

# Forschungsstelle für Umweltpolitik (FFU)

Freie Universität Berlin  
Fachbereich Politik- und Sozialwissenschaften  
Otto-Suhr-Institut für Politikwissenschaft

## FFU-Report 99-2

### Ökologische Modernisierung und Strukturwandel in der Chemischen Industrie: Der Fall Chlorchemie

Klaus Jacob

Fallstudie im Rahmen des DFG-Forschungsprojektes  
"Erfolgsbedingungen umweltentlastenden Strukturwandels:  
Internationale Fallstudien zu ausgewählten Grundstoffindustrien"

Forschungsstelle für Umweltpolitik

Innestraße 22

14195 Berlin

Tel.: +49 - (0)30 - 838 66 87

Fax +49 - (0)30 - 838 66 85

e-mail: [ffu@www.fu-berlin.de](mailto:ffu@www.fu-berlin.de)

e-mail: [jacob@zedat.fu-berlin.de](mailto:jacob@zedat.fu-berlin.de)

Internet: <http://www.fu-berlin.de/ffu>



# INHALTSVERZEICHNIS

VERZEICHNIS DER TABELLEN:	II
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN:	II
VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN	III
<b>1 CHLORPRODUKTION IN DEUTSCHLAND: AKTEURE UND ARGUMENTE</b>	<b>1</b>
1.1 LEITINDIKATOR CHLORPRODUKTION.....	1
1.2 ÖKOLOGISCHER GRUPPENVERDACHT.....	1
1.2.1 <i>Risiken der Produkte</i> .....	1
1.2.2 <i>Risiken der Produktion</i> .....	2
1.2.3 <i>Industrie: Positiver Nettonutzen</i> .....	2
1.3 STAATLICHE AKTIVITÄTEN: VON DEN FORSCHUNGS-AUFTRÄGEN DES UBA BIS ZUM STOFFFLUSSMANAGEMENT DES BUNDESTAGES.....	3
1.4 GESELLSCHAFTLICHE AKTEURE .....	5
1.5 UNTERNEHMEN UND IHRE VERBÄNDE.....	5
1.6 INTERNATIONALE VEREINBARUNGEN - STAND DER DISKUSSION IN ANDEREN INDUSTRIELÄNDERN.....	6
<b>2 TRENDS IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE</b>	<b>8</b>
2.1 TECHNOLOGIE DER CL-PRODUKTION: UMWELTENTLASTUNG DURCH INNOVATION MÖGLICH? .....	11
2.2 KOSTENFAKTOREN DER CHLORPRODUKTION .....	13
2.3 VON DER CHLORCHEMIE ZUR SALZSÄURECHEMIE? .....	14
2.4 PROBLEME DER KUPPELPRODUKTION: NATRONLAUGE .....	14
2.5 FAZIT .....	15
<b>3 SEGMENTE DER CHLORCHEMIE IN DEUTSCHLAND</b>	<b>15</b>
3.1 TRENDS DER CHLORVERARBEITUNG: DEUTLICHE RÜCKGÄNGE BEI UMWELTOFFENEN ANWENDUNGEN .....	17
3.2 EINZELSTOFFE DER CHLORCHEMIE: PCP .....	19
3.2.1 <i>Verbotsvorschlag nach Sandoz-Unglück</i> .....	19
3.2.2 <i>Von der öffentlichen Debatte Ende der 70er Jahre bis zu den Gerichtsurteilen Ende der 90er Jahre</i> .....	20
3.2.3 <i>PCP und EG: Grenzen der Handlungsfähigkeit der Nationalstaaten</i> .....	21
3.2.4 <i>PCP und Wissenschaft</i> .....	21
3.2.5 <i>Reaktionen politischer Akteure</i> .....	22
3.2.6 <i>Fazit</i> .....	23
3.3 CKW-LÖSEMittel .....	23
3.3.1 <i>Einstellung der Hohe-See-Verbrennung</i> .....	28
3.3.2 <i>Von der Chlorchemie zur HCl Chemie</i> .....	30
3.3.3 <i>Arbeitsplatzverluste bei den Herstellern</i> .....	31
3.3.4 <i>Fazit</i> .....	31

3.4	FCKW.....	31
3.5	PROPYLENOXID.....	33
3.5.1	<i>Wirtschaftliche Bedeutung</i> .....	33
3.5.2	<i>Optionen der Umweltentlastung</i> .....	34
3.5.3	<i>Bedingungen für eine Verfahrensumstellung</i> .....	34
3.6	PVC .....	36
3.6.1	<i>Wirtschaftliche Bedeutung von PVC</i> .....	36
3.6.2	<i>Arbeitsplatzeffekte bei einer Materialsubstitution</i> .....	38
3.6.3	<i>Anwendungsbereiche für PVC</i> .....	39
3.6.4	<i>Ökologische Risiken</i> .....	40
3.6.5	<i>Recyclingstrategien</i> .....	41
3.6.6	<i>Aktivitäten politischer Akteure</i> .....	41
3.6.7	<i>Fazit</i> .....	43
<b>4</b>	<b>ANHANG</b>	<b>44</b>
4.1	LITERATUR .....	44
4.2	WEITERE QUELLEN:.....	51

#### VERZEICHNIS DER TABELLEN:

Tabelle 1:	Korrelationskoeffizienten Chlorproduktion und Wertschöpfung der chemischen Industrie 1960-1995 in ausgewählten Industrieländern.....	9
Tabelle 2:	Kostenkomponenten der Chlorproduktion 1985 .....	13
Tabelle 3:	Typen der Anwendungen von Chlor und chlorchemischen Verbindungen.....	15
Tabelle 4:	Verbrauch und Verbleib von Chlor nach Produktsegmenten und Endprodukten, 1992 Deutschland .....	16
Tabelle 5:	Chlorchemische Verbindungen und Prozesse in der BUA-Berichterstattung.....	18
Tabelle 6:	Standorte und Kapazitäten der PVC-Produktion in Deutschland Ende 1993 .....	36
Tabelle 7:	PVC-Verwendung in Deutschland 1980, 1986 und 1992 .....	39

#### VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN:

Abbildung 1:	Chlorproduktion in der Bundesrepublik Deutschland 1960-1996.....	9
Abbildung 2:	Entwicklung der Wertschöpfung der chemischen Industrie (gesamt) und der Herstellung von Pharmazeutika in ausgewählten Industrieländern 1960-1994 ....	10
Abbildung 3:	Verbrauch und Regulation von PCP und PCP-Na in Deutschland, 1974, 1977, 1979-1990.....	19
Abbildung 4:	Verbrauch und Regulation von PER und TRI 1964-1995, Deutschland.....	24
Abbildung 5:	Verbrauch, Produktion und Regulation von TETRA 1982-1992, Deutschland....	32
Abbildung 6:	Produktion von PVC, Deutschland 1977-1996.....	36
Abbildung 7:	Preisentwicklung Vinylchlorid.....	37
Abbildung 8:	Außenhandelsbilanz PVC-Vorprodukte.....	37

**VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN**

1,1,1-Tri	1,1,1-Trichlorethan
1,2-DCP	1,2-Dichlorpropan
AGPU	Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt
AGV	Arbeitsgemeinschaft der Verbraucher
AKN	Aktionskonferenz Nordsee e.V.
BGA	Bundesgesundheitsamt
BGH	Bundesgerichtshof
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
BLAU	Bund Länder Arbeitskreis Umweltchemikalien
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMJFG	Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BUA	Beratergremium Umweltrelevante Altstoffe
CaCl <sub>2</sub>	Calciumchlorid
CKW	Chlorkohlenwasserstoffe
Cl	Chlor
DCM	Dichlormethan
DEHP	Di-(2-ethylhexyl)phthalat
ECVM	European Council of Vinyl Manufacturers
EDC	Ethylendichlorid
EuGH	Europäischer Gerichtshof
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GKV	Gesamtverband der Kunststoffverarbeitenden Industrie
H <sub>2</sub>	Wasserstoff
H-FKW	Hydrogenfluorkohlenwasserstoff
H-FCKW	Hydrogenfluorchlorkohlenwasserstoff
HCl	Chlorwasserstoff
Hg	Quecksilber
IGH	Interessengemeinschaft der Holzschutzmittelgeschädigten
MAK	Maximale Arbeitsplatz Konzentration
MDI	4,4'-Diphenylmethandiisocyanat
MTBE	Methyl-tert-butyl-ether
MVA	Müllverbrennungsanlage
NaCl	Natriumchlorid
NaOH	Natriumhydroxid
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
ÖGUT	Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik
PCBs	Polychlorierte Biphenyle
PCP	Pentachlorphenol
PE	Polyethylen

PER	Perchlorethylen
PO	Propylenoxid
PUR	Polyurethane
PVC	Polyvinylchlorid
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
TDI	Toluylendiisocyanat
TETRA	Tetrachlormethan
TRI	Trichlorethylen
UBA	Umweltbundesamt
UMK	Umweltministerkonferenz
VCI	Verband der Chemischen Industrie
VKE	Verband der Kunststoffherzeugenden Industrie
VOC	Volatile Organic Compounds (leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe)

# 1 Chlorproduktion in Deutschland: Akteure und Argumente

## 1.1 Leitindikator Chlorproduktion

In der Bundesrepublik Deutschland hat die chemische Industrie in den vergangenen 10 Jahren erhebliche Umstrukturierungen des Stoffflusses Chlor vorgenommen. Das Element hatte sich nach dem 2. Weltkrieg zu einem Leitindikator für die Chemieindustrie entwickelt (Henseling 1992: 138). Zusammen mit Erdölprodukten, die als Naphta Eingang in die Branche finden, ist Chlor der wichtigste Grundstoff für die chemische Industrie. Sowohl bezogen auf Mengen als auch auf Werte werden nach Angaben des VCI rund 60% der Produkte unter Verwendung von Chlor hergestellt (Meerkamp v. Embden 1992: 6). Nader (1996) gibt die Zahl der chlorchemisch erzeugten Zwischenprodukte und Grundchemikalien mit 300 an, die der „Veredelungsprodukte“ mit 30.000. In einer Reihe von Produktlinien wird Chlor nur als Reaktionsvermittler verwendet und ist im Endprodukt nicht mehr enthalten. Chlor ist - mit der Ausnahme der bezogen auf den gesamten Verbrauch unbedeutenden Verwendung zur Trinkwasserchlorierung - kein Endprodukt, sondern wird innerhalb der Branche verarbeitet.

## 1.2 Ökologischer Gruppenverdacht

Die Herstellung und Verarbeitung von Chlor geriet seit Ende der 70er Jahre in die umweltpolitische Diskussion. Zunächst standen solche Stoffe der Chlorchemie im Vordergrund, die sich durch eine besonders hohe Humantoxizität auszeichnen (DDT, PCBs, Dioxine) oder die, im Fall von FCKW, durch ihre extreme Persistenz ökologisch bedenklich sind. In den 80er Jahren wurde diese Debatte auch auf andere Massenprodukte ausgeweitet, z.B.:

- CKW-Lösemittel,
- PVC und dessen Zusatzstoffe und
- Chlorbleiche in der Papier- und Textilverarbeitung.

Die Debatte umschließt eine ganze Reihe unterschiedlicher Schutzziele und Umweltmedien: Während z.B. bei den Dioxinen die hohe Human-Toxizität im Vordergrund steht, sind FCKW praktisch nicht toxisch<sup>1</sup>. Trotz dieser weiten Spannbreite möglicher Wirkungen gibt es eine Reihe von Bedenken gegen die Verwendung von Chlor, die sich im sog. Gruppenverdacht äußern.

### 1.2.1 Risiken der Produkte

Chlororganische Verbindungen sind zumeist naturfremde Stoffe: Überwiegend werden Chlororganika, also Kohlenstoff-Chlor (C-Cl)-Verbindungen hergestellt. Diese sind in der Natur relativ selten (z.B. AKN 1995: 9). Ausschließlich bei Methylchlorid, ein Stoffwechselprodukt bestimmter Algen, dürfte das natürliche Vorkommen die industrielle Produktion übersteigen. Besonders problematisch erscheint, daß es kaum Organismen gibt, die in der Lage sind, diese Ver-

---

<sup>1</sup> Die Möglichkeit kanzerogener Eigenschaften wurde für den FCKW R-22 vom BGA allerdings seit 1988 nicht mehr ausgeschlossen (Broecker 1988: 11)

bindungen abzubauen (AKN 1995: 10)<sup>2</sup>. Bestandteil des Gruppenverdachtes ist auch die Möglichkeit der Freisetzung von Dioxinen/Furanen bei der Abfallverbrennung oder bei Bränden unter Beteiligung chlororganischer Stoffe. Die chemische Industrie hält dem entgegen, daß natürliche Vorkommen und Entstehungswege chlororganischer Verbindungen noch nicht hinreichend erklärt worden seien. Es wird vermutet, daß bereits die Gegenwart von z.B. Kochsalz bei Verbrennungen zur Entstehung von Dioxinen ausreicht. Dies würde erklären, warum Dioxine selbst in Sedimenten nachgewiesen werden, die aus vorindustrieller Zeit stammen (Bayer AG 1995: 18). Von den überwiegend durch die Pharma-Forschung jährlich entdeckten 2500 bis 3000 natürlichen Verbindungen sind 30 bis 40 chlororganische Verbindungen (Bayer AG 1995: 17).

Chlororganische Verbindungen tauchen häufig auf Listen umweltgefährlicher Stoffe auf (z.B. 129er Liste der EG, BUA Prioritätenliste, Stofflisten der Nordseeschutzkonferenz, etc.). Es wird schließlich vermutet, daß diese Stoffe besonders häufig kanzerogen sind. Allerdings ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse von Tierversuchen immer noch strittig und in vielen Fällen fehlen zuverlässige epidemiologische Daten<sup>3</sup> (Henschler 1994).

### **1.2.2 Risiken der Produktion**

Eine weitere ökologische Hypothek ist der für die Herstellung von Chlor notwendige hohe Stromverbrauch. 1987 wurde für die Herstellung von 3,45 Mio t Chlor 10 Mio MWh Strom verbraucht, das entspricht 2,8 % des gesamten bundesdeutschen Verbrauchs (Nolte/Joas 1992: 2).

Die hohe Reaktivität der Zwischenprodukte der Chlorchemie, die oft mit akuten und chronischen humantoxischen Eigenschaften verbunden ist, führt zu einer hohen Risikointensität der Produktion für Mensch und Umwelt. Viele der prominenten Störfälle der vergangenen Jahre (Seveso, Boehringer Hamburg, Bophal) sind mit Chlor und seinen Folgeprodukten verbunden (Winter/Ahrens 1991: 8). Bei dem Großunfallgefahrenbüro (MAHB) der EG-Kommission ist in etwa 10% der dort gemeldeten Unfälle elementares Chlor aus stationären Anlagen freigesetzt worden (Hendriks/Papameliou 1996: 11). Einzelne Folgeprodukte, etwa Phosgen, dürften bezüglich ihres Schadenspotentials noch problematischer sein als elementares Chlor.

### **1.2.3 Industrie: Positiver Nettonutzen**

Das Vorhandensein von Gruppenmerkmalen chlororganischer Verbindungen wird von Vertretern der chemischen Industrie in Frage gestellt und statt dessen - unter Hinweis auf z.B. die um mehrere Zehnerpotenzen unterschiedliche akute Toxizität - eine Einzelstoffprüfung angemahnt (z.B. v. Embden 1991: 50, Nader 1996). Auch der pauschale Vorwurf langsamer Abbauraten wird abgestritten (z.B. Fricke et al. 1995: 279).

---

<sup>2</sup> Die Mechanismen biologischen Abbaus sind tatsächlich in vielen Fällen bisher ungeklärt: So gibt es beispielsweise für Dichlormethan, ein industriell häufig genutztes chloriertes Lösungsmittel, relevante aerobe Abbaumöglichkeiten. Es wird allerdings für möglich gehalten, daß es zunächst einer umfassenden Adaption an diese Substanz bedurfte, die erst durch die industrielle Verwendung möglich wurde (vgl.: Leisewitz/Schwarz 1994: 242).

<sup>3</sup> Was zumeist daran liegt, daß Arbeitnehmer, unter denen solche epidemiologischen Studien durchgeführt werden, Mischexpositionen unterliegen.



Gleichwohl wird ein quasi positiver Gruppenverdacht als Argument für die breite Verwendung von Chlor angeführt:

- die hohe Reaktivität ermögliche eine hohe Selektivität der Produktion und der Nebenproduktanfall könne damit minimiert werden,
- trotz des Vorwurfes großer Energieverbräuche verliefen Chlorierungsprozesse i.d.R. exotherm und trügen damit zu einer nahezu ausgeglichenen Energiebilanz bei,
- die Rohstoffreserven für Chlor (v.a. NaCl) seien - im Gegensatz zu anderen Rohstoffen aus der Petrochemie - nahezu unerschöpflich. Gerade unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit sei eine Substitution etwa von PVC durch rein petrochemische Kunststoffe mit entsprechend höherem Ölverbrauch nicht zu rechtfertigen. Der Energieverbrauch für die Herstellung von möglichen Substituten sei (bezogen auf dieselbe Gewichtsmenge) in vielen Fällen höher als bei PVC.
- Chlor ist im Luftgemisch im Gegensatz zu anderen petrochemischen Grundstoffen nicht explosiv.
- Bei vielen schweren Chemieunfällen der Vergangenheit, z.B. Bophal<sup>4</sup>, war Chlor gerade nicht beteiligt.
- Die Produktionskosten sind i.d.R. niedriger als bei vorgeschlagenen Substituten<sup>5</sup> (z.B. Deutsch 1993: 32, Bayer AG 1995, Budzinski 1993: 13, Schlegel 1993, Nader 1996).

### 1.3 Staatliche Aktivitäten: Von den Forschungsaufträgen des UBA bis zum Stoffflußmanagement des Bundestages

Eine „Aggregation“ der einzelnen Diskussionsstränge über die o.g. Folgeprodukte auf der Ebene des CI fand zunächst seitens mehrerer Umweltverbände und des Umweltbundesamtes (UBA) seit Beginn der 80er Jahre statt. Die unübersichtlich große Zahl industriell hergestellter Stoffe, die im Zusammenhang mit der seinerzeit stattfindenden Chemikaliengesetzgebung deutlich wurde und als ökologische Altlast mit weitgehend unbekanntem Risikopotential empfunden wurde, legte eine Gruppenbildung bei deren Beurteilung nahe. Der damalige Präsident des UBA, v. Lersner, schlug 1980 vor, daß das Vorhandensein von Chlor in Verbindungen bei der Prioritätensetzung für die Untersuchung des Risikopotentials industrieller Stoffe leitend sein könnte. Eine „Sippenhaft“ im Sinne eines Produktions- oder Anwendungsverbotes auf der Grundlage des Vorhandenseins eines Chloratoms lehnte er freilich ab (v. Lersner 1980).

Seit Ende der 70er Jahre wurde eine Reihe von Studien zu Aspekten der Chlorchemie durch das UBA in Auftrag gegeben und in den folgenden Jahren veröffentlicht, zum Beispiel:

- Darstellung der Emissionssituation der halogenierten Kohlenwasserstoffe (Oberbacher u.a. 1977),

---

<sup>4</sup> Tatsächlich wurde Methylisocyanat freigesetzt, das Teil der PUR Chemie ist und u.a. Phosgen (CO-Cl) als Vorprodukt hat.

<sup>5</sup> Relativierend wird jedoch verschiedentlich hervorgehoben, daß die Herstellung und Verarbeitung von CI kein Selbstzweck sei, sondern sich ständig mit anderen Technologien und Produkten messen lassen müsse (z.B. Nader 1996)

- Vermeidungs-/Verwertungsmöglichkeiten chlororganischer Rückstände (Schulze/Weiser 1985),
- Handbuch Chlorchemie (Nolte/Joas 1992),
- Folgestudie zum Handbuch Chlorchemie (Nolte/Joas 1995).

Das BMI gab in Zusammenarbeit mit dem UBA im Jahr 1982 eine Studie über Herkunft und Vorkommen von halogenorganischen Verbindungen in Gewässern bei der Gesellschaft deutscher Chemiker (GdCH) in Auftrag (Ballschmitter et al. 1987). Eine weitere Studie zur Technikfolgenabschätzung der Chlorchemie wurde durch das BMFT bei Prognos (Wolff/Alwast/Buttgereit 1993) in Auftrag gegeben. Einen Förderschwerpunkt des BMFT/BMBF zur Chlorchemie gab es nicht, in Einzelsegmenten (FCKW, CKW, Papierbleiche und Pyrolyse von PVC) wurden allerdings Mittel insbesondere zur Förderung der Erforschung von Substituten bereitgestellt (Schött 1993: 100). Diese Forschungsförderung des BMBF hat nach Einschätzung einer Evaluationsstudie die Implementation entsprechender ordnungsrechtlicher Regelungen teilweise entscheidend unterstützt (Angerer et al. 1996).

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen äußerte sich seit 1974 in den regelmäßigen Gutachten kritisch zu Folgeproblemen der Chemie mit Chlor. Besonders prononciert wird dies im Sondergutachten Abfallwirtschaft wiedergegeben:

„Unter Chemikern und Verfahrenstechnikern in Industrie und Hochschulen wird zunehmend die Einschätzung vertreten, daß der dynamische Ausbau der Chlorchemie in den 50er und 60er Jahren einen der entscheidenden Fehler in der industriellen Entwicklung darstellt und nicht erfolgt wäre, hätte damals schon der heutige Erkenntnisstand über die durch die Chlorchemie verursachten Umweltschäden und Gesundheitsgefährdungen vorgelegen. Denn viele der nachsorgenden Aktivitäten der Umwelt- und Gesundheitspolitik beschäftigen sich seit Jahren damit, die durch die Chlorchemie hervorgerufenen Schäden, soweit sie überhaupt in ihrem vollen Ausmaß erkannt sind, zu reparieren“ (SRU 1990: 219).

Daraus leitet der SRU das Ziel ab, einem weiteren Ausbau der Chlorchemie vorzubeugen und eine tendenzielle Rückbildung ihrer dominierenden Rolle zu ermöglichen. Prioritär sind dabei chlorhaltige Endprodukte, langfristig auch eine Umstellung bei chlorhaltigen Reaktionsvermittlern (SRU 1990 Tz. 752 f.).

Verschiedene Segmente der Chlorchemie (PVC, CKW-Lösemittel, Propylenoxid), mit ihren jeweiligen ökologischen, ökonomischen und sozialen Risiken und Chancen waren Gegenstand der Erörterungen in der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ (Enquete-Kommission 1993, 1994: 158 ff.).

Auf Länderebene wurde die Chlorchemie mehrfach in Koalitionsverhandlungen zwischen SPD und Grünen thematisiert (z.B. NRW, Sachsen-Anhalt, Hessen). Das hessische Umweltministerium hat zwei Studien<sup>6</sup> zur Konversion der Chlorchemie in Auftrag gegeben (Wolff/Meckel 1987 und Plinke/Schüssler/Kämpf 1994). Die Grünen sehen in der Chlorchemie ein Beispiel für die "harte" Chemie, die zugunsten einer "sanften" Chemie beendet werden müßte. Naturnahe Stoffe

---

<sup>6</sup> Dabei umfaßt die 1. Studie auch andere Produktlinien und Emissionen als solche der Chlorchemie, beispielsweise Schwermetalle. Chlorchemische Produkte bilden allerdings den Schwerpunkt der Studie.

sollten in der chemischen Produktion und Verarbeitung bevorzugt werden, chlororganische Verbindungen seien zumeist ausgesprochen naturfern (v. Gleich 1991: 4).

#### 1.4 Gesellschaftliche Akteure

Zuerst der Ausstieg aus der Chlorchemie, später relativierend die Konversion, wurden zu einem wichtigen Gegenstand der Forderung nach einer "Chemiepolitik" wie sie vom BUND seit Mitte der 80er Jahre eingefordert wird (BUND 1984). Später widmete Greenpeace der Chlorchemie eine eigene internationale Kampagne. Ebenfalls engagieren sich die AKN und ÖKOPOL zu Fragen der Cl-Chemie. Eine ganze Reihe von Umweltverbänden hat sich in einer Initiative „Chlor hat keine Zukunft“ zusammengeschlossen (<http://www.comlink.apc.org/oekofonds/pvc/pvc3-.htm>).

Die Forderungen nach einer Chemiepolitik wurden seit etwa 1985 von der SPD Bundestagsfraktion übernommen (Grant/Paterson/Whitston 1988). Dabei spielten in Anhörungen und Anfragen Einzelstoffe der Chlorchemie eine wichtige Rolle. Die Positionen sind in Einzelfällen allerdings uneinheitlich: Die PVC-Politik war und ist innerhalb der Fraktion offenbar umstritten. Während sich etwa SPD-Mitglieder der Enquete-Kommission in einem Minderheitenvotum für eine Beschränkung von PVC Produkten aussprachen (Enquete-Kommission 1994: 174), lehnt z.B. der ehemalige Vorsitzende der IG Chemie und SPD MdB Rappe eine solche Politik ab (Anonym 1993c).

Weitere Akteure aus dem Bereich der sozialen Bewegungen gab und gibt es zu verschiedenen Einzelsegmenten der Chlorchemie. So engagiert sich die IG Metall für eine Substitution von CKW an Arbeitsplätzen der Metallindustrie. Demgegenüber bezeichnet die IG Chemie die Chlorchemie als notwendig und lehnt eine pauschale Abkehr ab.

#### 1.5 Unternehmen und ihre Verbände

Die Herstellerunternehmen sind im Verband der Chemischen Industrie (VCI) vertreten, der zu mehreren Fragen der Chlorchemie aktiv wurde und Arbeitskreise eingesetzt hat. Aus dieser Arbeit sind seit 1986 u.a. mehrere freiwillige Selbstbeschränkungen, etwa bezüglich CKW oder FCKW, hervorgegangen. Die PVC-Hersteller und -Verarbeiter haben sich seit 1988 in einer „Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt“ (AGPU) zusammengeschlossen.

Der Verband, wie auch einzelne Hersteller aus dem Bereich der Chlorchemie heben hervor, daß sie bereits frühzeitig, in vielen Fällen sogar lange vor Inkrafttreten entsprechender gesetzlicher Regelungen, die Herstellung oder Verwendung hochtoxischer Einzelstoffe in umweltoffenen Systemen eingestellt habe. Dennoch wurden, so der VCI, in der Vergangenheit bei bestimmten chlorchemisch hergestellten Endprodukten die Auswirkungen auf die Umwelt nicht ausreichend erkannt oder berücksichtigt. Mit dem Verzicht auf Stoffe wie PCBs, PCP, DDT, FCKW oder auch bestimmte Verwendungen von PVC oder CKW-Lösemitteln sei die Produktpalette der Industrie unter ökologischen und expositionsrelevanten Gesichtspunkten nunmehr hinreichend

durchforstet. In den verbliebenen Bereichen, insbesondere für langlebige Anwendungen von PVC im Bereich der Bauwirtschaft, sei die Verwendung von Chlor ökonomisch sinnvoll und ökologisch vertretbar (VCI 1996: 3, 6).

Verschiedene Industrieverbände und Unternehmen engagieren sich aber auch gegen Einzelprodukte der Chlorchemie. Branchen aus nachgelagerten Verarbeitungsstufen und der Handel konnten einige Substitute durchsetzen, resp. zur Durchsetzung beitragen, z.B. chlorfrei gebleichtes Papier (Tengelmann) (Bremme 1992), PVC-freie Verpackungen (z.B. Herlitz, Henkel) (Anonym 1989, Herlitz 1995), Möbel (z.B. IKEA) (Greenpeace 1992b) und chlorfreie Reinigungsprodukte. Teilweise sind damit auch ökonomische Interessen der verarbeitenden Industrien verbunden: So beklagt sich die Auto-Shredder Industrie über die Verwendung von PVC in Autos, was erhebliche Kosten bei der Entsorgung von Altautos mit sich bringt. In der Folge versuchen einzelne Autohersteller, auf einen dispersiven Einsatz von PVC (z.B. im Unterbodenschutz) und Verbundsysteme zu verzichten oder diesen einzuschränken, wohl auch in der Erwartung eines Rücknahmegebotes für Altautos (Claus/Friege/Gremler 1990).

Unter den Akteuren ist schließlich auch die Evangelische Kirche zu nennen, die mit zwei Akademien (Tutzing und Bad Boll) sowie einem Gesprächskreis (Oeser-Kreis) erfolgreich Gespräche zwischen den beteiligten Interessengruppen (Industrie, Staat, Umweltbewegung, Wissenschaft) vermittelt (Held (Hrsg.) 1988 und 1991, Ev. Akademie Bad Boll 1988). Ähnliches ist von der Stadt Frankfurt bekannt (Ueberhorst/de Man 1990, 1992).

## 1.6 Internationale Vereinbarungen - Stand der Diskussion in anderen Industrieländern

Auf internationaler Ebene hat es durch Regierungen keine explizite Thematisierung der Chlorchemie als Ganzes gegeben, eine wichtige Rolle spielen internationale Organisationen und Vereinbarungen jedoch bei den Folgeprodukten und Herstellungsverfahren der Chlorchemie. Zu nennen sind hier:

- die diversen Abkommen zu FCKW,
- die Nordseeschutzkonferenzen, v.a. von 1990 und 1995, die die Einleitung von halogenisierten Stoffen regeln und eine Minderung der Quecksilber(Hg)-Emissionen beim Amalgamverfahren der Cl-Herstellung vorsehen,
- die EG, mit Richtlinien zur Emissionsminderung leichtflüchtiger Kohlenwasserstoffe (zu denen Chlorkohlenwasserstoffe gehören), zum Gewässerschutz, zu produkt- und anlagen-spezifischer Regulation, die sich u.a. im Bereich der VOC<sup>7</sup>-Emissionsminderung<sup>8</sup> und des Gewässerschutzes engagiert. In der Folge der Gewässerschutzrichtlinie<sup>9</sup> (RL 76/464/EWG)

<sup>7</sup> Volatile Organic Compounds (leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe).

<sup>8</sup> Die Normsetzung und anderen Aktivitäten der EG (u.a. der VOC Task Force) beziehen sich überwiegend auf Emissionen anderer leichtflüchtiger Kohlenwasserstoffe. Gerade wegen des vergleichsweise geringen Ozonbildungspotentials von CKW (was in den USA Ende der 60er Jahre allerdings völlig anders eingeschätzt wurde) verweisen Herstellerunternehmen darauf, daß eine CKW Substitution nicht unbedingt wünschenswert sein muß (Deutsch 1993: 35 f.).

<sup>9</sup> Diese sogenannte 129er Liste derjenigen Stoffe, deren Einleitung in Gewässer vermindert/eingestellt werden soll, besteht zu ca. 2/3 aus Chlororganika.

hat sie eine eigene Richtlinie (RL 82/176/EWG) mit Emissionsgrenzwerten für Quecksilber ausschließlich für die Chlor-Alkali-Industrie erlassen,

- die Bemühungen der OECD, v.a. in den 70er Jahren, um einen einheitlichen Ausstieg aus der Verwendung von PCBs (Nichols/Crawford 1983).

Auch in anderen westlichen Industrieländern hat es in den vergangenen Jahren umweltpolitische Diskussionen um die industrielle Verwendung von Chlor gegeben:

In **Österreich** gibt es seit einiger Zeit einen Diskussionsprozeß zwischen Chlorindustrie, Umweltschützern und Vertretern der Verwaltung unter dem Dach der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT). Dies wird als Versuch einer grünen Sozialpartnerschaft aus Industrie, Verwaltung und Umweltschutzbewegung gesehen. In einem gemeinsamen Papier haben alle Gruppen den Ausstieg aus Chlororganika für notwendig erachtet. Bei der zentralen Frage des PVC wurde allerdings keine Einigung erzielt. Die Trinkwasserchlorung wurde nicht diskutiert, die Produktion von Salzsäure und Eisen(III)chlorid<sup>10</sup> wird gebilligt (Leutgeb 1993: 13f.).

**Schweden** hat ebenfalls eine Bilanzierung des Stoffstromes Chlor vorgenommen (Swedish National Chemicals Inspectorate 1995). Dort wird ein Auslaufen der Verwendung von CKW-Lösemitteln angestrebt, der Verkauf in Endprodukten ist seit 1993 untersagt, die gewerbliche Verwendung mit der Ausnahme von Perchlorethylen seit 1996. Für PER wird von den Umweltbehörden eine Abgabe vorgeschlagen, um die Entwicklung von Substituten für Chemischreinigungen zu beschleunigen und zusätzliche Anreize zur Emissionsminderung zu geben. Langfristig ist auch hier eine Beendigung der Verwendung geplant (ebd.: 106). Weiterhin ist für Chlorparaffine ein Auslaufen der Herstellung und Verwendung geplant. Es werden allerdings keine Gründe dafür gesehen, daß Chlorverbindungen im Vergleich zu nichtchlorierten Stoffen ein besonderes Risiko darstellten. Diese Verbindungen müssen wie andere als Einzelstoffe oder Gruppen diskutiert werden (ebd.: 101). Ein Ausstieg aus der Verwendung von PVC wird von der schwedischen Umweltbehörde allerdings abgelehnt (Anonym 1995).

In **Norwegen** hat es ein Forschungsprojekt unter Beteiligung des amerikanischen MIT, der norwegischen Industrie, Regierung und Umweltbehörden gegeben, in dem die wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Auswirkungen eines vollständigen Verwendungsverbotes von Chlor abgeschätzt werden sollten. Regulative Maßnahmen sind daraus aber noch nicht gefolgt (ebd.: 76).

In **Dänemark** fokussiert die Chlordebatte auf die Verwendung von PVC. 1987 erklärte der Umweltminister, daß die Verwendung bis 1993 auslaufen solle und löste damit eine intensive öffentliche Diskussion aus. Im Verpackungsbereich wurde die Verwendung von PVC in der Folge von 10,5 kt (1987) auf ca. 5,7 kt (1992) gesenkt (Holm 1995: 304, Greenpeace 1992b).

In den **Niederlanden** folgert die Regierung auf der Grundlage einer Bilanzierung des Stoffstromes Chlor ebenfalls, daß die daraus resultierenden Risiken weitgehend unter Kontrolle gehalten werden können und eine neue Chlorpolitik daher nicht notwendig sei (Hendriks/Papameltiou 1996: 7). Im nationalen Umweltplan (NEPP) wurden die Chemieindustrie noch aufgefordert,

---

<sup>10</sup> Es wird als Fällungsmittel in der Wasserreinigung verwendet.

Möglichkeiten zu suchen, die Verwendung von Chlor als Grundstoff zu reduzieren oder einzustellen oder, soweit dies nicht möglich ist, die Risiken aus der Verwendung so weit wie möglich zu reduzieren (Swedish National Chemicals Inspectorate 1995: 75).

In **Nordamerika** sprach sich die US-kanadische International Joint Commission (IJC) im Jahr 1992 für einen Stufenplan zur Beendigung der Herstellung und Verwendung von Chlororganika aus. Beide Regierungen wiesen ein derartiges Anliegen zurück, begannen aber, Regulationen, etwa im Bereich von FCKW, oder Grenzwerte für Emissionen aus der Papierindustrie zu verschärfen. 1994 wiederholte die IJC ihr Anliegen noch einmal, wies aber darauf hin, daß auch soziale und ökonomische Belange berücksichtigt werden müssen (Hileman/Long/Kirschner 1994). Im Zusammenhang mit der Novellierung des Clean Water Act wurde US-EPA von der Clinton Administration aufgefordert, Möglichkeiten der Reduzierung oder des Auslaufens der Verwendung chlororganischer Verbindungen zu prüfen (Swedish National Chemicals Inspectorate 1995: 71).

Greenpeace ist der Umweltverband, der im Rahmen seiner Kampagnen Probleme der Chlorchemie auf internationaler Ebene thematisiert.

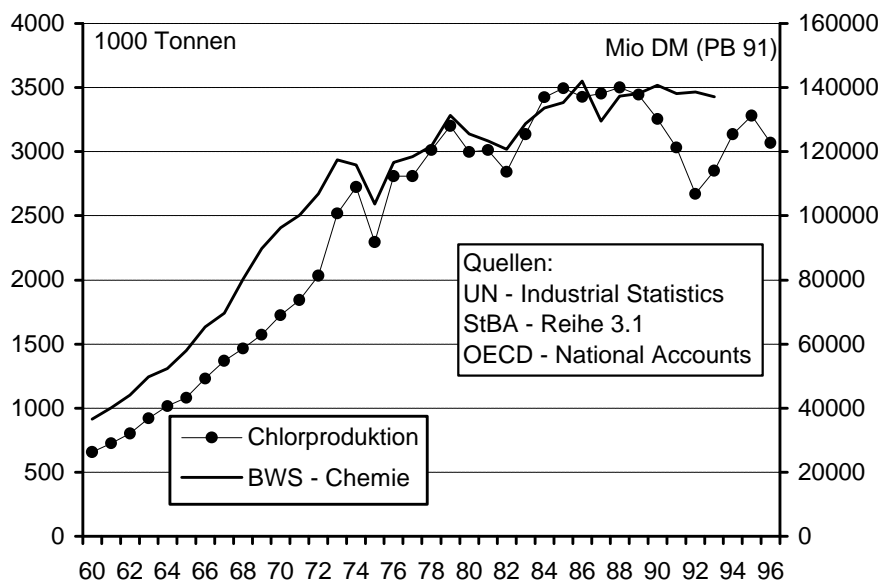
Die Hersteller haben sich auf europäischer Ebene in dem Verband „Eurochlor“ zusammengeschlossen. Eine weltweite Kooperation mit anderen Industrieverbänden der Chloralkaliindustrie gibt es bei der Durchführung von mehreren Symposien der Chloralkaliindustrie. Auch die 12 führenden europäischen PVC Hersteller haben sich seit 1988 in dem ‘European Council of Vinyl Manufacturers’ (ECVM) zusammengeschlossen.

## **2 Trends in der Chemischen Industrie**

Chlor wird in Deutschland zu 92% an seinem Produktionsstandort weiterverarbeitet. Ein nennenswerter Außenhandel findet nicht statt, ebenso ist der zum Verkauf bestimmte Anteil der Produktion von nur geringer Bedeutung. Im internationalen Vergleich ist dieser Anteil interner Verarbeitung überdurchschnittlich, weltweit werden durchschnittlich ca. 20% der hergestellten Chlormenge gehandelt (Seidel 1993). In den USA wird bei einer Produktionskapazität von geschätzten 13 Mio t/a ein Anteil von 75% von der Chemieindustrie verbraucht (Hileman/Long/Kirschner 1994). Dieser vergleichsweise hohe externe Verbrauch von 25% ist u.a. mit dem höheren Anteil für Trinkwasserchlorung zu erklären und mit Export in solche Länder, die keine eigene Chlorindustrie haben. An diesem Handel ist die bundesdeutsche Industrie allerdings kaum beteiligt (Schlegel 1993). In den Außenhandel kommen hierzulande eher Zwischen- und Endprodukte der Chlorchemie.

In Deutschland hat die Produktion von Chlor seit dem 2. Weltkrieg zunächst bis 1974 ungebrochen zugenommen. In der Folgezeit verminderte sich das Wachstum und in den Jahren 1984-1988 gab es eine Stabilisierung auf einem Niveau von etwa 3,5 Mio t/a. Bis zum Jahr 1992 sank die Produktion um ca. 25% bezogen auf ihren Höchststand. Welche Ursachen standen hinter diesen Entwicklungen?

Abbildung 1: Chlorproduktion in der Bundesrepublik Deutschland 1960-1996



Für die erste Wachstumsphase ist ein enger Zusammenhang mit der Entwicklung der Bruttowertschöpfung (BWS) der Branche zu erkennen. Der Korrelationskoeffizient zwischen der Chlorproduktion und der Bruttowertschöpfung der Chemieindustrie in ausgewählten Industrieländern ist in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben:

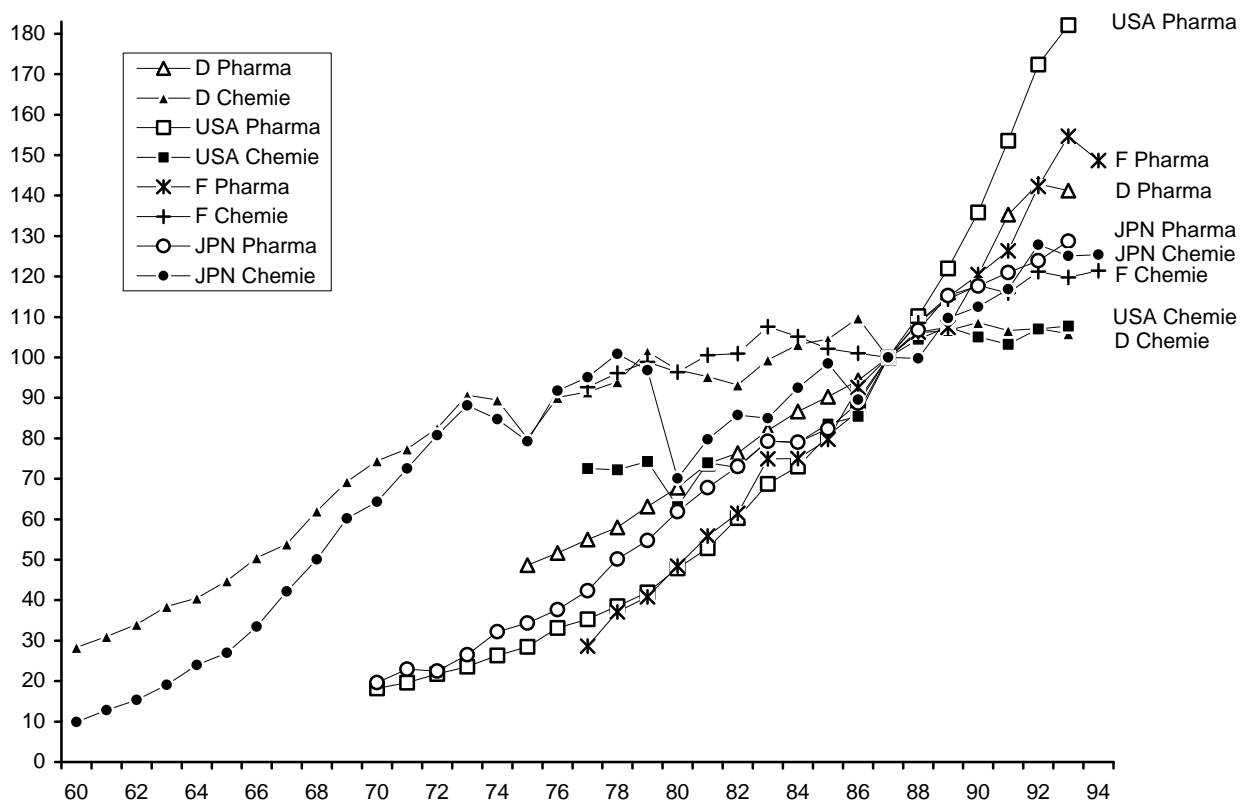
Tabelle 1: Korrelationskoeffizienten Chlorproduktion und Wertschöpfung der chemischen Industrie 1960-1995 in ausgewählten Industrieländern

Land	1960-74 (Fälle)	1975-84 (Fälle)	1985-96 (Fälle)
Deutschland	,9728 (15)	,9814 (10)	-,2920 (8)
Großbritannien	- (0)	,7505 (10)	-,4209 (7)
USA	,9764 (15)	,2393 (10)	,7038 (9)
Frankreich	,9985 (5)	,3978 (10)	-,1888 (9)
Italien	,8427 (5)	-,3696 (10)	-,0703 (9)
Japan	,5696 (5)	,8361 (10)	,4575 (9)

Quellen: OECD National Accounts, UN - Industrial Statistics, Statistisches Bundesamt, eig. Auswertung

Der hohe Zusammenhang zwischen dem Wachstum der Chlorproduktion und der Wertschöpfung dieses Sektors ist für alle der hier gezeigten Industrieländer mit der Ausnahme Japans sichtbar, im Falle Deutschlands setzt sich dieser Zusammenhang im Gegensatz zu den Vergleichsländern jedoch auch in der zweiten Periode von 1975-1984 fort. Die nur noch schwachen Zusammenhänge zwischen der Wertschöpfung und der Chlorproduktion seit 1985 dürften mit einer Verlagerung der Wertschöpfung aus dem Bereich der Grundstoffchemie in Bereiche etwa der Pharmaherstellung erklärbar sein. Dennoch wird weltweit ein Kapazitätsausbau für die Chlorproduktion vorhergesagt, nicht jedoch in Deutschland (Nader 1996).

Abbildung 2: Entwicklung der Wertschöpfung der chemischen Industrie (gesamt) und der Herstellung von Pharmazeutika in ausgewählten Industrieländern 1960-1994



Quelle: OECD-CD-ROM National Accounts.

Der Verbrauchs- und Produktionsrückgang in Deutschland 1988-1992 war im internationalen Vergleich am stärksten. Auch wenn bisherige Belege zeigen, daß die Abhängigkeit von diesem Grundstoff vergleichsweise hoch gewesen sein dürfte, und sich andere Chemieindustrien bereits früher auf andere Aktivitäten konzentriert haben und z.B. stärkere Steigerungen in wertschöpfungsintensiven Sparten, etwa der Pharmaherstellung aufweisen, so ist doch der Fall Deutschland interessant, weil hier eine besonders intensive umweltpolitische Debatte zu diesem Stoff stattgefunden hat und der Produktionseinbruch in diesem vergleichsweise kurzen Zeitraum erfolgte. Die Ursachen, die Folgen und Bewältigungsstrategien sollen im folgenden kurz dargestellt werden. Dabei wird zunächst diskutiert, ob eine Umweltentlastung auch durch einen technologischen Wandel denkbar ist.

Die Beschäftigung in der chemischen Industrie wurde seit Beginn der 90er Jahre deutlich abgebaut - wie auch in der gesamten Industrie. So hat die Hoechst AG in den Jahren 1991-1994 25.000 Beschäftigte in ein Programm zur Frühpensionierung entlassen, das den Konzern insgesamt 2,5 Mrd. DM kostete (FAZ, 10.4.95: 21). In der gesamten Branche nahm die Beschäftigung von 716.700 Personen (1991) auf ca. 536.000 (1995) ab (VCI Jahresberichte, VCI 1996b). Darin ist auch der dramatische Stellenabbau in den neuen Bundesländern enthalten, die 1991 erstmals in der Statistik berücksichtigt wurden. Im Jahr 1990 hatte die (westdeutsche) Beschäftigung noch 592.000 Arbeitsplätze betragen.



Viele einschneidende Veränderungen in der Chlorchemie, die unten diskutiert werden, liegen aber zeitlich vor diesem Beschäftigungsabbau. Der jeweilige Beitrag wird bei der Darstellung der einzelnen Segmente diskutiert werden. Die hohe Produktivität im Bereich der Herstellung und Verarbeitung von chemischen Grundstoffen macht allerdings einen relevanten Beitrag zu diesem Arbeitsplatzabbau unwahrscheinlich.

Der vorangegangene Abschnitt zeigte die Entwicklung der Chlorproduktion in Deutschland. Es konnte belegt werden, daß im internationalen Vergleich der Strukturwandel zugunsten wertschöpfungsintensiver Zweige der Chemie später einsetzte als in vergleichbaren Industrieländern. Exemplarisch konnte dies am Wachstum der Pharmaherstellung gezeigt werden. Die Bedeutung der Wachstumsbrüche bei der Chlorproduktion für den Beschäftigungsabbau der Branche wird bei den Folgeprodukten zu untersuchen sein.

## **2.1 Technologie der Cl-Produktion: Umweltentlastung durch Innovation möglich?**

Im folgenden Absatz wird die Technologie der Herstellung von Chlor skizziert und geschildert, warum sich eine relativ umweltentlastende Technologie der Chlorherstellung nicht durchsetzt.

Chlor wird seit Beginn des Jahrhunderts industriell durch die Elektrolyse von Kochsalz (NaCl)-Lösung produziert. Durch die elektrolytische Aufspaltung einer gesättigten Steinsalzlösung entstehen die Stoffe Natronlauge (NaOH), Chlor und in kleinen Mengen Wasserstoff. Die hohe Reaktivität, sowohl von Chlor als auch von NaOH, machen eine schnelle Trennung beider Stoffe notwendig. Dies geschieht durch eine Abscheidung durch ein Diaphragma, das heute aus Asbest besteht. Alternativ dazu kann die Trennung mittels Quecksilber (Hg) erfolgen (Amalgamverfahren). In den 60er Jahren wurde zudem von ICI ein Membranverfahren entwickelt (Dibble/Argust 1986: 1989, Eklington/Burke 1989: 115). Dabei werden Asbest- bzw. Quecksilberemissionen vermieden. Bezogen auf die Herstellung von 1 t Cl<sub>2</sub> werden nach dem Amalgamverfahren 3.300 kWh, nach dem Diaphragma-Verfahren 2.800 kWh und nach dem Membran-Verfahren 2.200 kWh Strom benötigt (Dibble/Argust 1986: 89). Weltweit hält diese neue Membrantechnologie einen Anteil von etwa 10% der Kapazitäten, für das Jahr 2000 werden 50% prognostiziert (Seidel 1993: 26). Die Bilanzierung der Energieeinsparung mit dem Membranverfahren ist jedoch umstritten, da nach Angaben von Industrievertretern die dabei entstehende Natronlauge (NaOH) aufkonzentriert werden muß und damit insgesamt nur 10% des Energieaufwandes gegenüber dem Amalgamverfahren eingespart werden. Mit den notwendigen Investitionen sei das Membranverfahren erheblich teurer (Müller 1993: 48).

Die Diffusion dieser Technologie geht in der Bundesrepublik nur langsam voran. Membrananlagen werden durch den deutschen Anlagenhersteller Uhde (einer Hoechst Tochter) weltweit realisiert (FAZ, 9. 9. 1994: 21), in der Bundesrepublik ist nur eine Anlage im Bau. Gründe dafür sind:

- Der rückläufige Verbrauch von Chlor macht es ungewiß, wie hoch die Kapazität der Chlorherstellung auch in mittelfristiger Zukunft sein wird. Die Kritik an bedeutenden Folgepro-

dukten und Verfahren, bei denen Chlor verwendet wird, lassen eine Planung der Kapazitäten unsicher erscheinen.

- Die Energiekosten in Ländern wie Taiwan oder Indien werden als höher eingeschätzt, so daß sich die relativ energiesparenden Anlagen dort eher lohnen, während hierzulande entsprechende Anreize weniger ausgeprägt sind (Bergner 1993: 68)<sup>11</sup>.

Die Vereinbarungen im Rahmen der Nordseeschutzkonferenz sehen vor, daß die Quecksilberemissionen durch Einleitung über Flüsse in die Nordsee bis zum Jahre 2010 noch einmal erheblich reduziert werden müssen und damit das Hg-freie Verfahren notwendig wäre (Darimont 1995: 286, Nolte/Joas 1995: 41). Bei der Genehmigung von Neuanlagen wäre bei Anwendung des Standes der Technik auch dieses Verfahren vorzuschreiben. Darüber hinaus ist in der ChemikalienverbotsV (von 1993) eine Befristung der Verwendung von Asbest zur Chloralkalielektrolyse bis zum 31.12.2010 vorgesehen.

Die chemische Industrie möchte von einer zwingenden Modernisierung der Amalgamanlagen, die nur durch einen Neubau mit Investitionskosten von rund 100 Mio DM/100 kt/a Kapazität realisierbar ist, bis zum Jahre 2010 absehen und verweist darauf, daß die Emissionen von Hg bei den bestehenden Anlagen existierende Grenzwerte bei weitem unterschreiten. Die Kosten für eine vollständige Substitution durch Membrantechnologie werden mit 3 Mrd. DM angegeben, dies entspräche einer Summe von ca. 1 Mio DM pro 1 kg vermiedenen Hg-Emissionen (Schmidt 1993: 49). Weiterhin wären andere industrielle Quellen, v.a. die Verbrennung von Kohle, die bedeutenderen Hg-Emittenten (Bayer AG 1995). Zunächst hatte nur ein einziger Hersteller (Dow) anerkannt, daß das Membranverfahren beim Neuanlagenbau als Stand der Technik zu realisieren sei. Dem wurde zunächst von der Mehrheit der Chlorhersteller widersprochen (Schmidt 1993: 49). In einer neueren Veröffentlichung der Bayer AG erkennt auch dieses Unternehmen an, daß beim Neuanlagenbau die Membrantechnik anzuwenden sei, verweist aber darauf, daß eine zwingende Modernisierung aller Anlagen bis 2010 nicht zumutbar wäre (Bayer 1995: 30). Dow ist der bisher einzige Hersteller, der durch eine Tochterfirma (BSL, ehemals Buna) eine Anlage mit der Kapazität von 200 kt/a im Membranverfahren errichten läßt (Fachgespräch 1). An diesem Standort soll Chlor für die Herstellung von PVC und Propylenoxid verwendet werden.

Auch Umweltverbände raten bisher von einem Umbau der Anlagen ab, um nicht so langfristig Kapital an eine unverändert hohe Kapazität der Cl-Produktion zu binden, die eine kritische Überprüfung von Folgeprodukten bzw. Cl-Verfahren behindern würde (Ahrens 1993: 57). Den Folgeprodukten wird die Hauptlast der ökologischen Bedenken gegen die Chlorchemie zugeordnet, der hohe Stromverbrauch und die Quecksilberemissionen werden im Vergleich zu den Massenprodukten der Chlorchemie als untergeordnete ökologische Probleme gesehen.

---

<sup>11</sup> Im Zusammenhang der Diskussion über eine Energiesteuer in der Bundesrepublik wird freilich die Position vertreten, daß die Energiekosten hierzulande höher seien als im Ausland (z.B. Amerschlager 1996).

## 2.2 Kostenfaktoren der Chlorproduktion

Der Energieverbrauch der Chlor-Alkali-Herstellung betrug 1987 zu ihrem Höhepunkt der Produktionsmenge ca. 10 Mio MWh Strom. Die Energiekosten stellen den bei weitem größten Kostenfaktor dar, obwohl von industriellen Großkunden vergleichsweise niedrige Strompreise bezahlt werden. Ein Produzent gibt an, daß die Grundlast von Kraftwerken zu ca. 8 Pf/kWh bereitgestellt wird (Fachgespräch 2).

Haas (1990) errechnet für eine typische Anlage zur Chloralkalielektrolyse die Kosten für die Herstellung von Chlor (jeweils 1 t Cl, 1,1 t NaOH, sowie 280 m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>) (unter den Annahmen: jeweils 100 kt/a Kapazität, weitgehende Kapazitätsauslastung):

Tabelle 2: *Kostenkomponenten der Chlorproduktion 1985*

Kostenkomponente je t Cl <sub>2</sub>	Amalgam	Anteil	Diaphragma	Anteil
Stromkosten	295 DM	50 %	240 DM	35 %
Salzkosten	90 DM	15 %	90 DM	13 %
Arbeitskosten	25 DM	4 %	25 DM	4 %
Instandhaltung/Reparatur/Verwaltung	65 DM	11 %	65 DM	9 %
Kapitalkosten	90 DM	15 %	90 DM	13 %
Andere Kosten	25 DM	4 %	105 DM	15 %
davon Dampf		0 %	80 DM	12 %
Summe	590 DM		695 DM	

Quelle: Haas 1990: 83

Die Chlorproduzenten in der Bundesrepublik sind angesichts dieses hohen Stromverbrauches wichtige Akteure in der energiepolitischen Debatte. Teilweise wird der Strombedarf durch unternehmenseigene Kraftwerke bereitgestellt (Fachgespräch 2). Diese werden dann als vorteilhaft bezeichnet, wenn eine Kraft-Wärme Kopplung möglich ist und der Dampf im Unternehmen genutzt werden kann (Amerschläger 1996). Chemieunternehmen betätigen sich teilweise auch als Energieerzeuger. Im Rahmen eines Energieliefervertrages zwischen RWE und Hoechst mit einem Volumen von 1500 MW/a verpachtet Hoechst ein Grundstück an RWE, auf dem ein Kraftwerk errichtet wird, das Strom auch in das öffentliche Netz einspeisen wird (Amerschläger 1996). BASF errichtete mit 1,3 Mrd. DM Investitionen ein Kraftwerk in Schwarzheide, das ebenfalls Strom in das öffentliche Netz einspeist (Janik 1994). Insgesamt wurden 1995 von der chemischen Industrie 16.297 Mio kWh Strom produziert, bei einem Gesamtverbrauch von 46.727 Mio kWh (VCI 1996). Das gelegentlich geäußerte Argument von Umweltverbänden, die Herstellung von Chlor würde durch einen niedrigen Strompreis subventioniert, wird unter Verweis auf diese Aktivitäten zurückgewiesen (Fachgespräch 2).

Die Herstellung von Chlor auf dem Wege der NaCl-Elektrolyse ist in seinem Massenverhältnis feststehend mit der Herstellung von NaOH und in kleinen Mengen von Wasserstoff gekoppelt. Der gewonnene Wasserstoff wird nur teilweise ausgeschleust, die überwiegende Menge zur Energiegewinnung für die Elektrolyse verbrannt (Deutsch 1993).

### 2.3 Von der Chlorchemie zur Salzsäurechemie?

Ein alternativer Pfad der Chlorherstellung besteht in der Elektrolyse von HCl<sup>12</sup>, hier entsteht ausschließlich Wasserstoff (H<sub>2</sub>) als Nebenprodukt. In kleinerem Umfang wird diese Elektrolyse auch in der Bundesrepublik praktiziert. Grundsätzlich wird HCl, das bei bestimmten Prozessen in bedeutenden Mengen anfällt, aber nicht auf dem Umweg der Elektrolyse als Chlorquelle verwendet, sondern direkt verarbeitet. HCl wurde 1992 insgesamt in einer Menge von 1,128 Mio t Chlorkäquivalenten eingesetzt. Davon wurden 121 kt (bei steigender Tendenz) zu elementarem Chlor weiterverarbeitet (Nolte/Joas 1995: 28). In vielen Unternehmen der Chlorchemie wurden HCl verbrauchende Prozesse in der Vergangenheit ausgebaut, um zusätzliche Mengen etwa aus den Verbrennungsanlagen aufzunehmen oder auf diese Weise die Chlorkreisläufe innerhalb der Unternehmen zu schließen. Mit dem erwarteten Ausbau von HCl erzeugender PVC Monoverbrennung wird mit einer weiteren Steigerung des HCl Anfalls gerechnet (Nader 1996).

### 2.4 Probleme der Kuppelproduktion: Natronlauge

Von der Industrie wird gegen eine weitere Einschränkung der Chlorherstellung oder der Folgeprodukte angeführt, daß dann auch der Bedarf an Natronlauge (NaOH) nicht mehr gedeckt werden könnte. Dagegen wird eingewendet, daß

- es einen erheblichen (wenn auch abnehmenden) Exportüberschuß bei der Natronlauge gäbe,
- durch einen Verzicht auf chlorchemische Prozesse in vielen Fällen auch ein sinkender Bedarf für NaOH als Neutralisationsmittel einherginge (z.B. Herstellung von PO bei Dow) und
- wirtschaftliche Verfahren der NaOH Gewinnung auf der Basis von Natursoda bereitstünden.

Die Wirtschaftlichkeit wie auch die Umweltverträglichkeit der Kaustifizierung von Natursoda wird allerdings von der Industrie in Frage gestellt. Diese habe im Vergleich zur Chloralkalielektrolyse einen 4-6 mal höheren Energieverbrauch (Höllbacher 1993: 38). Eine deutliche Reduktion des Chlorverbrauchs wäre mit einer Verlagerung von Chlor-Kapazitäten in das Ausland verbunden, weil dann von dort NaOH importiert würde. Auch damit wäre eine Umweltentlastung fraglich (Schlegel 1993).

Die wichtigsten Anwendungen für das Kuppelprodukt NaOH sind: Erzaufschluß in der Aluminium-Produktion, bei der Celluloseherstellung, zur Flaschen- und Gebindereinigung und die Verarbeitung in der Seifenindustrie. Besonders die Koppelung an die Aluminiumproduktion läßt weltweit den Verbrauch von NaOH schneller steigen als den Verbrauch von Chlor (Seidel 1993).

Berechnungen der Prognos AG zufolge wird der Chlorverbrauch selbst ohne weitere politische Maßnahmen (Szenario "Trend") um 566 kt/a sinken, in einem weiteren Szenario ("Forciert") sei mit einer weitgehenden Einschränkung von Herstellung und Verwendung von Cl mit einem Rückgang um 2,5 Mio t/a in den kommenden Jahren zu rechnen. Aus diesen Voraussagen resultieren Defizite auf dem Markt für NaOH von 300 kt/a ("Trend") bzw. 2,8 Mio t/a ("Forciert") (Wolff/Alwast /Buttgereit 1993: 133). Der Nettoexport der gesamten Produktion betrug 1987

<sup>12</sup> Für die Aufspaltung von HCl sind auch Oxidationsverfahren mit Sauerstoff praktikabel. Neuere Entwicklungen dieser Technologien haben einen erheblich höheren Wirkungsgrad als die Elektrolyse (FAZ 18. 10. 1995: N2)

21%, 1992 noch 14% (Nolte/Joas 1995: 44). Im gleichen Zeitraum stiegen die Preise für Natronlauge um 47%. Mit einer jährlichen Wachstumsrate von 1,5% wird gerechnet (ebd.: 46).

## 2.5 Fazit

Der Strukturwandel der chemischen Industrie um den Stofffluß Chlor ist also von einer Reihe von technologischen und ökonomischen Determinanten geprägt. Obwohl relativ umweltentlastende wirtschaftliche Technologien bereitstehen und auch international an Bedeutung gewinnen, gibt es keine Tendenzen in Deutschland, diese Technologien zu übernehmen. Die Ungewißheit über die zukünftige Entwicklung bei hohen Investitionskosten für eine Umrüstung ist hier entscheidend. Trotz der Energieeinsparpotentiale der neuen Technologie ist der Anpassungsdruck offenbar gering. Dies ist angesichts der Eigenerzeugung von Energie innerhalb der Branche nicht auf eine versteckte Subventionierung des Strompreises zurückzuführen. Andere technologische Optionen stehen mit der Ausweitung der Salzsäurechemie zur Verfügung. Aber auch diese sind wegen der Koppelung der Chlorherstellung an die der Natronlauge begrenzt. Diese Restriktion ist zwar nicht technisch zwingend, aber der wachsende Markt für NaOH vermittelt Anreize, an den bestehenden Technologien festzuhalten.

Der Wandel der Chlorchemie in den vergangenen Jahren läßt sich mit den umweltpolitischen Kontroversen auf der Ebene der Chlorherstellung nicht erklären. Entscheidend für den Produktionsrückgang waren neben den konjunkturellen Effekten der Rezessionsjahre auch die intensive umweltpolitische Diskussionen über einzelne *Folgeprodukte* sowie die teilweise nachfolgende Regulation dieser Stoffe. Im folgenden werden daher exemplarisch einige der Stoffe diskutiert, die besonders intensiv in der öffentlichen Auseinandersetzung standen oder in hohem Maße zum Strukturwandel beigetragen haben.

## 3 Segmente der Chlorchemie in Deutschland

Die Anwendungen und Produkte der Chlorchemie lassen sich in einer Vierfeldermatrix unterteilen in chlorhaltige Endprodukte oder ihre Verwendung als Reaktionsvermittler bei ansonsten chlorfreien Endprodukten bzw. die Verwendung in umweltoffenen oder geschlossenen Systemen.

Tabelle 3: Typen der Anwendungen von Chlor und chlorchemischen Verbindungen

	Umweltoffene Systeme	Geschlossene Systeme
Cl-Verbindungen als Reaktionsvermittler	Ausschleusung zumeist als NaCl	Bestimmte Synthesen, bei denen zumeist HCl, aber auch Cl im Kreislauf geführt wird <sup>13</sup>
Cl im Endprodukt	z.B.: PVC, Dichlormethan als Abbeizer, CKW Lösemittel in <b>alten</b> Reinigungsanlagen	z.B.: Chloroform in der Pharmaherstellung (als Extraktionsmittel), CKW Lösemittel in <b>neuen</b> Reinigungsanlagen

<sup>13</sup> z.B. eine Verfahrensumstellung bei der Hüls AG: Bei der Silikonherstellung wurde entstehendes HCl ehemals neutralisiert in die Vorfluter geleitet, jetzt wird Dimethyldichlorsilan nicht mehr mit Wasser umgesetzt, sondern mit Methanol, so daß gar kein HCl mehr entsteht, sondern Cl wird im Kreis gefahren werden kann (Kleinloh 1994: 63). Die Bayer AG hat ein Verfahren zur chlorfreien Synthese von Bisphenol A entwickelt, ebenso sind chlorfreie Prozesse bei der Weiterverarbeitung zu Polycarbonaten möglich (Zlokarnik 1996: 469).

Die wichtigsten Segmente des Chlorverbrauchs und die Zuordnung in die oben vorgeschlagene Typisierung sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt:

Tabelle 4: Verbrauch und Verbleib von Chlor nach Produktsegmenten und Endprodukten, 1992 Deutschland

	Cl-Äquivalente (kt) 1992 <sup>14</sup>	in % des Chlorverbrauchs	Veränderung zu 1987 in %	Verwendung / Verbleib des Cl	Hauptsächliches Endprodukt
Ethylen-dichlorid	1249	32,56	-11,04	Überwiegender Verbleib im Produkt, kleinere Mengen CKW-Rückstände. Bei der Oxichlorierung HCl Verbraucher	PVC
Propylen-oxid	758	19,76	4,26	Ausschleusung als NaCl	Polyurethane
Phosgen	286	7,46	8,33	unternehmensinterne Weiterverarbeitung zu TDI, MDI <sup>15</sup> (Ausschleusung als HCl) oder Polycarbonat (Ausschleusung als Salz)	Polyurethane, Polycarbonat
Tetrachlor-methan	219	5,71	-35,96	Teilweise Ausschleusung als HCl und in CKW-Rückständen, Verbleib im Produkt	FCKW
Diverses <sup>16</sup>	128	3,34	-41,01		
Allyl-chlorid	120	3,13	5,26	Zwischenprodukt für Epichlorhydrin (s.u.) und teilweise Ausschleusung als HCl (ca. 65% der Einsatzmenge)	Epichlorhydrin, Epoxidharze (Cl-frei)
Perchlor-ethylen	104	2,71	-57,38	teilweise Ausschleusung als HCl und in CKW-Rückständen, Verbleib im Produkt	überwiegend als Endprodukt (CKW-Lösemittel)
Dichlor-methan	88	2,29	-56,65	teilweise Ausschleusung als HCl, Rest verbleibt im Produkt	Endprodukt: als CKW-Lösemittel, Abbeizer
Chloro-form	77	2,01	-12,50	teilweise Ausschleusung als HCl/CKW-Rückstände	Endprodukt als Lösemittel in Pharmaind.
Chlor-benzole	72	1,88	-6,49	teilweise Ausschleusung als HCl oder CKW-Rückstände zu etwa 50% Verbleib im Produkt	Verschiedene, auch chlorfreie Produkte in den Bereichen Pharma, Pestizide und Farben
Epichlor-hydrin	71	1,85	0,00	teilweise Ausschleusung als Salz (ca. 65% der Einsatzmenge)	Epoxidharze (Cl-frei)
Methyl-chlorid	55	1,43	-6,78	Vollständiger Verbleib im Endprodukt	Vorprodukt der Silikonherstellung (Chlorfrei)
Vinyl-chlorid	38	0,99	-67,24	Die Menge bezeichnet die Cl-Menge (als HCl), die <u>zusätzlich</u> zu der im Vorprodukt (EDC) enthaltenen Menge aufgewendet wird. Neben dem Verbleib im Produkt wird auch HCl wieder ausgeschleust	PVC
R113 R114	3	0,08	-40,00	teilweise Ausschleusung als HCl (50%) Rest verbleibt im Endprodukt	Endprodukte: FCKW
Summe	3268	85,2	-11,12		
<b>3836</b>		<b>Gesamter Chlorverbrauch</b>			

Quelle: Nolte/Joas 1995, eigene Darstellung

<sup>14</sup> Enthalten sind z.T. deutliche Mengen von Recyclingchlor (über die Pfade HCl oder Salze), die aus Cl-freien Endprodukten wieder ausgeschleust werden. Dies erklärt, daß die Summe deutlich größer ist als die jährlich produzierte Chlormenge.

<sup>15</sup> Vorprodukte der Polyurethane

<sup>16</sup> Monochloressigsäure, Dichlorbuten, Chlortoluole, Chlorparaffine, Bleiche.

Das Segment mit dem größten Chlorverbrauch stellt mithin PVC mit seinen Vorprodukten Ethylendichlorid und Vinylchlorid dar. An zweiter Stelle folgen die Vorprodukte der Polyurethane, bei der das Chlor ausschließlich als Reaktionsvermittler verwendet wird und überwiegend als NaCl oder HCl wieder ausgeschleust wird. Die Endprodukte, die außerhalb der Chemischen Industrie zur Anwendung kommen, sind chlorfrei. An 3. Stelle folgten dann auch im Jahr 1992 noch die Vorprodukte der FCKW, in der Tabelle TETRA und in kleinerem Umfang Teile der Produktionen von Trichlormethan und Perchlorethylen. Diese Verarbeitungen zu FCKW dürften zwischenzeitlich vollständig eingestellt worden sein. Weiterer bedeutender Chlorverbraucher war und ist der Bereich der CKW-Lösemittel, der in der Tabelle Perchlorethylen und Dichlormethan umfaßt.

In den Bereichen PVC, FCKW und CKW-Lösemittel gab es in den Jahren 1987 bis 1992 deutliche Rückgänge, während die Bereiche der PUR Herstellung ein schwaches Wachstum aufwiesen. Die damals sichtbaren Produktionsrückgänge beim PVC sind in der Folgezeit offenbar weitgehend kompensiert worden. Dazu hat überwiegend die gestiegene Nachfrage im Baubereich beigetragen, während vor allem kurzlebige Anwendungen, etwa als Verpackungen, auch in diesem Bereich deutliche Rückgänge hinnehmen mußten.

### **3.1 Trends der Chlorverarbeitung: deutliche Rückgänge bei umweltoffenen Anwendungen**

Verallgemeinernd kann mit der Ausnahme von PVC gesagt werden, daß sich im Bereich der umweltoffenen Anwendungen chlorhaltiger Endprodukte deutliche Verbrauchsrückgänge abzeichnen, während bei Anwendungen, bei denen Chlor nur als Prozeßvermittler dient, eher steigende Produktionsmengen gegeben sind. Nur ein Hersteller von Propylenoxid hat, mit der Begründung, die Salzemissionen vermeiden zu wollen, diese Produktion eingestellt (Kleinloh 1994). Im übrigen argumentieren die Hersteller dieser Produktlinien, daß diese Belastungen im Vergleich zu anderen Salzemissionen oder natürlichen -vorkommen, etwa im Meer, keine ökologische Bedeutung haben. Eine Aufarbeitung dieser Salze und eine mögliche Rückführung in die Chlor-Alkali-Elektrolyse wird wegen des hohen Energiebedarfes verworfen (Fachgespräch 2, Bayer AG 1995: 24).

Eine Modernisierung der Chemischen Industrie läßt sich mit einer Auswertung der im Rahmen der Altstoffuntersuchungen veröffentlichten Stoffberichte belegen: Halogenorganische Stoffe in umweltoffenen Anwendungen sind deutlich häufiger von Verwendungsrückgängen gekennzeichnet als chlorfreie Produkte.

Eine Auswertung der bis Ende 1996 veröffentlichten 182 BUA<sup>17</sup> Stoffberichte ist in der folgenden Tabelle zusammengefaßt:

---

<sup>17</sup> Beratergremium Umweltrelevante Altstoffe: Ein Gremium der Gesellschaft deutscher Chemiker, in der drittelparitätisch Industrie, Forschung und Behörden vertreten sind und die seit etwa Mitte der 80er Jahre die Bundesregierung bei der Beurteilung der Risiken aus Herstellung und Verwendung der sogenannten Altstoffe berät. Altstoffe sind Chemikalien, die bereits vor Inkrafttreten des Chemikaliengesetzes (1982) vermarktet wurden und da-

Tabelle 5: Chlorchemische Verbindungen und Prozesse in der BUA-Berichterstattung

	Halogenhaltige Chemikalien	Cl als Prozeßvermittler	Halogenfreie Chemikalien	Anteil Grundgesamtheit
Anteil an allen BUA Berichten	38% (70)	14% (25)	48% (87)	
davon:				
Verbrauchs- oder Produktionsrückgang <sup>18</sup>	50% (35)	24% (6)	28% (24)	36% (65)
(teilweise) umweltoffene Verwendung <sup>19</sup>	34% (24)	60% (15)	63% (55)	52% (94)
<i>davon mit Verbrauchs-/Produktionsrückgang</i>	<i>75% (18/24)</i>	<i>27% (4/15)</i>	<i>35% (19/55)</i>	<i>44% (41/94)</i>
Ausdrücklich reguliert <sup>20</sup>	31% (22)	16% (4)	25% (22)	26% (48)
dringender Verdacht oder erwiesene Kanzerogenität <sup>21</sup>	44% (31)	12% (3)	28% (24)	32% (58)

Quelle: BUA Stoffberichte 1985-1996 (1-186), eigene Auswertung

- Gemessen an den Angaben der chemischen Industrie, daß 60% ihres Umsatzes und ihrer Produktionsmenge von Chlor abhängen, ist die Anzahl halogenhaltiger Stoffe unter den bisher veröffentlichten Stoffberichten leicht unterdurchschnittlich. Allerdings werden hier nicht die Produktionsmengen oder Werte berücksichtigt.
- Stoffe mit Halogenen im Molekül werden deutlich häufiger ausschließlich als Zwischenprodukt verwendet. Dabei ist offen, ob die späteren Endprodukte noch Chlor oder andere Halogene enthalten oder diese im Verlauf der weiteren Verarbeitung ausgeschleust werden.
- Der Anteil der Stoffe, die erwiesenermaßen kanzerogen wirken oder unter dem dringenden Verdacht stehen, ist unter chlorchemischen Stoffen auch nach dieser Berichterstattung deutlich höher als bei chlorfreien Stoffen. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, daß diese Stoffgruppe auch deutlich besser auf diese Eigenschaften hin untersucht ist.

her von den dort festgelegten weitreichenden Untersuchungspflichten grundsätzlich befreit wurden. Sie stellen bezüglich ihrer Anzahl (100.000 gegenüber ca. 1000 Neustoffen), des Wissens über mögliche gefährliche Eigenschaften und der produzierten Mengen die ökologisch bei weitem bedeutsamere Gruppe der chemischen Produkte dar.

Auf der Grundlage von Prioritäten (bezüglich Herstellungsmenge, Vorkommen in der Umwelt und möglichem Schädigungspotential) wird im Rahmen des BUA die vorhandene Literatur zu diesen Stoffen aufgearbeitet und publiziert. Auf dieser Grundlage bewerten die Behörden die Stoffe und entscheiden, ob weitergehende Untersuchungen oder eine Regulation notwendig sind.

<sup>18</sup> Verbrauchszahlen über einen längeren Zeitraum sind nicht immer in den BUA Berichten enthalten. Wenn ein Stoff in den vergangenen 10 Jahren vor der Berichterstattung einen dauerhaften Verbrauchsrückgang um > 10% aufwies wurde er in dieser Kategorie gezählt. Ersatzweise wurden Produktionsdaten herangezogen oder aber in Einzelfällen die Aussage „starker Verbrauchsrückgang“ in der Stoffberichterstattung.

<sup>19</sup> Darunter teilweise nur kleine Anteile der Produktion, die in umweltoffenen Anwendungen verwendet werden.

<sup>20</sup> Gewertet wurden ausdrückliche Nennungen eines Stoffes in Verordnungen auf der Grundlage eines oder mehrerer der stoffbezogenen Gesetze in Deutschland, nicht jedoch Listeneinstufungen (etwa nach der TA Luft, der Gefahrstoff VO, der MAK-Grenzwerte u.ä.). Einbezogen wurden in die Auswertung weiterhin formal ausgesprochene freiwillige Selbstbeschränkungen der Hersteller.

<sup>21</sup> Alle Einstufungen in den unterschiedlichen MAK Gruppen (A1, A2 und IIIB) wurden hier zusammengefaßt.

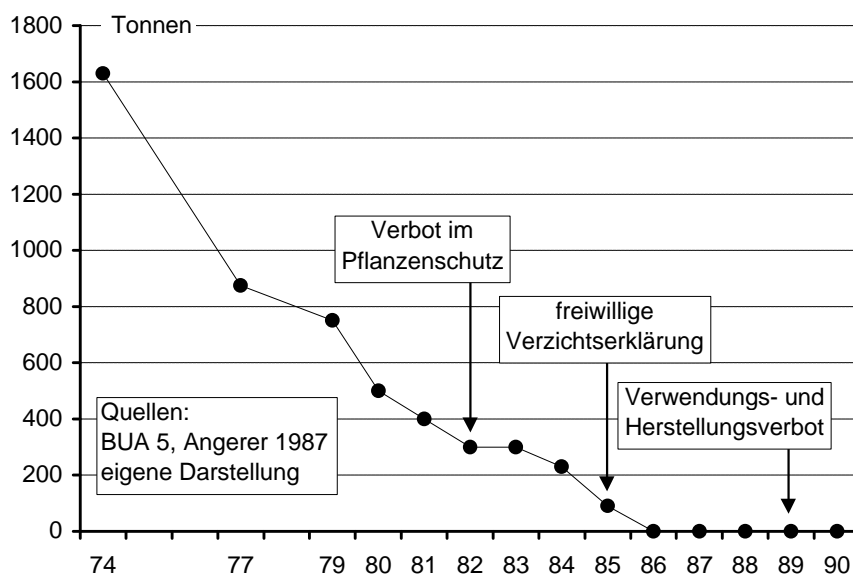


- Deutlich häufiger ist auch der Anteil der chlorchemischen Stoffe, die in der Vergangenheit einen Verbrauchsrückgang aufwiesen. Dies gilt erst recht, wenn es eine auch nur teilweise umweltoffene Verwendung gab.
- Chlorchemische Stoffe sind häufiger als die Vergleichsgruppen ausdrücklich in ihrer Verwendung reguliert. Dabei sind Regulationen von unterschiedlicher Qualität berücksichtigt: Von Verwendungsbegrenzungen auf der Grundlage des Lebensmittelrechtes<sup>22</sup> für bestimmte Anwendungen bis hin zu vollständigen Verboten der Herstellung oder der Anwendung<sup>23</sup>

Die vergleichsweise hohe Regulierungsdichte unter diesen Stoffen und die ebenfalls besonders häufigen Verwendungsrückgänge legen die Vermutung nahe, daß es hier einen instrumentellen Zusammenhang gibt. Einzelfallstudien unter besonders intensiv regulierten Chemikalien belegen aber, daß diese Annahme allenfalls in Ausnahmefällen gilt.

### 3.2 Einzelstoffe der Chlorchemie: PCP

Abbildung 3: Verbrauch und Regulation von PCP und PCP-Na in Deutschland, 1974, 1977, 1979-1990



Ein Beispiel für diesen uneinheitlichen Zusammenhang von Regulation und Verbrauchsrückgang ist das Holzschutzmittel Pentachlorphenol (PCP<sup>24</sup>). Das 1989 in Kraft getretene Verbot der Herstellung und der Anwendung, das bis dahin erste vollständige Verbot einer Chemikalie in der Bundesrepublik war, hatte keine Wirkung mehr auf die erzeugte oder verbrauchte Menge.

#### 3.2.1 Verbotsvorschlag nach Sandoz-Unglück

Das Verbot sollte einer erneuten Produktion vorbeugen und Importe aus dem Ausland verhindern (Anonym 1987). In der Folge des Sandoz Unglückes war zudem von SPD und Umweltschutzverbänden die nur schleppende Implementation des Chemikaliengesetzes kritisiert worden. Auf den dem Unglück nachfolgenden Umweltministerkonferenzen wurden daher Listen von Stoffen

<sup>22</sup> z.B. ein Höchstgehalt für Dichlormethan als Treibmittel in Haarsprays oder das Verbot von Vinylchlorid als Treibmittel. Die hauptsächlichen Verwendungen werden hier regelmäßig nicht berücksichtigt.

<sup>23</sup> z.B. PCP Verbotsverordnung, FCKW-Halon Verbot.

<sup>24</sup> Die öffentliche Debatte um diesen Stoff wird als ein „Meilenstein“ der Chlordebatte angesehen und gelegentlich in einer Reihe mit PCBs, FCKWs und dem Seveso-Unglück genannt (z.B. Zlokarnik 1996: 462). Der Stoff gehört zu den hochtoxischen Produkten der Chlorchemie, die für die Herstellung eingesetzte Chlormenge war allerdings zu jedem Zeitpunkt verschwindend gering.

geprüft, die für ein Verbot oder eine Einschränkung in Frage kämen. Der damalige Bundesumweltminister Wallmann schlug eine Verbotsverordnung für PCP vor (Wallmann 1987: 111).

### **3.2.2 Von der öffentlichen Debatte Ende der 70er Jahre bis zu den Gerichtsurteilen Ende der 90er Jahre**

Einen viel bedeutenderen Einfluß auf die Einstellung der Produktion und der Verwendung dürfte die Ende der 70er Jahre beginnende, intensive öffentliche Auseinandersetzung gehabt haben. In der Folge von Anwendungen in Wohnhäusern war es zu schweren chronischen Vergiftungen gekommen, die mehr als ein Jahrzehnt vor Gericht verhandelt wurden. Die Klage der Frankfurter Staatsanwaltschaft aufgrund der 1984 gestellten Strafanzeige einer Bürgerinitiative (Interessengemeinschaft der Holzschutzmittelgeschädigten (IGH)<sup>25</sup>) gegen die Vertreiber des Holzschutzmittels erfuhr erst nach einem Revisionsverfahren vor dem BGH im Jahr 1996 seinen Abschluß. Zuvor waren 1993 die angeklagten Manager der DESOWAG<sup>26</sup> von dem Frankfurter Gericht wegen Körperverletzung zu Geld- und Freiheitsstrafen auf Bewährung verurteilt worden. Dieses Urteil ist durch den BGH (BGH, 02.08.1995, 2 StR 221/94) wieder aufgehoben worden, und im abschließenden Revisionsverfahren wurde nach Anerkennung einer Teilschuld und Zahlung einer Buße das Verfahren eingestellt. Diese strafrechtliche Würdigung war ein Novum in der Rechtsprechung<sup>27</sup>, war doch der Stoff bis dahin nicht ausdrücklich verboten. Die Hersteller argumentierten, daß keine einschlägigen Grenzwerte etwa des Arbeitsschutzes überschritten wurden, die freilich nur in Analogie in den betroffenen Wohnhäusern anzuwenden waren. Schließlich waren die Symptome der Erkrankungen sehr uneinheitlich, so daß unter den vor Gericht gehörten Gutachtern keine Einigung darüber erzielt werden konnte, ob sie tatsächlich der Anwendung von PCP zuzurechnen seien<sup>28</sup>. Trotz dieser Unsicherheit schloß sich das Gericht in seinem ersten Urteil 1993 der Meinung der Staatsanwaltschaft an, daß es die Vertreter der Herstellerfirmen unterlassen hätten, ausreichend vor den Risiken durch den Gebrauch zu warnen (Schöndorf 1993, Jüdt-Duve/Jüdt 1993). Das Urteil löste erhebliche Unsicherheit unter den Mitgliedsfirmen des VCI aus. Der Verband kritisierte die Verurteilung, obwohl nicht gegen verwaltungsrechtliche Vorschriften verstoßen worden war. In der Konsequenz des Urteils mußten Warnaktionen und Rückruf schon dann erfolgen, wenn einzelne Schadensfälle nur behauptet werden und *entgegen* der herrschenden Meinung dieser Zusammenhang zwischen Produkt und Schaden wissenschaftlich bejaht wird. Der Prozeß mache deutlich, daß Hersteller größeres Gewicht auf die Beobachtung der Wirkungen ihrer Produkte bei Anwendern legen müssen (Anonym 1994a). Eine unmittelbare Wirkung des Urteils wird auch beim Verzicht von Degussa auf die Herstellung von Amalgam gesehen, der dem Urteil kurze Zeit später nachfolgte (Stelz 1994). Im Bereich der Massenprodukte der Chlorchemie, CKW-Lösemittel und PVC, werden haftungsrechtliche oder

<sup>25</sup> Die Initiative wurde 1983 mit Unterstützung des BBU gegründet (Viebrock 1995: 108).

<sup>26</sup> Die Bayer AG war bis 1987 mit 37% an der DESOWAG beteiligt. Weiterhin war Bayer der Hersteller des Vorproduktes Hexachlorbenzol (BUA 1993, 119).

<sup>27</sup> Viebrock 1995 (S. 82-85) weist allerdings darauf hin, daß es bereits 1965 einen Haftungsprozeß gegen die DESOWAG gegeben hatte, bei dem eine Hausbesitzerin erfolgreich Schmerzensgeld und Renovierungskosten erstreiten konnte.

<sup>28</sup> Besonders toxisch dürften die in vergleichsweise hohen Mengen enthaltenen Dioxine wirken.

strafrechtliche Folgen für die Hersteller jedoch ausgeschlossen. Entweder sind sie nicht akut toxisch oder aber Konsumenten kommen damit nicht mehr in Kontakt (Fachgespräch 3).

### **3.2.3 PCP und EG: Grenzen der Handlungsfähigkeit der Nationalstaaten**

Das 1987 vorgeschlagene Verbot zeigte auch die eingeschränkte Handlungsfähigkeit nationaler Akteure auf. Der lange Zeitraum vom Verbotsvorschlag (1987) bis zum Inkrafttreten (1989) ist dem umfangreichen Notifizierungsverfahren im Rahmen der EG geschuldet. Nachdem die Bundesregierung bei der Kommission ihre Absicht angezeigt hatte, PCP zu verbieten, ging ein Widerspruch der belgischen Regierung ein<sup>29</sup>. Dieser Widerspruch verlängerte das Notifizierungsverfahren um weitere 3 Monate. Schließlich entschloß sich die Kommission, eine EG-weite Regelung zu erarbeiten. Der Vorschlag der Kommission enthielt jedoch höhere Grenzwerte für noch zulässige Verunreinigungen mit PCP sowie eine Reihe von Ausnahmetatbeständen. Er wurde gegen die Stimmen einiger Mitgliedsländer, darunter Deutschland verabschiedet (Anonym 1993). Die Bundesregierung und der Umweltausschuß des Bundestages zeigten sich mit dieser Regelung unzufrieden und bestanden auf der strengeren nationalen Vorschrift<sup>30</sup> unter Berufung auf Art. 100a Abs. 4 EWG Vertrag. Die EG Kommission bestätigte zunächst die Zulässigkeit dieser Regelung, Frankreich entschloß sich jedoch zur Klage dagegen. Der EuGH bestätigte aber schließlich die deutsche Norm (Anonym 1994c, EuGH, 17.05.1994, Rs. C-41/93).

Bereits zuvor hatte es Regelungen für bestimmte Bereiche der Anwendung von PCP gegeben. Die Innenraumanwendung ist seit 1986 in der GefahrstoffV verboten. Für PCP wurde eine freiwillige Selbstbeschränkung des Industrieverbandes Bauchemie und Holzschutzmittel abgegeben, ab Mitte 1985 keine PCP-haltigen Holzschutzmittel mehr auf den Markt zu bringen. Hinzu kam die Aufforderung des Verbandes der Lackindustrie an seine Mitglieder, PCP und seine Salze nicht mehr als Konservierungsmittel in Dispersionsfarben zu verwenden.

### **3.2.4 PCP und Wissenschaft**

Die wissenschaftliche Debatte um die Gefahren durch die Anwendung von PCP in Wohnräumen begann im Jahr 1978 mit der Veröffentlichung von Gebefügi/Parlar (1978 und 1978b). Diese hatten in ihrem Bekanntenkreis eine Erkrankung durch PCP-verunreinigte Raumluft aufgedeckt. Diese Untersuchungsergebnisse, wie auch der Verdacht der Verursachung von zwei Todesfällen, sind von der Presse Ende der 70er Jahre veröffentlicht worden. Die Arbeiten konnten auch auf Studien über das toxische Potential von PCP zurückgreifen, die seit Beginn des Jahrhunderts veröffentlicht worden waren (ein Überblick bei: Viebrock 1995: 76 -102).

---

<sup>29</sup> Die Bundesregierung beklagte sich darüber, daß dieser Widerspruch in seiner Begründung ausschließlich aus nicht weiter kommentierten Unterlagen der Fa. Rhone Poulenc bestand (Anonym 1987b).

<sup>30</sup> Die endgültige Fassung der Grenzwerte wurde allerdings auch in Deutschland im Verordnungsverfahren festgelegt: Zuletzt verschärfte der Bundesrat bei seiner notwendigen Zustimmung im September 1989 die Grenzwerte noch einmal (Anonym 1989b).

### 3.2.5 Reaktionen politischer Akteure

Die Reaktion des Gesundheitsministeriums (BMJFG) und des BGA hatten einen beruhigenden Tenor<sup>31</sup>. Es wurde darauf hingewiesen, daß in Wohnräumen, obwohl PCP ein gefährlicher Stoff sei, der MAK Wert doch deutlich unterschritten würde. Die Verdachtsmomente reichten nicht aus, um ein Anwendungsverbot zu erlassen (so auch: BReg 1985(!)). Die Verbraucher sollten, sofern der Verdacht einer Erkrankung durch PCP vorliegt, die mit PCP behandelten Holzteile mit einem Versiegelungslack überstreichen, um Ausdünstungen zu vermeiden (Franke 1978).

Diesen Tenor übernahm auch die Industrie, die sich offenbar zwischen Herstellern (Dynamit Nobel) und Vertreibern der Holzschutzmittel (Desowag) koordinierte und z.B. gemeinsam auf kritische Presseberichte reagierte. Den Firmen wurde vorgehalten, daß sie Geschädigte überwachten und bespitzelten, um sie in Zivilprozessen diskreditieren zu können (Blum 1992).

1985, als die SPD im Rahmen ihrer im Bundestag formulierten Forderung nach einer Chemiopolitik auch ein Verbot von PCP forderte, reagierte der VCI mit dem Hinweis auf die zu diesem Zeitpunkt bereits abgegebene Selbstbeschränkung. Der mit dem Verbot geforderte Verzicht würde von der Industrie „längst“ praktiziert und eine ordnungsrechtliche Regelung damit überflüssig (VCI-Jahresbericht 1984/85: 41).

Ende der 70er Jahre hatte es auch erfolgreiche Anstrengungen von Beschäftigten in der Papierindustrie gegeben, diesen Stoff zu substituieren. In der Folge der öffentlichen Darstellung gesundheitlicher Schäden sah sich die zuständige Berufsgenossenschaft veranlaßt, die Verwendung dieses Stoffes in ihrem Bereich zu untersagen. Die Papierindustrie ist genauso wie die Hersteller dem Organisationsbereich der IG Chemie zugeordnet. Die Betriebsräte in den Anwenderbetrieben sind offenbar trotz Konflikten mit dem Betriebsrat des Herstellers, der von der Unbedenklichkeit überzeugt war, von der IG Chemie unterstützt worden (Wesp 1980). Heute wird der Verzicht auf die umweltoffene Anwendung der hochtoxischen Chlorverbindungen von der IG Chemie als notwendig erachtet (Walter 1993: 11).

Das UBA betreute 1979-1983 eine Studie, bei der die Umweltrisiken aus der Anwendung von PCP für die Umwelt erforscht werden sollten (UBA 1987). Auch das BUA veröffentlichte 1985 einen Stoffbericht zu dieser Chemikalie (BUA 1985). Bereits zu diesem Zeitpunkt, Anfang der 80er Jahre, wurde deutlich, daß der Inlandsverbrauch<sup>32</sup> deutlich zurückgegangen war. Dies wurde auf das schlechte Image des Produktes in der Folge der öffentlichen Diskussion zurückgeführt (Fischer 1987: 10).

Die Bayer AG unterstützt mittlerweile ein strengeres EG-weites Anwendungs- und Produktionsverbot. Sie hat ein Substitut (Preventol CMK) entwickelt<sup>33</sup>, das sich wirtschaftlich aber nur in

---

<sup>31</sup> Diese Formulierungen veranlaßten die Frankfurter Staatsanwaltschaft im Zusammenhang mit der oben geschilderten strafrechtlichen Auseinandersetzung zu einem Ermittlungsverfahren wegen „Körperverletzung im Amt“ (Blum 1992).

<sup>32</sup> Dieser Rückgang wurde durch steigende Exporte überkompensiert (Angerer 1987: 30).

<sup>33</sup> Wesp (1980) berichtet allerdings bereits über einen Ersatzstoff der Bayer (Preventol A2), der nach Beendigung des PCP Einsatzes in der Papierindustrie 1977/78 zur Anwendung kam.

großen Mengen vermarkten ließe. Die Märkte blieben dafür aber verschlossen, weil ausländische Anbieter immer noch das billigere PCP anbieten (Bayer AG 1995: 81).

### 3.2.6 Fazit

In dieser kurzen Fallstudie konnte gezeigt werden, daß der Verbrauchsrückgang bis hin zur Einstellung der Verwendung nichts mit der späteren Regulation zu tun hatten. Die intensive wissenschaftliche und öffentliche Debatte seit Ende der 70er Jahre, die auch Akteure außerhalb von Staat, Industrie und Umweltbewegung (z.B. Gewerkschaften oder Berufsgenossenschaft) mobilisierte, ist statt dessen eine gute Erklärung für die Einstellung der Verwendung. Die strafrechtliche Würdigung hat eine Wirkung über den eigentlichen Stoff hinaus. Am Beispiel PCP konnte gezeigt werden, wie eingeschränkt nationale Akteure bei ihren Verbotsvorschlägen sind. Schließlich wird deutlich, daß sich in einem fortgeschrittenen Stadium nationaler Regulation auch ein Eigeninteresse an internationaler Einschränkung entwickelt.

## 3.3 CKW-Lösemittel

Ein ähnliches Bild der relativen Bedeutungslosigkeit direkter Regulation ist bei den chlorierten Lösemitteln<sup>34</sup> sichtbar. Diese werden als Endprodukte außerhalb der chemischen Industrie in Anwendungen wie der Metallentfettung, chemischer Reinigung oder - in geringen Mengen - als Lösemittel in Klebstoffen und Lacken verwendet. Dichlormethan (DCM) hat bedeutende Anwendungen als Abbeizer, ehemals auch als Extraktionsmittel für Lebensmittel und Treibmittel in Aerosolen. Verwendungen in Wasch- und Reinigungsmitteln dürften kaum mehr Bedeutung haben<sup>35</sup>. In den 70er Jahren trugen diese Lösemittel zu ca. 20% des gesamten Chlorverbrauches in der Bundesrepublik bei (Ballschmitter et al. 1987: 12). Dieser Anteil ist bis 1992 auf ca. 10% gesunken (Nolte/Joas 1995)<sup>36</sup>. Zu den ökologischen Risiken dieser Stoffgruppe gehören:

- Grundwasserbelastungen aus Industrie- und Deponiealtlasten und daraus resultierende Trinkwasserkontaminationen,
- das vermutete (bei TRI gesicherte) kanzerogene Potential
- der in den 60er Jahren in den USA vermutete Beitrag zur troposphärischen Ozonbildung,
- das Ozonabbaupotential von 1,1,1-Tri,
- die hohe aquatische Toxizität und die nur langsamen Abbauraten,
- der Beitrag von Abbauprodukten der CKW zum Waldsterben,
- die bis Ende 1989 praktizierte Entsorgung durch Verbrennung gebrauchter Lösemittel auf der Nordsee und damit verbunden die Sorge von Dioxin-Emissionen.

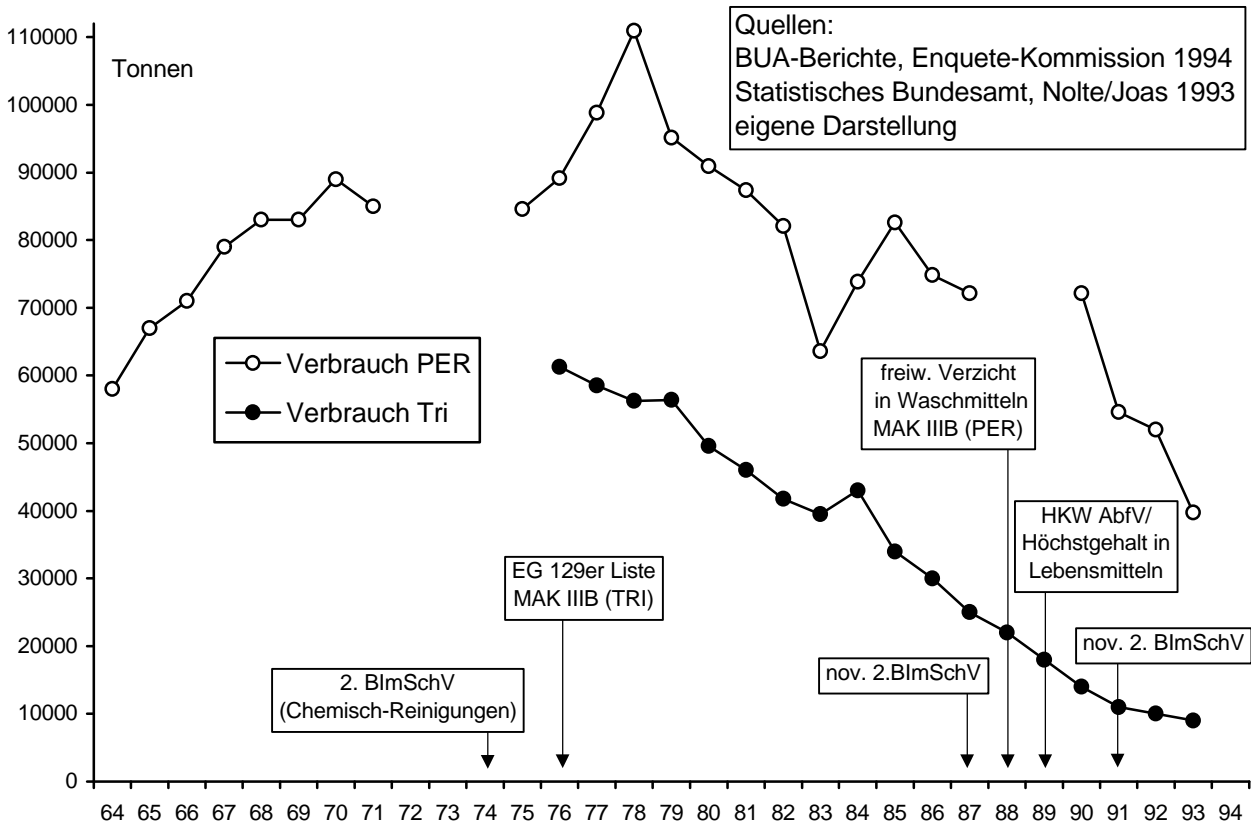
<sup>34</sup> Hier werden vor allem Dichlormethan (DCM), Trichlorethylen (TRI), Tetrachlorethylen (PER) und 1,1,1-Trichlorethylen (1,1,1-Tri) diskutiert. Diese repräsentierten Mitte der 80er Jahre geschätzte 70% aller innerhalb und außerhalb der chemischen Industrie verwendeten chlorierten Lösemittel (UBA 1985: 42).

<sup>35</sup> Allerdings wird die für 1987 abgegebene Verzichtserklärung, keine CKW-Lösemittel mehr in Wasch- und Reinigungsmitteln zu verwenden, offenbar nicht vollständig eingehalten. Chloroform, DCM, Monochlorbenzol, PER und TRI sind gelegentlich als Hauptinhaltsstoff in Autolackteerentfernern, Fleckentfernungsmitteln für Textilien und Lederpflegemitteln zu finden (BLAU 1995: 34). Dies ist toxikologisch bedenklich, aber für die Verbrauchs- und Emissionsmengen unerheblich.

<sup>36</sup> Die beiden Anteile sind allerdings nur begrenzt miteinander zu vergleichen: Nolte/Joas beziehen als Basis auch Recycling-Chlor etwa in Form von HCl ein, während Ballschmitter et al. von dem Primärchlorverbrauch ausgehen. Dennoch ist als Tendaussage der Anteil am gesamten Cl-Verbrauch deutlich gesunken.

Seit Mitte der 80er Jahre wurden diese Stoffe intensiv reguliert. Bis dahin wurde ihre Bedeutung aus ökologischer und gesundheitlicher Sicht als vergleichsweise gering eingeschätzt (z.B. Oberbacher et. al. 1977: 2<sup>37</sup>). Verbrauchsrückgänge sind allerdings seit der 2. Hälfte der 70er Jahre erkennbar.

Abbildung 4: Verbrauch und Regulation von PER und TRI 1964-1995, Deutschland



Hintergründe dieser Entwicklung bis zu den 80er Jahren waren:

- Zur Emissionsbegrenzung wurden bei den Anwendern einfache Filteranlagen eingebaut, die zwar aus ökologischen und gesundheitlichen Gesichtspunkten unzureichend waren, für die Anwender allerdings betriebswirtschaftlich sinnvoll, weil die rückgewonnenen Lösemittel wieder in die Reinigungsprozesse rückgeführt werden können (Bongaerts/Kraemer 1989: 18).
- In den USA hatte es seit Ende der 60er Jahre eine Politik gegen die Verwendung von TRI gegeben, weil dieses im Verdacht stand, zur Bildung von troposphärischem Ozon (Sommermog) beizutragen. So wurde 1968 die Verwendung von TRI im Los Angeles County verboten und in der Folge auch in anderen Bundesstaaten eingeschränkt. In den USA wurde TRI weitgehend durch 1,1,1-Tri substituiert (Chesnutt 1988), während dies in Deutschland und Westeuropa allenfalls teilweise nachvollzogen wurde. Eine Substitution wäre mit neuen Anlagen verbunden gewesen und hätte die eingebauten Filteranlagen in ihrer Wirkung beeinträchtigt (Leisewitz/Schwarz 1994: 38).

<sup>37</sup> Hier wird vom "relativ harmlosen PER" gesprochen. Auch Vertreter der Industrie unterstrichen die vergleichsweise geringe Humantoxizität (Löchner 1976: 435).

Ob sich aus der US-Politik gegen TRI auch Signaleffekte für Deutschland ergeben haben, läßt sich heute nicht mehr nachvollziehen. Dies ist aber aus der Erfahrung mit anderen Gefahrstoffen wahrscheinlich. Umweltpolitische Debatten in anderen Ländern dienen als eine Art "Frühwarnsystem": Hersteller und Anwender werden frühzeitig zu einer Substitution motiviert.

- Der besonders ausgeprägte Rückgang bei TRI seit Mitte der 70er Jahre läßt sich auch durch die Umstellung des Herstellungsverfahrens von der bis dahin praktizierten mehrstufigen Chlorierung von Acetylen auf eine Dehydrochlorierung von PER erklären. PER stand mit den damals errichteten Chlorolyseanlagen zur Verfügung. Die Gestehungskosten und die Preise für TRI waren mit diesem neueren Verfahren deutlich höher, entsprechend auch der Anreiz, das Lösemittel zu substituieren und Emissionen zu begrenzen. Die *Produktion* von TRI kam wegen diesen Preissteigerungen unter zusätzlichen Druck durch Importe aus Osteuropa, wo weiterhin das preiswertere Verfahren praktiziert wurde. Trotz dieser Importe ging der Verbrauch kontinuierlich zurück.
- Die Chlorolyseanlagen waren zentraler Bestandteil der chlorchemischen Prozesse in den Chemieunternehmen: In diesen Anlagen wurden chlororganische Abfälle aus anderen Prozessen zu den Produkten PER und TETRA (einem Vorprodukt der FCKW) aufgearbeitet. Bis 1989 wurde daneben auch die Hohe-See-Verbrennung auf der Nordsee als eine zweite Route der Beseitigung dieser chlororganischen Abfälle praktiziert. Die umweltpolitischen Diskussionen sowohl um die FCKW als Kuppelprodukt der CKW-Lösemittel, wie auch um die Hohe-See-Verbrennung führten zu einem Aufbau von landgestützten Hochtemperaturverbrennungsanlagen, die in der Lage waren, chlororganische Abfälle unter Gewinnung von Salzsäure zu verbrennen. Für die so gewonnene Salzsäure mußten weitere salzsäureverbrauchende Prozesse etwa bei der PVC-Herstellung aufgebaut werden. Damit wurden Chlorolyse wie Hohe-See-Verbrennung überflüssig. Der letzte in Deutschland verbliebene Hersteller gibt an, daß ein Verzicht auf die Chlorolyse eine teure Erweiterung der Hochtemperaturverbrennungsanlage erforderlich machen würde (Fachgespräch 5).
- Die Einstufung als krebserregender Arbeitsstoff (MAK Gruppe IIIB) im Jahr 1976 dürfte weitere Anreize für eine Substitution gegeben haben (Pers. Mitteilung 1). In diesem Zusammenhang werden auch die arbeitsmedizinischen Vorteile von 1,1,1-Tri hervorgehoben (keine nachgewiesene Kanzerogenität, höherer MAK Wert) (Fachgespräch 5).

Die ersten Planungen bei einem Herstellerunternehmen, auf die CKW-Lösemittel zu verzichten, datieren auf 1985 - *bevor* der Erlaß strenger Emissionsnormen für Anwender absehbar war. Dieser frühe Innovateur erkannte bereits zu diesem Zeitpunkt einen 'gesellschaftlichen Konsens' des Verzichts auf die problematischen umweltoffenen Anwendungen (Fachgespräch 2). Das stand im Gegensatz zur Politik des Industrieverbandes VCI und anderer Unternehmen. In einem Einzelfall wurde zeitgleich sogar noch in Neuanlagen investiert, deren Betrieb dann aber 5 Jahre später aufgegeben wurde.

Die seit 1986 sich in etwa jährlichen Abständen verschärften Rechtsnormen zur Emissionsminderung, zur Begrenzung der Exposition besonderer Schutzgüter (Lebensmittel, Gewässer, Beschäftigte, Wohnungen, usw.) haben kaum etwas zur Entwicklung des Technologiewechsels bei den Herstellern beigetragen, sehr wohl allerdings zur Verbreitung dieser Technologien und zu einer Substitutionsbewegung bei den Anwendern.

- 1986 wurde die 2. BImSchV novelliert, die bis dahin **Emissionsnormen** nur für Chemischreinigungen in Wohngebieten vorsah. Ihr Geltungsbereich wurde auf alle wichtigen Anwendungen ausgedehnt und für TRI ein Verwendungsverbot mit einer 4-jährigen Übergangsfrist ausgesprochen.
- 1987 erklärten mehrere Industrieverbände<sup>38</sup> gegenüber dem Bundesumweltministerium den freiwilligen **Verzicht** auf die Verwendung **in Wasch- und Reinigungsmitteln** bis Mitte 1988.
- 1988 ermöglichte eine EG Richtlinie den Mitgliedsstaaten das nationale **Verbot** der Verwendung **als Extraktionsmittel für Lebensmittel**.
- 1989 wurden die Hersteller verpflichtet, **gebrauchte Lösemittel** von den Anwendern **zurückzunehmen**.
- 1990 wurden Höchstmengen für PER, TRI und Chloroform von 0,1 mg/kg oder 0,2 mg/kg als **Summengrenzwert in Lebensmitteln** festgelegt.
- 1990 wurde in der erneut novellierten 2. BImSchV das **Verbot der Anwendung für TRI** mit der Ausnahme von Chemischreinigungen wieder **aufgehoben**, während die **Emissionsnormen und Anforderungen an die Anlagen verschärft** wurden.
- Seit 1992 schreibt die **TrinkwasserVO** einen **Summengrenzwert** von 10 µg/l für DCM, Tri, Per und 1,1,1-Tri vor (Leisewitz/Schwarz 1994: 246). Bis dahin galt der 1986 festgelegte Grenzwert von 25 µg/l für Trinkwasser, während die EG einen Grenzwert von 1 µg/l fordert (Nolte/Joas 1992: 232).
- Seit 1993 gibt es eine **Technische Regel** (TRGS 612), in der Ersatzstoffe für **DCM** als Abbeizer genannt werden und ein Verzicht für den privaten Bereich empfohlen wird.
- Die 1996 erfolgte **Einstufung** von **TRI** in die **MAK Gruppe A1** führt in Verbindung mit den Regelungen der novellierten Gefahrstoff Verordnung zu einem **faktischen Expositionsverbot** für Arbeitnehmer.

### **Angekündigte Regulationen**

Erstmalig 1988 angekündigt und seitdem immer wieder von UBA und BLAU gefordert, wurde das Verbot des Inverkehrbringens der hier diskutierten CKW für private Konsumenten, analog der 1. Chloraliphatenverordnung. Diese 1. Chloraliphatenverordnung (jetzt: ChemVerbotsV) hatte sich auf besonders toxische CKW beschränkt (Anonym 1988: 279, UBA 1996: 40, BLAU

<sup>38</sup> Industrieverband Putz- und Pflegemittel, Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbstoff- und Waschrohstoffindustrie und Fachvereinigung Industriereiniger im VCI.



1995: 45). Eine entsprechende RL wird auch im Rahmen der EG Kommission diskutiert (BLAU 1995: 4).

Die Enquete-Kommission des Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“ untersuchte die Verwendung dieser Lösemittel unter dem Gesichtspunkt eines Stoffflußmanagements (Enquete-Kommission 1994). Im Bericht wird, wie auch von anderen Autoren, eine einheitliche Dokumentation der CKW-Stoffströme durch die Einführung einer Meldepflicht auf der Grundlage des Chemikaliengesetzes oder einer freiwilligen Vereinbarung gefordert (Enquete-Kommission 1994: 190, Brackemann et al. 1995: 31). Damit könnten Zielvorgaben formuliert werden und die Maßnahmen der Emissionsreduktion überprüft werden.

Alle der hier diskutierten CKW sind auch im Anhang der EG GewässerschutzRL 76/464/EWG von 1976 aufgezählt. Emissionen dieser Stoffe in Gewässer sind durch Behörden zu genehmigen. Diese RL ist in Deutschland nur unzureichend umgesetzt, wie der EuGH feststellte (EuGH, 28.02.1991, Rs. C-131/88). Für einzelne Branchen, so auch Textilverarbeitung, Chemischreinigung oder Metallbe- und -verarbeitung, ist in den letzten Jahren allerdings in den Anhängen der Rahmen-AbwasserVwV ein Summengrenzwert von 0,1 mg/l Abwasser festgelegt worden.

### ***Öffentliche Debatte***

Parallel zu der rechtlichen Einschränkung der Anwendung von CKW-Lösemitteln fanden Ende der 80er Jahre öffentliche Debatten über diese Stoffe statt, etwa in der Folge des Nachweises hoher Konzentrationen in der Umgebung von Chemischreinigungen, in Lebensmitteln oder in Altlasten. Seit 1989 beteiligte sich auch die IG-Metall an dieser Auseinandersetzung, indem unter dem Motto „Tatort Betrieb“ eine Kampagne zur Substitution dieser Stoffe in Anwenderbetrieben durchgeführt wurde. In einer Evaluation der Gewerkschaft wird berichtet, daß in 360 von 620 Unternehmen dieses Ziel tatsächlich erreicht wurde und damit eine 50%ige Reduktion des Verbrauches entsprechend 5000 t/a erreicht wurde. In einigen Unternehmen konnte der Gebrauch offenbar vollständig beendet werden (Hildebrandt 1995: 318 f.).

### ***Reaktionen der Hersteller und Anwender***

Der durch strengere Emissionsnormen notwendige Neuanlagenbau wurde in metallverarbeitenden Betrieben auch zu einer Rationalisierung der entsprechenden Prozesse genutzt: Kleinere Anlagen wurden zentral zusammengefaßt (damit einhergehend auch Emissionsminderungen), in den meisten Fällen stellte sich eine Substitution der alten CKW-Anlagen durch wäßrige Reinigungssysteme als kostengünstiger heraus. Die ehemaligen Hersteller haben keine Substitutionsstrategie in dem Sinne entwickelt, daß sie jetzt selber wäßrige Reinigungssysteme oder nichtchlorierte Lösungsmittel<sup>39</sup> anbieten würden.

Im Bereich der Chemischreinigungen hat es in der Folge der Emissionsgrenzwerte eine erhebliche Konzentrationswelle gegeben: Für Anfang der 80er Jahre wurde die Zahl der Chemischreinigungen in Deutschland mit 13.000 angegeben (UBA 1985: 44), Anfang der 90er Jahre dürften es

---

<sup>39</sup> Dieser Markt wird in Deutschland offenbar weitgehend von der Shell AG bedient.

10.000 gewesen sein, von denen bis 1994 (dem Auslaufen der letzten Übergangsfristen der 2. BImSchV) weitere 2000 ihre Existenz aufgegeben haben dürften (Enquete-Kommission 1994: 189). Nach anderen Angaben gab es Ende der 80er Jahre 6200 Chemischreinigungen (Longolius 1993: 30 f.). Mit der 2. BImSchV wurden von diesen etwa 10% der Betreiber vor die Frage gestellt, ihren Betrieb zu schließen oder aber in neue Anlagen zu investieren (ebd.). Für 1993 wird die Zahl der Reinigungsbetriebe mit 4700 angegeben. Der Umsatz der Branche betrug 1993 2,25 Mrd. DM bei 40.000 Beschäftigten (FAZ: 2.5.1994: 17.).

Die verbliebenen Hersteller reagierten auf die Diskussionen um die Lösemittel seit Ende der 80er Jahre mit einer Ausweitung ihrer Produktverantwortung. Durch die Weitergabe von Produktinformationen und Sicherheitsratschlägen sollten Schadensfälle vorgebeugt werden. Mit dem fortschreitenden Aufbau der Verbrennungsanlagen (und salzsäureverbrauchenden Prozessen) in den Chemieunternehmen verzichteten aber immer mehr Hersteller auf die Chlorolyse. Der letzte verbliebene Hersteller hat schließlich ein besonderes Sicherheitssystem entwickelt, mit dem die Lösemittel ohne Emissionen bei Transport und Befüllung der Anlagen abgesetzt werden können (Denker 1994). Insgesamt hat das neue Vertriebssystem für CKW nur zu einem Bruchteil der CKW-Emissionsminderungen und damit -Verbrauchsminderungen beigetragen. Die Enquete-Kommission geht davon aus, daß 47% der Emissionsminderungen der Substitution durch andere Lösemittel oder Verfahren zuzurechnen seien, 41% betriebsinternen Rationalisierungen und nur 12% dem Einsatz neuer CKW-Anlagen (Enquete-Kommission 1994: 181). Nach Herstellerangaben ist die Zahl der Anwender von CKW-Lösemitteln angesichts ihrer vorteilhaften Eigenschaften sogar wieder im Steigen begriffen (nicht so die Emissionen). Auch Unternehmen, die ehemals aus Imagegründen auf den Einsatz von CKW verzichtet hätten, kämen jetzt wieder darauf zurück (Fachgespräch 5).

Der VCI versucht eine Aufarbeitung der gebrauchten Lösemittel und eine inländische Wiederverwendung dadurch zu unterstützen, indem eine DIN-Norm über die Qualität der Lösemittel unabhängig von der Herkunft des Lösemittels (Frischware oder Recyclat) erarbeitet wird (Adams 1995: 10). Bisher haben die Anwender, insbesondere solche, die neue CKW-Anlagen betreiben, eher Frischware bevorzugt, weil sie aus Sorge um ihre teuren Investitionen eine gleichbleibende Qualität der Lösemittel erwarteten. Derzeit wird die Hauptmasse des Regenerates exportiert (Leisewitz/Schwarz 1994: 46). Wegen der überwiegenden Menge der exportierten Recyclate sprechen Leisewitz/Schwarz (1995: 151) von einem nur ansatzweise geschlossenen Lösemittelkreislauf: Es wären in Deutschland zwar moderne CKW-Anlagen-Systeme installiert, nicht jedoch ein modernes CKW-Versorgungssystem.

### **3.3.1 Einstellung der Hohe-See-Verbrennung**

Einen erheblichen Einfluß auf die Herstellung von CKW-Lösemitteln dürfte die Einstellung der Hohe-See-Verbrennung Ende 1989 gehabt haben. Mit der umweltpolitischen Auseinandersetzung um diesen „Entsorgungspfad“ chlorierter Nebenprodukte und gebrauchter Lösemittel wurde der Aufbau von Hochtemperaturverbrennungsanlagen in den Chemieunternehmen seit Mitte der

80er Jahre vorangetrieben. Diese Anlagen können die Chlorolyse wie auch die Hohe-See-Verbrennung ersetzen. Aus der Landverbrennung von CKW-Rückständen wird Salzsäure gewonnen, die in den zeitgleich ausgebauten salzsäureverbrauchenden Prozessen (v.a. Oxichlorierung von EDC zur PVC Herstellung) verwendet werden kann. Von dem Rückstandsanfall chlorierter Verbindungen und gebrauchter Lösemittel wurden 1981 92 kt auf der Nordsee verbrannt, 26 kt wurden an Land verbrannt, 60 kt gingen in die Chlorolyseanlagen und 54 kt wurden weiterverarbeitet oder verkauft. Seit Anfang der 80er Jahre wurde eine Landverbrennung durch technische Innovationen zunehmend wirtschaftlicher (Schulze/Weiser 1985: XXII). Die Hohe-See-Verbrennung unterliegt bereits seit 1977 einer Genehmigungspflicht<sup>40</sup>. Greenpeace hatte seit Anfang der 80er Jahre gegen die Seeverbrennung interveniert. Ab 1987 wurden dann konkrete Ziele für eine Reduzierung und Einstellung der Verbrennung zwischen den Akteuren ausgehandelt, die immer wieder revidiert und nach unten hin korrigiert wurden.

Auf der Nordseeschutzkonferenz von London wurde 1987 eine Beschränkung um 65% zum 1.1.1991 und ein Verzicht auf die Seeverbrennung ab 1995 vereinbart (Anonym 1987c: 9992, TAZ vom 23.08.1988: 5). Der BMU forderte in der Folge der Konferenz den VCI 1987 auf, einen Rahmen zur Reduzierung und Beendigung der Verbrennung zu entwickeln. Der etwa ein halbes Jahr später vorgelegte Bericht genügte dem BMU nicht. Konkrete Anstrengungen der Industrie seien darin nicht zu erkennen (Anonym 1989b: 189). Der nach dieser Kritik überarbeitete Plan der Industrie sah eine Beendigung sogar bis spätestens 1992 vor. Dennoch sei aus der Sicht der Industrie die Verbrennung ökologisch akzeptabel und ökonomisch vorteilhaft. Der Abstand zur Küste sei mit 70 Seemeilen ausreichend, die Kosten seien gegenüber der Land-Verbrennung um ca. die Hälfte niedriger, weil keine Gaswäsche notwendig ist. Der entstehende Chlorwasserstoff wird in der Luft sofort zu Salzsäure kondensiert und im basischen Meerwasser neutralisiert. Die Hauptgefahren lägen vielmehr im Transport, bei der Verladung oder Leckagen, seien aber kontrollierbar (Anonym 1988b: 16).

1988 erklärte der damalige BMU Töpfer, daß noch in dem Jahr eine 30%ige Reduktion der Hohe-See-Verbrennung anzustreben sei. Zur Umsetzung dieses Planes wurde ein Arbeitskreis eingerichtet, in dem Bund, Länder, Vertreter der chemischen Industrie und der Anwenderbranchen vertreten waren (TAZ vom 10.02.1989: 1). Zeitgleich erreichte der Protest der großen Umweltverbände (wie BBU, Greenpeace, BUND, WWF und anderen) einen Höhepunkt, der sich auch in gemeinsamen politischen und juristischen Aktivitäten gegen die Verbrennung äußerte. 1989 untersagte die Niederländische Regierung als erste der Nordseeanrainer die Seeverbrennung für ihre nationalen Unternehmen (TAZ vom 10.02.1989: 1). Die BReg hat am 26.4.89 eine VO beschlossen, die die Vertreiber von CKW zur Rücknahme und Anwender zur Getrennthaltung ihrer Rückstände verpflichtet, um eine Aufarbeitung zu erleichtern (Anonym 1989c: 189). Zeitgleich erklärten die Hersteller ihre Bereitschaft zur Rücknahme gebrauchter Lösemittel<sup>41</sup>.

<sup>40</sup> Gesetz zu den Übereinkommen vom 15.2.1972 und 29.12.1972 zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen durch Schiffe und Luftfahrzeug vom 11.2.1977 in BGBl Teil II: 165.

<sup>41</sup> Diese Selbstverpflichtung zur Rücknahme sollte die zeitgleich erlassene ordnungsrechtliche Verpflichtung zur Rücknahme gebrauchter Lösemittel (HKWAbfV) vorwegnehmen.

Nach weiteren Aktivitäten von Greenpeace im Jahre 1989 sagte der BMU nach Absprache mit den Umweltministern der Länder, der chemischen Industrie und der IG Chemie eine Einstellung für das Jahr 1991 zu. 1990 sollte die Obergrenze 10 kt Sondermüll betragen (entsprechend ca. 10% der Verbrennungsmenge von 1981). Gleichzeitig müßten allerdings auch Verbrennungsanlagen auf dem Land ausgebaut werden (TAZ 23.11.1989: 4). Die Entsorgungsgesellschaft erklärte daraufhin Ende 1989, daß der Betrieb des Verbrennungsschiffes mit nur 10 kt/a unwirtschaftlich sei und daher eingestellt werde (Voges 1989: 5).

Seit der Einstellung der Seeverbrennung werden neben den neu aufgebauten Landverbrennungseinrichtungen aber auch Möglichkeiten genutzt, gebrauchte Lösungsmittel in Zementöfen zu verbrennen. Dort hat die Verbrennung von Altmaterialien (z.B. Altreifen) eine lange Tradition und wachsende Anteile am gesamten Entsorgungsmarkt (FAZ 7. 11. 1995: T6). Wegen des guten Brennwertes von gebrauchten Lösemitteln (der Lösemittelanteil liegt in gebrauchter Ware teilweise unter 5%, die anderen Bestandteile sind zumeist Öle und Fette) gibt es eine Konkurrenz zwischen Sondermüllverbrennungsanlagen und Zementwerken. Die Vermittlung der gebrauchten Lösemittel an die Zementwerke wurde von denselben Unternehmen übernommen, die ehemals die Seeverbrennung abgewickelt haben (Leisewitz/Schwarz 1994: 49). Der Hersteller der CKW-Lösemittel sieht diesen Entsorgungspfad mit Sorge und favorisiert ein stoffliches Recycling. Genauso wird die Hohe-See-Verbrennung im nachhinein als wenig sinnvoll bezeichnet (Fachgespräch 5).

Auch bei der Entsorgung gab es Lernprozesse: Noch in den 70er Jahren empfahl einer der damaligen Hersteller folgende Verfahren: „Die Beseitigung der Rückstände mit höheren Per-Gehalten sollte durch Regenerierung vorgenommen werden. Bei niederen PER-Gehalten (1-5%) sollte eine Entsorgung als Abfall nach der Zusammensetzung und Menge der übrigen Bestandteile (95-99%) sachgemäß vorgenommen werden: Je nach örtlichen Gegebenheiten auch *auf die Deponie zusammen mit Hausmüll*“ (Löchner 1976: 436 (Hervorhebung KJ.)). Eine solche Empfehlung würde heute nicht nur unterlassen werden, weil diese Form der Entsorgung verboten ist, sondern weil darin auch tatsächlich ein Umweltproblem gesehen wird.

### **3.3.2 Von der Chlorchemie zur HCl Chemie**

Die Technologie der Chlorolyse ist mit den Verbrennungsanlagen, verbunden mit dem Verbot von FCKW<sup>42</sup>, überflüssig geworden. Die meisten Hersteller haben diese Anlagen aufgegeben. Ein ehemaliger Hersteller gibt an, daß die ersten Planungen, sich von der Chlorolyse zu lösen, in das Jahr 1985 zurückreichen. Diese Absicht sei von anderen Herstellern zu diesem Zeitpunkt kritisiert worden (Fachgespräch 2). Der letzte Betreiber einer solchen Anlage hat diese auf die Produktion von PER hin optimiert (nur noch 5% der Einsatzstoffe fallen als TETRA an, während dies ehemals, etwa bei Hoechst, das Hauptprodukt war). Diese Chlorolyseanlage ließe sich nur durch kostenaufwendige zusätzliche Kapazitäten bei der Hochtemperaturverbrennung ersetzen (Fachgespräch 5).

---

<sup>42</sup> FCKW waren das Folgeprodukt des Kuppelproduktes TETRA.

### **3.3.3 Arbeitsplatzverluste bei den Herstellern**

Die Zahl der von den Anlagenstillegungen betroffenen Arbeitsplätze wird von allen ehemaligen Herstellern als gering angegeben (Fachgespräche 1, 2, 5). Selbst bei einem Hersteller in der DDR wird die Zahl der von der Produktionseinstellung betroffenen Beschäftigten auf maximal 100 geschätzt. Bei den Massentlassungen in diesem Unternehmen in der Nachwendezeit hat dieses Produkt überhaupt keine nennenswerte Rolle mehr gespielt. Nur ein ehemaliges Unternehmen bezeichnet die Herstellung von CKW-Lösemitteln als eine „Kernaktivität“ (pers. Mitteilung 1). Dieses Unternehmen hatte erst 1986 eine modernisierte Anlage zur Herstellung von TRI in Betrieb genommen, diese aber bereits 1991 wieder eingestellt. Dieser Zeitraum dürfte zu erheblichen Verlusten bei den Anlagewerten geführt haben. In einem Unternehmen wird hervorgehoben, daß die Umstrukturierungen in Zeiten der Hochkonjunktur (Ende der 80er Jahre) realisiert wurden und daher die Möglichkeit bestand, in anderen Unternehmensbereichen verlorengangene Arbeitsplätze aufzufangen. Dennoch waren die mit der Chlorverarbeitung befaßten Unternehmensteile bei dem Arbeitsplatzabbau Anfang der 90er Jahre überproportional beteiligt (Fachgespräch 2).

### **3.3.4 Fazit**

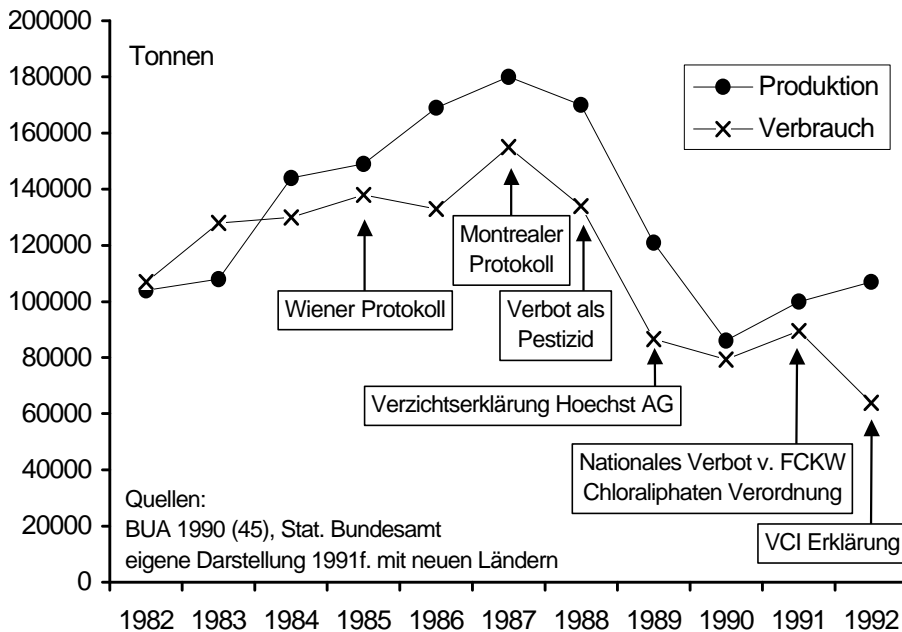
Der Verwendungsrückgang bei CKW-Lösemitteln insgesamt ist auf ein komplexes Zusammenwirken einer Reihe von technologischen, ökonomischen und schließlich auch politischen Faktoren zurückzuführen. Die Abfallentsorgung chlorierter Rückstände durch die Umwandlung in ein verkaufsfähiges Produkt wurde zugunsten der Hochtemperaturverbrennung aufgegeben. Dazu waren erhebliche Investitionen notwendig. Der politische Druck dazu resultierte aus der Absicht, die Verwendung von FCKW einzustellen (Kuppelprodukt bei der Chlorolyse) und aus der Einstellung der Hohe-See-Verbrennung. Die unmittelbare Regulation der Produkte spielt stattdessen aus der Sicht der Hersteller nur noch eine untergeordnete Rolle, sie hatte aber erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen bei den Anwenderbranchen. Allerdings ging mit den Umstellungen in den Bereichen Metallentfettung und Chemischreinigung auch eine Modernisierung und Rationalisierung einher. Arbeitsplatzverluste bei den Herstellern dürften gering gewesen sein; bei den Anwendern sind sie kaum alleine dem Wechsel bei den Reinigungstechnologien zuzurechnen. Auch bei den CKW-Lösemitteln nimmt das Eigeninteresse an einer weitgehenden Regulation zu, soweit Substitute angeboten werden. Darüber hinaus konnten auch kognitive Lernprozesse bei den Herstellern belegt werden.

## **3.4 FCKW**

Die Stoffgruppe der FCKW sind mit den CKW-Lösemitteln eng über den gemeinsamen Herstellungspfad verbunden. Sie repräsentierten 1987 ca. 6% des Chlorbedarfs (Nolte/Joas 1992) und waren darüber hinaus ebenfalls eine wichtige Route der Aufarbeitung chlorchemischer Neben- und Abfallprodukte anderer Prozesse. Das wichtigste Vorprodukt, Tetrachlormethan (TETRA) wurde im Jahr 1987 durch das Montrealer Protokoll auf einem hohen Niveau der Pro-

duktion reguliert. Im Gegensatz dazu hatte die US-Chemieindustrie bereits frühzeitig ihre Produktion auf Druck von Konsumenten reduziert. Der Abschluß des Montrealer Protokolls wurde von den ehemals wichtigsten US-Produzenten Dow, Du Pont und ICI unterstützt, die bereits erhebliche F&E Mittel in die Entwicklung von Substituten investiert hatten (Böhm 1993, Arora/Cason 1995). Damit sollte der Wettbewerbsvorteil ausgebaut werden.

Abbildung 5: Verbrauch, Produktion und Regulation von TETRA 1982-1992, Deutschland



Nachdem das Abkommen auch durch nationale Vorschriften und Vereinbarungen mit der Chemieindustrie implementiert war, wurden auch ehemalige deutsche Hersteller zu Protagonisten eines strengen und beschleunigten Verzichtes auf diese Stoffe. So protestierte der VCI erfolgreich gegen eine Entscheidung der EG-Kommission im Jahr 1994, die Importquoten für FCKW zu steigern;

diese Entscheidung wurde durch den Ministerrat zurückgenommen. Dies war ebenfalls mit der Entwicklung von Ersatzstoffen begründet. Hoechst hatte 1993 mit der Produktion des Ersatzstoffes R 134a begonnen, der jedoch nicht auf dem Markt durchgesetzt werden konnte. Vor diesem Hintergrund gingen nach Unternehmensangaben nur 20-30 Arbeitsplätze bei der Einstellung der FCKW-Produktion verloren. Dieser Ersatzstoff konnte allerdings nicht den Vorstellungen von Hoechst entsprechend auf dem Markt durchgesetzt werden. Ökologische Bedenken und ein erheblicher Störfall in der Produktionsanlage ermöglichten beispielsweise Propan/Butan-Gemischen, sich als Kältemittel durchzusetzen. Hoechst hat Ende 1996 diesen Geschäftszweig an Solvay verkauft. Die Verluste für die Anlagenwerte der FCKW-Anlagen, die Entwicklungskosten<sup>43</sup> für den H-FKW und die Produktionsanlagen sind nicht öffentlich zugänglich, dürften aber unter den hier betrachteten Segmenten die erheblichsten sein. Bis 1994 hat es noch bedeutende Exporte der FCKW gegeben. 1993 und 1994 wurden über 30 kt/a FCKW exportiert, im Jahr 1995 sanken diese Exporte auf ca. 1300 t (Stat. Buamt). Die Verbote der umweltoffenen Verwendung des Vorprodukts TETRA und das Verbot des Inverkehrbringens an private Endabnehmer haben zu keiner Zeit eine Bedeutung für die Produktionsmenge gehabt.

<sup>43</sup> Die in Presseberichten genannten 50 Mrd. DM Entwicklungskosten sind kaum glaubwürdig (TAZ, 29.6.1993: 7).

### 3.5 Propylenoxid

Propylenoxid ist ein Beispiel für ein chlorfreies Zwischenprodukt, das innerhalb der chemischen Industrie zu (den chlorfreien) Polyurethanen (PUR) weiterverarbeitet wird. Alle 4 Herstellerunternehmen in der Bundesrepublik<sup>44</sup> betreiben ihre Anlagen nach dem Chlorhydrinverfahren. Dabei wird Propylen mit Chlor umgesetzt. Die dabei entstehende Salzsäure wird entweder mit NaOH (Dow) oder Kalkmilch neutralisiert und das salzhaltige Wasser wird emittiert. Darüber hinaus entstehen auch chlorhaltige Nebenprodukte, überwiegend 1,2-Dichlorpropan, das ehemals in verschiedenen Anwendungen (als Pestizid, Lösemittel, Scavenger<sup>45</sup>, Flammschutzmittel usw.) verwendet wurde, heute aber entweder in der Chlorolyse zu PER aufgearbeitet oder unter Gewinnung von Salzsäure verbrannt wird. Weitere bedeutende Mengen (ca. 10 kt/a) werden exportiert (BUA 1994: 155). Propylenoxid (PO) wird mit einer Ausbeute von ca. 90% bezogen auf das eingesetzte Propylen gewonnen.

Für die Herstellung von PO nach dem Chlorhydrinverfahren waren im Jahr 1992 758 kt Cl-Äquivalente, entsprechend 20% des gesamten Cl-Verbrauches, notwendig, Propylenoxid ist damit der zweitgrößte Chlorverbraucher nach der Herstellung von PVC (Nolte/Joas 1995: 20). Darüber hinaus werden bei Dow auch bedeutende Mengen von NaOH als Neutralisierungsmittel verwendet.

Rund 72 % des Propylenoxids werden als Vorprodukt für PUR verwendet, weitere 23% zur Verarbeitung zu dem Lösemittel Propylenglykol und 5% werden zu sonstigen Produkten weiterverarbeitet. Besonders bedenklich wegen der starken Kanzerogenität von PO war die bis 1990 zugelassene umweltoffene Verwendung von ca. 5 t/a als Stabilisator in Dichlormethan (BUA 1992).

#### 3.5.1 Wirtschaftliche Bedeutung

Die Produktion von PO (1992: 561 kt, davon 232 kt für den Export) hatte in dem Zeitraum von 1980-1991 ein Wachstum von rund 60%, entsprechend durchschnittlich 4,3%/a. Erstmals 1992 ging die Produktion - vermutlich konjunkturbedingt - um 56 kt oder 9,1% zurück. Der Gesamtwert der Produktion beträgt 1992 rund 800 Mio DM (1500-1700 DM/t) (Nolte/Joas 1995: 79). Der wichtigste Einzelfaktor des Preises dürfte Propylen sein, dessen Preis wiederum im wesentlichen vom Rohölpreis abhängt. Die Anzahl der Beschäftigten für die Herstellung wird auf 2800-3500 geschätzt (Plinke et al. 1994 I-6).

Die Anlagen stammen aus der 1. Hälfte der 70er Jahre, mit der Ausnahme einer Anlage von Dow mit 170 kt/a, die 1981 in Betrieb genommen wurde (Prognos 1994: I-7). Der Wert der Anlagen wird mit einem Wiederbeschaffungspreis von 720 Mio DM angegeben (ebd.). Über den Abschreibungszustand der Anlagen liegen keine Angaben vor (ebd.: I-8). Wegen der teilweise hochkorrosiven Zwischenprodukte kann davon ausgegangen werden, daß eine Betriebszeit von mehr als 30 Jahren unwahrscheinlich ist (Enquete-Kommission 1994: 198).

<sup>44</sup> Dow (Kapazität 1992: 420 kt/a), EC Erdölchemie (Bayer/BP) (155 kt/a), BASF (70 kt) und Bunawerke (50 kt); bis 1986 auch Hüls (35 kt/a) (BUA 1992, 94).

<sup>45</sup> Zusatzstoffe in verbleiten Pkw-Kraftstoffen.

### **3.5.2 Optionen der Umweltentlastung**

Die Endprodukte der PUR Chemie stehen kaum in der umweltpolitischen Diskussion, sieht man einmal von der ehemaligen Verwendung von Propylenoxid als Stabilisator in Dichlormethan und dem ehemaligen Einsatz von FCKW als Schaummittel für diese Kunststoffe ab.

Intensiver diskutiert werden statt dessen Verfahrensänderungen, die eine chlorfreie Herstellung von PO ermöglichen. Für eine solche Herstellung stehen mehrere technische Optionen zur Verfügung: Großtechnisch realisiert sind die Verfahrensvarianten mit Isobutan oder mit Ethylbenzol als Einsatzstoffe der Hydroperoxidverfahren. Je nach Einsatzstoff entstehen unterschiedliche Kuppelprodukte: Entweder Methyl-tert-butyl-ether (MTBE) oder Styrol. Die Kuppelprodukte überwiegen die Menge von Propylenoxid im Verhältnis von 2,5-3t:1t (PO). Styrol ist das Vorprodukt für den Kunststoff Polystyrol, der auch in der Bundesrepublik hergestellt wird, während MTBE international vorwiegend als Zusatzstoff zu Kraftstoffen verbraucht wird, um die Oktanzahl zu verbessern und das kanzerogene Benzol zu substituieren. Einen entsprechenden Einsatz gibt es in der Bundesrepublik in "Super-Plus"-Kraftstoffen. Die Produktionsmenge von MTBE betrug 1992 153 kt, die Einfuhr wird auf 500 kt/a geschätzt (Prognos 1994: I-52).

Die Kosten der PO-Produktion liegen bei chlorfreien Varianten mit 40-50% deutlich unter denen der Chlorhydrinverfahren: Eine Umstellung scheint daher schon aus wirtschaftlichen Gründen geboten. Die Umstellungsfrist sei letztlich nur abhängig von Planungs-, Genehmigungs- und Bauzeiten, also im Bereich von 5-10 Jahren (Prognos 1994: I-55). Nolte/Joas 1995 (S. 81) erwarten demgegenüber weder kurz- noch mittelfristig eine Ablösung des praktizierten Chlorhydrinverfahrens. Dies wird auch durch die Angaben eines der maßgeblichen Hersteller gedeckt (Fachgespräch 5). Die relativ hohe Selektivität beim Chlorhydrinverfahren (bei der allerdings der Anfall von NaCl vernachlässigt wird), der derzeit nicht vorhandene Markt für die Kuppelprodukte und notwendige Investitionen über die eigentlichen Anlagen hinaus (zusätzliche Raffinerien) seien maßgebliche Gründe dagegen. Teilweise wird auf Forderungen einer Schließung des Salzkreislaufes mit Unverständnis reagiert, andere NaCl Emissionsquellen seien weitaus erheblicher, genauso die natürlichen Vorkommen in den Meeren (Fachgespräch 2).

Weltweit erfolgt etwa die Hälfte der PO-Produktion auf der Basis chlorfreier Verfahren (Prognos 1994: I-26). Die Nachfrage nach dem Kuppelprodukt MTBE wurde in den USA durch die gesetzliche Einschränkung des Benzinzusatzes Benzol gesteigert (Anonym 1991). Dies ist mit Mehrkosten bei der Herstellung benzolarmer Kraftstoffe verbunden. Nur bei „Super-Plus-Kraftstoffen“ werden diese Mehrkosten auch auf dem Markt durchgesetzt (FAZ, 8. 8. 1995: T3). Der weltweite Kapazitätsausbau wurde hierzulande nicht nachvollzogen, obwohl die großtechnischen Verfahren in Deutschland entwickelt wurden (Rohe 1990).

### **3.5.3 Bedingungen für eine Verfahrensumstellung**

Das dargestellte Segment ist ein Kernstück der Chlorchemie bei gleichzeitig chlorfreien Endprodukten. Problematisch bleiben chlorhaltige Nebenprodukte, die zum Teil weiterverarbeitet werden. Dennoch bleiben staatliche Akteure bei der Zukunft dieser Technologie indifferent. Das



UBA geht davon aus, daß eine Umstellung des Herstellungsverfahrens auf chlorfreie Routen ein Beispiel für umweltentlastende Prozeßsubstitutionen wäre, deren Potential in der chemischen Industrie bisher noch nicht ausgeschöpft ist. Vorteile liegen auch darin, daß die chlorfreien Verfahren ohne die teilweise hohen Schadstoffpotentiale der anfallenden Reststoffe auskommen (Sutter 1987: 68). Demgegenüber sieht die Enquete-Kommission aus ökologischen Gesichtspunkten anhand der vorliegenden Informationen keine Überlegenheit des einen oder anderen Verfahrens. Eventuell kann ein drittes Verfahren, die katalytische Direktoxidation, die zur Zeit großtechnisch noch nicht realisiert wird, zu einer Konkurrenz zu den praktizierten Verfahren werden (Enquete Kommission 1994: 199).

Die chemische Industrie hält an der alten Verfahrenstechnik fest, schließt aber bei Neuschaffung von Kapazitäten das neue Verfahren nicht aus. Obwohl darüber geklagt wird, daß die Ausbeute bei der Direktoxidation<sup>46</sup> z.Zt. nur 15% beträgt und damit keine Alternative zum Chlorhydrinpfad darstellt, solange nicht Absatzmöglichkeiten für die dabei entstehenden Kuppelprodukte gefunden werden (also MBTE und Styrol) (Seidel 1993).

Für neu zu errichtende Kapazitäten der PO-Herstellung werden von Industrievertretern Anlagen, die nach dem Oxiranverfahren arbeiten, für sinnvoll erachtet. Bestehende Anlagen könnten nicht umgebaut werden, sondern können aus technischen Gründen nur durch Neuanlagen ersetzt werden. Das sei wegen des bestehenden Verbundes mit der Chlorherstellung und vorhandener Kläranlagen für Abfallprodukte nicht sinnvoll (Enquete-Kommission 1994: 198). Sollten die Pläne zur Rückgewinnung und Verarbeitung von NaCl und zur Aufspaltung von 1,2-DCP realisiert werden, dann dürfte dies die Beharrungstendenzen bei dieser Technologie noch einmal verstärken.

Die hierzulande beginnende Debatte um eine Substitution von Benzol in Kraftstoffen könnte jedoch recht schnell einen erheblichen Markt für das Kuppelprodukt MTBE schaffen, so daß zusätzliche Anreize für eine Ablösung des Chlorhydrinverfahrens geschaffen werden könnten. Dies würde allerdings eine verschärfte Normensetzung bezüglich des Benzolgehaltes von Benzin erfordern.

Propylenoxid ist hier ein Beispiel für ein chlorfreies Endprodukt mit steigenden Absatzmengen. Es stehen wirtschaftliche Technologien für eine chlorfreie Technologie zur Verfügung. Mit einer Verfahrensumstellung sind erhebliche Investitionen verbunden. Zudem würden bestehende Anlagen zur Chlorherstellung und bestehendenachgerüstete Umweltschutztechnologien in Frage gestellt werden. Eine klare Zielvorgabe durch staatliche Akteure zugunsten des einen oder anderen Alternativverfahrens fehlt.

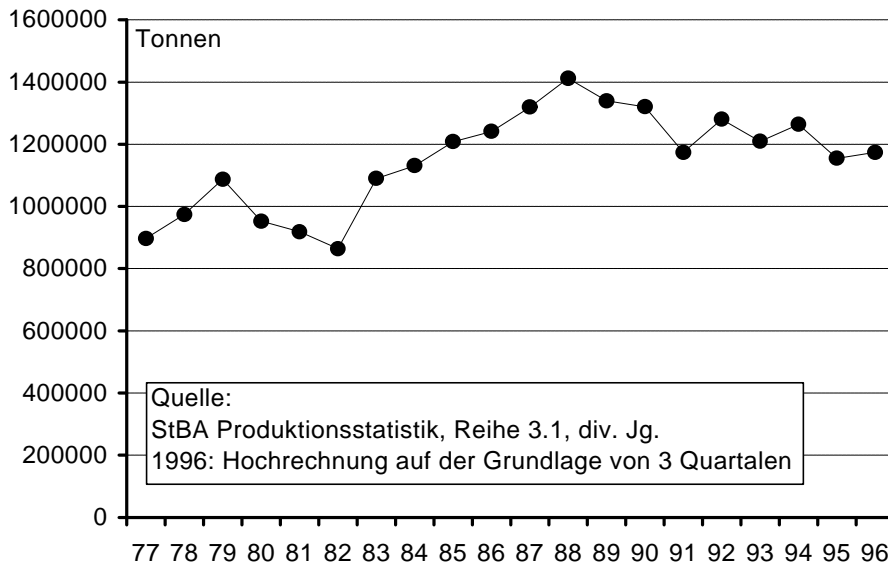
---

<sup>46</sup> Gemeint ist vermutlich das Oxiranverfahren. Die Ausbeute bei katalytischer Direktoxidation beträgt ca. 70%, wird allerdings großtechnisch nicht praktiziert (Enquete Kommission 1994: 195)

### 3.6 PVC

PVC ist ein Massenkunststoff, der auf der Grundlage von Ethylen und Chlor über eine Polymerisation des Vinylchlorids hergestellt wird. Seit Mitte der 80er Jahre wird vom BUND, WWF, Greenpeace, Ökopol u.a. eine deutliche Verwendungsbeschränkung oder ein Verbot für PVC

Abbildung 6: Produktion von PVC, Deutschland 1977-1996



gefordert. PVC nimmt mit einer Produktionsmenge von 1,2 Mio t (1995) nach Polyethylen (PE) den zweiten Platz unter den Massenkunststoffen ein (Enquete-Kommission 1994: 161). Die Mengen- und Preis-einbrüche in der Folge des bisherigen Produktionshöchststands im Jahr 1988 (1,4 Mio t) haben daran nichts geändert.

#### 3.6.1 Wirtschaftliche Bedeutung von PVC

Für die Herstellung von PVC wird rund 1/3 der gesamten in Deutschland verarbeiteten Chlormenge verwendet. Dieser Anteil hat sich trotz eines Produktionsrückgangs um ca. 14% in den Jahren 1987-1992 nur unwesentlich verändert (Nolte/Joas 1995).

Tabelle 6: Standorte und Kapazitäten der PVC-Produktion in Deutschland Ende 1993

Standort	Firma	Kapazität
Ludwigshafen	BASF	150 kt
Wilhelmshaven	EVC	220 kt
Marl	Hüls	350 kt
Rheinberg	Solvay	175 kt
Gendorf	Vinnolit	120 kt
Knapsack	Vinnolit	110 kt
Burghausen	Vinnolit	190 kt
Merkenich	Vinnolit	160 kt
Schkopau	BSL	150 kt
Summe		1625 kt

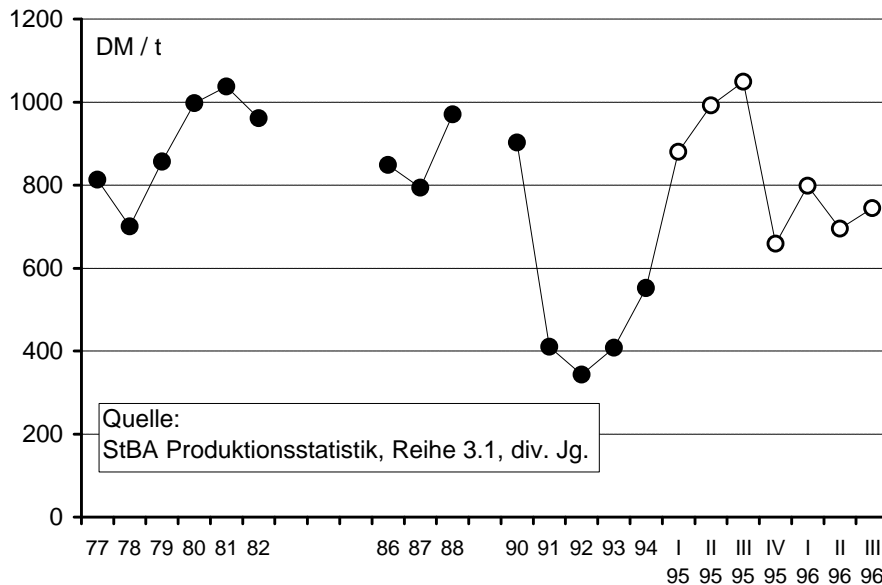
Quelle: Plinke et al. 1994: II-25Q

bei Chlor (vgl. Abbildung 1, S.9), wie auch den Wiederanstieg des Chlorverbrauches. Neben einer scharfen, noch andauernden umweltpolitischen Auseinandersetzung um den Werkstoff, sind auch konjunkturelle Faktoren für die Entwicklung für PVC verantwortlich. Der Preisdruck

Der Bruttoanlagenwert für die Anlagen der PVC Herstellung wird auf 2,2 Mrd. DM geschätzt, die Anlagen zur Herstellung von Vinylchlorid zusätzlich auf 1,7 Mrd. DM. Das entspricht 2% des gesamten Bruttoanlagenwertes für die chemische Industrie. Der Nettoanlagenwert für beide Herstellungsstufen wird auf 1,4 Mrd. DM geschätzt (Plinke et al. 1994: II-27f.).

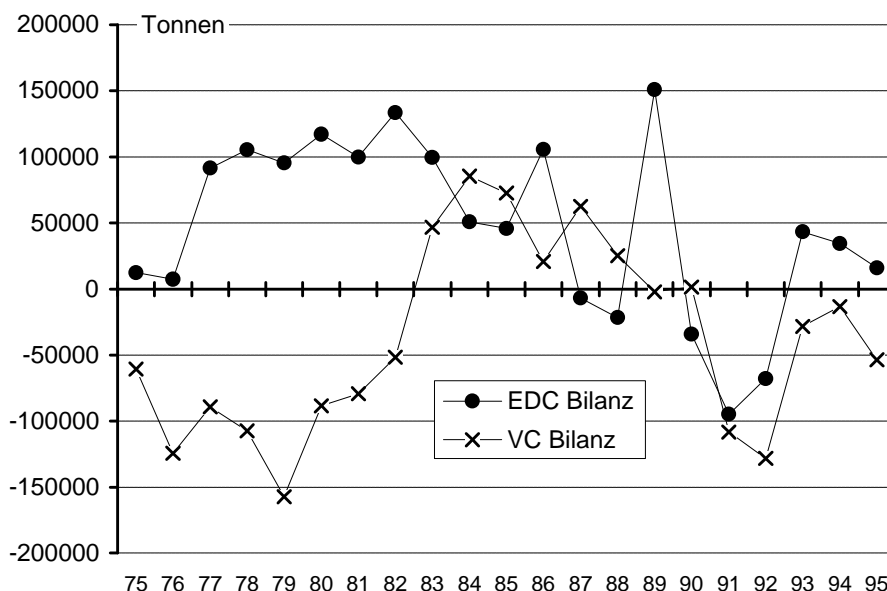
Die stürmische Entwicklung bei der Produktion von PVC erklärt zu einem erheblichen Teil den Produktionsrückgang

Abbildung 7: Preisentwicklung Vinylchlorid



mit 2,3 Mrd. DM angegeben. Das entspricht einem Anteil am Gesamtumsatz der chemischen Industrie von 1,25% (1988) bzw. 1,17% (1989) (Plinke et al. 1994: II-13). Der ehemalige Exportüberschuß hat sich Anfang der 90er Jahre in einen Importüberschuß bei den Vorprodukten Ethylendichlorid und Vinylchlorid verkehrt.

Abbildung 8: Außenhandelsbilanz PVC-Vorprodukte



Der Druck auf die PVC-Preise zu Produktionsstilllegungen bei Hoechst und Wacker mit einer Gesamtkapazität von 90 kt/a (Nolte/Joas 1995: 68). Diese Firmen haben ihre PVC Herstellung Mitte 1993 in dem Gemeinschaftsunternehmen Vinnolit zusammengefaßt, das 1994 einen Umsatz von 850 Mio DM erwirtschaftete. Dieses Unternehmen hatte in seinen ersten beiden Geschäftsjahren 26,1 Mio DM bzw. 7,9 Mio DM Verluste verbuchen müssen (FAZ, 16. 9. 1994: 22; FAZ, 23. 9. 1995: 18). Auch in anderen Unternehmen gab es tiefgreifende Veränderungen

auf die inländischen Hersteller ist an der Preisentwicklung des unmittelbaren Vorprodukts Vinylchlorid ablesbar.

Dieser Preisverfall wird durch einen starken Importdruck aus Osteuropa und Überkapazitäten in Westeuropa erklärt (Nolte/Joas 1995: 62). Der gesamte Wert der PVC-Produktion wird in den Spitzenjahren 1988/89

Der Außenhandel für PVC und für Halbzeuge/Fertigprodukte, die PVC enthalten, ist in der Statistik über eine ganze Reihe unterschiedlicher Einzelposten verteilt. Insgesamt wird für die Jahre 1987-1992 von einer Zunahme des Inlandsverbleibs um 10% ausgegangen, während die Produktion zurückging. Insofern gab es eine Importsubstitution. 1993 führte der

der Produktionsprozesse. Bei der Hüls AG wurde der Bereich der PVC Herstellung organisatorisch ausgegliedert (Fachgespräch 2). In dieser Firma wird mit 800 Mitarbeitern ein Umsatz von 625 Mio DM erzielt (FAZ., 9.10.1995: 25). Die Kapazität der PVC-Anlage beträgt 350 kt/a. Zuvor waren im Jahr 1992 eine Anlage zur PVC-Herstellung auf der Basis von Acetylen<sup>47</sup> stillgelegt und eine moderne Oxichlorierungsanlage mit einem Investitionsvolumen von 100 Mio DM errichtet worden. Mit diesen modernisierten Anlagen kann nach Unternehmensangaben auch im internationalen Wettbewerb die Kostenführerschaft übernommen werden (Fachgespräch 2).

Ein weiterer Um- und Ausbau von PVC Anlagen findet bei der Dow-Tochter BSL (ehemals Buna-Leuna Werke) in Schkopau statt. Dort hatte das westdeutsche Maschinenbauunternehmen Uhde bereits 1976-79 eine VC-Anlage errichtet, welche die bestehende ältere Anlage auf der Basis von Acetylen ergänzte. Nach der Vereinigung war diese ältere Anlage wegen des hohen Preises von Acetylen nicht mehr konkurrenzfähig und wurde 1990 geschlossen. Die Herstellung von PVC wurde auf der Basis von zugekauften EDC weiterbetrieben. Eine neue Anlage auf der Basis der Oxichlorierung ist im Bau. Der Bau dieser Anlage wird vom BMU gefördert (Fachgespräch 1).

Werden die Erlöse aus dem Verkauf des Kuppelproduktes Natronlauge nicht berücksichtigt, dann ist nach Berechnungen von Plinke et al. (1994: II-15 und II-19) die Herstellung von PVC mit Verlusten für die Hersteller verbunden. Die ausgegründeten Unternehmen der PVC-Herstellung betreiben die Chloralkalielektrolyse nicht in ihrer eigenen Regie. Sie werden also nur dann mit Gewinn abschließen können, wenn sie von ihren jeweiligen Muttergesellschaften die Vorprodukte auch unter den Gestehungskosten erhalten können.

### **3.6.2 Arbeitsplatzeffekte bei einer Materialsubstitution**

Die Zahl der Beschäftigten im Bereich der *PVC-Herstellung* wird auf 6.600 Personen geschätzt (Plinke et al.: II-23). Nach Angaben der IG Chemie sind bei der *Herstellung aller Kunststoffe* ca. 60.000 Beschäftigte tätig (Fromm 1993: 17). Mit der *Herstellung von Erzeugnissen* aus PVC sind 60.000 Personen beschäftigt (ebd.), nach der Prognos Studie 89.000 Personen (Plinke et al. II-246). Die verarbeitende Industrie wäre allerdings bei einem Verzicht auf PVC als Werkstoff nicht unmittelbar in ihrer Existenz gefährdet, wie etwa die IG Chemie argumentiert (z.B. Anonym 1993c), sondern könnte auf andere Werkstoffe wechseln. Eine umfassende Substitution von PVC in den wichtigsten Anwendungsbereichen würde nach Schätzungen von Prognos (Plinke et al. 1994: II-245) auf der Grundlage der Preise für Ersatzstoffe und des Materialdurchsatzes einen positiven Effekt von 44.370 Beschäftigten verursachen<sup>48</sup>. In der Studie wurde die Verwen-

<sup>47</sup> Dieser Anlagentyp auf der Grundlage der Hydrochlorierung von Acetylen entspricht der "1.Generation" der PVC Herstellung, wie er in der Bundesrepublik bis Anfang der 60er Jahre praktiziert wurde. Anfang der 60er Jahre wurden diese Anlagen in Westdeutschland durch solche der Direktchlorierung von Ethen ergänzt und seit Anfang der 70er Jahre werden die Anlagen auf Acetylenbasis durch solche der Oxichlorierung von Ethen ersetzt. Mit der Integration der Anlagen wird eine ausgeglichene HCl Bilanz angestrebt. Mit den zusätzlichen HCl Strömen aus den neueren Verbrennungsanlagen und einem möglichen Ausbau von Verbrennungsanlagen für PVC könnten an einzelnen Standorten Oxichlorierungsanlagen alleine (ohne einen Primärchlorbedarf) betrieben werden.

<sup>48</sup> Diese Zahlen werden von der AGPU in Frage gestellt. Die bei der Substitution entstehenden Mehrkosten und der Kaufkraftausfall würden bei der Berechnung der Arbeitsplatzeffekte nicht berücksichtigt werden (AGPU 1995)

derung von 1030 kt/a PVC betrachtet; die Kosten einer Substitution werden auf 6,6 Mrd. DM/Jahr in Form von höheren Preisen für Alternativprodukte, abzüglich eingesparter Entsorgungskosten geschätzt. In der chemischen Industrie werden die Arbeitsplatzverluste auf einen Verlust in der Größenordnung von 3000 Beschäftigten geschätzt, dem aber auch positive Effekte, etwa im Bereich der Forstwirtschaft bei einer Substitution z.B. durch Holzfenster, gegenüberstünden (ebd.: II-249). Die IG Chemie hält jedoch eine Verlagerung der PVC Produktion ins Ausland für wahrscheinlicher als positive inländische Effekte (Walter 1995). Die AGPU gibt die Zahl der bei PVC-Produktion, -Verarbeitung und im Maschinenbau Beschäftigten mit 100.000 an, den erwirtschafteten Umsatz ohne Handwerk mit über 20 Mrd. DM (AGPU 1996).

Die Tauglichkeit der Alternativprodukte ist allerdings in Einzelfällen umstritten. Neben den Kosten werden auch höhere Energieverbräuche, etwa für Ersatzkunststoffe oder mögliche Umwelt- und Gesundheitsbelastungen bei der Verarbeitung von Holz oder Aluminium, angeführt. Greenpeace blockierte 1992 für einige Tage das PVC-Werk von ICI in Wilhelmshaven, weil mit einem neuentwickelten biologischen abbaubaren Kunststoff (Bipol) ein Ersatzprodukt aus dem selben Unternehmen bereitstünde. Die technische Tauglichkeit wie auch die Umweltverträglichkeit bei einer Massenproduktion<sup>49</sup> dieses Kunststoffes wird allerdings von der Industrie abgestritten.

### 3.6.3 Anwendungsbereiche für PVC

PVC ist ein Werkstoff, der erst durch den Zusatz von Additiven sinnvoll verarbeitet werden kann. So werden mittels Weichmachern etwa 1/3 des Roh-PVC zu Weich-PVC verarbeitet, 2/3 werden als Hart-PVC verarbeitet (Enquete-Kommission 1994: 161). Anfang der 70er Jahre dominierte noch die Weichverarbeitung (Tötsch 1990: 2).

Die Bauwirtschaft stellt mit 60% den bei weitem wichtigsten Sektor der Weiterverarbeitung dar (Eggers 1993). Insofern ist der Verbrauch von PVC in hohem Maße von der Baukonjunktur abhängig. Der erneute Produktionsrückgang für das Jahr 1995 wird daher mit der schwachen Konjunktur in der Bauwirtschaft und - wegen des großen Außenhandelsvolumens von PVC - mit dem ungünstigen Wechselkurs der DM erklärt (Anonym 1996b: 20).

Tabelle 7: PVC-Verwendung in Deutschland 1980, 1986 und 1992

Verwendung	1980	1986	1992
Weich PVC	355	361	
Draht- und Kabelisolierungen	90	96	101
Weichfolien	85	86	
Fußbodenbeläge	60	40	81
Profile und Schläuche	40	38	
Beschichtungen und Pasten	70	82	
Hart PVC	735	764	
Folien, Tafeln	165	227	
andere Profile	130	134	
Fensterprofile	130	134	123
Rohre, Dachrinnen	250	189	
Hohlkörper	25	25	
Spritzgußteile	5	18	
Schallplatten	25	27	
Sonstiges	5	10	
Verpackungen			104

Quellen: Tötsch 1990: 3 (1980 u. 1986), Enquete-Kommission 1994: 162 (1992), eig. Darstellung

<sup>49</sup> Bipol wird durch Fermentation hergestellt, bei der der Kunststoff nur einen Bruchteil des Volumens der Biomasse ausmacht. Im großtechnischen Maßstab würden damit erhebliche Entsorgungsprobleme auftreten (Dröschner 1993).

Die umweltpolitische Diskussion um PVC Produkte wirkte sich besonders bei kurzlebigen Produkten, z.B. Verpackungen aus. Diese Absatzbereiche waren überproportional von den Rückgängen betroffen. Die Notwendigkeit einer Substitution in kurzlebigen Produkten wird von allen Akteuren (so auch Enquete-Kommission 1994) und auch von den Herstellern gesehen (Fachgespräch 2). Dennoch werden geschätzte 15% des PVC-Verbrauchs in diesem Bereich verarbeitet (Kurth 1993). Die Forderung des SRU auf ein Verwendungsverbot in Verpackungen (SRU 1990) wurde bei Verabschiedung der Verpackungsverordnung erwogen, allerdings nicht verwirklicht.

### **3.6.4 Ökologische Risiken**

Der Zusatz von Weichmachern (z.B. DEHP, DOP), die im Endprodukt einen Anteil bis zu 50% haben, stand wegen des Verdachtes der Kanzerogenität dieser Stoffe<sup>50</sup> und deren Diffusionsverhalten aus den Fertigprodukten in der öffentlichen Auseinandersetzung und dürfte zu dem Verwendungsrückgang unter Weich-PVC Produkten beigetragen haben.

Weitere Kritikpunkte an der Verwendung von PVC waren zugesetzte Flammschutzmittel und Schwermetallstabilisatoren. Halogenhaltige Flammschutzmittel dürften einen großen Teil der Dioxinmissionen im Brandfall erklären<sup>51</sup>. Brände unter Beteiligung von PVC waren immer wieder Anlaß und Ausgangspunkt zu Debatten über diesen Kunststoff: Dioxinverseuchungen standen im Mittelpunkt des öffentlichen Interesse bei den Bränden 1992 in einer Kunststoff-Recycling Firma in Lengerich, 1994 im Aachener Großklinikum oder 1996 im Düsseldorfer Flughafen. Bestimmte polybromierte Flammschutzmittel werden auf der Grundlage einer freiwilligen Selbstbeschränkung des VKE und des VCI seit 1990 nicht mehr verwendet. Strittig bleibt aber, ob der Chloranteil im PVC für sich schon zu bedenklichen Dioxinmissionen führt. Hier gibt es keine eindeutige wissenschaftliche Expertise. Weiterhin ist die Bewertung des im Brandfall entstehenden Chlorwasserstoffs umstritten. Von Herstellerseite wird angeführt, daß die Schäden durch Flammen, Ruß und Löschwasser diejenigen der HCl-Emissionen bei weitem überwiegen und daß Brandopfer weniger unter Verätzungen zu leiden hätten als vielmehr unter Vergiftungen durch Kohlenmonoxid, wie es bei jedem Brand organischer Materialien entsteht. Dennoch hat der Verband der Schadensversicherer im Jahr 1994 Brände, bei denen PVC beteiligt sind, in eine höhere Gefahrenstufe eingeordnet (Paulus 1995).

Die HCl-Emissionen bei der Müllverbrennung werden zu etwa 50% dem PVC zugerechnet. Dieser Chloranteil beansprucht in besonders hohem Maße die Rauchgasreinigung der Müllverbrennungsanlagen, so daß Anlieferungen PVC-haltiger Kunststoffe zur Verbrennung in die preislich höchste Entsorgungskategorie<sup>52</sup> eingeordnet werden (Enquete-Kommission 1994: 167). Die Her-

---

<sup>50</sup> Ein Höhepunkt dieser Auseinandersetzung war die von Dänemark verlangte Einstufung von DEHP als kanzerogener Arbeitsstoff. Die EG Kommission hat allerdings 1990 entschieden, daß für eine solche Einstufung die notwendigen Beweise fehlen (Entscheidung der Kommission vom 25.7.1990, 90/420/EWG). Auch die seit 1986 bestehende Einstufung als krebserregender Arbeitsstoff (IIIB) in der MAK Liste wurde damit aufgehoben.

<sup>51</sup> An anderer Stelle wird allerdings auch hervorgehoben, daß PVC bereits intrinsisch geschützt sei und durch den Chlorgehalt einen deutlich höheren Flammpunkt als z.B. Holz aufweise.

<sup>52</sup> Die MVA Düsseldorf gibt 900 DM/t an, Ahrens (1993b) geht sogar von 1000-1500 DM/t aus. Diese Kosten entsprechen nahezu dem Neuwert von ca. 1000 DM bzw. übersteigen diesen noch.

steller reagierten auf diese hohen Kosten, indem sie anbieten, das anfallende NaCl (nach der Neutralisation) wieder abzunehmen (Preusker 1991).

Die Schwermetallstabilisatoren wurden zunächst auf Cadmiumbasis hergestellt und verarbeitet, heute werden v.a. Bleiverbindungen für diesen Zweck verwendet. Das besonders toxische Cadmium ist offenbar in der Folge der restriktiven Cd-Politik Schwedens sukzessive substituiert und schließlich Anfang der 90er Jahre weitgehend verboten worden (Bätcher/Böhm/Tötsch 1992).

### **3.6.5 Recyclingstrategien**

Trotz der hohen Entsorgungskosten ist ein werkstoffliches Recycling mit Kosten von geschätzten 3500 DM/t (gegenüber einem Marktwert von Neu-PVC von ca. 1000 DM/t) (Ahrens 1993b) nach Herstellerangaben unwirtschaftlich. Pilotanlagen unterschiedlicher Kapazität und Technologie sind aufgebaut worden. Bei Hüls werden Fensterprofile mit einem Kern aus rezykliertem (und verfärbtem) PVC hergestellt, während nur die sichtbaren Teile aus Neu-PVC gefertigt werden. Für die Trennung gebrauchter Fenster in seine Bestandteile betreiben 2 Unternehmen Werke mit einer Anlagenkapazität von 1,1 Mio Fenster/a, entsprechend 20 kt/a (FAZ 02.10.95: T2). Auch die Hoechst AG hat eine Pilotanlage zum werkstofflichen Recycling errichtet. Wegen der hohen Kosten (und des hohen Energieaufwandes) wird auch von Umweltverbänden ein solches Recycling als allenfalls begrenzt realisierbar eingeschätzt (z.B. BUND 1994; Claus 1991).

Die Industrie favorisiert Anlagen zur Monoverbrennung unter Rückgewinnung von Energie und Salzsäure. Letztere könnte wieder in den Prozeß der Oxichlorierung rückgeführt und damit wieder PVC hergestellt werden, oder sie könnte in anderen salzsäureverbrauchenden Prozessen verarbeitet werden. Eine erste Anlage mit einer Kapazität von 25 kt/a für diese Verbrennung wird in Schkopau errichtet und soll 1998 in Betrieb gehen (FAZ, 2. 10. 1995: T2). Damit würden auch wiederum erhebliche Mengen Primärchlors eingespart werden. Durch die Verwendung von HCl könnten nach Prognos-Berechnungen 9,2 MJ Energie je kg produziertem PVC eingespart werden (unter Vernachlässigung der Energiegewinnung bei der Verbrennung von ca. 5 MJ/kg) (Plinke et al. 1994: II-87f.). In einer Studie im Auftrag der AGPU wurde eine große Anlage zur Monoverbrennung mit einer Kapazität von 250 kt/a (und einer HCl-Produktion von 90 kt/a) untersucht und wird als technisch realisierbar eingeschätzt. Solche Anlagen werden von Umweltverbänden bisher nicht kommentiert. Der ursprünglich vorgeschlagene Salzkreislauf, bei dem die in MVA entstehende Salzsäure neutralisiert und das Chlorid in die Elektrolyse geführt wird, wird wegen der Verunreinigungen im NaCl als unrealistisch abgelehnt (Winteler/Ahrens 1991, BUND 1994).

### **3.6.6 Aktivitäten politischer Akteure**

Eine ganze Reihe von Kommunen haben Beschaffungsverbote für PVC in ihrem Baubereich ausgesprochen. Im Jahr 1987 wurden von Düsseldorf, Nürnberg und Bielefeld solche weitgehenden Verwendungsverbote ausgesprochen. Bis 1988 hatten rund 40 Kommunen diese Beschlüsse übernommen (Claus et al. 1990: 31), heute sind es rund 200, mit allerdings unterschiedlicher Qualität der Beschlüsse (Paulus 1995). Der GKV wie auch einzelne Firmen drohten mit Prozessen gegen diese Kommunen, weil sie ihre Produkte unzulässig diskriminiert sahen.

Unter den Umweltverbänden haben sich v.a. der BUND seit 1986 (Friege 1986), die Arbeitsgemeinschaft der Verbraucher (AGV 1990) und Greenpeace (Greenpeace 1992, 1992b) für eine weitgehende Substitution von PVC ausgesprochen. Mittlerweile haben sich im Rahmen einer Initiative „Chlor hat keine Zukunft“ eine Reihe weiterer Organisationen (<http://www.comlink.-apc.org/oekofonds/pvc/pvc3.htm>) zusammengefunden, die eine Beschränkung von PVC fordern.

Unter dem Eindruck dieser Kritik haben sich 1988 die wichtigsten Hersteller in einer Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt (AGPU) zusammengeschlossen, die vor allem durch Öffentlichkeitsarbeit solche Beschränkungen zu verhindern sucht. Dennoch setzten sich die Verwendungsverbote der Kommunen auch in einigen Bundesländern durch: Im Land Hessen wurde 1990 ein ähnlicher Beschluß gefaßt, der allerdings 1993 wieder revidiert worden ist, sofern in den verwendeten Baumaterialien ein Anteil von 70% Rezyklat enthalten ist oder Ersatzstoffe um 20% teurer sind als PVC (Klingelschmitt 1993). Der geforderte Rezyklatanteil wird von den Herstellern für unrealistisch gehalten, die entsprechenden Mengen seien überhaupt nicht auf dem Markt (Fachgespräch 2). Dieser Entschließung waren heftige öffentliche Auseinandersetzungen bis hin zu einer Demonstration der IG Chemie vor dem hessischen Landtag vorangegangen (Anonym 1993c). In Berlin wurde Ende 1994 ein Beschluß gefaßt, der vorsah, PVC in öffentlich geförderten Modernisierungs- oder Instandsetzungsvorhaben nicht mehr zuzulassen. Neubauten waren von diesem Beschluß allerdings ausgenommen (Arns 1994). Berlin hatte Ende 1990 auch einen Antrag im Bundesrat eingebracht, in dem mittelfristig eine Einschränkung von PVC gefordert wurde. Weitere Landesregierungen veranstalteten Anhörungen (Bremen) oder fordern im Bundesrat eine Kennzeichnungspflicht für PVC (Schleswig-Holstein). Die AGPU und eine Reihe anderer Verbände und Unternehmen<sup>53</sup> reagierten auf das Berliner Verwendungsverbot mit einer freiwilligen Selbstverpflichtung, die wichtigsten PVC-Produkte (außer Kabelisolierungen), die in Berlin verwendet werden, nach Gebrauch wieder zurückzunehmen (AGPU et al. o.J.). Zugesichert werden darin die Rücknahme auch von Altmaterialien und das werkstoffliche Recycling, wenn die Berliner Beschlüsse zurückgenommen werden, um damit einen Einsatz des Recyclates zu ermöglichen. Teilweise werden diese Beschlüsse von Ländern, Gemeinden oder Kreisen für bestimmte Anwendungen wieder zurückgenommen (Anonym 1995b) oder bestehende Beschlüsse nach der technischen Machbarkeit differenziert (Freisleben-Teutscher 1995: 22). Diese Länderpolitiken sind nicht an Parteigrenzen gebunden, auch die CDU-Fraktion im Landtag Baden-Württemberg hat 1990 einen Antrag auf Vermeidung der Verwendung von PVC eingebracht, der damalige umweltpolitische Sprecher der FDP, Gerhart Baum, forderte 1988 ein Verwendungsverbot bei Lebensmittelverpackungen (Jagels-Sprenger 1994: 75). Dennoch haben SPD und Grüne mit einer Anzahl von Anträgen in Bund und Ländern seit 1988 den deutlich größeren Teil der Anträge und Forderungen bezüglich PVC formuliert.

Das BMU fördert in Schkopau den teilweisen Neubau der dortigen PVC-Anlagen, das Bundesarbeitsministerium fördert Meßeinrichtungen für Dioxinmissionen. Für die Hersteller ist diese

<sup>53</sup> Arbeitsgemeinschaft PVC-Bodenbelag Recycling (AgPR), Arbeitsgemeinschaft für PVC Dachbahnen-Recycling, Kunststoffrohrverband, Gütegemeinschaft Kunststoffrohre, FREI Fenster Recycling Initiative, VEKA Umwelttechnik, Hoechst AG, Kalle Hartfolien.



Förderung ein Signal der Zustimmung zur PVC-Produktion bei geringen Emissionen und dem Verzicht auf problematische Zusätze. Demgegenüber bescheinigt das UBA dem Kunststoff eine große Zahl ökologisch problematischer Eigenschaften (nach Paulus 1995, ebenso nach Jagels-Sprenger 1994: 1, Eggers 1992). Das BGA verneinte sowohl gegenüber dem hessischen Landtag als auch gegenüber der Enquete-Kommission eine Gesundheitsgefährdung durch den Gebrauch von PVC oder durch die Freisetzung des darin enthaltenen Weichmachers DEHP (BGA 1993a, b). Die unterschiedlichen PVC-Politiken in Bund und Ländern treffen u.a. im Bund-Länder Ausschuß Umweltchemikalien (BLAU) zusammen. Dieser hatte 1990 eine ad hoc Arbeitsgruppe PVC eingerichtet (Stöber 1993). In deren Bericht an die UMK wird nach Einschätzung der Hersteller der Druck auf diesen Werkstoff wieder gelockert (Fachgespräch 2).

Auch Unternehmen aus nachgelagerten Sektoren etwa der Bodenbelagshersteller Tarkett, IKEA, Herlitz, verzichten auf PVC in ihren Produkten. Henkel verzichtet seit 1989 bei Verpackungen, ebenso die Supermarktkette Spar. Die Stiftung Warentest hatte 1989 die Umweltverträglichkeit von Kosmetikprodukten wegen ihrer PVC-Verpackungen mit mangelhaft bewertet. Durch die Wettbewerbszentrale wurden allerdings auch Unternehmen erfolgreich wegen Irreführung abgemahnt, weil sie mit dem Attribut „PVC frei“ geworben hatten (Christ 1990). Das LG Frankfurt urteilte allerdings, daß dieser Tatbestand nicht vorliegt (LG Frankfurt a.M. vom 4.11.1992 AZ 2/6 0 288/92).

Im Juni 1989 gab es ein erstes Gespräch zwischen BUND und IG Chemie zum PVC-Problemkomplex, kurz darauf zu einem weiteren dann zusammen mit dem VKE (Verband Kunststoffzeugende Industrie). Im Dezember 1989 wurde durch die IG Chemie ohne die Beteiligung des BUND ein Arbeitskreis PVC gegründet, in dem PVC-Hersteller und -verarbeiter, UBA, Berufsgenossenschaften, Betriebsräte und Gewerkschafter sitzen. Der BUND kündigte seinerseits die Bereitschaft zur Zusammenarbeit auf (Claus et al. 1990: 39). Die Gewerkschaft Holz und Kunststoff sieht im Gegensatz zur IG Chemie ebenfalls die Notwendigkeit, diesen Werkstoff zu ersetzen (Anonym 1996c).

### **3.6.7 Fazit**

PVC hat sich seit Mitte der 80er Jahre zu dem zentralen Stoff in der umweltpolitischen Auseinandersetzung um die Chlorchemie entwickelt. Diese Auseinandersetzungen haben erhebliche Rückwirkungen auf die Verarbeitung des Kunststoffes gehabt, obwohl staatliche Akteure in hohem Maße fragmentiert waren und sind. Problematische Zusatzstoffe wie halogenierte Flammschutzmittel, Cadmium als Stabilisator wurden aufgegeben. Kurzlebige Anwendungen werden auch von den Herstellern zunehmend kritisch beurteilt. Recyclingstrategien unterschiedlicher Qualität wurden entwickelt. Die getätigten und angekündigten Investitionen in diesem Bereich, aber auch angestrebte Neubauten zur PVC-Herstellung zeigen, daß die Hersteller mit unveränderten Absatzchancen für ihr Produkt rechnen.

## 4 Anhang

### 4.1 Literatur

- Adams, H.-N. 1995: Verantwortliches Handeln beim Einsatz von CKW-Lösemitteln und Ersatzstoffen. Vortrag auf der UTECH 1995, 14.2.1995, Berlin.
- Ahrens, Andreas (ÖKOPOL) 1993: Beitrag zur Expertenrunde. In: IG Chemie - Papier - Keramik (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. Workshop-Reihe der IGCPK, Vorstandsbereich Bildung-Umweltschutz. Workshop III: Chlorchemie. 23./24.2.1993 in Bad Münders. S. 56 ff.
- Ahrens, Andreas 1993b: Stoffstrom PVC. Recycling oder Substitution. Eine ökologisch-politische Analyse. In: IG Chemie (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. II. PVC: Testfall für Stoffströme, Kreisläufe und Ökobilanzen sowie sozio-ökologische Gewinn- und Verlustrechnung. Workshop-Reihe der IG Chemie.
- Aktionskonferenz Nordsee e.V. (AKN) 1995: Chlorchemie. Materialien für Schule, Fortbildung und Öffentlichkeitsarbeit. Bremen.
- Amerschläger, Rudolf 1996: Interview. Bewegung in der Landschaft. Der Chemie-Gigant Hoechst laesst sich in Zukunft vom Strom-Riesen RWE mit Energie versorgen. In: Energie und Management Nummer: (10) S. 1-2.
- Angerer, Christa 1987: Herstellung und Verwendung von Pentachlorphenol in der Bundesrepublik Deutschland (1970-1979, 1984 aktualisiert). In: UBA (Hrsg.) 1987: Umweltchemikalie Pentachlorphenol. Berlin, Erich Schmidt Verlag. S. 27 ff.
- Angerer, Gerhard et al. (Hrsg.) 1996: Einflüsse der Forschungsförderung auf Gesetzgebung und Normenbildung im Umweltschutz. Physica Verlag.
- Anonym 1987: Verbot der Chemikalie PCP angestrebt. In: Umwelt 2/87 S. 65 f.
- Anonym 1987b: Sachstandsbericht über PCPV. In: Umwelt 6/87 S. 223.
- Anonym 1987c: Saubere Nordsee. Töpfer: Vorreiterrolle der Bundesrepublik. In: Chem. Ind. 12/87 S. 992 ff.
- Anonym 1988: Neueste Erkenntnisse und Maßnahmen über CKW. Rede des Staatssekretärs beim BMU Gröbl am 13.6.88 vor der Wirtschaftsakademie Feldaling in München. In: Umwelt 7/88 S. 279.
- Anonym 1988b: Chlorierte Lösemittel. Sichere Behandlung von Rückständen. In: Chem. Ind. 12/88 S. 12 ff.
- Anonym 1989: Henkel Initiative '89: Phosphatfrei und PE-verpackt. In: Chem. Ind. 3/89 S. 66
- Anonym 1989b: PCP Verbot erneut im Bundeskabinett. In: Umwelt 9/89 S. 436.
- Anonym 1989c: VCI legt Zeitplan zur Einstellung der Verbrennung auf Hoher See vor. In: Umwelt 4/89 S. 189
- Anonym 1991: Clean Air Act. Auftrieb für MTBE. In: Chem. Industrie 7/91 S. 10.
- Anonym 1993: EG Kommission bestätigt deutsche Regelung zu Pentachlorphenol. In: Umwelt 2/1993 S. 72.
- Anonym 1993c: Rappe: PVC Verbot ist unseriös. In: Chemiereport 7/93.
- Anonym 1994a: Das Urteil im Holzschutzmittelprozeß. In: Chemie Report für Mitgliedsfirmen. Herausgegeben vom Verband der Chemischen Industrie e.V. 5/94 S. 15-16.
- Anonym 1994c: PCP bleibt verboten. In: Umwelt 12/94 S. 467.
- Anonym 1995: Schwedische Umweltschutzbehörde gegen einen Ausstieg aus der PVC Herstellung. In: Umwelt Contact Nr. 2 April/Mai 1995: 13.
- Anonym 1995b: Berlin hebt PVC-Beschränkungen auf. In: Umwelt Contact Nr. 6 Dez. 1995/Januar 1996, S. 14.
- Anonym 1996: Braunkohlekraftwerk Schkopau in Betrieb genommen. In: Brennstoff Wärme Kraft 9/96 Bd. 48 S. 19-20.
- Anonym 1996b: PVC-Rückgang. In: Informationsdienst Chemie und Umwelt 1+2/96 S. 20.

- Anonym 1996c: PVC-Ersatz. In: Arbeit und Umwelt 15/16 1996 v. 7.8.1996 S. 5.
- Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V. (AGPU) et al. o.J.: Berliner PVC Maifest. MS.
- Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V. (AGPU) 1995: Zusammenfassung der Stellungnahme zur Studie „Konversion der Chlorchemie“ der Prognos AG. MS.
- Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V. (AGPU) 1996: Volkswirtschaftlich Daten und Fakten zu PVC. MS.
- Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherverbände (AGV) 1990: PVC ist nicht o.k. Verbraucherpolitische Korrespondenz, Nr. 33, 14.8.90, S. 2.
- Arns, Christian 1994: Chlorchemie-Lobby verzögert mit Erfolg. Im neuen Jahr dürfen bei öffentlich finanzierten Modernisierungen keine PVC-Fenster mehr eingebaut werden / Beim Verbot für Neubauten kneift Nagel noch / Greenpeace: Falsches Signal. In: TAZ-Berlin Nr. 4484 Seite 39 vom 03.12.1994.
- Arora, Seema/Cason, Timothy N. 1995: An Experiment in Voluntary Environmental Regulation: Participation in EPA's 33/50 Program. In: Journal of Environmental Economics and Management, Vol 28, Number 3 May 1995 p. 271-286.
- Bätcher, Karen/Böhm, Eberhard/Tötsch, Walter 1992: Untersuchung über die Auswirkungen geplanter gesetzlicher Beschränkungen auf die Verwendung, Verbreitung und Substitution von Cadmium in Produkten. Karlsruhe, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, im Auftrag des UBA.
- Ballschmitter, Karlheinz/Haltrich, Walter/Kühn, Wolfgang/Niemitz, Walter u.a. 1987: HOV-Studie. Halogenorganische Verbindungen in Wässern. Eine wissenschaftlich-technische Studie herausgegeben von der Fachgruppe Wasserchemie in der GdCh i.A. des UBA. Berlin. FB 89/022.
- Bayer AG 1995: Chemie mit Chlor. Chancen - Risiken - Perspektiven. Leverkusen.
- BUA 1985 3: Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker 1985: PCP Pentachlorphenol (PCP und PCP-Na). BUA-Stoffbericht 3. Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft.
- BUA 1986, 6: Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker 1986: Dichlormethan. BUA-Stoffbericht 6. Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft.
- BUA 1990, 45: Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker 1990: Tetrachlormethan. BUA-Stoffbericht 45. Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft.
- BUA 1992, 94: Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker 1992: 1,2-Propylenoxid. BUA-Stoffbericht 94. Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft.
- BUA 1991, 95: Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker 1991: Trichlorethen. BUA-Stoffbericht 95. Stuttgart, Hirzel Verlag.
- BUA 1993, 119: Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker 1993: Hexachlorbenzol. BUA Stoffbericht 119. Stuttgart, Hirzel Verlag.
- BUA 1994, 139: Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker 1994: Tetrachlorethen (PER) BUA Stoffbericht 139. Stand Aug. 1993. Stuttgart, Hirzel Verlag.
- BUA 1995, 155: Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker 1995: 1,2-Dichlorpropan. BUA Stoffbericht 155 (Stand: Oktober 1994). Stuttgart, Hirzel Verlag.
- BUA 1995, 156: Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker 1995: 1,1,1-Trichlorethan. BUA Stoffbericht 156 (Stand: August 1994). Stuttgart, Hirzel Verlag.
- Bergner, Dieter (Hoechst AG) 1993: Beitrag zur Expertenrunde In: IG Chemie - Papier - Keramik (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. Workshop-Reihe der IGCPK, Vorstandsbereich Bildung-Umweltschutz. Workshop III: Chlorchemie. 23./24.2.1993 in Bad Münders. S. 68.
- Stadt Bielefeld (Hrsg.) 1986: Dokumentation des PVC-Hearing. Gefährden PVC-Produkte die Umwelt? Stellungnahme verschiedener Sachverständiger anlässlich der Anhörung am 22.10.1986 in Bielefeld.
- Statistisches Bundesamt: Produktionsstatistik (FS 4, 4.1 Produktion im produzierenden Gewerbe) und

- Außenhandelsstatistik, mehrere Jahrgänge. Wiesbaden.
- Blum, Michael 1992: Vom Holzwurmtod zum Giftgas. Holzschutzmittelprozeß: Chemie-Manager sollen mehrere 100.000 Menschen geschädigt haben In: TAZ Nr. 3719 Seite 4 vom 01.06.1992
- Böhm, Andrea 1993: Bill Clinton als Eintagsökologe In: TAZ Nr. 4034 Seite 7 vom 16.06.1993
- Bongaerts, Jan C./Kraemer, Andreas R. 1989: Internationaler Vergleich der Regulierung chlorierter Lösemittel. Berlin, WZB.
- Brackemann, Holger/Hagendorf, Ulrich/Strupp, Dieter 1995: Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung des Eintrags leichtflüchtiger Chlorkohlenwasserstoffe (CKW) in die Umwelt. In: UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 7 (1) S. 27-32.
- Bremme, Hans Christian 1992: Praktiziertes Umweltmanagement im Handel. In: Steger, Ulrich (Hrsg.) 1992: Handbuch des Umweltmanagements. Anforderungs- und Leistungsprofile von Unternehmen und Gesellschaft.
- Broecker, Bernhard 1988: Gefährdungsabschätzung und Risikobegrenzung bei Produktion, Anwendung und Entsorgung von Chemikalien. In: Evangelische Akademie Bad Boll 1988: Naturwissenschaft und Theologie im Gespräch (5): Chemie- Im Dienst des Lebens? Mitweltfreundliche Produktion, Anwendung und Entsorgung von Chemikalien als Herausforderung an Gesetzgeber, Industrie und Verbraucher. Tagung vom 29. bis 31. Januar 1988 in Bad Boll. Protokolldienst 7/88.
- Budzinski, Adalbert: Kurs aufeinander zu. In: Chemische Industrie 10/1993 S. 13 ff.
- BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.) 1984: Chemiepolitik, BUND fordert einen neuen Politikbereich, BUND Position 10.
- BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.) 1994: Chlorchemie - Eine Ära geht zu Ende. Bund-Positionen 24.
- Bund/Länder-Ausschuß für Umweltchemikalien (BLAU) 1995: Chemikalien im nichtgewerblichen Bereich. Gefährdungspotentiale für Mensch und Umwelt und Möglichkeiten ihrer Reduzierung. Bericht des BLAU für die 44. UMK am 11.12.5.1995 in Dessau. Wiesbaden.
- Bundesgesundheitsamt 1993a: Schreiben an den Hessischen Landtag Gesch.-Z B I - 8247 - D 29/93 vom 16.4.1993
- Bundesgesundheitsamt 1993b: Antwort zum Fragen- und Sachverständigenkatalog der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“, 3./4.6.1993.
- Bundesregierung 1985: Antwort der BReg auf eine große Anfrage der Fraktion der SPD (Drs. 10/2800) Chemie in Haushalt und Innenraumbelastung. BT Drs 10/4285 v. 19.11.85.
- Chesnutt, Thomas W. 1988: Market Response to the Government Regulation of Toxic Substances: The Case of Chlorinated Solvents. Prepared for the US EPA. Santra Monica, CA: RAND Corporation.
- Christ, Angela: Produktwerbung und Umweltschutz. Im Dilemma der Praxis. In: Chem. Ind. 2/90 S. 36 ff.)
- Christ, Claus 1993: Umweltschutzmanagement in der Chemischen Industrie am Beispiel der Hoechst AG. In: Adam, Dietrich (Hrsg.) 1993: Umweltmanagement in der Produktion. Schriften zur Unternehmensführung, Band 48, Wiesbaden, S. 57 ff.
- Claus, Frank/Friege, Henning/Gremmler, Dieter 1990: Es geht auch ohne PVC. Einsatz - Entsorgung - Ersatz. Ein Ratgeber. Hamburg: Rasch und Röhring Verlag.
- Claus, Frank 1991: Recycling bei Kunststoffen? Das Fallbeispiel PVC - Entropie setzt geschlossenen Kreisläufen Grenzen. In: Held, Martin (Hrsg.) 1991: Leitbilder der Chemiepolitik. Stoffökologische Perspektiven der Industriegesellschaft. Frankfurt a.M. / New York, Campus.
- Darimont, Thomas 1995: Konversion Chlorchemie. Perspektiven eines Umbaus. In: Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung. Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 7 (5) Nov. 1995 S. 280-286.
- Denker, Heinrich 1994: Der geschlossene Produktkreislauf. In: Hockerts, Kai u.a. 1994: Kreislaufwirtschaft statt Abfallwirtschaft. Optimierte Nutzung und Einsparung von Ressourcen durch Öko-Leasing und Servicekonzepte. Schriften der Bayreuther Initiative für Wirtschaftsökologie Band 1. Ulm, Universitätsverlag Ulm.
- Deutsch, Elmar (Dow) 1993: Die Zukunft der Chlorchemie aus der Sicht der chemischen Industrie. In: IG

- Chemie - Papier - Keramik (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. Workshop-Reihe der IGCPK, Vorstandsbereich Bildung-Umweltschutz. Workshop III: Chlorchemie. 23./24.2.1993 in Bad Münden. S. 31 ff.
- Dibble, G./Argust, J.P. Membran-Chloralkali-Elektrolyse reduziert Umweltverschmutzung und Energieverbrauch. In: Chem. Ind. 2/86 S. 89 ff.
- Dröschler 1993: Umweltbelastung durch Produktion und Verarbeitung sowie Nutzen von PVC an Anwendungsbeispielen. In: IG Chemie (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. II. PVC: Testfall für Stoffströme, Kreisläufe und Ökobilanzen sowie sozio-ökologische Gewinn- und Verlustrechnung. Workshop-Reihe der IG Chemie.
- Eggers 1992: PVC und Umwelt - aus der Sicht des Umweltbundesamtes. In: FGU Berlin (Hrsg.) 1992: PVC- ein Massenkunststoff und seine Umweltauswirkungen. Seminar im Rahmen der UTECH Berlin, 19.2.1992.
- Eggers, Hans-Hermann 1993: Umweltbelastung bei Gebrauch und Entsorgung von PVC aus Sicht des Umweltbundesamtes. In: IG Chemie (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. II. PVC: Testfall für Stoffströme, Kreisläufe und Ökobilanzen sowie sozio-ökologische Gewinn- und Verlustrechnung. Workshop-Reihe der IG Chemie.
- Eklington, John/Burke, Thomas 1989: Umweltkrise als Chance. Ökologische Herausforderung für die Industrie. Zürich/Wiesbaden: Orell Füssli Verlag.
- Emminger, Haimo 1986: PVC - Im Hochbau vertretbar? In: Stadt Bielefeld (Hrsg.) 1986: Dokumentation des PVC-Hearing. Gefährden PVC-Produkte die Umwelt? Stellungnahme verschiedener Sachverständiger anlässlich der Anhörung am 22.10.1986 in Bielefeld.
- Enquete-Kommission 1994: Bericht der Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt - Bewertungskriterien für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft". Die Industriegesellschaft gestalten - Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Bonn: Drs. 12/8260.
- Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des Deutschen Bundestages (Hrsg.) 1993: Verantwortung für die Zukunft. Wege zum nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Zwischenbericht der Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt - Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft" des 12. Deutschen Bundestages. Bonn: Economica Verlag.
- Evangelische Akademie Bad Boll 1988: Naturwissenschaft und Theologie im Gespräch (5): Chemie- Im Dienst des Lebens? Mitweltfreundliche Produktion, Anwendung und Entsorgung von Chemikalien als Herausforderung an Gesetzgeber, Industrie und Verbraucher. Tagung vom 29. bis 31. Januar 1988 in Bad Boll. Protokolldienst 7/88.
- Fischer, M. 1987: Pentachlorphenol als Modellfall einer Umweltchemikalie. In: Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) 1987: Umweltchemikalie Pentachlorphenol. Berlin, Erich Schmidt Verlag.
- Franke, L. 1978: Gesundheitlich bedenkliche Holzschutzmittel? In: VDI-Nachrichten v. 7.2.1978.
- Freisleben-Teutscher 1995: Der Ausstieg aus der PVC Anwendung ist möglich. In: Umweltschutz (Wien) 1/95, S. 20-22.
- Fricke, G./Hellhammer, Jörg/Klamt, Andreas/Meerkamp van Embden, Jan/Rose, Manfred/Sewekow, Birgit/Wittlinger, Rolf 1995: Zum indirekten Photoabbau chlororganischer Verbindungen durch OH-Radikale in der Atmosphäre. In: Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung. Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 7 (5) Nov. 1995 S. 275-279.
- Friege, Henning 1986: Dioxin. Der Preis des Fortschritts? Chemiepolitik für PVC-Kunststoffe. Herausgegeben vom BUND Landesverband Baden-Württemberg, BUND Information 42. Freiburg.
- Fromm, Michael 1993: Wirtschaftliche Bedeutung der PVC-Produktion im Vergleich der kunststoffverarbeitenden Industrie. In: IG Chemie (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. II. PVC: Testfall für Stoffströme, Kreisläufe und Ökobilanzen sowie sozio-ökologische Gewinn- und Verlustrechnung. Workshop-Reihe der IG Chemie.
- Gebefügi, I./Parlar, H. 1978: Zur Risikoabschätzung von Pentachlorphenol in der Umwelt - Verhalten, Vorkommen und Konsequenzen. Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, 1978, GSF Bericht Ö 414.

- Gebefügi, I./Parlar, H. 1978b: Vorkommen und Verhalten von PCP in geschlossenen Räumen. In: Auerand, K. et al. Organische Verunreinigungen in der Umwelt - Erkennen, Bewerten, Vermindern. Berlin, S. 436 ff.
- Gleich, Armin v. 1991: Über den Umgang mit Natur - Sanfte Chemie als wissenschaftliches, chemiepolitisches und regionalwirtschaftliches Konzept. In: Wechselwirkung (48).
- Gottlieb Duttweiler Institut 1980: Tagungsband "Chemie - Mensch - Umwelt" 13.-15.10.1980 im Gottlieb Duttweiler Institut, Rüslikon (CH).
- Grant, Wynt/Paterson, William/Whitston, Colin 1988: Government and the Chemical Industry. A Comparative Study of Britain and West Germany. Oxford: Clarendon Press.
- Greenpeace 1992: Greenpeace-Studie, Stand des Recyclings in Deutschland und seine umweltpolitische Bedeutung.
- Greenpeace International 1992b: PVC: Toxic Waste in Disguise (GP).  
<http://www.greenpeace.org/ftp/pub/campaigns/cdromgp/toxics/pcv.txt>
- Haas, Ulrike 1990: Standortperspektiven stromintensiver Produktionen in der Bundesrepublik Deutschland. Mögliche Konsequenzen umweltinduzierter Strompreise bei Aluminium und Chlor. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Held, Martin (Hrsg.) 1988: Chemiepolitik: Gespräch über eine neue Kontroverse. Beiträge und Ergebnisse einer Tagung der Evangelischen Akademie Tutzing. Weinheim, VCH-Verlagsgesellschaft.
- Held, Martin (Hrsg.) 1991: Leitbilder der Chemiepolitik. Stoffökologische Perspektiven der Industriegesellschaft. Frankfurt a.M./New York, Campus Verlag.
- Hendriks, Chris/Papameltiou, Demosthenes 1996: Strategien zur Zukunft der Chlorindustrie. In: The IPTS Report 05 1996
- Henschler, Dietrich 1994: Toxikologie chlororganischer Verbindungen. Der Einfluß von Chlorsubstituenten auf die Toxizität organischer Moleküle. VCH, Weinheim.
- Henseling, Karl Otto 1992: Ein Planet wird vergiftet. Der Siegeszug der Chemie: Geschichte einer Fehlentwicklung. Reinbek: Rowohlt.
- Herlitz AG 1995: Umweltbericht. <http://www.herlitz.de/umwelt/umw06.html>
- Hildebrandt, Eckart 1995: Environmental Achievements in Enterprises - With special Reference to Industrial Relation. In: Jänicke/Weidner 1995: Successful Environmental Policy, p. 317 ff.
- Hileman, Bette/Long, Janice R./Kirschner, Elisabeth 1994: Chlorine Industry Running Flat Out Despite Persistent Health Fears. Industry, government, and environmental groups still lack enough common ground to develop sound regulatory policies that won't cripple industry. In: Chemical and engineering news, Nr 72 (47) 1994, p. 12-26.
- Höllbacher, Günter 1993: Die Zukunft der Chlorchemie: Umstieg statt Austieg. In: Glatz, Harald (Hrsg.) 1993: Perspektiven der Chemiepolitik III: Chlorchemie. „Setzen wir der Chemie Grenzen?“ Fachtagung am 14. und 15. Jänner 1993 Veranstalter von der Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien, Gewerkschaft der Chemiearbeiter und der Gewerkschaft der Privatangestellten, Sektion Industrie. Wien. S. 31 ff.
- Holm, Jesper 1995: Substitution of PVC in Danish Plastic Packaging. In: Jänicke, Martin/Weidner, Helmut (eds) 1995: Successful Environmental Policy. A Critical Evaluation of 24 Cases. Berlin.
- Jagels-Sprenger, Monika 1994: Der Fall PVC. Ein ungewisses Risiko und seine rechtliche Bewältigung. ZERP-Diskussionspapier 3/94, Bremen.
- Janik, Jürgen 1994: Verbrauch drastisch reduziert. Die BASF hat in ihrem Werk in Schwarzheide ein vorbildliches Energieverbrauchsanalyse- und -bilanzierungssystem installiert. In: Energie Spektrum, Juni 1994 S. 30 ff.
- Jüdt-Duve, Ursel/Jüdt, Norbert 1993: PCP nicht nur in Holzschutzmitteln. Ein Wirkstoff vor Gericht. Karlsbach, Vorsatz Verlag.
- Kleinloh, Werner 1994: Die Chlorchemie als Kreislaufwirtschaft. In: Lucas, Rainer (Hrsg.) 1994: Strukturwandel der chemischen Industrie. Schriftenreihe des IÖW 73/94. S. 62 ff.
- Klingelschmitt, Klaus-Peter 1993: Aus für PVC-Verbot in Hessen. SPD und Grüne verwässerten per Landtagsbeschluß das hessische PVC-Verbot von 1990 / Koalition vor der Chemielobby eingeknickt.

- In: TAZ Nr. 4066 Seite 7 vom 23.07.1993
- Krautter, Manfred 1995: Bewertung der bisherigen Entwicklung in der Chlorchemie. In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V. (FGU Berlin) (Hrsg.) 1995: Perspektiven der Chlorchemie. Tagungsreader des 3. Seminar 13.-14.2.1995 im Rahmen der UTECH Berlin '95. S. 9 ff.
- Kurth 1993: Die PVC-Problematik aus der Sicht des Niedersächsischen Umweltministeriums. In: IG Chemie (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. II. PVC: Testfall für Stoffströme, Kreisläufe und Ökobilanzen sowie sozio-ökologische Gewinn- und Verlustrechnung. Workshop-Reihe der IG Chemie.
- Leisewitz, André/Schwarz, Winfried 1994: Metalloberflächenreinigung mit CKW, KW und wäßrigen Reinigern. Stoffstromanalyse und Umweltbelastungsvergleich. UBA FB 94-144. Berlin.
- Leisewitz, André/Schwarz, Winfried 1995: Recycling und Ersatz chlorhaltiger Lösemittel in der Metallindustrie: Potential und Grenzen. Ergebnisse einer Studie des Umweltbundesamtes. In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V. (FGU Berlin) (Hg.) 1995: Perspektiven der Chlorchemie. 3. Seminar 13.-14-2-95 im Rahmen der Utech Berlin '95. Tagungsreader S. 141 ff.
- Lersner, Heinrich Frh. v. 1980: Vortrag vor dem Kongreß "Chemie - Mensch - Umwelt" 13.-15.10.1980 im Gottlieb Duttweiler Institut, Rüslikon (CH).
- Leutgeb, Franz 1993: Chemiepolitisches Exempel Chlorchemie: Vom richtigen Umgang mit Kuppelprodukten. In: Glatz, Harald (Hrsg.) 1993: Perspektiven der Chemiepolitik III: Chlorchemie. „Setzen wir der Chemie Grenzen?“ Fachtagung am 14. und 15. Jänner 1993 Veranstalter von der Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien, Gewerkschaft der Chemiearbeiter und der Gewerkschaft der Privatangestellten, Sektion Industrie. Wien. S. 2 ff.
- Löchner, Fritz (Wacker Chemie GmbH) 1976: Perchloräthylen - eine Bestandsaufnahme. In: Umwelt. Forschung, Gestaltung, Schutz. Hrsg. vom VDI. S. 434-36.
- Longolius, Stefan 1993: Eine Branche lernt Umweltschutz. Motive und Verhaltensmuster der deutschen chemischen Industrie. Berlin, edition sigma.
- Meerkamp v. Embden, Ian 1992: Pauschalausstieg wenig hilfreich. In: Chem. Industrie 3/1992 S. 6 ff..
- Meerkamp van Embden, Ian C. 1991: Thesen zu Chlororganica. Überlegungen aus der Sicht der Chemischen Industrie. In Steger, Ulrich: Chemie und Umwelt S. 49- 56.
- Müller, Wolfgang Dieter (Bayer AG und VCI) 1993: Beitrag zur Expertenrunde. In: IG Chemie - Papier - Keramik (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. Workshop-Reihe der IGCPK, Vorstandsbereich Bildung-Umweltschutz. Workshop III: Chlorchemie. 23./24.2.1993 in Bad Mündel.
- Nader, F. 1996: Perspektiven der Chlorchemie. In: Chemie Technik 25. Jg. (1996) Nr. 8 S. 66 ff.
- Nichols, Joanne, K./Crawford, Peter J. 1983: Managing Chemicals in the 1980s. OECD, Paris.
- Nolte, Rainer/Joas, Reinhard 1992: Handbuch Chlorchemie I. Gesamtstofffluß und Bilanz. Handbuch Chlorchemie II: Ausgewählte Produktlinien. Berlin: UBA Texte 55/91, 42/92.
- Nolte, Rainer/Joas, Reinhard 1993: Kuppelproduktion von Chlor und Natronlauge - Alternativen und deren Folgen. Umweltbundesamt Texte 61/1993, Berlin.
- Nolte, Rainer/Joas, Reinhard 1995: Handbuch Chlorchemie I - 1992. Produkte, Unternehmen, Stoffflüsse. Berlin: UBA Texte 25/95.
- Oberbacher, B./Deibig, H./Eggersdorfer, R. 1977: Darstellung der Emissionssituation der halogenierten Kohlenwasserstoffe aus dem Lösemittelsektor. 1. Stufe: Schätzung der Emissionsmenge an Hand des Verbrauchsstrukturbaums. i.A. des UBA. UBA FB 77-071.
- Paulus, Jochen 1995: Triumph der Lobby. PVC: Obwohl der Kunststoff ökologisch höchst problematisch ist, erzielen die Hersteller Absatzrekorde. In: Die Zeit vom 5.5.1995, S. 25.
- Plinke, Eckhard/Schüssler, Reinhard/Kämpf, Klaus (Prognos AG) 1994: Endbericht Konversion Chlorchemie. Studie im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten. Wiesbaden.
- Preusker, Werner 1991: PVC-Recycling. Die Diskussion wird sachlicher. In: Chem. Ind. 11/91 S. 45 ff.
- Rohe, Dieter 1990: Methyl-tert-butylether. Super für Super. In: Chem. Ind. 4/90 S. 60 ff.

- Schlegel, Walter (SRI) 1993: Rahmenbedingungen und Entwicklungstendenzen der Chlorchemie. In: IG Chemie - Papier - Keramik (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. Workshop-Reihe der IGCPK, Vorstandsbereich Bildung-Umweltschutz. Workshop III: Chlorchemie. 23./24.2.1993 in Bad Münden, S. f.
- Schlegel, Walter 1993b Interview in Chemiereport 7/93 S. 5 ff.
- Schmidt, Ludwig (Bayer AG) 1993: Beitrag zur Expertenrunde In: IG Chemie - Papier - Keramik (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. Workshop-Reihe der IGCPK, Vorstandsbereich Bildung-Umweltschutz. Workshop III: Chlorchemie. 23./24.2.1993 in Bad Münden.
- Schöndorf, Erich 1993: Holzschutzmittelprozeß: Urteilsgründe liegen vor. Ein Rückblick auf das Verfahren. In: ZUR 6/93: 276-278.
- Schött 1993 (BMFT): Welche Forschungsmittel werden für die Entwicklung neuer Technologien zur Ablösung chlorchemischer Verfahren in der Bundesrepublik durch das BMFT bereitgestellt und welche Ergebnisse liegen vor? In: IG Chemie - Papier - Keramik (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. Workshop-Reihe der IGCPK, Vorstandsbereich Bildung-Umweltschutz. Workshop III: Chlorchemie. 23./24.2.1993 in Bad Münden S. 100 ff..
- Schulze, Joachim/Weiser, Manfred 1985: Vermeidungs- und Verwertungsmöglichkeiten von Rückständen bei der Herstellung chlororganischer Produkte. UBA Texte 5/85, Berlin.
- Seidel, Helmut 1993: Unersetzlich, aber stagnierend. In: Chemische Industrie 1/93 S. 26-27.
- SRU - Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1990: Sondergutachten Abfallwirtschaft. Deutscher Bundestag (Hg.), BT Drs. 11/1568.
- Statistisches Bundesamt: Außenhandelsstatistik und Produktionsstatistik, mehrere Jahrgänge.
- Stelz, Herbert 1994: Signal von den Richtern. Umweltgifte: Marktführer Degussa stoppt die Amalgamproduktion in Deutschland. In: Die Zeit, Nr. 2, 7.1.1994.
- Stoeber 1993: Auswirkungen auf die Umwelt bei der Herstellung, Verwendung und Entsorgung von PVC - Bericht des BLAU aus der Sicht des Landes Nordrhein-Westfalen. In: IG Chemie (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. II. PVC: Testfall für Stoffströme, Kreisläufe und Ökobilanzen sowie sozio-ökologische Gewinn- und Verlustrechnung. Workshop-Reihe der IG Chemie.
- Stroetmann, Clemens 1994: Opening Adress. In: The Toxicology Forum in Cooperation with the Federal Ministry for Environment and Nuclear Safety, Bonn, Germany and the Federal Institute for Health Protection of Consumers and Veterinary Medicine, Berlin, Germany 1995: Chlorinated Organic Chemicals. Their Effect on Human Health and the Environment. Berlin, Germany 19-21 September 1994, Berlin.
- Sutter, Hans (UBA) Saubere Technologie. Konzepte eines integrierten Umweltschutzes. In: Chem. Ind. 3/87 S. 66 ff.
- Swedish National Chemicals Inspectorate, The 1995: Chlorine and Chlorine Compounds. Use, occurrence and risks - the need for action. Report on a Government Assignment. KEMI Report 1/95.
- Tötsch, Walter 1990: Polyvinylchlorid. Daten zur Produktion, Verarbeitung und Reststoffverwertung. Karlsruhe, ISI Arbeitspapier ISI-A1-90.
- Ueberhorst, Reinhard/Man, Reinier de u.a. 1990: Erste Frankfurter Studie zur Förderung chemiepolitischer Verständigungsprozesse: Planungsstudie und diskursanalytische Vorstudien. Herausgegeben von: Stadt Frankfurt a.M., Umweltdezernat. Frankfurt a.M.
- Ueberhorst, Reinhard/de Man, Reinier 1992: Zweite Frankfurter Studie zur Förderung chemiepolitischer Verständigungsprozesse. Teil I: Zur Initiierung und Fortsetzung erster kooperativer Arbeiten mit gewerkschaftlichen, industriellen und ökologischen Partnern. Frankfurt/Elmshorn, Stadt Frankfurt a.M., Umweltdezernat.
- Ueberhorst, Reinhard/de Man, Reinier 1992b: Zweite Frankfurter Studie zur Förderung chemiepolitischer Verständigungsprozesse. Teil II: Ausarbeitungen des gewerkschaftlichen, des industriellen und des ökologischen Partners im Rahmen der kooperativen Arbeiten. Frankfurt/Elmshorn, Stadt Frankfurt a.M., Umweltdezernat.
- Umweltbundesamt 1985: Substitution umweltgefährlicher Stoffe. Möglichkeiten, Probleme, Beispiele.



- Berlin.
- Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) 1987: Umweltchemikalie Pentachlorphenol. Berlin, Erich Schmidt Verlag.
- Verband der chemischen Industrie (VCI): Jahresberichte, mehrere Jahrgänge. Frankfurt a.M.
- Verband der chemischen Industrie (VCI) 1996: Positionen zur Chemie mit Chlor. Stand: April 1996. Frankfurt a.M.
- Verband der Chemischen Industrie (VCI) 1996b: Chemiewirtschaft in Zahlen. <http://www.vci.de/a-f-z-30.htm>.
- Viebrock, Jan 1995: Öffentlichkeit im Verfahren der Chemikalienkontrolle am Beispiel „PCP“. (Umweltrechtliche Studien, Bd. 18) Düsseldorf, Werner Verlag.
- Voges, Jürgen 1989: Giftmüllverbrennung auf Nordsee zu Ende. In: TAZ Nr. 2983 vom 09.12.1989 Seite 5.
- Wallmann, Walter 1987: "Wir wollen Verbote und Beschränkungen". SZ Gespräch mit Bundesumweltminister Walter Wallmann. In: Urban, Martin (Hrsg.) 1987: Leben mit Chemie. Schattenseiten der Industriekultur. München, List Verlag. S. 109 ff.
- Walter, Jürgen 1993: Begrüßung und Einführung. In: IG Chemie - Papier - Keramik (Hrsg.) 1993: Auf dem Weg zu einer umweltverträglichen Industriegesellschaft. Workshop-Reihe der IGCPK, Vorstandsbereich Bildung-Umweltschutz. Workshop III: Chlorchemie. 23./24.2.1993 in Bad Münden. S. 3 ff.
- Walter, Jürgen 1995: Interview. In: reporter spezial, Werbeinformation exklusiv für Spiegel Leser, Herausgegeben von der Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt (AGPU), Ausgabe 2/1995.
- Wassermann, Otmar 1986: Einige toxikologische Aspekte bei Verwendung von PVC. In: Stadt Bielefeld (Hrsg.) 1986: Dokumentation des PVC-Hearing. Gefährden PVC-Produkte die Umwelt? Stellungnahme verschiedener Sachverständiger anlässlich der Anhörung am 22.10.1986 in Bielefeld.
- Weise, Eberhard 1991: Grundsätzliche Überlegungen zu Verbreitung und Verbleib von Gebrauchsstoffen (use pattern). In: Held, Martin (Hrsg.) 1991: Leitbilder der Chemiepolitik. Stoffökologische Perspektiven der Industriegesellschaft. Frankfurt a.M./New York, Campus Verlag.
- Wesp, Dieter 1980: Gesundheitsgefährdung durch Schadstoffbelastung am Arbeitsplatz. Fallstudie. Pentachlorphenol in einem Betrieb der Papierindustrie. IIVG Papers, Berlin.
- Winteler, Sabine/Ahrens, Andreas 1991: Chlor hat keine Zukunft. Kurzfassung im Auftrag der Aktionskonferenz Nordsee e.V., Bremen.
- Wolff, Heimfried/Alwast, Holger/Buttgereit, Reinhold 1993: Technikfolgen Chlor. Szenarien für die ökonomischen und ökologischen Folgen technischer Alternativen. Prognos AG (Hrsg.). Stuttgart, Schäffer Poeschel Verlag.
- Wolff, H./Meckel, H. 1987: Chemiestandort Hessen. Eine Umwelttechnische Herausforderung. Untersuchung der Prognos AG im Auftrag der hessischen Landesregierung. Basel.
- Zlokarnik, M. 1996: Produktionsintegrierter Umweltschutz in der chemischen Industrie. In: Brauer, Heinz (Hrsg.) 1996: Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik. Band 2: Produktions- und produktintegrierter Umweltschutz. Berlin, u.a.: Springer Verlag. S. 444 ff.

#### 4.2 Weitere Quellen:

Fachgespräche und Persönliche Mitteilungen von 5 Vertretern der Chemieindustrie und des VCI Auswertung der Frankfurter Allgemeinen Zeitung und der Tageszeitung (Berlin).