

# **Forschungsstelle für Umweltpolitik (FFU)**

Freie Universität Berlin  
Fachbereich Politische Wissenschaft

**FFU-rep 97 - 4**

## **Ökologische Innovationen in der chemischen Industrie: Umweltentlastung ohne Staat? *Eine Untersuchung und Kommentierung zu 182 Gefahrstoffen***

Klaus Jacob und Martin Jänicke

FFU - Dahlem  
Schwendener Straße 53  
14195 Berlin  
Tel. +49-(0)30-838 50 98  
Fax +49-(0)30-831 63 51

FFU - Lankwitz  
Malteserstraße 74-100  
12249 Berlin  
Tel. +49-(0)30-7792 249/50  
Fax +49-(0)30-776 20 81

## 1 Zusammenfassung<sup>1</sup>

Auf der Grundlage der Produktions- und Verbrauchsdaten von 182 umweltgefährdenden Industriechemikalien wird der Zusammenhang von staatlicher Regulation und ökologisch vorteilhaftem Strukturwandel in der Chemieindustrie untersucht. Gefragt wird nach den Ursachen des Verbrauchsrückgangs von rund einem Drittel der untersuchten Stoffe. Die Untersuchung ist keine herkömmliche Top-down-Analyse aus der 'Gesetzgeberperspektive'. Vielmehr wird von den Wirkungen zu den Ursachen zurückgefragt, ein Ansatz, der für die Dynamik und Breite staatlicher wie nichtstaatlicher Einflußfaktoren bewußt offen ist.

Dabei ergibt sich eine überraschend geringe Bedeutung direkter Staatsinterventionen bei der Rückentwicklung bzw. Substitution der untersuchten Gefahrstoffe. Das zeigt sich u.a. daran, daß Eingriffe in vielen Fällen erst post factum erfolgen, z.B. nach Einstellung der Produktion. Nur 40% der direkt regulierten Gefahrstoffe haben einen rückläufigen Verbrauch, andere regulierte Chemikalien zeigen eine stabile oder steigende Produktion. Informationelle Instrumente, wie die öffentliche Definition von Umwelt- und Gesundheitsgefahren, scheinen dagegen von großer Bedeutung. Offenbar hatte nicht die direkte Maßnahme am Ende langwieriger Willensbildungsprozesse, sondern eben dieser vorgängige Ziel- und Willensbildungsprozeß selbst den entscheidenden Einfluß auf den Rückgang. Dieser Mechanismus wird in Fallstudien illustriert. Abschließend wird eine modellhafte Darstellung typischer Einflußabläufe formuliert und politisch-praktisch interpretiert.

## 2 Politik der Risikominderung bei Altstoffen

In den westlichen Industrieländern wurde seit Ende der 1970er Jahre versucht, die Risiken aus der Herstellung und Verwendung von Chemikalien auf gesetzlichem Wege zu kontrollieren und zu begrenzen. Die damals eingeführten weitreichenden Pflichten für die Hersteller neuer Chemikalien betrafen jedoch im allgemeinen nicht die sogenannten Altstoffe, d.h. solche Chemikalien, die bereits vor der Gesetzgebung vermarktet wurden. Diese wurden formell registriert, benötigen aber keine Zulassung für den Gebrauch oder die Produktion. Wie Tabelle 1 zeigt, repräsentieren sie nach Anzahl wie nach Herstellungsmenge den bei weitem größten Teil der Chemieproduktion.

**Tabelle 1: Die Bedeutung der Altstoffe**

	Altstoffe	Neue Stoffe
Anzahl	100.000	1000 (EU) 588 (Deutschland)
Produktionsmengen	1.100 mit mehr als 1000 t/a 4.600 mit mehr als 10 t/a	3 mit mehr als 1000 t/a

Quellen: Dibbern 1988, Arndt 1993

Die meisten westlichen Industrieländer wie auch internationale Organisationen (EU, OECD, WHO) versuchen, das Risikopotential aus diesen Altstoffen systematisch abzuschät-

<sup>1</sup> Eine frühere Version dieses Papiers wurde auf der *Greening of Industry Network Conference* in Heidelberg (24.-27. Nov. 1996) präsentiert. Der empirische Teil des Papiers stammt aus Jacob (im Erscheinen).

zen. Im Rahmen mehrerer nationaler und internationaler Programme werden Daten zu potentiell schädlichen Wirkungen auf Menschen oder Ökosysteme, zu Herstellungs- und Verwendungsmengen und zur Exposition gesammelt.

In Deutschland wird diese Aufgabe von einem 'Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe' (BUA) übernommen. Die Mitglieder stammen drittelparitätisch aus Behörden, Wissenschaft und Industrie. Das Gremium soll Behörden bei der Bewertung von Chemikalien unterstützen, indem der Wissensstand zu einzelnen Chemikalien gesammelt und veröffentlicht wird. Zwischen 1985 und Januar 1997 wurden auf der Grundlage von Prioritätenlisten (BUA 1986, 1988, 1992) 182 solcher Berichte veröffentlicht. Die Kriterien bei der Prioritätensetzung waren: 1) (Verdacht auf) besonders hohe (Öko-) Toxizität, 2) Umweltvorkommen und 3) besonders hohe Produktionsmengen. Insofern sind die hier behandelten Chemikalien eine Extremgruppe besonders problematischer Stoffe und nicht repräsentativ für die gesamte Produktpalette der Chemieindustrie. Die Berichte sind aber bestens geeignet zur Beantwortung folgender Fragen: Welchen Schutzziele folgen staatliche Regulationen? Welche Effekte haben Regulationen auf den Verbrauch oder die Produktion dieser Gefahrstoffe? Im weiteren Sinne interessiert uns, welche Bedeutung Prozesse einer ökologischen Modernisierung in der Chemiebranche jenseits von Pionierfällen haben und welche politischen und sonstigen Rahmenbedingungen eine solche Entwicklung begünstigen. Daher wollen wir über Einzelfallstudien hinausgehend eine große Zahl von Chemikalien betrachten.

Sinkende Produktionsmengen einer umweltgefährdenden Chemikalie können durch staatliche Regulation bewirkt sein. Sie können aber auch auf technischer Innovationen (z.B. überlegene Substitute), ökonomische Entwicklungen (z.B. billigere Importe) oder öffentliche Kritik (z.B. Skandalisierung durch Umweltverbände, Medien oder Gewerkschaften) zurückzuführen sein. Die relative Bedeutung dieser Faktoren soll mit einem 'Bottom-up'-Ansatz der Analyse geklärt werden (vgl. Sabatier 1986, Jänicke/Weidner 1995). Im Gegensatz zu einer 'Top-down'-Evaluation, bei der eine politische Maßnahme - etwa ein Verwendungsverbot - in den Mittelpunkt der Untersuchung gestellt wird, beginnt diese Untersuchung mit Veränderungen in den Produktions- und Verbrauchskurven und sucht sodann nach Ursachen dieser Veränderungen, seien es staatliche Maßnahmen oder andere Einflußfaktoren.

### **3 Häufigkeit und Intensität von Regulation**

Obwohl die 182 untersuchten Chemikalien<sup>2</sup> eine Extremgruppe bezüglich ihres Risikopotentials repräsentieren, ist die Häufigkeit ausdrücklicher staatlicher Regulation eher gering. Unter Berücksichtigung aller stoffbezogenen Gesetze, mittels derer Herstellung oder Verwen-

---

<sup>2</sup> In einzelnen Berichten sind mehrere Einzelstoffe, beispielsweise zusätzlich die wichtigsten Salze einer Chemikalie, oder mehrere Isomere diskutiert. Die Zahl der Chemikalien nach deren CAS Nummern beträgt 234. Im weiteren Verlauf wird dennoch von der Zahl der Berichte (182) als Grundgesamtheit ausgegangen, weil in solchen Berichten wichtige Stoffdaten oft nur aggregiert angegeben werden.

dung von Chemikalien reguliert werden können<sup>3</sup>, sind nur 26% (entsprechend 48 der Gesamtheit) der Chemikalien *ausdrücklich* in einer oder mehrerer Verordnungen genannt und in ihrer Verwendung reguliert.

Stofflisten, deren hauptsächlicher Zweck Kennzeichnungspflichten oder Emissionsbegrenzungen sind<sup>4</sup>, wurden dabei zunächst nicht berücksichtigt. Diese Listeneinstufungen basieren zumeist auf einer Selbsteinstufung durch die Hersteller, bei einem Kontrollvorbehalt für Behörden. In aller Regel sind die Einstufungen nicht geeignet, die Mengen zu beeinflussen, in denen eine Chemikalie produziert oder verwendet wird.

Es gibt weitere Listen, die einer ausdrücklichen Regulation nahe kommen. Mit steigender Eingriffsintensität können sie wie folgt klassifiziert werden:

- Listen mit Chemikalien, die in der Umwelt beobachtet werden sollen (Monitoringprogramme),
- Listen, in denen zulässige Höchstkonzentrationen am Arbeitsplatz definiert werden (z.B. MAK Listen),
- Listen, in denen Umweltqualitätsziele für bestimmte Umweltkompartimente festgelegt werden,
- Listen, in denen Ziele für eine Emissionsminderung für Einzelstoffe festgelegt werden (z.B. die 129er Liste der EG, Konventionen der Nordseeschutzkonferenzen, 33/50 Programm der US-EPA),
- Listen, in denen Ziele für die Reduktion oder die Einstellung der Produktion oder Verwendung von Chemikalien festgelegt werden (z.B. Swedish Sunset Project).

Auch unter den ausdrücklichen Verwendungseinschränkungen in Verordnungen unterscheidet sich die Regulierungsintensität weitgehend: Gelegentlich werden nur kleine Anteile des gesamten Verwendungsprofils reguliert, während in anderen Fällen der gesamte Stofffluß beschränkt werden soll. So betreffen Verwendungsbeschränkungen auf der Grundlage des Lebensmittelrechts zumeist nur kleine Anteile des gesamten Verbrauchs. Gleichzeitig repräsentieren diese Regulationen aber auch den bei weitem häufigsten Regelungstyp, u.a. wegen der längsten Tradition. Unter den 48 Chemikalien, die ausdrücklich (auch mehrfach) reguliert sind, unterliegen 33 einer Beschränkung durch das Lebensmittelrecht. Läßt man dieses außer acht, verbleiben nur noch 26 der 182 (14%), deren Verwendung ausdrücklich eingeschränkt wird. Risikominderung wird offenbar überwiegend durch eine Beschränkung der Exposition angestrebt, statt durch das Management von Stoffflüssen, wie es seit einiger Zeit vorgeschlagen wird (Held 1991, Enquete-Kommission 1994).

---

<sup>3</sup> Im Einzelnen wurden berücksichtigt: Chemikaliengesetz, Pflanzenschutzgesetz, Abfallgesetz, Bundesimmissionsschutzgesetz, Wasserhaushaltsgesetz, Lebensmittelgesetz und formelle freiwillige Selbstbeschränkungen.

<sup>4</sup> So müssen die meisten der 182 Chemikalien Kennzeichnungen wie "giftig", "gesundheitsschädlich" oder "ätzend" tragen. Die meisten sind weiterhin in eine der 3 Klassen der TA Luft eingestuft, aus der die zulässigen Emissionskonzentrationen in die Luft festgelegt werden; sie sind eingestuft z.B. als "besonders überwachungspflichtiger Abfall" oder in eine Wassergefährdungsklasse.

#### **4 Chemikalienkontrolle zum Gesundheits- oder Umweltschutz?**

Im folgenden werden einige Merkmale der Verteilung der Regulation über die Grundgesamtheit beschrieben. Welches sind Stoffeigenschaften, die eine staatliche Regulation wahrscheinlicher machen? Die folgenden Schlüsselfakten über die Verteilung regulierter Stoffe wurden in der Grundgesamtheit gefunden:

**Tabelle 2: Regulation und Verwendungszweck**

	Anteil an der Grundgesamtheit (Anzahl)	davon regulierte Stoffe (Anzahl)	davon Stoffe mit Verbrauchsrückgang (Anzahl) <sup>5</sup>
Grundgesamtheit	100% (182)	26% (48)	36% (65)
ausschließliche Verwendung als Zwischenprodukt <sup>6</sup>	48% (88)	17% (14)	27% (24)
(teilweise) umweltoffene Verwendung	52% (94)	36% (34)	44% (41)

Ein großer Teil der Stoffe wird ausschließlich als Zwischenprodukt verwendet, unter diesen ist sowohl eine ausdrückliche Regulation, als auch ein Verbrauchsrückgang seltener als unter solchen Stoffen, die (teilweise) umweltoffen verwendet werden.

**Tabelle 3: Regulation und humantoxische Eigenschaften**

Stoffe mit...	Anteil an der Grundgesamtheit (Anzahl)	davon regulierte Stoffe (Anzahl)	davon Stoffe mit Verbrauchsrückgang (Anzahl)
(Verdacht) kanzerogener Eigenschaften <sup>7</sup>	32% (58)	43% (25)	40% (23)
Einstufung als 'Giftig' oder 'Sehr Giftig' <sup>8</sup>	31% (56)	29% (16)	34% (19)
Kanzerogen <u>und</u> (teilweise) umweltoffene Verwendung	13% (24)	63% (15)	71% (17)
Giftig/sehr giftig <u>und</u> (teilweise) umweltoffene Verwendung	9% (16)	63% (10)	50% (8)
Giftig/sehr giftig und nicht kanzerogen/mutagen	15% (28)	14% (4)	36% (10)

Stoffe mit extremen humantoxischen Eigenschaften sind sowohl häufiger reguliert, als auch häufiger von einem Verwendungsrückgang betroffen. Dies trifft besonders dann zu, wenn diese Stoffe auch umweltoffene Verwendungen haben. Insbesondere diese Verwendungen eindeutig kanzerogener Stoffe waren Gegenstand der Novellierung der GefahrStoffV und der ChemikalienVerbotsV, so daß eine umweltoffene Verwendung nunmehr nicht mehr zuläs-

<sup>5</sup> Die Qualität der Produktions- und Verbrauchsdaten in den einzelnen BUA Berichten ist sehr unterschiedlich. Während in einzelnen Fällen nur die Produktion zum Zeitpunkt der Berichterstattung angegeben wird, liegen in anderen Fällen Zeitreihen für Verbrauchs- und Produktionsdaten vor. Es wurden in dieser Kategorie solche Stoffe berücksichtigt, die entweder einen Verbrauchsrückgang über mehr als 10% in den letzten 10 Jahren vor der Berichterstattung aufwiesen oder die Produktion der inländischen Hersteller wurde eingestellt, ohne daß es einen Hinweis auf verstärkte Importtätigkeiten gibt oder in der Stoffberichterstattung werden qualitative Hinweise auf einen "starken Verbrauchsrückgang" gegeben.

<sup>6</sup> Ein großer Teil (48%) aller Stoffe werden ausschließlich als Zwischenprodukt innerhalb der chemischen Industrie verwendet. Als (teilweise) umweltoffene Verwendung wurden auch solche Gebrauchsmuster gezählt, bei denen dies nur einen kleinen Anteil ausmacht.

<sup>7</sup> Hier wurden alle Einstufungen in die entsprechenden Kategorien der MAK Listen berücksichtigt, einschließlich der Kategorie III B

<sup>8</sup> Entsprechend der GefahrStoffV

sig ist<sup>9</sup>. Allerdings sind von diesen neuen Regelungen, wenn überhaupt, nur sehr kleine Anteile der Produktion betroffen.

**Tabelle 4: Regulation und ökotoxische Eigenschaften**

Stoffe mit ...	Anteil an der Grundgesamtheit (Anzahl)	davon regulierte Stoffe (Anzahl)	davon Stoffe mit Verbrauchsrückgang (Anzahl)
einer oder mehreren ökologisch problematischen Eigenschaften <sup>10</sup>	56% (102)	31% (32)	47% (48)
einer oder mehreren ökologisch problematischen Eigenschaften, aber nicht kanzerogen oder giftig	29% (53)	23% (12)	47% (25)
einer oder mehreren ökologisch problematischen Eigenschaften und umweltoffene Verwendung	32% (59)	41% (24)	27% (16)

Auch Stoffe mit ökologisch problematischen Eigenschaften sind häufiger als der Durchschnitt reguliert. Allerdings ist dies weniger ausgeprägt als bei humantoxischen Eigenschaften. Besonders deutlich ist der Unterschied zwischen ökologisch problematischen Stoffen und humantoxischen Stoffen bei der Häufigkeit der umweltoffenen Verwendung: Während nur ein sehr kleiner Teil der besonders humantoxischen Stoffe auch umweltoffen verwendet wird, ist dies bei ökologisch problematischen Stoffen deutlich häufiger der Fall. Dies hat auch systematische Gründe: Eine hohe Toxizität geht oft mit einer hohen Reaktivität einher - diese Stoffe sind also eher instabil in der Umwelt, während die ökologisch problematischen Eigenschaften teilweise auf der Persistenz in der Umwelt beruhen, also inerte Eigenschaften aufweisen, die bei Endprodukten oft erwünscht sind.

<sup>9</sup> Dies ist eines der seltenen Beispiele von sogenannten 'Direktschlüssen', also regulative Maßnahmen, die auf *Stoffeigenschaften* beruhen und nicht von vorneherein auf bestimmte *Stoffe* beschränkt werden.

<sup>10</sup> In Ermangelung einer umfassenden Kennzeichnungspflicht (entsprechend des Merkmals "Umweltgefährlich" der GefahrstoffV, das erst vor kurzer Zeit eingeführt wurde und woraufhin noch nicht alle der hier betrachteten Stoffe auf eine mögliche Kennzeichnung überprüft wurden) wird Umweltgefährlichkeit hier durch drei Indikatoren operationalisiert: 1) hohe akute aquatische Toxizität 2) nicht oder nur langsam in den wichtigsten Umweltkompartimenten abbaubar oder 3) bio- oder geoakkumulierend. Für jedes dieser drei Merkmale ist eine binäre Einstufung durchgeführt, in dieser Auswertung ist nur berücksichtigt, ob eine oder mehrere dieser Eigenschaften vorliegt.

**Tabelle 5: Regulation und Verbrauchs-/Produktionsmengen**

Stoffe mit einem...	Anteil an der Grundgesamtheit (Anzahl)	davon regulierte Stoffe (Anzahl)	davon Stoffe mit Verbrauchsrückgang (Anzahl)
Verbrauchsrückgang	36% (65)	40% (26)	100% (65)
stabile oder steigende Verbrauchsverbrauchsdaten (oder keine Zeitreihen verfügbar)	64% (117)	19% (22)	0% (0)
Verbrauch/Produktion < 1000 t/a <sup>11</sup>	21% (39)	41% (16)	54% (21)
Verbrauch/Produktion > 1000 t/a und < 10.000 t/a	39% (71)	20% (14)	38% (27)
Verbrauch/Produktion > 10.000 t/a und < 100.000 t/a	24% (42)	19% (8)	36% (15)
Verbrauch/Produktion > 100.000 t/a	16% (30)	33% (10)	7% (2)

Stoffe mit extrem hohen Produktionsmengen sind etwa durchschnittlich häufig reguliert, unterliegen aber deutlich seltener Verbrauchsrückgängen, als dies bei Stoffen mit kleineren Produktionsmengen der Fall ist.

Regulierte Chemikalien weisen oft auch einen zurückgehenden Verbrauch auf, dies ist aber dennoch keine eindeutige Beziehung: Immerhin 19% der Chemikalien sind reguliert, haben aber dennoch stabile oder steigende Verbrauchsmengen. Dies ist durch die geringe Eingriffsintensität der Regulierungen erklärbar. Dennoch kann eine Regulation mittelbar wirken, wenn etwa Vor-, Neben- oder Folgeprodukte einer solchen unterliegen. Dies kann nur in Einzelfallstudien geklärt werden.

### **5 Ergebnisse aus Einzelfallstudien**

Für die hier geschilderten Fallstudien zur Beziehung zwischen Regulation und Verbrauchsentwicklung wurden nicht nur Daten aus den BUA-Berichten herangezogen, sondern daneben die verfügbare Literatur und andere Dokumente ausgewertet. Zusätzlich wurden einige ergänzende Experteninterviews mit Vertretern der Herstellerunternehmen durchgeführt.

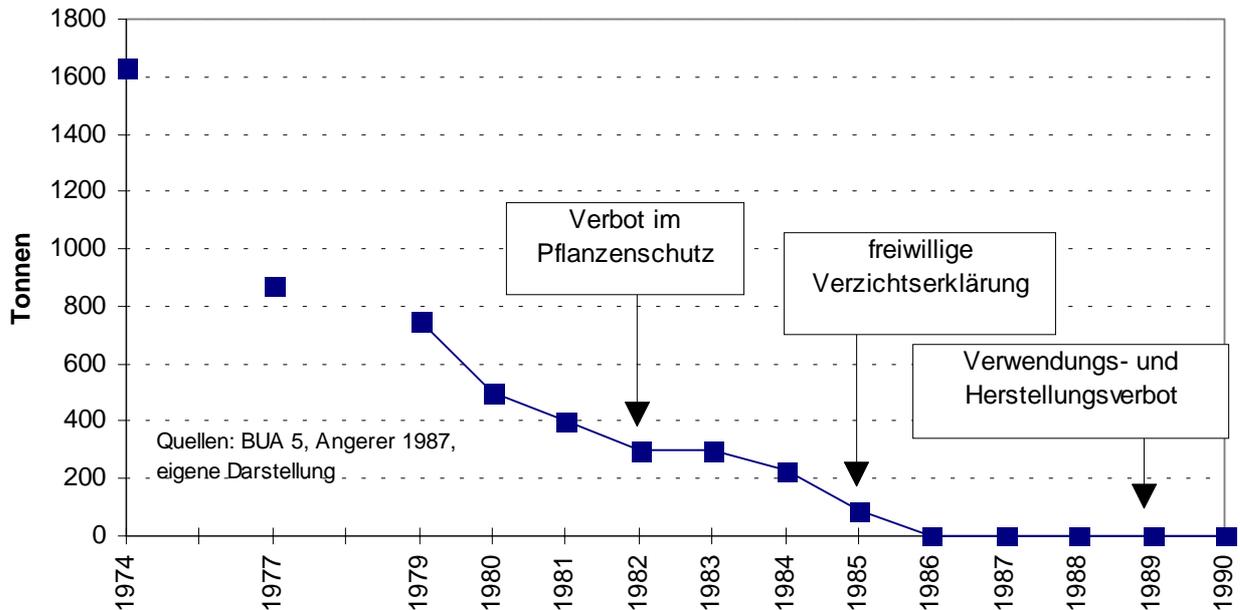
In solchen Fällen, bei denen Produktions- oder Verbrauchsdaten über einen längeren Zeitraum verfügbar sind, fand eine explizite Regulation nahezu ausnahmslos erst dann statt, nachdem der Verbrauchsrückgang bereits begonnen hatte. In einigen Fällen begann dieser Rückgang bereits lange bevor eine Regulation absehbar war, so daß dafür auch antizipierendes Hersteller- oder Konsumentenverhaltens ausgeschlossen werden kann. In einigen Fällen werden Produkte reguliert, die bereits seit Jahren vom Markt genommen waren. Solche Zusammenhänge werden mit drei Beispielen belegt: Pentachlorphenol, chlorierte Lösemittel und Tetrachlormethan.

<sup>11</sup> Wie in FN 5 bereits beschrieben, ist die Qualität der Produktions- und Verbrauchsdaten sehr unterschiedlich. Für diese Kategorie wurden soweit vorhanden die Verbrauchs- oder Verbleibsdaten zur Zeit der Berichterstattung herangezogen, wenn diese nicht zu ermitteln waren, die Produktionsmengen. Wenn Spannen angegeben waren, wurden diese gemittelt. Fehlten auch solche Angaben, wurde (in Ausnahmefällen) die Produktionskapazität herangezogen.

### 5.1 PCP-Pentachlorphenol

Das 1989 erlassene Verbot der Herstellung und Verwendung von PCP ist ein Beispiel für eine nur noch symbolische Regulation: Die Produktion und die Verwendung wurden bereits 1985 eingestellt, nach einem rapiden Rückgang des Verbrauchs seit Ende der 70er Jahre.

**Abbildung 1: Verbrauch und Regulation von PCP und PCP-Na in Deutschland, 1974, 1979-1989**



Das Verbot war erstmalig 1987, einige Monate nach dem Sandoz-Unglück angekündigt worden. Der offiziellen Begründung zufolge sollte einer erneuten Produktion vorgebeugt und Importe aus dem Ausland verhindert werden (Anonym 1987). Die SPD im Bundestag und Umweltschutzverbände hatten zudem die nur schleppende Implementation des Chemikaliengesetzes kritisiert. Bis zum Sandoz-Unglück favorisierte der damalige Umweltminister Wallmann eine Selbstkontrolle der chemischen Industrie und lehnte damit eine schärfere Anwendung des Chemikaliengesetzes ab. Der zeitgleich zum Sandoz-Unglück stattfindende Bundestagswahlkampf trug zu einer Verschärfung des Konflikts bei. Auf den nachfolgenden Umweltministerkonferenzen (UMK) wurden Listen von Stoffen geprüft, die für ein Verbot oder eine Einschränkung in Frage kommen. Der Bundesumweltminister schlug schließlich eine Verbotsverordnung für PCP vor.

Der lange Zeitraum zwischen Verbotsvorschlag (1987) und Inkrafttreten (1989) ist dem Notifizierungsverfahren im Rahmen der EG geschuldet. Damit wird die eingeschränkte Handlungsfähigkeit nationaler Akteure deutlich. Nachdem die Bundesregierung bei der Kommission ihre Absicht angezeigt hatte, PCP zu verbieten, ging ein Widerspruch der belgi-

schen Regierung ein<sup>12</sup>. Ein Widerspruch verlängert das Notifizierungsverfahren um weitere 3 Monate. Die Kommission entschloß sich, eine EG-weite Regelung zu erarbeiten. Damit wird eine nationale Regelung zunächst ausgeschlossen. Der Vorschlag der Kommission enthielt jedoch höhere Grenzwerte für noch zulässige Restkonzentrationen, sowie eine Reihe von noch zulässigen Anwendungen. 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>13</sup> unter Berufung auf Art. 100a Abs. 4 EWG Vertrag. Die EG-Kommission bestätigte zunächst die Zulässigkeit dieser Regelung, Frankreich entschloß sich zur Klage dagegen. Der EuGH bestätigte aber schließlich ebenfalls die deutsche Norm (Anonym 1994, EuGH, 17.05.1994, Rs. C-41/93), so daß diese nunmehr rechtskräftig ist.

Bereits vor dem Verbot hatte es Regelungen für bestimmte Bereiche der Anwendung von PCP gegeben. Die Innenraumanwendung ist seit 1986 in der GefahrStoffV verboten. Für PCP gab der Industrieverband Bauchemie und Holzschutzmittel eine freiwillige Selbstbeschränkung ab, von Mitte 1985 an keine PCP-haltigen Holzschutzmittel mehr auf den Markt zu bringen, und der Verband der Lackindustrie forderte zeitgleich seine Mitglieder auf, PCP und seine Salze nicht mehr als Konservierungsmittel in Dispersionsfarben zu verwenden.

Die wissenschaftliche und öffentliche Debatte um die Gefahren durch die Anwendung von PCP in Wohnräumen begann bereits Ende der 70er Jahre mit Veröffentlichungen der Toxikologen Parlar und Gebefügi (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, wurden von den Medien aufgegriffen. Die Arbeiten konnten auf eine Vielzahl von Studien über das toxische Potential von PCP zurückgreifen, die seit Beginn des Jahrhunderts veröffentlicht worden waren (ein Überblick bei Viebrock 1995: 76 -102).

Die Reaktion des Gesundheitsministeriums (BMJFG) und des BGA auf diese alarmierenden Erkenntnisse erfolgte in einem beruhigenden Ton. Es wurde darauf hingewiesen, daß PCP zwar ein gefährlicher Stoff sei, in Wohnräumen der MAK-Wert jedoch 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 (nach: Franke 1978).

Gewerkschaften und Betriebsräte in Anwenderindustrien (Papier, Textilien, Leder) engagierten sich seit Ende der 70er Jahre erfolgreich für eine Substitution von PCP an ihren Ar-

---

<sup>12</sup> Die Bundesregierung beklagte sich darüber, daß dieser Widerspruch in seiner Begründung ausschließlich aus nicht weiter kommentierten Unterlagen der Fa. Rhone Poulenc bestand (Anonym 1987).

beitsplätzen. Die für die Papierindustrie zuständige Berufsgenossenschaft verbot die Verwendung in ihrem Bereich (Wesp 1980).

Im Jahr 1983 wurde die Interessengemeinschaft der Holzschutzmittelgeschädigten (IHG) mit Unterstützung des BBU gegründet. Diese Initiative suchte neben der öffentlichen Auseinandersetzung auch eine juristische Klärung der zahlreichen Vergiftungsfälle. 1984 wurde eine Anzeige wegen Körperverletzung bei der Staatsanwaltschaft Frankfurt gestellt, die zu jahrelangen Ermittlungen und gerichtlichen Auseinandersetzungen führte. 1993 wurden in der ersten Instanz 2 Manager der Vertreiberfirma DESOWAG wegen Körperverletzung verurteilt, im Revisionsverfahren wurde das Verfahren aber nach Anerkennung einer Teilschuld 1996 eingestellt. Die Zivilprozesse stehen noch aus.

1985 wurde durch die SPD im Bundestag erstmals ein Verbot von PCP gefordert. Der VCI reagierte mit dem Hinweis auf die zu diesem Zeitpunkt bereits abgegebene Selbstbeschränkung. Der mit dem Verbot geforderte Verzicht würde von der Industrie "längst" praktiziert, eine ordnungsrechtliche Regelung damit überflüssig (VCI 1985: 41).

Die Bayer AG - ehemals an der DESOWAG wirtschaftlich beteiligt - unterstützt heute ein strengeres EG-weites Anwendungs- und Produktionsverbot. Sie hat ein Substitut (Preventol CMK) entwickelt, das sich wirtschaftlich aber nur in großen Mengen vermarkten ließe. Die Märkte blieben dafür verschlossen, weil ausländische Anbieter immer noch das billigere PCP anbieten (Bayer AG 1995: 81).

## **5.2 CKW-Lösemittel: Die Fälle TRI und PER**

Ein ähnliches Bild der relativen Bedeutungslosigkeit direkter Regulation ist bei den chlorierten Lösemitteln, hier Trichlorethylen (TRI) und Tetrachlorethylen (PER) 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. Zu den ökologischen Risiken dieser Stoffgruppe gehören:

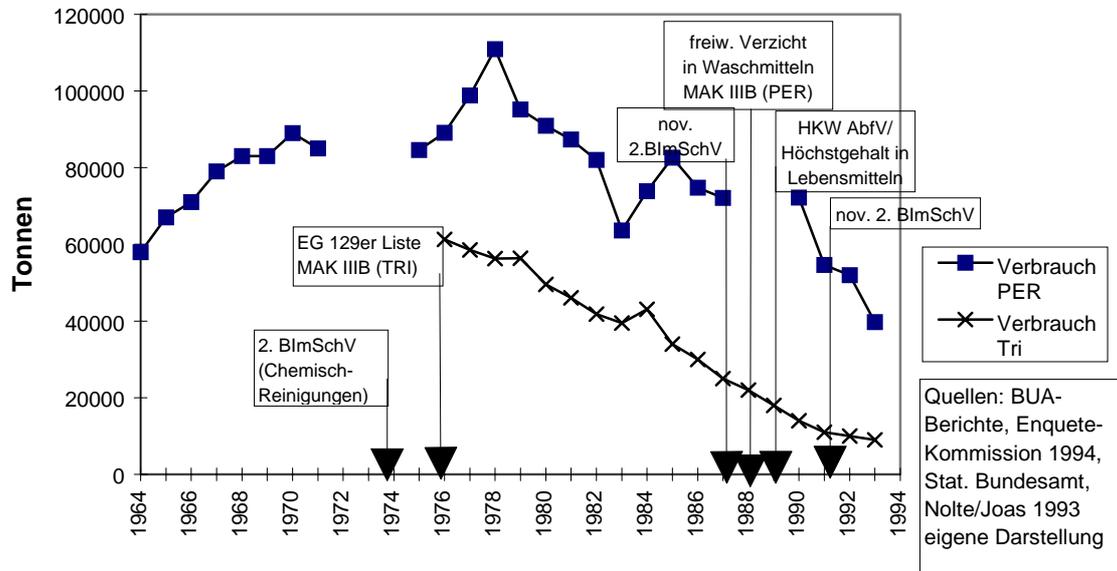
- Grundwasserbelastungen aus Industriealtlasten und daraus resultierende Trinkwasserkontaminationen,
- das vermutete (bei TRI gesicherte) kanzerogene Potential
- der in den 60er Jahren in den USA vermutete Beitrag zur troposphärischen Ozonbildung (Sommersmog),
- die hohe aquatische Toxizität und die 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>13</sup> Die endgültige Fassung der Grenzwerte wurde allerdings auch in Deutschland erst im Verordnungsverfahren festgelegt: Zuletzt verschärfte der Bundesrat bei seiner notwendigen Zustimmung im September 1989 die Grenzwerte noch einmal (Anonym 1989).

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>14</sup>). Verbrauchsrückgänge sind allerdings seit der 2. Hälfte der 70er Jahre erkennbar:

**Abb. 2: Verbrauch und Regulation von PER und TRI, Deutschland 1964-1994**



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 Löse-mittel 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 (Sommer-smog) beizutragen. So wurde 1968 die Verwendung von TRI im Los Angeles County ver-boten 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 be-einträchtigt (Leisewitz/Schwarz 1994: 38).  
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 Ge-fahrstoffen 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

<sup>14</sup> Hier wird vom "relativ harmlosen PER" gesprochen. Auch Vertreter der Industrie unterstrichen die ver-gleichsweise geringe Humantoxizität (Löchner 1976: 435).

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 preiswerten 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.

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. 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. 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 (Hildebrandt 1995: 318 f.).

Der durch strengere Emissionsnormen notwendige Neuanlagenbau wurde in metallverarbeitenden Betrieben auch zu einer Rationalisierung der entsprechenden Prozesse genutzt: Kleinere Anlagen wurden zentral zusammengefaßt, in den meisten Fällen stellte sich eine Substitution der alten CKW-Anlagen durch wäßrige Reinigungssysteme als kostengünstiger heraus. Im Bereich der Chemischreinigungen hat es in der Folge der Emissionsgrenzwerte

eine erhebliche Konzentrationswelle gegeben: Viele der Kleinstbetriebe zeigten sich durch die notwendigen Investitionen wirtschaftlich überfordert und gaben ihre Selbständigkeit auf. Neue Anlagen wurden oft mit größerer Kapazität außerhalb von Wohngebieten errichtet.

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. Die Bereitschaft zur Rücknahme gebrauchter Lösemittel wurde unter dem umweltpolitischen Druck der Auseinandersetzungen um die Hohe-See-Verbrennung (bei der neben den chlororganischen Reststoffen aus den Herstellerunternehmen auch diese gebrauchten Lösemittel verbrannt wurden) erklärt<sup>15</sup>. 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).

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.

Weitergehende Vorschläge für Regulationen wurden von der Enquete-Kommission des Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“ (Enquete-Kommission 1994: 190) gemacht: Dort wird eine einheitliche Dokumentation der CKW-Stoffströme durch die Einführung einer Meldepflicht bei Anwendern und Herstellern gefordert. Damit könnten Zielvorgaben formuliert werden und die Maßnahmen der Emissionsreduktion überprüft werden (so auch: Brackemann et al. 1995: 31). Der Bund-Länder-Ausschuß Umweltchemikalien (BLAU) und das UBA fordern ein Verbot des Inverkehrbringens an private Konsumenten (UBA 1996: 40, BLAU 1995: 4). Eine entsprechende Verbotsverordnung war bereits Ende der 80er Jahre durch das BMU angekündigt, aber bis heute nicht realisiert worden (Anonym 1988: 279).

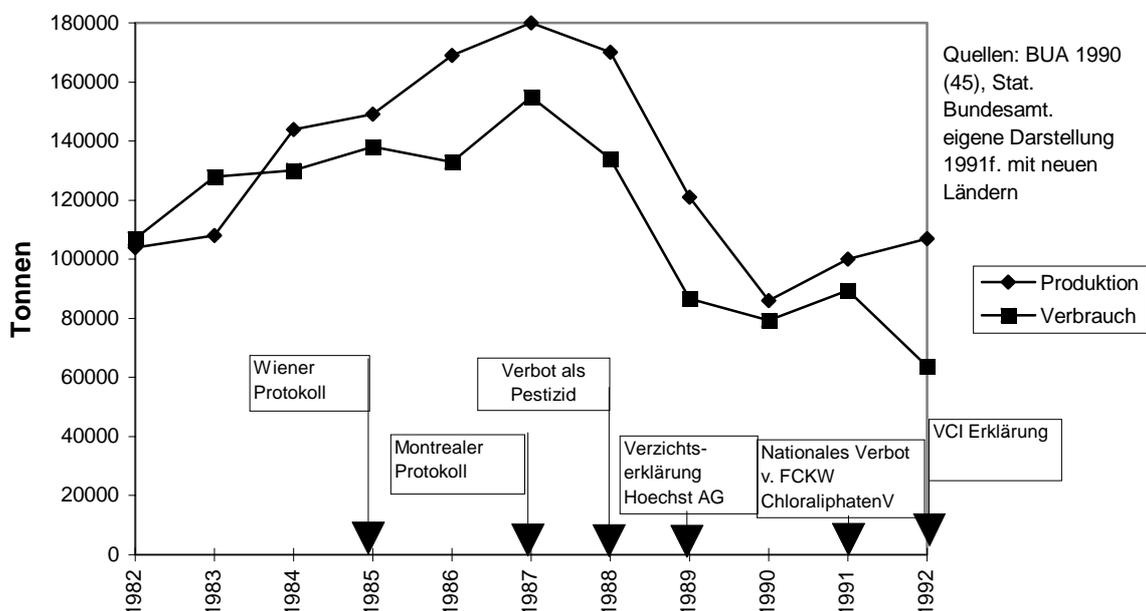
---

<sup>15</sup> Diese Selbstverpflichtung zur Rücknahme sollte die zeitgleich erlassene ordnungsrechtliche Verpflichtung zur Rücknahme gebrauchter Lösemittel (HKWAbfV) vorwegnehmen.

### 5.3 FCKW

Die Stoffgruppe der FCKW sind mit den CKW-Lösemitteln eng über den gemeinsamen Herstellungspfad verbunden. Das wichtigste Vorprodukt, Tetrachlormethan (TETRA), ist ein Kuppelprodukt der oben beschriebenen Chlorolyse. 99% der Produktion dieser Chemikalie wurde zu verschiedenen FCKW weiterverarbeitet. Diese wurden im Jahr 1987 durch das Montrealer Protokoll auf einem in Deutschland hohen Niveau der Produktion reguliert. Im Gegensatz dazu hatte die US-Chemieindustrie bereits frühzeitig deren Produktion auf Druck von Konsumenten reduziert und unterstützte den Abschluß des Montrealer Protokolls um die Wettbewerbsvorteile der ehemals wichtigsten US-Produzenten Dow, Du Pont und ICI zu erhalten und auszubauen (Arora/Cason 1995).

**Abb. 3 Verbrauch , Produktion und Regulation von TETRA  
1982-1992**



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. 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.

## **6 Regulation kann Verwendungsrückgänge nicht erklären**

In den drei Fallstudien wurde gezeigt, daß staatliche Regulation nur sehr begrenzte Erklärungskraft für die hier behandelten Verbrauchsrückgänge besitzt. Wir wollen dies nun auch für die größere Zahl der untersuchten Chemikalien darstellen. Dabei muß einschränkend gesagt werden, daß nur unmittelbare Verwendungsbeschränkungen untersucht werden können. Hier bleiben mittelbare Wirkungen, etwa durch die Regulation von Vor-, Neben- oder Folgeprodukten oder von Herstellungsverfahren weitgehend unberücksichtigt.

In Tabelle 6 wird versucht, die Chemikalien nach vergleichbaren Anwendungs- oder Verarbeitungsmustern zu gruppieren und für diese die Wahrscheinlichkeit einer staatlichen Einflußnahme auf die Produktions- oder Verwendungsrückgänge abzuschätzen. Viele Zwischenprodukte sind nicht eindeutig einer der Gruppen zuzuordnen, sondern werden vielmehr in mehreren Bereichen weiterverarbeitet. Solche Stoffe wurden der Gruppe zugeordnet, in der der Verwendungsrückgang stattgefunden hat. Soweit dies nicht zu ermitteln war, erfolgte die Zuordnung in den Bereich, der den größten Anteil des Verbrauchs erklärt.

FCKW und chlorierte Lösemittel (bzw. solche Stoffe, die als Nebenprodukte bei deren Synthese auftreten, z.B. Hexagemisch) sind demnach deutlich überdurchschnittlich häufig reguliert. Zumindest für den Bereich der CKW-Lösemittel konnte aber in der Fallstudie gezeigt werden, daß Verbrauchsrückgänge lange vor diesen Eingriffen einsetzten. Ähnliches gilt auch für die drei Stoffe, die als Benzinzusätze oder als Vorprodukte hierzu verwendet wurden. Ein Rückgang setzte bei diesen Stoffen ein, bevor eine unmittelbare Regelung in Kraft trat (Scavenger-Verbotsverordnung); andere Regulationen (Benzinbleigesetz) hatten einen nur geringen Einfluß. Erst andere politische Aktivitäten, die steuerliche Begünstigung bleifreien Benzins und die Förderung von Abgaskatalysatoren, brachten eine Abkehr von dem verbleiten Benzin und damit deutliche Verbrauchsrückgänge bei den Tetramethyl- und Tetraethylplumban und dem Vorprodukt Chlorethan.

Obwohl hier keine quantifizierenden Aussagen über die Effekte unmittelbarer staatlicher Eingriffe gemacht werden können, offenbart die Darstellung doch deren eher geringe Wirkung. Nur in der Gruppe der FCKW sind Erfolge der internationalen Vereinbarungen in dem Sinne offensichtlich, daß Produktion und Verbrauch der regulierten Stoffe auf einem hohen Niveau betroffen waren und erst danach einen deutlichen Rückgang aufwiesen. Für andere Stoffe mit rückläufiger Verwendungsmenge (z.B. Chlorparaffine, TRI, Hexagemisch) werden Verbote von der Industrie oder von Behörden und Umweltverbänden teilweise post factum gefordert.

**Tabelle 6: Stoffgruppen (Synthese und/oder Verwendung) mit besonders häufigem Verbrauchsrückgang**

Anzahl	Davon reguliert	Gruppe	Mögliche Regulation (evtl. auch Vor- und Folgeprodukte)	Referenzen: BUA - Berichte
13	15% (2)	Vorprodukte für <b>Pestizide</b>	Intensive Regulation der Folgeprodukte, aber auch genereller Verbrauchsrückgang bei Pestiziden, sowie technologische "Generationen" verschiedener Pestizide	3, 25, 31, 42, 44, 53, 54, 101, 111, 118, 125, 134, 169
11	25% (3)	Vorprodukte für <b>Farben</b>	(noch) keine produktbezogenen Regulationen erkennbar	26, 65, 67, 75, 85, 91, 97, 120, 140, 175, 176
10	80% (8)	<b>Chlorierte Lösemittel</b>	wie oben diskutiert (PER und TRI). Weitere Chemikalien sind Neben- und Abfallprodukte dieser Synthese	6, 29, 34, 62, 80, 95, 119, 139, 152, 156
8	38% (3)	Vorprodukte/Inhaltsstoffe <b>Waschmittel / Textilpflegemittel</b>	in drei Fällen erfolgreiche formale Selbstbeschränkungen	5, 13, 159, 168, 181, 184, 185
6	0	unbekannt/keine eindeutige Zuordnung möglich	darunter z.B. ökonomisch motivierte Verfahrensumstellung, so daß ein Zwangsanfall einer Chemikalie nicht mehr auftritt (BUA 21)	16, 17, 21, 83, 179, 145
5	80% (4 <sup>16</sup> )	<b>Gummizusatzstoffe</b>	keine produktbezogenen Regelungen mit der Ausnahme von für Verbrauchsmengen unbedeutenden lebensmittelrechtlichen Regelungen erkennbar	56, 86, 96, 113, 126
4	0	<b>Kunststoffadditive</b>	Keine Regulation, darunter auch Chlorparaffine, die Greenpeace attackiert hat.	46, 50, 93, 115
3	67% (2)	<b>Benzinzusätze</b>	Benzinbleigesetz, Katalysatorpolitik, Scavengerverbotsverordnung sind mögliche Erklärungen	60, 66, 130
2	0	Flotationsmittel bei der Erzaufbereitung	"wirtschaftliche Gründe" (Statement des Importeurs)	78, 79
2	100% (2)	<b>FCKW</b>	internationale Regulation bei hohem bundesdeutschem Produktionsniveau	1, 45
1	0	Vorprodukte für <b>Sprengstoffe</b>	zurückgehender Markt	49
1	0	<b>Schmierfettadditive</b>	keine Regulation, der Verband der Schmierfettindustrie empfiehlt wegen Gesundheitsgefahren eine Substitution	158
65	40% (26)	Summe		

Quelle: BUA-Berichte 1-185, eigene Auswertung und Darstellung

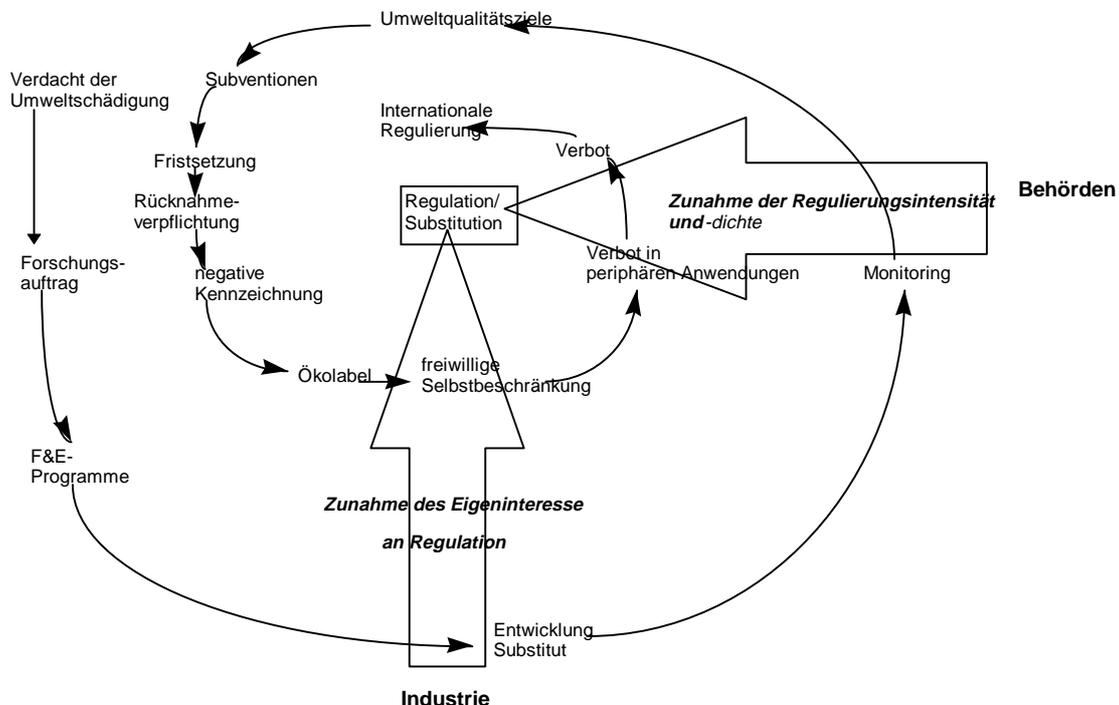
<sup>16</sup> alle Regulationen aufgrund des Lebensmittelrechts

## 7 Modellierung der Ergebnisse: Die Regulierungsspirale

Diese Ergebnisse sollen nun im Hinblick auf eine mögliche Verbesserung des politischen Prozesses interpretiert werden. Die Beziehung zwischen staatlicher Regulation und der Veränderung von Produktions- oder Verbrauchsmengen toxischer Substanzen kann auf einem Kontinuum abgebildet werden. Ein Extrem läßt sich als effektive Regulation bezeichnen: Behörden reagieren auf eine unerwünschte Umweltbeeinträchtigung beispielsweise mit dem Verbot einer Substanz, eines Verfahrens o.ä., und Unternehmen reagieren ausschließlich auf diese Maßnahme. Das andere Extrem läßt sich als symbolische Regulation bezeichnen: Hier ist das umweltentlastende Handeln von Unternehmen völlig unabhängig von staatlicher Aktivität. Regulationen schreiben in diesem Fall nur noch das fest, was in den Unternehmen praktiziert wird.

Während symbolische Regulationen empirisch nachweisbar sind, sind effektive Regulationen offenbar selten. Allerdings sind die Wirkungen symbolischer Aktivitäten schwer zu identifizieren. Der Zusammenhang zwischen Staatshandeln und Anpassungsprozessen der Zielgruppe ist komplex und von einer dynamischen Interaktion unterschiedlicher Einflüsse gekennzeichnet. In diesem Prozeß konkretisiert sich die Rolle des Staates in aller Regel erst allmählich. Dieser Prozeß kann als "Regulierungsspirale" gekennzeichnet werden:

**Abb. 4: Beispiel einer Regulierungsspirale**



Quelle: eigene Darstellung.

Für die anfängliche Zurückhaltung staatlicher Instanzen gibt es zumeist Gründe. Die Komplexität der möglichen Wirkungsbeziehungen zwischen Produkten und Umwelt ist selten offensichtlich. Der Beweis einer Umweltschädigung ist in aller Regel ein aufwendiger und

schwieriger Prozeß. Der bloße Verdacht einer Umweltbeeinträchtigung reicht für das Verbot eines Produkts nicht aus - u. a. weil der Gesetzgeber eine hohe Eingriffsschwelle festgelegt hat, um wirtschaftliches Handeln nicht übermäßig zu beeinträchtigen.

Ein erster Verdacht potentiell schädlicher Stoffeigenschaften wird aber bereits eine informelle Kommunikation zwischen Behördenvertretern und Unternehmen auslösen. Behörden können wissenschaftliche Studien in Auftrag geben; diese haben ebenfalls eine Signalfunktion für die verursachenden Unternehmen. Derartige Maßnahmen können bereits ausreichen, um bei der Zielgruppe F&E-Aktivitäten zur Erforschung von Substitutes anzuregen oder geplante Investitionen in der fraglichen Produktlinie aufzuschieben. Umweltbehörden können solche Entscheidungen wiederum fördern, indem sie den Stoff z.B. in ein Monitoringprogramm aufnehmen. Ähnlich kann die Formulierung von Umweltqualitätszielen für einzelne Umweltmedien wirken, die den Stoff tangieren.

In dieser Situation mag nun ein Innovateur auftreten, der ein weniger umweltschädliches Substitut auf den Markt bringt. Je klarer die veränderte Situation, desto geringer ist sein Risiko. Das alte Produkt wird damit überflüssig und Zug um Zug substituiert. Dieser Prozeß wird durch staatliche Ziel- oder Zeitvorgaben beschleunigt. Behörden können jetzt den informellen Rahmen verlassen und eine offizielle Empfehlung für den Ersatzstoff aussprechen, etwa in Form eines "Umweltengels", oder aber auch Warnhinweise für alte Produkte oder Technologien verlangen. Unternehmen mit ökonomischen Anpassungsproblemen kann mit Subventionen geholfen werden.

Ist die Diffusion unzureichend, können Behörden den anpassungsunwilligen Unternehmen nunmehr mit einem Verbot drohen. Der Industrieverband wird zu diesem Zeitpunkt möglicherweise einen freiwilligen Verzicht auf die alte Technologie erklären. Das alte Produkt mag auf dem nationalen Markt jetzt nur noch durch Nachzügler oder durch Importe angeboten werden, etwa weil damit Kostenvorteile erzielt werden. Um dies zu unterbinden, kann schließlich das angedrohte Verbot tatsächlich realisiert werden. Erst jetzt käme es also zu einem direkten Staatseingriff. Tatsächlich nehmen die nationalen Hersteller ein formales Verbot der alten Technologie in dieser Situation meist nicht nur hin, sondern fordern es nunmehr, um die eigene Produktionsumstellung abzusichern. Ebenso werden Maßnahmen der eigenen Regierung auf der internationalen Ebene nun eher unterstützt, um die nationalen Märkte für die Substitute zu schützen oder deren Chancen auf internationalen Märkten zu erhöhen.

Eine Regulierungsspirale stellt eine Zunahme der Dichte und der Intensität staatlicher Regulationen im Laufe der Zeit dar - aber auch das wachsende Eigeninteresse der ehemaligen Hersteller an einer solchen Regulation. Ehemals kritisierte umweltpolitische Ziele werden schließlich übernommen.

In diesem Modell sind amtliche Problemdefinition und Zielvorgaben die entscheidenden Determinanten der Auslösung von Umweltinnovationen. Demgegenüber ignoriert die Debatte um ökonomische vs. ordnungsrechtliche Instrumente die Bedeutung dieser Zielbildungspro-

zesse ebenso wie die Komplexität und Interaktionsdynamik umweltpolitischer Einflußfaktoren. Dies konnte auch für andere Felder der Umweltpolitik gezeigt werden (Jänicke/Weidner 1995).

Vertreter der chemischen Industrie bestätigen diese Überlegungen häufig, indem sie erklären, daß langfristige Zielvorgaben als Orientierungsrahmen ihrer F&E-Planungen, Investitionsentscheidungen und Produktlinien benötigt werden (z.B. Broecker 1988, Duckrey 1994)<sup>17</sup>. Weiterhin wird der Mangel an kalkulierbarer Handlungsbedingungen als ökonomisches Risiko dargestellt. Staatlichen Behörden wird sogar die Fähigkeit zu einer langfristigen Festlegung als Folge politischer Riskoscheu abgesprochen. Derartige Aussagen legen nahe, daß kalkulierbare staatliche Problemdefinitionen und Zielvorgaben von der Zielgruppe als eine sinnvolle und wirksame Einflußgröße gesehen werden.

Die hohe Bedeutung öffentlicher Problemfeststellungen und Zielvorgaben für die Zielgruppen kann auch die relative Stärke von NGOs in diesem Prozeß erklären. Umweltverbände können in Einzelfällen staatliche Akteure im Prozeß der umweltpolitischen Zielbildung ersetzen. Ihre Stärke im Zielbildungsprozeß ist abhängig von Fachwissen, der Fähigkeit zur Herstellung von Öffentlichkeit und der Glaubwürdigkeit beim Publikum.

Nach dem Sandoz-Unglück begann in Deutschland eine grundlegende Neuorientierung der Chemie- und Chemikalienpolitik. Die staatlichen Akteure waren zunächst hochgradig fragmentiert und unsicher über ihre chemiepolitischen Grundlinien. Interessanterweise begann die Chemieindustrie in dieser Situation direkte, bilaterale Gespräche mit Umweltverbänden, vor deren potentiell interessenschädlichen direkten Aktionen der Staat sie erkennbar nicht zu schützen vermochte.

Umweltpolitische Ziele müssen Akzeptanz und Verbreitung erfahren. Diese Verbreitung kann mit Sabatiers Begriff des "Policy-Lernens" beschrieben werden (Sabatier 1993). Dabei ist Lernen oft ein Lernen über die eigenen Interessen. Eine Regulierungsspirale wird um so länger dauern, je stärker ein Unternehmen oder eine Branche in ihren Kerninteressen (core beliefs) berührt wird und je weniger ökonomische 'win-win'-Lösungen oder technische Optionen verfügbar sind. Die Regulierungsspirale ist nicht unbedingt auf öffentliche Aufmerksamkeit angewiesen, ein öffentlicher Diskurs ist aber meist ein wichtiger Einflußfaktor.

### **8 Innovation und Diffusion im Policy-Prozess: Skizzierung einer Strategie ökologischer Modernisierung**

Die dargestellte "Regulierungsspirale" im Bereich chemischer Gefahrstoffe ist eine empirische - Verallgemeinerung der vorgefundenen Einflußdynamik. Sie ist als vorfindbares

---

<sup>17</sup> Im Gegensatz dazu bestritten die durch uns befragten Industrievertreter einen unmittelbaren Einfluß von Regulatoren auf die F&E-Planungen von Unternehmen: Regulatoren werden als einer unter vielen 'Marktfaktoren' bezeichnet, die einen Einfluß auf die F&E Politik von Unternehmen haben. Ein Einfluß durch die Skandalisierung von Einzelstoffen wird gänzlich ausgeschlossen. Offenbar ist die Langfristigkeit und Kalkulierbarkeit der Zielvorgaben wichtigste Voraussetzung um Anpassungsprozesse bei den Unternehmen auszulösen.

Muster allerdings noch kein verallgemeinerbares normatives Modell der Umweltpolitik. Dies vor allem deshalb, weil der modellhafte Ablauf kein Optimum darstellt.

Eine optimierte Strategie der ökologischer Modernisierung (Jänicke 1988) hätte zunächst einmal davon auszugehen, daß Umweltinnovationen wie Innovationen überhaupt nicht das Produkt einer mechanistischen Top-down-Steuerung sein können, wie sie in simplen Modellrechnungen immer wieder als möglich unterstellt wird. Innovationen vollziehen sich in komplexen, hochdynamischen Einflußstrukturen (Dodgson/Rothwell 1994, Kemps 1995, Hemmelskamp 1996). Aus der politischen Evaluationsforschung wissen wir, daß der Staat Innovationen nur in komplexen Interaktionsprozessen zwischen Zielgruppe, Regulatoren und weiteren Akteuren erzielt (Balthasar/Knöpfel 1994, Wallace 1995, Jänicke/Weidner 1995, Minsch et al. 1996). Ermutigung findet eine solche Strategie allerdings durch Untersuchungen, die proaktives Staatshandeln im Umweltschutz als innovationsförderlich betrachten - sofern es flexibel und kommunikativ umgesetzt wird (Irwin/Vergragt 1989, Porter 1991, Porter/van der Linde 1995, Wallace 1995).

Eine in diesem Sinne konzipierte Strategie ökologischer Modernisierung hätte nun davon auszugehen, daß Umweltinnovationen einerseits und ihre Diffusion andererseits unterschiedliche politische Erfolgsbedingungen haben. Für den Innovateur, so unser Ergebnis, zählt nicht erst die politische Entscheidung und ihr Vollzug, sondern bereits der vorausgehende Willensbildungsprozeß. Der typische Innovateur antizipiert umweltpolitische Entwicklungen. Diffusionsprozesse hingegen sind stark von Entscheidung und Vollzug staatlicher Maßnahmen geprägt.

An dieser Stelle erhält das, was die Politikanalyse den Policy Zyklus nennt (Howlett/Ramesh 1995, Prittwitz 1994), erhebliche Bedeutung. Es geht dabei um die idealtypische Karriere einer Maßnahme von der Wahrnehmung eines Problems bis zur Wirkung der entsprechenden staatlichen Maßnahme beim Politikadressaten. Für eine auf technischen Fortschritt setzende Strategie der ökologischen Modernisierung ist die Unterscheidung der beiden Hauptphasen dieses Politik-Zyklus von Nutzen:

a) Die erste Phase der politischen Willensbildung - Problemwahrnehmung, Agenda-setting, Programmformulierung - ist das, was im Innovationsprozeß zählt.

b) Die zweite Phase - Entscheidung und Vollzug der Maßnahme - ist dann das, was immer schon in der Umweltpolitik dazu diente, der besseren Technik zum Durchbruch zu verhelfen (Conrad 1996).

Beide Phasen lassen sich strategisch verbessern.

**Abbildung 5: Umweltpolitische Zielbildung und Instrumentierung einer innovationsorientierten Zielgruppenstrategie**



Quelle: Jänicke 1996

Die obige Analyse ergab, daß staatliche Innovationspolitik ihre Wirkungen keineswegs nur mit der Entscheidung über Maßnahmen und deren Durchsetzung (Implementation) erzielt. Für Innovateure sind insbesondere die vorgängigen Phasen der Problemerkennntnis und der politischen Thematisierung (agenda setting) von Bedeutung. Eine auf Zielgruppen bezogene Strategie der ökologischen Modernisierung setzt auf potentielle Innovateure. Sie sind in der Lage, den Entscheidungskontext für die gesamte Zielgruppe zu verändern und können Druck auf ihre Konkurrenten ausüben. Eine Minderung ihrer ökonomischen Risiken ist daher einer der strategischen Ausgangspunkte effektiver Umweltpolitik.

Auch aus Sicht potentieller Innovateure ist die möglichst frühzeitige offizielle Problemfeststellung und die anschließende förmliche Zielformulierung staatlicher Institutionen anzuraten. Die Wahrscheinlichkeit der innovativen Reaktion der Zielgruppe auf das von ihr verursachte Umweltproblem steigt mit der glaubwürdigen Ankündigung weitergehender Maßnahmen durch das politisch-administrative System. Eine diesen Prozeß optimierende Umweltpolitik wäre eine solche, die die Ziele so formuliert, daß für die Zielgruppe der staatliche Wille glaubhaft wird, das Problem "mit allen Mitteln" zu lösen.

"Mit allen Mitteln" hieße bei der Durchführung der Maßnahme, daß der Zielformulierung zunächst weiche Instrumente folgen, der Einsatz harter Auflagen aber erwartet werden kann, wenn Wirkungen anders nicht zu erzielen sind. Je glaubhafter der Einsatz "letzter" administrativer Mittel, desto höher die Chance weicherer Instrumente. Paradoxerweise bewirkt erst die bekundete Entschlossenheit staatlicher Handlungsträger einen marktkonformen,

nichtinterventionistischen Anpassungsprozeß. Der Umweltpolitik-Forscher David Wallace bringt dies auf die Formel: "Speak softly and carry a big stick" (Wallace 1995: 251).

Die Betonung der Entscheidungs-Vorphase politischer Maßnahmen ergibt sich daraus, daß Innovateure der staatlichen Intervention mit einer Neuerung tendenziell zuvor kommen wollen. Dazu müssen a) die staatlichen Zielvorgaben und Ankündigungen eindeutig, b) die Investitionsbedingungen mithin kalkulierbar und die c) sonstigen Rahmenbedingungen (verfügbare Technologien, F & E-Förderung, Innovationsnetzwerke, Informationen zur Problemlage, zu best practice auf dem Gebiet etc.) günstig sein. Ein enger Kontakt zwischen Behörde und Zielgruppe ist wichtig.

Im weiteren haben staatliche Akteure für eine Optimierung der Diffusionsbedingungen zu sorgen: Ist der staatlichen Instanz ein Innovateur durch bestehende Kontakte bekannt, so kann diese die neue Technologie (z.B.) als Demonstrationsprojekt in der Branche bekannt und sodann zum Maßstab machen. Als nächstes empfehlen sich fördernde Maßnahmen wie Umweltabgaben oder Umweltkennzeichnungen. Erst im Falle absehbarer Umstellungsprobleme für Unternehmen in ökonomischen Schief lagen wäre an antragsabhängige (also gezielte) Subventionen zu denken. Nur hartnäckige Widerstände müßten schließlich mit dem "letzten Mittel", der längst angedrohten, harten Auflage, angegangen werden.

Ein solch strategischer Ansatz der ökologischen Modernisierung hätte den Vorzug, daß er Entscheidungsbarrieren staatlichen Handelns teils umgeht (durch bloße Information und Ankündigung), teils minimiert (durch späte und nur auf Grenzfälle beschränkte Auflagen). Die zur Überwindung von Widerständen nötigen politischen Ressourcen lassen sich ebenso minimieren wie der Einsatz öffentlicher Mittel.

Von Cohen und Kamieniecki wird ein strategischer Ansatz umweltpolitischer Regulation vorgeschlagen, der dem Widerstands- und Anpassungspotential der Politikadressaten systematisch Rechnung trägt, diesen vorab kalkuliert und mit einer entsprechenden Instrumentierung angeht (Cohen/Kamieniecki 1991). Auch hier geht es darum, "letzte" Mittel des Zwanges so weit wie möglich auszuschalten und dennoch als Potential zu nutzen. Unser Vorschlag geht einen Schritt weiter, indem er die Instrumentierung entlang der Zeitachse so variiert, daß Innovationen schon im Stadium der Willensbildung angestoßen, der Diffusionsprozeß sodann forciert und der staatliche Interventionsaufwand minimiert wird.

Für die Innovation wird hier der Prozeß der Zielformulierung betont, der die Konsequenz einer Regulierung glaubhaft macht. Die enge kommunikative Verzahnung von Staat und Industrie (und Wissenschaft) ist die zweite wichtige Bedingung. Beide Bedingungen werden neuerdings in der Strategie kooperativer Umweltplanung angestrebt. Hier werden die Verursacher in die Zielbildung einbezogen und an der Problemlösung bewußt beteiligt. Über Berichtspflichten wird die Evaluation und das politische Lernen (policy learning) auf Dauer gestellt. Der niederländische Umweltplan mit seinen dezentralen freiwilligen Vereinbarungen ist international das empirische Modell hierfür geworden. Die Agenda 21 (1992) liefert das

Konzept. Mehr als zwei Drittel aller Industrieländer verfügen heute bereits über die eine oder andere Variante nationaler Umweltplanung bzw. Nachhaltigkeitsstrategie (OECD 1995, Dalal-Clayton 1996, Jänicke/Carius/Jörgens 1997). Bei aller Unzulänglichkeit der meisten dieser Planungen ist die Weiterentwicklung dieses strategischen Ansatzes gerade in innovationspolitischer Sicht sinnvoll. Der branchenspezifische Umweltdiskurs kann als Beitrag zur Förderung von Innovationsmotiven verstanden werden. Er intensiviert zugleich Informationsprozesse. Und zweifellos verschafft die verbindliche Zielbildung auf breiter Basis den Innovateuren der Zielgruppe besser kalkulierbare Investitionsbedingungen.

## **9 Fazit**

Die oben gezeigten Defizite der Chemikalienkontrolle durch Ordnungsrecht verweisen auf Restriktionen staatlichen Handelns. Auf der anderen Seite zeigen die hier vorgestellten empirischen Ergebnisse (wie auch andere Untersuchungen), daß Unternehmen der Chemieindustrie in hohem Maße proaktiv bei der Wahl ihrer Technologien sein können. Umweltpolitik kann die hier zur Geltung kommenden typischen Einflußfaktoren unterstützen und die beschriebene Regulationsspirale optimieren.

Eine Voraussetzung hierzu ist die Abkehr von mechanistischen Vorstellungen einer Top-down-Steuerung durch staatliche Instanzen, bei denen die ("richtige") Instrumentenwahl als Erfolgskriterium gilt. Einwände gegen diese Vorstellung von staatlicher Steuerung beginnen schon bei der Politikformulierung mit der Frage, ob denn die staatliche Entscheidungsfähigkeit ausreicht, um umstandslos über die empfohlenen Instrumente zu verfügen. Unsere Darstellung zielt auf die Bedeutung des Ziel- und Willensbildungsprozesses für das Zustandekommen von Innovationen. Die anschließende Entscheidung des Staates betrifft wiederum nicht einzelne Instrumente, sondern ein flexibles, strategisches Vorgehen je nachdem, auf welche Restriktionen der Diffusionsprozeß stößt. Insgesamt geht es um eine Minimierung politischer und betrieblicher Kosten im Prozeß der ökologischen Modernisierung.

Der hier entwickelte Ansatz innovationsorientierter Umweltpolitik bedarf einer wesentlichen Einschränkung:

Er ist keine Lösung dort, wo auf Gefahr im Verzug zu reagieren ist; ebenso wenig dort, wo technische Optionen eine geringe Bedeutung haben (wie beim Flächenverbrauch oder Naturschutz); und nur begrenzt dort, wo technische Umweltverbesserungen nicht mit win-win-Konstellationen verbunden sind.

Er macht Sinn dort, wo Interessenlagen und technische Potentiale für Innovationslösungen sprechen. Dies aber ist in einem so erheblichem Umfang der Fall, daß Umweltpolitik diese Option systematisch nutzen sollte.

## 10 Literatur

- ADAMS, H.-N. 1995: Verantwortliches Handeln beim Einsatz von CKW-Lösemitteln und Ersatzstoffen. Vortrag auf der UTECH 1995, 14.2.1995, Berlin.
- ANGERER, CHRISTA 1987: Herstellung und Verwendung von Pentachlorphenol in der Bundesrepublik Deutschland (1970-1979, 1984 aktualisiert). In: UBA (Hrsg.): Umweltchemikalie Pentachlorphenol. Berichte 3/87. Berlin, Erich Schmidt Verlag.
- ANONYM 1987: Sachstandsbericht über PCPV. In: Umwelt 6/87 S. 223.
- 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 1989: PCP Verbot erneut im Bundeskabinett. In: Umwelt 9/89 S. 436.
- ANONYM 1993: EG Kommission bestätigt deutsche Regelung zu Pentachlorphenol. In: Umwelt 2/1993 S. 72.
- ANONYM 1994: PCP bleibt verboten. In: Umwelt 12/94 S. 467.
- ARNDT, REINER 1993: Zusammenarbeit zwischen der Industrie, den Bundesländern und den Meldebehörden beider Kontrolle und Überwachung von Chemikalien. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.) 1993: Europäische Chemikaliengesetzgebung und Überwachung. Vorträge der Fachtagung am 19. und 20. Oktober 1993 in Dortmund. Dortmund, Wirtschaftsverlag.
- 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.
- BALTHASAR, ANDERAS / KNÖPFEL, CARLO 1994: Umweltpolitik und technische Entwicklung. Eine politikwissenschaftliche Evaluation am Beispiel der Heizungen, Basel, Frankfurt/M.
- BAYER AG 1995: Chemie mit Chlor. Chancen - Risiken - Perspektiven. Leverkusen.
- 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.
- 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.
- BUA 139, 1994: Beratergremium umweltrelevante Altstoffe: Tetrachlorethen (PER) BUA Stoffbericht 139. Stand Aug. 1993. Stuttgart, Hirzel-Verlag.
- BUA 1986: Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker: Umweltrelevante alte Stoffe: Auswahlkriterien und Stoffliste. Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft
- BUA 1988: Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker: Umweltrelevante alte Stoffe: 2. Auswahlkriterien und zweite Stoffliste
- BUA 1992: Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker: Umweltrelevante Alte Stoffe III. Prioritätensetzung und eingestufte Stoffe der dritten Stoffliste. Weinheim, S. Hirzel Verlag
- BUA 3, 1985: Beratergremium umweltrelevante Altstoffe: Pentachlorphenol. BUA Stoffbericht 3. Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft.
- BUA 45, 1990: Beratergremium umweltrelevante Altstoffe: Tetrachlormethan. BUA-Stoffbericht 45. Weinheim, VCH-Verlagsgesellschaft.
- BUA 95, 1991: Beratergremium umweltrelevante Altstoffe: Trichlorethen. BUA Stoffbericht 95. Stuttgart: Hirzle Verlag.
- 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.

- BUNDESREGIERUNG 1985: BT Drs 10/4285 v. 19.11.85: Antwort der BReg auf eine große Anfrage der Fraktion der SPD (Drs. 10/2800) Chemie in Haushalt und Innenraumbelastung.
- 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.
- COHEN, STEVEN / KAMIENIECKI, SHELDON 1991: Environmental Regulation Through Strategic Planning, San Francisco, Oxford.
- CONRAD, JOBST 1996: Successful Environmental Management in European Companies, Forschungsstelle für Umweltpolitik / Freie Universität Berlin, FFU-report 96-3.
- DALAL CLAYTON, BARRY 1996: Getting to Grips with Green Plans. National-Level Experience in Industrial Countries, London, Earthscan.
- 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.
- DIBBERN, DETLEF 1988: VCI-Liste: Grundlage für Überprüfung. In: Chemische Industrie 4/1988 S. 101-109.
- DODGSON, MARK / ROTHWELL, ROY 1994: The Handbook of Industrial Innovation, Aldershot, Brookfield.
- DUCKREY, FRAUKE 1994: Rahmenbedingungen zur Lösung stoffpolitischer Probleme. In: Bund für Umwelt und Naturschutz e.V., Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (Hg.) 1994: 10 Jahre Chemiepolitik - Quo Vadis? Dokumentation der Fachtagung vom 27.-28.Mai 1994 in Bielefeld. Schriftenreihe des IÖW 77/94, Berlin. S. 58-60.
- 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.
- FRANKE, L. 1978: Gesundheitlich bedenkliche Holzschutzmittel? In: VDI-Nachrichten v. 7.2.1978.
- 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: Aurand, K. et al. Organische Verunreinigungen in der Umwelt - Erkennen, Bewerten, Vermindern. Berlin, S. 436 ff.
- HELD, MARTIN (HRSG.) 1991: Leitbilder der Chemiepolitik. Stoffökologische Perspektiven der Industriegesellschaft. Frankfurt/New York: Campus Verlag.
- HEMMELSKAMP, JENS 1996: Umweltpolitik und Innovation - Grundlegende Begriffe und Zusammenhänge, ZEW-Discussion Paper No. 96-23.
- HILDEBRANDT, ECKART 1995: Environmental Achievements in Enterprises - With special Reference to Industrial Relation. In: Jänicke/Weidner 1995: Successful Environmental Policy, p. 317 ff.
- HOWLETT, MICHAEL / RAMESH, M. 1995: Studying Public Policy: Policy Cycles and Policy Subsystems, Toronto, New York, Oxford.
- IRWIN, ALAN/ VERGRAGT, PHILIP 1989: Rethinking the Relationship between Environmental Regulation and Industrial Innovation: The Social Negotiation of Technological Change. In: Technological Analysis and Strategic Management 1 (1): 57-70.
- JACOB, KLAUS (IM ERSCHEINEN): Politische, soziale und ökonomische Faktoren des verminderten Gebrauchs gefährlicher Stoffe. Dissertation, FU Berlin.
- JÄNICKE, MARTIN 1988: Ökologische Modernisierung. Optionen und Restriktionen präventiver Umweltpolitik, In: Simonis, Udo E. (hrsg.) Präventive Umweltpolitik, Frankfurt/M.
- JÄNICKE, MARTIN 1996: Umweltinnovationen aus der Sicht der Policy-Analyse - Vom instrumentellen zum strategischen Ansatz der Umweltpolitik. Papier, vorgelegt im Rahmen des BMBF-Projektverbundes "Abschätzung der innovativen Wirkungen umweltpolitischer Instrumente" am 9. 12. 1996 in Königswinter.
- JÄNICKE, MARTIN / CARIUS, ALEXANDER; JÖRGENS, HELGE 1997: Nationale Umweltplanung in ausgewählten Industrieländern, Berlin, Heidelberg, New York etc.

- JÄNICKE, MARTIN / WEIDNER, HELMUT 1995: Successful Environmental Policy, Berlin 1995.
- KEMPS, RENATUS 1995: Environmental Policy and Technical Change. A Comparison of the Technological Impact of Policy Instruments, Maastricht.
- 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.
- LÖCHNER, FRITZ 1976: Perchloräthylen - eine Bestandsaufnahme. In: Umwelt. Forschung, Gestaltung, Schutz. Hrsg. vom VDI. S. 434-36.
- MINSCH, JÜRIG / EBERLE, ARMIN / MEIER, BERNHARD / SCHNEIDEWIND, UWE 1996: Mut zum ökologischen Umbau. Innovationsstrategien für Unternehmen, Politik und Akteurnetze, Basel, Boston, Berlin.
- 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.
- OECD 1995: Planning for Sustainable Development, Paris.
- PORTER, MICHAEL E. 1990: The Competitive Advantage of Nations. New York.
- PRITZWITZ, VOLKER V. 1994: Politikanalyse, Opladen.
- PORTER, MICHAEL E. / VAN DER LINDE, CLAAS 1995: Green and Competitive: Ending the Stalemate, in: Harvard Business Review, September-October 1995, 120-134.
- SABATIER, PAUL A. 1986: Top-Down and Bottom-Up Approaches to Implementation Research: a Critical Analysis and Suggested Synthesis. In: Journal of Public Policy, Vol 6, 1986 (1), p. 21-48.
- SABATIER, PAUL A. 1993: Advocacy-Koalitionen, Policy-Wandel und Policy-Lernen: Eine Alternative zur Phasenheuristik, in: Heritier, Adrienne (Hrsg.): Policy-Analyse. Kritik und Neuorientierung, Sonderheft 24 der PVS, Opladen.
- STATISTISCHES BUNDESAMT: Produktionsstatistik (FS 4, 4.1 Produktion im produzierenden Gewerbe) und Außenhandelsstatistik, mehrere Jahrgänge. Wiesbaden.
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) 1996: Bewertung der Umweltgefährlichkeit ausgewählter Altstoffe durch das Umweltbundesamt. Teil II. UBA Texte 38/96, Berlin.
- VERBAND DER CHEMISCHEN INDUSTRIE (VCI) 1985: Jahresbericht 1984/85, Frankfurt a.M.
- VIEBROCK, JAN 1995: Öffentlichkeit im Verfahren der Chemikalienkontrolle am Beispiel "PCP". (Umweltrechtliche Studien, Bd. 18) Düsseldorf, Werner Verlag.
- WALLACE, DAVID 1995: Environmental Policy and Industrial Innovation. Strategies in Europe, the US and Japan, London.
- WESP, DIETER 1980: Gesundheitsgefährdung durch Schadstoffbelastung am Arbeitsplatz. Fallstudie. Pentachlorphenol in einem Betrieb der Papierindustrie. IIVG Papers, Berlin.