



Wien, Mai 2008

## **POSITIONSPAPIER DES LENKUNGSAUSSCHUSSES IM PROGRAMM „ÖKOKAUF WIEN“ ZUR VERMEIDUNG VON CHLORORGANISCHEN VERBINDUNGEN, INSBESONDERE PVC**

Aktualisierte Fassung 2008

Die Stadt Wien nimmt schon seit vielen Jahren einen kritischen Standpunkt zur Beschaffung und Verwendung von Produkten und Verpackungen aus PVC ein. Der PVC-Verzicht ist auch Bestandteil der im Rahmen von „ÖkoKauf Wien“ ausgearbeiteten Kriterien zur ökologischen Beschaffung. Zusätzlich werden PVC-Produkte auf Grund ihrer Risiken für Umwelt und Gesundheit mit Wirksamwerden der Neubauverordnung 2007 in Zukunft im geförderten Wohnbau de facto nicht mehr zum Einsatz kommen. Ebenso wird im Wiener Krankenanstaltenverbund konsequent sowohl im Baubereich als auch bei medizinischen Produkten auf PVC wo möglich verzichtet.

Trotz der nachgewiesenen Umwelt- und Gesundheitsprobleme, die mit der Produktion, der Anwendung und der Entsorgung von chlororganischen Verbindungen, insbesondere PVC, verbunden sind, wird seit Jahren von der PVC-Industrie der Standpunkt der Stadt Wien hinsichtlich der Vermeidung von PVC-Produkten kritisiert.

2005 wurde von „ÖkoKauf Wien“ gemeinsam mit ExpertInnen ein Positionspapier erstellt, welches den Stand der kritischen Diskussion zu PVC zusammenfasst und bewertet. Die Schlussfolgerung war, weiterhin auf die Beschaffung von PVC-Produkten zu verzichten. Die im Positionspapier dargelegte Einschätzung der Problematik und die Vorgangsweise im Zusammenhang mit der Beschaffung von Produkten und Leistungen bleiben unverändert bestehen.

Zuletzt versuchte der „Fachverband der Chemischen Industrie Österreichs“ (FCIO) in der im Herbst 2007 vorgestellten Studie „PVC heute“ (Univ.- Doz. Dr. Andreas Windsperger, Institut für Industrielle Ökologie) darzustellen, dass auf Grund der ökologischen Verbesserungen bei der Herstellung und Entsorgung von PVC ein Festhalten am PVC-Verzicht im Beschaffungswesen ungerechtfertigt sei.

„ÖkoKauf Wien“ und der Wiener Krankenanstaltverbund beauftragten daher unabhängige Experten mit einer Studie, in welcher die Argumente für eine PVC-Vermeidung aktuell zusammengefasst wurden. In der nunmehr vorliegenden Studie **„PVC 2008: Fakten, Trends, Bewertung“** werden ausgehend von einer gesamtheitlichen Betrachtung und Evaluierung die Lebenszyklen von PVC und dessen Zusatzstoffen beschrieben und bewertet. Sie dokumentiert die heute noch von PVC hervorgerufenen Umwelt- und Gesundheitsbelastungen und nimmt auch kritisch zu den Argumenten in der aktuellen Studie „PVC heute“ Stellung.

**Diese Studie „PVC 2008: Fakten, Trends, Bewertung“ stellt somit eine Aktualisierung des Positionspapiers von „ÖkoKauf Wien“ dar, die in ihrer abschließenden Bewertung zu folgender Empfehlung kommt:**

*„Die Beschränkung hinsichtlich der Beschaffung und Verwendung von Produkten und Verpackungen aus PVC, wie sie die Stadt Wien festgelegt hat, sollten aus heutiger Sicht jedenfalls beibehalten werden, da sich im Vergleich mit anderen Werkstoffen nichts Wesentliches zu Gunsten von PVC geändert hat.“*

Gestützt auf diese Studie, durch die die Argumente der Stadt Wien für eine PVC-Vermeidung einmal mehr wissenschaftlich belegt wurden, empfiehlt „ÖkoKauf Wien“ weiterhin, generell auf PVC zu verzichten.

Für die Beschaffung von Produkten und Leistungen bedeutet dies: PVC-haltige Materialien sollten nur dann ausnahmsweise zum Einsatz kommen, wenn geeignete Ersatzmaterialien nicht zur Verfügung stehen oder wenn es im Fall bloß geringfügigen Einsatzes wie bei Instandsetzungen und Sanierungen zweckmäßig erscheint. Die ausnahmsweise Verwendung PVC-haltiger Materialien ist dann entsprechend dem Erlass „Berücksichtigung der Umweltgerechtigkeit bei der Beschreibung der Leistung in Ausschreibungen“, MDA-1207-1/03 jedenfalls schriftlich zu begründen.



# **PVC 2008: Fakten, Trends, Bewertung**

im Auftrag des  
„ÖkoKauf Wien“ Programms der Stadt Wien  
und des  
Wiener Krankenanstaltenverbundes

Autoren: Thomas Belazzi, Franz Leutgeb

*Wien, im April 2008*

## Inhalt

<b>Zusammenfassung und Empfehlungen</b>	<b>1</b>
<b>I. Anlass und Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>II. Bestimmungen zu PVC in Wien</b>	<b>4</b>
<b>III. Der Lebenszyklus von PVC</b>	<b>5</b>
Methodischer Ansatz der Studie	5
Herstellung	5
Wertschöpfung durch Kuppelprodukte der Elektrolyse: Das Kuppelprodukt heißt Chlor!	7
Kostenvorteil: der Chlor-Entsorgungsbonus	7
Rohstoffverfügbarkeit	8
Technologische Entwicklung der Chlor-Alkali-Elektrolyse	9
PVC und die Vermeidung der Chlorchemie	12
Energiebedarf und Klimarelevanz	12
<b>III./1. PVC-Zusatzstoffe</b>	<b>15</b>
Stabilisatoren	15
Farbpigmente	15
Weichmacher	16
Umwelt- und Gesundheitsgefährdung durch Weichmacher	16
<b>III./2. Gesundheits- und Umweltprobleme in der Anwendung</b>	<b>17</b>
Gesundheitsrisiko: Phthalate in Medizinprodukten	17
Brandverhalten und Folgekosten im Brandfall	19
Personengefährdung im Brandfall	19
Bildung von persistenten toxischen Substanzen bei Bränden	21
<b>III./3. Abfallsituation bei PVC</b>	<b>22</b>
Die Deponierung von PVC	24
Altmaterialeinsatz durch Recycling	25
<b>IV. Studie "PVC heute"</b>	<b>28</b>
Die Themenfelder	28
Die Bewertungsmethodik	29
Ergebnisse	30
<b>V. Zusammenfassung der Evaluationsergebnisse</b>	<b>31</b>
<b>VI. Ein Label für „grünes“ PVC?</b>	<b>33</b>
<b>VII. Literatur</b>	<b>34</b>

## Tabellen

<b>Tab. 1: PVC-Abfall in Österreich</b>	<b>24</b>
<b>Tab. 2: Bewertungsskala WINDSPERGER 2007</b>	<b>29</b>
<b>Tab. 3: Ergebnisse der Evaluation von WINDSPERGER 2007</b>	<b>32</b>

## Abbildungen

Abb. 1:	Schema der „Globalen Destillation“	6
Abb. 2:	Zunahme von Dioxinen im Laufe des 20. Jahrhunderts	6
Abb. 3:	Stöchiometrie der Chloralkalielektrolyse	7
Abb. 4:	Anteile Verfahren Chloralkali-Elektrolyse 1997 - 2004	9
Abb. 5:	Technologieanteile Alkalielektrolyse 1978 - 2006	10
Abb. 6:	Internationaler Vergleich Technologien Alkalielektrolyse 2003	11
Abb. 7:	Energie und CO <sub>2</sub>	13
Abb. 8:	Entwicklung der Energieeffizienz eines Polyolefinherstellers	14
Abb. 9:	CO <sub>2</sub> –Emissionsreduktion bei der Polyolefinherstellung	14
Abb. 10:	Temperatur und Rauch in der Brandstartphase	20
Abb. 11:	Sichtbarkeit von Warnschildern im Brandfall	21
Abb. 12:	PVC-Abfallströme in Österreich	23

## **Zusammenfassung und Empfehlungen**

Die bestehenden ökologischen Vorgaben bei der Beschaffung von PVC-freien Verpackungen und Produkten in der Stadt Wien werden seit Jahren von der PVC-Industrie direkt oder indirekt als nicht gerechtfertigt kritisiert, zuletzt bei der Vorstellung der Studie „PVC heute“ am 10.9.2007 in Wien.

### **Ergebnis Lebenszyklusbewertung**

In der vorliegenden Studie wird der Lebenszyklus von PVC von der Produktion des Roh-PVC und seiner vielen Zusatzstoffe für die vielfältigen Einsatzgebiete von PVC-Produkten über die Verwendung bis zur Entsorgung einschließlich der weiterhin weitgehend ungelösten Recycling-Thematik beschrieben und bewertet.

Eingehend werden die auch heute noch von PVC hervorgerufenen Umwelt- und Gesundheitsbelastungen dokumentiert. Diese reichen von Umweltbelastungen durch die PVC-Produktion selbst, den Gesundheits- und Umweltrisiken, die mit den vielen PVC-Zusatzstoffen verbunden sind, bis hin zu den Gefahren im Brandfall. Dazu ist bis heute die Entsorgungsfrage weiterhin ungelöst, da nur marginale PVC-Abfallmengen wiederverwertet werden.

Die Beschränkungen hinsichtlich der Beschaffung und Verwendung von Verpackungen und Produkten aus PVC, wie sie die Stadt Wien festgelegt hat, sollten aus heutiger Sicht jedenfalls beibehalten werden, da sich im Vergleich mit anderen Werkstoffen nichts Wesentliches zugunsten von PVC geändert hat.

### **Studie der PVC-Industrie „PVC heute“**

Aus der im September 2007 vorgestellten Studie „PVC heute“ des Instituts für Industrielle Ökologie der Landesakademie Niederösterreich (Autoren: Windsperger et. al.) sind auch nicht ansatzweise ausreichend Argumente abzuleiten, welche eine Aufhebung bestehender ökologisch motivierter Beschränkungen von PVC rechtfertigen würden. Die Studie weist neben einer Reihe von richtigen (davon mehreren durchaus PVC-kritischen) Aussagen u. a. einige schwere methodische Mängel, eine ganze Reihe von völlig unnachvollziehbaren, bzw. teilweise nachweislich falschen oder teilweise irreführenden „Bewertungen“ auf.

Im Rahmen der Studie „PVC heute“ wurde PVC gar nicht mit anderen Werkstoffen verglichen, vielmehr wurde versucht, gewisse in den letzten Jahren erzielte, sowie für die Zukunft versprochene ökologische Verbesserungen zu identifizieren. Dabei wurde bei der Bewertung mehrmals nicht die aktuelle Umweltperformance von PVC herangezogen, sondern vielmehr unverbindliche Versprechungen der PVC-Industrie für die Zukunft als bereits realisiert angesetzt!

### **„Böses“ Weich- und „gutes“ Hart-PVC?**

Dass Weich-PVC v. a. aufgrund der Weichmacherproblematik und des völlig ungeklärten (und wegen des hohen Anteils teilweise hoch bedenklicher matrixfremder Zusatzstoffe nicht klärbaren) Recyclings ökologisch noch deutlich schlechter abschneidet als Hart-PVC, ist seit langem bekannt. Dies bedeutet aber nicht, dass Hart-PVC, wie in der Studie suggeriert, zu einem ökologisch akzeptablen Werkstoff wird. Die negativen Auswirkungen reichen von Umweltbelastungen bei der PVC-Produktion selbst, den Gefahren im Brandfall bis zu der bis heute weiterhin ungelösten Entsorgungsfrage, da Verpackungen und Produkte aus PVC nur in einem geringen Ausmaß wiederverwertet werden können. Gesundheitsrisiken ergeben sich vor allem aus den zahlreichen Zusatzstoffen, die PVC beigegeben werden.

### **Ein Öko-Label für „besser hergestelltes“ PVC?**

Neben der ökologisch nicht haltbaren Argumentation wäre es aus ökonomischer Sicht kontraproduktiv, einen Werkstoff, der sich wegen seines niedrigen Preises und nicht wegen seiner ökologischen Performance am Markt durchsetzt, mit einem „Öko“-Label zu versehen,

Ökologisch bewusste KonsumentInnen und BeschafferInnen werden aus guten Gründen weiter auf diesen Werkstoff verzichten und sich nicht durch noch so gefinkelte Kennzeichnungsanstrengungen locken lassen. Die große Mehrheit derer, welche derzeit PVC kaufen, tut dies, weil PVC billiger ist als die entsprechenden Konkurrenzwerkstoffe.. Genau diese Personengruppe wird aber sofort auf Konkurrenzprodukte umsteigen, sobald PVC durch aufwändige Ökolabels teurer wird als auch nur ein einziger Konkurrenzwerkstoff. Hersteller von Billigprodukten werden auch weiter möglichst billige Rohstoffe beschaffen, und diese kommen, wie der jüngste Skandal bleihaltiger (PVC-)Spielwaren anschaulich demonstriert hat – immer weniger aus der EU.

Es kann daher die Sinnhaftigkeit der Strategie der PVC-Industrie angezweifelt werden, „besser hergestelltes“ PVC, welches nach westeuropäischen bzw. EU-Kriterien produziert wurde, mit einem z.B. Umweltzeichen zu versehen.

## **I. Anlass und Aufgabenstellung**

In dieser Studie sollen die Argumente der Stadt Wien für eine PVC-Vermeidung aktuell zusammenfasst werden.

Weiters soll eine jüngst vorgestellte Studie der PVC-Industrie „PVC heute“ (WINDSPERGER 2007a, 2007b) kritisch gesichtet und bewertet werden. Diese Studie ist nicht der erste Versuch der PVC-Industrie und ihrer Lobby, jene Umwelt- und Gesundheitsargumente, die gegen PVC angeführt werden, zu entkräften, um bestehende Beschränkungen zu Fall zu bringen und dem Werkstoff zu einem besseren Image zu verhelfen.

Neu ist der mit den Ergebnissen der beiden Studien begründete Versuch der PVC-Industrie, in Zukunft „gutes“ (das meint man in Europa produziertes.) von „bösen“ (von außerhalb Westeuropas bzw. der EU importiertes) PVC zu unterscheiden, und dafür ein bislang völlig artfremdes Instrument wie ein Gütezeichen als Abgrenzung zu verwenden.

## II. Bestimmungen zu PVC in Wien

Die Stadt Wien nimmt schon seit vielen Jahren einen kritischen Standpunkt zu Verpackungen und Produkten aus PVC ein.

1989 fand in Wien ein PVC-Hearing statt. Darauf aufbauend wurde im Februar 1990 ein Beschluss zur kommunalen PVC-Vermeidung gefasst. Die Stadt Wien hat in den vergangenen Jahren verschiedenste Aktivitäten gesetzt, um die Beschaffung von Verpackungen und Produkten aus PVC zu vermeiden. Dazu zählen neben den Vorgaben des Klimaschutzprogramms Wien - KLIP (Gemeinderatsbeschluss vom 5.11.1999<sup>1</sup>) auch Maßnahmen für das eigene Beschaffungswesen, wie auch für das landeseigene Förderwesen, insbesondere im Hochbau.

Seit 1992 gibt es in Wien die Vorgabe zur PVC-freien Beschaffung, deren Ziele u. a. in den aktuellen Vergaberichtlinien (VD 307, Kap. 3.1.7) der Stadt Wien (STADT WIEN 2006) formuliert sind. Dort heißt es (Auszug): „Bei der Erstellung des Angebotes ist darauf zu achten, dass umweltbelastende Produkte möglichst vermieden werden. Insbesondere sind Produkte bzw. Verpackungsmaterialien, die PVC, andere halogenhaltige Kunststoffe oder halogenierte Kohlenwasserstoffe enthalten, unerwünscht und dürfen bei Vorhandensein gleichwertiger Produkte aus anderen Materialien nicht angeboten werden.“

Das Ziel des „ÖkoKauf Wien“ Programms ist es, verstärkt ökologische Kriterien in das Beschaffungswesen der Stadt Wien zu integrieren. Die Stadt Wien nimmt mit einem Einkaufsvolumen von ca. 5 Mrd. Euro pro Jahr auf Qualität und Beschaffenheit der Produkte am Markt erheblichen Einfluss. (ÖKOKAUF 2005a)

Zu den ausdrücklichen Vorgaben des „ÖkoKauf Wien“ Programms zählen u. a. die Vermeidung unnötiger Verpackungen, der Einsatz phosphat- und formaldehydfreier Produkte, der Ausschluss von PVC, von mit Chlor gebleichten Produkten, von aggressiven Reinigungsmitteln und von Tropenhölzern. Die Stadt Wien verspricht, dass „der erfolgreich eingeschlagene Weg der umweltfreundlichen Beschaffung in Zukunft nicht nur fortgesetzt, sondern weiter intensiviert [wird]“. (ÖKOKAUF 2002, ÖKOKAUF 2005b)

Mit dem Erlass vom 29.7.2003 hat der Magistratsdirektor der Stadt Wien die Kriterien des Programms ÖkoKauf Wien für die Beschaffung als verbindlich erklärt und damit wesentlich aufgewertet. (ÖKOKAUF 2003)

Die dort ausgearbeiteten Produktempfehlungen haben u.a. den Verzicht von PVC-Produkten zum Ziel. So steht etwa in den Bewertungen „Bodenbeläge“: „PVC Beläge sind nicht empfehlenswert.“

Bei ausgewählten Förderungsprogrammen der Stadt Wien, etwa für die Thermische Wohnbausanierung (THEWOSAN) wurden PVC und andere halogenhaltige Kunststoffe als nicht zulässig definiert.

Bei der Wohnbauförderung für Neubauten wird das ökologische Profil jedes Projektes in einem Fachbeirat der Stadt beurteilt. PVC wird dort aufgrund seiner Risiken für Umwelt und Gesundheit negativ bewertet. Daher kommt PVC im geförderten kommunalen Wiener Wohnbau de facto nicht zum Einsatz. Dies ist in der Wiener Neubauperordnung 2007 festgelegt: „Auf PVC ist zu verzichten, sofern entsprechende Alternativprodukte vorhanden sind.“ (NEUBAUVERORDNUNG 2007)

---

1) Kapitel 1.2 Wohnen, „Bau Klima“ - Verzicht auf Baumaterialien mit halogenierten Kohlenwasserstoffen bei allen Bauprojekten in Wien

### III. Der Lebenszyklus von PVC

#### Methodischer Ansatz der Studie

PVC ist ein chlorierter Kunststoff mit einer Vielzahl von Produktanwendungen.

Die Problematik liegt im Gegensatz zu anderen Werkstoffen in der Vielzahl der vorhandenen Risiken sowie der Belastungen und Gefahren für Umwelt und Gesundheit, die bei der Produktion, der Verwendung und der Entsorgung gegeben sind. Diese Belastungen entstehen durch den Kunststoff selbst als auch durch die Zusatzstoffe wie Stabilisatoren, Weichmacher oder Flammschutzmittel, die vielfach zum Einsatz kommen, um PVC-Produkte verwendbar zu machen.

Im Brandfall, bei der thermischen Entsorgung, aber auch bei Deponiebränden entstehen krebserregende Dioxine und Furane.

Die Komplexität dieser vielfältigen Belastung wird im Folgenden in allen relevanten Stufen dargestellt, wobei in Folge wichtige Stationen des Lebenszyklus von PVC besprochen werden, von welchen Umwelt- und / oder Gesundheitsbelastungen ausgehen.

#### Herstellung

PVC ist der zentrale Baustein der Chlorchemie. Dies lässt sich schon aus dem enormen Produktionszahlen ablesen: Von den etwa 40 Millionen Tonnen Chlor, die weltweit hergestellt werden, werden etwa 30 % zu etwa 20 Millionen Tonnen PVC weiterverarbeitet. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2000)

Daher wird in Folge einerseits der Beitrag von PVC zur Bildung von persistenten Schadstoffen und andererseits die oft diskutierte Rolle der Chlorherstellung in der Chlor-Alkali-Elektrolyse besprochen.

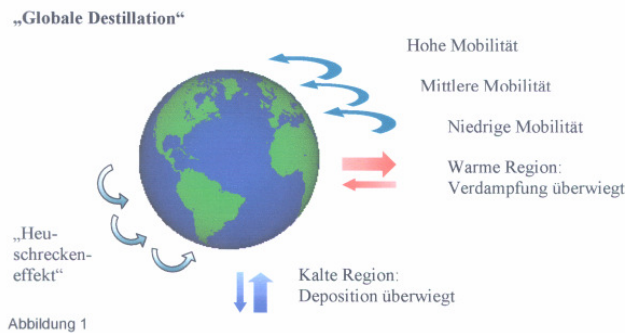
Die Vermeidung von PVC trägt direkt zur Vermeidung von persistenten organischen Schadstoffen (engl.: „persistent organic pollutants“, kurz: POPs) bei. PVC ist mit einer jährlichen Produktion von über 20 Millionen Tonnen eine wesentliche, vielleicht sogar die größte einzelne Quelle für POPs weltweit.

Im Rahmen der Stockholm-Konvention wurden in einem ersten Schritt 12 POPs ausgewählt, für die am raschesten globale Minimierungs- bzw. Verbotsmaßnahmen zu ergreifen sind. Alle 12 POPs sind chlororganische Verbindungen. Zu diesen zählen u. a. Dioxine, Furane und PCBs (polychlorierte Biphenyle), Diese Schadstoffe stehen jedoch nur stellvertretend für hunderte weitere, die in den Ökosystemen weltweit nachweisbar sind. Die Vermeidung von PVC unterstützt damit die internationalen Anstrengungen, langlebige Schadstoffe, eben POPs, an der Quelle zu vermeiden. (COLBURN et al., 1996, GREENPEACE 1996) Im Mai 2001 unterzeichneten in Stockholm 90 Staaten, darunter auch Österreich die Konvention zum Verbot von hochgiftigen Chemikalien, den POPs. Seit Mai 2004 ist die Konvention international rechtlich bindend. (STOCKHOLM, 2001)

Die Emission von langlebigen und/oder bioakkumulierenden Substanzen stieg seit dem massiven Ausbau der (chlor-)chemischen Industrie, insbesondere nach dem 2. Weltkrieg, stark an. Am Beginn des 20. Jahrhunderts waren die Dioxinkonzentrationen in europäischen Sedimenten noch extrem gering. (s. Abb2.)

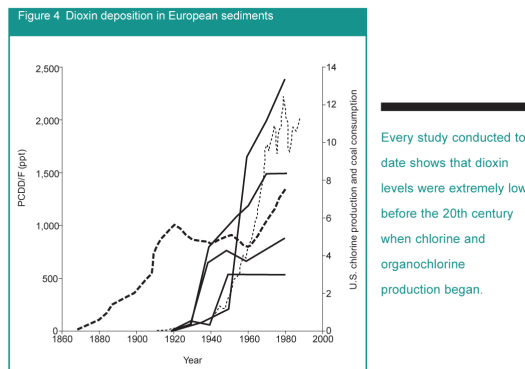
Es kommt weiters zu einer Kontamination durch POPs in Regionen, wo es keine Quellen für solche Substanzen gibt. „Globale Destillation“ oder „Heuschrecken-Effekt“ heißt dieses Wandern langlebiger, schwerflüchtiger Schadstoffe von Zonen mit höheren zu Zonen mit niedrigeren Temperaturen (s. Abb.1). Dazu zählen die tropischen Regenwälder Südamerikas und Afrikas, die Tiefsee, das Hochgebirge wie etwa die Alpen sowie die Polarregionen. Überall dort sind Schadstoffkonzentrationen in der Umwelt nachweisbar, die mehrere Zehnerpotenzen höher sind als in den gemäßigten Breiten der Industrienationen. (STOCKHOLM 2001, COLBURN et al., 1996, HOSSEINPOUR & ROTTLER 1999)

**Abb. 1: Schema der „Globalen Destillation“**



Quelle: Umweltinstitut des Landes Vorarlberg 2003

**Abb. 2: Zunahme von Dioxinen im Laufe des 20. Jahrhunderts**



Quelle: THORNTON 2002

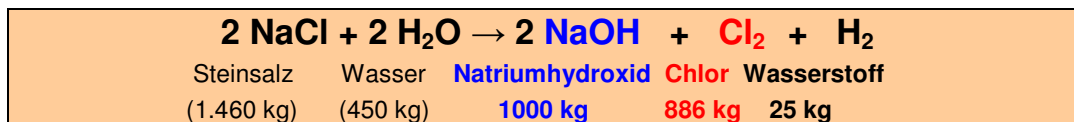
Aufgrund dieser allgegenwärtigen Kontamination von Umwelt und Nahrungskette, ist es nicht überraschend, dass diese Substanzen auch im menschlichen Körper nachweisbar sind: Etwa 90 % dieser Schadstoffe werden über die Nahrung aufgenommen, die übrigen 10 % aus Wasser und Luft. Zumindest 700 synthetische, naturfremde Substanzen sind im menschlichen Fettgewebe nachweisbar. Etwa 200 davon sind chlororganische Verbindungen, wie Neben- und Abbauprodukte

industrieller Prozesse, Lösungsmittel, Pestizide oder Flammschutzmittel. Diese wurden in Blut, Atem, Fettgewebe, Muttermilch, Samen oder Urin nachgewiesen, Verschiedene Studien zeigen den eindeutigen Zusammenhang von chemischer Industrie und Zunahmen von Dioxinen im Laufe des 20. Jahrhunderts auf (s. Abb. 2). (THORNTON, 2002)

## Wertschöpfung durch Kuppelprodukte der Elektrolyse: Das Kuppelprodukt heißt Chlor!

Bei der Kuppelproduktproblematik geht es darum, dass beim derzeit weltweit meistverwendeten Verfahren zur Produktion des industriellen Grundstoffs Natronlauge (Natriumhydroxid), der Chloralkali-Elektrolyse, neben (vergleichsweise kleinen Mengen) Wasserstoff zwangsweise das extrem aggressive Elementarchlor in großer Menge (etwa gleich großen Mengen wie das gewünschte Natriumhydroxid) entsteht:

### **Abb. 3: Stöchiometrie der Chloralkalielektrolyse**



Natronlauge ist ein in vielen Sparten (z.B. Waschmittel, Zellstoff- und Zellwolleproduktion, Textilindustrie) und nicht zuletzt auch im technischen Umweltschutz in großen Mengen nachgefragter industrieller Grundstoff. Das bei der Alkalielektrolyse unvermeidbar anfallende Chlor ist ein extrem aggressives, giftiges Gas, welches wegen seiner Gefährlichkeit weder längerfristig gelagert noch chemisch oder technisch mit vertretbarem Aufwand unschädlich gemacht werden kann.

Die Alkalielektrolyse ist ein Verfahren zu Produktion von Natronlauge, dessen Kuppelprodukt nicht die Natronlauge, sondern Chlor ist! Das heißt, es ist kein positives Argument für Chlor, dass bei der Chlorproduktion Natronlauge anfällt, sondern ein (stark negatives) Argument gegen die Natronlaugeproduktion, dass bei der Alkalielektrolyse Chlor entsteht!

Die einzige Möglichkeit, das gefährliche Chlor zu entsorgen, besteht darin, es chemisch in weniger gefährliche Produkte umzuwandeln. Obwohl Chlor wegen seiner Reaktionsfähigkeit in der Chemischen Industrie eine nicht unbedeutende Rolle bei der Herstellung von Zwischenprodukten chemischer Synthesen spielt, sind letztlich chlorhaltige Stoffe – die sogenannten „Chlorsenken“ - Entsorgungswege für dieses immens gefährliche Koppelprodukt. Und PVC ist – nach dem gesetzlich verordneten Ausfall lukrativer Chlorsenken wie der Chlorbleiche in der Zellstoffproduktion, chlorierter Kohlenwasserstoffe (CKW) oder Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW und HFCKW) die derzeit mit Abstand größte (noch erlaubte) Chlorsenke.

### **Kostenvorteil: der Chlor-Entsorgungsbonus**

PVC setzt sich am Markt gegen alternative Werkstoffe überwiegend wegen seines deutlich niedrigeren Preises durch.

Der Grund dafür liegt in der angeführten stoffflussstrategischen Funktion von PVC und ist leicht nachvollziehbar:

Alle Chlorsenken haben ökonomisch einen „Entsorgungsbonus“. Da eine Unschädlichmachung oder „Entsorgung“ von Chlor ökonomisch nicht darstellbar ist, Natronlauge aber jedenfalls in großem Maßstab gebraucht wird, besteht ein extrem hoher Marktdruck, chlorhaltige Produkte zu produzieren und zu praktisch jedem erzielbaren Preis zu vermarkten.

Dieser Marktdruck äußert sich dann im vergleichsweise geringeren Preis dieser Produkte im Vergleich zu Alternativprodukten, der in der Studie „PVC heute“ als „*Kostenvorteil*“: angepriesen wird.

Jeder Käufer eines chlorhaltigen Produkts enthält seinen „Chlor-Entsorgungsbonus“ in Form eines im Vergleich zu Konkurrenzprodukten geringeren Marktpreises. Diesen Entsorgungsbonus finanzieren indirekt die Abnehmer von Natronlauge, welches das eigentliche Zielprodukt der Alkalielektrolyse darstellt.

Eine andere Seite dieses Marktdrucks besteht in dem riesigen Marketingaufwand, der für diesen Werkstoff getätigt wird: Eine Vielzahl von Personen aus unterschiedlichen Institutionen, die für PVC Lobbyismus betreiben, versuchen mit wechselnden Strategien das Image dieses Stoffs zu verbessern, Markteinschränkungen entgegenzuarbeiten, Studien zu mehr oder weniger relevanten Themen zu beauftragen, zu erstellen bzw. all das, was in vorhandenen Studien an verwertbaren Aussagen gefunden wird, in die Öffentlichkeit und zu den Entscheidungsträgern zu tragen.)

## **Rohstoffverfügbarkeit**

Die vielfach verwendete Aussage, dass bei (Hart-)PVC knapp die Hälfte des Rohstoffs (der Chloranteil im PVC) dem „unbegrenzt verfügbaren Rohstoff Steinsalz“ entstammt, ist eine neuerliche Umkehrung der Problematik der Alkalielektrolyse: Das bei der Natronlaugeproduktion durch Salzelektrolyse entstehende Chlor ist das Problem und nicht der Segen. Dass Chlor nur über neusynthetisierte und anschließend vermarktete Stoffe „entsorgt“ werden kann und im Verlaufe seines Lebenszyklus dann eine Vielzahl von zum Teil gravierenden ökologischen und toxikologischen Problemen verursacht, welche andere, homogene Werkstoffe nicht haben, ist hinreichend bekannt.

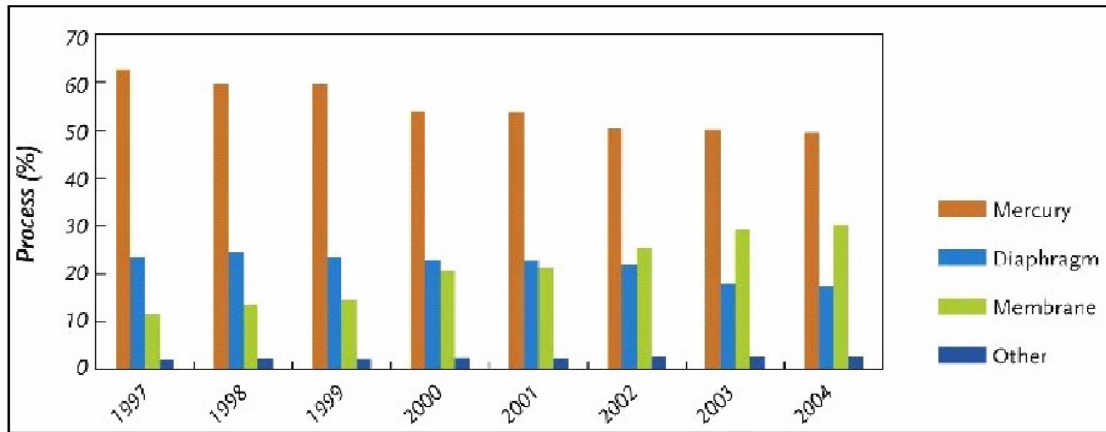
Der Unterschied bzw. „Nachteil“ in der Rohstoffverfügbarkeit der rein petrochemischen, homogenen Werkstoffe (wie Polyolefine, Polystyrol etc.) im Vergleich zu PVC, das (bei Hart-PVC) etwa zur Hälfte aus petrochemischen Rohstoffen und aus Chlor besteht, wird durch die Vielzahl der Probleme, die gerade das Chlor im Laufe des Lebenszyklus von PVC verursacht, mehr als nur relativiert.

Beim Weich-PVC, das aus Gründen der Verarbeitbarkeit und der Haltbarkeit zu etwa der Hälfte aus einer Vielzahl von (petrochemischen) Zusatzstoffen (Weichmacher, Stabilisatoren etc.) besteht, reduziert sich dieser sogenannte „Vorteil“ ohnehin auf eine Marginalie (und zwar ohne dass dadurch die Probleme, die gerade der Chloranteil verursacht, merklich vermindert würden).

## Technologische Entwicklung der Chlor-Alkali-Elektrolyse

Die folgende Abb. 4 (WINDSPERGER 2007b Abb.6 S.13) wird von den Autoren als „deutliche Zunahme der quecksilberfreien Verfahren“ gewertet.

**Abb. 4: Anteile Verfahren Chloralkali-Elektrolyse 1997 - 2004**



(Quelle: EUROCHLOR 2004, zitiert in WINDSPERGER 2007)

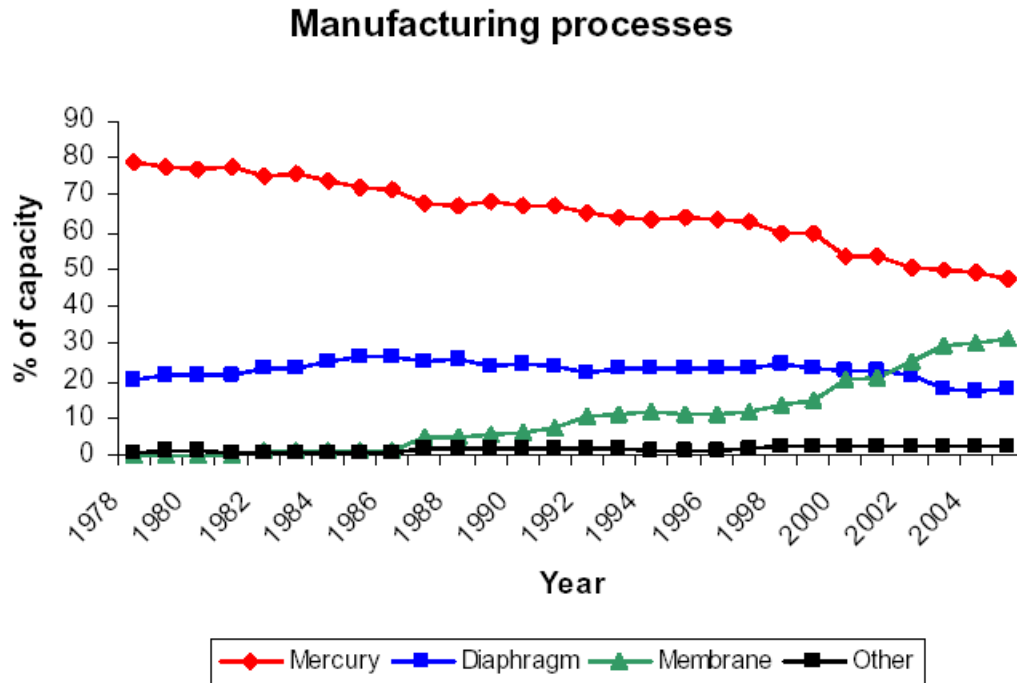
Diese positive Interpretation der „deutlichen Verbesserungen“ stellt – insbesondere, wenn man die dazugehörige Geschichte kennt, eine Fehlinterpretation der vorliegenden Daten dar.

Tatsache ist, dass von der PARCOM-Konvention<sup>2)</sup> bereits 1990 ein Beschluss gefasst wurde (PARCOM 1990), der den Komplettausstieg aus der Amalgamtechnologie (bei dem Elektroden aus flüssigem Quecksilber eingesetzt und Quecksilber emittiert wird) spätestens bis zum Jahr 2010 vorsah (PARCOM 1990).

Wie Abb. 3 klar belegt, kann dieser Umstieg bis 2010 nicht erreicht werden und wie die einschlägige Industrie auch selber öffentlich zugibt bzw. massiv propagiert (ROTHERT 2005, VCI 2006), denkt die Chlorindustrie auch gar nicht daran, sich an diesen Beschluss zur Reduzierung der Einträge des Schwermetalls Quecksilber in marine Ökosysteme zu halten! Vielmehr wird unter Hinweis auf die auch von den Autoren abgedruckten Charts zu Quecksilber (Windspurger 2007a S.17), eine Verschiebung um gleich ein Jahrzehnt (2020!) anvisiert.

Dies wäre, wie man durch Extrapolation der Zeitreihen in der Abb. 5 unschwer nachrechnen kann, genau der Zeitpunkt, in dem alle bestehenden Amalgamanlagen ohnehin bereits längst abgeschrieben wären und der laufende Umstieg auf das billigere und zudem quecksilberfreie Membranverfahren so oder so stattgefunden hätte, ohne dass sich die Industrie diesbezüglich besonders „anstrengen“ müsste!

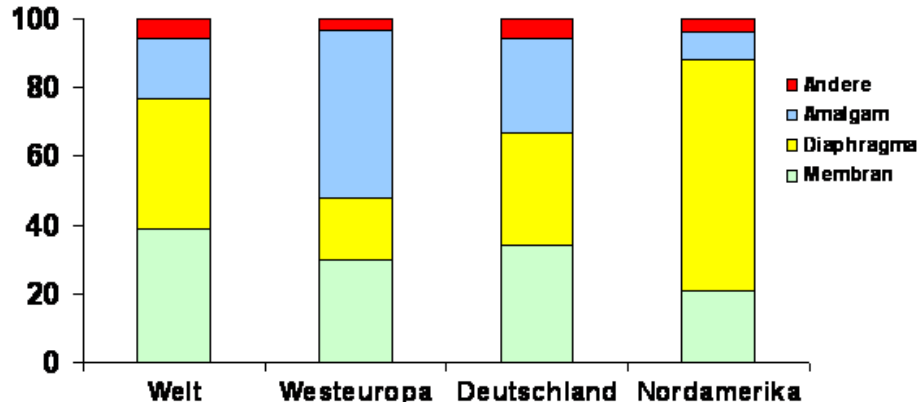
<sup>2)</sup> **PARCOM Konvention:** Paris-Konvention zum Schutz des Nordost-Atlantik vor landgestützten Einträgen in den Atlantik (1974). PARCOM wurde 1992 mit der **OSCOM-Konvention** (der Oslo-Konvention zur Verhütung der Meeresverschmutzung) zur **OSPAR**, der Konvention zum Schutz der marinen Umwelt des Nordost-Atlantiks vereinigt.

**Abb. 5: Technologieanteile Alkalielektrolyse 1978 - 2006**

(Quelle: EURO CHLOR 2006)

Die in den Abb. 4 bzw. 5 abzulesende langsame und nahezu stetige Abnahme des Anteils von Amalgamanlagen ist im übrigen natürlich keineswegs Folge grundlegender umweltbedingter Weichenstellungen oder „Anstrengungen“ der Industrie, sondern – wie der seit Jahrzehnten stetige Kurvenverlauf anschaulich beweist – lediglich die logische Folge der laufenden technologischen Erneuerung: Schon aufgrund des deutlich niedrigeren Energieverbrauchs werden neue Alkalielektrolysen ausschließlich auf Basis der Membrantechnologie errichtet, weil das nämlich (v.a. Energie-)Kosten spart, und zwar massiv.

Die Abb. 6 belegt, dass die westeuropäische Alkaliproduktion im weltweiten Vergleich extrem rückständig ist. Im Bezugsjahr (2003) operierten nach wie vor über die Hälfte aller westeuropäischen Anlagen mit dieser extrem bedenklichen Technologie:

**Abb. 6: Internationaler Vergleich Technologien Alkalielektrolyse 2003**

(Quelle: ROTHERT 2005)

### Die Situation in Österreich

Nach der Schließung der Solvay-Elektrolyse in Hallein ist die einzige verbleibende österreichische Alkalielektrolyse jene der Donau Chemie in Brückl (Kärnten).

An diesem Standort wurde das bei der Natronlaugeproduktion anfallende Chlor in der Vergangenheit durch Produktion chlorierter Lösungsmittel „entsorgt“. Als diese Chlorsenke aus Gründen des Umweltschutzes nicht mehr zur Verfügung stand, entschloss sich das Management zu einem ökologisch ausgesprochen positiv zu beurteilenden Strategiewechsel und baute anstelle der Produktion umweltpolitisch fragwürdiger organischer Chlorsenken die anorganische Chlorchemie als umweltpolitisch neues Standbein auf. Dazu gehört insbesondere die Produktion von Eisen(III)chlorid, welches überwiegend in Kläranlagen (besonders in kleineren) als Fällungsmittel eingesetzt wird. (Außerdem wird der Standort, der wie viele vergleichbare Standorte eine gefährliche Industrie-Altlast war, in vorbildlicher Art saniert.) (UMWELTBUNDESAMT 2004)

Dass der Standort Brückl von der Alkali- zur Membrantechnologie wechselte, hätte durchaus Vorbildwirkung auf die gesamte europäische Branche haben können und widerlegt überdies die von der europäischen Industrie behaupteten unfinanzierbar hohen Umstellungskosten (ROTHERT 2005).

### Keine PVC-Produktion in Österreich

Nach der Schließung der letzten österreichischen PVC-Produktion der Solvay AG in Hallein ist PVC – zum Unterschied zu vielen seiner Werkstoff-Konkurrenten<sup>3)</sup> - ein (interessanterweise vom *österreichischen* Fachverband Chemie massiv forcierter) ausschließlich im Ausland produzierter Werkstoff. Das in Brückl anfallende Chlor landet (wie oben beschrieben) zur Gänze in anorganischen Anwendungen und somit nicht im PVC.

<sup>3)</sup> Einer der weltgrößten Hersteller von Polyolefinen, die Borealis AG, an der die OMV beteiligt ist, hat ihre Konzernzentrale in Wien und betreibt in Österreich wichtige Forschungsstandorte in Schwechat und Linz.

## PVC und die Vermeidung der Chlorchemie

Es ist unbestritten, dass es andere Chloranwendungen gibt, anorganische wie organische. Von diesen ist die organische Chloranwendung PVC zweifelsohne die mit Abstand größte Chlorsenke; sie ist somit selber das mit Abstand größte Stück des „Kuchens“ Chlorchemie. „PVC zu vermeiden“ kann also bei gleichbleibender Natronlaugeproduktion bestenfalls den Druck erhöhen, andere Chlorsenken zu finden und zu vertreiben.

Es gibt (neben mengenmäßig beschränkter Strategien wie der Produktion anorganischer Chlorsenken<sup>4</sup>) in Wirklichkeit nur eine einzige wirksame Strategie „zur Vermeidung der Chlorchemie“: die Herstellung von Natronlauge nach alternativen Verfahren bzw. aus anderen Rohstoffen, bei denen *kein* über Produkte zu „entsorgendes“ Chlor zwangsweise anfällt.

Dass sich diese Verfahren (insbesondere die Natriumsulfat-Elektrolyse, die z.B. riesige Mengen von Abfallsalzen aus der Viskoseproduktion verwerten könnte), bislang nicht durchsetzen konnten, hängt mit der Ökonomie der Haupt- und Nebenprodukte sowie der Rohstoffe zusammen: Natriumsulfat kommt in riesigen Mengen in verschiedenen Regionen der Erde (USA, Türkei, Russland, Ostafrika usw.) als im Bergbau gewinnbarer mineralischer Rohstoff, oft „Trona“ (von Natron abgeleitet) genannt, vor. Alleine aus den Vorkommen in den USA könnte der Weltbedarf an Natronlauge hunderte Jahre gedeckt werden! In den USA sind seit Jahren einige Elektrolysen in Betrieb, die Natriumsulfat direkt in Natronlauge umwandeln.

Solange Chlor in Produkten „untergebracht“ werden kann, die dem System Alkalielektrolyse Deckungsbeiträge liefern und solange Natriumsulfat als Füllstoff in Waschmitteln Erlöse erzielt, ist die Natriumsulfatelektrolyse ökonomisch nicht konkurrenzfähig.<sup>5</sup>)

## Energiebedarf und Klimarelevanz

Hierzu gibt es verschiedene Aspekte:

Wie schon erwähnt, wird der vielfach gepriesene Ausstieg aus der Amalgamtechnologie von der Industrie in Wirklichkeit bewusst verzögert und bewirkt somit das genaue Gegenteil einer „Umwelt-Erfolgsstory“.<sup>6</sup>)

Weiters muss - wie bei allen anderen Kriterien - nachgefragt werden, ob die verbesserten Energie-Kennwerte in der PVC-Produktion ein PVC-Spezifikum sind. Es ist äußerst fraglich, ob sich PVC im ökologischen Vergleich zu seinen Konkurrenten deutlich verbessert hat oder ob ähnliche energetische Verbesserungen nicht auch bei den Konkurrenzwerkstoffen stattfinden und der Saldo somit gleichbleibt.

Bei Fragen der Anwendung eines Werkstoffs geht es immer um den (technischen, Kosten- und ökologischen) Vergleich mit anderen Werkstoffen. Die Einschränkung der Anwendbarkeit von PVC erklärt sich in der Regel aus der immer dramatisch schlechteren Umweltperformance im Vergleich zu seinen Konkurrenzwerkstoffen.

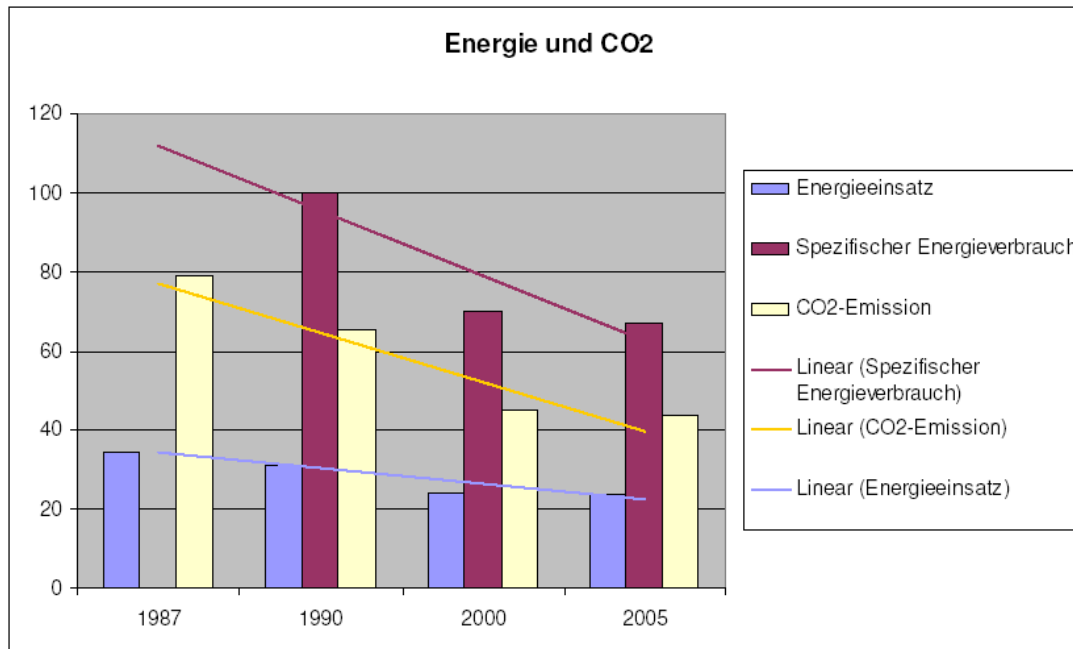
<sup>4</sup>) Siehe dazu auch die Anmerkungen in Kap. „Die Situation in Österreich“ (S.11)

<sup>5</sup>) Ansätze mehrerer Länder, die Ökonomie über eine Chlorabgabe zur Reduktion der umweltpolitisch extrem nachteiligen Stoffflüsse aus der Chlorchemie zugunsten unbedenklicherer Verfahren, Produkte und Stoffflüsse zu beeinflussen, wurden vor einigen Jahrzehnten – weil konträr zum neoliberalen Deregulierungstrend - im Keim erstickt.

<sup>6</sup>) Siehe dazu die Ausführungen im Kap. „Technologische Entwicklung der Chlor-Alkali-Elektrolyse“ (S. 9 ff.)

Zum Nachweis des positiven Trends wird in der Studie von WINDSPERGER 2007a eine Grafik abgebildet (Abb. 7). Diese baut allerdings weder auf empirischen Daten noch auf europäischen Werten auf, sondern stellt lediglich Zielwerte einer Selbstverpflichtung des deutschen Verbands der Chemischen Industrie (VCI) dar:

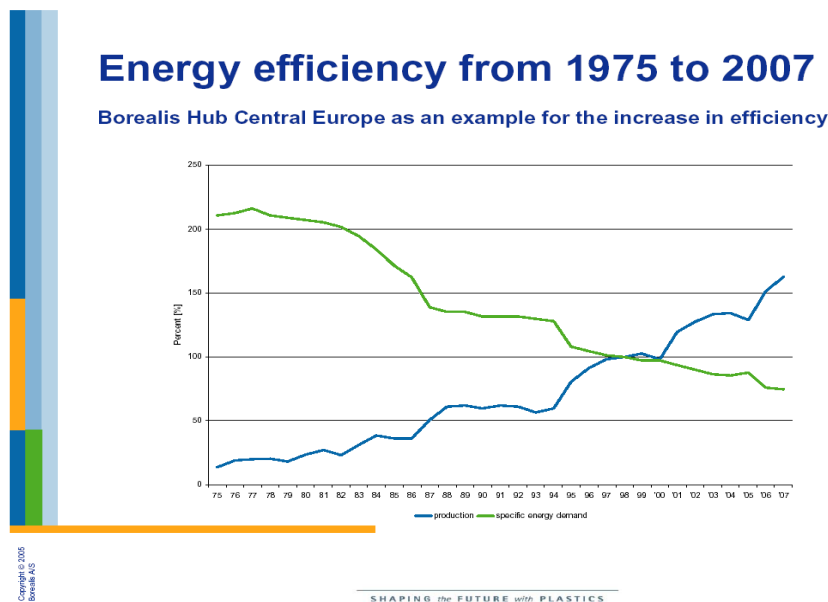
**Abb. 7: Energie und CO<sub>2</sub>**



(Quelle: „VCI; Grafik erstellt nach Daten der Selbstverpflichtung der (sic) VCI“, abgebildet in WINDSPERGER 2007a und 2007b)

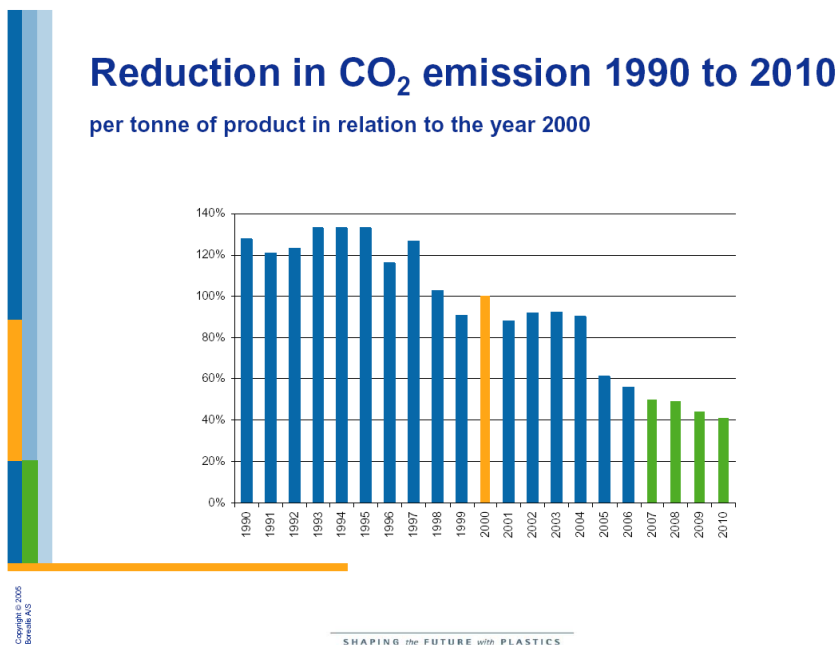
Die Antwort auf die Frage, ob ökologische Verbesserungen ein PVC-Spezifikum sind, ist eindeutig: Energie wird von der Chemischen Industrie natürlich – schon allein aus purem Eigennutz – überall gespart, bei allen Werkstoffen, und bei PVC-Konkurrenten möglicherweise sogar noch deutlich effizienter als bei PVC (Abb. 8 und 9).

**Abb. 8: Entwicklung der Energieeffizienz eines Polyolefinherstellers**



(Quelle: ZACHHUBER 2007)

**Abb. 9: CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion bei der Polyolefinherstellung**



(Quelle: ZACHHUBER 2007)

Es soll hier nicht versucht werden, die prinzipielle Vergleichbarkeit der in angeführten Daten aus der Polyolefinproduktion eines einzelnen Herstellers (mit Konzernzentrale in Österreich) 1:1 mit den für Daten der europäischen Chlorindustrie zu vergleichen. Das wäre wenig seriös.

Die Daten geben aber zumindest einen klaren Hinweis: Umweltkenndaten verbessern sich in technologisch hochentwickelten Ländern stetig, für alle Werkstoffe: Neue Anlagen weisen einen besseren Stand der Technik auf als alte abgesehene; die Industrie versucht, laufend Energie und Ressourcen einzusparen; Behörden schreiben mit der Zeit strengere Auflagen vor und Technologien und einschlägiges Know how verbessern sich laufend. Das betrifft PVC in gleicher Weise wie jeden seiner Werkstoffkonkurrenten.

### III./1. PVC-Zusatzstoffe

#### Stabilisatoren

Entgegen anders lautender Behauptungen gibt es keinen generellen EU-weiten Ausstieg aus der Verwendung von PVC-Schwermetallstabilisatoren aus Cadmium und Blei. Während Cadmiumstabilisatoren<sup>7)</sup> in Österreich gesetzlich verboten sind, sieht die Situation für Blei ganz anders aus.

Dem letzten Jahresbericht der PVC-Industrie (VINYL 2007) ist zu entnehmen, dass in Europa aktuell jährlich noch immer über 100.000 t (!) Bleistabilisatoren dem PVC zugesetzt werden! Seit dem Jahr 2000 hat sich die Menge nur um ein Viertel reduziert. Weiters sei hier der im Herbst 2007 medienwirksame Skandal um bleihaltiges PVC-Spielzeug und Kinderartikel aus China in Erinnerung gerufen. Ob sich diese Situation in der EU auf freiwilliger Basis (!) bis 2015 ändern wird, ist aus heutiger Sicht ungewiss!

Da es kein gesetzlich verankertes Herstellungs-, Inverkehrsetzungs- und Importverbot gibt, können auch nach 2015 bleihaltige Produkte etwa aus Asien in die EU importiert werden. Diese derzeitige „freiwillige“ Vereinbarung zur Einschränkung von Blei ist vielmehr ein Hemmschuh für ein wirkungsvolles gesetzlich verankertes Verbot und damit aus ökologischer Sicht nicht als positiv zu bewerten.

Hinzugefügt werden muss, dass auch einige der Ersatzprodukte für die Bleistabilisatoren – z.B. Organozinnverbindungen – aus ökologischer Sicht kritisch zu bewerten sind.

#### Farbpigmente

Daten über den Einsatz blei- und chromathaltiger Pigmente werden von der PVC-Industrie nicht publiziert.

In einer Studie im Auftrag der PVC-Industrie (WINDSPERGER 2007a, 2007b) nehmen die Autoren ohne jeden Beleg an, dass der von der PVC-Industrie angekündigte freiwillige Ausstieg aus bleihaltigen Stabilisatoren bis 2015 auch den Ausstieg aus blei- und chromathaltigen Pigmenten mit umfasst. In den Aussendungen der PVC-Industrie zu diesem Thema wird allerdings stets ausschließlich von **Stabilisatoren** gesprochen, über **Pigmente** wird dort kein Wort verloren (VINYL 2001, VINYL 2004, VINYL 2007).

<sup>7)</sup> Dieser Ausstieg ist dem Gesetzgeber zu verdanken, weil es durch ein Verbot erwirkt wurde (BMUJF 1993)!. Anzumerken ist, dass Cadmium natürlich auch nach dem „Ausstieg“ in Regenerat-PVC enthalten sein kann.

## Weichmacher

Eine aktuelle Studie im Auftrag der PVC-Industrie (WINDSPERGER 2007a) konstatiert: „... Trotz des hohen Siedepunktes der verwendeten Substanzen besteht die Gefahr der Auswanderung (Migration) der Weichmacher aus dem Polymer, was zu einer Verhärtung der Produkte einerseits, zu Belastungen von Umwelt und Gesundheit andererseits, in Abhängigkeit der verwendeten Stoffe führen kann.“

Darüber hinaus wird erwähnt, dass

- DEHP als CMR-Stoff<sup>8)</sup> eingestuft ist (Anm. reproduktionstoxisch Kategorie 2, mutagen Kategorie 3 im Sinne der EU-Richtlinie 67/548/EWG),
- 97% dieses Stoffes als Weichmacher in PVC und davon 78% in Innenräumen eingesetzt werden,
- DEHP 2004 noch über ein Fünftel der - für *neu* produziertes Weich-PVC - verwendeten Weichmacher ausmachte (Vergessen wird dabei die riesige Menge an bereits in Verwendung stehenden DEHP-weichgemachten Produkten (v.a. PVC-Beläge) zu berücksichtigen, die zu bis zu 60% ihres Gewichts aus diesem gesundheitsgefährdenden Stoff bestehen und diesen Stoff somit langsam an die Innenraumluft abgeben).

## Umwelt- und Gesundheitsgefährdung durch Weichmacher

Wie bereits oben dargestellt, geht von Weichmachern eine erhebliche gesundheitliche Belastung aus. DEHP ist seit 2002 als CMR-Stoff (Anm. reproduktionstoxisch Kategorie 2) eingestuft. Als Gefahrenhinweise werden nach EU-Chemikalienrecht (EU-Richtlinie 67/548/EWG) „R60“ (kann die Fortpflanzung beeinträchtigen) und „R61“ (kann das Kind im Mutterleib schädigen) vorgeschrieben. Aufgrund dieser Einstufung müssen seit 2002 DEHP und Zubereitungen, die mehr als 0,5 % DEHP enthalten, EU-weit mit dem Gefahrensymbol „Totenkopf“ gekennzeichnet werden.



Da sie nicht chemisch gebunden sind, diffundieren Weichmacher kontinuierlich in die Raumluft und werden trotz ihres hohen Siedepunktes bzw. niedrigen Dampfdruckes in Innenraumluft und Staubanalysen regelmäßig in relevanten Konzentrationen nachgewiesen.

Die chemische Industrie ersetzt seit einigen Jahren DEHP teilweise durch andere Phthalate, vor allem DIDP (Diisodecylphthalat) und DINP (Diisononylphthalat), die nicht als gefährliche Stoffe eingestuft sind.

Neben DEHP bestehen jedoch auch für DIDP und DINP in der EU Verbote für die Verwendung in Kosmetika, Babyartikeln und Kinderspielzeug, das in den Mund genommen wird.

<sup>8)</sup> Als CMR-Stoffe bezeichnet man alle Stoffe, welche bezüglich Karzinogenität, Mutagenität und/oder Reproduktionstoxizität in Kategorie 1 oder 2 eingestuft sind. (DEHP ist also wegen seiner Einstufung für Reproduktionstoxizität ein CMR-Stoff, der Verdacht auf Mutagene Wirkung ist – weil nur Kategorie 3, nicht ausreichend für diese Zuordnung.) Für CMR-Stoffe gelten im Chemikalienrecht oder im Arbeitnehmerschutzrecht besondere strenge Schutzklauseln oder generelle Verbote. Allerdings sind Polymere wie PVC vom Geltungsbereich des Chemikalienrechts ausgenommen.

DIDP und DINP stehen in Verdacht, sich in hohem Maße in Organismen anzureichern und im Boden und in Sedimenten langlebig zu sein. Die hohen Einsatzmengen für Weich-PVC und die Strukturähnlichkeiten zu DEHP lassen eine starke Ausbreitung in der Umwelt erwarten. (UMWELTBUNDESAMT 2007a)

Aus Vorsorgegründen spricht sich daher das deutsche Umweltbundesamt dafür aus, die Umwelteinträge von anderen Phthalaten wie DINP, DIDP und DIBP (Diisobutylphthalat) in toxikologischen Bewertungen gemeinsam zu erfassen. (UMWELTBUNDESAMT 2007a) Gleichzeitig wird eine grundsätzliche Vermeidung weiterer Einträge von Phthalaten gefordert und damit für einen Umstieg auf weichmacherfreie Kunststoffe wie Polyethylen und Polypropylen plädiert (UMWELTBUNDESAMT 2007b).

Als Weichmacher-Alternativen zu PVC-Massenanwendungen (wie z.B. Bodenbelägen) kommen die von den Autoren der Studie „PVC heute“ angeführten „Nicht-Phthalate“ aus Kostengründen nicht in Frage, da PVC damit seinen entscheidenden Preisvorteil gegenüber den Marktkonkurrenten verlieren würde.

Verfahrenstechnische Weichmachung von PVC ohne Weichmacher ist – aus dem gleichen Grund, aber hier noch verschärft - bislang und auch in Zukunft ein akademisches Thema: Dies würde den Marktpreis des Billigwerkstoffs PVC vervielfachen!

Zusammenfassend ist daher zu sagen, dass es wohl keinen anderen CMR-Stoff gibt, der in derartig riesigen Mengen in Produkten enthalten ist, mit denen Konsumenten – meist unfreiwillig bzw. ohne es zu wissen (weil nicht gekennzeichnet!) - tagtäglich in engstem Kontakt stehen. Alles andere als ein möglichst rasches Verbot von DEHP und von DEHP-weichgemachtem PVC sowie die Erarbeitung einer Strategie zum Austausch bereits verlegter PVC-Beläge entspricht einer groben Missachtung des Vorsorgeprinzips.

Besonders kritisch ist der Einsatz von Phthalaten, besonders DEHP als Weichmacher in Medizinprodukten. Näheres dazu siehe Kap. III./2.

## **III./2. Gesundheits- und Umweltprobleme in der Anwendung**

### **Weichmacher-Emissionen**

Wie bereits weiter oben dargestellt, geht von Weichmachern eine erhebliche gesundheitliche Belastung aus. Da sie nicht chemisch gebunden sind, diffundieren Weichmacher kontinuierlich in die Raumluft und werden trotz ihres hohen Siedepunktes bzw. niedrigen Dampfdruckes in Innenraumluft und Staubanalysen regelmäßig in relevanten Konzentrationen nachgewiesen.

### **Gesundheitsrisiko: Phthalate in Medizinprodukten**

Patienten können durch die Anwendungen von Medizinprodukten, die aus weichgemachtem PVC hergestellt sind, gefährdet werden. Besonders der von der EU als reproduktionstoxisch eingestufte Weichmacher DEHP steht auf Grund seiner fruchtschädigenden Eigenschaften im Fokus der Kritik. (Siehe auch Teil „Weichmacher“ im Kap. III./3.)

Offizielle Stellungnahmen wie jene des Deutschen Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) stufen folgende Personengruppen als Risikopatienten ein (BfArM 2006):

- Kinder vor Abschluss der Geschlechtsreife (Früh- und Neugeborene, Säuglinge und Kleinkinder, Kinder und Jugendliche bis zur Pubertät)
- schwangere Frauen
- stillende Mütter.
- Darüber hinaus werden vom BfArM jene medizinische Verfahren bzw. Therapieformen als kritisch bewertet, bei denen mit einer erhöhten DEHP-Aufnahme zu rechnen ist (BfArM 2006).

Diese Fachmeinung hat bereits 2002 die Ernährungscommission der Deutschen Gesellschaft für Kinderheilkunde und Jugendmedizin veröffentlicht (DGKJ 2002). Dort heißt es: *„Im Sinne des vorbeugenden Gesundheitsschutzes empfiehlt [das DGKJ] die DEHP-Zufuhr aus Infusionssystemen soweit als möglich zu vermeiden. Für die parenterale Ernährung in der Pädiatrie sowie die parenterale Zufuhr lipophiler Medikamentenzubereitungen sollten ausschließlich Mischbeutel und Schlauchsysteme verwendet werden, die nicht aus PVC gefertigt sind. Verfügbare und empfehlenswerte Alternativen sind aus Äthylenvinylacetat (EVA) hergestellte Mischbeutel bzw. mit Polyäthylen ausgekleidete Infusionsleitungen.“*

Der wissenschaftliche Ausschuss der EU-Kommission SCENHIR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) veröffentlichte im März 2008 seinen Bericht zu den Gesundheitsrisiken durch DEHP-Migration aus Medizinprodukten. Auch er bestätigt, dass einige medizinische Behandlungen zu signifikanten Aufnahmen von DEHP führen. Der Bericht bewertet auch Alternativen zu DEHP-weichgemachten PVC. Allerdings werden nur verschiedene Weichmacher miteinander verglichen und bewertet. Kunststoffe, die keine Weichmacher benötigen und die bereits vermehrt in Medizinprodukten eingesetzt werden, wurden dabei nicht betrachtet. (SCENHIR 2008)

Auch außerhalb Europas haben sich in den letzten Jahren führende staatliche Gesundheitsgremien wie die U.S. FDA (FDA 2002), das japanische und das kanadische Gesundheitsministerium mit den Risiken von DEHP in Medizinprodukten beschäftigt. Dabei werden die bereits angesprochenen Gesundheitsrisiken von DEHP bestätigt (RUZICKOVA 2004).

Zu kritisieren ist, dass DEHP-haltige Kunststoffe (wie alle Polymere) nach EU-Chemikalienrecht und damit auch alle DEHP-haltige Medizinprodukte nicht gekennzeichnet werden müssen, obwohl DEHP als stark gesundheitsgefährdend eingestuft ist und Weich-PVC in der Regel zwischen 20 – 40 % Weichmacher enthält. (RUZICKOVA 2004).

Durch eine Überarbeitung der Medizinprodukte-Richtlinie (93/42/EWG) soll dies nun in der EU verbessert werden. Wenn Medizinprodukte Phthalate der Kategorie 1 oder 2 (wie DEHP) enthalten, muss dies zukünftig auf dem Produkt oder der Verpackung angegeben werden. Dies hat das EU-Parlament in 1.Lesung zur überarbeiteten Medizinprodukte-Richtlinie im März 2007 beschlossen.

Zahlreiche Krankenhäuser, insbesondere in Österreich, Schweden, Dänemark, der Slowakei, Tschechien und den USA arbeiten seit Jahren mit einigem Erfolg an einem PVC-Ausstieg bei Medizinprodukten (RUZICKOVA 2004). Informationen dazu sind u. a. auf der Website des internationalen Netzwerks für Krankenhausökologisierung „Health Care Without Harm“ ([www.noharm.org](http://www.noharm.org)) abrufbar.

Im Wiener Krankenanstaltenverbund wurde bereits 2001 damit begonnen, auf den invasiven Einsatz von PVC-hältigen Medizinprodukten, insbesondere im Bereich der Neonatologie zu verzichten. Eine Vorreiterrolle spielte dabei die Kinderklinik Glanzing im Wilhelminenspital der Stadt Wien, wo der Einsatz von Medizinprodukten nahezu komplett vermieden werden konnte (LISCHKA 2004).

Eine Vielzahl von PVC-freien Medizinprodukten ist europaweit verfügbar (HCWH 2008). Diese sollten in Anlehnung an die Empfehlung der Ernährungskommission der Deutschen Gesellschaft für Kinderheilkunde und Jugendmedizin (DGKJ 2002) im Rahmen der technischen Machbarkeit und Anwendbarkeit eingesetzt werden. In diesem Sinne wurden im Wiener Krankenanstaltenverbund in den letzten Jahren einige Projekte durchgeführt, welche auf die Vermeidung des Einsatzes PVC-haltiger Medizinprodukte abzielten.

## **Brandverhalten und Folgekosten im Brandfall**

Die Folgekosten von PVC-Bränden sind deutlich höher als von Bränden mit halogenfreien Materialien.

Deshalb unterscheidet der Verband der deutschen Schadensversicherer VdS in seiner Richtlinie Nr. 2357 zwischen vier Brandtypen. Dabei wird eine eigene Kategorie für Brände definiert „an denen größere Mengen an chlor- oder bromorganischen Stoffen, insbesondere PVC (z.B. stark belegte Kabeltrassen, PVC-haltige Lagermaterialien) beteiligt waren, bei denen auf Grund des Brandbildes und des Brandablaufes eine gravierende Schadstoffkontamination auf der Brandstelle wahrscheinlich ist“ (VdS 2002).

## **Personengefährdung im Brandfall**

Die tatsächliche Faktenlage der im Falle eines Brandes entstehenden Gefährdung für Menschen, wird oft zugunsten von PVC uminterpretiert: Aufgrund der Toxizitäten von Kohlenmonoxid (CO) und Chlorwasserstoff (HCl, bildet mit Feuchtigkeit ätzende Salzsäure) wird die Schlussfolgerung gezogen, dass Menschen im Brandfall an CO (und nicht an HCl) sterben.

Die Haupttodesursache von Menschen bei Bränden ist praktisch immer die Rauchgasvergiftung („Rauchgas“ steht traditionell für Kohlenmonoxid). Die von der PVC-Industrie daraus kommunizierte Schlussfolgerung, dass somit nicht das PVC das Problem sei, ist allerdings eine völlig unzulässige Verkürzung der im Brandfall bestehenden Kausalitäten:

Vernachlässigt werden dabei nämlich ganz entscheidende negative Eigenschaften von PVC, die im Brandfall bewirken, dass die Wahrscheinlichkeit, durch Rauchgasvergiftung (an CO) zu sterben, gewaltig höher ist als bei halogenfreien Werkstoffen.

Vorausgeschickt werden muss hier, dass es bei Überlegungen zum Brandschutz in erster Linie um Elektrokabel (im Fall von PVC also um Weich-PVC) geht: Durch Kurzschlüsse bilden sich bei lokal extrem hohen Temperaturen Gase, die durch Funkenbildung gezündet werden können und damit eine der wichtigsten und häufigsten Brandursachen darstellen.

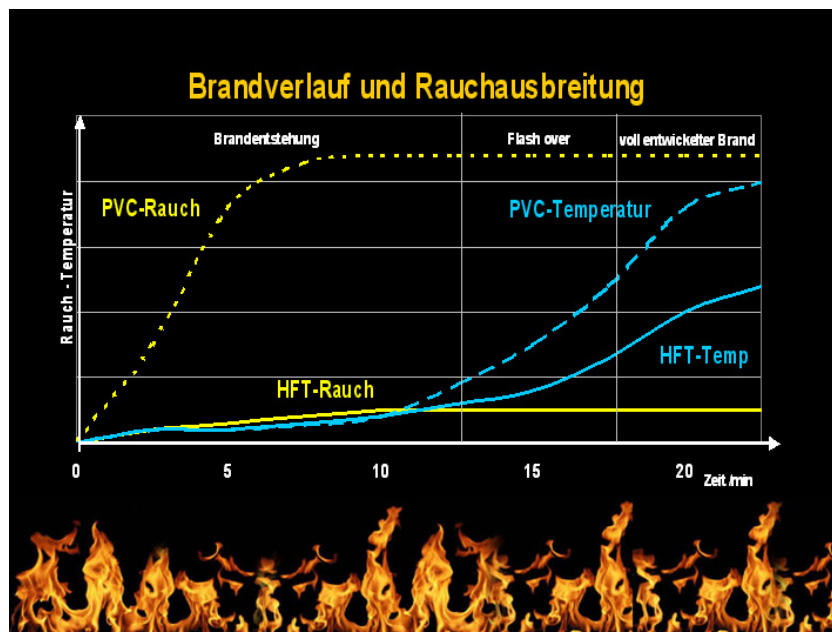
Daher verlegt man in bestimmten öffentlichen Gebäuden, Tunneln, im U-Bahnsystem etc. ganz selbstverständlich halogenfreie Kabel und schließt PVC somit zur Gänze aus und vermeidet so genau diesen negativen Brandeigenschaften von PVC.

Für die Flucht im Brandfall steht nach der Brandentstehung ein relativ kurzes Zeitfenster nach Brandentstehung zur Verfügung. In diesem Zeitfenster sind insbesondere zwei Dinge für die Menschen im brennenden Gebäude überlebenswichtig:

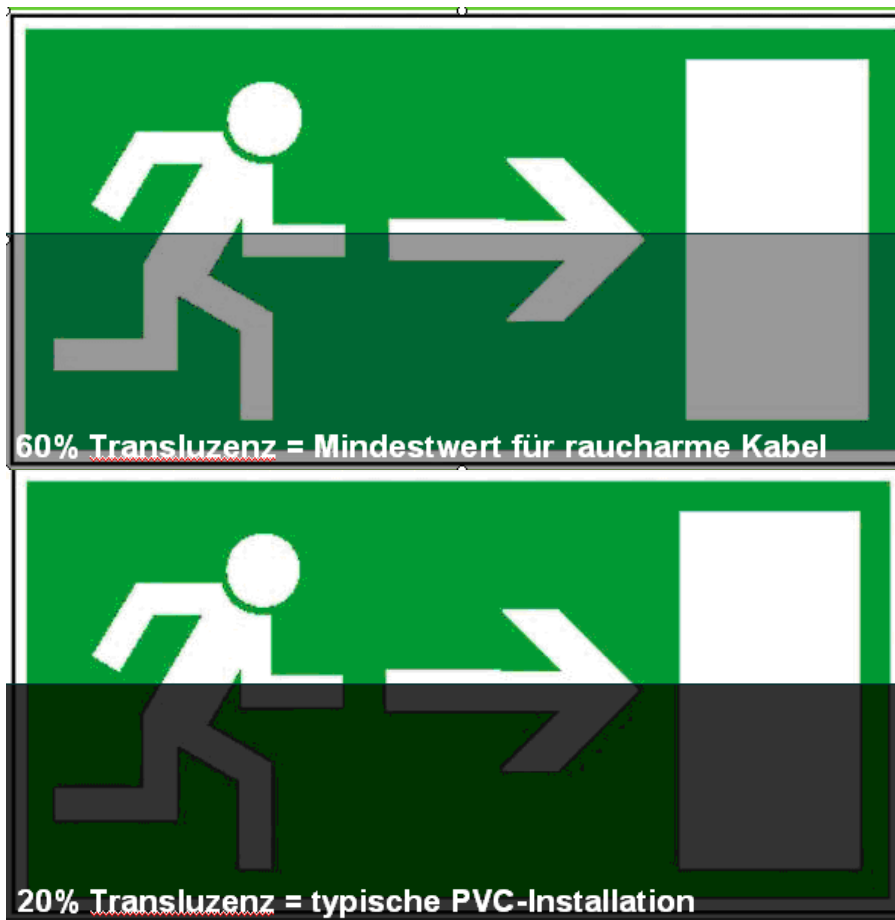
- noch überlebende Temperaturen und
- die schnelle Fluchtmöglichkeit, die besonders mit der Sichtbarkeit der Fluchtwege, von Hindernissen und der Fluchtsymbole zusammenhängt

Hier hat PVC drei fatale Eigenschaften: Es entwickelt sehr schnell nach Brandentstehung hohe Rauchdichten und -temperaturen (Abb. 10). Wie dramatisch sich das auf die Sichtbarkeit auswirkt, zeigt der Unterschied in der Sichtbarkeit von Warntafeln (Abb. 11): Der im PVC-Brandfall in großen Mengen entstehende Chlorwasserstoff (der mit Luftfeuchtigkeit zu ätzender Salzsäure reagiert) reduziert das Sehvermögen und erhöht gleichzeitig den Stress der Eingeschlossenen, da es in Augen und Atemwegen stechend brennt.

**Abb. 10: Temperatur und Rauch in der Brandstartphase**



(Quelle: PLANINC. 2007)

**Abb. 11: Sichtbarkeit von Warntafeln im Brandfall**

(Quelle: KOMINEK 2007)

Was die Abbildung in einer gedruckten Publikation natürlich nicht sichtbar machen kann ist die dramatische Reduzierung der Sichtbarkeit mit zunehmender Entfernung von der Warntafel.

(Weich-)PVC als Kabel- (bzw. Rohr-)material erhöht demnach die Wahrscheinlichkeit dramatisch, dass Menschen wegen der extrem rasch abnehmenden Sichtbarkeit in der oft kurzen Phase einer noch möglichen Rettung Fluchtwege nicht mehr finden. Die deutlich höheren Brandtemperaturen im Vergleich zu halogenfreien Verkabelungen senken die Überlebenswahrscheinlichkeit weiter erheblich.

Fazit: PVC ist in Bereichen, in denen erhöhter Brandschutz erforderlich ist, aufgrund der enorm erhöhten Personengefährdung durch Rauch- und Temperaturentwicklung jedenfalls durch halogenfreies Material zu substituieren. Gleiches gilt auch für Gebäude mit hohen oder unwiederbringlichen Sachwerten.

## Bildung von persistenten toxischen Substanzen bei Bränden

In dieser Diskussion wird vielfach die chronischer Toxizität von Stoffen wie PCDDs<sup>9)</sup> und PCDFs<sup>10)</sup> oder PAKs<sup>11)</sup> völlig außer Acht gelassen.

<sup>9)</sup> PCDD polychlorierte Dibenzodioxine

<sup>10)</sup> PCDF polychlorierte Dibenzofurane

<sup>11)</sup> PAK polykondensierte aromatische Kohlenwasserstoffe

Die in extrem geringen Konzentrationsbereichen toxikologisch gefährlichen polychlorierten Dibenzodioxine und Dibenzofurane sind aber keine akut toxischen Stoffe (wie Kohlenmonoxid, Cyanwasserstoffe etc.) und – wie etwa der spektakuläre Fall des Vergiftungsversuchs des damaligen Präsidentschaftskandidaten und heutigen ukrainischen Präsidenten Juschtschenko auch der breiten Öffentlichkeit anschaulich demonstriert hat - somit selbst im Fall hoher Exposition kein Grund für unmittelbare tödliche Vergiftungen, sondern (extrem gefährliche) chronische Noxen. Ihre Entstehung im Brandfall ist durch eine Vielzahl von Untersuchungen gesichert (etwa: THEISSEN 1991, POHLE 1997).

Besonders kritisch ist PVC dabei als Bestandteil von Elektroleitungen und –verrohrungen zu sehen: Während Dioxine und Furane bei sonst üblichen unvollständigen Verbrennungsprozessen mit Chlorbeteiligung nur Reaktionsprodukte von Nebenreaktionen sind und in entsprechend vergleichsweise geringerem Ausmaß anfallen, ändert sich die Reaktionskinetik schlagartig, wenn Kupfer – also das bei Elektroleitungen überwiegend eingesetzte Metall – als Katalysator beteiligt ist: Es tritt dann die sogenannte de novo-Synthese mit Elementarchlor ein, welches als intermediäres Reaktionsprodukt des (kupferkatalysierten!) Deacon-Prozesses<sup>12)</sup> entsteht (STIEGLITZ 1987). In diesem Fall werden um Größenordnung höhere PCDD- und PCDF-Mengen als bei Bränden ohne Beteiligung von Kupfer gebildet!

Fazit: Die Dioxinbildung ist ein wesentlicher und gefährlicher Begleitumstand bei Bränden mit PVC-Beteiligung.

### III./3. Abfallsituation bei PVC

Zur Entsorgung von PVC gibt es die Optionen Deponie, Verbrennung oder Recycling. Beim Recycling ist zu beachten, dass sich mit einer Ausnahme alle Anlagen, in denen gesammelte Fenster, Bodenbeläge oder Dachbahnen verwertet werden, in Deutschland befinden.

Derzeit sind bereits riesige PVC-Mengen im Umlauf. Diese Menge wird – selbst unter der völlig unrealistischen Annahme hoher Recyclingquoten für künftig anfallende Abfälle – zu einer deutlichen Zunahme von PVC-Abfällen und aller damit verbundener Probleme in der Zukunft führen.

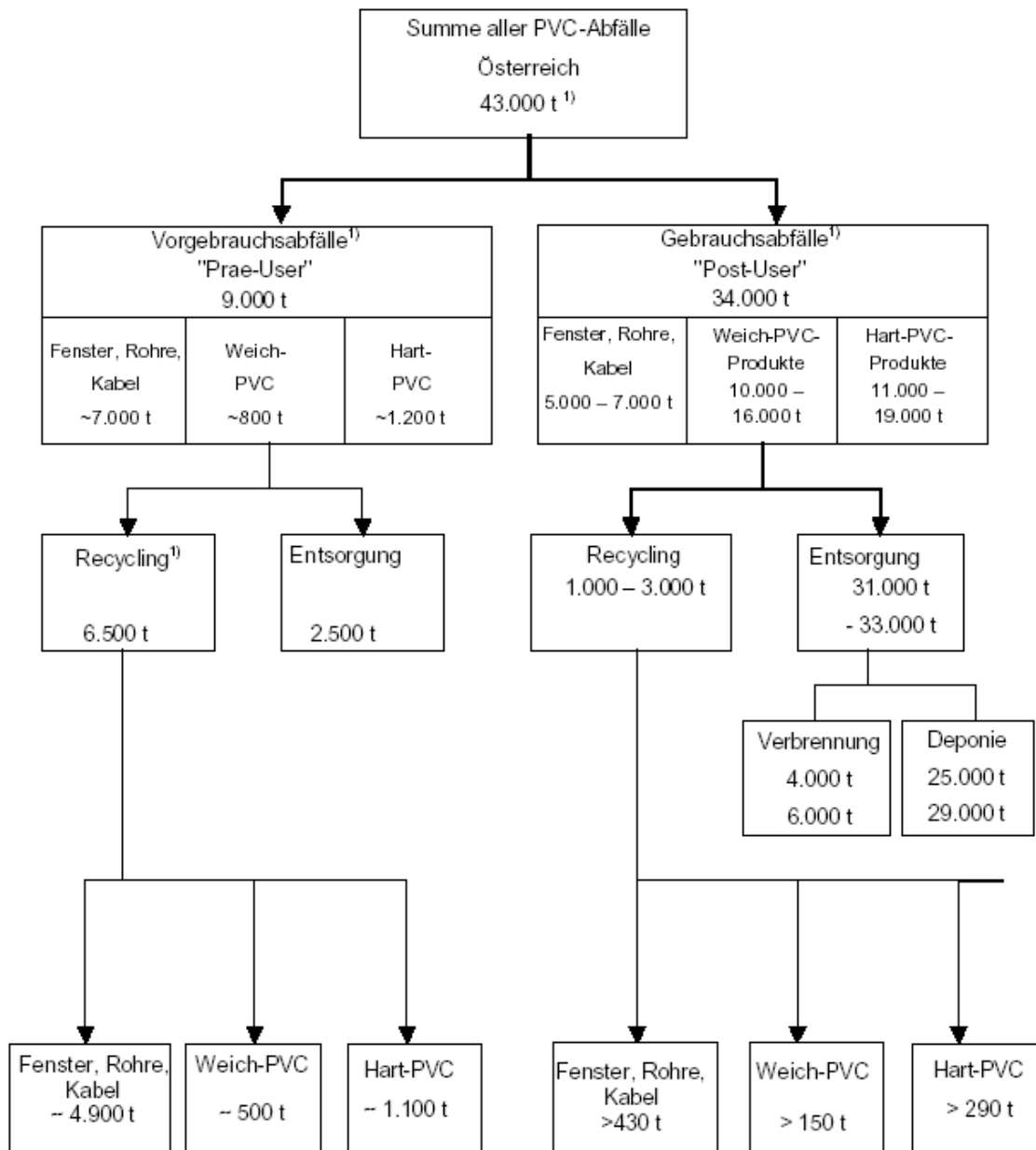
Langlebigkeit und Kostengünstigkeit in der Herstellung von PVC-Produkten stehen dem Szenario einer langfristigen und kostenaufwendigen Entsorgung gegenüber. Etwa 1,7 Mio. t PVC sind in Österreich im Umlauf. Zu dieser Menge kommen trotz Ausschluss aus dem geförderten Wohnbau jährlich 120.000 t reines PVC in diversen Produkten.

Das EU-Grünbuch zur Umweltproblematik von PVC beschreibt die zukünftige Entwicklung wie folgt: „Prognosen zum künftigen Aufkommen an PVC-Abfällen sind zwar mit Unsicherheiten behaftet, doch wird erwartet, dass das Volumen an PVC-Abfällen bis zum Jahre 2010 um 30 % und bis zum Jahre 2020 um 80 % zunehmen wird, was insbesondere auf den starken Anstieg bei den Abfallmengen aus langlebigen Produkten zurückgeht.“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2000).

Wie aus der Studie für das Umweltministerium hervorgeht, gilt diese Prognose für Österreich besonders: Vom gesamten PVC-Verbrauch ist der Anteil im Bauwesen mit 81 % in Österreich weit über dem europäischen Durchschnitt. (BIPRO 2002)

<sup>12)</sup> Der Deacon-Prozess ist ein Verfahren zur Herstellung von Chlor aus Chlorwasserstoff. Kupfer wird in dieser Reaktion als Katalysator benötigt:  $2 \text{HCl} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

**Abb. 12: PVC-Abfallströme in Österreich**



alle Angaben PVC – Kunststoff

1) Quelle: Lit. 1, Industrieangaben

Tabelle 2-6: PVC-Materialfluss in Österreich

Daten 1998, 1999, 2000

Quelle: BIPRO 2002

## Die Deponierung von PVC

Eine Studie des österreichischen Umweltministeriums zeigt, dass der mit 84 % der PVC-Gesamtabfallmenge der Hauptentsorgungspfad von PVC die Deponie ist. (BMLUFUW 2002) (Tab. 1):

**Tab. 1: PVC-Abfall in Österreich**

PVC Abfall in Österreich 2000 in t	
PVC Abfall gesamt	43.000
Gebrauchsgegenstände	34.000
recykliert	1.000 - 3.000
thermisch genutzt	4.000 - 6.000
deponiert	34.000 - 38.000

(Quelle: BMLUFUW 2002)

Die stillschweigende Deponierung von PVC-Rohren<sup>13)</sup> ist in diesen Daten aus Gründen der Nichterfassbarkeit naturgemäß noch gar nicht enthalten!

Folgende durchaus schwerwiegende Umweltprobleme wurden in einer wissenschaftlichen Untersuchung für die Europäische Kommission (ARGUS 2000) bei der Deponierung von PVC identifiziert:

- das Herauslösen von Schwermetallen (Blei, Cadmium<sup>14)</sup>): Stabilisatoren, Pigmente) durch das Deponiesickerwasser<sup>15)16)</sup>
- das Herauslösen der Phthalate aus Weich-PVC-Produkten und ihr Eintrag in Gewässer
- Die Freisetzung von in PVC enthaltenen Umweltgiften dauert deutlich länger als die übliche technische Lebensdauer der technischen Barrieren (i.e. 80 Jahre) ist.
- Das Phthalatproblem wird besonders in älteren Deponien, welche nicht dem Stand der Technik entsprechen, als gravierend angesehen, aber auch in modernen Deponien kann DEHP technisch nicht eliminiert werden.
- Obwohl die Autoren das Ausgasen von Phthalaten aus Produkten, innerhalb deren Lebensdauer, als Hauptgrund für die ubiquitäre Kontamination durch diese Umweltschadstoffe ansehen, sehen die Autoren auch einen relevanten, wenn auch schwer quantifizierbaren Beitrag in den Emissionen aus deponiertem PVC.
- Die Gefahr der Dioxinentstehung bei Deponiebränden ist aufgrund der dort herrschenden Bedingungen im Brandfall (niedere Temperaturen, Sauerstoffmangel) ebenfalls evident.

<sup>13)</sup> PVC-Rohre, die nach Funktionsende einfach dort belassen werden, wo sie sind – unter der Erde.

<sup>14)</sup> In neu produzierten Produkten aufgrund des Cadmium-Verbots nicht mehr, aber natürlich in den zur Entsorgung anstehenden Produkten noch enthalten.

<sup>15)</sup> Betrifft Hart-PVC.

<sup>16)</sup> Betrifft Weich-PVC.

Auch wenn in Österreich, sowie in den anderen EU-Ländern eine Deponierung von PVC-haltigen Abfällen auf Grund rechtlicher abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen zukünftig nicht mehr erlaubt und nur mehr die thermische Entsorgung dieser Abfälle möglich sein wird, wird auch weiterhin weltweit PVC-Abfälle auf legalen und illegalen Deponien landen, mit all den damit für die künftige Generationen verbundenen Umweltproblemen. Selbst in einzelnen EU-Staaten wird es noch Jahre brauchen, um den in den gesetzlichen Bestimmungen geforderten einheitlich hohen Standard in der Abfallwirtschaft zu erreichen (wie derzeit das Problem der Abfallentsorgung in Neapel deutlich veranschaulicht).

## Altmaterialeinsatz durch Recycling

Die LCA-Studie für die EU-Kommission schätzt die PVC-Recyclingrate europaweit auf 3 %. (PE EUROPE 2004)

Dieser Wert setzt sich, so belegt die Studie, aus zwei Hauptfaktoren zusammen: Zum einem aus dem durch die hohen Kupferpreise rentablen Kabelrecycling, zum anderen aus dem Recycling von Verpackungsabfällen. Es entstehen allerdings Recyclate von „geringem kommerziellen Wert“. (PE EUROPE 2004) Daraus werden Produkte aus Mischkunststoffen hergestellt, die „Produkte aus Beton, Holz oder anderen Nicht-Kunststoff-Materialien ersetzen“. (PE EUROPE 2004) Es handelt sich damit um so genanntes „Downcycling“ und nicht um echtes Recycling, das den Rohmaterialeinsatz reduziert. Hoch qualitatives Recycling für post-consumer Abfälle (die Produktion von reinem PVC-Recyclat) existiert nur für einzelne Produktgruppen (Flaschen, Rohre, Fenster), jedoch in „sehr geringen Mengen“. (PE EUROPE 2004)

Kurz sei darauf hingewiesen, dass ein über das derzeit stattfindende Recycling hinausgehendes Recycling der größten Chlorsenke PVC eigentlich dem Interesse der Chlor- und PVC-Industrie entgegenläuft. Denn die Funktion von PVC ist es, wie oben beschrieben, möglichst viel des bei der Alkalilaugeproduktion anfallenden Chlors zu binden. Mehr PVC-Recycling würde daher den Neu-PVC-Markt reduzieren.

Im Folgenden jedoch eine wichtige grundsätzliche Betrachtung:

Es gibt heute so etwas wie einen allgemein akzeptierten strategischen Grundkonsens in der Abfallwirtschaft, der in Bezug auf die abfallwirtschaftlich generierten Stoffflüsse in etwa so aussieht<sup>17)</sup>:

- Die Abfallströme sollen so gesteuert werden, dass sie große Ströme möglichst schadstoffarm („erdkrustenähnlich“) anfallen und Schadstoffe möglichst in kleinen und leicht kontrollierbaren Mengen konzentriert anfallen.<sup>18)</sup>

Das bedeutet u. a., dass

- gefährliche (persistente, toxische, umweltgefährliche) organische Stoffe soweit wie möglich zu *zerstören* sind - Verdünnen ist genau der falsche Weg
- gefährliche unzerstörbare (anorganische) Stoffe (Schwermetalle) in kleinen Abfallströmen zu konzentrieren sind, welche anschließend durch geeignete Verfahren bzw. geeignete Lagerung von der Anthroposphäre und der Ökosphäre dauerhaft ferngehalten werden müssen.

<sup>17)</sup> Siehe z.B. BACCINI & BRUNNER 1991, BRUNNER 2004

<sup>18)</sup> So versucht man etwa bei der Müllverbrennung, möglichst schadstofffreie Schlacken (= großvolumiger Stoffstrom) zu erzeugen und gleichzeitig nicht oder schwerzerstörbare Schadstoffe (Schwermetalle, Dioxine etc.) im volumenmäßig sehr kleinen Stoffstrom Flugasche zu konzentrieren.

Recycling ist daher nur dort sinnvoll, wo homogene und schadstofffreie Stoffströme im Kreislauf gehalten werden, damit die Nutzungsdauer erhöht und Ressourcen eingespart werden können und keine Schadstoffdissipation (Verdünnung in Umweltmedien) stattfindet.

Es widerspricht somit eindeutig den Prinzipien der Abfallwirtschaft, Schadstoffe im Rahmen der stofflichen Verwertung in neue Produkte einzubringen.

Das bedeutet für PVC:

Solange anfallende PVC-Abfälle Human- und Umwelttoxine wie Asbest, halogenorganische Verbindungen (PCBs, Chlorparaffine, bromierte Flammschutzmittel etc.), Schwermetalle (Blei, Cadmium etc.) oder Phthalate enthalten, steht stoffliches Recycling ganz klar im Widerspruch zu den angeführten Grundsätzen und ist daher aus Umwelt- und Verbraucherschutzsicht abzulehnen!

Die derzeit einzig akzeptable abfallwirtschaftliche Behandlungsmethode ist bei schwermetall- und phthalathaltigen PVC-Abfällen die Hochtemperaturverbrennung. Bei dieser können organische Schadstoffe weitgehend zerstört und die anorganischen Schadstoffe (Schwermetalle) über die Filter der Verbrennungsanlagen konzentriert gesammelt und kontrolliert entsorgt werden.

Über sinnvolles und ökologisch akzeptables stoffliches Recycling von PVC wird man erst dann reden können, wenn keine der oben beispielhaft angeführten Giftstoffe wie blei- und cadmiumhaltigen Stabilisatoren bzw. Pigmente in den anfallenden Abfällen enthalten sind. Der Eintrag von Schwermetallen in Neuprodukte muss daher vermieden werden.

So lange die PVC-Industrie ihre Hausaufgabe nicht gelöst hat (und Lösungen sind entschieden etwas anderes als Ankündigungen!), schadstofffreie Produkte herzustellen und praktikable und umweltgerechte Lösungen für die jahrzehntelang verkauften schadstoffbelasteten PVC-Produkte zu implementieren, muss stoffliches PVC-Recycling aus Umweltsicht klar abgelehnt werden!

Vielfach wird auch suggeriert, dass der von der PVC-Industrie angekündigte Blei-Ausstieg bereits abgeschlossen ist und sich dies bereits in den anfallenden Abfällen manifestiert.

Das dies nicht stimmt, ist belegbar: In dem von der PVC-Industrie selbst veröffentlichten Zeitplan für den Ausstieg aus bleihaltigen Stabilisatoren hat die PVC-Industrie für 2005 ein Minderungsziel von gerade einmal 15 % vorgegeben, für 2010 sind 50 % geplant (VINYL 2001). 2006 wurden dem Weich-PVC in Europa noch über 100.000 t Bleistabilisatoren zugesetzt!<sup>19)</sup>

Selbst wenn diese – völlig unverbindlichen, weil nicht gesetzlich abgesicherten und nur für den EU-Raum geltenden – Selbstverpflichtungen halten sollten, bedeutet dies, dass noch Jahrzehnte nach dem Jahr 2015 bleihaltige Fenster, Rohre, Kabel etc. als Abfall anfallen werden! Ungelöst ist noch immer die Thematik der Importe, so kommt heute nicht nur der Großteil aller Spielwaren aus Fernost, sondern auch ein stetig steigender Anteil an Bauprodukten wie Kanalrohre oder Bodenbeläge.

Dies gilt auch für das Schwermetall Cadmium, dessen Verbot gesetzlich durchgesetzt wurde (BMUJF 1993): Obwohl die Regelung aus dem Jahr 1993 stammt und somit bereits fast anderthalb Jahrzehnte alt ist, werden noch jahrzehntelang cadmiumhaltige PVC-Abfälle (etwa Kunststofffenster) anfallen, die NICHT stofflich recycelt werden sollten! Bei stichprobenartigen Untersuchungen von

<sup>19)</sup> Angekündigter Komplettausstieg : 2015

KonsumentenschützerInnen finden sich noch immer cadmiumhaltige (Import-) Produkte. So fand etwa die Umweltorganisation Greenpeace 2005 in einem von sieben untersuchten Baby- und Kinderprodukten das krebserregende und in Österreich seit 19993 verbotene Cadmium. (GREENPEACE 2005)

Fazit: PVC-Recycling funktioniert auch nach 15 Jahren Bemühungen der PVC-Industrie nicht. Da die in der EU-Studie (PE EUROPE 2004) angeführten 3 % PVC-Recycling zum Großteil Downcycling-Aktivitäten enthalten, liegt der Prozentsatz von „echtem“ Recycling zugeführten PVC-Mengen deutlich unter 1 % der PVC-Abfallmenge.

Stoffliches PVC-Recycling ist bis auf weiteres (und dies noch sehr lange) keine ökologisch wünschenswerte Perspektive. Die in der Bewertung der Autoren der Studie „PVC heute“ fälschlich bereits als gegeben angesehene Bleifreiheit wird noch Jahrzehnte nicht gegeben sein. Andere in PVC-Produkte über Jahrzehnte eingesetzte Schadstoffe verschärfen die Problematik weiter.

Dazu kommt, dass PVC als Produkt der Chlorchemie im Gegensatz zu allen anderen Konkurrenzwerkstoffen alle Problem der Chlorchemie aufweist, die auch in Zukunft nicht gelöst werden können.

## IV. Studie "PVC heute"

In der „mit der Interessensgemeinschaft PVC abgestimmten“, vom Fachverband Chemische Industrie in Auftrag gegebenen Studie „PVC heute“ des Instituts für Industrielle Ökologie der Landesakademie Niederösterreich sollte schwerpunktmäßig „in jenen Bereichen, die von manchen (Anm. nicht angeführten) Umwelt-NGOs und Beschaffern kritisch gesehen“ würden, untersucht werden, „wie weit die früheren Bedenken noch gerechtfertigt“ sind oder ob sie „durch die Entwicklung der letzten Jahre entkräftet“ worden seien.

Die Studie „PVC heute“ wurde in zwei Teilen publiziert, ein Berichtsteil beschäftigt sich mit Hart- (WINDSPERGER 2007a), der zweite mit Weich-PVC (WINDSPERGER 2007b). Beide Berichtsteile wiederholen sich in einigen Punkten.

Die vorliegende Studie „PVC- ein Produkt der Chlorchemie“ war daher erforderlich, Kernaussagen aus der Studie „PVC heute“ herauszufiltern und dazu die von PVC verursachten Umwelt- und Gesundheitsprobleme korrekt darzustellen.

Die Studie „PVC heute“ ist nicht der erste Versuch der PVC-Industrie, jene Umwelt- und Gesundheitsargumente, die gegen PVC sprechen, zu entkräften, um bestehende Beschränkungen zu Fall zu bringen und dem Werkstoff zu einem besseren Image zu verhelfen.

Neu ist der mit den angeblichen Ergebnissen der beiden Studien begründete Versuch der PVC-Industrie, in Zukunft „gutes“ bzw. „grünes“ (das meint man in Europa produziert) gegen „böses“ (von außerhalb Westeuropas bzw. der EU importiertes) PVC durch (für PVC bislang völlig artfremde Instrumente) Gütezeichen abzugrenzen.

Ziel war es, nachzuvollziehen, ob tatsächlich dokumentierbare grundlegende Verbesserungen passiert sind, die zu einer Neubewertung von PVC v. a. im Vergleich zu Alternativwerkstoffen Anlass geben und die ein Überdenken von PVC-Beschränkungen gerechtfertigt erscheinen lassen.

### Die Themenfelder

Es ist leicht nachvollziehbar, dass bei wissenschaftlichen Studien mit gesellschaftlicher oder ökonomischer Relevanz der beste Platz für gezielte Positivdarstellungen nicht die Durchführung selbst, sondern die Art der Fragestellung und die Wahl des untersuchten Systems sind. Deshalb wurde die Wahl der Themenfelder der Studien vom Verfasser im Folgenden einer eingehenden Sichtung unterzogen.

### Auswahl der kritischen Themenfelder

Während einige der angeführten Themenfelder mehr oder weniger zentrale Kritikpunkte an PVC sind, wurden von den Autoren eine Reihe kurioser „Themenfelder“ in die Bewertung eingeführt, die seit jeher unbestritten waren. Diese haben in einer Auflistung „kontroverielle Themenfelder“ nichts verloren. Dazu zählen etwa die „Themenfelder“ „Rohstoffverfügbarkeit“, „Wertschöpfung durch Kuppelprodukte der Elektrolyse“ „Kostenvorteil“ oder aber auch „Technische Eignung der Produkte“.

Es besteht der Verdacht, dass diese (in der Folge positiv bewerteten) „Themenfelder“ die ausschließliche Funktion haben, die Zahl bzw. den Anteil der in der Gesamtdarstellung positiv bewerteter „Themenfelder“ künstlich zu erhöhen.

**Unter gemeinsame Überschrift „gekehrt“**

Umgekehrt werden ganz zentrale Themenbereiche wie beispielsweise

- die bei der Produktion von PVC und seiner Ausgangssubstanzen anfallenden Abgasemissionen,
- Abwasseremissionen,
- gefährlichen Abfälle und
- die Problematik des Verhaltens von (v.a. Weich-)PVC auf Deponien

großzügigst zu sehr allgemeinen Überschriften zusammengefasst und dort teilweise nur ganz kurz behandelt.

Hier ist umgekehrt der Versuch ziemlich evident, durch mehr oder weniger geschicktes Zusammenfassen die Anzahl negativ bewerteter Themenfelder in der Ergebnisdarstellung „nicht ausufern zu lassen“.

**Die Bewertungsmethodik**

Die von ihren AuftraggeberInnen gesteuerte Konzeption der Studie „PVC heute“ verfolgt offensichtlich folgende Strategie:

Der in einer ganzen Reihe von Bereichen wegen seiner öko(toxiko)logischen Performance kritisierte und daher bei vielen ökologisch orientierten BeschafferInnen vermiedene Werkstoff PVC wird ökologisch verglichen. Nicht mit seinen Werkstoffkonkurrenten - das wäre ja sogar ausgesprochen sinnvoll gewesen -, sondern mit sich selbst. Und da werden (wie bei allen anderen Werkstoffen völlig selbstverständlich) über die Zeit gewisse „Verbesserungen“ vorgefunden.<sup>20)</sup> Diese festgestellten „Verbesserungen“ wurden möglichst spektakulär „bewertet“, um die argumentative Basis zur Abschaffung möglichst aller Vorgaben zur PVC-Vermeidung zu bilden.

Die Studienautoren versuchen dieses leicht nachvollziehbare und de facto unlösbare Bewertungsdilemma mit einer fünfstufigen ordinalen Bewertungsskala inklusive verbaler Bewertungsbeschreibung und Farbskala zu lösen:

**Tab. 2: Bewertungsskala WINDSPERGER 2007**

<b>+</b>	„Situation generell oder durch erfolgte Problemlösung vorteilhaft“
<b>0</b>	„Situation neutral oder nunmehr unbedenklich, bei größerer Tragweite eines Risikos nur minimale Wahrscheinlichkeit“
<b>&gt;</b>	„Die Lösung kontroverser Situationen ist vorhanden, deutliche Verbesserungen sind bereits erfolgt.“
<b>-</b>	„Nachteil von PVC, aber ohne ein derartiges (sic!) Gefahrenpotenzial, das Marktbeschränkungen rechtfertigen würde“
<b>!</b>	„Es besteht Handlungsbedarf, um Gefahrenpotenzial zu mindern oder Anwendungsbeschränkungen abzuwenden.“

Quelle: WINDSPERGER 2007a, 2007b

<sup>20)</sup> N.B. Manche der angeführten „Verbesserungen“ sind im übrigen **durch gesetzliche Verbote** (z.B. das Verbot von Cadmium oder von DEHP in Spielwaren) **erzwungen** worden!

## **Fehlendes Zielsystem, fehlende Angaben über die Teilzielgewichtung**

Hier muss angemerkt werden, dass bei dieser Bewertungsmethodik bewertungstheoretische Basisregeln grob missachtet wurden: Es fehlen in der Studie etwa jegliche Angaben über das Zielsystem (z.B. die Schutzgüter): Wer soll wovor geschützt? Was soll nach welchen Kriterien optimiert, minimiert oder maximiert werden? Wie werden die Bewertungen von Teilzielen zur Gesamtbewertung aggregiert?

Die in Tab.2 wiedergegebene von den Autoren angewandte ordinale Bewertungsskala verwendet ganz offensichtlich verschiedene Teilziele und mehrere Schutzgüter: Da ist einerseits ist von einem „Gefahrenpotenzial“ die Rede – das impliziert das Ziel des Schutzes von Mensch und/oder Umwelt. Andererseits wird als Ziel „Abwenden von Anwendungsbeschränkungen“ angeführt – Schutzgut sind hier offenbar die Umsätze der PVC-Hersteller!

Welche Teilziele (Schutz des Menschen, Schutz der Umwelt, Schutz der PVC-Umsätze, andere Teilziele?) in der Bewertung verwendet, welches wie stark gewichtet wurde und wie dies methodisch in die Bewertung eingeflossen ist, darüber wird kein Wort verloren: eine „Bewertungs-Todsünde“, weil damit keine einzige Bewertung nachvollziehbar und überprüfbar ist.

## **Ergebnisse**

Die Studien zu Hart-PVC und Weich-PVC (WINDSPERGER 2007a und 2007b) sind aus Gründen der Differenzierung in der politischen Diskussion („gutes“ Hart-PVC, „schlechtes“ Weich-PVC) mit vielen identischen Textteilen in zwei Teilen geschrieben worden, de facto handelt es sich aber um eine Studie.

Die genaue Analyse dieser Studie zeigt jedoch keine neuen Erkenntnisse über eine signifikante Verringerung der Umweltbelastungen durch PVC im Vergleich zu anderen Werkstoffen auf. Dies wäre - wie oben dargestellt durch die in der Studie angewendeten Bewertungsmethodik gar nicht möglich, da PVC-Produkte und deren Produktion von heute mit jenen der Vergangenheit verglichen werden.

In der folgenden tabellarischen Zusammenfassung (in Kapitel V) werden soweit wie möglich die Kapitel der Studie „PVC heute“ der Lebenszyklusanalyse dieser Studie (Kapitel III) gegenübergestellt. So können dort getroffene Aussagen verglichen werden. Zur besseren Übersicht wurden die Kapitelüberschriften möglichst gleichgehalten.

## V. Zusammenfassung der Evaluationsergebnisse

In der folgenden Tab. 3 werden die Bewertungen der Studie „PVC heute“ (Spalte „Bewertung“) von den Autoren der vorliegenden Studie evaluiert (Spalte „Evaluation“).

Symbole und Farbgebung der beiden Spalten „Bewertung“ folgen der in Tab. 2 wiedergegebenen von den Autoren der Studie „PVC heute“ verwendeten ordinalen Bewertungsskala.

Unter „Evaluation“ werden folgende Symbole verwendet, um die Einschätzung von Inhalten und Aussagen der Verfasser dieser Studie für Entscheidungsträger prägnanter und übersichtlicher darzustellen:



bezeichnet aus der Sicht des Verfassers nachvollziehbare Schlussfolgerungen der beiden Studien.



bezeichnet aus der Sicht des Autors nicht nachvollziehbare Schlussfolgerungen oder unsaubere methodische Ansätze.



bezeichnet grobe Fehler sowie Ansätze und Schlussfolgerungen, die nach Ansicht des Autors den Verdacht bewusster Schönung bzw. echter Falschdarstellung der Untersuchungsergebnisse erwecken.

Weiters wird in der Spalte „Kommentar“ auf jene Seiten in dieser Studie verwiesen, wo das Thema erörtert wird.

Tab. 3: Ergebnisse der Evaluation von WINDSPERGER 2007

Themenfeld	PVC weich		PVC hart		Kommentar	
	Bewertung	Evaluation	Bewertung	Evaluation		
Rohstoffbereitstellung	Rohstoffverfügbarkeit	+	⚠	+	⚠	S.8, 28
	Technologische Entwicklung der Chlor-Alkali-Elektrolyse	>	?	>	?	S.9
	PVC und die Vermeidung der Chlorchemie	0	?	0	?	S.12
	Risiko der technischen Anlagen	0	-	0	-	-
	Umweltbelastungen durch die Chlorchemie	0	?	0	?	S.12, 15, 16, 22 u.a.
	Energiebedarf und Klimarelevanz	0	?	+	?	S.12
	Wertschöpfung durch Koppelprodukte der Elektrolyse	+	⚠	+	⚠	S.7, 28
	Transportrisiko	0	-	0	-	-
	PVC-spezifische Belastungen am Arbeitsplatz	0	-	0	-	-
	Arbeitsunfälle	+	⚠	+	⚠	-
Produktherstellung	Additive	-	⚠	-	?	S.15
	Stabilisatoren	0	?	0	?	S.15
	Farbpigmente	0	?	0	?	S.15
	Weichmacher	-	?			S.16
	Umwelt- und Gesundheitsgefährdung durch Phthalate	0	?			S.16
	Alternative Weichmacher	0	?			S.16
	Innere Weichmachung	0	?			S.16
	Energiebedarf der Verarbeitung	0	-	0	-	-
Nutzungsphase	Gesundheitsgefährdung am Arbeitsplatz	0	-	0	-	-
	Anwendungsschwerpunkte von PVC in Österreich	-	✓	+	?	S.11
	Umwelt- und Gesundheitsbelastung durch Phthalate	>	⚠			S.16
	Umwelt- und Gesundheitsbelastung durch DEHP	!	✓			S.16
	Umwelt- und Gesundheitsbelastung durch alternative Phthalate	0	⚠			S.16
	Umwelt- und Gesundheitsbelastung durch altern. Nicht-Phthalate	0	⚠			S.16
	Umwelt- und Gesundheitsgefährdung durch Stabilisatoren	0	?	0	✓	S.15
	Umwelt- und Gesundheitsgefährdung durch Farbpigmente	0	?	0	?	S.15
	Additive in Lebensmittelverpackungen	0	✓			-
	Additive in Kinderspielzeug	0	✓			-
	Medizinprodukte und DEHP	!	✓			S.17
	Kostenvorteil PVC	+	⚠	+	⚠	S.7, 28
	Technische Eignung der Produkte	+	⚠	+	⚠	S.28
	Brandrisiko im Baubereich	0	?	+	?	S.17
	Brandverhalten und Folgekosten im Brandfall	-	✓	-	✓	S.17
Personengefährdung im Brandfall	0	?	0	?	S.17	
Bildung von persistenten toxischen Substanzen bei Bränden	0	?	0	?	S.21	
Entsorgung	Abfallsituation bei PVC	-	✓	0	?	S.22
	Umweltbelastungen durch Weichmacher	>	?			S.16
	Umweltbelastungen durch Stabilisatoren und Farbpigmente	0	?	0	?	S.15
	Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen	0		0		-
	Mehrkosten in der Abfallverbrennung durch PVC	0		0		-
	Altmaterialeinsatz durch Recycling	>	?	>	?	S.25

Bewertung: Bewertungsskala WINDSPERGER 2007	
+	„Situation generell oder durch erfolgte Problemlösung vorteilhaft“
0	„Situation neutral oder nunmehr unbedenklich, bei größerer Tragweite eines Risikos nur minimale Wahrscheinlichkeit“
>	„Die Lösung kontroverser Situationen ist vorhanden, deutliche Verbesserungen sind bereits erfolgt.“
-	„Nachteil von PVC, aber ohne ein derartiges (sic!) Gefahrenpotenzial, das Marktbeschränkungen rechtfertigen würde“
!	„Es besteht Handlungsbedarf, um Gefahrenpotenzial zu mindern oder Anwendungsbeschränkungen abzuwenden.“

Evaluation: in dieser Studie erwendete Symbole und Farben	
✓	bezeichnet aus der Sicht des Verfassers nachvollziehbare Schlussfolgerungen der beiden Studien.
?	bezeichnet aus der Sicht des Autors nicht nachvollziehbare Schlussfolgerungen oder unsaubere methodische Ansätze.
⚠	bezeichnet grobe Fehler sowie Ansätze und Schlussfolgerungen, die nach Ansicht des Autors den Verdacht bewusster Schöpfung bzw. echter Falschdarstellung der Untersuchungsergebnisse erwecken.

## VI. Ein Label für „grünes“ PVC?

Die PVC-Industrie steht durch die fast schon monatlich auftretenden Skandale um PVC-Importprodukte aus China – von Spielzeug bis Babylätzchen – die schädliche Stoffe wie z. B. Blei enthalten, unter zusätzlichem Druck. Dieser wird zukünftig noch steigen, da die Importe von PVC-Produkten aus China und Fernost allgemein laufend zunehmen. Heute kommen von dort bereits Bauprodukte wie PVC-Kanalrohre und PVC-Bodenbeläge („Design Vinyl-Beläge“).

Die PVC-Industrie plant daher „gutes“ (in Westeuropa bzw. der EU nach bestimmten Kriterien produziertes) PVC durch ein Label zu kennzeichnen und es so von „schlechtem“ (außerhalb der EU produziertem PVC) zu unterscheiden.. Der Erfolg der Strategie des Einsatzes von Instrumenten wie Umweltzeichen etc. darf aus verschiedenen Gründen in Zweifel gezogen werden.

Die Rohstoffe für ein Massenprodukt wie PVC können von überall herkommen und sind damit nicht mehr nachvollziehbar. Chlor und Ethylen werden bevorzugt dort hergestellt, wo Strom für die Chlorherstellung, sowie Erdöl oder Erdgas billig sind und wo durch Subventionen (Steuerbefreiungen, Zollfreizonen etc.) auch der Gewinn möglichst hoch ist. Dies ist im arabischen und ostasiatischen Raum und auch im Süden der USA der Fall, wo die PVC-Vorstufe Ethylendichlorid (EDC) bzw. das daraus gewonnene Roh-PVC-Granulat in riesigen Mengen hergestellt und dann exportiert werden. Ein im EU-Raum produziertes PVC-Produkt ist daher kein Garant für ein „besser“ hergestelltes PVC.

Neben der ökologisch nicht haltbaren Argumentation wäre es aus ökonomischer Sicht kontraproduktiv, einen Werkstoff, der sich wegen seines niedrigen Preises und nicht wegen seiner ökologischen Performance am Markt durchsetzt, mit einem „Öko“-Label zu versehen,

Ökologisch bewusste KonsumentInnen und BeschafferInnen werden aus guten Gründen weiter auf diesen Werkstoff verzichten und sich nicht durch noch so gefinkelte Kennzeichnungsanstrengungen locken lassen.

Die große Mehrheit derer, welche derzeit PVC kaufen, tut dies, weil PVC billiger ist als die entsprechenden Konkurrenzwerkstoffe. Genau diese Personengruppe wird aber sofort auf Konkurrenzprodukte umsteigen, sobald PVC durch aufwändige Ökolabels teurer wird als auch nur ein einziger Konkurrenzwerkstoff. Hersteller von Billigprodukten werden auch weiterhin möglichst billige Rohstoffe einkaufen, und die kommen im Zuge der Globalisierung – wie der rezente Skandal bleihaltiger (PVC-)Spielwaren anschaulich demonstriert hat – immer weniger aus der EU.

Hersteller von ökologisch vorteilhaften Produkten werden andererseits wohl kaum auf plötzlich „öko“gelabeltes PVC umschwenken, sondern versuchen, ökologisch möglichst günstig bewertete Stoffe einzusetzen.

Die Überprüfung der Einhaltung von Kriterien wie z.B. Bleiverbot und Vorgaben für Weichmacher kann in Österreich nicht durchgeführt werden, da PVC zur Gänze im Ausland produziert wird.<sup>21)</sup>

<sup>21)</sup> Obwohl PVC nicht mehr in Österreich produziert wird, tritt die API GmbH mit Sitz in Wien als Sprecher der Österreichischen PVC-Hersteller auf. Dies wurde bei der Präsentation der Studie „PVC heute“ in Wien besonders hervorgehoben.

## VII. Literatur

- ARGUS 2000 Spillmann, Bro, Sigma Plan: The Behaviour of PVC in Landfill, European Commission DG XI.E.3, Brüssel 2000
- BACCINI & BRUNNER 1991 Baccini & Brunner: Metabolism of the Anthroposphere, Springer Verlag, Wien 1991
- BELAZZI 2006 Belazzi, T., Korab R., Romm, T.: PVC im Bauwesen, Standortbestimmung 2006, Studie im Auftrag des wohnfonds\_wien, Wien 2006
- BERNARD 2000 Bernard, J., Hjelmar, O., Vehlow, J.: The Influence of PVC on the Quantity and Hazardousness of Flue Gas Residues from Incineration, Final Report, Brüssel 2000
- BfArM 2006 Deutsches Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM), Stellungnahme vom 22.5.2006
- BIPRO 2002 Behandlungs- und Verwertungswege für PVC-Abfälle, Gesamtbericht Dezember 2002, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 2002:
- BMLUFUW 2002 Behandlungs- und Verwertungswege für PVC-Abfälle, BIPRO GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien Dezember 2002:
- BMUJF 1993 Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über Verbote und Beschränkungen von Cadmium und seinen Verbindungen sowie von Bleiweiß (Cadmiumverordnung), BGBl. Nr. 855/1993
- BORNEHAG 2004 Bornehag, C.-G. et al.: The Association between Asthma and Allergic Symptoms in Children and Phthalates in House Dust: A Nested Case-Control Study, Environmental Health Perspectives vol. 114 (14), p. 1393 ff., Oct. 2004
- BROWN 2000 Brown, K.A. et al.: Economic Evaluation of PVC Waste Management, Report for the European Commission Environment Directorate, Oxfordshire 2000
- BRUNNER 2004 Brunner, P. H. (2004) "Von der Abfallwirtschaft zum Ressourcenmanagement", TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Wien 2004

COLBURN 1996	Colburn T., Dumanoski D., Myers J.P., Our Stolen Future - Are We Threatening Our Fertility, Intelligence and Survival? - A Scientific Detective Story, ISBN 0-525-93982-2, Dutton Penguin Book, New York, 1996
DGKJ 2002	Deutsche Gesellschaft für Kinderheilkunde und Jugendmedizin (DGKJ): (Vorsitzender Univ. Prof. Koletzko), Freisetzung von Phthalaten aus Infusionssystemen, Kinderheilkunde 150: 340-341 (2002):
ECVM 2003	ECVM: PVC. Facts and Issues, prepared by the European Council of Vinyl Manufacturers for the Hong Kong Productivity Council, Brüssel 2003
EURO CHLOR 2006	The European Chlor Alkali Industry. Steps towards sustainable development. Progress Report August 2006
EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT 1989	Richtlinie des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit (89/391/EWG) geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 1882/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29.9.2003
EUROPÄISCHE KOMMISSION 2000:	Green Paper. Environmental Issues of PVC, COM(2000) 469 final, Brüssel 2000
EUROPÄISCHE KOMMISSION 2004:	Life Cycle Assessment of PVC and of Principal Competing Materials, Commissioned by the European Commission, Brüssel 2004
EUROPÄISCHE KOMMISSION 2007	Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers, Brüssel 2007
FDA 2002	US FDA "Public Health Notification: PVC Devices Containing the Plasticizer DEHP", 12.Juli 2002, Quelle: <a href="http://www.fda.gov/cdrh/safety/dehp.html">http://www.fda.gov/cdrh/safety/dehp.html</a>
GREENPEACE 1996	Taking back our stolen future, Die Zusammenhänge von PVC und hormonell wirksamen Chemikalien, Greenpeace International, Amsterdam 1996
GREENPEACE 2005	Untersuchung von Baby- und Kinderprodukten, Ergebnisbericht, Greenpeace Marktcheck, Wien November 2005

HCWH 2008	Health Care Without Harm: Marktübersicht "Alternatives to Polyvinyl Chloride (PVC) and Di (2-Ethylhexyl) Phthalate Medical Devices on the European Market, verfügbar unter <a href="http://www.noharm.org/europe/pvcDehp/pvcfreehealthcare">http://www.noharm.org/europe/pvcDehp/pvcfreehealthcare</a>
HOSSEINPOUR & ROTTLER 1999	Jamshid Hosseinpour & Horst Rottler: Persistente Organische Umweltschadstoffe (POPs) - Ansätze für und Anforderungen an ein internationales Schadstoffmanagement, Z. Umweltchem. Ökotox. 11 (6) 335 – 342 (1999)
KOMINEK 2007	Kominek, K., Fa. SKW: Halogenfreie Kabel und Leitungen in Gebäudeinstallationen, Vortrag im Rahmen des Seminars „Nachhaltiges Bauen im Krankenhaus“, Präsentationsunterlagen, Wien 2007
LINDLEY 1997	Lindley, A.A.: An Economic and Environmental Analysis of the Chlor-Alkali Production Process, Report prepared for the European Commission during a secondment to DG III C-4 (1997)
LISCHKA 2004	Lischka A., Nentwich H., Maurer M. Klausbrückner B.: Avoidance of PVC-Containing Medical Products Costs versus health – or simply avoidable risks? Hospital 2004 (6), 32 - 33
NEUBAUVERORDNUNG 2007	27. Verordnung vom 13.Juli 2007, §2 Abs. 3, Stadt Wien
ÖKOKAUF 2002	Projekthandbuch Magistrat der Stadt Wien, MD-BD 1420/97, Stand 27.8.2002
ÖKOKAUF 2003	MDA-1207-1/03 – Berücksichtigung der Umweltgerechtigkeit bei der Beschreibung von Leistungen in Ausschreibungen“ vom 29.7.2003
ÖKOKAUF 2005a	ÖkoKauf Wien 2005a: Projekthandbuch MD-BD 1420/97, Stand Oktober 2005; erhältlich auch unter <a href="http://www.wien.gv.at/ma22/oekokauf/beschaffung.htm">http://www.wien.gv.at/ma22/oekokauf/beschaffung.htm</a>
ÖKOKAUF 2005b	„Positionspapier des Lenkungsausschuss im Projekt ÖkoKauf Wien zur Vermeidung von chlororganischen Verbindungen, insbesondere PVC“, ÖkoKauf Wien, Juni 2005
PARCOM 1990	PARCOM Decision 90/3 of 14 June 1990 on Reducing Atmospheric Emissions from Existing Chlor-Alkali Plants, Paris 1990
PE EUROPE 2003	PE Europe GmbH: PVC Recovery Options. Environmental and Economic System Analysis. Final Report, Leinfeld-Echterdingen (Deutschland) 2003

PE EUROPE 2004	PE Europe GmbH: Life Cycle Assessment of PVC and of principal competing materials, im Auftrag der EU-Kommission (Deutschland) 2004
PLANINC 2007	Planinc, G, Fa. Dietzel-Univolt GmbH, „Installationstechnik: halogenfrei, feuerfest, temperaturbeständig“, Vortrag im Rahmen des Seminars „Nachhaltiges Bauen im Krankenhaus“, Präsentationsunterlagen, Wien 2007
PLINKE 2000	Plinke, E. et al.: Mechanical Recycling of PVC Wastes, Study for DG XI of the European Commission, Basel/Milano/Lyngby 2000
POHLE 1997	Pohle, H.: PVC und Umwelt. Eine Bestandsaufnahme, Springer, Berlin 1997
ROTHERT 2005	Rothert, A.: Positionen zur Chemie mit Chlor, Stand 18.11.2005, VCI-Website ( <a href="http://www.vci.de">www.vci.de</a> )
RUZICKOVA 2004	K. Ruzickova, M. Cobbing, M. Rossi, T. Belazzi: Preventing Harm from Phthalates, Avoiding PVC in Hospitals, 2004
SCENHIR 2008	EU-Kommission, SCENHIR: Opinion on „The Safety of Medical Devices containing DEHP plasticized PVC and other plasticizers on neonates and other groups possibly at risk“, Brüssel 2008 <a href="http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihir/docs/scenihir_o_014.pdf">http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihir/docs/scenihir_o_014.pdf</a>
STADT WIEN 2006	Stadt Wien 2006: Vergaberichtlinie VD 307, aktuelle Version : Beilage 1 zu MD BD-2746-2/03 vom 1.2.2006), Kap. 3.1.7 (in aktueller Fassung), Wien; erhältlich unter <a href="http://www.wien.gv.at/mdbd/ava/vb.htm">www.wien.gv.at/mdbd/ava/vb.htm</a>
STIEGLITZ 1987	Stieglitz, L., Vogg, H.: On formation conditions of PCDD/PCDF in fly ash from municipal waste incinerators“, Chemosphere 16, (1917-22).
STOCKHOLM 2001	Weitere Informationen zu Stockholm Konvention zum Verbot von hochgiftigen Chemikalien (POPs): <a href="http://www.pops.int">www.pops.int</a> bzw. den Konventionstext unter <a href="http://www.pops.int/documents/convtext/convtext_en.pdf">www.pops.int/documents/convtext/convtext_en.pdf</a>
THEISSEN 1991	Theissen, J. Untersuchung der möglichen Umweltgefährdungen beim Brand von Kunststoffen. Forschungsbericht 104 09 222, Umweltbundesamt Berlin 1991
THORNTON 2002	Thornton, J.: Environmental Impacts of Polyvinyl Chloride Building Materials, A Healthy Building Network Report, Washington, D.C. 2002

- UMWELTBUNDESAMT 2004 Schindler, I. (Projektleitung): Medienübergreifende Umweltkontrolle in ausgewählten Gebieten, Monographien M-168, Wien 2004
- UMWELTBUNDESAMT 2007a Ableitung von Human-Biomonitoring-(HBM-) Werten auf der Basis tolerabler Aufnahmemengen – Teil III: HBM-Werte für Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) Stellungnahme der Kommission Human- Biomonitoring des Umweltbundesamtes, Deutschland 2007
- UMWELTBUNDESAMT 2007b Phthalate – Die nützlichen Weichmacher mit den unerwünschten Eigenschaften, Deutschland 2007
- VCI 2005 Verband der Chemischen Industrie e.V.: Responsible Care 2005, Frankfurt am Main 2005
- VCI 2006 Verband der Chemischen Industrie e.V.: Die Zukunft der Amalgam-Anlagen in Deutschland, Frankfurt am Main 2006
- VdS 2002 Richtlinie Nr. 2357 des Verbandes der deutschen Schadensversicherer (VdS), Deutschland 2002
- VINYL 2001 Vinyl 2010: Freiwillige Selbstverpflichtung der PVC-Industrie zur nachhaltigen Entwicklung, Brüssel 2001
- VINYL 2003 Vinyl 2010: Die Freiwillige Selbstverpflichtung der PVC-Industrie zur nachhaltigen Entwicklung, Fortschrittsbericht 2003, Brüssel 2003
- VINYL 2007 Vinyl 2010: Fortschrittsbericht 2007. Bericht über die Tätigkeit des vergangenen Jahres, Brüssel 2007
- WINDSPERGER 2000 Windsperger, A., Steinlechner, S.: Ökologische Betrachtung von PP-Fenster (sic), Studie im Auftrag der Fa. Internorm AG, St. Pölten 2000
- WINDSPERGER 2007a Windsperger, A., Windsperger, B., Tuschl R.: PVC – heute. Die aktuelle Situation des Werkstoffs Hart-PVC in den relevanten Themenbereichen, Studie im Auftrag des Fachverbandes der Chemischen Industrie Österreichs (FCIO), Institut für Industrielle Ökologie, St. Pölten 2007
- WINDSPERGER 2007b Windsperger, A., Windsperger, B., Tuschl R.: PVC – heute. Die aktuelle Situation des Werkstoffs Weich-PVC in den relevanten Themenbereichen, Studie im Auftrag des Fachverbandes der Chemischen Industrie Österreichs (FCIO), Institut für Industrielle Ökologie, St. Pölten 2007
- ZACHHUBER 2007 Zachhuber, Ch.: Borealis Carbon Footprint, Präsentationsunterlagen der Fa. Borealis A/S, Schwechat 2007