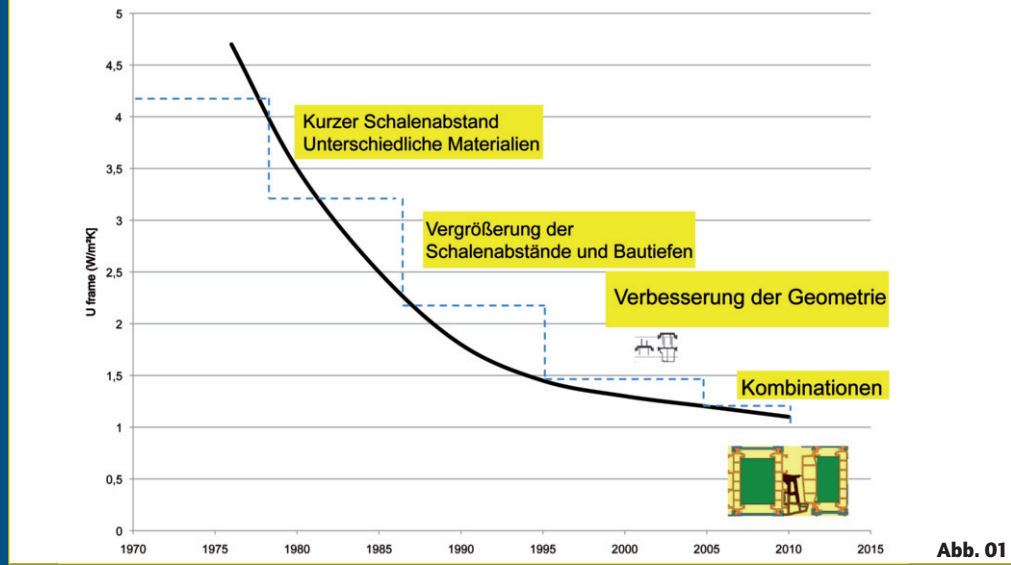


Entwicklung von  
U-frame seit 1975



# Alu-Profilkonstruktionen

## Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit

Prof. Dipl.-Ing. Michael Schuchardt

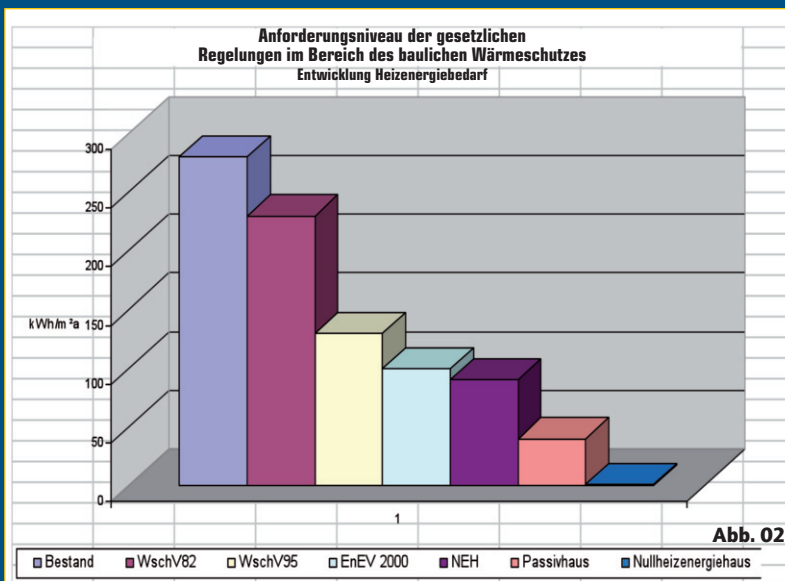
Betrachtet man die Marktentwicklung der thermisch getrennten Aluminiumprofile seit ihrem ersten Marktauftritt in Deutschland Mitte der 1970er-Jahre, so lassen sich vier technische Entwicklungsstufen beschreiben, die im Wesentlichen mit den Anforderungen an die Energieniveaus, die aus den jeweiligen gesetzlichen Anforderungen dieser Zeit resultieren, korrespondieren (Abb. 01).

Nach anfänglichen Versuchen mit verschiedenen Materialien und Konstruktionen (Gießharzverbund, Isolierstege) setzten sich Anfang der 1980er-Jahre die Stegverbände zunächst mit geringen Stegabständen durch. Gängige Stegmaterialien bestanden aus PVC. Da der U-Wert eine Funktion von der Dicke der Dämmzone ist (wenn auch eine ungünstige), wurden zunächst zur Verbesserung der Dämmwirkung die Stegabstände vergrößert. Dies führte zu entsprechenden statischen

Problemen, und 1986 zur DIBt-Richtlinie für den statischen Nachweis von Metall-Kunststoff-Verbundprofilen, in der u.a. die Qualität des Stegverbundes in Bezug auf seine Querszugfestigkeit  $R_{UZV}$  und Schubbeanspruchung aus Biegung  $R_{USV}$  durch Berechnungen und Materialprüfungen unter Klimabedingungen ( $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $+80^{\circ}\text{C}$ ) nachzuweisen war. Die Stegmaterialien verbesserten sich in Bezug auf ihre Standfestigkeit, als Beispiel sei hier Polyamid genannt. Dieser Entwicklungszustand dauerte bis zu dem Zeit-

punkt (ca. Ende der 1990er-Jahre) an, an dem sich eine Trendwende im gesetzlichen Anforderungsniveau ankündigte – die erste Energie-Einspar-Verordnung (EnEV) 2001 (Abb. 02).

Gleichzeitig mit der Einführung der EnEV änderte sich aber auch das Nachweisformat für den Energienachweis der Gebäude.



### Entwicklung des zulässigen Energieverbrauches bei Bauwerken

An Stelle des Heizwärmebedarfs  $Q_H$  war nun der Primärenergiebedarf  $Q_P$  nachzuweisen, der neben den Gebäudedaten auch die Verluste der Anlagentechnik beinhaltet. In Bezug auf die Anforderungen an  $U_{\text{curtain wall}}/U_{\text{window}}$  und damit an  $U_{\text{frame}}$  und  $U_{\text{glas}}$  gab es zunächst bei Neubauten eine eher beiläufige Änderung, die auch noch heute zu Missverständnissen bei der Diskussion um die U-Werte transparenter Füllungen führt. Das Nachweisprinzip der einzelnen Bauteile wurde durch die Anforderungen an das Gesamtgebäude ersetzt, das dieses nur in seiner Gesamtheit zu erfüllen hat.

Diese Tatsache gilt übrigens bis heute, da festzuhalten ist, dass die EnEV sowohl in ihrer derzeitigen Fassung, als voraussichtlich auch in künftigen Fassungen 2012

(?) nur in zwei konkreten Fällen einen U-Wert für transparente Außenhüllen fordert bzw. fordern wird.

### a) bei Änderung bestehender Gebäude. (§9 – als so genanntes Vereinfachtes Nachweisverfahren

Zeile	Bauteil	Höchstwerte U	
		$\theta_i \geq 19^\circ\text{C}$	$12^\circ\text{C} \leq \theta_i < 19^\circ\text{C}$
2a	Außen liegende Fenster und Fenstertüren	1,30 W/m²K	1,90 W/m²K
2e	Verglasungen	1,10 W/m²K	keine Anford.
2d	Vorhangfassaden	1,40 W/m²K	1,90 W/m²K
24	Vorhangfassaden	1,90 W/m²K	keine Anford.

**Tab. 01**

### b) als Mindestwärmeschutz bei Nicht-Wohnungsbauten

Zeile	Bauteil	Höchstwerte U	
		$\theta_i \geq 19^\circ\text{C}$	$12^\circ\text{C} \leq \theta_i < 19^\circ\text{C}$
1	Opake Außenbauteile	0,35 W/m²K	0,5 W/m²K
2	Transparente Außenbauteile	1,90 W/m²K	2,80 W/m²K
2	Vorhangfassaden	1,90 W/m²K	3,00 W/m²K

**Tab. 02**

Gleichwohl reagierte die Branche mit einem Wettlauf der U-Werte und dem Versuch,

durch aufwendige Technik im Isolationsbereich, die Wärmedämmwerte der Profilkombinationen zu verbessern.

Weiterer Entwicklungsschritt war hierbei (bis heute) zunächst die Verbesserung im Bereich der Wärmeleitung durch Konvektion.

Die Stegkonstruktionen sind zunehmend in kleinere Kammern unterteilt, um die Wärmeverluste durch zirkulierende Luftmengen zu verringern, oder mit niedrig leitenden Polyurethan-Einschieblingen versehen. Die Zwischenräume zwischen einzelnen Profilkombinationen werden durch voluminösere Dichtungen mit überdeckenden Dichtungsfüßen verkleinert. Die Bautiefen sind moderat auf bis zu 75 mm erhöht.

**Entwicklung.** Aus der vorgezeigten Historie ergeben sich verschiedene Fragestellungen, u.a. an die künftigen Anforderungen (gesetzlichen) an transparente Bauteile sowie welche technischen Möglichkeiten

zur Umsetzung bestehen und wie sich diese am Markt durchsetzen werden.  $\Rightarrow$

**Zukünftige Entwicklung.** Zunächst ist festzuhalten, dass die Systematik der EnEV nicht verändert werden wird, d.h. es wird auch künftig im Neubaubereich keine verbindlich festgelegten  $U_w$ -Werte geben. Verändert werden die Anforderungen an das Referenzgebäude und die dort anzusetzenden Wärmedurchgangswerte für transparente Bauteile.

Geht man von der derzeitigen Diskussion um die künftige EnEV 2012 aus, so wird die größte Veränderung bei den transparenten Bauteilen, die Veränderung der Verglasung sein, also die Absenkung des  $U_g$ -Wertes auf  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ , entsprechend dem einer Dreifachverglasung. Diese Ausgangsgröße ist heute aus technischer Sicht relativ einfach zu erfüllen, wenn auch die Produktvielfalt zunächst eingeschränkt wird.

Die Änderungen im Bereich des  $U_w$ -Wertes sind nicht so einfach abzuschätzen. Betrachtet man die folgende Berechnung, so zeigt sich, dass ein einzelner  $U_w$ -Wert nicht die Lösung sein kann (Abb. 03).

Fassung 2007-3) nur anteilig verbessern kann.

Eine Vergleichsrechnung mit einem ca.  $4 \text{ m}^2$  großen Fassadenelement zeigt, dass bei Senkung des Rahmen- $U$ -Wertes von 2,2 auf  $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  unter Beibehaltung üblicher Füllungswerte der  $U_{cw}$ -Wert sich nur in der zweiten Stelle hinter dem Komma ändert. ( $1,43 \text{ W/m}^2\text{K}$  zu  $1,47 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Inwieweit diesem technischen Zusammenhang künftig Rechnung getragen wird, bleibt abzuwarten; gleichwohl ist davon auszugehen, dass die Wärmedurchgangswerte für das Fenster im Referenzgebäude bei  $0,9$  und  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  angesiedelt sein werden. Dies entspricht der derzeit diskutierten Verschärfung des Anforderungsprofils um ca. 30%.

**Technik - a) Profilverfahren.** Da die Fertigungstechnik mit beliebig großen Stegabständen Grenzen setzt (Schubsteifigkeiten und Ebenheitstoleranzen werden mit zunehmendem Stegabstand problematischer), erscheint ein sinnvolles Ende der wärmetechnischen Entwicklung vorprogrammiert; neuere Trends, die auf den Baumessen seit 2009 bei einigen Systemherstellern zu erkennen waren, sind u.a. eine Vergrößerung der Bautiefen auf 95 mm, die Rückkehr zur Verfüllung der Kammern mit zusätzlichen (fest verbundenen) Isoliermaterialien, die jedoch noch mit den Verarbeitungsanforderungen (Temperatur und Beschichtung, Verbindungstechnik, z.B. Eckwinkel) in Einklang zu bringen sind und in letzter Zeit zunehmend auch die Verwendung anderer Stegmaterialien, oder die Minimierung des Aluminiums im Verbundprofil durch Ersatz weiterer Kunststoffe. In Bezug auf die Schubsteifigkeiten sei an dieser Stelle bemerkt, dass zur Beurteilung des mechanischen Leistungsverhaltens im Januar 2005 eine neue Norm (DIN EN 14024 Metallprofile mit thermischer Trennung.....) erschienen ist, die die Richtlinie des IfBt 6/1986 über den Nachweis der Standsicherheit von Metall-Kunststoff-Verbundprofilen ablösen wird.

$U_{\text{frame}}$ -Werte kleiner  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  sind derzeit durchaus realisierbar.

**b) Fenster-/Fassaden-Bauarten.** Die begrenzten Möglichkeiten einschaliger Systeme führte Mitte der 1990er-Jahre zu dem Versuch, die Fenster- und Fassadentechnik „energetisch“ durch eine Zweischaligkeit zu verbessern, gleichzeitig einen höheren Schallschutz zu erreichen und die Probleme der außen liegenden Sonnenschutzsysteme direkt mit zu lösen.

Die große Anzahl der Varianten ist sicherlich nicht in Gänze darzustellen. Sie führen von der ursprünglichen Technik der geschlossenen Systeme Verbundfenster, Kastenfenster (-fassaden) zu Kombinationen von Kalt- und Warmfassaden.

Eine Abschätzung der wärmetechnischen Wirkung derartiger Doppelschalensysteme, die in der Praxis durch Simulationsrechnungen erfolgt, soll an dieser Stelle durch eine kleine Vergleichsrechnung unter den derzeit normativen Randbedingungen der EN ISO 10077-1 und den Vorgaben der ISO 6949 aufgezeigt werden.

Der  $U$ -Wert der beiden Fassaden lässt sich wie folgt abschätzen:

$$U_w = \frac{1}{\frac{1}{U_{w1}} - R_{si} + R_s \cdot R_{se} + \frac{1}{U_{w2}}}$$

Bei einer üblichen Verglasung mit  $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  und den oben angenommenen Rahmenwerten, ergibt sich ein  $U$ -Wert der Innenfassade von  $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Die Außenfassade wird mit  $U_{w2} = 5,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  angesetzt;  $R_s$  kann bei einem Abstand von 300 mm zu ca.  $0,2 \text{ m}^2\text{K/W}$  angesetzt werden.

Es ergibt sich damit ein  $U_w$  von ca.  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  – immerhin eine Verbesserung von ca. 20 %.

**Ganzheitlicher Ansatz.**

Die oben genannten Erkenntnisse und die zunehmenden Möglichkeiten der Rechner gestützten Simulation führen seit Einführung der EnEV 2009 zu Gebäudehüllenkonzepten, die in Interaktion mit der Haustechnik und der Gebäudeausbildung betrachtet werden. Die wesentlichen Faktoren sind hierbei nicht ausschließlich der  $U_{\text{curtain wall}}/U_{\text{window}}$  Wert sondern andere Faktoren, die den Energiehaushalt des gesamten Gebäudes beeinflussen:

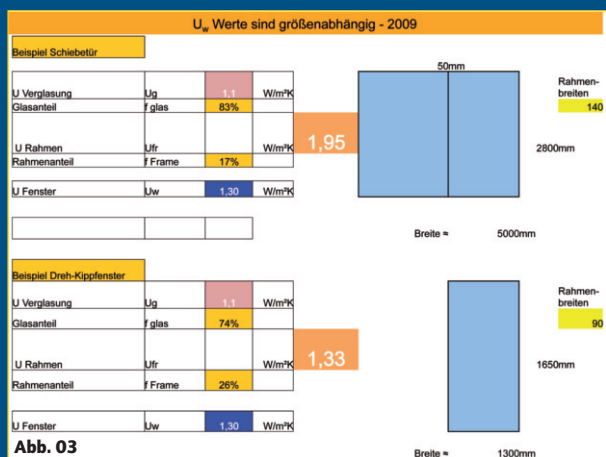


Abb. 03

Aufgrund der starken Abhängigkeit des  $U_w$ -Wertes vom Rahmenanteil, ergeben sich durchaus unterschiedliche  $U_{\text{frame}}$ -Werte, die erheblich voneinander abweichen.

Betrachtet man umgekehrt die energetischen Auswirkungen auf Fenster und Fassaden, so kann die Profildämmung ohnehin nur einen geringen Einfluss haben. Bei großen Fassadenelementen liegt der Rahmenanteil relativ niedrig (10% bis 18%), so dass eine Verbesserung des  $U_f$ -Wertes den  $U_{\text{curtain wall}}$ -Wert (nach DIN EN 13947 neu in

## Literaturverzeichnis

- [01] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung EnEV) vom 16. November 2001, Bundesgesetzblatt I, S.3085;
- [02] DIN V 4108 Teil 6, Wärmeschutz und Energieeinsparung an Gebäuden, Hrsg.: DIN, Beuth Verlag;
- [03] DIN V 4701 Teil 10, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen, Hrsg.: DIN, Beuth Verlag;
- [04] DIN V 18599 Teil 1 - 10, Energetische Bewertung von Gebäuden, Hrsg.: DIN, Beuth Verlag;
- [05] Werner, Hans: Kommentar zur DIN V 4108 Teil 6, 1. Auflage, Hrsg.: DIN, Beuth Verlag;
- [06] Kruppa, Boris; Strauß, Rolf-Peter: Kommentar zur DIN V 4701 Teil 10, 2. Auflage 2002, Hrsg.: DIN, Beuth Verlag;
- [07] Hegner, H.-D.: in DIN Tagungsband: „Die neue DIN V 18599 Ein Instrument zur Erstellung von Energieausweisen“, Gemeinschaftstagung BMVBW/DIN Bochum 2005, Hrsg.: DIN, Beuth Verlag;
- [08] de Boer, Dr., J.: in DIN Tagungsband: „Die neue DIN V 18599 Ein Instrument zur Erstellung von Energieausweisen“, Gemeinschaftstagung BMVBW/DIN Bochum 2005, Hrsg.: DIN, Beuth Verlag;
- [09] DIN EN ISO 10077 Teil 1 + 2, Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, Hrsg.: DIN, Beuth Verlag;
- [10] DIN EN 13947, Vorhangfassaden Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, vereinfachtes Verfahren Hrsg.: DIN, Beuth Verlag;
- [11] Compagno, Heuser: in Doppelfassaden, Hrsg.: Ernst & Sohn Verlag 2001;
- [12] Berktaş, S.: Vakuum Systempaneele in der Fassadentechnik, Master Thesis im Fachgebiet Fassadenkonstruktionen an der Fachhochschule Koblenz, 2006.

red ◊

→ Das thermische und lichttechnische Verhalten der Füllungen; neben den U-Werten und g-Werten (Energiedurchlassgrad der Verglasung) sind die Strahlungsparameter z.B. der  $\tau$ -Wert der Verglasung (Lichtdurchlässigkeit der Verglasung) sowie der Abminderungsfaktor  $F_c$  für das eingesetzte Sonnenschutzsystem zu berücksichtigen.

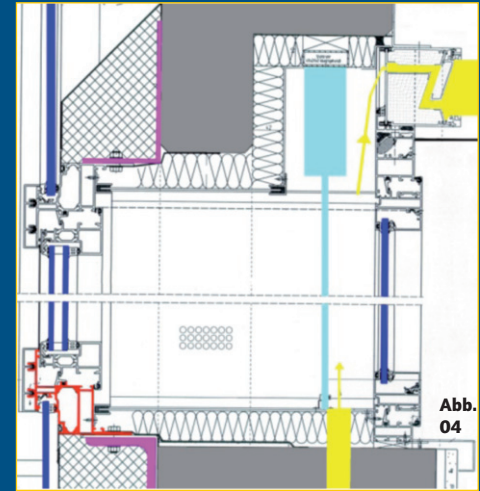
Der Lichtdurchlässigkeit der transparenten Füllungen wird künftig verstärkte Bedeutung zukommen, da die Frage der notwendigen Energieanteile für Beleuchtung über die Ausleuchtung der Räume gesteuert wird. Die

Anteile für Beleuchtungsenergie spielen bei „Nicht-Wohnungsbauten“ infolge EnEV und DIN 18599 schon heute eine wesentliche Rolle.

→ Die Haustechnik, insbesondere die Lüftungs-, bzw. Kühltechnik:

Dezentrale Lüftungseinheiten erzielen Einsparmöglichkeiten im Bereich der Transmissions- und Lüftungsenergie bei zusätzlich hohen Schallschutzwerten durch Anordnung von Absorptionsflächen im Kasten. Kalte Zuluft des Raumes wird dabei mit Hilfe eines Kreuzwärmetauschers (dezentral je Wohnung/Büro angeordnet) durch die warme Abluft erwärmt. Die durch den im Zwischenraum liegenden Sonnenschutz reflektierte und erwärmte Luft kann durch das zu öffnende Außenfenster nach außen abgeführt werden. Sowohl die Möglichkeit der Nachtauskühlung bei entsprechender Gebäudeleittechnik als auch eine Abfuhr über

die dezentrale Lüftung ist gegeben. Es lassen sich  $e_p$ -Werte (einschl. Anteil Trinkwasser Erwärmung) von 1,10 erreichen (Abb. 04).



Weiterhin konnten im Rahmen verschiedener Bachelor- und Masterthesen an der Fachhochschule Koblenz nachgewiesen werden, dass der Einsatz der Wärmepumpentechnik in Verbindung mit der Gebäudeausbildung – Thematik der thermisch aktivierbaren Massen – wesentliche energetische Vorteile für die Gesamtenergiebilanz bringen.

Im Zusammenhang mit der ganzheitlichen Betrachtung von Gebäuden ist auch die Dis-

kussion um die so genannten Nachhaltigkeitszertifikate zu sehen, die sich auf derzeit verschiedene Zertifikate konzentrieren:

- BNB Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen;
- DGNB Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen;
- LEED Leadership in Energy & Environmental Design;
- BREEAM BRE Environmental Assessment Method.

Grundlage dieser Betrachtungen wird eine Änderung der Bauproduktenverordnung (verbindlich in 2013) sein, die als Anforderung folgende Ergänzungen aufweisen wird:

- Das Bauwerk, seine Baustoffe und Teile müssen nach dem Abriss recycelt werden können.

– Für das Bauwerk müssen umweltfreundliche Rohstoffe und Sekundärbaustoffe verwendet werden.

Dies bedeutet, dass bei Fenster- und Fassadenkonstruktionen nicht nur z.B. ihre technischen Vorteile einer erhöhten Wärmedämmung zur Beurteilung reichen, sondern auch der Einsatz der hierzu verwendeten Materialien.

Je nach Gewichtung der einzelnen Faktoren besteht die Möglichkeit, dass die Auswirkungen auf die Aluminium-, Fenster- und Fassadensysteme einen rückläufigen Trend der Vergrößerung der Wärmedämmzonen auslösen werden. Dezierte Aussagen sind erst nach weiteren Untersuchungen möglich. ◇

## Unser Autor

---

Der vorliegende Artikel wurde mithilfe der Kooperationspartnerschaft des Systemherstellers **Akotherm GmbH Aluminium-Profilssysteme** und der **FH Koblenz** im Rahmen der Vortragsreihe metallbauFACHFORUM 2011 erstellt.

**Prof. Dipl.-Ing. Michael Schuchardt** unterrichtet im Fachbereich Bauwesen an der Fachhochschule Koblenz in den Grundlagenfächern der Bauphysik und der Baukonstruktion sowie im Masterstudiengang Bauingenieurwesen die Module Fassadenkonstruktionen und Energieplanung. Er ist als beratender Ingenieur und ÖBV-Sachverständiger für Fassadenkonstruktionen tätig.



red ◇

## Info + Kontakte

---

Fachhochschule Koblenz  
Prof. Dipl.-Ing. Michael Schuchardt  
Konrad-Zuse-Straße 1  
56075 Koblenz  
Tel. +49 (0)261/9528-622  
Fax +49 (0)261/9528-648