



Chlorchemie – Eine Ära geht zu Ende

positiv
25

Inhalt

Einleitung	3
Wie Chlor hergestellt wird	4
Probleme mit der Chlorchemie	5
Chlor auf dem Rückzug	7
Chemiepolitische Grundsätze des BUND	8
Ziele und Struktur des Szenarios	8
Anwendung in „offenen Systemen“	9
Anwendung in „geschlossenen Systemen“	10
PVC und andere halogenierte Polymere	11
Chlorierte Zwischenprodukte	13
Endlager für chlororganische Verbindungen	14
Chlor/Natronlauge-Kopplung	15
Zusammenfassende Daten	16
Der nächste Schritt der Chlorchemie-Konversion	17
Quellen	18

Zusammenfassung

Die Erfahrungen mit der Umweltbelastung durch zahlreiche chlorchemische Produkte und Verfahren haben bereits zu einem Rückgang des Verbrauchs an wichtigen Stoffen der Chlorchemie geführt. Das folgende Szenario greift die bisherige Entwicklung auf und entwickelt eine Konversionsstrategie für die Chlorchemie, die den Verzicht bzw. den Ersatz von Chlor oder chlororganischen Stoffen dort beinhaltet, wo dies umweltpolitisch geboten und technisch möglich ist.

Wichtigste Schritte sind

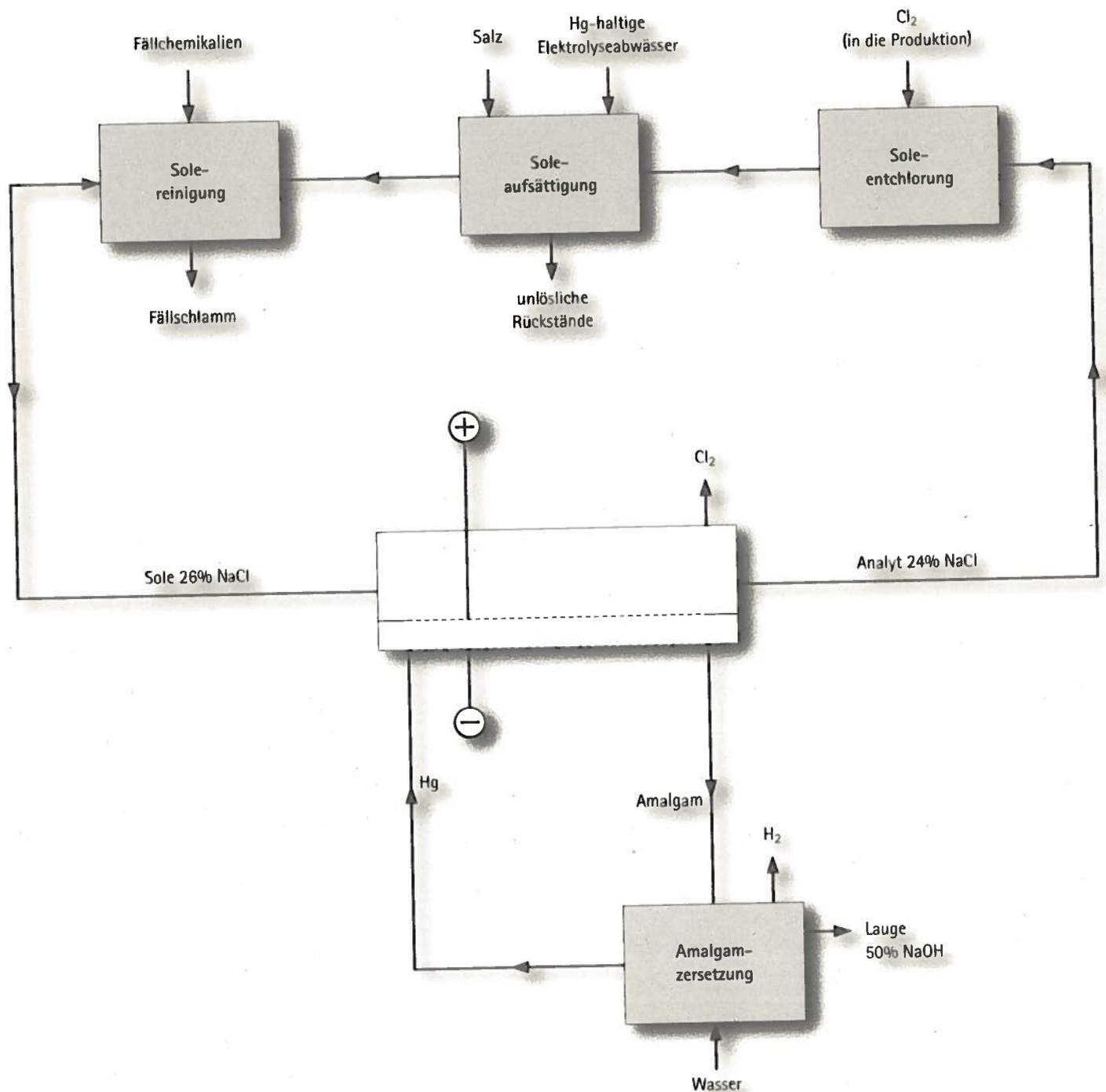
- der Verzicht auf den Einsatz von halogenorganischen Verbindungen in umweltoffenen Anwendungsfeldern bis 1995
- der Aufbau von Rücknahme- und Wiederaufbereitungssystemen für die verbleibenden Anwendungsfälle in geschlossenen Systemen
- die Umstellung einiger wichtiger Synthesen auf „chlorfreie“ Herstellungswege
- der Ersatz von PVC in den meisten heute üblichen Produkten und
- der Aufbau einer Entsorgungs- und Endlagerstrategie für die Chlorchemie zu nennen.

Dazu zählt auch der teilweise Ersatz von Chlor durch Salzsäure als Grundchemikalie, um die bei der Entsorgung anfallende Salzsäure nutzen zu können. Mit dieser Strategie sollte es möglich sein, etwa bis zum Jahr 2010 den Einsatz an „frischem“ Chlor in Deutschland um rund 70% zu verringern. Die gezielte Konversionsstrategie läßt ausreichend Zeit, alternative Stoffe und Verfahren einzuführen und so neue Arbeitsplätze außerhalb der Chlorchemie zu schaffen. Die Konversionsstrategie ist durch ökonomische und ordnungsrechtliche Instrumente abzusichern.

Wie Chlor hergestellt wird

Die Chlor-Alkali-Elektrolyse im Amalgam-Verfahren

Quelle: Claus, Frieg, Gremler:
„Es geht auch ohne PVC“, 1990



Probleme mit der „Chlorchemie“

Der BUND hat bereits in seiner grundlegenden Publikation über Chemiepolitik (BUND 1984) kurzfristige Maßnahmen gegen eine Reihe aromatischer Chlorverbindungen als erste chemiepolitische Priorität bezeichnet. Wenige Jahre später wurde die Chlorchemie aufgrund der zunehmenden Kenntnisse über die Dioxinproblematik, die Entsorgungsfragen und die Toxizität einzelner Vertreter der Chlorchemie in der Öffentlichkeit als ganze infrage gestellt.

Die Chlorchemie hat sich auf der Basis des Grundstoffs Chlor, der in der Chlor-Alkali-Elektrolyse aus Steinsalz hergestellt wird, seit Anfang dieses Jahrhunderts erst langsam und nach dem Zweiten Weltkrieg stürmisch entwickelt. Allein in Deutschland ist eine Kapazität zur Herstellung von mehr als 3,5 Mio t Chlor pro Jahr vorhanden. Der Boom chlororganischer Stoffe rührte ursprünglich von der Notwendigkeit her, das bei der Elektrolyse als Kuppelprodukt der eigentlich erwünschten Natronlauge anfallende Chlor „unterzubringen“. 60% aller Chemikalien, die in Deutschland hergestellt werden, sind direkt oder indirekt mit Chlor verknüpft.

Die Chlorchemie ist wegen besonders kritischer Eigenschaften zahlreicher chlororganischer Verbindungen ins Schußfeld der Kritik geraten.

Die Einführung von Chlor in organisch-chemische Verbindungen macht diese in der Regel giftiger und führt zu einer verschlechterten Abbaubarkeit unter natürlichen Bedingungen. Dies hängt sicher damit zusammen, daß die Chlor-Kohlenstoff-Bindung (C-Cl) in der natürlichen Umwelt äußerst selten vorkommt. Nur einige wenige natürliche Halogenverbindungen kommen in bedeutsamen Mengen in der Natur vor. Die bekannten Halogenverbindungen aus natürlichen organischen Quellen akkumulieren im Gegensatz zu den vom Menschen geschaffenen Stoffen nicht. Viele synthetische halogenierte Verbindungen sind dagegen unter natürlichen Verhältnissen fast unzerstörbar („persistent“), wobei ihre Stabilität in der Regel mit dem Chlorierungsgrad steigt. Als typische Vertreter, deren Umweltstabilität sich als erhebliches Problem erwiesen hat, seien hier die Polychlorierten Biphenyle (PCB's), das Insektizid DDT, das Holzschutzmittel Pentachlorphenol (PCP), die ozonzerstörenden Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und das Reinigungsmittel Perchlorethylen (PER) genannt. Zahlreiche Halogenkohlenwasserstoffe, darunter auch Nebenprodukte aus der Chlorchemie, reichern sich („akkumulieren“) zudem – z.T. über die Nahrungskette – im Fettgewebe von Tieren und Menschen an.

Viele chlorierte Kohlenwasserstoffe sind für Mensch und Tier giftig, z.B. chlorierte Lösemittel (lebertoxisch), Vinylchlorid (kanzerogen). Es ist kein Wunder, daß die „Schwarzen Listen“ internationaler Umweltschutzabkommen, in denen die besonders gefährlichen Stoffe aufgelistet sind, zahlreiche Vertreter aus diesen Verbindungsklassen enthalten.

Halogenierte Lösemittel haben sich als äußerst gefährlich für das Grundwasser erwiesen, da sie außerordentlich mobil sind, selbst Beton durchdringen und zu ebenfalls giftigen Verbindungen abgebaut (besser: me-

tabolisiert) werden. Von einem „Abbau“ im Sinne der Zerstörung dieser Verbindungen in der Umwelt kann keine Rede sein, wenn z.B. aus dem Löse- und Reinigungsmittel PER im Grundwasser das noch viel gefährlichere Vinylchlorid wird. Halogenorganische Lösemittel stellen eine große Gefahr für die Trinkwassergewinnung dar.

Wenn chlorierte Verbindungen, insbesondere Chloraromaten wie Chlorbenzole, aber auch Kunststoffe wie PVC, erhitzt oder unkontrolliert verbrannt werden, so entstehen Verbindungen, die zu den stärksten bisher vom Menschen hergestellten Giften gehören, die polychlorierten Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane. Zu ihnen gehört auch das sog. Seveso-Gift, das 2,3,7,8-Tetrachlor-dibenzo-p-dioxin (TCDD).

Bei der Chlorbleiche, also der Reaktion von Chlor mit natürlichen Stoffen wie Holz oder Fasern, entsteht ein Gemisch zahlreicher chlorierter Verbindungen, zu denen stark erbgutverändernde Stoffe („Mutagene“) und auch Dioxine gehören.

Die Beseitigung der Abfälle aus chlorchemischen Prozessen durch Verbrennung, die Nutzung chlorierter Zwischenstufen zur Synthese nichthalogener Endprodukte und die Zersetzung chlorchemischer Produkte nach Gebrauch führen notwendigerweise zur Bildung von Salzsäure oder – bei Neutralisation – zur Bildung gut wasserlöslicher Salze. Die weitere Ausdehnung der Chlorchemie hat von der Herstellung bis zur Entsorgung die Aufsalzung unserer Flüsse mit entsprechenden ökologischen, aber auch volkswirtschaftlichen Nachteilen (Korrosion) zur Folge.

Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW) wurden als toxikologisch unbedenklich gefeiert und in vielen Bereichen eingesetzt. Ihr Eintrag in die Atmosphäre ist heute maßgeblich für den Ozonabbau in der Antarktis verantwortlich.

Fast alle diese Erkenntnisse über die „Chlorchemie“ wurden nicht im Labor gewonnen, sondern ergaben sich zunächst aus der Beobachtung massiver Schädigungen in der Umwelt und beim Menschen.

Dabei stellen nicht nur die gezielt hergestellten halogenorganischen Verbindungen ein Problem dar. Vielmehr entsteht bei den Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen eine unüberschaubare Zahl unbekannter halogenorganischer Zwischen- und Nebenprodukte, die ebenfalls in die Umwelt gelangen. Durch die hohe Persistenz vieler halogenorganischer Stoffe kommt es zu deren großräumigen Verteilung in der Umwelt. Da zudem die Langzeitauswirkungen selbst der bekannten

halogenorganischen Verbindungen auf Umwelt und Mensch nur teilweise erkannt und verstanden werden, hat die chemische Industrie die Umwelt mit der Chlorchemie zu einem riesigen Versuchslabor gemacht mit – wie wir heute wissen – verheerenden Folgen.

„Chlorchemie“ ist das chemisch nicht korrekte Synonym für Prozesse und Verbindungen, bei denen Chlor eingesetzt wird bzw. in denen Chlor vorkommt.

Der vereinfachende Terminus „Chlorchemie“ umfaßt hier alle halogenorganischen Verbindungen (HOV), wie z.B. gemischt halogenierte (z.B. Fluorchlorkohlenwasserstoffe, FCKW), bromierte (z.B. Flammschutzmittel) oder fluoridierte (z.B. FKW's als FCKW-Ersatzstoffe) Produkte der organischen Chemie, da sie ähnliche Eigenschaften aufweisen, wie die mengenmäßig dominierenden chlororganischen Verbindungen.

1989 führten BUND, Naturfreunde und die Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherverbände eine Kampagne gegen PVC durch. Ebenfalls noch Ende der 80er Jahre versuchten verschiedene Bundesländer besonders im Hinblick auf das Ende der Verbrennung von Chlorchemieabfällen auf Hoher See die Problematik der bei der Herstellung und der industriellen Anwendung von halogenierten Verbindungen entstehenden Abfälle aufzuarbeiten.

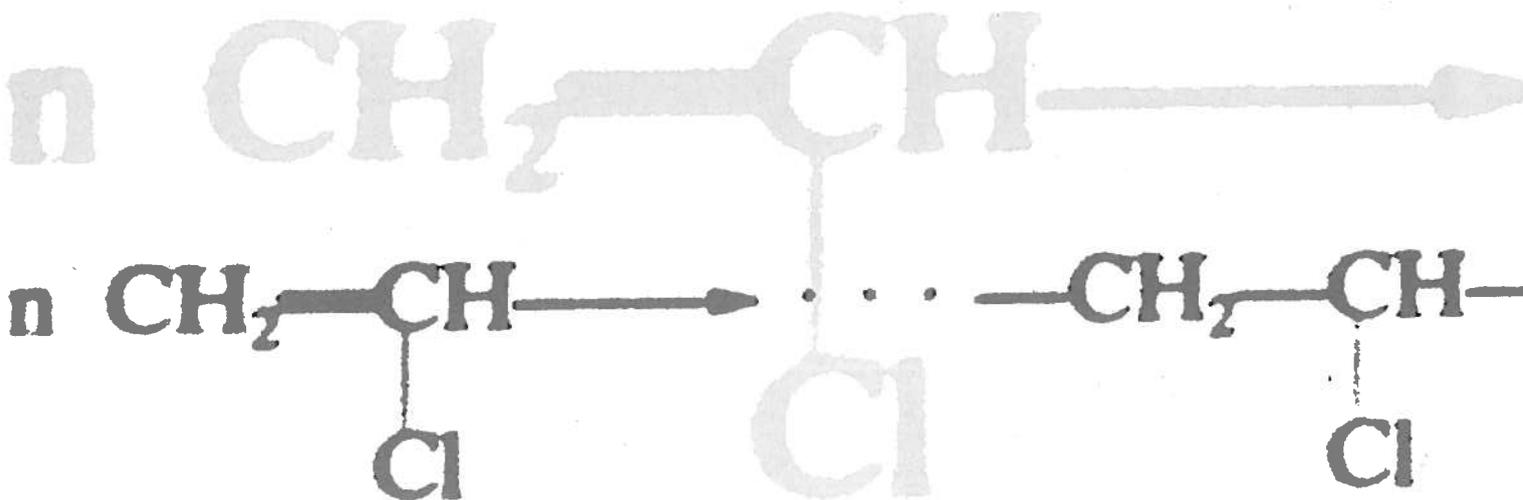
Zu einem schon frühen Zeitpunkt in der Diskussion wurde beim Umweltbundesamt mit der Erstellung der mittlerweile erschienenen Chlorbilanzen (UBA 1991, UBA 1992) begonnen.

Die Überlegungen zu einer Umstrukturierung bzw. Konversion der Chlorchemie werden seit fünf Jahren sehr konkret.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen stellte 1990 klar: „Der Rat unterstützt daher alle sinnvollen Bestrebungen, die einem weiteren Ausbau der Chlorchemie vorbeugen können und die darüber hinaus eine tendenzielle Rückbildung ihrer dominierenden Rolle ermöglichen.“ (SRU 1990, Tz. 752) Der Sachverständigenrat machte auch einen interessanten Vorschlag für die weitere Strategie im Umgang mit Chlor: „Im Hinblick auf den zeitlichen Rahmen der Substituierbarkeit und Rückbildung der Chlorchemie ist zu unterscheiden zwischen chlorhaltigen Produkten ... und chlorhaltigen Reaktionsvermittlern in der Produktion. Während bei ersteren ein möglichst rascher Abbau, beginnend bei den in die Umwelt gelangenden und dort persistierenden Verbindungen zu fordern und möglich ist, bedarf es bei letzteren der längerfristigen Umstellung.“ (Tz. 753)

Im Klartext: Der Sachverständigenrat (SRU) empfiehlt den sofortigen Verzicht auf die besonders gefährlichen chlorchemischen Produkte, die wie etwa PER bei der Metallentfettung oder den FCKW bei der Kühlschrankschrottung in die Umwelt gelangen. Danach will der Sachverständigenrat die Produktion etwa des harmlosen Glycerins von einem chlorchemischen Zwischenprodukt auf einen „chlorfreien Pfad“ umgestellt sehen.

Die andauernde Diskussion in Fachkreisen (siehe z.B. BUND / Ev.Akad. Bad Boll 1990, STEGER 1991) und in der Öffentlichkeit über den „Ausstieg“ aus der Chlorchemie, die nicht nur in Deutschland, sondern auch in einigen europäischen Nachbarländern mittlerweile in Gang gekommen ist, muß nunmehr in ein klares Szenario münden.



Chlor auf dem Rückzug

Denn der „Ausstieg“ aus der Chlorchemie hat längst begonnen. Die Chlorchemie ist in Teilbereichen bereits auf dem Rückzug. Dies zeigt sich z.B. an sinkenden Produktionszahlen für Chlor in Deutschland (von 3,5 Millionen Tonnen 1988 auf zur Zeit ca. 2,8 Millionen Tonnen), an dem Rückgang der Verwendung von chlorierten Lösemitteln in Westeuropa, an dem Montrealer Protokoll für die Fluorchlorkohlenwasserstoffe und an der Verringerung des Chloreinsatzes in der Zellstoffindustrie.

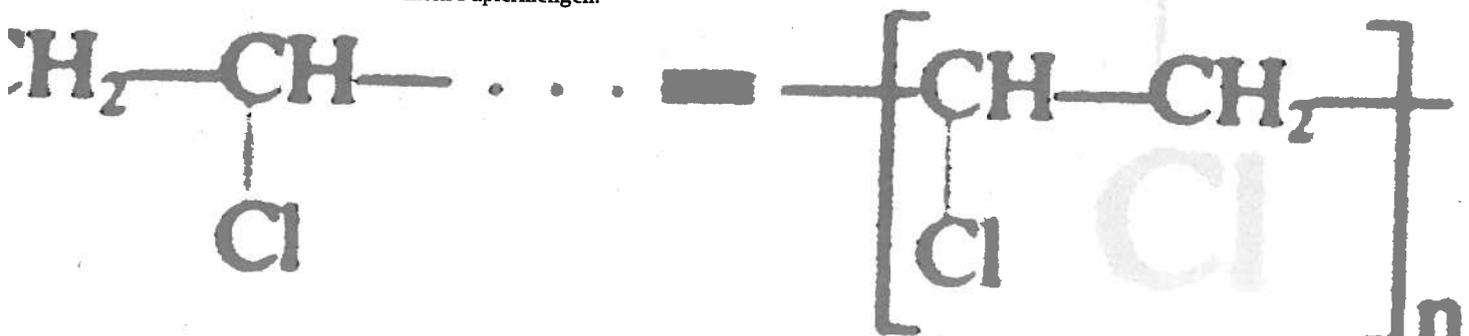
Um diese positive Entwicklung fortzusetzen, müssen mit Hilfe einer Konversionsstrategie Prioritäten für eine deutliche Umweltenlastung gesetzt und wesentliche von weniger wichtigen Problemen unterschieden werden. Die Strategie sollte für die Hersteller von chlorchemischen Produkten Klarheit über mittel- und langfristige Perspektiven bringen, denn nur dann ist mit Investitionen in alternative Prozesse und Produkte zu rechnen. Diese Umstrukturierung kann dann auch sozial vernünftig abgedefiniert werden, da es nicht um eine Abschaffung der Chemieindustrie, sondern um einen Strukturwandel geht. Verbraucher haben auf der anderen Seite Anspruch auf Produkte, mit denen sie sicher für sich und die Umwelt umgehen können, seien es Konsumentinnen/Konsumenten, Handwerksbetriebe oder industrielle Anwender.

Realistischerweise ist davon auszugehen, daß Chlor als Grundstoff der Chemieindustrie nicht überall kurz- bis mittelfristig ersetzbar sein wird. Alternative Verfahren und Produkte müssen im Sinne der chemiepolitischen Grundsätze (siehe Kasten) umweltverträglicher als die entsprechende „Chemie mit Chlor“ sein.

Es bedarf angemessener Übergangszeiten und Zwischenziele für den Strukturwandel. Denn: Die Schrumpfung der Chlorchemie in der Bundesrepublik darf nicht mit Problemverlagerungen erkaufte werden. Weder ist es wünschenswert, daß bei schrumpfenden Lösemittelmärkten im Inland die Auslastung der Produktionskapazitäten durch Steigerung oder Beibehaltung der Exporte ausgeglichen oder zumindest aufrecht erhalten wird. Die Stilllegung von Produktionskapazitäten für PVC in Westeuropa kann noch nicht als Erfolg betrachtet werden, wenn nicht auch die Verbrauchsmengen auf dem deutschen Markt in ähnlichem Umfang zurückgehen. Ein Beispiel für die Verlagerung von Produktionsrisiken ist die Zellstoffindustrie: über 80% des deutschen Papierzellstoffbedarfes wird importiert, die restlichen 20% inländisch in mittlerweile chlorfreien Verfahren hergestellt. Chlorbleiche findet also in Deutschland nicht mehr statt. Im Ausland wird aber immer noch in zahlreichen Produktionsstätten Chlor eingesetzt für die in Deutschland verbrauchten Papiermengen.

Neben der internationalen Risikoverlagerung ist auch eine Verlagerung von toxischen Risiken nicht wünschenswert: Chlorierte Lösemittel werden beispielsweise häufig durch Kohlenwasserstoffgemische ersetzt, deren toxikologisches Risikopotential oft ungenügend bekannt ist.

Für die Chlorchemie kann daher ein „geordneter Rückzug“ im Sinne einer mittelfristig angelegten Konversionsstrategie angetreten werden. Diese Strategie sollte für die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und Schutz der Umwelt - Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“ („Chemie-Enquete“) des Deutschen Bundestages, natürlich auch für die Bundesregierung, die Länderregierungen sowie darüber hinaus für die EG-Kommission Richtschnur des Handelns werden. Der BUND wird daher auch über seine europäischen Partnerorganisationen (Friends of the Earth International, European Environmental Bureau) in diesem Sinne aktiv werden.



Ziele und Struktur des Szenarios

Chemiepolitische Grundsätze des BUND

Die „alltägliche Katastrophe“ der Belastung von Mensch und Umwelt mit zahllosen Chemikalien, von denen wir meist weder Giftigkeit noch die in die Umwelt eingebrachte Menge kennen, und nicht unbedingt der publicity-trächtige „Störfall“ sind die eigentliche Gefahr unserer heutigen Chemieproduktion. Nur tritt die Gefahr dieser Chemikalienflut gegenüber lokalen Chemieunfällen z.B. bei Hoechst in Frankfurt in den Hintergrund. Wir dürfen – neben den unzweifelhaften Vorteilen der Chemieproduktion – nicht diese Gefahren unterschätzen.

Der BUND setzt sich daher für einen menschen- und umweltgerechten Umbau unserer Industriegesellschaft ein. Dazu hat der BUND in den vergangenen Jahren Ziele und Inhalte einer Chemiepolitik vorgeschlagen und in die Diskussion gebracht, um der weiter zunehmenden Belastung von Mensch und Umwelt durch Chemikalien entgegenzuwirken. Chemiepolitik setzt nach Meinung des BUND eine Betrachtungsweise voraus, bei der die positiven und negativen Wirkungen eines Stoffes, aber auch seiner Neben- und Umwandlungsprodukte, unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten abgeschätzt werden.

Dabei sind alle Phasen, von der Produktion über den Gebrauch bis zur Beseitigung, zu beurteilen. Chemiepolitik muß auf einen sozialen Nettonutzen des Einsatzes von Chemikalien abzielen. Sie hat daher sowohl unter dem Aspekt des Umweltschutzes als auch dem der Ressourcenschonung den sparsamsten Einsatz von Chemikalien unter Berücksichtigung ihrer Umweltverträglichkeit in allen Anwendungsbereichen zu bewirken. Damit wird Chemiepolitik – in Anwendung des Vorsorgeprinzips – zum Bestandteil politischen Handelns.

Der BUND hat folgende – nach ihrer Priorität aufgeführte – Grundprinzipien als chemiepolitische Leitsätze formuliert:

1. das Minimierungsgebot für den Stoffverbrauch
2. das Recyclingprinzip und
3. den Grundsatz des ökologischen Designs, der auf die Umweltverträglichkeit von offenen Stoffkreisläufen abzielt.

(BUND 1984, FRIEGE/CLAUS 1988)

Wir brauchen eine vorausschauende Chemiepolitik!

Entsprechend den eingangs genannten Problemen sollten folgende prioritäre Ziele mit der Konversionsstrategie erreicht werden:

1 Verhindern des Eintritts vor allem persistenter bzw. hochmobiler Halogenkohlenwasserstoffe in die Umwelt, weil unerwartete Reaktionen dieser Stoffe (Ozonzerstörung!) immer wieder auftreten.

2 Ausschaltung der Dioxinquellen, d.h. Verzicht auf alle Verbindungen, bei deren Herstellung Dioxine entstehen oder die bei unkontrollierter thermischer Belastung (z.B. Aufschmelzen, Brand, Sintern) Dioxine in relevanten Mengen bilden können.

3 Zuwachsbegrenzung und mittelfristiger Abbau des im Altbestand langlebiger Polymere (PVC, Chloropren) gespeicherten „Salzsäurepotentials“: Der gegenwärtige Nutzungsbestand von PVC beträgt in der Bundesrepublik etwa 12 Mio t, zur Neutralisation der darin freisetzbaren gespeicherten Salzsäure wären entsprechende Mengen an Natronlauge oder Kalk erforderlich. Diese „Alkalienhypothek“ darf nicht weiter anschwellen.

4 Begrenzung der Salzfracht in den Flüssen orientiert an ökologischen und volkswirtschaftlichen (z.B. Korrosion) Maßstäben.

Diese Ziele können nun in ein grobes Szenario umgesetzt werden, das im Dialog mit den Herstellern und Anwendern chlorchemischer Produkte und Verfahren, den betroffenen Belegschaften, der Politik und den gesellschaftlichen Gruppen verfeinert und ausgefüllt werden muß.

Anwendung in „offenen Systemen“

Struktur des Szenarios

Im Szenario werden vier Felder behandelt:

1 Produktion und direkte, umweltoffene Anwendung von halogenorganischen Verbindungen (HOV's) incl. halogenorganischer Additive und Farbstoffe und Chlor,

2 Produktion und Anwendung von HOV's in geschlossenen Systemen,

3 Produktion und Verwendung halogener Polymere, insbesondere PVC,

4 Produktion und produktionsinterne Verwendung von Chlor als Reaktionspartner bei der Herstellung nicht halogener Endprodukte.

Unter „offenen Systemen“ sind diejenigen Produktanwendungen zu verstehen, bei denen der fragliche Stoff durch Verbrauch oder nach Gebrauch über diffuse Abfallströme, über Abluft und Abwasser oder auch über Verwertungswege in die Umwelt gelangt. Beispielhaft seien hier die folgenden HOV-Anwendungsbereiche genannt: Holzschutzmittel und sonstige Biozide, Abbeizer, Kleb- und Leimungsmittel, Aufschäummittel, Flammenschutzmittel, flammhemmende Weichmacher, Farbstoffe, ungenügend gereinigte Salzsäure. Unter die „offenen Anwendungen“ fällt auch die Chlorbleiche für Zellstoff (Verwendung von Chlor führt u.a. zur Freisetzung chlororganischer Verbindungen ins Abwasser), die heute in Deutschland bereits keine Rolle mehr spielt. In diesen Anwendungsfeldern sollten halogenorganische Verbindungen ab 1995 generell nicht mehr eingesetzt werden. Ausnahmen hiervon können nur mit Hilfe nachvollziehbarer Bedarfsanalysen und nach Ökobilanzierung im Vergleich mit alternativ in Frage kommenden Produkten festgelegt werden.

Zu der Anwendung in „offenen Systemen“ zählen auch Leimungsmittel, die Epichlorhydrin enthalten, für die Papierindustrie, insbesondere bei naßfesten Papieren. Dies ist ein wesentlicher Eintragspfad für chlororganische Verbindungen in Papier bzw. Altpapier.

Eine Prioritätensetzung ist angesichts der schwierigen Hochrechnung der Exposition nicht möglich; auch die Persistenz ist eine Funktion der Umweltbedingungen, denen der fragliche Stoff bei bzw. nach Gebrauch ausgesetzt ist. Weitere Debatten über „prioritäre Stoffe“ sind für diesen Teil des Szenarios überflüssig, ja geradezu schädlich, wenn man berücksichtigt, daß sich plötzlich weitere umweltoffen angewandte HOV's als kritisch erweisen können.

Anwendung in „geschlossenen Systemen“

Poly(ethylen

Sofern keine geeigneten Alternativen zu HOV'en vorhanden sind, können diese in „geschlossenen Systemen“ weiterhin Verwendung finden. Darunter versteht man solche Anwendungsfälle, bei denen die eingesetzte chemische Verbindung zurückgewonnen wird und damit allenfalls in Spuren in die Umwelt gelangt. Der Begriff „geschlossenes System“ setzt daher eine Recyclingquote nahe 100 % voraus und muß sich am Stand der Technik orientieren. Hierzu können unter Umständen chemische Reinigungen gehören, sofern die notwendigen technischen und logistischen Voraussetzungen für einen „Stoffkreislauf“ geschaffen sind und in der Realität funktionieren. Der Chlorbedarf für derartige Anwendungsfelder ist nach Stabilisierung des Kreislaufs gering, da nur Leckageverluste o.dgl. auszugleichen sind. Zur Zeit gibt es aber kaum solche „geschlossenen Systeme“, hier ist erheblicher Handlungsbedarf für die Schließung, wenn die verwendeten HOV'en nicht ersetzt werden sollen.

Im gegenwärtigen Zustand führen die sogenannten „geschlossenen Lösemittelanwendungen“ noch zu massiven Emissionen an HOV's. Und auch für das Jahr 2000 weisen die gegenwärtigen Planungsbilanzen der Lösemittelredestillateure kein „geschlossenes“ System aus. Die Tabelle zeigt dies sehr deutlich.

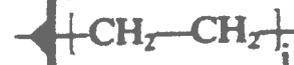
	Einsatz	davon Redestillat	Entsorgung durch Zerstörung	Export von Redestillaten	Emission in t
CKW in offener Anwendung (D)	5.000				5.000
CKW in geschloss. Anwendung*	63.000	8.500	6.000	11.000	35.000
Prognose 2000					
CKW in offener Anwendung					
CKW in geschloss. Anwendung	31.000	4.000-8.500	6.000	10.500-15.000	6.000

*Die Bilanzlücke von 2.000 t/a ergibt sich aus der undefinierten Verwertung von Lösungsmittelgemischen.

Gegenwärtig beträgt die inländische Redestillateinsatzquote weniger als 15% und die Emissionen liegen immer noch bei mehr als 55% der Einsatzmengen. Für das Jahr 2000 ist nach diesen Abschätzungen immer noch mit einer Emissionsquote von 15%-20% zu rechnen und die Redestillateinsatzquote dürfte kaum 30% erreichen. Der überwiegende Teil der Redestillate soll exportiert werden, vornehmlich für offene Verwendungszwecke. Zur Zeit werden Redestillate in großen Mengen nach Südeuropa exportiert. Es besteht somit erheblicher Optimierungsbedarf. Von der Annäherung an einen Kreislauf könnte frühestens gesprochen werden, wenn sich die Redestillateinsatzquote auf über 75% erhöht und die Emissionsquote auf unter 5% der jährlichen Einsatzmenge absinkt. In Lösemittelanwendungsbereichen, die diese Quoten nicht erreichen können, ist bis 1997 auf den Einsatz chlorierter Lösemittel ganz zu verzichten.

Emissionen aus „geschlossenen Kreisläufen“ bei CKW-Lösemitteln: Lösemittelbilanz inländisch (alle Bundesländer) in t/a (nach KRAEF (RCN) 1993 und NADER (VCI) 1993)

Poly(ethylen-co-vinylaceta



PVC und andere halogenierte Polymere

Die Hersteller von PVC bezeichnen diesen Kunststoff gerne als „Endlager“ für Chlor, unterstellen mithin dem PVC eine hohe Stabilität gegenüber Abbau durch Luftsauerstoff, durch Lichteinwirkung oder unter Luftabschluß, die zu einem „ewigen“ Verbleib des gebundenen Chlors in der Technosphäre führen soll. Diese Stabilität wird durch z.T. sehr kritische Zusatzstoffe (Schwermetalle) erkauft.

Abgesehen von ihren toxischen Risiken können die Stabilisatoren aber nicht bewirken, daß PVC sich wie ein Mineralstoff verhält, also PVC erst in geologischen Zeiträumen verwittert. PVC ist daher kein „Endlager“ für Chlor. Vielmehr stellen 12 Mio Tonnen derzeit in Gebrauch befindlichen PVCs ein Chlor- bzw. Salzsäurepotential größten Ausmaßes dar. Darüber hinaus enthalten PVC-Produkte bis zu 50% organische Additive, die deutlich reaktionsfreudiger als das PVC selbst und damit nicht endlagerfähig sind. Es ist daher notwendig, unbrauchbares Alt-PVC einer kontrollierten Vernichtung in Anlagen zuzuführen, die in der Lage sind, die Freisetzung von Salzsäure, Dioxinen und Schwermetallstäuben zu verhindern. Als Behandlungstechnik kommt derzeit nur die aufwendige Verbrennung bei Temperaturen um 1.000 Grad mit nachgeschalteter Rauchgaswäsche in Betracht, bei der der Energiewert des PVC zu über 90% verloren geht. Produkte der Verbrennung sind in jedem Fall Chloridsalze unterschiedlicher Reinheit oder Salzsäure. An der Verwertbarkeit entsprechend großer Mengen solcher Produkte sind erhebliche Zweifel angebracht.

Eine Wiederverwertung von PVC aus Altprodukten stößt auf folgende, teilweise unlösbare Schwierigkeiten:

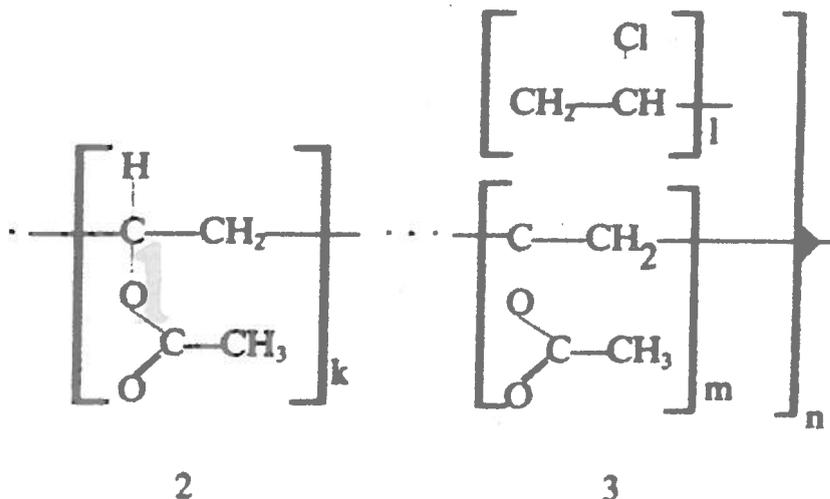
a Die Verteilung der Produkte (Verpackung, Spielzeug ...) an Millionen von Konsumenten verhindert für eine unter dem Gesichtspunkt des schonenden Umgangs mit Energie vertretbare Sammlung, Sortierung und Reinigung; das Desaster mit dem „grünen Punkt“ für Kunststoffverpackungen hat eindeutig gezeigt, daß der notwendige technische Aufwand für die Gewinnung von Recyclat-Kunststoff unter diesen Umständen zu einem Preis führt, der ein Vielfaches über dem Preis von Neu-PVC liegt.

b Bei Produkten mit guter Rückholbarkeit und langer Lebensdauer (Fensterrahmen, Rohre) kann wegen der sich über Jahrzehnte ändernden Rezepturen und der bei Kunststoffen üblichen Veränderung mechanischer Eigenschaften nur ein Teil des PVC's in neuen Produkten verwertet werden. Die Problematik der Verschleppung ansonsten unerwünschter Begleitstoffe (Cadmiumseifen ...) wird mittelfristig eine erhebliche Hürde für das PVC-Recycling darstellen.

c Altmaterial aus Fenstern und Rohren steht bislang kaum zur Verfügung, die maximale Recyclatquote an der Produktion beträgt derzeit nach Angaben der PVC-Lobby-Gruppe AgPU unter 1%. Technisch möglich wären nach Angaben aus der Chemieindustrie Zumischungen von 20-25% Recyclat zu Frisch-PVC und ein Altmaterialanteil von bis zu 75% bei mehrschichtigen Produkten.

d Eine Wiederverwertung von PVC-Verbunden (PVC/ Holz in Möbeln, PVC/Polyestergewebe in Planen und Arbeitskleidung, PVC/Papier in Tapeten, PVC/Metall in Automobilen, PVC/Weichmacher in Fußböden, Weichfolien und Kabeln) ist nicht realistisch, weil der technische Aufwand zur Trennung des Materialverbundes in keinem Verhältnis zum Rohstoffwert der rückgewonnenen Stoffe steht oder weil die erzeugte Materialqualität schlecht ist.

polyvinylchlorid)



Aus den bisherigen Untersuchungen zur Substituierbarkeit von PVC im Vergleich zu alternativen Werkstoffen ergibt sich die Möglichkeit des Verzichts in den Bereichen:

- Verpackungen (bereits weitgehend vom Markt verschwunden, vor allem was die Lebensmittelverpackungen betrifft),
- Kabelisolation (Ersatz durch VTPE, Silikone ...),
- Fußbodenbeläge (bei Teppichböden Ersatz durch textile Rückenbeschichtung, bei Bodenfliesen durch Linoleum, Holz, Kunststein ...),
- Profile im Hochbau (Holz, Stahl ...),
- Spielzeug (Alternativen in großer Zahl verfügbar).
- Kunstleder, insbesondere für Arbeitsbekleidung (Alternativen Gummi, Naturleder),
- Weich-PVC-Schläuche (Ersatz durch Silikon möglich).

Die sogenannte „Kreislaufgarantie“ der PVC-Hersteller und Verarbeiter steht daher auf tönernen Füßen. Nicht wiederverwertbare Altprodukte bilden derzeit den überwiegenden Anteil der Abfälle, wiederverwertbare Altprodukte sind kaum verfügbar. Und selbst bei Fußbodenbelägen – nach Auffassung der PVC-Hersteller ein wiederverwertbares Altprodukt – ist derzeit keine mengenmäßig relevante Verwertung zu erkennen.

Bei gleichbleibenden PVC-Verarbeitungsmengen in Deutschland würde sich der Altbestand an PVC jährlich weiterhin um 1,4 Mio t erhöhen, ein Kreislauf findet entgegen dem Eindruck, den die PVC-Hersteller erwecken, nicht statt.

Als Anwendungsfall von PVC könnten dann nur solche Produkte dienen, bei denen relativ niedrige mechanische oder ästhetische Anforderungen den Einsatz von Recycling-PVC erlauben, sowie keine Brandgefahr gegeben ist (Tiefbau). Es sei allerdings darauf hingewiesen, daß Anlagen zur Herstellung von Recycling-PVC wegen der Gefahr der Dioxinbildung besonderen Sicherheits- und Überwachungsstandards genügen müssen.

Dies bedeutet, daß man auf PVC in vielen Anwendungsbereichen rasch verzichten muß, um ein aufgrund der Salzsäure-Problematik nicht mehr lösbares Entsorgungsproblem zu vermeiden.

Damit bleiben als Anwendungsfälle von PVC über das Jahr 2010 hinaus nur langlebige Produkte aus Hart-PVC, soweit sie überwiegend aus Recyclingmaterial hergestellt werden. Die Risiken und Schwierigkeiten dabei ergeben sich aus den Wiederverwertungshemmnissen b) und d).

Der Gebrauch von fluorierten Kunststoffen (Teflon) ist aus ökologischer Sicht noch wenig untersucht. Die Verwendung von fluorierten Polymeren nimmt jedoch im Textilbereich massiv zu. Heute werden Probleme vor allem bei der Entsorgung (u.a. Entstehung von Fluorwasserstoff bei der Verbrennung) gesehen. Die übrigen halogenierten Polymere PVDC, chloriertes PE usw. spielen mengenmäßig keine große Rolle. Für sie gilt ähnliches wie das für PVC gesagte.

Produkt	inländische Verarbeitung 1992*	rechnerische Abfallmenge 1993**	überwiegendes Verwertungshindernis	PVC-Produkte und Abfälle in Tonnen/Jahr
Rohre/Fittings	326.000	...60	b) und d)	
Profile (inkl. Fenster)	393.000	...40 ***	a) und d)	
Hartfolien, Tafeln	249.000	80.000	a)	
Weichfolien	100.000	71.000	c) teilweise a)	
Kabelmassen	107.000	18.000	c)	
Beschichtungen	93.000	k.A.	c)	
Bodenbeläge	61.000	47.000 ****	c)	
Schläuche	50.000	22.000	c)	
Hohlkörper	8.000	7.500	a)	
Gesamt	1.425.000	360.000		

* nach: Zentrale Marktforschung HOECHST

** Eckstein (1993) – diese Abfallmengen sind fiktiv und können in der Realität erheblich nach oben und unten abweichen

*** plus einige 1.000 Jahrestonnen Altproduktverwertung

**** plus 3.000 Jahrestonnen Altproduktverwertung

Chlorierte Zwischenprodukte

Chlor spielt zur Herstellung reaktiver Zwischenprodukte eine bedeutende Rolle. Für eine Auswahl chlorfreier Endprodukte, in deren Syntheseweg aber Chlor eingesetzt wird, sollten chlorfreie Synthesen alternativ im Hinblick auf die jeweilige Belastung von Umweltkompartimenten, Störfallproblematik, Abfallmengen, Nebenprodukten und Energieverbrauch etc. diskutiert werden. Dies erscheint besonders wichtig für die Propylenoxid-Synthese, bei der große Mengen chlorierter Abfälle neben stöchiometrischer Mengen Salzsäure anfallen. In Deutschland werden z.Zt. etwa 600.000 t Propylenoxyd hergestellt, das als Grundstoff für zahlreiche chemische Verbindungen, u.a. auch Glycerin, Polyurethan-Komponenten, usw. genutzt wird.

Das eingesetzte Chlor reagiert teilweise zu unerwünschten Nebenprodukten (etwa 54.000 t organisch gebundenes Chlor, die zu Lösemitteln weiterverarbeitet werden bzw. z.T. in die Umwelt gelangen) oder wird mit Hilfe von Kalk (BASF, ECD) oder Natronlauge (DOW) neutralisiert und als wäßrige Salzlösung in die Flüsse abgeleitet (rund 825.000 t Chlorid 1991). Dabei werden in der Bundesrepublik etwa 580.000 t Natriumhydroxid verbraucht, das sind rund 17% der im Chlor-Alkaliverbund erzeugten Natronlauge-menge. In Westeuropa wird gut 70% des erzeugten Propylenoxids zu Polyolen weiterverarbeitet, einer der beiden Komponenten zur Polyurethan-Herstellung (PUR). Polyurethane (PUR) werden überwiegend als Schäume zur Wärmedämmung, in Möbelpolstern oder als Formteile im Innenraum von Automobilen verwendet. Zu ihrer Erzeugung wird eine zweite Komponente benötigt, das sogenannte Diisocyanat, das ebenfalls über eine Chlorroute (bei BAYER) entsteht. Auch hier bilden sich große Mengen Rückstandssalzsäure, die aber teilweise im Kreis gefahren werden. Insgesamt lag der Chlorverbrauchsanteil für Polyurethan 1991 in der Bundesrepublik bei über 26% und damit höher als die Chlorverbräuche für PVC.

Von der Chemischen Industrie werden Chlorrouten zur Herstellung chlorfreier Endprodukte häufig als „Chemie mit Chlor innerhalb des Werkszaunes“ bezeichnet. Aus den vorgenannten Sachverhalten wird aber deutlich, daß bislang der Chlor/Chloridkreislauf bei der Propylenoxidsynthese nicht innerhalb des Werkes geschlossen wird: Salzsäure-Abwässer werden mit wertvoller Natronlauge neutralisiert und weitgehend in Süßwasserflüsse abgeleitet, wo sie zur Aufsalzung führen. Nebenprodukte werden zu Lösemitteln aufgearbeitet und bei ihrer Anwendung weitgehend in die Umwelt freigesetzt.

Abgesehen von einer notwendigen ökobilanziellen Überprüfung der Chlorrouten, könnte in diesem Sektor allein durch den Aufbau von Erfassungs- und Verwertungssystemen für Polyurethan der Chlorverbrauch zur Herstellung von Ausgangsstoffen für PUR zurückgehen.

Endlager für chlororganische Verbindungen

Die Industriegesellschaft steht vor einem riesigen Entsorgungsproblem im Hinblick auf langlebige halogenorganische Verbindungen (HOV's). So sind etwa 12 Mio t PVC in Deutschland im Umlauf, ein Materialstau in der Technosphäre. Die Verbrennung dieses PVC's würde einen entsprechenden Bedarf von Neutralisationsmitteln zur Folge haben, sofern daraus nicht Salzsäure gewonnen werden kann.

Der Anteil von PVC-Produkten mit einer Lebensdauer mit mehr als 20 Jahren wird in Westeuropa auf über 40% geschätzt. Die „Alkalienhypothek“, das heißt der Bedarf an Natronlauge oder Kalk als Neutralisationsmittel, wird nicht zeitnah zur Produktion von PVC fällig, sondern erst Jahrzehnte später. Die „Alkalienhypothek“ der Zukunft kann nicht mit Natronlauge gedeckt werden, weil bei ihrer Erzeugung wiederum Chlor und damit ein erneuter Druck zur Verwertung des Chlors entstünde. Umweltpolitisches Ziel muß es sein, ein erneutes „Hochschaukeln“ des Chlor-Natronlauge-Verbundes zu verhindern. Das heißt, daß die Verwendung von Natronlauge als Neutralisationsmittel eingeschränkt werden muß und darüber hinaus müssen auch andere Verwendungsbereiche nach Einsparpotentialen für Natronlauge durchforstet werden.

Darüber hinaus scheidet der von der PVC-Industrie bisher propagierte „Salzkreislauf“ an den technischen Reinheitsanforderungen der Chlor-Alkali-Elektrolyse. Die Salze aus der Rauchgaswäsche sind nicht so sauber, daß sie in größerem Umfang zur Chlorproduktion eingesetzt werden könnten. Die Verwendung von Brandkalk als alternatives Neutralisationsmittel muß überprüft werden, weil dessen Herstellung sehr energie- und kohlendioxidintensiv ist. Darüber hinaus ist Calciumchlorid ein schon heute kaum verwertbares Abfallprodukt der Sodaindustrie.

Daher sind für die „Endlagerung“ von halogenierten organischen Verbindungen (HOV's) grundsätzlich nur zwei Wege zu diskutieren.

1 Feste HOV's (zum Beispiel PVC) werden in Bereichen abgelagert, in denen Abbauprozesse unwahrscheinlich sind. Hierzu gehören geologisch sichere unterirdische Lagerstätten. Auf diese Weise würde nunmehr organisch gebundenes Chlor dorthin zurückkommen, wo es bisher in anorganischer Form geologische Zeiträume überdauert hat. Nachteil: In Salzlagerstätten werden organische Materialien eingetragen, die dort aus geologischer Sicht gesehen nicht hingehören.

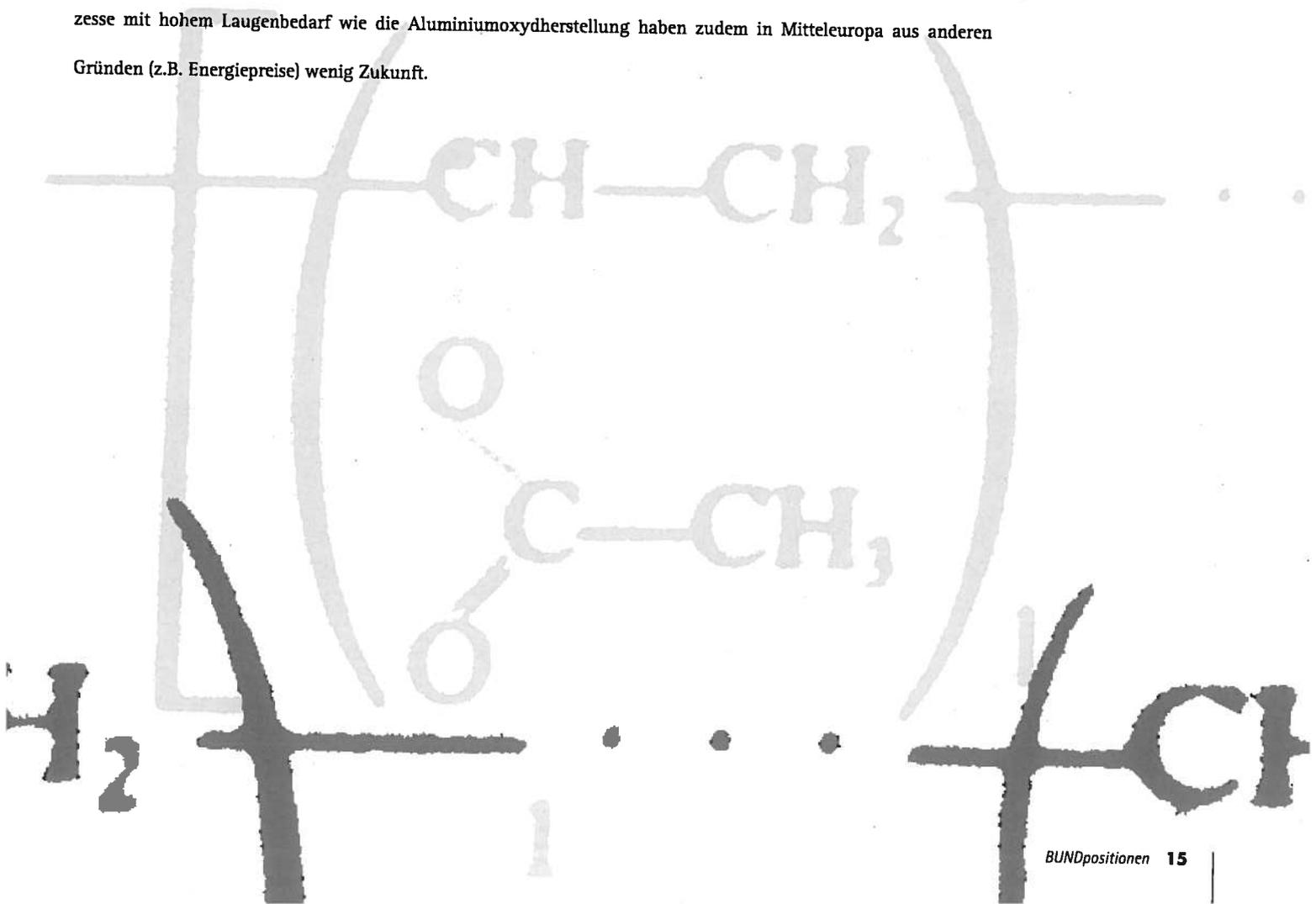
2 Feste und flüssige HOV's werden oxidativ oder hydrierend unter Abwärmenutzung gespalten und das Chlor in Form von Salzsäure aufgefangen. Die Anlagen hierfür sind aber erst in geringem Maße vorhanden. Es ist denkbar, die Salzsäure direkt in Oxichlorierungsprozesse einzuschleusen (wie zum Beispiel die PVC-Produktion), sie einer Elektrolyse zu unterziehen (wie zum Beispiel in der Isocyanatherstellung) oder sie als Ersatzprodukt für Schwefelsäure zu verwenden. Nachteil: Bei deutlich verringertem Chlorbedarf und enorm steigenden Alt-PVC-Mengen ist eine Sättigung des Salzsäuremarktes schnell erreicht. Aus technischer Sicht ist außerdem der Nachweis zu führen, daß bei der Verbrennung von Altprodukten zu Salzsäure, brauchbare Säurequalitäten erzielt werden können.



Chlor/Natronlauge-Kopplung

Bei Diskussionen um die Chlorchemie wird von der Chemieindustrie gerne ins Spiel gebracht, daß bei Rückgang des Chlorverbrauchs die für andere chemische Prozesse nicht verzichtbare Natronlauge fehlen würde. Wie in Abschnitt VIII dargelegt, führt jedoch die weitere unbegrenzte Produktion von HOV's langfristig zu einem enormen Bedarf an Neutralisationsmitteln wie Natronlauge.

Die Vorstellung einer festen Kopplung der Natronlaugenproduktion an die Chlorherstellung ist im übrigen nur bedingt richtig. Tatsächlich werden abhängig von den jeweiligen Weltmarktpreisen, Wechselkursschwankungen usw. auch heute statt Natronlauge andere Laugen eingesetzt oder Natronlauge durch Kautifizierung von Natursooda oder synthetischer Soda hergestellt. Die verschiedenen Synthesen zur alternativen Herstellung von Natronlaugen bzw. anderer Ersatzlaugen müssen einer Produktlinienanalyse unterzogen werden. Eine grobe Abschätzung führt zu dem Schluß, daß erst bei erheblicher Verringerung der Chlorproduktion der Bedarf an Natronlauge nicht mehr aus der Chlor-Alkali-Elektrolyse gedeckt werden kann (BUND/Evangel. Akad. 1990). Einige industrielle Prozesse mit hohem Laugenbedarf wie die Aluminiumoxydherstellung haben zudem in Mitteleuropa aus anderen Gründen (z.B. Energiepreise) wenig Zukunft.



Zusammenfassende Daten

Aus den bisher angestellten Überlegungen folgen nun Zielvorstellungen für die nächsten 15-20 Jahre, also etwa das Jahr 2010. Der Verbrauch an Primär- und Sekundärchlor (Salzsäure aus der Verwertung von PVC) sollte bis auf höchstens 30% des Standes von 1989 zurückgefahren werden können. Das weitere Wachstum des Nutzungsbestandes an PVC von derzeit rd. 12 Mio. t sollte bis Anfang des nächsten Jahrzehnts bei etwa 15-18 Mio t abgefangen werden können. Etwa vom Jahr 2005 an würde sich der Nutzungsbestand langsam mit einer Quote von 0,2 bis 0,4 Mio t/a wieder verkleinern; d.h.: die neu in den Markt gebrachte Menge ist wesentlich niedriger als die „entsorgte“ PVC-Menge.

Der verbleibende Bedarf für die chlororganische Produktion in der Bundesrepublik liegt nach diesem Szenario (Tab.3) über 1 Mio t pro Jahr, wenn die Chlorroute zur Herstellung von Propylenoxid zunächst beibehalten wird. Das entspricht einer Kapazitätsminderung von etwa 70% in 20 Jahren. Ein Teil der verbleibenden Chlorerzeugungskapazitäten kann als Oxichlorierung oder Salzsäureelektrolyse betrieben werden und die Salzsäuremengen aus dem Rücklauf von Alt-PVC in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts aufnehmen.

Verwendungssektor	Reduktion gegen 1989	Verbleibender Bedarf Mio. t/a	Änderung des Chlorbedarfs im Szenario
Chlor für Löse-, Treibmittel- und Kältemittel-HOV's in offenen Anwendungen	> 99,9 %		* mit Auslandsabsatz. Annahme: der westeuropäische Markt für chlorierte Lösemittel folgt mit Verzögerung dem deutschen Trend und die effektive Recyclingquote (das Anteil Regenerat am Verbrauch) kann auf 70 % gesteigert werden. ** Sowohl Polyurethane als auch wassermischbare Lösemittel auf Propylenoxidbasis sind chlorfreie Produkte, für die noch Verbrauchszunahmen zu erwarten sind. *** Polycarbonate werden zu über 80 % für den Elektronikbereich und CD verwendet, es ist mit starken Verbrauchssteigerungen zu rechnen.
Chlor für HOV's in geschlossenen Anwendungen (Ersatz von Verlusten)*	> 90 %	0,022	
Chlor für PVC in Rohren und Fenstern (unter Annahme von 40 % Altstoffeinsatz) PVC in Verpackungen, Spielzeug, Kabeln etc. PVC in Spezialanwendungen (Medizin etc.)	> 70 % 100 %	0,100 0,010	
Chlor für Propylenoxid- und Diisocyanatherstellung (unter der realistischen Annahme einer 40 % Altstoffeinsatzquote für PUR-Schäume und Lösemittel bei leicht steigendem Markt)**	> 40 %	0,700	
Chlor für Polycarbonate (unter der realistischen Annahme einer Verdoppelung der Produktion gegen 1989 unter Intensivierung der Altproduktverwertung)***	+ 100 %	0,07	
Chlor für Epichlorhydrin (unter der hypothetischen Annahme, 50 % der Anwendungsbereiche entfallen)	> 50 %	0,08	
Chlor für Chloraromaten und andere organische Spezialitäten (unter der hypothetischen Annahme, 50 % der Anwendungsbereiche entfallen wegen offener Anwendung oder recyclingbehindernder Wirkung und 30 % können auf halogenfreie Routen umgestellt werden.)	> 80 %	0,100	
Gesamt	70 %	1,1	

Die nächsten Schritte der Chlorchemie-Konversion

Die Konversionsstrategie muß zwischen den gesellschaftlichen Gruppen diskutiert und in einem konsensorientierten Prozeß ausformuliert werden. Hierzu gehören weiterhin Aspekte der Umwidmung von Arbeitsplätzen in der Chlorchemie, so daß abzubauenen Kapazitäten auf der einen Seite möglichst an gleicher Stelle neue Aufgaben gegenübergestellt werden. Beispiele hierfür könnten der Ersatz von Chlor-Alkali-Elektrolysen durch Salzsäure-Elektrolysen, der Bau von Destruktionsanlagen für Fahrzeuge, die Einrichtung logistischer und technischer Voraussetzungen für die Kreislaufführung unverzichtbarer CKW bei Abbau entsprechender Kapazitäten für die CKW-Produktion sein.

Es bedarf zur Erreichung der formulierten Ziele einer Reihe von Steuerungsinstrumenten, die erst teilweise zur Verfügung stehen. Wichtige Instrumente sind:

- 1** Verpflichtung der Hersteller zur Rücknahme und Wiedereinsatz von Polyurethan und langlebigen PVC-Produkten auf Grundlage des Abfallgesetzes, verbunden mit einer Abfallabgabe auf diese Produkte in Höhe von ca. 3 bis 4 DM/kg.
- 2** Abbau der Strompreisvorteile für die Chlor-Alkali-Elektrolyse (über die Aufsichtsorgane der Elektrizitätswirtschaft).
- 3** Erhebung von Risikozuschlägen, Aufpreisen und Abfallabgaben bei der Entsorgung von HOV's, insbesondere auch für den Schwermetallgehalt.
- 4** Einführung von Leasingkonzepten für die Verwendung von HOV'en in geschlossenen Systemen mit angemessenen Haftpflichtversicherungen.
- 5** Verbot des Umgangs mit bestimmten HOV'en auf Grundlage des Chemikaliengesetzes, insbesondere bei umweltoffener Nutzung.
- 6** Verwendungsbeschränkung bei recyclingbehinderndem Einsatz von HOV's, insbesondere PVC (vieles auch Empfehlungen des Bund-Länder-Ausschusses Umweltchemikalien-BLAU) auf Grundlage einer noch zu schaffenden Ermächtigung im Abfallgesetz; Kennzeichnung aller Kunststoffe auf der Grundlage des §14.
- 7** Beschränkung der Reststoffverwertung bei chlororganische Produktionsrückständen auf die Herstellung von Salzsäure oder chlorfreien Verarbeitungsprodukten auf Grundlage des BImSchG.
- 8** Eigenverantwortliche Entfrachtung des Produktspektrums von halogenorganischen Zusatzstoffen oder Werkstoffen in den Branchen: Elektro- und Elektronikgeräte, Fahrzeugherstellung, Möbelherstellung, Papiererzeugung, Herstellung von Farben und Beschichtungsstoffen, Herstellung von Verpackungs- und Installationskunststoffen.

Quellen

Ahrens, A. und Lohse, J. (1993): Chlorchemie – Vorschläge zur Strukturierung der Konversionsdebatte, ÖKOPOL, Hamburg, vorgelegt bei der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt ...“ des Dt. Bundestages.

Baccini, P. und Brunner, P.H. (1991): Metabolism of the Anthroposphere, Springer-Verlag, Berlin.

BUND (1984): Chemiepolitik – Forderungen an einen neuen Politikbereich, BUNDposition 10, Bonn

BUND/Evang.Akademie Bad Boll (Hrsg.) (1990): Chlorchemie: Probleme, Alternativen, Perspektiven, Bad Boll.

Eckstein (1993): Öffentliche Anhörung „Chlorchemie“ Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ am 3./4. Juni 1993, Kommissions-Drs. 12/11

Engelmann (1993): siehe Enquête-Kommission

Friege, H. und Claus, F. (1988): Chemie – für wen?, Rowohlt, Reinbek.

Hollmann (1993): siehe Enquête-Kommission

Kraef (1993): siehe Enquête-Kommission

Nader (1993): siehe Enquête-Kommission

Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1990): Sondergutachten Abfallwirtschaft, Kohlhammer, Stuttgart.

Steger, U. (Hrsg.) (1991): Chemie und Umwelt. Das Beispiel der chlorchemischen Verbindungen. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (1991): Handbuch Chlor-chemie I, Berlin.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (1992): Handbuch Chlor-chemie II, Berlin.

Impressum

Herausgeber:

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND),
Im Rheingarten 7, 53225 Bonn
Telefon: 0228/40097-0,
Telefax: 0228/40097-40

Text:

BUND-Arbeitskreis Umweltchemikalien/Toxikologie

Redaktion:

Andreas Fußer, Thomas Lenius

Gestaltung/Satz:

Boros Werbeagentur, Wuppertal

Titelillustration:

Joachim Götz

Bestellnummer:

01025

1. Auflage:

Februar 1994

