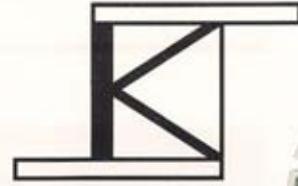


Kunststoff-Fenster im Profil, 1995

**Gütegemeinschaft
Kunststoff-Fensterprofile**

im Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V.



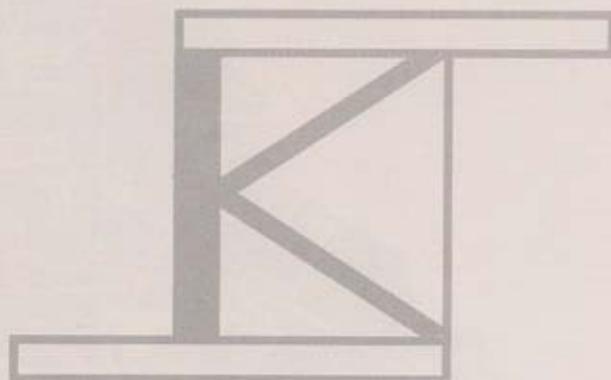
**Kunststoff-Fenster
im Profil**

E. Barth, Troisdorf,
G. Hundertmark, Marl,
E. Keller, Bonn

Sonderdruck
aus Kunststoffe Heft 1/95



Einleitung



Kunststoff-Fenster können nun auf eine 40jährige Geschichte zurückblicken. Das ist, verglichen mit der etwa 2000jährigen Geschichte des Holzfensters, nicht besonders eindrucksvoll. Die in nur 40 Jahren erreichten Fortschritte in der Entwicklung der Kunststoff-Fenster lassen sich aber recht gut mit der über 2000 Jahre erfolgten Entwicklung der Holzfenster vergleichen. Daß Kunststoff-Fenster in dieser kurzen Zeit mit einem Anteil von etwa 45 % die führende Stellung im Fenstermarkt, gegen die altbewährten Holzfenster und die ebenfalls noch jungen Aluminiumfenster, erreicht haben, ist interessant genug, um die Hintergründe dieser Erfolgsgeschichte aufzuzeigen und zu dokumentieren.

Es ist aber auch notwendig, über die Entwicklung, die Eigenschaften und das Verhalten der Kunststoff-Fenster aufzuklären, denn die heute eingesetzten Kunststoff-Fenster werden zu etwa 99 % aus Polyvinylchlorid (PVC) Profilen hergestellt. Und diese Fenster aus weichmacherfrei-

em, hochschlagzähem PVC sind seit einigen Jahren den polemischen Angriffen selbsternannter Umweltschützer ausgesetzt, die PVC und alle daraus hergestellten Produkte als gesundheitsschädlich und Umweltgift Nr. 1 diffamieren. Zwar hat diese Polemik gegen die in millionenfachem, jahrzehntelangem Einsatz nachgewiesenen Vorteile der PVC-Fenster wie z.B. ihre Langlebigkeit, Witterungsbeständigkeit, Pflegeleichtigkeit und ihren günstigen Preis noch keinen Erfolg. Nachdenklich macht aber, daß die zwar unbewiesenen, aber gebetsmühlenartig immer wieder wiederholten Behauptungen bei einer ganzen Anzahl von Politikern ein offenes Ohr gefunden haben. Von diesen wurden, bei entsprechender Zusammensetzung der Parlamente, schon in einer Reihe von Ländern und Kommunen PVC-Ablehnungen und sogar Verbote durchgesetzt.

Aus diesem Grunde ist es auch erforderlich, die erhobenen Vorwürfe zu entkräften und darzulegen, wie umfassend und gründlich der Werk-

stoff PVC und insbesondere die daraus hergestellten Fensterprofile auch bezüglich ihrer physiologischen und hygienischen Unbedenklichkeit und ihrer Umweltverträglichkeit untersucht wurden.

Schließlich ist das Recycling von PVC nicht nur theoretisch möglich, sondern wird mit alten ausgebauten Fenstern schon praktiziert und diese sortenrein bei der Herstellung neuer Fensterprofile wieder eingesetzt.

Allerdings werden politische Auflagen, wonach nur Profile mit mindestens 60 % Recyclatanteil eingesetzt werden dürfen, mangels Masse Wunschträume bleiben. Bei der jahrzehntelangen Gebrauchsdauer der PVC-Fenster ist noch viele Jahre, zum Vorteil der Benutzer, nicht mit deren kontinuierlichem Ausbau aus Alterungsgründen zu rechnen.

Die dreiteilige Veröffentlichung soll Fensterbauern, Bauherren, Architekten, Behörden und Politikern eine Übersicht über die Entwick-

lung der Kunststoff-Fenster, deren Struktur, Eigenschaften und Herstellbedingungen sowie ihr günstiges Umweltverhalten und ihre Recyclingfähigkeit bis hin zur Qualitätssicherung geben. Sie bietet die Möglichkeit der umfassenden Information und der objektiven sachlichen Beurteilung des Werkstoffes PVC und der daraus hergestellten Fenster.

Damit ist sie hoffentlich hilfreich bei der Vermeidung von Fehlurteilen. Durch solche sind schon genügend ökonomische und ökologische Fehlentwicklungen veranlaßt worden.

Es sollte deshalb darauf verzichtet werden, durch politische Auflagen die Industrie zu überhasteten Maßnahmen zu zwingen, ohne daß deren Auswirkungen in allen Aspekten überprüft sind. Bessere Produkte sind seit jeher das Ziel aller Entwicklungen, und diese werden sich dann, wie die Geschichte der PVC-Fenster exemplarisch zeigt, sehr schnell und ohne jede ideologische Unterstützung durchsetzen.

Farbgebung, aber auch Holzmaserungseffekte, werden durch werkseitige maschinelle Beschichtungen mit Acryllacksystemen oder aber durch Kaschierung mit entsprechend gestalteten farbigen Folien auf PVC-PPMMA-Basis erreicht



E. Barth, Troisdorf,
G. Hundertmark, Marl,
E. Keller, Bonn

Kunststoff-Fenster im Profil

Ein Überblick über die Entwicklung von Kunststoff-Fenstern

Kunststoff-Fenster haben einen langen Entwicklungsweg durchschritten. Verbesserungen in der Profilkonstruktion und in der Verarbeitbarkeit des Werkstoffs und seine Rezyklierbarkeit haben Kunststoff-Fenstern aus PVC-U eine führende Marktposition gesichert.

Der Einsatz von Kunststoffen als Fensterrahmen-Werkstoff begann 1954. Damals fungierten Profile aus PVC-P (PVC-weich) als korrosionssichere Ummantelung von Stahl- oder Aluminium-Profilen. Immerhin war die geometrische Profilform des ersten PVC-P-Systems (Bild 1) der Dynamit Nobel, Troisdorf (Typ: Mipolam Elastic (R)), schon so gestaltet, daß es die Anschlag- und Dichtungsfunktion übernehmen konnte. Auch die Verschweißung der PVC-P-Profile in den Rahmenecken sorgte schon damals für eine dichte Verbindung, die den Zutritt von Wasser und Feuchtigkeit an die metallischen Trägerprofile verhindern sollte.

Selbsttragende Profile

Ausgehend von den Entwicklungen der Hüls, Marl, und Hoechst, Frankfurt am Main, begannen dann 1959 die ersten Versuche mit selbsttragenden Fensterprofilen aus schlagzäh modifiziertem PVC-U (PVC-hart, Typ: Vestolit

HI (R), Hersteller: Hüls, Marl, und Typ: Hostalit Z (R), Hersteller: Hoechst, Frankfurt am Main) [1]. Bei den PVC-U-Systemen handelte es sich um selbsttragende Hohlprofile, welche die aus statischen Gründen erforderliche Steifigkeit mit entsprechend großen Wanddicken erzielten. Die Profilquerschnitte waren dem Stand der Extrusionstechnik entsprechend noch sehr einfach, meist Einkammerprofile ohne Klemmnuten, die den Holzfensterprofilen nachempfunden waren. Die Entwicklung der ersten PVC-U-Fensterprofile erfolgte weitestgehend empirisch und führte aus der Sicht des heutigen Kenntnisstands auch zu Fehlentwicklungen, die aufgrund ihrer Mängel zum Scheitern verurteilt waren. Dazu gehören bemerkenswerterweise auch alle Entwicklungen, die auf eine meist sehr dünne Ummantelung von Holzprofilen setzten. Obwohl solcherart „geschützte“ Holzfenster in den neuen Bundesländern bis 1990 eingesetzt wurden, zeigt ihr desolater Zustand, daß sich diese Werkstoffkombination nicht bewährt hat.

Profile weiterentwickelt

Etwa ab Mitte der 60er Jahre kooperierten die Fensterbauer zunehmend mit der Kunststoff-Industrie, so daß kunststoffgerechtere Konstruktionen entstanden. Dies galt einerseits für die Profile (2- bzw. 3-Kammerprofile mit Klemmnuten für Dichtungen, Beschläge, Glashalteleisten und Zusatzprofile), aber andererseits auch für die Fenstersysteme selbst. Mit den Erfahrungen und Anforderungen der Fensterbauer gelang es, innerhalb weniger Jahre funktionstüchtige Profilsysteme aus PVC-U zu entwickeln, die brauchbare Fensterkonstruktionen ermöglichten. Die in vielen Varianten zum System gehörenden Profile konnten miteinander kombiniert werden, so daß alle Öffnungsarten möglich wurden. Auch die Anforderungen in bezug auf Statik, Wärmedämmung, Schalldämmung und Dichtheit wurden besser erfüllt.

Zukunftsweisend: Mehrkammersysteme

Die Profilgeometrie änderte sich schnell, größere Fensterflächen und ein zunehmender Einsatz von Isolierverglasung führten an die Grenzen auch der einfachen Hohlprofile mit großen Wanddicken, wie es bei einem Elastizitätsmodul von 2500–3000 N/mm² zu erwarten war. Schon sehr früh wurden Mehrkammersysteme entwickelt. Diese ermöglichten eine sichere Entwässerung der Fensterfalze über die Vorkammer. Andererseits ließen sie den Einschub von Stahlprofilen zur Erhöhung der Biegesteifigkeit (zulässige Durchbiegung $f = 1/300$) in die Hauptkammer zu, was für größere Fensterabmessungen unerlässlich war. Bei Fenstern kleinerer Größe ohne Metallverstärkung (bis etwa 1 m) wurde bei der Befestigung der Schrauben durch 2 Profilwände ein sicherer Sitz der Beschläge gegen die auftretenden Scherkräfte erreicht.

Mehrkammersysteme (Bild 2) besitzen auch hinsichtlich der Wärmedämmung günstigere Eigenschaften, die sich nach der ersten Wärmeschutzverordnung als Marktvorteil erwiesen. Durch den Einsatz von Dichtungsprofilen, denen in Dichtungsnuten der Profile sicherer Sitz gegeben war, gab es auch wenig Probleme mit der Fugendurchlässigkeit, der Wasserdichtheit und dem Schallschutz. Die hohe Dichtheit der Kunststoff-Fenster bereitete den Benutzern sogar Probleme, mußten

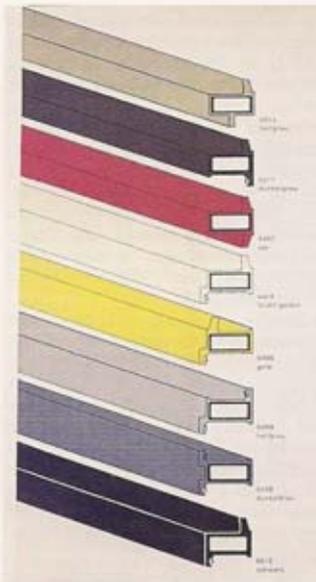


Bild 1. Mipolam-Elastic Profile aus PVC-P

sie sich doch auf ein völlig neues Lüftungsverhalten umstellen. Die generell hohe Fugendurchlässigkeit des konventionellen Fensters, welche für eine ständige, selbsttätige Belüftung der Räume sorgte, entfiel. Die dadurch auftretenden Feuchtigkeitsprobleme z.B. in Bädern bzw. der Sauerstoffzug bei offenen Herd- oder Heizungsfeuerungen

machten eine Umstellung des individuellen Lüftungsverhaltens erforderlich. Diese Probleme führten sogar zur Entwicklung von Zwangsbelüftungssystemen, die unabhängig von persönlicher Unachtsamkeit für den erforderlichen Luftaustausch sorgen.

Die Profile aus schlagzähem PVC-U mit garantiert gleichbleibenden Eigenschaften erwiesen sich auch bei der stürmischen Rationalisierung der Fensterherstellung als vorteilhaft. Bestanden die Fenstersysteme ursprünglich aus wenigen Profilen (Flügel, Blendrahmen, Glashalteleisten), führte die Anpassung an die fenstertechnische und bautechnische Entwicklung zu einer zunehmenden, miteinander vielseitig kombinierbaren Anzahl von Profilen. Diese ermöglichen so alle Öffnungsarten und Bauausführungen mit einem Profilsystem.

Der Werkstoff in seiner Entwicklung

Auch die zur Herstellung der Profile verwendeten PVC-Formmassen unterlagen einer ständigen Weiterentwicklung, wie z.B.

- Verbesserungen der Stabilisatorsysteme zum Schutz vor Witterungseinflüssen wie beispielsweise Verfärbungen.
- Bessere Verarbeitbarkeit der PVC-Formmassen und dadurch Steigerung der Ausstoßleistung in der Extrusion von etwa 50 kg/h auf 250 kg/h [2,3].

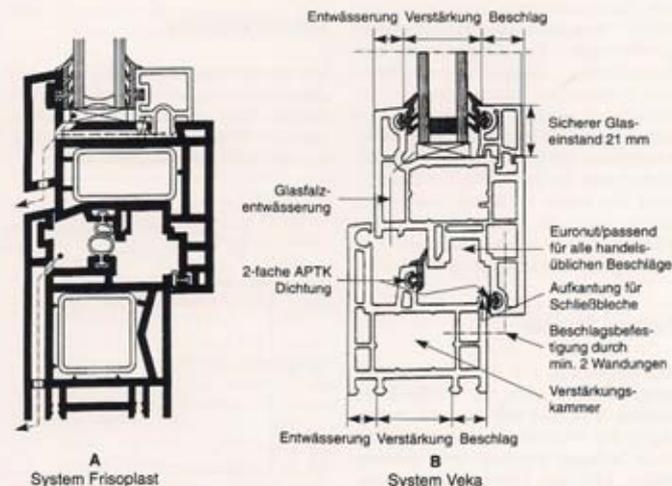


Bild 2. Moderne Mehrkammerprofil-Systeme mit integrierten Dichtungen, Verstärkungen, Klemmverbindungen und Entwässerungen durch die Vorkammern A: System Frisoplast B: System Veka



Bild 3. Coextrudierte Fensterprofile aus PVC-U und PMMA

- Erhöhung der Zähigkeit auf ein Mehrfaches von normalem PVC-U. Die hochschlagzäh Formmassen erleichtern die Bearbeitung der Profile und Rahmen in der Fensterfertigung mit kurzen Taktzeiten und ohne Ausbrüche von Schnittflächen etc. [3].

Aus der Vielzahl der PVC-Typen für die Herstellung von Fensterprofilen haben sich sehr schnell die schlagzäh modifizierten, weichmacherfreien PVC-U-Formmassen mit guter UV-Stabilisierung auf der Basis von Ba, Cd und Pb durchgesetzt. Mit diesen Formmassen ist die Herstellung von Profilen selbst mit kompliziertesten Geometrien mit hohen Verarbeitungsgeschwindigkeiten gewährleistet. Sie können mit herkömmlichen Bearbeitungsmaschinen und Werkzeugen kostengünstig weiterverarbeitet werden, besitzen eine gute Schweißneigung und eine hohe Alterungsbeständigkeit. Durch die hohe Zähigkeit sind die Profile bei der Bearbeitung den hohen Werkzeuggeschwindigkeiten und die daraus hergestellten Fenster auch rauen Transport- und Montagebeanspruchungen gewachsen.

Farbige Fenster

Die Erkenntnis, daß die Wetterechtheit eingefärbter Profile im Vergleich zu weißen PVC-U-Profilen nicht befriedigte, der Wunsch des Fenstermarktes nach farbigen Fenstern aber zunahm, führte 1972 zur Entwicklung coextrudierter Profile aus der Werkstoffkombination PVC-U und PMMA (Bild 3). Bei diesen Profilen gehen die bewähr-

ten Eigenschaften der Zähigkeit und Verschweißbarkeit des hochschlagzäh PVC-U im Trägerprofil Hand in Hand mit der hohen Farbbechtheit und dem breiten Spektrum der möglichen Einfärbungen der PMMA-Schicht, die an den äußeren Sichtflächen mit dem Trägerprofil coextrudiert wurde. Die bei solchen Werkstoffverbunden auftretenden Probleme mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten und dauerhaften Verbindungen wurden durch Abstimmung der unterschiedlichen Formmassen gelöst.

Zur Vereinfachung der aufwendigen Coextrusion wurde danach die maschinelle Lackbeschichtung der PVC-U-Profile entwickelt. Auch dabei kommen vorwiegend Lacksysteme auf Acrylat- und teilweise auf Polyurethan-Basis zum Einsatz. Auch bei den mit farbigen Lackbeschichtungen geschützten Oberflächen der PVC-U-Profile muß durch entsprechende Verfahrensabläufe für eine gute Haftung der Beschichtung gesorgt werden.

Der letzte Schritt in dieser Entwicklung ist die Kaschierung der PVC-Trägerprofile mit einer farbgebenden Folie. Diese selbst besteht aus einer eingefärbten, meist strukturierten PVC-P-Trägerfolie und einer UV-Schutzfolie aus transparentem PMMA von mindestens 50 µm Dicke. Maserung und Strukturierung dieser Folien erlauben die Erfüllung nahezu aller Kundenwünsche an das Aussehen der Fensteroberflächen (Eingangsbild).

Schweißneigung

Mit zunehmender Rationalisierung und Automatisierung im Fensterbau, steigenden Flügelgrößen und -gewichten, tauchten Probleme mit den Festigkeiten der Eckverschweißungen auf.

Das veranlaßte die Gütegemeinschaft Kunststoff-Fensterprofile (GKFP), Bonn, in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verband für Schweißtechnik (DVS), Düsseldorf, dem Süddeutschen Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg, und den Schweißmaschinenherstellern, das Schweißen von PVC-U-Fensterprofilen genauer zu untersuchen. Während im SKZ mit Unterstützung der Profil- und Schweißmaschinenhersteller das Schweißverfahren für PVC-Fensterprofile systematisch analysiert wurde, entwickelte die GKFP exaktere Prüfmethoden zur genaueren Bestimmung der Bruchkräfte und der daraus resultierenden Bruchspannungen der Eckverschweißungen. Als Ergebnis dieser Untersuchungen erfolgten klare Festlegungen des Schweißvorganges in der DVS 2207 Teil 25 [7] mit definierten Anforderungen an die Schweißmaschinen und die Durchführung des Schweißens. Diese Maßnahmen führten sehr schnell zu einer deutlichen Verbesserung der Eckfestigkeiten. Die geforderte Mindestbruchspannung $\sigma = 35 \text{ N/mm}^2$, bezogen auf den Profilwandquerschnitt, wurde bereits 2 Jahre nach der Einführung bei der Fremdüberwachung mit einem Mittelwert von $50,8 \text{ N/mm}^2$ deutlich übertroffen.

Recycling

PVC-Fenster sind langlebige Bauteile. Die Anzahl ausgebauter PVC-Fenster ist deshalb heute noch sehr gering. Aufgrund ihres hohen Marktanteils ist erst in weiter Zukunft mit einer höheren Anzahl zu rechnen. Das Rezyklieren von PVC-Fenstern ist bereits heute technisch gelöst. Die manuelle Demontage alter Fenster in die Bestandteile Glas, Beschläge, Dichtungen, Stahlverstärkungen und PVC-Profile ist sehr



Bild 4. Marktentwicklung Kunststoff-Fenster in Deutschland 1960-1994

kostenintensiv. Daher werden in den beiden 1993 in Betrieb genommenen Anlagen ganze Altfenster geschreddert. Dann werden Glas, Metall und Dichtungen abgetrennt, das verbleibende PVC gereinigt, kontrolliert und weiter zerkleinert. Das so gewonnene PVC-Rezyklat wird dann, wie in der RAL-Richtlinie festgelegt, erneut zu vollwertigen Fensterprofilen verarbeitet. Es gelingt jedoch nur dann, daraus wieder Profile herzustellen, die in ihrer Qualität normalen Profilen aus Frischmaterial entsprechen, wenn sortenreines Rezyklat aus gütegesicherten Fensterprofilen eingesetzt wird. Dieses muß, falls erforderlich, nachstabilisiert und/oder modifiziert und durch Coextrusion mindestens an den Sichtflächen mit Frischmaterial abgedeckt werden. Dadurch werden die Licht- und Wetterbeständigkeit garantiert und Oberflächenmängel durch Farbschwankungen und Verunreinigungen vermieden.

Wirtschaftliche Recyclingraten hängen u.a. von einem funktionierenden Sammelsystem ab. Solche Sammelsysteme wurden als Branchenlösung (Fensterbaubetrieb-Rezyklierer-Extruder) entwickelt. Sie arbeiten inzwischen erfolgreich, obwohl sie wegen der geringen Zahl von PVC-Altfenstern bei weitem noch nicht ausgelastet sind.

Marktentwicklung

Nach einer etwa 15jährigen Entwicklungs- und Markteinführungsphase erfolgte etwa ab 1970 ein starker Anstieg der produzierten Kunststoff-Fenster. Wesentliche Gründe dafür waren die genannten technischen Weiterentwicklungen und das Bestreben nach höherer Qualität. Hierzu beigetragen hat auch die früh eingeleitete RAL-Gütesicherung mit den Qualitätsüberwachungen durch die Gütegemeinschaften.

Von 1970 bis 1980 erreichte das Kunststoff-Fenster dann einen Anteil von 40 % des deutschen Fenstermarkts und hat diesen Anteil in den letzten 15 Jahren bis auf das jetzige Niveau von 43 % bei steigender Tendenz stabilisiert. Dies gelang, obwohl die Fertigstellung von Neubauten ab 1972 stark zurückging, weil die durch staatliche Energiesparprogramme geförderte Altbau- und Sanierungsmaßnahmen fast ausschließlich durch Kunststoff-Fenster bedient werden konnte (Bild 4).

Ab 1990 erfolgte auch wieder ein starker Mengenzuwachs, der bis heute anhält. Die Gründe dafür sind der Wiederanstieg der Neubautätigkeit in den alten Bundesländern, aber vor allem

auch die Gebäudesanierung in den neuen Bundesländern.

Literatur

- 1 Wick, G.; Koenig, H.: Schlagzähe PVC-Granulate. *Kunststoffe* 49 (1959) 10, S. 506-512
- 2 Röhl, E.: Schlagzähmodifiziertes Polyvinylchlorid für Fensterprofile. *Kunststoffe* 76 (1986) 11, S. 1091-1094
- 3 Hundertmark, G.: Rationalisierung im Kunststoff-Fensterbau unter Verwendung von hochschlagzähem PVC. *Fenster und Fassade* 6 (1984) 4, S. 99-103
- 4 Barth, E. et al: Entwicklungstendenzen bei Kunststoff-Fenstern. *Das farbige Fenster. Kunsts. Bau* 12 (1977) 4
- 5 Gehbauer, K.: Coextrusion gütegesicherter farbiger Fensterprofile mit Polymethacrylat (PMMA). *Bauen Kunstst.* 30 (1987) 2, S. 14-16
- 6 Gehbauer, K.: Coextrusion und Beschichtung von Fensterprofilen mit Polymethacrylat (PMMA). *Kunstst. Bau* 19 (1984) 3, S. 150-154
- 7 DVS 2207 Teil 25: Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen - Heizelementstumpfschweißen - Schweißen von Fensterprofilen aus PVC-U. DVS-Verlag, Düsseldorf Oktober 1989

Literatur Ergänzung zum Teil 1:

- [7.1] DVS 2208 Teil 1: Maschinen und Geräte zum Schweißen von Thermoplastischen Kunststoffen - Heizelementschweißen - Dez. 1976
- [7.2] DIN 1910 Teil 3: Schweißen - Schweißen von Kunststoffen - Verfahren - Sept. 1977
- [7.3] DIN 16928: Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoff-Rohrverbindungen, Rohrleitungsteile, Verlegung - Allg. Richtl. - April 1979
- [7.4] Poschet et al: Schweißen von PVC-Fensterprofilen. *Schlußbericht SKZ* 1983
- [7.5] Poschet et al: Einflüsse auf die Qualität der Verbindung von Fensterprofilen aus modifiziertem PVC. *Kunststoffe im Bau* 18/83, 3, S. 113-115
- [7.6] Klängenfuß, Zöhren: Schweißen von Eckverbindungen an PVC-Fensterprofilen. *Schlußbericht SKZ* 1987
- [7.7] Klängenfuß: Optimieren der Parameter beim Heizelementstumpfschweißen von Fensterprofilen. *Tagungshandbuch "Schweißen u. Kleben von Kunststoffen"*, DVS-Verlag Düsseldorf, 1988, S. 34-37
- [7.8] Klängenfuß: Schweißen von Eckverbindungen an PVC-Fensterprofilen. Einfluß des Diagonalschubes auf die Qualität der Schweißung. *Schlußbericht SKZ* 30./1991
- [7.9] Datene et al: Prüfung, Berechnung und Beurteilung der Festigkeit von geschweißten Ecken aus PVC-U-Fensterprofilen. *Fenster und Fassade* 16/89, 1, S. 14-20
16/89, 2, S. 31-40

[7.10] Datene: Berechnung der Eckfestigkeit von Kunststoff-Fensterprofilen. *Fenster und Fassade* 18/91, 1, S. 1-5

Die Autoren dieses Beitrags

Egon Barth, geb. 1929, studierte Physik 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 und später der Hüls Ag, Troisdorf. Seit 1991 ist er im Ruhestand.

Dipl.-Ing. (FH) Günther Hundertmark, geb. 1937, studierte Chemie an der Staatlichen Ingenieurschule in Essen. Nach Beendigung seines Studiums trat er 1962 in die Anwendungstechnik der Hüls AG, Marl, ein. Im Rahmen der Einsatzentwicklung befaßte er sich mit Kunststoff-Fenstern und ist Mitarbeiter bei verschiedenen Ausschüssen der Gütegemeinschaft Kunststoff-Fensterprofile, Bonn.

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