

# Kunststofffenster

## Ein denkmalpflegerisches „Feindbild“ ist Marktführer

*Es geht in diesem Aufsatz nicht um die vielen ästhetischen Katastrophen, die in den letzten Jahrzehnten durch den Einbau von Kunststofffenstern in Baudenkmale verursacht wurden. Es geht auch nicht um den altbekannten Fensterstreit „Holz versus Kunststoff“. Im Gegenteil: Es geht darum, das Kunststofffenster als eigenständiges, zeittypisches Bauteil zu verstehen, das seit den 1980er Jahren den Fenstermarkt in Deutschland und in Europa dominiert und damit auch den Zeitgeist widerspiegelt. Kunststofffenster sind bei zahllosen Bauten der letzten 40 Jahre selbstverständliche Bestandteile ihrer bauzeitlichen Ausstattung. Sie können daher bei einer „nachwachsenden“ Generation von Kulturdenkmälern zum Thema von Denkmalschutz und Denkmalpflege werden. Aber auch bei Gebäuden, etwa den Wohnsiedlungen der 1960er und 1970er Jahre, die erst nach Modernisierung und Fensteraustausch als Schutzobjekte erkannt wurden, genießen sie zunächst einmal „Bestandsschutz“. Der Autor will mit den Informationen zur Entwicklung und zu den technischen Eigenheiten der Kunststofffenster dazu beitragen, die denkmalfachliche Diskussion und Beratung am Objekt zu unterstützen. Ein folgender Beitrag wird den baupraktischen Umgang mit diesem Fenstertyp behandeln.*

Hermann Klos

### Wirtschaftszahlen

Fenster gehören in der Architektur unserer Breiten seit dem frühen 16. Jahrhundert zum bautechnischen Standard. Bis weit ins 19. Jahrhundert wurden ausschließlich Holzfenster gefertigt. Im Zuge der Industrialisierung kamen dann vor allem in Fabriken zunehmend auch Metallfenster zum Einsatz. Die ersten Kunststofffenster tauchten um 1960 auf. Bereits 20 Jahre später übernahm der Kunststoff die Marktführung im Fensterbau.

Das Bauteil Fenster erzeugt in Deutschland eine jährliche Wirtschaftsleistung von rund 34 Mrd. Euro, 80 Prozent davon für den europäischen Markt. 300 000 Beschäftigte in 58 000 Betrieben leben von der Fensterfertigung, deren Entwicklungspotenzial den deutschen Fenstermarkt zum erfolgreichsten in Europa macht. In deutschen Wohngebäuden – das heißt ohne Verwaltungs- und Gewerbebauten, Schulen oder sonstige öffentliche Einrichtungen – sind knapp 600 Mio. Fenster eingebaut. Diese gliedern sich nach Erhebungen des Verbandes Fenster + Fassade (VFF) folgendermaßen auf: 25 Mio. Fenster mit Einfachglas, 52 Mio. Verbund- und Kastenfenster, 235 Mio. Fenster vor 1995 mit nicht beschichtetem Isolierglas, 257 Mio.

Fenster mit Wärmedämmglas (Low-E-Glas), 12 Mio. Fenster mit Dreischeiben-Isolierglas. Alle Fenster aus der Zeit vor 1995, das sind knapp 300 Mio. Fenster allein im Wohnungsbau, entsprechen rein rechnerisch nicht der aktuellen Energieeinsparverordnung. Ein daraus theoretisch abgeleiteter Handlungsbedarf könnte bei einem Marktanteil der Kunststofffenster von 60 Prozent ein Auftragsvolumen von rund 150 Mrd. Euro für die deutschen Kunststoffprofile-Hersteller umfassen, nur für den einheimischen Markt und nur für den Wohnbau.

### Plastik

In einer populären Fernsehdokumentation des WDR (2011) zum Thema „Plastik – Fluch oder Segen“ erfahren wir, dass „der Augsburgener Benediktinerpater Wolfgang Seidel 1531 vielleicht den ersten Kunststoff hergestellt hat: Er hat Magerkäse so lange gekocht und reduziert, bis aus dem Casein eine hornartige Masse entstanden war. Doch bis zu den ersten rein synthetischen Kunststoffen sollten noch 350 Jahre vergehen.“ Weitere Stationen bei der Herstellung von Vorläufern heutiger Kunststoffe waren etwa die von Charles Goodyear ent-





1 Prototyp des mobilen Freizeithauses „Futuro“ (1968) des finnischen Architekten Matti Suuronen; heute im „WeeGee Exhibition Centre“ in Helsinki.

deckte Härtung von Naturkautschuk mittels Hitze und Schwefel zu Gummi 1839 oder die Oxydation von Leinöl und Zusatzstoffen zu Linoleum 1860. Ein Produzent von Billardkugeln suchte in einem mit 10 000 Dollar ausgeschriebenen Wettbewerb ein Ersatzmaterial für das rar werdende Elfenbein. Das war die Geburtsstunde des Celluloids 1869. Viele bekannte vollsynthetische Kunststoffe wie Bakelit 1905, Polyvinylchlorid (PVC) 1912, Plexiglas 1933, Nylon 1938 oder Polyurethan (PU) 1941 sind heute aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Der Bau von komplett aus Kunststoff gefertigten Häusern ist allerdings bis heute nicht über Prototypen hinausgekommen (Abb. 1).

Die Dynamik auch im Baubereich nach dem Zweiten Weltkrieg führte dazu, dass Holz und Metall im Fensterbau mit rasch weiterentwickelten Kunststoffen konkurrieren mussten. Seine Verbreitung verdankt das Kunststofffenster auch der wachsenden Akzeptanz bei den Bauherren für ein kostengünstiges und vermeintlich pflegearmes Bauteil, und einer Industriebranche mit einem Umsatzvolumen von jährlich 50 bis 60 Mrd. Euro, die umfangliche Entwicklungen und Forschungen finanzieren kann (Abb. 2).

### Das erste Kunststofffenster

Das Kunststofffenster ist letztlich ein Kind des Wiederaufbaus und des enormen Bedarfs an Wohnungen nach 1945. Ab 1954 sollten zwei Materialien den Fensterbau revolutionieren: Es waren zum einen die Mehrscheibenisolierverglasung (MIG), zum anderen der thermoplastische Kunststoff, das PVC für die Profile der Fensterrahmen. Mit der Entwicklung der ersten Kunststofffenster aufs Engste verbunden sind zwei Namen: Dipl. Ing. Heinz Pasche und Dynamit Nobel. Pasche war Metallbauer in Hamburg, die Firma Dynamit Nobel AG erforschte und produzierte seit Beginn des 20. Jahrhunderts Kunststoffe. Heinz Pasche baute Metallfenster aus vorgefertigten Stahlprofilen der

Klößner Werke AG. Unzufrieden war er mit den fehlenden Möglichkeiten, diese Metallfenster durch eine qualitativ hochwertige, wetterfeste und unempfindliche Oberfläche zu beschichten und dauerhaft zu schützen. Vor allem in küstennahen Regionen war der Schutz einer Metalloberfläche unabdingbar. Pasches 1953 beginnende Zusammenarbeit mit der Kunststoffsparte der in Troisdorf bei Bonn ansässigen Dynamit Nobel AG brachte die Lösung und war die Geburtsstunde des Kunststofffensters (Abb. 3–5).

### Kunststofffenster im Museum

Viele Exponate und Dokumente zur Firmengeschichte des Dynamit Nobel Konzerns und zu den in Troisdorf entwickelten Kunststoffen wurden von ehemaligen Fachleuten der Betriebe zusammengetragen und 1999 in einem Unternehmensmuseum vereinigt. In der Obhut eines Fördervereins sind sie seit 2012 Teil des Museums für Stadt- und Industriegeschichte Troisdorf „MUSIT“. Dr. Volker Hofmann, Diplom-Chemiker und ehemals leitender Mitarbeiter, gibt heute als Kurator sein reiches Fachwissen gerne weiter.

In einem Interview, das der Verfasser bei seinem Museumsbesuch führen konnte, beschreibt Hofmann die Herstellung der ersten Kunststofffenster: Die ursprünglichen MIPOLAM Elastik-Profile, die aus einem hart eingestellten Weich-PVC bestanden (Misch-Polymerisat aus PVC und Acrylester),



2 Kunststoff-Alu-Fenster, vom Industriedesigner Colani entworfen.



wurden mittels so genannter Querkopfextrusion hergestellt. Dabei wird das Vierkant-Stahlprofil im rechten Winkel an dem Extruderkopf vorbeigeführt und direkt allseitig mit dem Extrudat in der gewünschten Dicke beschichtet. Beim Weiterführen des Profils umschließt die thermoplastisch fließende Masse den Stahlkern und erzeugte damals 6 m lange, allseitig ummantelte, korrosionsfeste Verbundprofile. Das war die Technologie der Querkopfextrusion zur Herstellung der Profile für das MIPOLAM Elastik-Fenster – das erste Kunststofffenster der Welt, 1954.

Ein Exemplar dieser ersten Serie ist im Troisdorfer Museum ausgestellt. Es lief später unter dem Markennamen TROCAL, eine Marke, die heute noch existiert und zu den weltweit führenden Anbietern für Kunststoffprofile gehört. Unter diesem Namen hat sich Ende der 1980er Jahre die Kunststoffsparte von Dynamit Nobel selbstständig gemacht. Die ersten PVC-ummantelten Profile erlaubten eine kittfreie Verglasung mit Isolierglas. Die Scheiben liegen wie bei heutigen Fenstern in einem Glasfalz und werden raumseitig von einer Glasleiste gehalten. Die Fenster wurden in der Regel als Dreh-Kippfenster gebaut und hatten bereits zwei umlaufende Lippendichtungen. Wie auch bei Holzfenstern wurde außen ein Wetterschenkel aufgesetzt.

In dem kleinen Industriemuseum ist die nun 100-jährige Erfolgsgeschichte des Kunststoffes dokumentiert. Anhand von Exponaten kann auch die weitere Entwicklung des Kunststofffensters nachvollzogen werden: Ab den frühen 1960er Jahren gab es erste Versuche zur Herstellung eines „ech-

ten“ Kunststofffensters aus Hart-PVC mit einem nachträglich in eine Kammer des Profils eingeschobenen Stahlrohr zur Verbesserung der Stabilität. Ab 1966 fertigte man in Troisdorf unter dem Markennamen TROCAL so genannte Nur- oder Voll-Kunststoffprofile. Diese bestanden aus einem Hart-PVC. Das Rohmaterial zur Herstellung von Fensterprofilen ist PVC mit Zuschlagsstoffen, den Stabilisatoren wie Titandioxyd und Kreide und so genannten Modifiern. Die Kunst der Chemiker bestand darin, die richtige Mischung zusammenzustellen. In der Geschichte des PVC stand die Entwicklung der Stabilisatoren immer an erster Stelle (Abb. 6).

### Die Zutaten

Mit den richtigen Stabilisatoren (Zuschlagsstoffen) kann der Kunststoff den bei seiner Herstellung schwierigsten Moment – nämlich die Extrusion selber, das Auspressen durch das Formstück – bei 180 bis 200 °C schadlos überstehen: Die Stabilisatoren verhindern, dass der Zersetzungsprozess des PVC bei diesen hohen Temperaturen stattfindet. Wenn ein Stabilisator fehlt, kann es bei der Extrusion zu einer Verpuffung kommen – Kunststoff verbrennt, Salzsäure wird freigesetzt, eine große Gefährdung für die Arbeiter. Verwendet werden Calcium-Zink-Stabilisatoren, die während der Extrusion und später unter dem Einfluss des Sonnenlichts die Zersetzung des Kunststoffmaterials verhindern sollen. Weitere wichtige Bestandteile sind die aufhellenden Ingredienzien Kreide und Titandioxyd. PVC ohne Kreide ergibt einen transparenten Werkstoff,

3 Fenstergriff im typischen Design der 1950er Jahre.

4 + 5 Das älteste Kunststofffenster der Welt von 1954, ausgestellt im Kunststoffmuseum Troisdorf. Das Fenster ist mehrfarbig und besitzt eine geschweißte Eckverbindung. Isolierverglasung Marke „Thermopane“, Fischband und Glasstab.

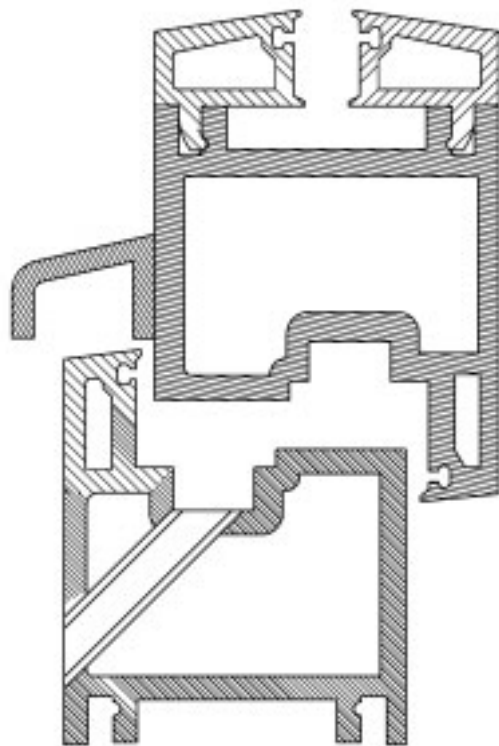
6 Schnittzeichnung.  
Erstes Fensterprofil aus  
Hart-PVC im Mehr-  
kammersystem 1967;  
Bautiefe etwa 80 mm.

für die Herstellung von Fensterrahmen unerwünscht. Beim späteren Auskreiden werden mikrometerdünne Schichten an der Oberfläche des Kunststoffmaterials unter dem Einfluss von Sonnenlicht zersetzt, ohne die mechanische Stabilität zu gefährden. Die mikrometerdünnen Schichten, die sich nach 20 Jahren Sonnenbestrahlung zersetzt haben, hinterlassen nur noch die Füllstoffe als Kreidefilm, den man mit Wasser abwaschen kann.

Titandioxyd sorgt mit seiner Reflexionskraft dafür, dass sich ein Fensterprofil unter Sonneneinstrahlung nicht übermäßig erhitzt. Modifizier sind zumeist Polyacrylate, Komponenten, die den Kunststoff „schlagzäh“ machen. Schlagzähigkeit soll ein Fensterprofil unanfällig gegen Schlägeinwirkungen machen, damit etwa durch Hammerschlag oder Hagel nichts mechanisch verändert oder beschädigt wird. Zudem wird dem Kunststoff ein inneres Gleitmittel zur Minderung der Reibungskräfte beige-fügt, damit die Extrusion ohne Probleme und unter Ausbildung einer glatten Oberfläche vonstatengeht (Abb. 7).

Das Troisdorfer Unternehmen wurde mit seinem ersten kunststoffummantelten Metallprofil führend in der Entwicklung von Kunststofffenstern. Mit diesem Zweistoffsystem wurde zwar noch bis in die frühen 1990er Jahren gefertigt. Man wollte jedoch weg von dem Weich-PVC und dem ummantelten Stahlprofil, hin zu selbsttragenden Kunststoffprofilen. 1967 entstand daher mit der TROCAL-Serie 100 das erste Fensterprofil mit Mehrkammersystem aus Hart-PVC. Damit begann die Herstellung der ersten „Nur-Kunststoff-Fensterprofile“. Die Biegesteifigkeit des Hart-PVC reichte aus, um daraus selbsttragende Fensterrahmen herkömmlicher Abmessungen zu fertigen. Andere Hersteller folgten, und die Varianten mit unterschiedlichen Mehrkammerprofilen nahmen

7 Materialzusammensetzung der PVC-Profile.



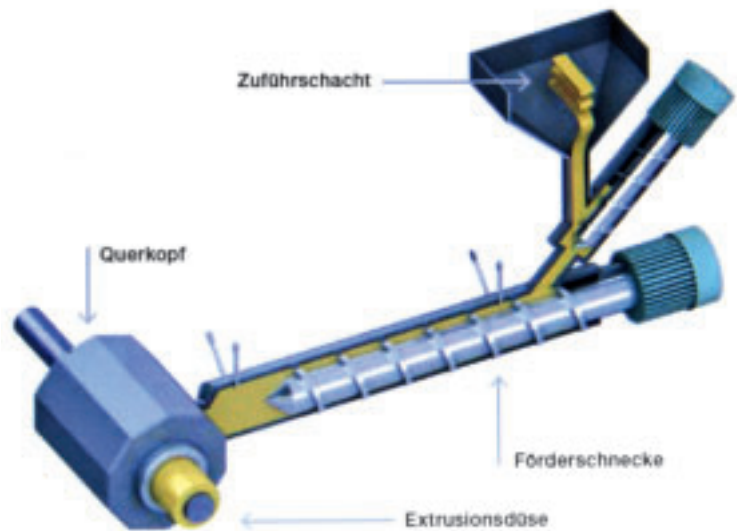
zu. Nächste Entwicklungsschritte waren 1975 das erste coextrudierte Fensterprofil mit einer farbigen Außenschicht und 1985 ein glasfaserverstärktes PVC-Profil für übergroße Fenster, TROCAL 900 GF, das ohne Stahlverstärkung auskam oder stattdessen mit glasfaserverstärkten PVC-Einschüben ausgestattet werden konnte.

Bezüglich der Produkteinführung erinnert sich Hofmann gut daran, dass in den 1950er und 1960er Jahren die Anwendungstechniker des Werks die Aufgabe hatten, aus einem „Holzwurm“, das heißt einem Schreiner beziehungsweise Tischler, einen „Kunststoff-Tischler“ zu machen. Dazu gab es Schulungen in Troisdorf. Die mit Holz vertrauten Handwerker wurden eingewiesen, geklebte oder geschweißte Eckverbindungen herzustellen, Kunststoffe zu bohren und zu sägen, um danach in ihren eigenen Werkstätten Kunststofffenster bauen zu können.

### Vom PVC-Granulat zum fertigen Kunststofffenster

Heute werden Kunststofffenster überwiegend industriell oder in spezialisierten Fertigungsbetrieben hergestellt und danach vom „Fensterbauer“, Schreiner oder Glaser nur noch eingesetzt. Im ersten Schritt auf diesem Weg wird dem Extruder das PVC-Granulat zugeführt und zu einer homogenen und gleichmäßig temperierten Schmelze gebracht. Die verflüssigte Masse, das Extrudat, wird unter hohem Druck und hoher Temperatur kontinuierlich durch eine formgebende Öffnung gepresst. Die frisch ausgestoßenen Endlos-Fensterprofile er-

halten im Wasserbad abgekühlt ihre Formstabilität. Im selben Arbeitsgang können bereits Dichtungen eingebracht werden. In den nächsten Schritten werden die nötigen Luft- und Entwässerungsschlitze gefräst sowie alle zur Aufnahme der Beschläge nötigen Fräsungen und Bohrungen eingebracht und die Rahmen- und Flügelprofile nach den gewünschten Fenstermaßen zugeschnitten. Zur Verbesserung der Stabilität und der Verformungssicherheit können Stahl- oder Kunststoffprofile in Hohlkammern eingeschoben werden. Mehrfachschweißgeräte fügen die Ecken der auf Gehrung gesägten Profile dauerhaft zusammen. Nach Einbau des Glases und Fixierung der Beschläge ist das Fenster fertig. Dieser scheinbar simplen Automation liegt eine ausgeklügelte chemische und verfahrenstechnische Entwicklung zugrunde (Abb. 8).



### Entwicklung zum Passivhaus-Standard

Das Kunststofffenster war zunächst wenig energieeffizient. Seine Einkammer-Hohlprofile erreichten für den Rahmen einen U-Wert von 2 bis 2,4 W/m<sup>2</sup>K. Erst als in den 1970er Jahren mit der Ölkrise auch die Energieeffizienz von Fenstern verbessert werden musste, entstanden Profile mit 3, dann 5 und inzwischen 7 Isolierkammern mit zusätzlichen Vorkammern zur Ableitung von anfallendem Wasser nach außen. Durch die Vielzahl an Luftkammern hat sich die Isolierleistung der Rahmenprofile auf U-Werte von 1,5 bis 1,9 W/m<sup>2</sup>K verbessert. Auch durch die Entwicklung im Bereich der Schweiß- und Fertigungsmaschinen entstanden Verbesserungen, die zu einer Beschleunigung der Herstellungsprozesse beitragen. Nach den frühen Einkopf-Schweißmaschinen sind zum Beispiel heute Vierkopf-Geräte im Gebrauch, die in einem Arbeitsgang alle vier Ecken der Rahmen und Flügel gleichzeitig verschweißen.

Begleitet von Forschungsprojekten sind derzeit Fensterrahmen in der Erprobung, deren Profile nicht aus PVC, sondern ausschließlich aus Polyurethan (PU/PUR) bestehen. Dazu heißt es im Abschlussbericht „Hochwärmedämmende Fenster- und Fassadensysteme“ der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Studie: „Eine dünne Schicht aus formstabilem und wetterfestem Polyurethan-Vollmaterial umhüllt den Schaumkern. Auch bei Temperaturen um 80 °C ist Polyurethan fest und wärmebeständig. Die Funktionshülle besitzt eine variable Wandstärke und sichert die mechanischen und statischen Eigenschaften des Rahmens. ... Das neue Profil besteht somit aus einem einzigen Material ‚an einem Stück‘. Bei der späteren Entsorgung ergeben sich keine Probleme mit der Sortierung oder Verwertung. Das Gewicht des Sandwichtaufbaus

setzt sich zu 95 % aus dem Hartschaumkern und zu 5 % aus der Ummantelung zusammen. Bei dem beschriebenen Rahmen kann in vielen Fällen ohne Stahl- oder Aluminiumarmierung die nötige Stabilität erreicht werden. Auch daraus resultieren ein geringes Gewicht und niedrige Dämmwerte.“ Die Glasscheibe dient bei diesem Fenstertyp als tragendes Element und muss daher mit dem Flügel verklebt werden. Solche Rahmensysteme könnten in Verbindung mit Vakuum-Isoliergläsern eine neue Entwicklung im energieeffizienten Fensterbau eröffnen.

Wie schon bei PVC, so bleiben auch bei den Polyurethanen viele Fragen nach der Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit dieser Kunststoffe offen, angefangen bei der Gewinnung ihrer Ausgangsprodukte, ihrer Umweltverträglichkeit vom Herstellungsprozess über den Gebrauch bis zum Recycling oder ihrer Ökobilanz. Auch die ständig weiterentwickelten Verfahren ihrer „Veredelung“, etwa für den Brandschutz, lösen solche grundsätzlichen Fragen nicht (Abb. 9).

### Kunststofffenster und altbekannte Varianten

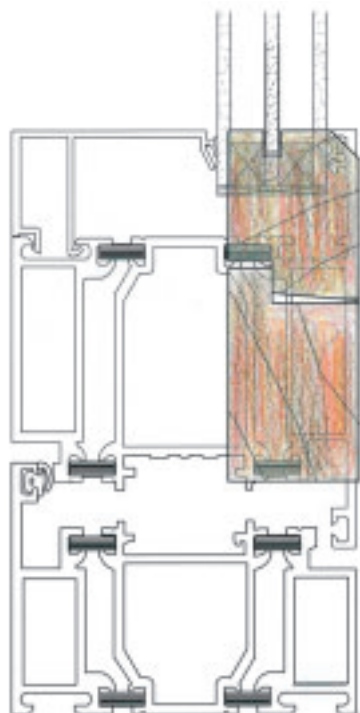
Bei den Herstellern von Kunststofffenstern finden wir inzwischen eine breite Palette von Modellen mit zahlreichen materiellen, konstruktiven, funktionalen und formalen Varianten. Wie bei den Holzfenstern unterscheiden sie sich insbesondere in den Wärmedämmwerten der Rahmen und Verglasungen, in den Öffnungsarten und dem gewünschten Bedienungskomfort sowie in ihrem Gestaltungsanspruch und ihrer Bauart mit zunehmend schlanker werdenden Profilen. Und es begegnen uns beim Kunststoff einige Sonderformen und -konstruktionen, die man schon länger im Holzfensterbau kennt.

8 Querkopfextruder zum Ummanteln beliebig langer Rohre.

9 Schnittzeichnung eines Kunststoff-Verbundfensters mit 4-Scheiben-Verglasung und innenliegenden Jalousien.



10 Schnittzeichnung es flächenbündigen Kunststofffensters mit Dreifach-Isolierverglasung. Braun hinterlegt: Detail von Fenstern vor 1700.



**Kunststoff-Alu-Fenster:** Analog zum Holz-Alu-Fenster soll die hochwertige außenseitige Aluschale eine lange und pflegereduzierte Nutzungsdauer und Formstabilität gewährleisten sowie eine breite Palette an Farbgestaltung bieten. Es ist nicht bekannt, ob es wegen der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der Materialien zu Verformungen oder anderen Einschränkungen kommen kann.

Auch den bekannten Designer Luigi Colani hat es offenbar gereizt, einem Kunststofffenster, genauer einem Kunststoff-Alu-Fenster, seinen Gestaltungstempel aufzudrücken. Das 2007 auf der Münchner Architekturmesse BAU präsentierte Modell erhielt mit seinen gerundeten Profilen eine aerodynamische Prägung, die Colanis Affinität zum Autobau verrät. Die Idee, dem außen sitzenden Aluminium-

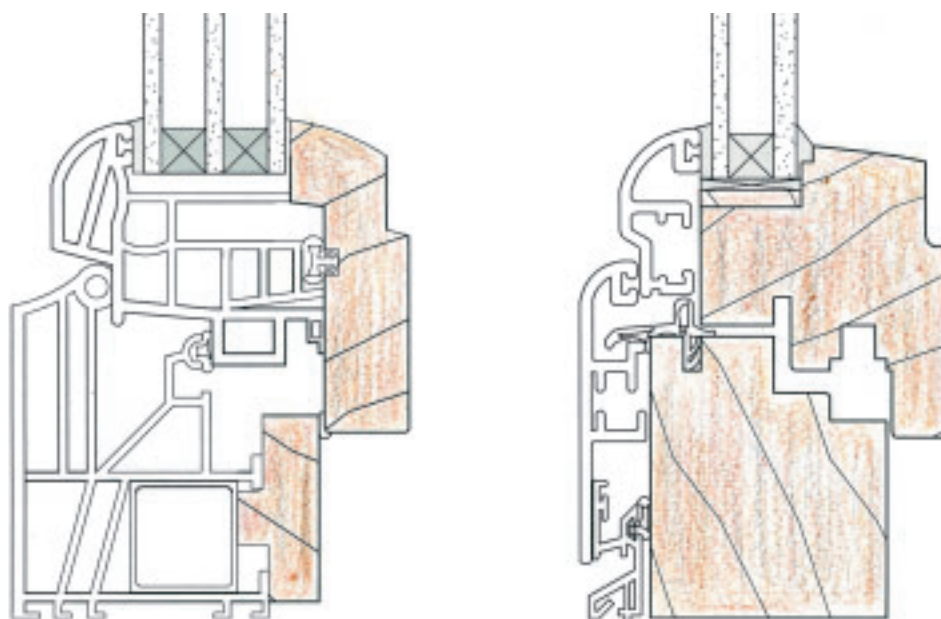
profil am Fensterflügel die Funktion der Glashalteleiste zu übertragen, wird inzwischen auch bei neuesten Modellen von Kunststoff-Alu-Fenstern verwirklicht.

Das Model eines **stumpf einschlagenden Kunststoff-Alu-Fensters** versucht, diesen Bautyp weiter zu optimieren: Sehr schlanke Rahmen sorgen für 20 Prozent mehr Lichteinfall und verbessern die Energiebilanz. Glasfaserverstärkte Profile verzichten auf Stahl, stattdessen werden Thermoschaumkerne in die Hohlkammern von Rahmen und Flügeln eingeschoben. Das Fenster ist innen stumpf einschlagend und außen glas- und rahmenbündig. Die Dreifach-Verglasung mit einem Ug-Wert von  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  ergibt für das Fenster insgesamt einen Uw-Wert von  $0,67 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Abb. 10).

**Kunststoff-Verbundfenster:** Wie die seit dem späten 19. Jahrhundert bekannten Holz-Verbundfenster bestehen diese Fenster aus zwei Flügeln und mehreren Glasebenen. Vor Wind und Wetter geschützt können zum Sonnen- und Sichtschutz Jalousetten im Scheibenzwischenraum eingebaut werden. Die Verbundflügel lassen sich zur Reinigung sowie zur Wartung der Jalousetten öffnen. Minimierte Profilbreiten erhöhen den Lichteinfall. Eine mögliche, vierfache Verglasung kann den  $U_w$ -Wert auf  $0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$  senken, womit dieser Fenstertyp auch für den Niedrigenergiestandard infrage kommt (Abb. 11).

**Holz-Kunststoff-Fenster:** Ein weiteres in Materialmix hergestelltes Fenster ist das Holz-Kunststoff-Fenster. Raumseitig werden auf die Kunststoffprofile Vollholzleisten oder -profile aufgesetzt. Dadurch sollen dem Nutzer die angenehmen haptischen Materialeigenschaften eines Holzfensters geboten werden. Außenseitig soll der Kunststoff eine lange Lebensdauer gewährleisten und die Wartungs- und Pflegekosten reduzieren.

Bei **rahmenfreien Konstruktionen** wird das Flü-



11 Zwei Varianten von Holz-Kunststoff-Fenstern.

gelprofil durch ein Stufenisoliervlas komplett überdeckt. So entsteht die aus dem Fassadenbau bekannte Ganzglasoptik. Diese Technik erlaubt die Herstellung von großdimensionierten Fenstern in Verbindung mit schmalen Rahmenkonstruktionen ohne Stahlverstärkung im Flügel sowie eine wärmetechnisch optimierte Position der Glasscheibe (Abb. 12).

### Pflege und Nachhaltigkeit

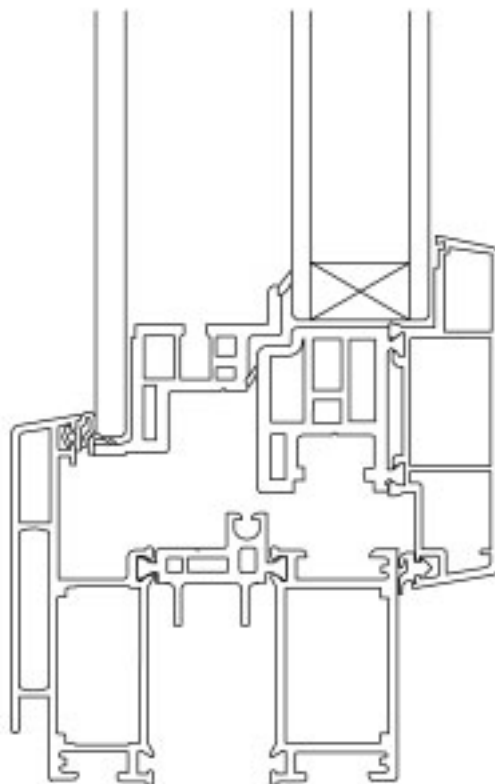
Leichte Verschmutzungen sind bei Kunststoffen in der Regel kein Problem. Selbst Ölflecken oder Spuren anderer fetthaltiger Substanzen können mit warmem Wasser und etwas Spülmittel beseitigt werden. Aber auch Kunststofffenster müssen regelmäßig gewartet und gereinigt werden, ebenso die eventuell vorhandenen äußeren Alu-Verkleidungen. Wenn der Kunststoff nach Jahren schmutzig oder nachgedunkelt aussieht, ist dies der Wirkung des Sonnenlichtes zuzuschreiben: Auf den exponierten Oberflächen werden hauchdünne Schichten des PVC zersetzt; die dem Material beigegebenen, in die PVC-Masse eingebetteten Stabilisatoren und sonstigen Zuschlagstoffe bleiben als Belag zurück; der Kunststoff „verwittert“. Die Qualität des Kunststoffs ist daher für seine Haltbarkeit entscheidend. Der Glaube vieler Nutzer, Kunststofffenster seien wartungs- und pflegefrei, macht aus Kunststofffenstern im Laufe der Jahre unansehnliche Bauteile.

Nach einer Statistik des Verbandes Fenster + Fassade (VFF) haben Kunststofffenster eine gleich lange Nutzungserwartung wie Holzfenster von rund 50 Jahren. Viele Fenster werden jedoch unabhängig von den verwendeten Materialien häufig schon nach 15 bis 20 Jahren durch energieoptimierte Produkte ersetzt. Deshalb erreichen heute neue Fenster nur selten ein mögliches, deutlich höheres Lebensalter. Sinnvoll wäre es, anstatt einer frühzeitigen Fenstererneuerung Systeme für ihre Nachrüstung und energetische Verbesserung zu konzipieren.

Eine ganz entscheidende Rolle spielt heute die Recyclingfähigkeit der aus wertvollen Rohstoffen kostenintensiv hergestellten Profile. Um Kunststoffe wieder verwenden zu können, müssen sie möglichst einfach von Beimengungen, statischen Komponenten und Verunreinigungen zu trennen sein. Diese entscheidende Vorgabe muss bereits in die Planung neuer Modelle einfließen.

### Kunststofffenster im geschützten Bestand

Bei allen Kulturdenkmalen, die noch in der „Holzfenster-Zeit“ gebaut wurden beziehungsweise die Holzfenster zu ihrer bauzeitlichen oder geschützten



12 Schnittzeichnung eines rahmenlosen Verbund-Kunststofffensters; Bautiefe etwa 100 mm.

Ausstattung zählen, können Kunststofffenster die Anforderungen an Materialgerechtigkeit, Werk- und Formgerechtigkeit keinesfalls erfüllen (exemplarisch dargelegt im „Fensterurteil“ des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofs vom 9. August 1996). An dieser denkmalfachlich eindeutigen und denkmalrechtlich überprüften Einschätzung wird sich auch in Zukunft selbst bei allen formalen Anpassungen neuer Kunststoffmodelle nichts ändern.

Kunststofffenster dominieren mittlerweile als industrielles Massenprodukt den europäischen Fenstermarkt. Trotz allem haben sie ein Imageproblem: Sie verlieren bald ihre optischen Qualitäten wie Glanz und Glätte und haben keine ansehnliche Alterung. Auch fehlt ihnen die Reparaturfreundlichkeit, ein in der Baudenkmalpflege vorrangiger Aspekt. Damit stehen sie in einer Reihe mit vielen Industrieprodukten, die heute immer gleich komplett ausgetauscht werden müssen. Kunststofffenster kommen gerne dann zum Einsatz, wenn die Kosten und ein pragmatischer Umgang mit dem Bauelement im Vordergrund stehen. Es kann einem Bauherrn nicht verwehrt werden, sich im nicht geschützten Gebäudebestand und erst recht im Neubau für Kunststofffenster zu entscheiden. Dazu sind genügend Fenstermodelle auf dem Markt. Unübersehbar sind wir inzwischen in einem Zeitalter der Kunststoffe angekommen. Angesichts endlicher Ressourcen, bedenklicher Begleiterscheinungen und noch kaum abschätzbarer Umweltprobleme wissen wir freilich nicht, wie lange der Einsatz und der ungebremste Gebrauch dieser Kunststoffvielfalt anhalten werden. Bauelemente aus Kunststoffen gehören jedoch bei zahllosen

Bauwerken der letzten Jahrzehnte zum bauzeitlichen und damit authentischen Bestand. Da auch diese Architekturgeneration Bemerkens- und Schätzenswertes hervorgebracht hat, wird sich die Denkmalpflege schon recht bald mit Fenstern, Platten, Dämm- und Dichtstoffen oder gar komplexen Fassadenkonstruktionen aus Kunststoffen beschäftigen müssen, um Konzepte für deren Konservierung und Restaurierung zu erproben.

Der besondere Dank des Autors richtet sich an Herrn Dr. Volker Hofmann vom Verein Kunststoff-Museum Troisdorf (Museumsverein) e.V. für seine kompetenten Auskünfte.

## Literatur und Quellen

Restauratorin im Handwerk. Die Fachzeitschrift für die Restaurierungspraxis. Heft 2/2013. Themenschwerpunkt: Künstliche Baustoffe und KUNST-Stoffe im Bauwesen; mit Beiträgen von Johannes Weber, Hartwig Schmidt, Gottfried Hauff, Michael Christian Krempler, Andreas Kurzweil, Silvia Tauss, Friederike Waentig, Julia Gredel, Dietmar Linke, Annemarie Rothe, Eberhard Ludwig u. v. m.

Karin Hopfner/Christina Simon-Philipp/Claus Wolf (Hrsg.): größer höher dichter. Wohnen in Siedlungen der 1960er und 1970er Jahre in der Region Stuttgart, Stuttgart/Zürich 2012.

Siegfried Glaser (Projektkoordinator): Hochwärmedämmende Fenster- und Fassadensysteme (HWFF), Abschlussbericht, Beverungen, Dezember 2011. [www.hwff.info/pdf/HWFF\\_AB\\_final.pdf](http://www.hwff.info/pdf/HWFF_AB_final.pdf)

Elke Genzel/Pamela Voigt: Kunststoffbauten – Teil 1: Die Pioniere. Bauhaus-Universitätsverlag, Weimar 2005.

Eugen Barth/Günther Hundertmark/Edwin Keller: Kunststoff-Fenster im Profil. Ein Überblick über die Entwicklung von Kunststoff-Fenstern. Sonderdruck aus: Kunststoff, Heft 1/1995.

Hans U. Reichstadt: Kunststoff-Fenster. Bieter Bewertung. Worauf man achten sollte, Schorndorf 1995. MUSIT – Museum für Stadt- und Industriegeschichte in Troisdorf; Verein Kunststoff-Museum Troisdorf (Museumsverein) e.V.; Homepage des Museumsvereins: [www.kunststoff-museum.de](http://www.kunststoff-museum.de); in der digitalen „Bibliothek“ sind zahlreiche Textdokumente und Abbildungen zur Entwicklungsgeschichte der Kunststoffprofile und -fenster abrufbar.

Das „Fensterurteil“ des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofs vom 9. August 1996, Az.: 2 B 94 3022 und nachfolgende Rechtsprechung: Grundsätze der Materialgerechtigkeit, der Werkgerechtigkeit und der Formgerechtigkeit bei denkmalfachlichen Entscheidungen. Vgl. [http://www.dnk.de/archiv\\_liste/n2400?node\\_id=2399&from\\_node=2400&beitrag\\_id=488](http://www.dnk.de/archiv_liste/n2400?node_id=2399&from_node=2400&beitrag_id=488)

## Glossar

### Extruder/Extrusion/Extrudat

(lat. extrudere, engl. to extrude = ausstoßen) Extruder sind industrielle Werkzeuge zur Herstellung unterschiedlicher Endlos-Profile insbesondere aus Kunststoffen. Das Rohmaterial (Extrudat), für Fenster vor allem das PVC, wird erhitzt, homogenisiert, unter Druck gleichmäßig durch eine formgebende Öffnung gepresst und danach formbeständig abgekühlt. Das weitgehend automatisierte Verfahren bezeichnet man als Extrusion.

### Low-E-Glas

Low-Emissivity = niedrige Wärmeabstrahlung; heute standardmäßig eingesetztes Isolierglas mit einer hauchdünnen Metallschicht, die den Emissionsgrad der Verglasung reduziert und als Wärme- und/oder Sonnenschutzschicht dient.

### Polyurethane, PU/PUR

Meist aus petrochemischen Rohstoffen hergestellte Kunststoffe oder Kunstharze; im Bausektor vor allem zum Kleben und Beschichten sowie aufgeschäumt als harter Dämmstoff oder Montageschaum im Gebrauch.

### Polyvinylchlorid, PVC

Äußerst widerstandsfähiger, thermoplastischer Kunststoff; wird bei Temperaturen von 160 bis 200 °C verarbeitet; man unterscheidet zwischen PVC-U (Hart-PVC, Verwendung u. a. für Bau- und Fensterprofile) und PVC-P (Weich-PVC, Verwendung u. a. für Bodenbeläge oder Folien); die Zugabe von Weichmachern, Stabilisatoren und Modifizier (Umwandler) verbessern den Herstellungsprozess, die Gebrauchsfähigkeit und das Aussehen.

### Vakuumisolierglas (VIG)

Besitzt sehr gute Dämmwerte, geringe Abmessungen (weniger als 10 mm dick) und geringes Gewicht; verdankt seine Eigenschaften dem Evakuieren des Scheibenzwischenraums und der funktionalen Beschichtungen der Glasoberfläche zur Steuerung der Solar- und Infrarotstrahlung. Die Wirkung des Unterdrucks auf die Scheiben wird durch kaum sichtbare Glasstützen im Scheibenzwischenraum kompensiert.

### Wärmedämmwert, U-Wert

(Maßeinheit  $W/m^2K$  = Watt pro Quadratmeter und Kelvin); Maß für den Wärmestromdurchgang durch ein- oder mehrlagige Materialschichten, wenn auf beiden Seiten verschiedene Temperaturen herrschen. Je höher der Wärmedämmwert, desto schlechter die Wärmedämmeigenschaft; U-Werte für Fenster mit herkömmlicher Isoverglasung ca. 2,8, mit Wärmeschutzverglasung ca. 1,3, mit Passivhausstandard 0,5 bis 0,8; ( $U_g$  = Kennwert für das Fensterglas,  $U_w$  = Kennwert für die gesamte Fenstereinheit).

*Hermann Klos  
Neckartal 159  
78628 Rottweil*