

## FACHBEILAGE ZU „STARKE SEITEN“

## Garant für Vielseitigkeit

**Ob als Pulver, Paste, Granulat oder Flüssigkeit – Additive sind wahre Multitalente. Denn erst diese Zusatzstoffe machen Polyvinylchlorid weich, flexibel, lichtbeständig und langlebig.**

Als der französische Chemiker Henri Victor Regnault 1835 eher zufällig erstmals Polyvinylchlorid produzierte, stiess seine Erfindung auf wenig Interesse. Denn das weisse, geruchlose Pulver liess sich nicht weiter verarbeiten. Erst rund hundert Jahre später entdeckten Wissenschaftler, dass sich der Rohstoff durch die Beimischung von verschiedenen Zusätzen, so genannten Additiven, in einen vielfältig einsetzbaren Werkstoff verwandelt. Das gilt jedoch auch für eine ganze Reihe anderer Kunststoffe – sowie für Metalle, Keramiken, Gläser und Papiere.

Die gezielte Auswahl und genaue Dosierung der Additive ist entscheidend für die Eigenschaften des Endproduktes: Aus PVC kann ein dickwandiges Rohr für die Trinkwasserversorgung ebenso hergestellt werden wie eine hauchdünne Verpackungsfolie. Dabei richtet sich die eingesetzte Menge der Zusatzstoffe, die vom Spurenbereich bis hin zu wesentlichen Anteilen im Endprodukt reichen kann, nicht nur nach den technischen Erfordernissen. Ebenso wichtige Kriterien sind mögliche Gesundheits-, Sicherheits- und Umwelt Risiken. Die Zusatzstoffe müssen dem Produkt während dessen Gebrauchsdauer die gewünschten Eigenschaften verleihen und aus Verbrauchersicht

sicher und risikoarm anwendbar sein. Die heute verwendeten Additive sind massgeschneiderte Zusätze, die diese komplexen Anforderungen in Kombination mit den eingesetzten Kunststoffen erfüllen.

**Additive zeigen Wirkung**

Ein PVC-Compound enthält verschiedene Mengen an Additiven, die das Material auf unterschiedliche Art und Weise modifizieren. Es wird in der Regel bei Temperaturen von 160 bis 200 Grad Celsius verarbeitet. Stabilisatoren auf Basis von Kalzium-Zink, Zinn oder Blei sorgen dafür, dass sich das PVC bei dieser Hit-



ze nicht zersetzt. Zusätzlich schützen sie das fertige Produkt vor Veränderungen durch Wärme, UV-Licht oder Sauerstoff – deshalb altert Polyvinylchlorid optisch und mechanisch wesentlich langsamer. Farbstoffe aus anorganischen oder organischen Pigmenten ermöglichen die Einfärbung des Kunststoffs in jeder gewünschten Nuance; Antistatika verhindern die elektrostatische Aufladung, und Gleitmittel dienen der leichteren Verarbeitung des Materials. PVC ist aufgrund des Molekülaufbaus schwer entflamm-

bar und selbstverlöschend, eine Eigenschaft, die durch die Zugabe von Flammenschutzmitteln noch verbessert werden kann. Auch Füllstoffe wie Kreide, Glasfasern oder Graphit verändern mechanisch, optisch und haptisch die Eigenschaften von PVC.

Sehr häufig verwendete Additive sind Weichmacher: Jährlich verbrauchen PVC-Hersteller in Westeuropa etwa 900.000 Tonnen. Rund 60 Prozent dieser Zusätze stammen aus der Stoffgruppe der Phthalsäurediester, der Phthalate. Die bekanntesten sind DEHP, DINP und DIDP – sie erreichen einen Marktanteil von über 80 Prozent. Entgegen häufig geäusserten Befürchtungen sind Phthalate generell nicht Krebs erregend. Sa-



lopp ausgedrückt wirken diese Zusätze wie ein Schmiermittel zwischen den Kunststoff-Molekülen. Durch diesen Effekt entsteht so genanntes Weich-PVC, dessen hervorragende Eigenschaft die Elastizität ist. Deshalb wird es vor allem zu Bodenbelägen, Kabeln, Planen, Tunneln, Dichtungsbahnen oder Bekleidung verarbeitet. Aber auch in der Medizin kommt dieser flexible Kunststoff häufig zum Einsatz: Blut- und Dialysebeutel, Schläuche oder Handschuhe – all das wird aus Weich-PVC hergestellt.

# Additive sachlich bewertet

**In den Medien sind Additive stark präsent. Immer wieder thematisieren Verbrauchermagazine mögliche Risiken von PVC-Produkten, die Weichmacher oder Stabilisatoren enthalten. Eine Diskussion, die verstärkt auf emotionaler Ebene geführt wird und wissenschaftliche Fakten oft nur unzulänglich berücksichtigt.**

**K**ernpunkt der Debatte ist die lang bekannte und oft untersuchte Tatsache, dass Additive in geringer Menge aus PVC-Produkten entweichen können. Diese so genannte Migration ist möglich, weil die Zusatzstoffe nicht chemisch, sondern physikalisch an den Kunststoff gebunden sind. „Um diesen Vorgang objektiv bewerten zu können, ist es wichtig festzustellen, ob die

bei Kindern verursachen können. Doch schon im Versuchsaufbau zeigen sich die Mängel des Tests. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) nahm dazu Stellung: „Bei den Analysen von Öko-Test wurde nur gemessen, welche Mengen der einzelnen Substanzen im PVC enthalten sind. Für eine umfassende gesundheitliche Bewertung wäre es aber wichtig zu wissen, welche Mengen sich aus dem PVC lösen und ins Badewasser gelangen.“

## Stabilisatoren in der Kritik

Öko-Test bewertete beispielsweise den Einsatz von Stabilisatoren aus Zinnorganischen Verbindungen negativ, berücksichtigt dabei jedoch nicht die mittlerweile umfassenden Untersuchungen zu diesen Additiven. Die EU-Kommission hat

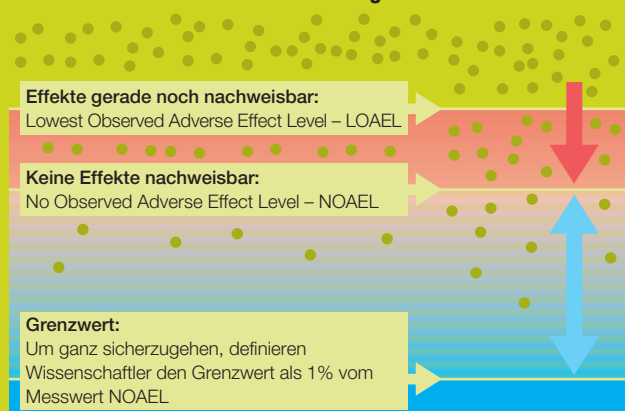
im Vorfeld ihrer Risikoabschätzung für organische Zinnverbindungen, die in Kürze verabschiedet werden soll, ein Worst-Case-Szenario für ein Planschbecken von zwei Metern Durchmesser, 20 Zentimetern Höhe und fünf Millimetern Wandstärke entworfen. Die Experten er-

tration deutlich unter dem so genannten TDI-Wert. Dieser Wert spiegelt die Dosis wider, die ein Mensch über das ganze Leben hinweg täglich aufnehmen kann, ohne dass schädliche Wirkungen auftreten.

## Keine Gefahr für Kleinkinder

Die Migration von Weichmachern aus PVC bedeutet ebenfalls kein Risiko für den menschlichen Organismus: Unter Berücksichtigung der maximalen Wasserlöslichkeit dieser Additive müsste ein Kind täglich rund 165 Liter Wasser – so viel, wie in eine Badewanne passt – schlucken, um in den Bereich der Toleranzwerte zu kommen; bei den wichtigen Weichmachern DINP und DIDP wären sogar 500 Liter notwendig. Nach Feststellung der tatsächlichen Migrationsmengen von Weichmachern kommt das Bundesinstitut für Risikobewertung zu dem Ergebnis, dass die von Öko-Test nachgewiesenen Gehalte an Phthalaten bei üblichem Gebrauch der Planschbecken keine gesundheitliche Gefährdung für Kleinkinder darstellen.

## Wie die Wissenschaft Risikobewertung vornimmt



Quelle und weitere Informationen: [www.pvcplus.de/fakten/fakten.htm](http://www.pvcplus.de/fakten/fakten.htm)

Abwanderung der Zusatzstoffe zu einer gesundheitlichen Beeinträchtigung von Mensch und Umwelt führt“, erklärt Rüdiger Baunemann vom Verband Kunststoffherstellende Industrie (VKE). Viele Kritiker leiten jedoch allein von der möglichen Migration ein Risiko ab. Ein klassisches Beispiel sind Planschbecken aus Polyvinylchlorid: Die Zeitschrift Öko-Test untersuchte im Juli vergangenen Jahres 15 Mini-Pools und kam zu dem Ergebnis, dass diese gesundheitliche Schäden

ermitteln, dass die Migration zu gering ist, um ein gesundheitliches Risiko darzustellen.

Bereits im Jahr 2000 hat das Bundesinstitut für Risikobewertung eine Risikoabschätzung zu Organozinn-Verbindungen in verbrauchernahen Produkten und Lebensmitteln veröffentlicht: Selbst unter der ungünstigen Annahme, dass ein Grossteil der Stoffe in den menschlichen Organismus gelangt, liegt die Konzen-

## Rechenbeispiel

Wie viel Wasser aus einem PVC-Planschbecken müsste ein Kind täglich trinken, um den TDI-Wert zu erreichen?

- Für ein einjähriges Kind mit einem Körpergewicht von 10 Kilogramm liegt der TDI-Wert bei 500 Mikrogramm ( $50 \mu\text{g}/\text{kg} \times 10 \text{ kg} = 500 \mu\text{g}$ ).
- Der Wasserinhalt eines durchschnittlichen Planschbeckens mit einem Meter Durchmesser und 20 Zentimetern Wasserhöhe beträgt etwa 160 Liter.
- Die Wasserlöslichkeit der üblicherweise verwendeten Weichmacher liegt bei 3 Mikrogramm pro Liter, ausgehend von 20 Grad Wassertemperatur. Das Kind müsste deshalb sein Leben lang täglich 166,67 Liter Badewasser trinken, um den Toleranzwert zu erreichen ( $500 : 3 = 166,67$ ).

## Toleranzwerte in der Praxis

Auch andere Ergebnisse von Öko-Test halten einer wissenschaftlichen Bewertung nicht stand. So behauptete das Magazin im vergangenen August, dass Badelatschen „erschütternd hohe Mengen“ an gesundheitsschädlichen Stoffen enthielten. Der höchste festgestellte Weichmacher-Anteil in den getesteten

Produkten wird mit 23,7 Prozent angegeben. Die Menge der Weichmacher, die aus PVC heraustraten kann, liegt bei höchstens 0,11 Mikrogramm pro Quadratzentimeter und Minute. In der Praxis führt dieses Rechenexempel zu paradoxen Ergebnissen: Ein Mensch müsste täglich ununterbrochen Badelatschen tragen, um den TDI-Wert zu erreichen –

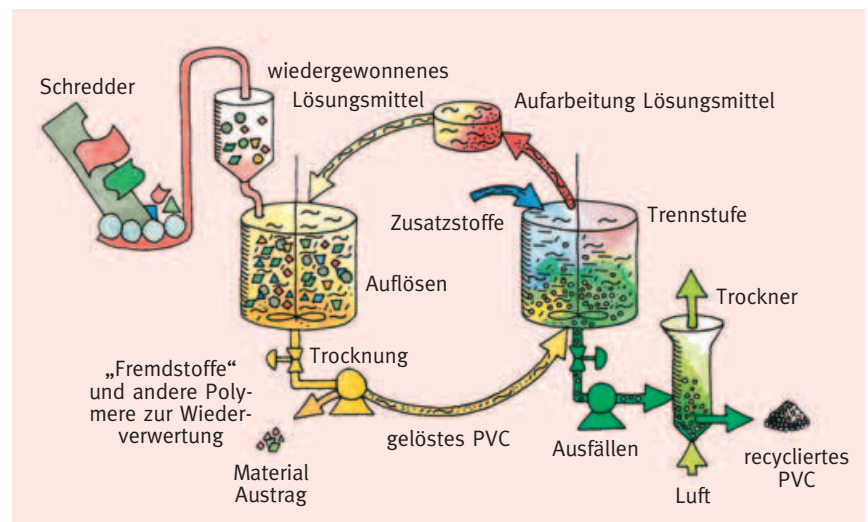
und jeder Tag müsste 15.000 Stunden haben. Ähnliches gilt für Bodenbeläge aus Polyvinylchlorid. Selbst wer sich täglich acht Stunden in Räumen mit PVC-Bodenbelägen aufhält, erreicht nicht einmal ein Tausendstel des Toleranzwertes. Um diese Dosis auch nur zu streifen, müssten es 25.000 Stunden am Tag sein.

## Vinyloop bewahrt Additive

Das Vinyloopverfahren besteht aus vier Stufen: Mahlen, selektive Auflösung, Trennung und Trocknung.  
Grafik: Solvay

**Nicht nur wiederverwerten, sondern wiedergewinnen – nach diesem Prinzip funktioniert das Recycling-Verfahren Vinyloop, mit dem es erstmals möglich ist, PVC aus weichen Verbundstoffen aufzubereiten. Das Besondere: Die wertvollen Additive bleiben erhalten.**

Die erste Anlage, die nach dem von der belgischen Solvay-Gruppe entwickelten Verfahren arbeitet, steht im italienischen Ferrara und ist Anfang 2002 in Betrieb gegangen. Vinyl 2010, die freiwillige Selbstverpflichtung der PVC-Industrie, hat sich zu 30 Prozent an den Investitionen in Höhe von rund zehn Millionen Euro beteiligt. Während werkstoffliches Recycling im Wesentlichen auf einer Zerkleinerung der Abfälle beruht, basiert das Vinyloop-Verfahren auf der relativ leichten Lösbarkeit von Polyvinylchlorid in bestimmten Substanzen. Zunächst laufen die Verbundmaterialien, also Kabelreste, Bodenbeläge oder Folien, durch einen Schredder und werden anschliessend in einem Reaktionsgefäss bei 120 Grad Celsius in ein Lösungsmittel getaucht. Dessen Hauptbestandteil ist Methyläthylketon (MEK), eine organische, biologisch abbaubare Flüssigkeit. Sie löst die Polymerketten des PVC auf – greift aber Metalle oder andere Kunststoffe nicht an.



Diese Fremdmaterialien, etwa Polyolefine, Polyester oder Aluminium, werden in einem nächsten Schritt abgesiebt und stehen für die Weiterverarbeitung zur Verfügung.

### Besser als neu

Da sie sehr klein und oft flüssig sind, verbleiben jedoch alle Additive – also Stabilisatoren oder Weichmacher – zusammen mit dem PVC in der Lösung. Dieser Mischung wird in einem zweiten Reaktionsgefäss Dampf zugeführt, wodurch sich das Polyvinylchlorid vom wasserlöslichen Methyläthylketon trennt. Dabei bilden sich PVC-Körner; sie schliessen die in der Schwebe befindlichen Additive ein. Die durchschnittlich 0,4 Millimeter

kleinen PVC-Partikel enthalten somit alle Zusatzstoffe des Ausgangsmaterials – sogar mit besserer Verteilung als bei einem neuen Produkt.

Ein weiterer Vorteil von Vinyloop ist, dass sich die Wiedergewinnung rechnet: Das Recyclat ist deutlich günstiger als neues Material und findet dementsprechend viele Abnehmer. Die Anlage in Ferrara, die derzeit noch ausschliesslich Kabel verwertet, hat eine Kapazität von jährlich 10.000 Tonnen Altstoffen. Bei Verbundstoffen mit einem durchschnittlichen PVC-Anteil von 85 Prozent können pro Jahr 8.500 Tonnen recycelter Kunststoff gewonnen werden.

[www.vinyloop.de](http://www.vinyloop.de)



## INTERVIEW

# Entscheidend ist die Exposition — nicht die Existenz eines Stoffes

Zusatzstoffe in PVC gelten landläufig unter anderem als ein Grund für das so genannte Sick Building Syndrom, was etwa so viel bedeutet wie „krank durch Innenraumbelastungen“. Über die Bewertung dieses Syndroms und über die Problematik beim Umgang mit Grenzwerten sprachen wir mit Professor Helmut Greim, Leiter des Instituts für Toxikologie und Umwelthygiene an der Technischen Universität München.

### **Herr Professor Greim, welchen Stoffen sind Menschen denn generell ausgesetzt, wenn sie sich in Gebäuden aufhalten?**

Erst einmal sind da natürlich die Stoffe, die wir selbst produzieren, also beispielsweise Wasserdampf oder Kohlendioxid. Hinzu kommen Substanzen, die wir in Innenräumen anwenden, wie etwa Holzschutzmittel, Reinigungsprodukte oder künstliche Mineralfasern zur Wärmedämmung und Schallsisolierung. Und natürlich spielt auch Polyvinylchlorid hier eine Rolle – allerdings eher eine kleine. All diese Stoffe enthalten chemische Verbindungen, von denen bestimmte Mengen an die Raumluft abgegeben werden. Im Allgemeinen sind die Konzentrationen aber zu niedrig, um gesundheitliche Schäden auslösen zu können. Ausserdem bedeutet chemisch ja nicht gleich

ungesund. Schliesslich ist der Duftstoff einer Pflanze letztlich auch eine Chemikalie.

### **Wenn die normalerweise in der Raumluft enthaltenen Substanzen nicht krank machen, wie bewerten Sie dann das Sick Building Syndrom?**

Nun, um es zu bewerten, müsste man erst einmal wissen, ob es überhaupt existiert und worauf es beruht. Der Begriff Syndrom wird immer gern benutzt, wenn Beschwerden auftreten, die viele Ursachen haben können – etwa Kopfschmerzen, Müdigkeit und Abgeschlagenheit. Aber für solche Symptome gibt es vielfältige Gründe. Ein grosses Problem ist beispielsweise die geringe Luftfeuchtigkeit in vielen Gebäuden.

Chemisch bedeutet nicht gleich ungesund.

Trockene Raumluft verursacht oft Kopfschmerzen oder Hautjucken und kann auch

zu Schleimhautreizungen führen. Auf der anderen Seite spielt beim Sick Building Syndrom natürlich auch die Psychologie eine grosse Rolle. Jemand, der glaubt, er sei gefährlichen Schadstoffen ausgesetzt, wird häufig automatisch krank.

### **Ab wann zeigt eine Substanz, die in den menschlichen Körper gelangt, denn überhaupt toxikologische Wirkung?**

Um das herauszufinden, muss man erst einmal den No Observed Effect Level

kennen, also die Dosis ohne erkennbare Wirkung. Aus diesem Wert wird dann abgeleitet, welche Menge der Substanz ein Mensch täglich aufnehmen müsste, um die Wirkschwelle zu erreichen. Dann ist zu ermitteln, ob dieser Wert durch den Kontakt mit einem bestimmten Produkt erreicht werden kann. Dabei ist es enorm wichtig zu untersuchen, wie gross die freigesetzte Menge ist – und vor allem, wie viel davon beim Menschen ankommt. Auch die Anwendung muss natürlich berücksichtigt werden.

### **Kommen denn bei solchen Tests immer dieselben Messverfahren zum Einsatz – sind die Ergebnisse also vergleichbar?**

Das sollte man meinen, aber häufig ist das nicht der Fall. Und auch wenn dasselbe Messverfahren angewendet wird, ist das noch lange keine Garantie für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Jeder einzelne Schritt muss standardisiert sein – sonst kann es immer wieder zu grossen Abweichungen kommen. Das bedeutet: Wenn in einem Test eine toxikologisch relevante Menge nachgewiesen wurde, muss das nicht heissen, dass dies beim nächsten wieder der Fall ist. Eigentlich müsste jede Untersuchung mindestens zweimal gemacht werden. Und darüber hinaus sollte man jeden Test noch von einem weiteren Labor wiederholen lassen.