Waschmitteln), Druckfarben und Druckhilfsmittel, Klebstoffe und Treibgase zu konstatieren.

In der Kunststoffverarbeitung ist dies nur teilweise der Fall, und zwar bei der Verschäumung, wo z. B. EPS-Schaumstoff nahezu ausschließlich mit n-Pentan und i-Pentan hergestellt wird. In anderen Bereichen der Kunststoffverarbeitung liegen demgegenüber weitaus weniger konkrete Hinweise auf die Zusammensetzung der NMVOC-Emissionen vor, so dass die Datenlage insgesamt in diesem Emittentenbereich eher als durchschnittlich zu bewerten ist.

In anderen Bereichen, wie z. B. bei Bautenschutz- und Holzschutzmitteln, bei Kühlschmierstoffen, Kfz-Unterbodenschutz und Transportkonservierungen lässt die derzeit verfügbare Datenbasis kaum eine explizite Aufschlüsselung nach Einzelkomponenten zu. Basierend auf Hinweisen zu den Anteilen der wesentlichen Stoffgruppen können häufig lediglich Annahmen über die in jeder Stoffgruppe vorrangig vorkommenden Spezies getroffen werden, so dass mit erhöhten Unsicherheiten auch bei der Bildung von z. B. 32 VOC-Stoffklassen zu rechnen ist.

Letztlich sind die in der Chemischen Industrie sowie auch in wissenschaftlichen Laboratorien ablaufenden Prozesse hinsichtlich der NMVOC-Emissionen und ihrer Zusammensetzung durch ein ausgesprochen hohes Maß an Inhomogenität geprägt. Die Formulierung eines für diese Quellengruppen spezifischen VOC-Profiles ist daher kaum möglich bzw. mit äußerst hohen Unsicherheiten verbunden. Der Umstand, dass ein wesentlicher Teil der Emissionen aus der Chemischen Industrie über die Einbeziehung von Daten aus Emissionserklärungen erfasst wird, kann dieses Defizit nur ansatzweise beheben. Dies liegt wiederum daran, dass VOC-Emissionen in den Emissionserklärungen vielfach nicht als Einzelkomponenten ausgewiesen werden, sondern nur summarisch als "organische Komponenten", "Lösungsmittel" etc.

Eine gewichtete Zusammenführung der Einzelbewertungen führt im Falle der stofflichen Disaggregation zu Unsicherheiten, die als durchschnittlich zu bewerten sind. Dabei ist nochmals zu betonen, dass als Bewertungsmaßstab hier die auf den Einsatz von Chemie-Transport-Modellen orientierte Bildung bestimmter Speziesklassen herangezogen wird. Die Unsicherheiten in der Ausweisung von Einzelstoffen sind in der Regel als noch größer zu beurteilen.

6.9 Zusammenfassung bezüglich der Unsicherheiten Lösemittel-Emissionen

In Tabelle 6.6 sind die 5 wichtigsten Quellgruppen, die zusammen einen Anteil von mehr als 75 % der gesamten Lösemittel-Emissionen verursachen, sowie die übrigen Emittentenbereiche in zusammenfassender Form nochmals ausgewiesen.

Die Datenbasis zur Ermittlung stofflich aufgelöster Jahresemissionsdaten stellt sich für die Anwendung von Druckfarben und Druckhilfsmitteln als die belastbarste dar. Es folgen die Anstrichmittel und Verdünnungen sowie die Konsumgüter für den Haushaltsbereich. Auch die unter "sonstige Emittentenbereiche" zusammengefassten Quellen weisen insgesamt noch eine zufriedenstellende Eingangsdatenbasis auf. Die höchsten Unsicherheiten liegen hier in der Spezifizierung der VOC-Komponenten begründet. An letzter Stelle dieser Rangliste stehen die Kunststoffverarbeitung sowie die Oberflächenbehandlung mit überdurchschnittlichen Unsicherheiten in nahezu allen Schritten der Emissionsberechnung.

Tabelle 6.6: Einordnung der Unsicherheitsbandbreiten berechneter NMVOC-Emissionen aus den mengenmäßig bedeutsamsten Quellgruppen

Quellsektoren	Unsicherheitsbandbreiten		Anteile an Emission
	Jahreswert	VOC-Profil	
Anstrichmittel und Verdünnungen	2-3	3	38,3 %
Konsumgüter im Haushalt	3	2	12,3 %
Druckfarben- u. Druckhilfsmittel	2	2	9,9 %
Kunststoffverarbeitung	4	3	9,1 %
Oberflächenbehandlung	4	4	6,7 %
sonstige Emittentenbereiche	3	4	23,7 %
Lösemittelanwendung (Gesamtbewertung)	3	3	100,0 %

Fasst man alle unter dem Begriff "Anwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Erzeugnissen" subsumierten Emittentenbereiche zusammen, und zwar gewichtet nach ihren jeweiligen Emissionsanteilen, so ergeben sich insgesamt Unsicherheiten, die als durchschnittlich einzuordnen sind. Dies trifft auf die Datengrundlage zur Ermittlung von Jahreswerten der Emission zu, sowie auch auf die zur Verfügung stehenden Daten zur Aufschlüsselung von NMVOC nach Stoffgruppen.

Eine Überführung der im Lösemittelsektor vorgenommenen qualitativen Bewertungen der Unsicherheiten von Emissionsberechnungen in quantitative Bewertungen, wie dies z. B. in /RIVM97/ vorgenommen wurde, kann lediglich einen orientierenden Charakter haben. Jedoch kann zumindest ein Eindruck über die Größenordnung der zu erwartenden Unsicherheiten vermittelt werden.

Angelehnt an die in /RIVM97/ vorgeschlagene Skalierung sowie unter Abwägung der in Expertengesprächen zusammengetragenen groben Einschätzungen der Unsicherheiten verschiedener Eingangsdaten, werden der gebildeten 5-stufigen qualitativen Bewertungsskala näherungsweise die in Tabelle 6.7 angegebenen Unsicherheitsbandbreiten zugeordnet.

Tabelle 6.7: Zuordnung geschätzter Unsicherheitsbandbreiten zu den im Lösemittelsektor verwendeten qualitativen Bewertungsstufen

Bewertungsstufe	geschätzte Bandbreite der Variationskoeffizienten
1	bis 15 %
2	± 15 % bis 30 %
3	± 30 % bis 50 %
4	± 50 % bis 100 %
5	über 100 %

Diese Zuordnung beinhaltet somit eine nicht-lineare Abstufung der Bewertungsskala. In den bisher durchgeführten Gesamtbewertungen für die Bereiche Lackanwendung, Oberflächenbehandlung, sonstige Lösemittelanwendungen, sowie in der zusammenfassenden Bewertung des gesamten Lösemittelsektors ist eine solche Nicht-Linearität - d. h. eine überproportionale Zunahme der Unsicherheitsbandbreiten in Richtung auf das untere Ende der Bewertungsskala - nicht berücksichtigt. Dies erscheint auch gerechtfertigt, da z. B. die Unsicherheiten der Gesamtemissionen aus der Anwendung von Anstrichmitteln und Verdünnungen tendenziell niedriger liegen als die Unsicherheiten der nach Anwendungsbereichen disaggregierten Emissionen. Da die Emission nicht kleiner Null werden kann, kann auch die untere Grenze der Unsicherheitsbandbreite einen relativen Wert von - 100 % nicht unterschreiten. Das bedeutet, in Bewertungsstufe 5 liegt in jedem Fall eine linkssteile Verteilung vor.

Gemäß Tabelle 6.7 ergibt sich damit für die Unsicherheit der berechneten NMVOC-Jahresemission aus der Anwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Erzeugnissen eine Bandbreite des Variationskoeffizienten zwischen ± 30 % und 50 %. Beim gegenwärtigen Kenntnisstand erscheint diese Bandbreite realistisch, zudem deckt sie sich mit der Einschätzung in [RIVM 1997].

Eine sehr breite Streuung weisen die Unsicherheiten der stofflichen Disaggregation von NMVOC-Gesamtemissionen für die verschiedenen Emittentenbereiche bzw. Anwendungsbereiche von Lösemitteln auf. Die gemäß Tabelle 33 ausgewiesene geschätzte Bandbreite des Variationskoeffizienten zwischen $\pm 30\%$ und 50% kann diesem Umstand sicherlich nicht Rechnung tragen. Wiederum ist festzuhalten, dass die Zusammensetzung der NMVOC-Emissionen für die mengenmäßig bedeutendsten Anwendungsbereiche von Lösemitteln detaillierter bekannt ist, als dies für eine Reihe weiterer, kleinerer Anwendungsbereiche der Fall ist.

Zusammenfassend kann damit die Feststellung getroffen werden, dass stofflich aufgelöste Daten über jährliche NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Erzeugnissen mit etwas höheren Unsicherheiten behaftet sind als die für den Straßenverkehr ermittelten Unsicherheiten /Kühlwein99/. Geht man davon aus, dass die fehlerbehafteten Größen nicht korrelieren, so ergibt sich für die Emissionsdaten - rein rechnerisch - eine Bandbreite des Variationskoeffizienten, die von $\pm 72\%$ bis $+ 164/- 100\%$ reicht. Unterstellt man demgegenüber, dass die fehlerbehafteten Größen korrelieren, d. h. voneinander abhängig sind, so würde sich die Gesamtbandbreite des Variationskoeffizienten nahezu verdoppeln. Bei realistischer Einschätzung ist anzunehmen, dass sich die Gesamtbandbreite des Variationskoeffizienten zwischen diesen beiden Fällen bewegt.

7 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen für das Bezugsjahr 1994 in Deutschland ermittelt, Methoden zur Fortschreibung entwickelt und auf das Bezugsjahr 1996 angewendet. Die Verbrauchsmengen an Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten wurden mit Hilfe eines produktbezogenen Ansatzes ermittelt. Die ermittelten Inlandsverbräuche wurden mit Hilfe eines lösemittelbezogenen Ansatzes auf Plausibilität geprüft. Die Abweichungen beider Abschätzungen voneinander betragen, abhängig von der betrachteten Stoffklasse, höchstens 15 %. Dies ist im Rahmen der zur Verfügung stehenden Abschätzungsmethoden ein zufriedenstellendes Ergebnis und bestätigt die über den produktbezogenen Ansatz ermittelten Ergebnisse. Darüber hinaus wurden im Rahmen dieser Studie die Unsicherheiten qualitativ betrachtet, mit denen die abgeschätzten Emissionen bezüglich der Gesamtmenge und ihrer sektoralen räumlichen, zeitlichen und stofflichen Disaggregation behaftet sind.

1994 wurden ca. 888 000 t NMVOC aus Lösemittelanwendungen emittiert. Ungefähr ein Drittel entstammte der Anwendung von Farben und Lacken (331 000 t), 16 % (14 000 t) der Verwendung von Kfz-Frostschutzmitteln, Haarsprays, Putz- und Pflegemitteln, Waschmitteln sowie Kälte- und Feuerlöschmitteln. Jeweils 63 000 t entstammten der Druckindustrie und der Verarbeitung von Kunststoffen. 69 000 t entstammten der Verwendung von Kühlschmiermitteln und anderen Schmiermitteln. Dem Bereich der Oberflächenreinigung entstammten 42 000 t NMVOC-Emissionen. 40 000 t wurden bei der Verwendung von Betonzusatzstoffen emittiert, 33 000 t bei der Anwendung von Holzschutzmitteln. Der Rest der Emissionen verteilte sich auf viele verschiedene Sektoren, von denen noch die Klebstoffverarbeitung (18 000 t), die Anwendung von Treibgasen (14 000 t) und die Chemische Industrie (30 000 t) hervorzuheben sind.

Die Anwendung der entwickelten Fortschreibungsmethode ergab für 1996 eine Zunahme der Emissionen um ca. 5 % auf ungefähr 928 000 t. Diese Zunahme ist vor allem auf die Anwendung von Farben und Lacken (+ 50 000 t) zurückzuführen. Bei der Anwendung von Farben und Lacken ist die Steigerung vor allem durch die erhebliche Zunahme der eingesetzten Verdünner zu erklären. In Bild 7.1 sind die NMVOC-Emissionen für 1994 und 1996 im Vergleich dargestellt, disaggregiert nach Anwendungsbereichen.

Die gesamten VOC-Emissionen der betrachteten Quellgruppen setzten sich 1994 zu 35 % aus Aliphaten, 28 % Alkoholen, 14 % Aromaten, 8 % Estern, 7 % Glykolderivaten sowie 5 % Ketonen, 2 % Halogenkohlenwasserstoffen, jeweils zu 1 % aus Ethern und Terpenen und geringen Mengen organischen Säuren, Aldehyden, Aminen und Amiden zusammen. Insgesamt 2 % der Emissionen konnten keiner Stoffklasse zugeordnet werden.

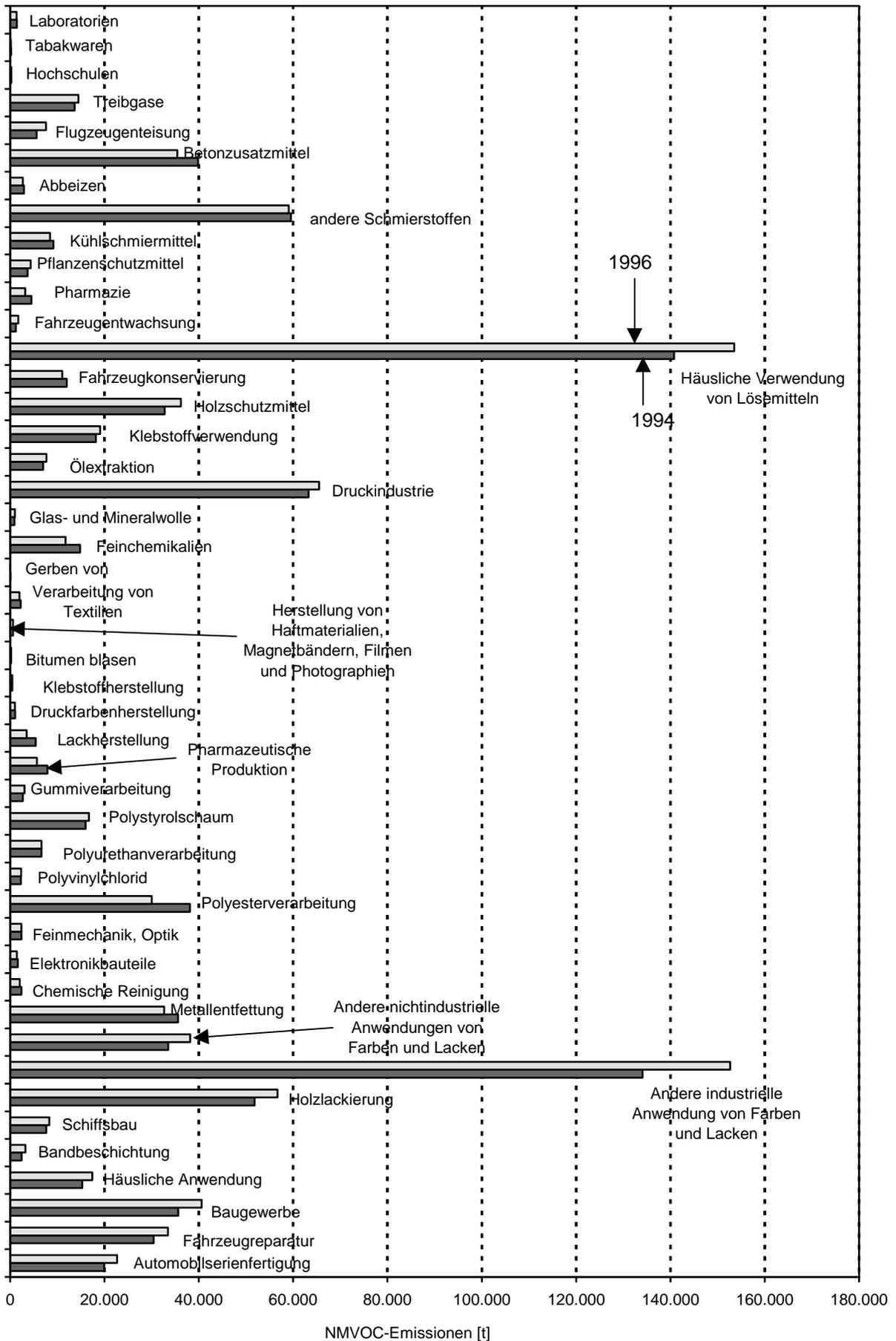


Bild 7.1: Vergleich der NMVOC-Emissionen 1994 und 1996 disaggregiert nach Anwendungsbereichen

8 Literatur

- 2. BImSchV** Jost, D., Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen-2.BImSchV), Die neue TA-Luft, WEKA-Fachverlag, Augsburg, 1999
- 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. BImSchV** Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Emissionserklärungsverordnung- 11. BImSchV) vom 12.12.1991 (BGBl I S. 1586)
- ADAC97** Persönliche Mitteilung von Herrn Stahle, ADAC München, 1997
- Adams94** Adams, F.-J.; Thamke, D.: Untersuchungen zur Minimierung des KSS-Einsatzes bei der Getriebegehäusefertigung. Unveröffentlichter Bericht an die VW-AG, Werk Kassel, September 1994, <http://www-isf.maschinenbau.uni-dortmund.de/tagung97/institut/zers16.htm>
- ADV99** Mitteilung der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (ADV), Stuttgart, 1999
- AGPU94** Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V., PVC-Produktion und Verarbeitung 1994 in Deutschland und Europa, Bonn, 1995
- Anspach95** Anspach, I., Flugzeuge umweltschonend enteisen, Umwelt, Band 25 (1995) Nr. 1 / 2 Januar/Februar/, München, 1995
- Arbeitsstätten87** Statistisches Bundesamt, Unternehmen und Arbeitsstätten, Arbeitsstättenzählung vom 25.Mai 1987, Fachserie 2, Heft 6, Arbeitsstätten und Beschäftigung nach Kreisen, Wiesbaden, 1990
- Bauchemie97** Jahresbericht 1997/98 des Verbandes "Deutsche Bauchemie e.V."
- Baumann97** Baumann, W., Herberg,-Liedtke, B., Chemikalien in der Metallbearbeitung-Daten und Fakten zum Umweltschutz, Springer-Verlag, Berlin, 1997
- BAW95** Bundesamt für Wirtschaft, Amtliche Mineralöldaten für die Bundesrepublik Deutschland, Eschborn, 1995
- Bayern97** <http://www.bayern.de/STML/umweltberat/ubbfck.htm>
- BBA97** Persönliche Mitteilung von Herrn Schmidt, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig, 1997

- Beddies96** Persönliche Mitteilung von H. Beddies, Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde (IKP), Universität Stuttgart, Stuttgart, 1996
- Berner96** Berner, P.; Obermeier, A.; Friedrich, R.; Ondratschek, D.; Schaber, K., Strategien zur Minderung der VOC-Emissionen ausgewählter Emittentengruppen in Baden-Württemberg, Forschungsbericht FZ-KA-PEF 147, Karlsruhe, 1996
- Betontrenn96** Betontrennmittel und Umwelt, Sachstandsbericht Juni 1996, Deutsche Bauchemie e.V, Frankfurt/main, 1996
- Betonzusatz99** Betonzusatzmittel und Umwelt Sachstandsbereich Mai 1999, Deutsche Bauchemie e.V, Frankfurt/Main, 1999
- BG97** Zeitschrift der Berufsgenossenschaft Druck 6/97, Stuttgart, 1997
- Biesterfeld96a** Persönliche Mitteilung von K.Burmeister, Fa.. Biesterfeld, Hamburg, 1996
- Biesterfeld96b** Persönliche Mitteilung von W.H.Biesterfeld und K.Burmeister, Fa.. Biesterfeld, 22.04.1996, Hamburg , 1996
- Bitumen98** Mündliche Information der Arbeitsgemeinschaft der Bitumenindustrie e.V, Persönliche Information von F.Eisele, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, Stuttgart, 1998
- BPAG89** Das Buch vom Erdöl, Deutsche BP AG, Verlag Reuter und Klöckner, Hamburg, 1989
- Bräutigam92** Bräutigam, M.; Kruse, D. K.: Ermittlung der Emissionen organischer Lösemittel in der Bundesrepublik Deutschland. Köln: Consulting Services, 1992 - Forschungsbericht 10404116/01 im Auftrag des Umweltbundesamtes
- Bülltier98** Persönliche Mitteilung von H.Bülltier, Gesamtverband kunststoffverarbeitende Industrie e.V. (GKV), Frankfurt/Main, 1998
- Burmeister98** Persönliche Mitteilung von R. Burmeister, Produktionsstatistik der Industriegemeinschaft Aerosole (IGA) 1998, Frankfurt/Main, 1998
- BUWAL95** Handbuch - Emissionsfaktoren für Stationäre Quellen, Ausgabe 1995, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Schweiz 1995
- BVD97** Fleck, W.(BVD), Jepsen, D. (Ökopol); Rauh, W.(FOGRA); Lösungsmittel im Offsetdruck-Sachverhalte und Handlungshinweise zur Verminderung von Emissionen, Zeitschrift des Bundesverbandes Druck (BVD):Informationen, III/1997, Wiesbaden, 1997

- Caers93** Caers, R.F.; Poppe, A.C. Weichmacher, *Kunststoffe* 83 (1993) 10, München, 1993
- CORINAIR94** Commission of the European Community, CORINAIR94, Inventory, Brüssel, 1994
- DECHEMA97** Adams, N., Emissionen von halogenierten Kohlenwasserstoffen in der Bundesrepublik und in Europa, DECHEMA, GDCh, DBG-Gemeinschaftsausschuß "Chemie der Atmosphäre", Anlagen zum Protokoll der 3. Sitzung am 25./26.11.1997, Frankfurt, 1997
- Doppler99** Persönliche Mitteilung von H. Doppler, Industrieverband Hartschaum e.V., Heidelberg, 1999
- DTV95** Persönliche Mitteilung von H. Strohm und H. Bohrmann, Informationen zum Thema Lösemittel und Lösemittelverbräuche, Deutscher Textilreinigungsverband (DTV), Bonn, 1995
- DTV97** Deutscher Textilreinigungsverband (DTV), Das Textilreinigungsgewerbe-Zahlen und Fakten 1996/1997, Verbandsschrift, Bonn, 1997
- DTV98** Persönliche Mitteilung von H. Fritsche, Deutscher Textilreinigungsverband (DTV), Bonn, 1998
- EASYSTAT94** Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Statistik Regional: Daten und Informationen der statistischen Ämter der Länder und des Bundes, Wiesbaden, 1997
- EEA96** European Environmental Agency (ed.): Atmospheric Emission Inventory Guidebook - Emission summary tables. EEA, Copenhagen, 1996
- EEA99** European Environmental Agency (ed.): Atmospheric Emission Inventory Guidebook. - EEA, Copenhagen
(<http://www.eea.eu.int/aegb/backgrou/aver.htm>), Stand: April 1999.
- Eisele98a** Persönliche Mitteilung von F. Eisele, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, Stuttgart, 1998
- Eisele98b** Persönliche Mitteilung von F. Eisele, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, Stuttgart, 1998
- Eisele98c** Persönliche Mitteilung von F. Eisele, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, Stuttgart, 1998
- Elkan97** Persönliche Mitteilung von Frau Elkan, Fachvereinigung Mineralfaserindustrie e.V. (FMI), Frankfurt, 1997

- Emminger99** Persönliche Mitteilung von H.Emminger, Informationszentrum Kunststoffverpackung, Bad Homburg, 1999
- Enquete94** Die Industriegesellschaft gestalten, Bericht der Enquete Kommission Schutz des Menschen und der Umwelt, S.374, Economica Verlag GmbH, Bonn 1994,
- EPA99** U.S. Environmental Protection Agency: Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition. Research Triangle Park, NC. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42.html>, Stand April 1999
- Exxon96** Persönliche Mitteilung von Herrn Lesny, Deutsche Exxon, Köln, 1996
- FCKW91** FCKW-Halon-Verbotsverordnung vom 16.05.1991(BGBl. I S. 1090-1092), Bonn, 1991
- Fleck97** Fleck, W., VOC-Richtlinie-eine Direktive der EU zur Begrenzung der Lösemittlemissionen, Deutscher Drucker Nr. 30/31, 1997
- FSK97** Mitteilung - Polyurethanverbrauch in Deutschland 1995, Fachverband Schaumkunststoffe e.V., 1997
- Fuchs97** Persönliche Mitteilung von Herrn Theis, Fuchs Mineralölwerke GmbH, Mannheim, 1997
- GDI97** GDI-Baumarktstatistik 1990-1996, Gesamtverband Dämmstoffindustrie (GDI), Hamburg, 1997
- Graßmann97** Persönliche Mitteilung von Herrn Graßmann, Industrieverband Bauchemie und Holzschutzmittel e.V., 1997
- Greiner99** Persönliche Mitteilung von Frau Dr. Greiner, Umweltbundesamt, Berlin 1999
- GSF99** GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Fachinformation "Umwelt und Gesundheit"-FCKW, <http://www.bayern.de/STMLU/umwberat/ubbfck.htm>, München, 1999
- Hirsch98** Persönliche Mitteilung von H.Hirsch, Verband der Polyurethan-Weichschaumindustrie e.V. (VPWI), Frankfurt/Main, 1998
- Hohenstein96a** Kurz, J., Klein, P., Anhörung des Umweltbundesamtes und des Bundesinstitutes für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin zu Kohlenwasserstofflösemitteln (KWL), Bereich Textilreinigung, Einsatzmenge der Kohlenwasserstofflösemittel, Hochrechnung, Forschungsinstitut Hohenstein, Berlin, 1996

- Hohenstein96b** Kurz, J., Klein, P., Anhörung des Umweltbundesamtes und des Bundesinstitutes für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin zu Kohlenwasserstofflösemitteln (KWL), Bereich Textilreinigung, Marktübersicht der in der Textilreinigung eingesetzten Kohlenwasserstofflösemittel, Forschungsinstitut Hohenstein, Berlin, 1996
- Huber98** persönliche Information von B.Huber und H.Reh, Lösemittelbilanzen der EMTEC Magnetics - Werke in München und Willstätt, Ludwigshafen 1998
- ICU92** FCKW und Halone-ICU:Informationsdienst Chemie und Umwelt ICU/92-Gundelfingen, 1992
- IFW99** http://www.lfw.uni-hannover.de/Industrie/ind_3_6.htm/, Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen, Universität Hannover, Hannover, 1999
- IGA96** Industriegemeinschaft Aerosole e.V.(IGA), Der Deutsche Aerosolmarkt, Frankfurt/Main, 1996
- IGA98** Industriegemeinschaft Aerosole e.V.(IGA), Der Deutsche Aerosolmarkt, Frankfurt/Main, 1998
- IGMedien98** Altenburg, P., Schweppe, F., Pickshaus, K.,Brancheninitiative Offsetdruck-Leichtflüchtige lösemittel untersagt-ein Schritt zur emissionsfreien Druckerei,Tip Gesundheitsschutz, März 1998, Hrgs:Hauptvorstand der IG Medien,Abteilung Gesundheitsschutz und Arbeitsökologie, Stuttgart 1998
- INFRAS94** Infrac (Hrsg.): Gesamterhebung für flüchtige organische Verbindungen in Industrie und Gewerbe - Teilprojekt "Weitere Branchen". - Zürich, 1994
- ISONORM1176** Normenstelle Luftfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., ISO 11076, Verfahren für Enteisungs/Vereisungsschutz von Luftfahrzeugen mit Flüssigkeiten, Berlin, 1995
- Jahrbuch94** Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 1994, Wiesbaden, 1994
- Jahrbuch95** Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 1995, Wiesbaden, 1995
- Jahrbuch96** Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 1996, Wiesbaden, 1996
- Jahrbuch97** Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 1997, Wiesbaden, 1997

- Jahrbuch98** Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 1998, Wiesbaden, 1998
- Jopp96** Jopp, Klaus; Vom Kunststoff zum Schadstoff und zurück, Die Zeit, 13.09.1996, Frankfurt/Main 1996
- Kilfrost00** Internetpräsentation der Firma Kilfrost Ltd., <http://www.indutec.com>, Frankfurt, 2000
- Kosfeld98** Persönliche Mitteilung von H.W.Kosfeld, Abteilung Umweltschutz der Agfa-Gevaert AG, Leverkusen, 1998/
- Kühlwein99** Kühlwein, J.;Friedrich, R; Obermeier, A.; Theloke, J.: *Abschätzung und Bewertung der Unsicherheiten hochaufgelöster NO_x- und NM-VOC-Emissionsdaten*. Forschungszentrum Karlsruhe, Baden-Württemberg Projektträgerschaft Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung BWPLUS, FZKA-BWPLUS 30, 1999 -
Internet: <http://bwplus.fzk.de/SBer/PEF296002SBer.pdf>
- Lack99** Kantsperger, E, Zimmer, J, Fichtner GmbH & CO. KG, Stuttgart, Lack im Gespräch, Nr. 60, September 1999,Deutsches Lackinstitut, Frankfurt/Main, 1999
- LBA93** Konzeption zur Minderung der VOC-Emissionen in Baden-Württemberg, Umweltministerium Baden-Württemberg, Luft-Boden-Abfall, Heft 21, Stuttgart, 1993
- Leiß92** Leiß, B., Holzschutzmittel im Einsatz, Bestandteile, Anwendungen, Umweltbelastungen. Bauverlag, Wiesbaden, Bonn, 1992
- Lohbeck99** Persönliche Mitteilung von W.Lohbeck, Greenpeace,Abteilung Klima, Hamburg, 1999
- Loss96** Persönliche Mitteilung von Herrn Loss, Lufthansa AG,Hamburg, 1996
- Maier99** Persönliche Mitteilung von Herrn Maier, Verband der Lackindustrie e. V., Frankfurt, 1999
- Mann92** Mann, M.; Heilig, G.; Lamberts, W.; Zöllner R., PUR-Hartschaumstoffe mit alternativen Treibmitteln, Alternativen zu FCKW und Halonen, Internationale Konferenz, Berlin 1992
- Marti99** Marti, J., Pentanemissionen beim Schäumen von Polystyrol, Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, 59(1999)Nr.5-Mai
- Menzel96** Menzel, Burkhard;Weichmacher, Hüls, AG, published in Plast Europe und Kunststoffe 7/1996, Marl, 1996

- MIDDLETON90** Middleton, P.; Stockwell, W.; Carter, W: Aggregation and Analysis of Volatile Organic Compound Emissions for Regional Modeling. Atmospheric Environment Vol. 24A, No. 5, pp. 1107-1133, 1990
- Mörtel98** Modifizierte mineralische Mörtelsysteme und Umwelt , Sachstandsbericht Juni 1998 Deutsche Bauchemie e.V, Frankfurt/Main, 1998
- Mohlfeld97** Mohlfeld,A.,Institut für Fertigungstechnik und spanende Werkzeugmaschinen, Universität Hannover, http://www.lfw.uni-hannover.de/Bereich3/forschen/310_1d.htm/ , Hannover 1997
- MWV96** Mineralöl in Zahlen 1996, Mineralölwirtschaftsverband e.V.; Hamburg 1996
- MWV97** Mineralöl in Zahlen 1997, Mineralölwirtschaftsverband e.V.; Hamburg 1997
- MWV99** Mineralöl in Zahlen 1999, Mineralölwirtschaftsverband e.V., <http://www.mwv.de>, Hamburg, 1999
- Nader94** Persönliche Mitteilung von Prof. Dr. F. Nader, Abteilung Technik , CKW-Lösemittelmarkt Deutschland 1994 in kt, Verband der Chemischen Industrie e. V., Frankfurt, 1996
- Nader98** Persönliche Mitteilung von Prof. Dr. F. Nader, Abteilung Technik , CKW-Lösemittelmarkt Deutschland 1996 in kt, Verband der Chemischen Industrie e. V., Frankfurt, 1998
- NEC-Richtlinie99** Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe, Kommission der europäischen Gemeinschaften, Brüssel, 1999
- Nolting-BBA97** Persönliche Mitteilung von Herrn Nolting, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig, 1997
- Obermeier95a** Obermeier, A.: *Ermittlung und Analyse von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen in Baden-Württemberg*. Stuttgart: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, Forschungsbericht Band 19, 1995 - Dissertation
- Obermeier95b** Obermeier, A.; Berner, P.; Friedrich, R.; John, C.; Seier, J.: Entwicklung von Verfahren zur Ermittlung jährlich fortschreibbarer VOC-Emissionsdaten für Baden-Württemberg. Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung, Forschungszentrum Karlsruhe, FZKA-PEF 129, Karlsruhe, 1995

- Öko99a** 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
- Öko99b** Schwarz, W., Leisewitz, A., Emissionen und Minderungspotential von HFKW, FKW und SF6 in Deutschland, Ökorecherche, Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH, Frankfurt/Main, 1999-Forschungsbericht 204 04 906/02 im Auftrag des Umweltbundesamtes
- Ölmühlen95** Geschäftsbericht 1994-Anlage Statistik, Verband deutscher Ölmühlen e.V., Bonn, 1995
- Ölmühlen99** Geschäftsbericht 1996/97-Anlage Statistik, Verband deutscher Ölmühlen e.V., Bonn, 1999
- Otto97** Persönliche Mitteilung von J. Otto, Fa. Hewlett Packard, Böblingen, 1997
- OZON99a** Strategiepapier Bodennahe Ozon, BMU, Bonn 1999
- OZON 99b** Maßnahmen zur dauerhaften Reduzierung von Ozonvorläufersubstanzen, 53. Umweltministerkonferenz am 27/28. Oktober in Augsburg, Augsburg, 1999
- OZON 99c** Ozon-Tochterraichtlinie der EU im Rahmen der "Air Quality Framework Directive"
- Passant93a** Passant, N.R. et.al. : Emissions of Volatile Organic Compounds (VOC's) from the food and drink industries of the European Community, Atmospheric Environment, Vol.27a, No. 16, 1993
- Passant93b** Passant, N.R., Emissions of Volatile Organic Compounds from Stationary Sources in the United Kingdom: A Review of Emission factors by Species and Process, 1993
- Raßdorfer94** Raßdorfer, W.; Recycling von Polyurethan-Kunststoffen, Hüthig Verlag, 1994
- Reichert90** Reichert, K.-H.; Kunz, G. : Ermittlung von Daten über Einsatz, Verbrauch und Emissionen von Lösemitteln bei der Anwendung von Beschichtungsmitteln, Druckfarben und Verdünnungen in Industrie, Gewerbe und Haushalten in Baden- Württemberg. Stuttgart: Forschungsinstitut für Pigmente und Lacke e.V., 1990
- RespoCare97** /Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Responsible Care Bericht 97 -Daten der Chemischen Industrie zu Sicherheit, Gesundheit, Umweltschutz, Frankfurt/Main, 1999

- Reul91** Reul., H. Handbuch der Bauchemie, Einführung in die Grundlagen - Rohstoffe, Rezepturen , Verlag für chem. Industrie, Augsburg, 1991
- RIVM97** RIVM (ed.): General Information on the Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) - Version 2.0. - (<ftp://info.rivm.nl/pub/lae/EDGARV20>), Stand: April 1999.
- Schaber99** Persönliche Mitteilung von Prof. K. Schaber, Institut für technische Thermodynamik und Kältetechnik (TTK), Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe , 1999
- Schilling99** Persönliche Mitteilung von M. Schilling, Arbeitsgemeinschaft Verstärkte Kunststoffe-Technische Vereinigung e.V. (AVK-TV), Frankfurt/Main, 1999
- Schröter99** Persönliche Mitteilung von N.Schröter, Deutsche Bauchemie e.V., Frankfurt/Main, 1999
- Schwarz99** Mündliche Mitteilung von Dr.W.Schwarz, Ökorecherche, Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH, Frankfurt/Main, 1999
- SIO94** Statistisches Bundesamt, Systematik der Produktionsbereiche in INPUT-OUTPUT -Rechnungen (SIO), Wiesbaden,1994
- SouthCoast94** Air Quality Management District: Control of emissions from the manufacture of polymeric cellular foam products. Rule 1175 (1994). Amended May 13, 1994
- StaBuA89** Statistisches Bundesamt, Systematisches Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989, Wiesbaden, 1988
- StaBuA94a** Statistisches Bundesamt, Produzierendes Gewerbe, Fachserie 4, Reihe 3.1, Produktion im Produzierenden Gewerbe 1994, Wiesbaden, 1995
- StaBuA94b** Statistisches Bundesamt, Außenhandel , Fachserie 7, Reihe 2, Außenhandel nach Waren und Ländern Dezember Jahr, 1994, Wiesbaden, 1996
- Stabua94c** Statistisches Bundesamt, Produzierendes Gewerbe, Beschäftigung und Umsatz der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe nach Bundesländern 1994, Fachserie 4, Reihe .4.1.4., Wiesbaden, 1995
- StaBuA95** Statistisches Bundesamt, Systematisches Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1995, Wiesbaden, 1994

- StaBuA96a** Statistisches Bundesamt, Produzierendes Gewerbe, Fachserie 4, Reihe 3.1, Produktion im Produzierenden Gewerbe 1996, Wiesbaden, 1997
- StaBuA96b** Statistisches Bundesamt, Außenhandel , Fachserie 7, Reihe 2, Außenhandel nach Waren und Ländern Dezember Jahr, 1996, Wiesbaden, 1998
- StaBua96c** Statistisches Bundesamt, Produzierendes Gewerbe, Beschäftigung und Umsatz der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe nach Bundesländern 1996, Fachserie 4, Reihe .4.1.4., Wiesbaden, 1997
- StaBuA98a** Statistisches Bundesamt, Produzierendes Gewerbe, Fachserie 4, Reihe 3.1, Produktion im Produzierenden Gewerbe 1998, Wiesbaden, 1999
- StaBuA98b** Statistisches Bundesamt, Außenhandel , Fachserie 7, Reihe 2, Außenhandel nach Waren und Ländern Dezember Jahr, 1998, Wiesbaden, 1999
- StaLa96** Abschlußbericht zum Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden Württemberg - Fortschreibung der Daten über VOC-Emissionen in Baden-Württemberg 1992 u.1994, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 1996
- STaLa98** Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: persönliche Mitteilungen von Dr. H. Büringer. 1998.
- Stoye93** Stoye, D. , Paints, Coatings and Solvents, VCH-Verlag, Weinheim, 1993
- TEGEWA97** Persönliche Mitteilung von Dr.Schröder, Verband der Textilhilfsmittel, Lederhilfsmittel, Gerbstoff- und Waschrohstoffindustrie(TEGEWA),Frankfurt/Main,1997
- TEGEWA99** Persönliche Mitteilung von Dr. Ungeheuer,Verband der Textilhilfsmittel, Lederhilfsmittel, Gerbstoff- und Waschrohstoffindustrie(TEGEWA),Frankfurt/Main,1999
- UBA95** Persönliche Mitteilung von Frau B.Mahrwald, These: Waschen von Textilien ist besser für Gesundheit und Umwelt als chemisches Reinigen mit Tetrachlorethylen (und KWL), Umweltbundesamt, Berlin , 1995
- UBA96a** Römbke, J., Knacker, Th., Stahlschmidt-Allner, P. , Studie über umweltprobleme im zusammenhang mit Arzneimitteln,ECT Oekotoxikologie GmbH, Flörsheim am Main, 1996, Forschungsbericht Nr. 10604121 im Auftrag des Umweltbundesamtes

- UBA98** Umweltbundesamt, Jahresbericht 1998, Berlin, 1998
- UP-Harze99** Mitteilung der Unsaturated Polyesters Sector Group (GPRMC), European Organisation of Reinforced Plastics/Composite Materials, a sector Group of CEFIC, UP-Harze-Handhabung, Brüssel, 1999
- VCI95a** Verband der Chemischen Industrie e.V., Chemiewirtschaft in Zahlen - Ausgabe 1995
- VCI97a** 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 Industrieverbands Klebstoffe e.V. und des Verbandes der Chemischen Industrie e.V., Frankfurt, 1997
- VCI97b** Verband der Chemischen Industrie e.V., Chemiewirtschaft in Zahlen - Ausgabe 1997
- VCI97c** Verband der Chemischen Industrie e.V., Chemische Industrie-Herstellung und Dämmsysteme, EPS, <http://www.vci.de/aw-ds.htm>, 1997
- VDI95** Friedl, C., CKW-Kreislauf mit großen Lücken, VDI Nachrichten , Nr. 8, Februar 1995, Verein deutscher Ingenieure (VDI), Düsseldorf ,
- VDI2592** Richtlinie Nr. 2592 zur Emissionsminderung - Anlagen zur Gewinnung von pflanzlichen Ölen und Fetten, Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 1992
- VDL94** Verband der Lackindustrie e.V., Jahresbericht 1994, Frankfurt, 1994
- VDL98** Jahresbericht 1997/8, Verband der Lackindustrie e.V., Frankfurt, 1998
- VDL99** Persönliche Mitteilungen von Dr. Bachhausen, May und Maier, Verband der Lackindustrie e.V., Frankfurt, 1999
- Verkehr97** Bundesministerium für Verkehr, Verkehr in Zahlen 1997, Bonn 1993
- VOC-Richtlinie99** 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

- VOC90** Economic Commission for Europe , VOC Task Force : Emissions of Volatile Organic Compounds (VOC) from stationary Sources and Possibilities of their Control. Karlsruhe,1990
- Vollmer94** Vollmer, G.; Franz, M.; Chemie in Haus und Garten, Verlag Thieme, Stuttgart, 1994
- Vollmer91a** Vollmer, G.; Franz,M., Chemie in Bad und Küche, Verlag Thieme, Stuttgart, 1991
- Vollmer91b** Vollmer, G.; Franz,M., Chemie in Hobby und Beruf, Verlag Thieme, Stuttgart, 1991
- WA94** Statistisches Bundesamt, Warenverzeichnis für die Außenhandelsstatistik, Ausgabe 1994, Wiesbaden, 1994
- Weinert95** Weinert, K.; Adams, F.-J.; Thamke, D.: Erfassung der Kosten für den Kühlschmierstoff-Einsatz in der Großserienfertigung. Technica 7/95, Industrie-Verlag AG, Zürich, S. 19 - 23, <http://www-isf.maschinenbau.uni-dortmund.de/tagung97/institut/zers16.htm>
- wfk96** wfk, Emissionsmessungen bei KWL-Textilreinigungen, Beiträge zur Anhörung des Umweltbundesamtes und des Bundesinstitutes für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) am 17. und 18.04.1996 in Berlin, Berlin , 1996
- Wrede95** Wrede, F.; Polyvinylchlorid, Kunststoffe 85(1995)10
- Wyss97** Persönliche Information von P.Wyss, Flumroc AG,Flums, Schweiz, 1997
- WZ79** Statistisches Bundesamt, Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1979 (WZ 79), Wiesbaden, 1979
- WZ93** Statistisches Bundesamt, Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993 (WZ 93), Wiesbaden , 1993