

**B**  
Bernische Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences



### Energieeffiziente Fenstersysteme – Neuentwicklungen bei Fenstern und Verglasungen

Christoph Rellstab, dipl. Ing. HTL/STV, Prof.  
Mitglied Departementsleitung Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau  
Leiter Höhere Fachschule Holz Biel



**Transparente Bauteile, namentlich verglaste Fenster- und Fassaden, beeinflussen die Energiebilanz und letztlich den Energieverbrauch eines Gebäudes wesentlich.**

sinnigermäss aus:  
Minergie-P – Das Passivhaus nach Schweizer Art

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

### Schritte in der Isolierglas-Entwicklung

1940	Gelötetes Isolierglas 2-fach, Stahlabstandhalter	3.0 W/m²K
...	...	...
1980	Wärmeschutz-ISO 2-fach mit Edelmetall-Beschichtung und Gasfüllung (Argon)	1.3 - 1.6 W/m²K
1990	Wärmeschutz-ISO 2-fach mit verbesserter Edelmetall-Beschichtung und Gasfüllung (Argon)	1.1 W/m²K
1995	2-fach & 3-fach Wärmeschutz ISO mit Edelmetallschicht und Gasfüllung (Neue Gase: Krypton)	0.9 - 1.1 W/m²K (2-fach) 0.4 - 0.9 W/m²K (3-fach)
1997	2-fach & 3-fach Wärmeschutz mit verbesserten Randverbundsystemen (z.B. Edelstahl, Swiss-Spacer, TPS & Thermix, etc.)	0.9 - 1.1 W/m²K (2-fach) 0.4 - 0.9 W/m²K (3-fach)
2005	2-fach & 3-fach Wärmeschutz ISO mit Edelmetallschicht mit höheren LT- und g-Werten	0.9 - 1.1 W/m²K (2-fach) 0.4 - 0.9 W/m²K (3-fach)

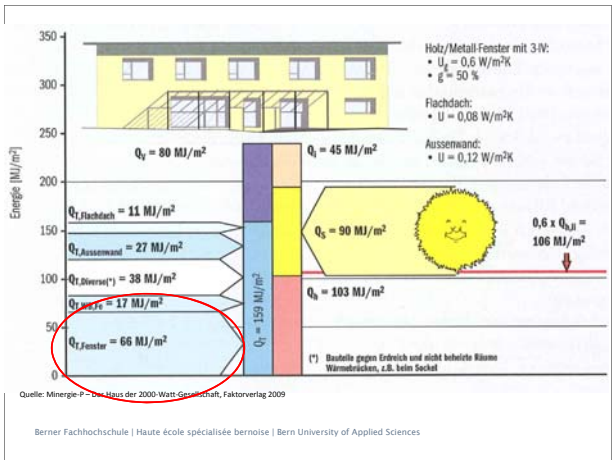
Werte nach DIN-Berechnung

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

### Einige «Treiber» der Fensterentwicklung in der Schweiz

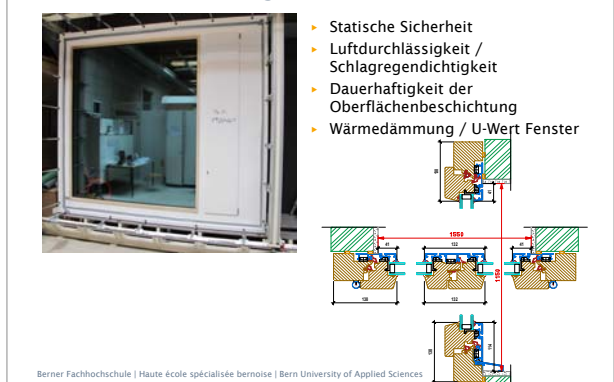
- Energievorschriften / Energiegesetzgebung (MuKEN, SIA 380/1) → bessere U-Werte von Rahmen und Gläsern
- Richtlinien (Richtlinien für Holzfenster 1988, Richtlinien für Holz-Metallfenster 1998) → bessere Konstruktionen
- Q-Labels (z.B. FFF-Gütesignet für Holz-1990 und Holz-Metallfenster 1995) → Umsetzung / Sicherstellung der «guten» Konstruktionen
- Umstellung auf wasserlösliche Oberflächenbehandlungssysteme (Beginn 1990er-Jahre) → neue Konstruktionen (z.B. Integralfenster), weniger Holz-, mehr Holz-Metall- und Kunststofffenster
- Minergie / Anforderungen an Minergie-Fenster ab 2000 → bessere U-Werte von Rahmen und Gläsern, schlankere Konstruktionen
- Energieetikette Fenster (ab 2015)

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences



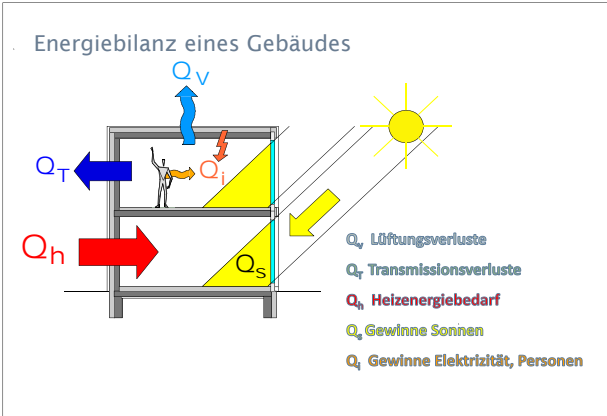
### «Standardanforderungen» an Fenster

- Statische Sicherheit
- Luftdurchlässigkeit / Schlagregendichtigkeit
- Dauerhaftigkeit der Oberflächenbeschichtung
- Wärmedämmung / U-Wert Fenster



Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

### Energiebilanz eines Gebäudes



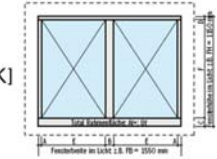
- Q<sub>v</sub> Lüftungsverluste
- Q<sub>t</sub> Transmissionsverluste
- Q<sub>h</sub> Heizenergiebedarf
- Q<sub>s</sub> Gewinne Sonnen
- Q<sub>e</sub> Gewinne Elektrizität, Personen

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

### Wärmedämmung / U-Wert Fenster

(in der Schweiz nach SIA 331 und Minergie-Reglement)

**U-Wert Fenster:**

$$U_w = \frac{A_{f,licht} \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l'g \cdot \Psi_g}{A_w} [W/m^2K]$$


- Systemnachweis (Energiebilanz)
- Einzelbauteilnachweis

- 2-flg. Fenster Netto-Abmessung (im eingebauten Zustand): b x h = 1,55 m x 1.15 m
- Grenzwert: U<sub>w</sub> ≤ 1.3 W/m²K (Kann mit heutigen Fenstersystemen mit einem 2-IV-Glas i.d.R. eingehalten werden)

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

### Gesetzliche Anforderungen – SIA 380/1 (2009)

Grenz- und Zielwerte für flächenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten U, Neubauten - Tabelle 2

Bauteil	Bauteil gegen Aussenräume oder weniger als 2 m im Erdreich	Grenzwerte U <sub>f</sub> [W/m²K]		Zielwerte U <sub>f</sub> [W/m²K]	
		erleuchtete Räume oder mehr als 2 m im Erdreich	erleuchtete Räume oder weniger als 2 m im Erdreich	erleuchtete Räume oder mehr als 2 m im Erdreich	erleuchtete Räume oder weniger als 2 m im Erdreich
opake Bauteile (Dach, Decke) (Wand, Boden)	0,20 0,20	0,25 0,28	0,09 0,11	0,15 0,15	
opake Bauteile mit Flächenheizungen	0,20	0,25	0,10	0,15	
Fenster, Fenstertüren <sup>1)</sup>	1,3	1,6	0,90	1,1	
Fenster mit direkt vorgelagerten Heizkörpern <sup>2)</sup>	1,0	1,3	0,80	1,0	
Türen	1,3	1,6	1,1	1,3	
Tore (Türen grösser als 6 m <sup>2</sup> )	1,7	2,0	1,2	1,4	
Storzenkasten	0,50	0,50	0,30	0,30	

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

Grenz- und Zielwerte für flächenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten U, Umnutzung/Umbauten - Tabelle 2a

Bauteil gegen	Grenzwerte $U_{f,0}$ $W/(m^2 \cdot K)$		Zielwerte $U_{f,0}$ $W/(m^2 \cdot K)$	
	Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich	unbeheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich	Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich	unbeheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich
Bauteil				
opake (Dach, Decke) Bauteile (Wand, Boden)	0,25	0,28	0,15	0,20
opake Bauteile mit Flächenheizungen	0,25	0,28	0,15	0,20
Fenster, Fenstertüren	1,3	1,6	0,90	1,1
Fenster mit direkt vorge-lagerten Heizkörpern	1,0	1,3	0,80	1,0
Türen	1,3	1,6	1,1	1,3
Tore (Türen grösser als 6 m <sup>2</sup> )	1,7	2,0	1,2	1,4
Storenkasten	0,50	0,50	0,30	0,30

Anforderung Minergie



Minergie® - Fenster  
Mauerlichtmass BxH = 1.55 x 1.15m

Kriterium	Anforderung
Wärmedämmfähigkeit des Fensters:	$U_{f,0} \leq 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$
Verglasung:	$U_{f,0} = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$
Kondenswassergefährdung:	Glasabstandhalter: Edelstahl oder besser ( $\psi_g \leq 0.06 \text{ W/mK}$ )
Tageslichtnutzung:	Glasanteil des eingebauten Fensters: $\geq 75\%$
Schlagregendichtigkeit, Luftdurchlässigkeit:	Klasse 7A (Schlagregen) und Klasse 3 (Luftdurchlässigkeit) nach SN EN 12208 / SN EN 12207

Wichtig: Nachweis erfolgt an einem Fenster mit definierten Abmessungen

CH-Energie-Etikette

**Bilanzorientierte Betrachtung:**

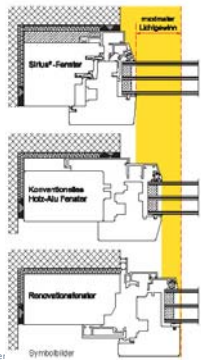
- Keine «korrekte» Bilanzierung der Energieverluste und Energiegewinne erforderlich
- «Verlust- und Gewinnfaktoren» ermöglichen einfache Berechnung von  $U_{f,0,eq}$

**Energieäquivalenter U-Wert Fenster:**

$$U_{f,0,eq} = \frac{(U_{f,0} \cdot A_{f,0} \cdot T) - (A_{g,0} \cdot g \cdot Z)}{A_{f,0}} \quad [W/m^2K]$$

Bildquelle: Marco Ragonetti, marco.ragonetti@fhnw.ch

Faustregeln Energieeffizienz Fenster

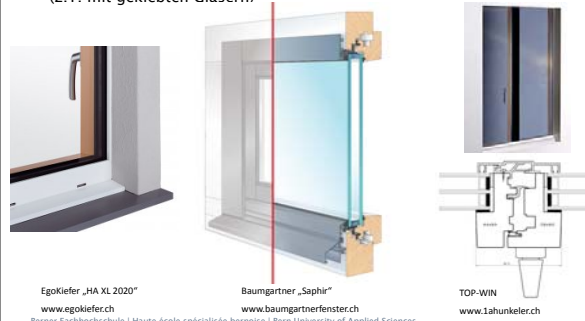


- Realisierung von energetisch optimierten Fensterkonstruktionen bedingt:
1. Gutes Rahmensystem mit tiefem  $U_f$ -Wert
  2. Gutes Isolierglas (3-IV) mit tiefem U- und hohem g-Wert
  3. Glasfläche „maximieren“, Rahmenfläche minimieren, keine Sprossen
  4. Überdämmung der Blendrahmen beim Einbau. Optimierung des Fenstereinbaus.

Bildquelle: Eschbal AG  
www.glas-fenster.ch  
3001 Bern | Bern University of Applied Sciences

Lösungsansätze Ästhetik

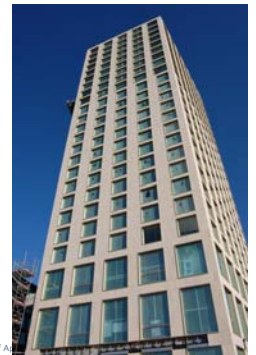
- Schlankere Profile mit Integralfenstern (z.T. mit geklebten Gläsern)



Höher hinaus mit Holz-Alu-Fenstern

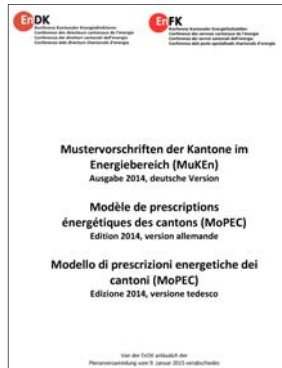
Aber ohne Modifikationen geht es nicht ...

Mit der Klebtechnologie können die Systemgrenzen erweitert werden



Wohnhochhaus Zöly, Zürich  
Fenster: Baumgartner Saphir Integral  
Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

MuEn (2014)



Adressen

- Schweizerischer Fachverband Fenster- und Fassadenbranche FFF  
Kasernenstr. 4b 8184 Bachenbülach, Tel 043 411 44 66 / Fax 043 411 44 69  
E-Mail: info@fensterverband.ch, Internet: [www.fensterverband.ch](http://www.fensterverband.ch)
- Schweizerische Zentrale Fenster und Fassaden SZFF  
8953 Dietikon: Tel: 01-742 24 34 / Fax: 01-741 55 53  
E-Mail: info@szff.ch / Internet: [www.szff.ch](http://www.szff.ch)
- Pro Holz-Metall: Vereinigung Pro Holz-Metall-Fenster  
Kasernenstr. 4b 8184 Bachenbülach, Tel 043 411 44 66 / Fax 043 411 44 69  
E-Mail: info@holz-metall-fenster.ch, Internet: [www.holz-metall-fenster.ch](http://www.holz-metall-fenster.ch)
- Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein sia  
8039 Zürich. Internet: [www.sia.ch](http://www.sia.ch)
- Schweiz. Institut für Glas am Bau SIGaB  
Institut Suisse de Verre dans le Bâtiment  
8001 Zürich: Tel: 01-241 88 00 / Fax: 01-242 57 89  
E-Mail: info@sigab.ch, Internet: [www.sigab.ch](http://www.sigab.ch)

Adressen

- Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau  
2504 Biel, Tel 032 344 03 41 / Fax: 032 344 02 91  
E-Mail: info@ahb.bfh.ch, Internet: [www.ahb.bfh.ch](http://www.ahb.bfh.ch)
- Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV)  
8400 Winterthur: Tel: 052-224 54 54 / Fax: 052-224 54 74  
E-Mail: info@snv.ch / Internet: [www.snv.ch](http://www.snv.ch)
- Verband Fenster und Fassaden VFF (Deutschland)  
Bockenheimer Anlage 13, D-60322 Frankfurt/Main  
Tel.: (+49) 69 / 95 50 54 - 0 / Fax.: (+49) 69 / 95 50 54 - 11  
E-Mail: vff@window.de / Internet: [www.window.de](http://www.window.de)
- Institut für Fenstertechnik e.V. Rosenheim (ift), D-83026 Rosenheim  
Tel: +49 8031 261-0 / Fax: +49 8031 261-290  
E-Mail: info@ift-rosenheim.de / Internet: [www.ift-rosenheim.de](http://www.ift-rosenheim.de)
- Schweiz. Zentralstelle für Baurationalisierung, 8036 Zürich  
Tel: 01-456 45 45 / Fax: 01-456 45 66  
E-Mail: info@crb.ch / Internet: [www.crb.ch](http://www.crb.ch)