

# Kunststoff-Fenster aus ökologischer Sicht, 1995

Egon Barth, Günter Hundertmark und Edwin Keller in  
 „Bauen mit Kunststoffen“ 2/95, S. 11-18, des Instituts für das  
 Bauen mit Kunststoffen -IBK-, Darmstadt, 1995

## Kunststoff-Fenster aus ökologischer Sicht

Dipl.-Phys. Egon Barth, Dipl.-Ing. (FH) Günther Hundertmark, Edwin Keller

### 1 Einleitung

In Deutschland werden Fenster i. w. aus den drei Rahmenwerkstoffen Aluminium, Holz und Kunststoff hergestellt. Dabei sind heute rund 45% der Fensterrahmen aus Kunststoff, mit einer noch steigender Tendenz.

Im Kunststofffenster-Markt Deutschlands lassen sich heute folgende Marktsegmente analysieren:

- 85% weiße Fenster
- 15% farbige Fenster durch Oberflächenbeschichtungen.

Nach Werkstoffen für die Grundprofile gegliedert ergibt sich:

- Polyvinylchlorid (PVC-U), hochschlagzahl:  
ca. 99%  
(Teile 1, 3.5, 6.7 der RAL-GZ 716/1)

- Polyurethan-Integralschaumstoff (PUR):  
ca. 1%  
(Teil 2 der RAL-GZ 716/1)
- duroplastartige Profile:  
ca. 0,1%  
(Teil 4 der RAL-GZ 716/1)

Um zu erklären, warum PVC-U im Fensterbau trotz ständiger Angriffe eine herausragende Stellung errungen hat, soll hier auf seine im Fensterbau relevanten Eigenschaften unter Berücksichtigung ökologischer Belange eingegangen werden.

### 2 Der Werkstoff

Polyvinylchlorid ( $\text{CH}_2\text{-CHCl}$ ), wurde bereits 1835 durch Henri Regnault im Labor von J. O. Liebig in Gießen – mehr zufällig – polymerisiert. Es dauerte aber bis 1928 (in USA) bzw. 1930 (BASF), daß die technische Polymeri-

sation aufgenommen wurde. Heute wird PVC weltweit großtechnisch hergestellt (1993 ca. 19.106 Jato) und ist einer der bedeutendsten Kunststoffe überhaupt.

Die Rohstoffquellen sind dabei zu ca. 43% Ethylen aus Erdöl oder Erdgas und ca. 57% Chlor aus Steinsalz, das praktisch sogar in Deutschland unbegrenzt verfügbar ist (Bild 1). PVC läßt sich leicht stabilisieren, modifizieren und durch Zusatz von Weichmachern plastifizieren. Als Thermoplast ist es – energetisch günstig – bei niedrigen Temperaturen zu verarbeiten. Das pulverförmige Ausgangsmaterial kann im Temperaturbereich bis zu 200 °C sowohl auf Walzen (Kalander) als auch im Extruder plastifiziert und homogenisiert werden [1]. Dabei kann es in nahezu beliebige Formen gebracht werden, die es nach Abkühlung bei Raumtemperatur beibehält. Auch die Bearbeitung der Halbzeuge ist einfach. Sägen, Fräsen, Bohren ist mit üblichen Werkzeugen für die Holzbearbeitung möglich. Weitere Vorteile sind die gute Schweiß- und Klebbarkeit. Schließlich zählen im Bauwesen die Schwerentflammbarkeit (PVC-U ohne Zusatz von Flammschutzmitteln) sowie bei entsprechender Stabilisierung die gute Wetterbeständigkeit, die hohe Widerstandsfähigkeit gegen Umgebungseinflüsse und das günstige Alterungsverhalten.

Entsprechend besitzen PVC-Fenster eine sehr gute Gebrauchstauglichkeit und eine hohe Lebenserwartung. Speziell für den Einsatz im Fensterbau sind noch bedeutsam die hohe Zähigkeit und Elastizität bei ausreichender Festigkeit, ausreichende Werte von E-Modul und Wärmeformbeständigkeit sowie die geringe Wärmeleitfähigkeit [2-7]. Die Ausgewogenheit der Eigenschaften, die günstige Ver- und Bearbeitbarkeit mit nur niedrigerem Energieaufwand führen zu einem so günstigen Preis-Leistungs-Verhältnis, daß die hohe Marktdurchdringung nicht nur in Deutschland leicht verständlich ist [8-10]. Das PVC-Fenster bietet dem Bauwesen eine funktionstüchtige, langlebige, pflegeleichte, wartungsarme, den individuellen Gestaltungswünschen variabel anpaßbare Lösung (Bild 2 + 3). Dazu kommt, daß durch die Wiederverwertung der Altfenster auch das Entsorgungsproblem entfällt, wenn denn, nach jahrzehntelangem Einsatz doch einmal ein Austausch der Fenster, aus welchen Gründen auch immer, erfolgen soll.

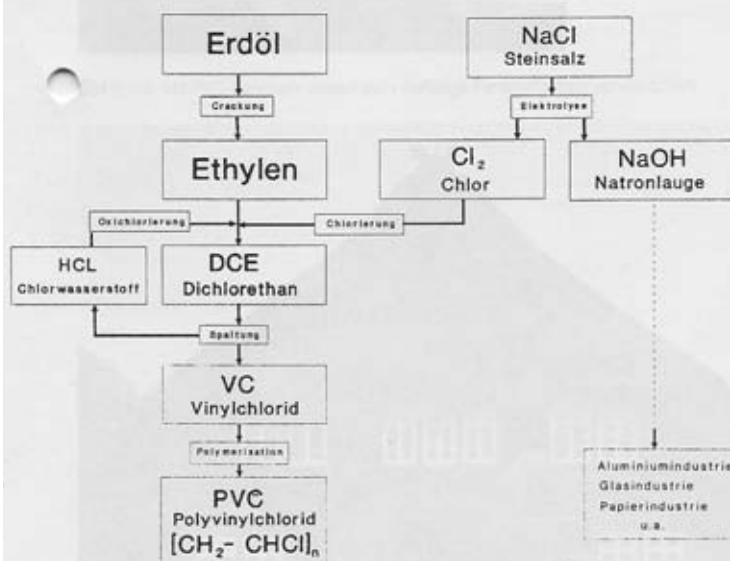


Bild 1: Schematische Darstellung der PVC-Herstellung



Bild 2 + 3: Mit PVC-Fenstern lassen sich vielfältige Fensterformen verwirklichen



### 3 Alternativen

Trotz des großen Markterfolges der PVC-Fenster hat die Chemie- und Kunststoffindustrie, sowohl in der Anfangsphase der Entwicklung von Kunststoff-Fenstern und kontinuierlich bis heute, auch Versuche mit anderen Kunststoffen unternommen. Auf der Suche nach einem noch besseren Kunststoff wurden nicht nur andere Thermoplaste wie Polyvinylchlorid-weich (PVC-P), Polyacetal (POM), Polycarbonat (PC), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polystyrol (PS), Acrylnitril-Styrol-Acrylester (ASA), Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Polypropylen (PP), sondern auch Duroplaste wie Polyurethan (PUR), glasfaserverstärkte Polyesterharze (GF-UP) und Melaminharz untersucht [11]. Neben diesen bekannt gewordenen sind sicher noch viele weitere Kunststoffe und -blends auf ihre Tauglichkeit für die Fensterherstellung geprüft worden. Alle diese Versuche waren bisher jedoch nicht erfolgreich.

Zwar können Fensterprofile auch aus den genannten und anderen Kunststoffen hergestellt werden. In einzelnen Eigenschaften erreichen bzw. übertreffen andere Kunststoffe sogar die des PVC-U wie z.B. die höhere Wetterbeständigkeit des PMMA. Dafür fallen aber andere Eigenschaften so stark ab, daß in der Summe die Vorteile des hochschlagzähnen PVC-U bisher von keinem anderen Fensterrahmenwerkstoff – auch von keinem anderen Kunststoff – erreicht oder gar übertroffen werden.

Es ist deshalb unseriös, wenn eine vom Öko-Institut e.V., Darmstadt, initiierte Studie [12] zu dem Schluß kommt, daß mit anderen Kunststoffen eine Substitution des PVC-U im Fensterbau ohne größere Schwierigkeiten – und natürlich kurzfristig – machbar sei. Entgegen dem selbstgerechten Urteil des Auftraggebers ist die Studie leider nicht „ausgezeichnet recherchiert“ und die Schlußfolgerungen entsprechen wohl eher ideologisch bestimmtem Wunschenken als sachlicher Analyse und Bewertung.

Die dauernde Suche nach besseren Werkstoffen und Produkten ist für die Industrie selbstverständlich. Wenn ein solcher Rahmenwerkstoff für Fenster einmal gefunden wird, dann wird dieser, wie am Beispiel des PVC-U nachvollziehbar, sehr schnell seinen

Weg machen, wenn er Vorteile gegenüber den derzeitigen Rahmenwerkstoffen bietet. Denn auch für Fenster gilt: „Das Bessere ist der Feind des Guten“. Es gilt aber auch, daß sich alternative Werkstoffe am Werteprofil des schlagzähnen PVC-U messen lassen müssen, d. h. an:

- seiner langjährigen Licht- und Wetterbeständigkeit
- seinen mechanischen Eigenschaften als Konstruktionswerkstoff
- seiner hohen Zähigkeit (problemlose Bearbeitbarkeit in der Fensterfertigung, sichere Montage)
- seiner geringen Wärmeleitfähigkeit (gute Wärmedämmung, energiesparend)
- seiner sicheren Schweißbarkeit (dichte Rahmenecken)
- seiner Schwerentflammbarkeit (selbstverlöschend)
- seiner guten Extrudierbarkeit (hohe Extrusionsgeschwindigkeit auch mit komplizierten Querschnitten und engen Toleranzen sowie glatten Oberflächen)
- seiner Lackierbarkeit (Herstellung farbiger Fenster (gemäß Teil 5 + 6 der RAL-Güterrichtlinie))
- seiner Klebbarkeit (Herstellung folierter Fenster (gem. Teil 7 der RAL-Güterrichtlinie))
- seiner hohen Gebrauchstauglichkeit (≥ 50 Jahre)
- seiner Wartungsfreundlichkeit (keine regelmäßigen Anstriche, kostengünstig, umweltfreundlich)
- seiner hohen Widerstandsfähigkeit gegen Chemikalien – auch gegen Umwelteinflüsse
- sein günstiges Preis-Leistungs-Verhältnis
- seiner ökologischen Unbedenklichkeit
- seiner Recycelbarkeit (wiederverwendbar für neuwertige Fenster).

Diesen Vergleich hat bis heute kein anderer Fensterwerkstoff bestanden und ökologisch verbrämte ideologische Forderungen zählen dabei wie der Markt zeigt wenig [13–15].

#### 4 PVC-Diskussion

Trotz der genannten technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile wird PVC seit einigen Jahren von ideologisch geprägten Gruppen unsachlich angegriffen, ja sogar als „Umweltgift“ denunziert. Diese – gegen alle sachlichen Widerlegungen – gebetsmühlenartig wiederholten Angriffe haben leider im politischen Bereich Erfolg gehabt. Ohne von den vielen Möglichkeiten der sachlichen Information Gebrauch zu machen, konnte es deshalb in einigen Kommunen und Ländern dazu kommen, daß von fehlinformierten Politikern PVC-Fenster nicht nur abgelehnt, sondern regelrecht verboten wurden, was stellenweise auch für Aluminium- und Tropenholz-Fenster gilt.

Da sind die für den Berliner Beschluß Verantwortlichen schon zu fragen: „Weder Aluminium, noch PVC und auch kein Hartholz – was darf's denn eigentlich sein“? Wurden vor solchen Beschlüssen wirklich die Vor- und Nachteile erwogen und angelegliche Alternativen ähnlich streng beurteilt?

Da solche Werkstoffverbote von der EU eindeutig abgelehnt werden, ist es an der Zeit, auch in Deutschland die Verantwortlichen in Politik und Verwaltung wieder zu einer sachlichen Beurteilung solcher Fragen zu veranlassen, um die durch ideologische Fehlentscheidungen bereits entstandenen Kosten und ökologischen Fehler in Grenzen zu halten.

Diese Aufklärungsarbeit muß nun von den betroffenen Industriezweigen in Angriff genommen werden. Diese haben sich durch die bereits geleistete Arbeit zur Klärung und Richtigstellung der Anschuldigungen, sowie durch die Entwicklung ökologisch verträglicher und umweltgerechter Problemlösungen als kompetent erwiesen. Sie müssen diese Kompetenz in sachlicher Form aber deutlicher als bisher artikulieren.

Dazu sollen hier einige Hinweise zu den häufigsten Anschuldigungen gegeben werden.

#### 4.1 Vinylchlorid

Vinylchlorid, das monomere Vorprodukt des PVC, wurde schon Ende der 60er Jahre als Verursacher einer seltenen Form des Leberkrebses erkannt. Zu seiner Auslösung war jedoch eine langjährige und hochkonzentrierte Vinylchloridbelastung der betroffenen Personen in der Polymerisation nötig. Diese Erkenntnisse führten zu den heute gesetzlich geregelten arbeitshygienischen und betriebstechnischen Maßnahmen, die eine Gefährdung durch VC bei der Herstellung von PVC ausschließen:

Die Produktion von VC und PVC erfolgt in geschlossenen Anlagen, die gesetzlich festgelegte technische Richtkonzentration (TRK) von VC am Arbeitsplatz darf 3 bzw. 2 ppm nicht überschreiten und wird auch sicher eingehalten.

Gemäß DIN 7746 bzw. 7747 „Vinylchlorid (VC) Polymerisate“ [16, 17] darf der Rest-VC-Gehalt im PVC den Wert von 10 ppm nicht überschreiten. Das in Deutschland produzierte PVC liegt heute bei einem Rest-VC-Gehalt von < 2ppm. Damit ist ausgeschlossen, daß VC-Belastungen im Extrusionsbetrieb, in der Fensterfertigung oder gar in Gebäuden mit PVC-Fenstern auftreten können.

#### 4.2 Brandverhalten

Fenster tragen wegen ihrer geringen Masse grundsätzlich nur wenig zum Brandverlauf bei einem eventuellen Gebäudebrand bei. Daher gibt es auch keine baurechtlichen Einschränkungen für Fenster. Praxisnahe Brandversuche haben zudem gezeigt, daß PVC-Rahmen aufgrund der Schwerentflammbarkeit des PVC Vorteile bieten [18].

Die Gefährdung von Personen geht im Brandfall überwiegend vom dabei entstehenden Kohlenmonoxidgas (CO) aus, das bei jedem Brand entsteht, ob PVC beteiligt ist oder nicht. Dagegen ist das in PVC-Brandgasen enthaltene HCl-Gas weniger gefährlich. Weil PVC nur mitbrennt, steigt seine Konzentration nach Brandbeginn nur lang-

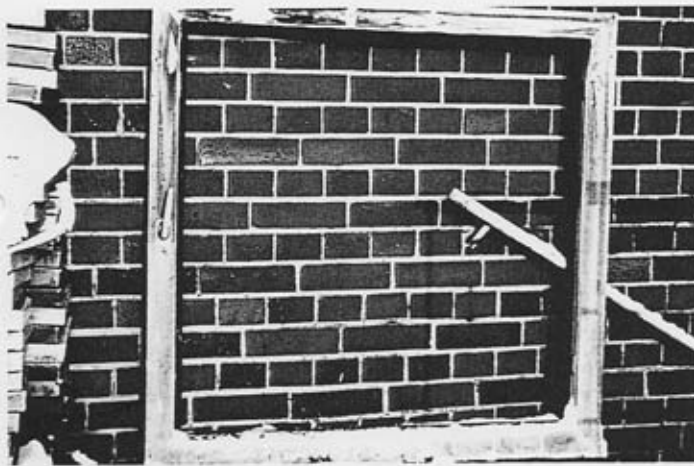


Bild 4:  
Innenoberfläche eines „Trocal-Color“-  
Fensterflügels nach einem Zimmerbrand in  
Stuttgart, bei dem die gesamte Einrichtung  
zerstört wurde.

sam an. Von Fensterrahmen ausgehende Brandgase werden aus den brennenden Räumen zum größten Teil ins Freie gedrückt. Im Gegensatz zum geruchslosen CO wird HCl wegen seiner schleimhautreizenden Wirkung frühzeitig bemerkt, lange bevor kritische Konzentrationen erreicht sind. PVC-U unterhält den Brand nicht. Sobald die von anderen brennenden Stoffen zugeführte Energie ausbleibt, ertischt PVC-U von selbst (Bild 4).

Auch der Vorwurf, PVC erzeuge im Brandfall die Seveso-Gifte Dioxine und Furane ist entkräftet. Aus der Untersuchung zahlreicher Brandfälle [19] unter Mitwirkung von PVC ist bekannt, daß im Ruß oder den Brandrückständen üblicherweise Dioxine und Furane nur im Bereich von einigen ppb TE nachweisbar sind. Diese Verbindungen entstehen aber praktisch bei allen Bränden, da in den meisten organischen Stoffen, vor allem den natürlichen, Chlorverbindungen als Salze enthalten sind und die zu ihrer Vermeidung erforderlichen hohen Temperaturen bei Schmelzen nicht in allen Phasen erreicht werden. Erhöhte Dioxin- und Furanwerte

konnten bei Beteiligung von PVC nicht nachgewiesen werden [20].

Insgesamt sind Schadfeuer als Beitrag zur Gesamtbelastung aber bedeutungslos. Die entstehenden Dioxinmengen sind gering, überwiegend am Brandruß absorbiert und wenig bioverfügbar. Eine Gefährdung von Personen nach Gebäudebränden wird sicher vermieden, wenn betroffene Wohnungen vom Brandruß gereinigt werden. Dies wird durch Richtlinien des BGA (Bundesgesundheitsblatt 1/90) beschrieben [21]. Auch im Blut von Feuerwehrleuten sind keine erhöhten Dioxinkonzentrationen nachzuweisen.

#### 4.3 Stabilisierung des PVC

Einer der bedeutendsten Vorteile von PVC-Fenstern ist die Licht- und Wetterbeständigkeit. Daraus ergibt sich, daß während des Gebrauchs in der Regel keine Anstriche erforderlich sind, was sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile bringt.

Um diese hohe Dauergebrauchstauglichkeit zu erreichen, müssen dem PVC Stabilisatoren zugesetzt werden. Diese Stabilisatoren sind metallorganische Verbindungen, die in Mengen bis zu ca. 4% eingemischt werden. Beim PVC-Fenster wurden ursprünglich Ba/Cd-Stabilisatoren eingesetzt. Die Entwicklung ging dann über eine Mischstabilisierung Ba/Cd-Pb zu der heute überwiegend verwendeten Pb-Stabilisierung. Auch gegen diese schwermetallhaltigen Stabilisatorssysteme richten sich die Angriffe der PVC-Gegner, da Schwermetalle – vor allem Cd – giftig sind.

Gefährdend sind die Stabilisatoren jedoch nur, wenn sie bioverfügbar sind, d.h. wenn sie z.B. in Feinstaubform in den Körper aufgenommen werden können. In Mischereien oder Verarbeitungsbetrieben sind daher betriebstechnische Vorkehrungen getroffen (gekapselte Mischanlagen), die das sicher verhindern.

Die z.Z. geltenden gesetzlichen Regelungen besagen: Nach der Gefahrstoffverordnung müssen Cd- oder Pb-haltige PVC-Pulvermischungen mit einem Gehalt > 0,1% mit einem Totenkopf und dem Hinweis auf die Gesundheitsgefährdung bei Aufnahme in den Körper gekennzeichnet sein.

Eine Einschränkung bzw. ein Verbot Cd- oder Pb-haltiger Fensterprofile bzw. Fenster gibt es in der EU jedoch nicht (EG-Richtlinie 91/338/EWG) [22].

Im Fensterprofil selbst sind die Stabilisatoren fest in die PVC-Matrix eingeschlossen und können daher nicht mehr in die Umwelt gelangen. Weder werden sie bei der Bearbeitung freigesetzt (Sägen, Fräsen usw.), noch gasen sie beim Schweißen oder im praktischen Einsatz aus. Auch hierüber liegen umfangreiche Untersuchungen vor [23].

Nach politischen Diskussionen (Bund-Länder-Ausschuß, Umweltbundesamt u.a.) hat das Landesparlament Hessen trotzdem beschlossen, daß PVC-Fenster ab 1996 Cd- und Pb-frei sein müssen.

Die Kunststoffindustrie hält ein solches Verbot zwar für sachlich nicht gerechtfertigt [24], stellt sich mit Weiterentwicklungen aber auch auf diese Situation ein. In mehrjährigen umfangreichen Untersuchungen wurden jetzt erste Versuchsreihen abgeschlossen die zeigen, daß auch Ca/Zn-Stabilisatoren grundsätzlich für die Verwendung in Fenster-



profilen geeignet sind. Alle geforderten mechanischen Eigenschaftswerte, auch die Wetterbeständigkeit, sind wie bei dem bisherigen Werkstoff erreichbar.

Die Gütegemeinschaft Kunststoffensterprofile wird daher Ca/Zn-stabilisierten PVC-Fensterprofilen, wenn sie die Anforderungen der Gütenrichtlinie RAL-GZ 716/1 erfüllen, das RAL-Umklebezeichen verleihen [25].

Eine generelle kurzfristige Umstellung aller Fensterprofil-Extrusionen ist jedoch sicher nicht ohne weiteres möglich, da sich die rheologischen Eigenschaften Ca/Zn-haltiger Compounds gegenüber den bisher verwendeten ändern und umfangreiche Anpassungen der Extrusionsbedingungen bis hin zu Änderungen der Extrusionswerkzeuge erforderlich werden können. Durch diese und den höheren Preis der Ca/Zn-Stabilisatoren werden sich die Herstellungskosten der Profile erhöhen. Der Wechsel kann daher nur schrittweise in den nächsten Jahren erfolgen und wird, wie an einer Reihe anderer Beispiele erkennbar, höhere Kosten bringen, ohne jeden ökologischen Vorteil, da unabhängig von der Art des eingesetzten Stabilisators dieser im Profil fest gebunden und nicht verfügbar ist.

## 5

### Recycling und ökologische Beurteilung der PVC-Fenster

Vergleichende Öko-Bilanzen an PVC-, Holz- und Alufenstern wurden in Österreich, der Schweiz und in den Niederlanden durchgeführt. In diesen Vergleichen schnitten PVC-Fenster sehr gut ab [26–29].

Die Öko-Bilanz von PVC-Fenstern wird aber noch günstiger, wenn auch die Möglichkeit ihres Recyclings berücksichtigt wird. Dies ist, wie bereits geschildert, unter Erhaltung einer ausreichenden Materialqualität technisch möglich und wird bereits seit einigen Jahren erfolgreich praktiziert. Die Wiederverwertung ist wegen der niedrigen Verarbeitungstemperatur des PVC von ca. 190 °C nicht sehr energieaufwendig (Bild 5), [30–33].

Wenn das Recycling für die Öko-Bilanzen die aufgezeigte große Bedeutung hat, ist zu klären, ob durch die Recycling-Anlagen selbst

oder durch die Wiederverwendung der Recyclate Umweltbelastungen auftreten können. Dazu führte das Kunststofftechnikum der TU Berlin im Auftrage der Gütegemeinschaft Kunststoffensterprofile und der Tischler-Innung Berlin umfangreiche Messungen durch [34] (BmK 6/93, S. 12–16, BmK 1/94, S. 21–26).

Die Meßorte befanden sich an der Mühle, am Extruder sowie in der Profilverarbeitung an der Säge und an der Schweißmaschine. Bei allen Messungen wurden die vorgeschriebenen Grenzwerte unterschritten. Chlorwasserstoff, Vinylchlorid oder Benzol konnten überhaupt nicht nachgewiesen werden. Die Schwermetallbelastungen lagen sehr deutlich unter den zulässigen Werten.

Die ergänzend durchgeführten Prüfungen der Recyclatprofile ergaben eine Profilqualität, die der aus Frischmaterial hergestellter Profile voll und ganz entspricht.

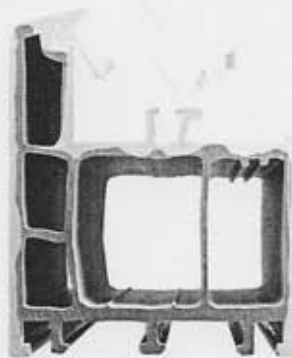


Bild 5:  
Beispiel eines PVC-U-Recycling-Profiles. Das „Trocal-REC“-Profil ist an allen sichtbaren Flächen mit Frischmaterial coextrudiert.

## 6

### Dauergebrauchstauglichkeit

Für eine ökologische Beurteilung sind die Lebenserwartung und die Unterhaltskosten eines Bauteils nicht unerheblich. Die im Bauwesen gewünschte langjährige Gebrauchstauglichkeit ist für PVC-U-Fenster gegeben. Viele Langzeitversuche zur Ermittlung des Alterungsverhaltens wurden durchgeführt.

Sowohl natürliche Bewitterungsversuche in den unterschiedlichsten Klimazonen unserer Erde, als auch Alterungsversuche bei erhöhten Temperaturen lieferten Ergebnisse, aus denen sich eine Lebenserwartung von PVC-U-Fenstern von mehr als 50 Jahren ableiten läßt (Bild 6), [2–7]. Noch bedeutsamer als solche Untersuchungen ist aber deren Bestätigung durch das Verhalten von PVC-U-Fenstern im praktischen Einsatz. Die ersten PVC-U-Fenster sind inzwischen 35 Jahre im Einsatz. Aber selbst wenn man die Zeit von 1959 bis 1970 als Entwicklungszeitraum einstuft, sind seit 1970 inzwischen 25 Jahre der praktischen Bewährung vergangen. Seit dieser Zeit sind viele Millionen PVC-U-Fenster nicht nur in Deutschland, sondern weltweit eingesetzt worden. Natürlich sind auch an Kunststoff-Fenstern Mängel und Schäden aufgetreten. Aber diese blieben auf eine geringe Zahl von Einzelfällen beschränkt und lassen sich sicher auch in Zukunft selbst mit ausgefeilter Qualitätssicherung nicht vollständig vermeiden. Wichtig aber ist, daß von ihnen weder eine Schädigung der Umwelt noch ein gesundheitliche Beeinträchtigung der vielen Millionen Nutzer hervorgerufen wurden.

Auch Kunststoff-Fenster aus PVC-U bedürfen, noch dazu als bewegliche Bauteile, selbstverständlich einer Wartung und Pflege. Dazu gehört eine regelmäßige Reinigung sowie die Wartung der Beschläge. Während Glas und Rahmenprofil sich mit den üblichen Reinigungsmitteln leicht säubern lassen, sind die Beschläge nicht nur zu ölen, sondern müssen evtl. nach langjähriger Beanspruchung auch nachgestellt bzw. sogar ausgewechselt werden. Das ist aber funktions- und qualitätsbedingt und unabhängig vom Rahmenwerkstoff. Die PVC-U-Rahmenprofile bedürfen dagegen außer der Reinigung keiner Schutzimpregnierung oder einer



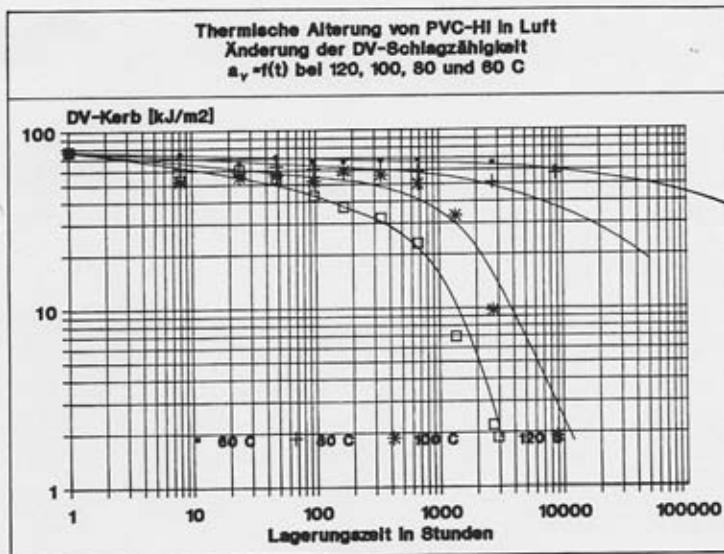
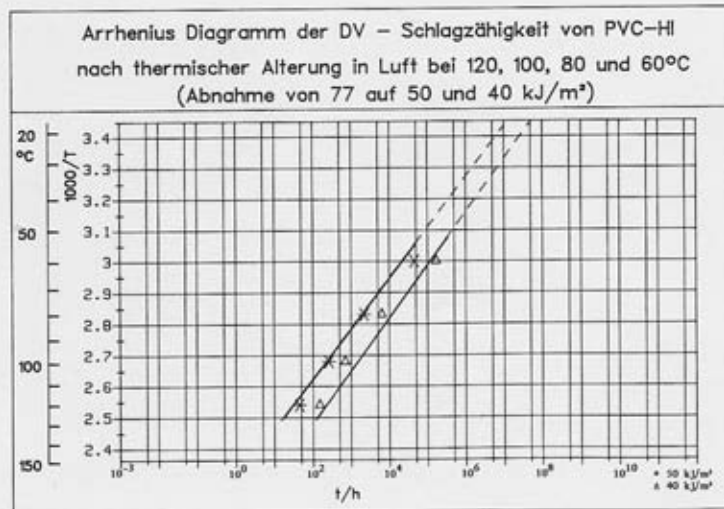


Bild 6a (oben):  
 Verlauf der DV-Schlagzähigkeit nach DIN 53 753 von PVC-U-Fensterprofilen in Abhängigkeit von Temperatur und Einwirkungszeit bei thermischer Alterung in Luft

Bild 6b (unten):  
 Aus den Funktionen in Bild 6a gewonnene Arrhenius-Diagramme von PVC-U-Fensterprofilen für die Abnahme der DV-Schlagzähigkeit unter Temperatureinwirkung auf 50 und 40 kJ/m²



regelmäßigen neuen Beschichtung. Vergleicht man daher die Gesamtkosten für Fenster aus den heute gebräuchlichen Rahmenwerkstoffen, ist es wenig überraschend, daß diese nach 20 Jahren nur etwa 65% des nächstgünstigen Aluminiumfensters betragen. Bei den reinen Wartungskosten sind diese mit 37% noch wesentlich günstiger. Am höchsten sind die Unterhaltskosten naturgemäß bei Holzfenstern, da diese unter unseren Witterungsbedingungen regelmäßig imprägniert und/oder neu gestrichen werden müssen (Bild 7), [35-37].

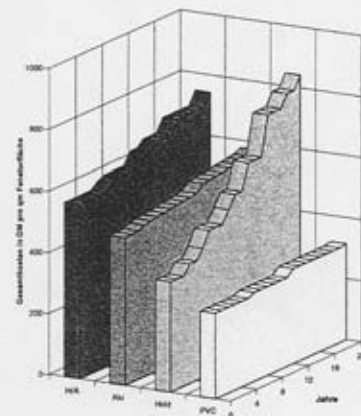


Bild 7:  
 Gesamtkosten pro m² Fensterfläche (Herstellungskosten, Montage und Unterhaltskosten) von Fenstern aus den wichtigsten Rahmenwerkstoffen während eines 20jährigen Einsatzes

## 7

## Ausblick

Während die immer noch steigenden Marktanteile auf eine außerordentlich hohe Akzeptanz der PVC-U-Fenster und damit auf deren Vorteile und die Zufriedenheit ihrer Nutzer nicht nur in Deutschland hinweisen, versucht eine kleine, aber aggressive politische Minderheit in Deutschland, deren Verbot durchzusetzen. Obwohl das eigentliche Ziel dieser Gruppe, die Destabilisierung aller industriellen Tätigkeit in Deutschland, immer besser erkennbar wird, hat sie in den letzten Jahren erstaunlicherweise Unterstützung in einigen Kommunal- und Landesparlamenten erhalten und in einer ganzen Reihe von Kommunen und Ländern Einschränkungen und Verbote durchsetzen können.

An dieser Entwicklung fällt auf, daß diese „Erfolge“ mit immer noch den gleichen Vorwürfen wie zu Beginn dieser Anti-PVC-Kampagne erreicht werden, obwohl alle Vorwürfe inzwischen durch umfangreiche Untersuchungen entkräftet werden konnten. Daß die Anti-PVC-Ideologen den vielen Angeboten zu einer sachlichen Diskussion aller angeblichen Probleme immer wieder ausweichen, kann nicht erstaunen. Bemerkenswert ist aber die Leichtgläubigkeit, mit der zum anderen Politiker diesen unbewiesenen Parolen folgen, ohne die tatsächlichen, durch nüchterne Messungen belegten Fakten zur Kenntnis nehmen zu wollen.

Um zu vermeiden, daß zu den zahlreichen ökonomischen und ökologischen Fehlentscheidungen auf der Basis ungeprüfter, polemischer Vorwürfe weitere hinzukommen und Fenster, wie in Berlin definitiv gefordert, wieder aus schnell nachwachsenden heimischen Weichhölzern ohne jede Holzschutzbehandlung herzustellen sind, muß die Fensterindustrie die Zielrichtung ihrer Werbung ändern. Nicht mehr der Hauslebauer muß bis ins kleinste Detail über die Vorteile von PVC-U-Fenstern informiert werden, die hat er inzwischen aus eigener positiver Erfahrung über einen Zeitraum von 40 Jahren schon selbst erkannt. Vielmehr müssen endlich die Politiker informiert werden, die meinen, die Verbraucher durch Verordnungen und Verbote vor solchen bewährten Werkstoffen wie PVC-U und Aluminium „schützen“ zu müssen. Es muß versucht werden, daß vor sol-

chen weitreichenden Beschlüssen wieder eine sachliche Diskussion möglich wird, wie das in anderen Ländern selbstverständlich ist. Erst wenn Anschuldigungen und Widerlegungen bewiesen werden müssen, kann eine vernünftige Entscheidung getroffen werden.

Im speziellen Fall wird sich dann auf Grund der umfassenden Untersuchungen sehr schnell zeigen lassen, daß PVC-U-Fenster kein Teufelszeug sind, sondern ein ressourcenschonendes, mit geringem Energieaufwand herstellbares, langlebige, wartungsfreundliches, energiesparendes und gesundheitlich völlig unbedenkliches Bauprodukt. Sie geben keine Stoffe in die Umwelt oder die mit ihnen ausgestatteten Wohnungen ab und sie können auch nach jahrzehntelangem Einsatz zu neuen, qualitativ gleichwertigen PVC-U-Fenstern wiederverwertet werden.

Zur Unterstützung einer sachlichen Diskussion soll die knappe Darstellung des Für und Wider beitragen, wobei detaillierte Angaben zu Einzelthemen den umfangreichen Literaturangaben entnommen werden können.

## 8

## Literatur

- [1] Kindler, H.; Nickles, A.: Energieaufwand zur Herstellung von Werkstoffen  
Kunststoffe 70 (1980) 12, S. 802
- [2] Menzel et al.: Vestolit Bau - ein hochschlagzähes PVC zur Herstellung von Fensterprofilen  
Plastverarbeiter 9/83
- [3] Postel, R.; Röhr, E.: Langzeitverhalten von Fenstern aus mit polymerem Acrylester schlagzäh modifiziertem PVC Hart (PVC/A)  
BmK 6/83, S. 12-14
- [4] Barth, E.: Alterungsverhalten von Fenstern aus Hart-PVC  
Kunststoffe 76 (1986) 1, S. 77-81
- [5] Röhr, E.: Das Verhalten von PVC-Fensterprofilen bei Bewitterung  
BmK 2/87, S. 8-12
- [6] Röhr, E.: Schlagzäh modifiziertes Polyvinylchlorid für Fensterprofile  
Kunststoffe 76 (1986) 11, S. 1091-1094
- [7] Barth, E.: Kunststoff-Fenster auf dem Weltmarkt  
Kunststoffe im Bau 16 (1981) 4, S. 171-174 und 17/1982, 1, S. 17-21
- [8] Wick; Koenig: Schlagzäh PVC-Granulate  
Kunststoffe 49 (1959) 10, S. 506-512
- [9] Hartmann et al.: Wärmedurchgangskoeffizient  $k$  an Fenstern  
Fenster und Fassade 5/1978, 2, S. 46-52
- [10] Hundertmark, G.: Rationalisierung im Kunststoff-Fensterbau unter Verwendung von hochschlagzähem PVC  
Fenster und Fassade 11/1984, 4, S. 99-103
- [11] Röhr E.; Schwiegk, L.: Das HI-PVC und seine möglichen Alternativen  
Plastverarbeiter 42 (1991) 10, S. 39-42
- [12] Röhr, E.: Gibt es alternative Kunststoffwerkstoffe für PVC-Fenster?  
Internationaler Kunststoff-Fenster-Kongreß, Berlin, Vortrag [37]
- [12] Betzner: Substitution von PVC bei Kunststoff-Fensterprofilen  
Öko-Institut e.V., Freiburg/Darmstadt, Februar 1994
- [13] Pastuska, G.: Baustoffe zwischen Ökologie und Ökonomie  
Berliner Bauwirtschaft 1-2/1990



- [14] Michel, M.:  
Ist PVC ein Umweltschadstoff?  
Berliner Bauwirtschaft 1-2/1990
- [15] Weltring, R. et al.:  
Ist PVC im Bauwesen sinnvoll zuersetzen?  
IBK Darmstadt, Oktober 1993
- [16] DIN 7746 (.94):  
Vinylchlorid(VCl)-Homopolymerisate:  
Einteilung und Bezeichnung
- [17] DIN 7747 (.94):  
Vinylchlorid(VCl)-Copolymerisate-  
Typen
- [18] Barth, E.:  
Brandversuche an Fenstern aus unterschiedlichen Werkstoffen  
plasticonstruction 5 (1975) 5, S. 189 bis 194
- [19] Engelmann, M.; Skura, J.:  
PVC im Brandfall  
Brandschutz/DFZ 8/1992
- Binder, G.:  
Erfahrungen mit Bränden unter Beteiligung von PVC  
Brandschutz/DFZ 2/1994, S. 93-97
- [20] VKE Hrsg.:  
PVC - Ursache für Dioxinbildung?  
Informationsschrift des VKE, Frankfurt am Main, Juni 1985, weitere Literatur s. dort
- [21] BGA-Richtlinien  
Bundesgesundheitsblatt 1/1990
- [22] EG-Richtlinie  
91/338/ENG
- [23] Barth, E.:  
Gesundheitliche Aspekte bei der Verarbeitung von PVC  
SKZ-Fachtagung: Kunststoffschweißen in der Serienfertigung, Februar 1990  
Tagungshandbuch S. 218-227
- [24] VKE Hrsg.:  
Argumentation Bleistabilisatoren  
Frankfurt am Main, März 1993
- [25] RAL Hrsg.:  
Kunststoff-Fenster  
Gütesicherung RAL-GZ 716/1, Ausgabe Januar 1994
- [26] Novak, E.; Ecker, A.:  
Vergleich der Fensterwerkstoffe  
Kunststoffe, Aluminium, Holz  
Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik, Wien, Juli 1990
- Novak, E.:  
Ökologische Betrachtung der Fensterwerkstoffe  
Kunststoff, Aluminium, Holz  
Österreichisches Kunststoffinstitut, Wien, 1994
- [27] Richter, K.:  
Untersuchungen zur Ökobilanz von Holz-, Holz-/Alu- und Kunststoff-Fenstern  
Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf, April 1991
- [28] Lindeijer, E. et al.:  
Umweltbeeinflussung durch Fenster  
Centrum für Umweltkunde, Rijksuniversiteit Leiden, Juni 1990
- [29] Tötsch, W.; Polack, H.:  
PVC und Ökobilanz  
Umweltwissenschaft- und Schadstoffforschungs-Zeitung 4 (2) 1992, S. 93-97
- [30] Tötsch, W.:  
Die Industrie ist gefragt - Recycling von PVC-Bauprodukten
- [31] Berndtsen, N.; Hofmann, V.:  
Coextrudierte Fensterprofile aus Regenerat und Neuware  
Kunststoffe 81 (1991) 10, S. 907-909
- [32] Gäbler:  
Untersuchungsergebnisse an langfristig eingebauten PVC-Fenstern  
Fachtagung des SKZ, Juni 1991, Tagungshandbuch S. 163ff.
- [33] Güterl, M.; Schüle, H.:  
Werkstoffliches Recycling am Beispiel von PVC-Fensterprofilen  
Plastverarbeiter 45 (1994) 10, S. 78 bis 82
- [34] Käufer, H.; Weinlein, R.:  
Recycling von PVC-Fensterprofilen - Ökoanalyse  
BmK 6/93, S. 12-16, BmK 1/94, S. 21 bis 26
- [35] Timm, H.:  
Unterhalts-Kosten-Diagramm GKFP, erstellt aus den Werten der Fa. Hans Timm GmbH, Berlin
- [36] Topritzhof, E., Leopoldeder, T.:  
Wirtschaftlichkeit von Fenstern - Ein betriebswirtschaftliches Entscheidungsmodell für einen Vergleich der Profilwerkstoffe PVC, Holz und Holz/Aluminium  
Wirtschaftsuniversität Wien, November 1994
- [37] IBK Darmstadt:  
Internationaler Kunststoff-Fenster-Kongreß, Berlin, 21./22. Februar 1995, Tagungs-Handbuch

Die Verfasser dieses Beitrags:

Dipl.-Phys Egon Barth, Jg. 1929; Physikstudium in Jena. Seit 1960 arbeitete er bei der Dynamit Nobel AG, Troisdorf, auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung von Kunststoffen. Er leitete dann die Abteilung Stoff- und Systemprüfung der Dynamit Nobel AG und später der Hüls Troisdorf AG. Seit 1991 im Ruhestand.

Dipl.-Ing. (FH) Günther Hundertmark, Jg. 1937; Chemiestudium an der staatlichen Ingenieurschule in Essen. Seit 1962 in der Anwendungstechnik der Hüls AG, Marl, tätig. Im Rahmen der Einsatzentwicklung befaßte er sich mit Kunststoff-Fenstern und ist Mitarbeiter in verschiedenen Ausschüssen der Gütegemeinschaft Kunststoff-Fensterprofile, Bonn.

Edwin Keller, Jg. 1935. Nach Tätigkeit als Leiter der Qualitätskontrolle Rohre und Profile bei der Dynamit Nobel AG, Troisdorf, seit 1970 bei der Gütegemeinschaft Kunststoffrohre e.V., Bonn, als Prüfingenieur tätig. Außerdem berät er die Gütegemeinschaft Kunststoff-Fensterprofile im Qualitätsverband Kunststoffherzeugnisse e.V. in Fragen der Qualitätssicherung.