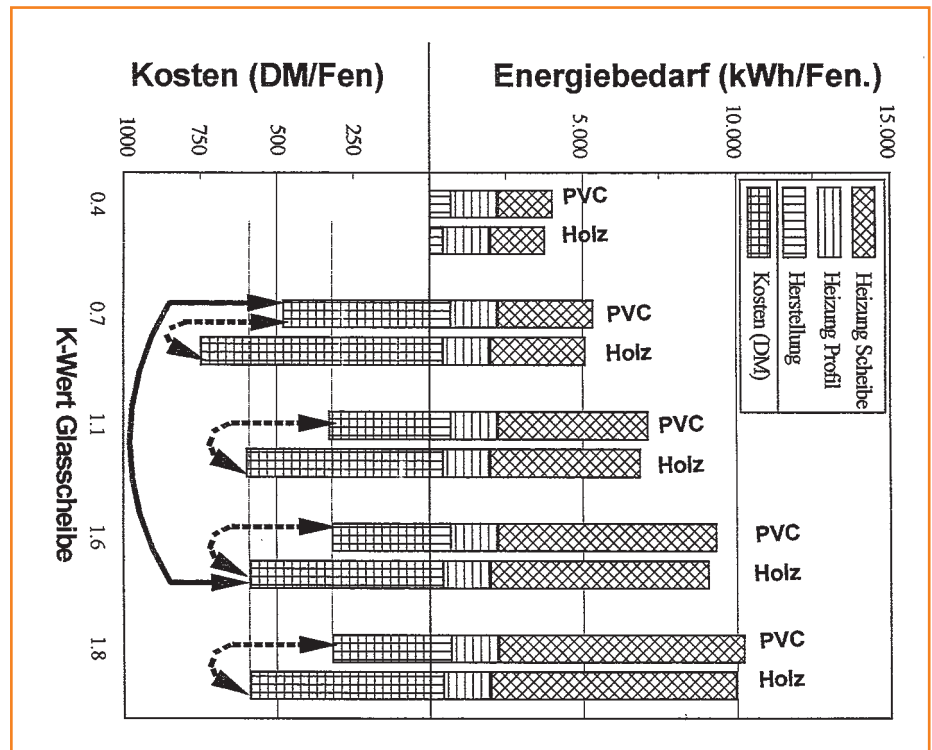


# Ökologische Positionierung

E.-J. Spindler

Dieser Beitrag stellt die neueren Entwicklungen in der Diskussion um Kunststoff-Fenster aus PVC dar. PVC-Gegner diskutieren heute stark emissions- und risikozentriert: Neuere Erkenntnisse auch des UBA weisen hier auf eine erhebliche Schiefelage hin: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) etwa sind im Brandfall die wichtigsten kanzerogenen Schadstoffe, nicht die Dioxine. PVC-Befürworter stellen die relativ günstigen Ökobilanzen (vor allem niedriger Verbrauch an Rohstoffen, Energie, CO<sub>2</sub>-Emissionen) und die hervorragende Preisgünstigkeit in den Vordergrund.

Bei den Ökobilanzen von PVC wird derzeit sowohl kurzfristig eine Korrektur wesentlicher Fehler bei der letzten europäischen Ökobilanz durchgeführt, wie auch mittelfristig die Verbesserungen der letzten Jahre erfaßt. Erstmals wird hier eine Brücke zwischen den beiden Nachhaltigkeitsbereichen Ökologie und Ökonomie geschlagen: Nutzt man die ökonomischen Vorteile des PVC-Fensters aus (geringere Kosten für Anschaffung und besonders Unterhalt), so lassen sich wesentliche Gewinne ökologischer Art realisieren. Das Recycling von PVC-Fenstern und der Wiedereinsatz der Recyclate in Neufenstern hat begonnen und wird zunehmend eine ökologisch immer wichtigere Rolle spielen.



Vergleiche zwischen technisch vergleichbaren Varianten (gestrichelte Pfeile) zeigen ökologisch ähnliche Ergebnisse und deutliche ökonomische Vorteile für das PVC-Fenster; Vergleich zwischen ähnlich teuren Fenstervarianten (durchgezogener Pfeil) zeigt ökonomisch leichte und ökologisch deutliche Vorteile für das PVC-Fenster

## Wirtschaftliche Bedeutung

Kunststofffenster aus PVC nehmen die Spitzenstellung im deutschen Fenstermarkt ein. Jährlich werden über 12 Millionen Kunststofffenster von meist mittel- und kleinständischen Unternehmen produziert und eingebaut. Ihr Anteil am Fenstermarkt hat sich laufend von 48,3 % (1995), 49,0 % (1996) auf prognostizierte 51,3 % (1997) erhöht [1]. Ähnliche Tendenzen auf unterschiedlichen Niveaus finden sich in allen europäischen Ländern. Die anderen wichtigen Fenstermaterialien Holz, Aluminium und Holz/Aluminium erreichten 1996 in Deutschland Anteile von 26,8, 18,9 und 2,9 %.

Entscheidend für diesen Erfolg der PVC-Fenster sind u. a. das durch die

RAL-Güteüberwachung erreichte hohe Qualitätsniveau und das hervorragende Preis-Leistungsverhältnis. Die lange Lebensdauer, verbunden mit geringem Wartungsaufwand sind technische, ökonomische und ökologische Vorteile.

## PVC in der Diskussion

Gegner und Befürworter diskutieren PVC mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Gegner betonen teilweise immer noch Emissionen, z. B. bei der

Produktion, meist aber wird bevorzugt das Thema Risiko diskutiert, z. B. Entstehung von Schadstoffen im Brandfall. Befürworter betonen Vorteile bei der Ökobilanz, vor allem bei Energie- und Rohstoffbedarf und damit zusammenhängend relativ geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen, ökonomische Vorteile: so „spart“ volkswirtschaftlich gesehen die PVC-Verwendung in Deutschland mindestens 6,7 Milliarden DM/Jahr [2].

**Emissionen:** Diese Diskussion verliert an Bedeutung, da die unbestreitbaren und teilweise gewaltigen Fortschritte der chemischen Industrie auf diesem Gebiet nicht zu übersehen sind. Auch bei dem noch am heftigsten diskutier-

*Dr. E.-J. Spindler aus Burghausen referierte zur ökologischen Positionierung von Kunststoff-Fenstern anlässlich des 2. Kunststoff-Fenster-Kongresses im Dezember 1997 in Würzburg.*

ten Punkt der Dioxinmissionen zeigen inzwischen Zahlen für die gesamte chemische Industrie die geringe Relevanz für die Gesamtemissionen in Deutschland [3].

Auch für einzelne Produkte, wie etwa solche aus PVC, können Dioxinmissionen entlang des gesamten Lebensweges und im Vergleich zu den gleichen Produkten aus anderen Werkstoffen quantifiziert werden. Wir haben dies 1995 für das Beispiel Fensterrahmen aus PVC (mit Stahl verstärkt), Holz und Aluminium durchgeführt [4]. Es zeigte sich, daß mit der Herstellung und Entsorgung/Verwertung aller dieser Produkte Dioxinmissionen verknüpft sind, und zwar in ähnlicher Größenordnung. Dabei schnitt das System PVC-Stahl nicht schlechter ab als der Fensterrahmen aus Holz. In der Zwischenzeit verbesserte sich einerseits die Herstellung von Aluminium, Stahl und besonders PVC, andererseits haben wir einige der 1995 getroffenen Annahmen über Abfallanfall, Recyclatanteil etc. an neuen Informationen angepaßt. Quantitativ am stärksten hat die Umsetzung der 17. BImSchV Ende 1996 die Dioxinmissionen in der chemischen Industrie verringert. Alle Werkstoffe

verbesserten sich, am stärksten das System PVC-Stahl. Diese und ähnliche Arbeiten zeigen, daß eine auf PVC zentrierte Dioxindiskussion nicht den Realitäten entspricht. PVC nimmt keine diesbezügliche Ausnahmeposition ein [4].

**Risiko Brandfall:** Von den vielen kanzerogenen Substanzen, die im Brandfall erzeugt werden, sind nach heutigen Kenntnissen die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) die mit dem größten Gefährdungspotential. Dies zeigt eine Risiko-Betrachtung der kanzerogenen Brandgas- und Rußbestandteile: bei allen Bränden spielen die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) eine wesentlich größere Rolle als die Dioxine [5].

Professor Dr. Wolfgang Rotard, Umweltbundesamt, faßt zusammen: „Resümierend muß das kanzerogene Risiko durch PAK in Brandrückständen und Brandgasen weitaus höher als durch Dioxine eingeschätzt werden“ [6]. Im Falle des Düsseldorfer Flughafenbrandes ergibt sich z. B. ein Faktor 500, um den das kanzerogene Risiko der PAK höher als das der Dioxine war, in anderen Bränden Faktoren zwischen 100 und 2000. Da PAK aber in ähnlicher Größenordnung bei allen Bränden entstehen können, auch bei Waldbränden, zeigen Brände bei den kanzerogenen Brandprodukten keine wichtigen Unterschiede. Deshalb ist auch eine Zuordnung von Sanierungskosten für die belasteten Ruße nur auf alle brennbaren Stoffe und nicht auf spezielle chlorhaltige Stoffe möglich. Es ist außerdem bemerkenswert, daß bisher bei allen Untersuchungen von brandexponierten Gruppen die gleichen Dioxinwerte wie in der normal belasteten Bevölkerung gefunden wurden [7, 8]. Dies liegt u. a. daran, daß die Bioverfügbarkeit von an Brandruß gebundenen Dioxinen und sonstigen Schadstoffen stark verringert ist.

### *Verbindung der Ökonomie mit der Ökologie*

Unsere ökologischen Ressourcen sind knapp. Dies ist bestens bekannt. Aber auch unsere ökonomischen Ressourcen sind begrenzt. Gibt es Möglichkeiten, die Nutzung der beiden knappen Ressourcen gemeinsam zu optimieren?

**Ökonomie:** Die Kosten für Anschaffung und Nutzung sind für Holz-Fenster erheblich größer als für PVC-Fenster: prognos [2] geht dabei pro Holz-Fenster von 60 DM höheren Anschaffungskosten und pro Anstrich (alle 5 Jahre) von weiteren 70 DM aus. Je nach der Nutzdauer werden deshalb die ökonomischen Ressourcen durch Holz-Fenster um ca. 270 DM (20 Jahre Nutzung) bis 550 DM (40 Jahre Nutzung) stärker belastet als durch PVC-Fenster. Ein wesentlicher Kostenpunkt bei Fenstern – unabhängig vom Material des Rahmens – kann die Glasscheibe sein, die um so teurer ist, desto besser die ökologisch wichtigen thermischen und akustischen Dämmeigenschaften sind. Gegenüber den oben angesprochenen Preisdifferenzen sind diese allerdings gering. Deshalb kann man – wenn PVC-Fenster gekauft werden – schon mit einem kleinen Teil der eingesparten Kosten ökologisch sehr sinnvoll bessere Glasscheiben einsetzen: So kosten Scheiben für ein Fenster mit einer Glasfläche von 2 m<sup>2</sup> und k-Wert von 1,5 ca. 120 bis 130 DM; Scheiben mit verbessertem k-Wert von 1,1 sind ca. 5 %, heute noch unüblichen Scheiben mit k-Wert von 0,7 etwa doppelt so teuer [9].

**Ökologie:** Ökobilanzen [10, 11] zeigen, daß zwischen Fenstern aus verschiedenen Materialien maximale Unterschiede (etwa beim Schlüsselfaktor Energieverbrauch) von 30 % auftreten. Derzeit wird die wichtigste europäische Ökobilanz für Kunststoffe [15] überholt. Dabei werden speziell für PVC wichtige Fehler korrigiert, die sich stark negativ vor allem auf den Verbrauch nichterneuerbarer Rohstoffe ausgewirkt haben. Diese Korrekturen werden in Kürze veröffentlicht. Darüber hinaus wird mittelfristig erfaßt, wie sich die kontinuierlichen Optimierungen in den Jahren seit der letzten Datenerfassung ausgewirkt haben.

Bei Bilanzierungen ist in den letzten Jahren klar geworden, daß ökobilanziell die Nutzphase wesentlich wichtiger ist als die Produktion: Durch das Fenster (durch den Rahmen und noch stärker durch die Glasscheibe) geht viel mehr (Wärme)Energie verloren als in der Produktion benötigt wird.

Berücksichtigt man die Nutzphase – was notwendig ist – sind Fenster gleicher Bauart aus PVC oder Holz ökobilanziell bis auf Effekte im %-Bereich vergleichbar. Vorausgesetzt wird dabei, daß relevante Eigenschaften wie die Dichtigkeit, über die gesamte Lebenszeit gleich bleiben: Eigenschaften wie Verzugsfreiheit gewinnen so an Bedeutung. Ökologisch relevante Optimierungsmöglichkeiten zeichnen sich ab: Dies sind Rahmen und vor allem Glasscheiben mit geringerer Wärmedurchlässigkeit. Diese sind allerdings teurer. Die Rechnungen zum Energieverbrauch im Bild wurde nach [12] durchgeführt.

**Ökonomie und Ökologie:** Ein Vergleich der beiden Fenstertypen ist nur sinnvoll, wenn entweder die ökologischen oder die ökonomischen Auswirkungen vergleichbar sind: Dann kann die jeweils andere Kategorie den Ausschlag geben.

Fall 1: Die ökobilanziellen Auswirkungen sind in etwa gleich, wenn die Nutzungsphase berücksichtigt wird. Dann ist das PVC-Fenster in Beschaffung und Erhalt ökonomisch deutlich günstiger.

Fall 2: Die finanziellen Auswirkungen sind gleich, d. h. beim PVC-Fenster wird der oben angesprochene finanzielle Vorteil in ökologische Verbesserungen investiert. So wird etwa eine teurere Glasscheibe mit niedrigerem k-Wert (niedrigerer Wärmeverlust) eingebaut. Die damit möglichen ökologischen Gewinne zeigt das Bild. Sie sind höher als alles, was man je mit einer Materialwahl erreichen kann. Andere zusätzliche ökologisch sinnvolle Maßnahmen liegen in der Installation etwa von Lufttauschern mit Wärmerückgewinnung etc. Bei

Einbezug der Ökonomie ist daher nicht mehr ein Vergleich technisch gleichwertiger Fenster sinnvoll (Bild, gestrichelte Linien), sondern solcher Fenster, die ökonomisch gleich oder ähnlich teuer sind (durchgezogene Linien).

PVC-Fenster zeigen sich damit als eine „ökoeffektive“ Materialvariante in dem Sinn, daß die begrenzten ökologischen und ökonomischen Ressourcen insgesamt am besten optimiert werden können.

### *PVC-Fenster-Recycling*

Das PVC-Fenster-Recycling ist in einer Reihe von Labor- und Praxisuntersuchungen [13] behandelt worden (Adressen [14]). Generell zeichnet sich PVC durch eine günstige werkstoffliche Recycelbarkeit aus, da die physikalischen Eigenschaften des Werkstoffes auch bei mehrmaligem Recycling überdurchschnittlich gut erhalten bleiben. Im Bereich der Herstellung von PVC-Fenstern wurden schon lange die bei dem Zuschneiden der Profilstangen anfallenden Stücke recycelt. Vor etwa fünf Jahren wurde auch Sammellogistik und Recyclingbetriebe für gebrauchte PVC-Fenster aufgebaut. Seitdem arbeitet z. B. in Behringen (Thüringen) der Welt modernste Fenster-Recyclinganlage, in der neben dem PVC auch die im Fenster vorhandenen anderen verschiedenen Metall-, Holz- und Glas-Fraktionen gesammelt und der Verwertung (Recycling, Verbrennung) zugeführt werden.

Das PVC-Recyclat wird derzeit in Anteilen von 60 bis 70 % in sogenannten Koextrusion zu neuen Profilen verarbeitet. Dabei wird das Recyclat an den Sichtflächen der Fensterprofile vor allem wegen der extrem hohen Anforderungen an die Farbgebung mit Neuware verkleidet. Da PVC-Fenster in größerem, schnell steigendem Umfang erst seit etwa 20 Jahren eingesetzt werden und die Nutzdauer deutlich länger ist, fallen heute erst in kleinem Umfang alte Fenster an. Dies wird von PVC-Gegnern kritisiert, oft mit dem Hinweis, daß künftige erhöhte Mengen nicht mehr bewältigbar seien. Allerdings ist schon heute die Recyclingkapazität der Branche wesentlich größer als derzeit benötigt. In den nächsten Jah-

ren wird sich deshalb mit einer erhöhten Auslastung die ökonomische Lage dieser Betriebe weiter verbessern. Neue Recyclingbetriebe werden bei Bedarf entstehen. □

### Literatur

- [1] Verband der Fenster- und Fassadenhersteller, Frankfurt
- [2] Prognos AG, E. Plinke, R. Schüssler, K. Kämpf: „Konversion Chlorchemie“, im Auftrag des Hessischen Umweltministeriums für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, 1994
- [3] Prof. Nader VCI: private Mitteilung (wird demnächst veröffentlicht)
- [4] E.-J. Spindler, M. Engelmann: „Schadstoffbilanzen – eine Quelle für Überraschungen!“, Informationsschrift der Vinnolit Kunststoffe GmbH, 84489 Burghausen
- [5] E.-J. Spindler: „Which are the prioritarian carcinogenic substances in soot“, Dioxin '96, Organohalogen Compounds Vol. 30 (1996) pp. 7–11
- [6] W. Rotard: „Gefahrstoff nach Bränden – Sanierungsleitwerte“ in „Sanierung von Brandschäden“, Vortragsband einer Fachtagung des Verbandes der Sachversicherer e. V., Köln, 1996
- [7] Umweltmedizinische Untersuchungen an Feuerwehrleuten, Ruhr-Universität Bochum und Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf im Auftrag des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen, 1993
- [8] „Dokumentation Großbrand Lengerich“, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft, Nordrhein-Westfalen (1994)
- [9] Mitteilung eines Scheibenherstellers, Fa. Schieb, Pocking
- [10] K. Richter et al.: „Ökologische Bewertung von Fensterkonstruktionen verschiedener Rahmenmaterialien (ohne Verglasung)“, EMPA Schweiz, Mai 1996
- [11] E. Novak: Ökologische Betrachtung der Fenster-Werkstoffe, Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik, 1994
- [12] K. Richter: „Umweltbeeinflussung durch Fenster – Ökobilanzen“, Tagungsband „Internat. Kunststoff-Fenster-Kongreß“, herausgegeben durch Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ) 1995, Berlin
- [13] E. Schadhauer, S. Scherrer: „PVC-Altfensterrecycling in der Praxis“, DBZ – Deutsche Bauzeitschrift, 11 (1995) 155–158
- [14] AgPU, Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt, Bonn: „PVC-Recycling: Die aktuelle Information“, Mai 1995
- [15] Dr. I. Boustead: „Eco-profiles of the European plastics industry“, Reports Nr. 1 to 8, Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME), Av. E. van Nieuwenhuyse 4, B-1160 Brussels (Polyvinylchloride = Report Nr. 6)