

**Zeitschrift:** Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home : internationale Zeitschrift

**Herausgeber:** Bauen + Wohnen

**Band:** 10 (1956)

**Heft:** 8

**Artikel:** Das Fenster im modernen Bau

**Autor:** Rothenbach, Ernst

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-329298>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Das Fenster im modernen Bau

Von Dipl. Ing. Ernst Rothenbach

Vorliegender Artikel behandelt Metallfenster und kombinierte Metall-Holzfenster. Über reine Holzfenster folgt bei späterer Gelegenheit ein zweiter Artikel. Red.

Immer lauter werden in Fachkreisen, die sich mit der Schaffung des künstlichen Klimas im modernen Wohn- und Bürogebäude befassen, die Stimmen, die vor dem Überhandnehmen der Fensterflächen warnen.

Ziel und Zweck der folgenden Ausführungen ist es, die Schwierigkeiten des Wärmetechnikers, die durch diese Entwicklung zum immer größeren Fenster gegeben sind, zu untersuchen. Wenn es dabei gelingt, die zuständigen Fachleute auf einzelne Punkte hinzuweisen und deren Berücksichtigung in den Konstruktionen zu erwirken, dann ist der Sinn meiner Bemühungen erfüllt. – Von diesen Untersuchungen werden betroffen:

Zunächst und vor allem die Architekten, die in beglückender Art immer mehr Licht in unsere Wohn- und Arbeitsräume bringen. Zweifellos ist das Fenster dasjenige Baukonstruktions-Element, das die künstliche Abschließbarkeit des Wohn- und Arbeitsraumes auflockert. Es stellt die Verbindung der Umwelt mit dem geschlossenen Raum dar. Für den Heizungstechniker ist es das weitaus wichtigste Raumabschluß-Element, denn durch das Fenster dringen Kälte und Wärme in den Raum ein. Je nach Konstruktionsart der Fenster und je nach System der Heizung sind die Wirkungen auf das Raumklima verschieden. Die Wahl der Fenstersysteme ist also für den Enderfolg einer Heizungs- oder Klimaanlage bedeutungsvoll und erfordert ein fröhliches Zusammenarbeiten zwischen dem projektierenden Architekten und dem Wärmetechniker. In einer solchen Zusammenarbeit können die wärmetechnischen Mängel unserer derzeitigen Fensterkonstruktionen schon in der Planung weitgehend berücksichtigt und ausgeschaltet werden.

In zweiter Linie sollen die Fensterkonstrukteure auf den Plan gerufen und angeregt werden, nicht nur ästhetisch ausgezeichnete, sondern auch wärmetechnisch vertretbare Fenster zu schaffen.

Dann möchte ich die Bauherren auf die mit den Fenstern verbundenen Fragen hinweisen und versuchen klarzumachen, daß ein billiger Anschaffungsspreis eines Fensters noch lange kein billiges Fenster bedeutet.

Endlich würde es mich freuen, wenn ich der Gilde der Wärmetechniker, der auch ich angehöre, eine Unterstützung im Streben nach richtigen Unterlagen zur Be-rechnung der Wärmeverluste von Fenstern bieten könnte. Zunächst eine kurze Betrachtung der am meisten in Verwendung befindlichen Fensterkonstruktionen ohne jeden Anspruch auf Vollständigkeit.

## 1 Das nach außen öffnende Fenster

Heute beinahe nur noch in der ländlichen Bauweise üblich, hat diese Konstruktion den großen Vorteil, daß mit wachsendem Winddruck die Fensterflügel gegen die Rahmen gedrückt werden und damit immer dichter schließen. Es ist dies die einzige Fensterkonstruktion, die den Winddruck technisch einwandfrei richtig zum Dichten der Fensterflügel heranzieht, während alle anderen heute üblichen Konstruktionen durch den Wind in den Fugen geöffnet werden.

## 2 Das nach innen öffnende Fenster

Unter den nach innen öffnenden Fenstern ist das doppelt verglaste, oder noch besser: das Fenster mit Verbundglasung von hoher wärmetechnischer Qualität, soweit dies nur die Frage der Verglasung betrifft. Dagegen liegt die Frage der Fugendichtigkeit noch sehr im argen und bedarf für die zukünftige Entwicklung weit größerer Sorgfalt als bisher. Günstig ist bei dieser Fensterkonstruktion und Doppelverglasung die Möglichkeit der Kombination mit Lamellenstoren.

## 3 Das Schwingflügelfenster

Dank der soliden Rahmenkonstruktion würde dieses Fenster auch eine gute Fugendichtigkeit erlauben, wenn die Konstruktion in dieser Richtung weiter entwickelt und reif gemacht würde. – Das horizontal schwenkbare Fenster ist für Hochhäuser und metallverkleidete Fassaden unserer und südlicher Breitengrade nicht unbedingt zu empfehlen, da das geöffnete Fenster die an der Fassade aufsteigende Warmluft direkt abfährt und in den Raum leitet.

Dieser Nachteil kann vermieden werden, wenn die Schwenkachse von der Horizontalen in die Vertikale verlegt wird; ein Idealfenster entsteht, wenn die Schwenkachse außerdem noch bis zum Fensterrahmen seitlich verschiebbar gemacht wird. Auf diese Art kann die ganze Fensterfläche freigegeben werden, wobei in den Raum nur die halbe Fensterbreite hineinragt. Die Kombination mit Lamellenstoren ist in beiden Fällen gut möglich; bei richtiger Projektierung und Berücksichtigung der Himmelsrichtung können beim um die vertikale Achse schwingenden Fenster die Lamellenstoren auch bei geöffnetem Fenster weitgehend zur Wirkung kommen.

## 4 Das Schiebefenster

Es ist vom wärmetechnischen Standpunkt aus betrachtet in seinen zahllosen Konstruktionsformen immer ein heikles Fenster, weil die Frage der Fugendichtigkeit sowie diejenige der Dichtung der Gegengewichtskasten erhebliche Schwierigkeiten macht.

### Faktoren, die für die wärmetechnische Qualität einer Fensterkonstruktion maßgebend sind:

1. Die Wärmeleitzahlen der einzelnen Materialien, aus denen das Fenster gebaut wird.
2. Die Fugendichtigkeit der beweglichen Fenster-teile.
3. Die Fugendichtigkeit des Fenstereinbaues in das Bauwerk.
4. Die Kältebrücken, die durch Rolladen oder Gegen-gewichtskasten entstehen.
5. Den richtig angebrachten Sonnenschutz.

### Zu 1: Wärmeleitzahlen

Als Konstruktionsmaterialien für Fenster kommen in Frage:

Glas mit der Wärmeleitzahl 0,65 kcal/hm°C  
Holz mit der Wärmeleitzahl 0,1–0,3 kcal/hm°C  
Eisen mit der Wärmeleitzahl 40–50 kcal/hm°C  
Leichtmetall mit der Wärmeleitzahl 170–175 kcal/hm°C

Bronze mit der Wärmeleitzahl 95 kcal/hm°C  
Zum Vergleich sei angegeben: Backstein mit der Wärmeleitzahl 0,60 kcal/hm°C.

### Der Baustoff Glas

Seine zunehmende Verwendung im Bau bereitete dem Wärmetechniker zeitweise viel Kummer, heute ist er so weit entwickelt, daß er ohne wärmetechnische Störung der Entwicklung der modernen Architektur folgen kann. Unter Zuhilfenahme der Isolationswirkung dünner Luftschichten sind Gläser auf den Markt gekommen, die praktisch allen wärmetechnischen Forderungen entsprechen. Besonders jene Gläser mit Zwischenfüllung getrockneter Luft, die also im Glaszwischenraum nie zu Kondensbildung Anlaß geben, seien hier hervorgehoben. Es sind dies z.B. Thermopane-Glas, Polyverb-Glas, Thoglas und die neuerdungs auf den Markt gebrachte Verbundglasausführung «Antelius». Diese Gläser sind im folgenden kurz Verbundgläser genannt.

### Zu 2:

#### Die Fugendichtigkeit der beweglichen Fensterenteile

Während die Wärmedurchgangszahl  $k$  der einzelnen Konstruktionsmaterialien eines Fensters, wie wir diese unter 1 betrachtet haben, als ein feststehender Wert, der auch durch Alterung nicht wesentliche Änderungen erfährt, betrachtet werden kann, ist die Fugendichtigkeit eine variable Größe, deren Qualität für die Eignung der Fensterkonstruktion von entscheidender Bedeutung ist. Dabei ist es wichtig, daß mit zunehmender Fensterfläche so konstruiert wird, daß möglichst wenige durch bewegliche Flügel bedingte Fugen entstehen.

Die Fugendichtigkeit einer Fensterkonstruktion hängt ab von:

- a. der Weglänge  $s_1$  bis  $s_2$  durch den Spalt zwischen feststehendem und beweglichem Rahmen einer Fensterkonstruktion;
- b. den Dichtungsmöglichkeiten, die geeignet sind, den Luftdurchtritt auf dem Wege  $s_1$  nach  $s_2$  zu behindern;
- c. der Qualität der Verschlusstechnik, die den beweglichen Fensterflügel an möglichst vielen Stellen verläßlich gegen den Fensterrahmen pressen soll;
- d. der Stabilität der Fensterrahmen-Konstruktion und der verwendeten Angel, die gewährleistet, daß der Fensterflügel unter der Glasbelastung in der Mitte möglichst wenig durchsackt.

Die in den Regeln zur Ermittlung der Wärmeverluste angegebenen Wärmedurchgangszahlen sind Mittelwerte, die versuchen, die reinen Materialkonstanten und die Variable der Fugendichtigkeit in einer Kennzahl zusammenzufassen. So lange die Fensterflächen ungefähr in der Größenordnung eines Drittels der Außenwand-Abschlußflächen blieben, genügten diese Kennzahlen, und die in ihnen enthaltenen Ungenauigkeiten haben zu keinen wesentlichen Mängeln in den Heizanlagen Anlaß gegeben. Heute nehmen die Glasflächen bis zu neun Zehntel der Raum abschließenden Außenflächen in Anspruch, und mit einer einfachen Wärmedurchgangszahl kann das Problem nicht mehr gelöst werden.

Nach Untersuchungen von Cammerer ist die durch die Verschlüsse eintretende Luftmenge wie folgt zu ermitteln:

$$V_h = L \cdot a \cdot (P_a - P_i) \frac{2}{3} \text{ in m}^3/\text{h}$$

Darin bedeuten:

$V_h$  = stündlich durch die Fensterfugen eintretende Luftmenge.

$L$  = Gesamtlängen des Fenster = in m<sup>2</sup>.

$a$  = Qualitätskennzahl der Fensterkonstruktion.

$P_a$  = Luftdruck an der Fenster-Außenseite.

$P_i$  = Luftdruck an der Fenster-Innenseite.

Prallt der Wind mit einer Geschwindigkeit von  $v$  m/s gegen die Fensterfläche, so verwandelt sich seine Bewegungsenergie in einen Staudruck  $P_{st}$  mm WS.

Dieser hat die Größe:

$$P_{st} = \frac{v^2}{2} - \frac{\gamma}{g} \text{ in mm WS}$$

Dieser Staudruck ist nach Cammerer:

km/h: 14 22 30 36 45 55  
Windgeschwindigkeit v in m/s: 4 6 8 10 12 15

Staudruck  $P_{st}$  in mm WS: 1,03 2,3 4,1 6,4 9,2 14,3

Unter diesem Winddruck steigt aber auch der Druck  $p_i$  innerhalb des Fensters an, so daß nie der ganze Staudruck wirksam wird.

Nach Cammerer kann man setzen (für Nordfront):

$$(p_a - p_i) = \frac{1}{4} P_{st}$$

Von entscheidender Bedeutung für die Ermittlung des Wärmeverlustes durch Fugendichtigkeit ist die Fensterqualitätszahl  $a$ , die Cammerer aus Versuchen wie folgt ermittelte hat:

**Holzverbundfenster**  $a = 4,0$

**Kohldoppelpfenster**  $a = 3,0$

**Stahlrahmenfenster gepreßt**  $a = 1,5$

Die pro laufenden Meter Fensterfuge in den Raum ein-tretende Luftmenge errechnet sich nach Cammerer wie folgt:

Innentemperatur +20° Außen- Wärmeve- Temperatur -15° iust durch Eintretende Fugen- Luftmenge undichtigkeit in m<sup>3</sup>/m pro m<sup>1</sup> Fensterfuge Fensterfuge

Windgeschwindigkeit 22 km/h  $a = 2,5$  1,8 19,2 kcal/hm<sup>1</sup>

Qualitätszahl  $a = 2,5$  1,8 19,2

$a = 4,0$  3,2 35,0

Windgeschwindigkeit 45 km/h  $a = 2,5$  4,4 48,0

$a = 4,0$  8,0 87,0

Qualitätszahl  $a = 2,5$  5,5 60,0

$a = 4,0$  10,5 115,0

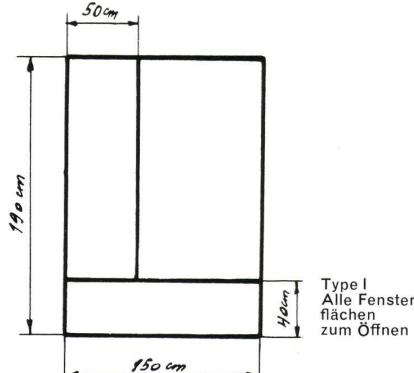
Es kann also hier schon eine sehr wichtige Forderung für den Entwurf wärmetechnisch gutes Fenster formuliert werden. Sie lautet:

**Das wärmetechnisch beste Fenster ist dasjenige, das auf den Quadratmeter Fensterfläche die kleinste Fugenlänge in Ifm aufweist.**

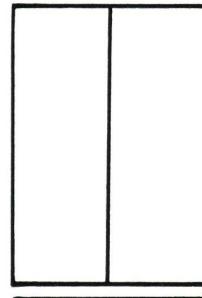
Oder in eine Frage umgewandelt:

Ist es nötig, daß mit dem Überhandnehmen der Fensterflächen die alte Flügel- und Oberlichtteilung beibehalten wird? Müssen alle Fensterenteile für den Raumbenutzer zu öffnen sein?

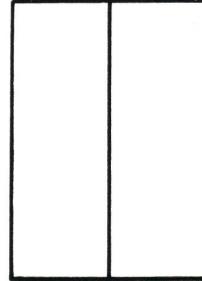
An einem Beispiel aus der Praxis sei das Vorgesagte erläutert. Dabei werden für das Beispiel verschiedene Konstruktionsmaterialien, verschiedene Verglasungen und verschiedene Aufteilung der Fensterfläche in Rechnung gestellt.



Type I  
Alle Fensterflächen zum Öffnen



Type II  
Alle Fensterflächen zum Öffnen, 2 bewegliche Flügel



Type III  
Nur ein Flügel zum Öffnen

Alle Fensterflächen zu öffnen bewegliche Flügel	Nur 1 Flügel zu öffnen*		
		3	2
Fensterfläche	2,85 m <sup>2</sup>	2,85 m <sup>2</sup>	2,85 m <sup>2</sup>
Fugenlänge	11,30 m <sup>2</sup>	8,70 m <sup>2</sup>	5,30 m <sup>2</sup>
Rahmenfläche in Holz	0,63 m <sup>2</sup>	0,50 m <sup>2</sup>	0,40 m <sup>2</sup>
do. in Metall/Holz komb.	0,53 m <sup>2</sup>	0,42 m <sup>2</sup>	0,31 m <sup>2</sup>
do. in Anticorodal	0,43 m <sup>2</sup>	0,35 m <sup>2</sup>	0,22 m <sup>2</sup>
Glasfläche:			
Holzrahmenfenster	2,22 m <sup>2</sup>	2,35 m <sup>2</sup>	2,45 m <sup>2</sup>
Kombirahmenfenster	2,32 m <sup>2</sup>	2,43 m <sup>2</sup>	2,54 m <sup>2</sup>
Metallrahmenfenster	2,43 m <sup>2</sup>	2,50 m <sup>2</sup>	2,63 m <sup>2</sup>

### Wärmeverluste der Rahmen

Holz 30 kcal/h 24 kcal/h 19 kcal/h

Kombi 25 kcal/h 20 kcal/h 19 kcal/h

Isol. Anticorodal 50 kcal/h 40 kcal/h 25 kcal/h

Leichtmetall 100 kcal/h 79 kcal/h 53 kcal/h

### Wärmeverluste der Glasfläche

Holzrahmen:

doppelt verglast 147 158 164

Verbundglas 110 117 122

Kombifenster:

doppelt verglast 155 163 170

Verbundglas 116 121 127

Isol. Anticorodal und normales Leichtmetall-

fenster:

doppelt verglast 163 167 176

Verbundglas 121 125 131

### Fugenverluste

$v = 22 \text{ km/h}$   $a = 2,5$  230 166 102

$a = 4,0$  390 305 186

$v = 45 \text{ km/h}$   $a = 2,5$  540 420 250

$a = 4,0$  980 760 460

$v = 55 \text{ km/h}$   $a = 2,5$  680 520 320

$a = 4,0$  1300 1000 620

\* ein Flügel feststehend (nur zum Reinigen zu öffnen).

Alle Variationen lassen sich aus dieser Tabelle nun ermitteln. Hier sei nur noch das Ergebnis für ein Holzrahmen-Fenster mit Doppelverglasung zusammenfassend betrachtet:

$v = 22 \text{ km/h}$	$a = 2,5$	Wärmeverlust		$K$ -Wert
		Kalorien	K-Wert	
407	4,0	348	3,5	285
567	5,7	487	4,9	369
$v = 45 \text{ km/h}$	$a = 2,5$	817	8,2	602
	$a = 4,0$	1157	11,6	942
$v = 55 \text{ km/h}$	$a = 2,5$	857	8,6	703
	$a = 4,0$	1477	14,8	1183
			11,8	803
				5,0

Zu beachten: Der Glas- und Rahmenanteil an den Gesamtwärmeverlusten der als Beispiel betrachteten Fensterkonstruktion macht nur ca. 180 kcal/h aus.

Aus der durchgeföhrten Untersuchung geht mit aller Deutlichkeit hervor, welchen entscheidenden Einfluß auf den Gesamtwärmeverlust eines Fensters haben:

1. Die Qualitätszahl des Fensters;
2. Die Konstruktionsart in Verbindung mit der durch sie bedingten Fugenlänge.

## Forderung an den Fensterkonstrukteur

Soll der Wärmetechniker in der Lage sein, Heizungen zu bauen, die eine gleichmäßige Temperaturverteilung in vertikaler wie in horizontaler Richtung eines Gebäudes mit einer Toleranz von  $1^{\circ}\text{C}$  gewährleisten, so muß vom Fensterkonstrukteur eine Erweiterung seiner bisherigen Garantieverpflichtung verlangt werden. Diese müßte ungefähr folgenden Wortlaut haben:

Der Luftdurchtritt durch die Fugen beweglicher Fensterenteile darf betragen:

Wind	Neuzustand	Alterzungszustand
22 km/h	1,8 m <sup>3</sup> /m/h	3,2 m <sup>3</sup> /m/h
45 km/h	3,4 m <sup>3</sup> /m/h	6,9 m <sup>3</sup> /m/h
55 km/h	5,5 m <sup>3</sup> /m/h	10,5 m <sup>3</sup> /m/h

Diese Forderung ist durchaus keine Utopie, sondern bei entsprechender Sorgfalt der Fugendichtung und geeigneter Verschlußvorrichtung durchaus erreichbar.

Werden die Fensterkonstruktionen nicht entsprechend verbessert, so bleibt für die Beheizung nur noch die kostspielige Kombination zwischen örtlicher Fensterbrüstungs-Heizfläche und Lüftungs- resp. Klimaanlage, als allein allen Anforderungen entsprechend, übrig.

## Zu 3: Fugendichtigkeit des Fenstereinbaues

Das Einfügen der Fensterrahmen in das Bauwerk muß mit besonderer Sorgfalt geschehen. Es ist dabei entscheidend, daß der Rahmen in das Bauwerk so eingesetzt wird, daß die Fuge zwischen Mauerwerk und Fensterrahmen nicht durchgehend glatt ist, sondern mindestens eine Staufläche aufweist. Bei Leichtmetallkonstruktionen ist noch die ebene Wärmedehnung gegenüber dem Mauerkörper, der viel weniger Dehnung aufweist, zu beachten.

Schlecht eingesetzte Fenster ergeben Kältebrücken, verbunden mit Feuchtigkeit auf der Raumseite, oder sogar Frostbildung. Das Mauerwerk um die Einsetzfügen kühlst außerdem stark aus und bildet einen «Kühlkranz» um das Fenster. Also Fenster sorgfältig einbauen und entsprechend isolieren!

## Zu 4: Kältebrücken

Bei Schiebefenstern sind die seitlichen Gegengewichtskasten besonders sorgfältig zu isolieren. Sie bilden gefährliche Kältebrücken, die feuchte Umrandungen, ja sogar Frostflächen im Inneren des Raumes verursachen können. Besonders gefährdet sind die unteren Hohlräume, die innerhalb der Gegengewichtskästen oft Eisbildung aufweisen.

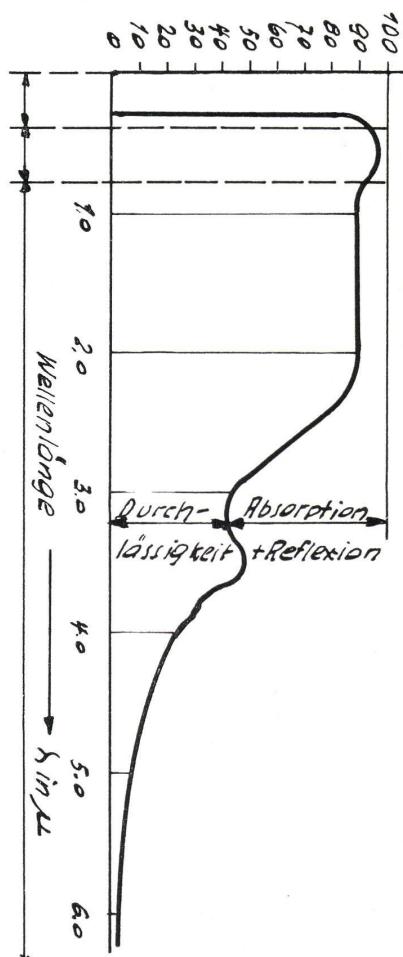
Die Rolladenkästen, ihrer Lage nach wesentlich temperaturgünstiger gelegen, sind gut zu isolieren. Bei allen diesen Kästen ist auch auf eine gute Fugendichtung zu achten.

## Zu 5: Sonnenschutz

Um das künstliche Klima in den Behaglichkeitsgrenzen zu halten, genügt es nicht, im Winter die Raumwärme zu beobachten; es muß auch bedacht werden, im Sommer die Wärmeeinstrahlung durch die Glasflächen technisch richtig einzuschränken.

Die Wärmeaufnahme durch Strahlung bedarf einer genaueren Betrachtung. Die bei uns allgemein verwendeten Kalknatrongläser haben folgende Absorptionseigenschaft:

### Durchlässigkeit in %



Man sieht aus dem Absorptions-Spektrum, daß die Wellenlängen bis  $0,3 \mu$  (ultraviolet, chem. wirksam) zur Gänze absorbiert werden; Wellenlängen von  $0,3\text{--}0,8 \mu$  (sichtbares Gebiet, Lichtstrahlen) kaum feststellbar absorbiert werden; Wellenlängen von  $0,8\text{--}4,0 \mu$  (dunkle oder Wärmestrahlen) bis zu 95% absorbiert werden.

Aus obigem Absorptions-Diagramm erklärt sich die Erscheinung, daß die Licht- und Wärmestrahlungen durch die Fenster fast ohne Widerstand in den Raum eindringen. Durch Auftreffen auf Wände und Möbelwerke werden die in den Sonnenstrahlen enthaltenen elektromagnetischen Schwingungen der Wellenlängen  $0,8 \mu$  bis  $4,0 \mu$  in fühlbare Wärme umgewandelt. Der Austritt dieser umgewandelten Wärmestrahlungen aus dem Raum wird nun aber durch das hohe Absorptionsvermögen der Glasflächen verhindert, so daß praktisch die ganze von außen eingestrahlte Energie als Wärme im Raum zurückgehalten wird.

Wird also angestrebt, daß Rolladen oder Lamellenstoren im Sommer als Schutz gegen Wärmeeinstrahlung wirksam werden, so müssen diese Sonnenschutzvorrichtungen kompromißlos vor die äußere Glasfläche des Fensters verlegt werden. Wird an eine Raumkühlung, eine Klimatisierung gedacht, so ist es noch wichtiger, das Eindringen der Sonnenstrahlen durch geeignete und richtig angebrachte Schutzvorrichtungen zu verhindern.

Es ist nämlich immer erheblich billiger die Wärmeeinstrahlung so weit als möglich zu verhindern, als eingedrungene Energie zu vernichten. Um eine Vorstellung von der Bedeutung der Forderung nach geeignetem und richtig angebrachtem Sonnenschutz zu geben, sei hier die pro Quadratmeter Wandfläche eingestrahlte Wärmemenge am 1. Juli nach Veröffentlichungen von Cammerer und Christian angeführt:

Zeit Uhr	NO	O	SO	Wände gerichtet nach:				Flach-dach
				S	SW	W	NW	
5	270	250	85					40
6	410	440	215					145
7	412	515	320					265
8	325	525	415	60				390
9	205	470	455	180				520
10	55	350	440	275				625
11	190	375	340	105				700
12		260	370	260				725
13		105	340	375	190			700
14			275	440	350	55		625
15				180	455	470	205	520
16				60	415	525	325	390
17					320	515	410	45
18					215	440	410	140
19					85	250	270	130

Mittlerer Wärmeeinfall während der Sonnenbestrahlung

zirka 276 320 297 230 297 362 247 88 402

Wie wir vorher gesehen haben, lassen die Glasflächen die Wärmestrahlungen wohl praktisch ungehindert in den Raum eindringen, verhindern aber, daß diese nach ihrer Umwandlung in fühlbare Wärme aus dem Raum austreten, so daß der im Raum pro Quadratmeter Glasfläche zu erwartende Energiefall aus obiger Tabelle direkt abgelesen werden kann.

Durch gute Rolladen, Lamellenstoren oder andere Schutzmaßnahmen kann, wenn diese Schutzmaßnahmen vor der äußeren Glasfläche angebracht sind, die dem Raum zugeführte Energie im Mittel um 60–70% reduziert werden.

## Folgerungen

Die Wahl der Fensterkonstruktion ist also von entscheidender Bedeutung, nicht nur für die Behaglichkeit im Raum, sondern vor allem für die Anlagekosten und Betriebskosten einer Klimaanlage. Es wird einer sorgfältigen Vergleichsberechnung bedürfen, um zu ermitteln, welcher Mehrpreis für qualifizierte Fensterkonstruktionen sich gegenüber der Senkung von Anlage- und Betriebskosten einer Klimaanlage noch rechtfertigen läßt.

Fällt pro Quadratmeter Glasfläche eine Wärmemenge von 300 kcal/h in den ungeschützten Raum ein, so beträgt diese bei gutem und richtig angebrachtem Sonnenschutz noch  $1/2$  von 300 = 100 kcal/h<sup>2</sup>.

Die Kühlkalorie kostet nach einem Erfahrungswert im Anlagenwert Fr. 1.–. Pro Quadratmeter Glasfläche kann also eine Anlagekosten-Ersparnis durch geeigneten Sonnenschutz auf der Kühlseite von Fr. 200.– erzielt werden.

Diese Zahl enthält nur die Ersparnis auf der Kühlseite der Anlage. Nicht eingerrechnet sind die Ersparnisse an den Ventilatoren und Luftröhren sowie diejenigen an Betriebskosten.

Man sieht also: es kann ein ordentlicher Betrag für gute Fensterkonstruktionen aufgewendet werden, der dafür an Anlagekosten der Klimaanlage wieder eingespart wird. Neue Glaslegierungen, die die beschriebene Absorptionsfähigkeit für Wärmestrahlungen in weit geringerem Ausmaß aufweisen, sind schon aus amerikanischen Veröffentlichungen bekannt geworden. Derzeit sind sie aber noch preislich undiskutabel.

## Blick auf die Praxis

Es seien hier einige mir in letzter Zeit bekannt gewordene Neukonstruktionen, die die im Vorgesagten behandelten Punkte weitgehend berücksichtigen, zur Diskussion gestellt.

Ich unterscheide dabei:

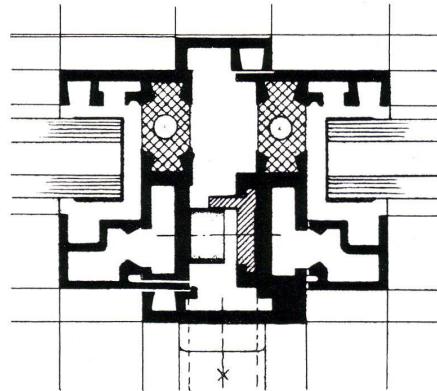
1. Reine Metallfenster;
2. metallverkleidete Holzfenster;
3. Holzfenster mit äußerem unabhängigen Metallrahmen.

Die Verwendung von Leichtmetall- (Anticorodal) Fenstern, mindestens für die den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzten Außenflächen, drängt sich immer mehr auf. Die ausgezeichnete Qualität des zur Verfügung stehenden Leichtmetallmaterials, vor allem seine Beständigkeit gegen atmosphärische Einflüsse und damit verbunden das Wegfallen von Zerstörungen durch Feuchtigkeit sowie der regelmäßige wiederkehrenden Ausläufen für Oberflächenschutz, empfiehlt dieses Material besonders. Die Schwierigkeiten in der Verwendung dieses Leichtmetalls haben bis heute darin bestanden, daß die hohe Wärmeleitzahl desselben die Fensterkonstruktionen empfindlich gegen Schweißwasserbildung, ja sogar Reibbil-

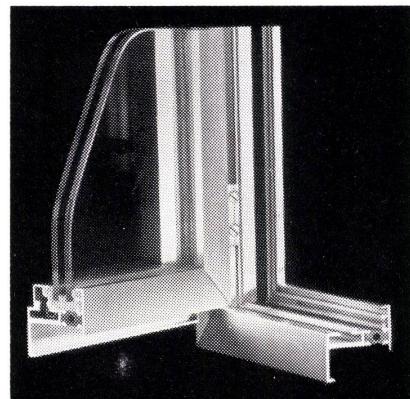
dung auf der beheizten Raumseite gemacht hat. Dies war besonders stark feststellbar bei klimatisierten, also mit künstlichen Befeuchtungsanlagen versehenen Räumen. Ebenso waren solche Fensterkonstruktionen nicht geeignet in Räumen mit reiner Deckenstrahlungshitzung ohne Fensterbrüstungsheizung.

## 1. Das reine Leichtmetallfenster

Die Aluminiumindustrie AG., Chippis, hat vor kurzem ein isolierendes Anticorodal-Profil für Fensterkonstruktionen entwickelt, das dem Überstand der Wärmebrücke und der damit verbundenen Kondens- resp. Frostbildung zuverlässig abhilft. Diese Neukonstruktion vermeidet durch Zwischenschaltung eines Kunststoffkörpers zwischen Außen- und Innenrahmen die Bildung der gefürchteten Kältebrücke.



Schnitt durch das Alag-Profil (Aluminium-Industrie AG., Chippis).



Schnitt durch einen Fensterflügel mit Alag-Rahmenprofil (Aluminium-Industrie AG., Chippis).

Mit diesem Profil ist zweifellos ein bedeutender Schritt vorwärts getan, der die Verwendung reiner Leichtmetallfenster wesentlich erleichtern wird.

Im Profil sind noch schwalbenschwanzförmige Nuten vorgesehen, die den Einbau plastischer zusätzlicher Dichtungen erlauben. Durch die Unterbrechung des Profiles mit der Isolierung wird die zweifarbig Eloxierung wesentlich erleichtert. Durch die kürzliche Erweiterung der Alag-Profilserie können nun Fensterrahmen für verschiedene Verbundglasdicken hergestellt werden.

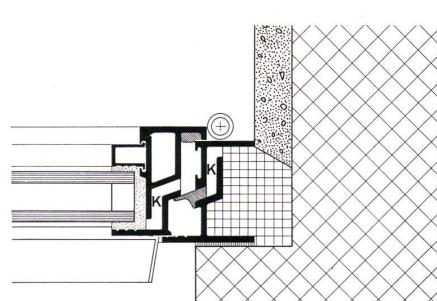
Eine interessante, in dieses Gebiet fallende patentierte Konstruktion stammt von der Firma Metallbau Koller AG., Basel.

Außen- und Innen-Teil des Fensterrahmens sowie des Fensterflügels sind durch Kunststoff-Körper K von je circa 10 cm Breite voneinander getrennt.

Größte Sorgfalt ist bei dieser Konstruktion der Fugendichtung gewidmet worden.

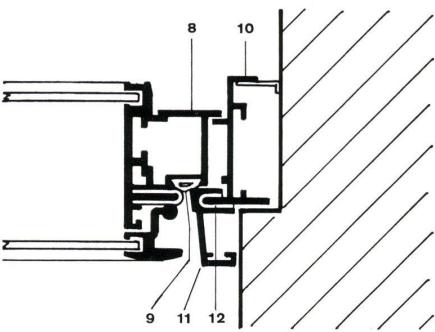
Diese Konstruktion erfüllt wärmetechnisch alle Forderungen, die ich im vorhergehenden formuliert habe.

Die Konstruktion weist aber darüber hinaus noch auf Wege, die zur »schallisoliierenden« Fenster-Konstruktion führt. Die Glassstärken können zudem beliebig gewählt werden, ohne daß die Konstruktion ihre verbindungsfreie Stabilität einbüßt.



Pat. Isolierfenster der Metallbau Koller AG., Basel

Eine dritte Konstruktion mit «Isolier-Profil», entwickelt aus einer schwedischen Konstruktion, ist das «Elumin» Schwingflügelfenster. Das innere Flügelprofil (1) und das äußere Flügelprofil (2) sind durch die dazwischengeschaltete Dichtung (12) getrennt. Ebenso das äußere Rahmenprofil (11) mit dem inneren Rahmenprofil (10). Der Fugendichtung (9) ist besondere Beachtung geschenkt. Wichtig, wie bei allen Schwingflügelfenstern, ist der Verschluß. Er muß sowohl unten als auch oben, besonders aber oben, das Fenster gegen den Rahmen pressen.



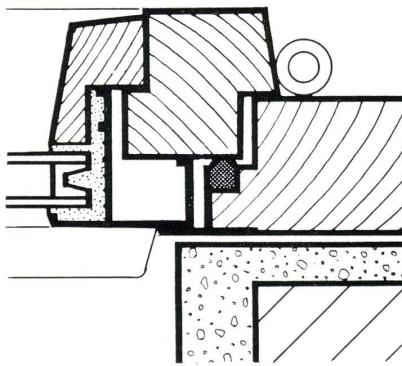
#### Das Fenster aus Bronze

Eine in der wärmetechnischen Qualifizierung ganz ausgezeichnete Fensterkonstruktion ist einer anderen Metallfirma, der Metallverband AG, Bern, zu verdanken. Die einzige bei uns übliche Konstruktionsform, die die Qualitätskennzahl 1,5 nach der Einstufung von Cammerer erreichen könnte. Alle anderen landläufigen Konstruktionen haben Qualitätskennzahlen von 4,0 bis 4,5. Der verwindungssteife Bronzerahmen erlaubt es, ausgezeichnete Fugendichtungen anzubringen. Die in der folgenden Abbildung herausgegriffenen Konstruktionen stellen zwei Ausführungsarten der Bronzenfenster dar. Vom Standpunkt der Wärmetechnik sind an dieser Konstruktionsform noch einige «Entwicklungswünsche» zur Geltung zu bringen. Diese lauten: Isolation zwischen den Profilstäben, die mit der Außenluft in Verbindung sind, und denjenigen, die mit der Innenluft in Kontakt sind. Damit verschwinden die Kältebrücken und die Schwitzwasser- resp. Frostbildungen an der Rahmeninnenseite. Erhöhen der Zahl der Staufflächen in der Fuge S<sub>1</sub> nach S<sub>2</sub>, um möglichst Winddichte zu erzielen. Bei der soliden Ausführung kann leicht eine Kunststoffdichtung angebracht werden, die eine ausgezeichnete Fugendichtung mitbringen würde.

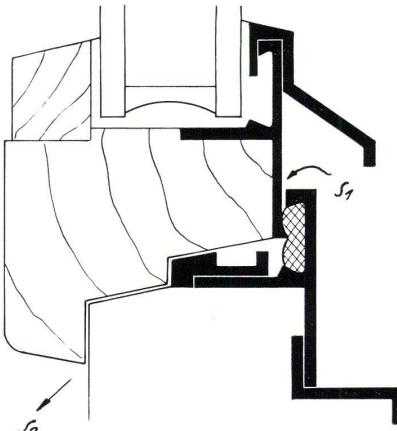
Diese Bronzenfenster haben den wesentlichen Vorteil, dank ihrer Profilbildung und statischen Steifigkeit als Glasträger zu wirken und nicht wie so viele Leichtmetallprofile durch die Verglasung getragen zu werden.

#### 2. Das metallverkleidete Holzfenster

Bei dieser sogenannten HoMeKo-Konstruktion wird nach innen der gewohnte Holzrahmen beibehalten, der als tragendes Element für die Verglasung dient. Das Verbundglas übernimmt also keine Trag- und Versteifungsfunktion wie dies fälschlicherweise bei vielen reinen Metallkonstruktionen gemacht wird. Die Außenseite aus Leichtmetall ist als Verkleidung auf das Holz aufgebracht. Besondere Sorgfalt ist bei dieser Konstruktion auf eine gute Fugendichtung durch Schaffung einer genügenden Zahl von Staufflächen und durch Einbau einer geeigneten Kunststoffdichtung gewendet worden. Hier ist dem schwächeren Teil der Fensterkonstruktion, der Fugendichtung, weitgehend Beachtung geschenkt, und es ist zu hoffen, daß die Metallverkleidung auf Holz sich im Laufe der Jahre bewahren wird.

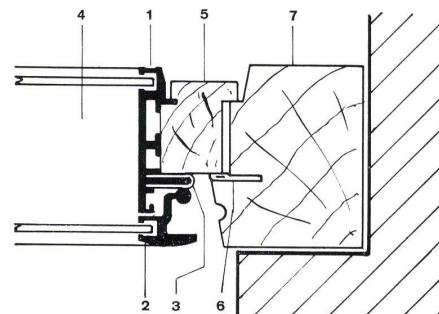


Einfachfenster mit Verbundglas (Hans Schmidlin, Aesch)



Schnitt durch den Wetterschenkel (Holzmetallfenster AG, Basel, System HoMe-Ko)

Auch die vorerwähnten Elumin Schwingflügelfenster sind in einer Metall-Holz-Kombination erhältlich. Das innere Tragprofil (7) ist aus Holz. Das äußere Profil (1 und 2) ist aus Leichtmetall. Der Leichtmetall-Rahmen ist isolierend unterbrochen (3), so daß keine Kältebrücke entsteht. Der Fugendichtung dient die Kunststoffdichtung (6). Diese Holz-Metall-Kombination zeigt auch im Rauminneren einen Leichtmetall-Profil-Rahmen.

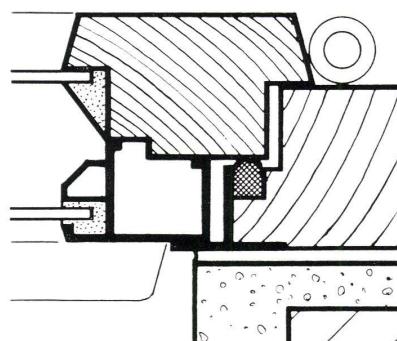


#### 3. Das kombinierte Metall-Holz-Fenster

Diese sogenannte M-H-Fensterkonstruktion weist (wie die unter 2 erwähnte) praktisch auf der ganzen Außenseite ein Leichtmetall- und auf der Innenseite ein Holzfenster auf.

Die resultierenden Vorteile aus dem Metallfenster gegen außen und dem Holzfenster gegen innen ergeben ein erstklassiges Fenster.

Die Konstruktion zeigt eine saubere Trennung der beiden Baustoffe Metall und Holz, indem der Anticorodalrahmen ein Ganzes für sich bildet, das beweglich, also beliebige Wärmedehnungen ermöglicht, auf dem inneren Holzrahmen sitzt, wodurch ein Verziehen von Flügeln usw. verhindert wird. Der Holzrahmen ist auch hier Tragelement für die Verglasung, also für Verbundglas richtig konstruiert. Die Schmidlinische Konstruktion erreicht vor allem, daß Wärmedehnungen des einen Materials nicht schädigend auf die des anderen Materials wirken, ist doch zu bedenken, daß das Leichtmetall einen sehr großen Dehnungskoeffizienten aufweist, der sich bei falscher Anwendung sehr unangenehm auswirken könnte. Sorgfältig ist auch die Ausbildung der Wetterschenkelpartie sowie sämtlicher Anschlüsse gegen Eindringen von Feuchtigkeit im allgemeinen gelöst.



Doppelt verglastes Fenster mit Reinigungsflügel (Hans Schmidlin, Aesch)

Auch bei dieser Konstruktion ist der Frage der Fugendichtung sorgfältigste Beachtung geschenkt, so daß auch diese Konstruktion, wie das unter 2. erwähnte Ho-Me-Ko-Fenster, in die erste Reihe der wärmetechnisch gut durchgebildeten Fenster gestellt werden darf.

Schnitt durch ein Bronzerahmenfenster, doppelverglast (Metallverband AG, Bern)

Zuletzt sei noch eine Fensterkonstruktion erwähnt, die der Verfasser mit den bearbeitenden Architekten entwickeln durfte.

Es handelt sich um ein klimatisiertes Objekt. Gewünscht wurde ein Fenster mit Schlagflügel. Dieser sollte für den Benutzer nur beschränkt zu öffnen sein.

Die Frage war, wie soll verhindert werden, daß der außen angebrachte Lamellenstoren im Wind störende Geräusche erzeugt.

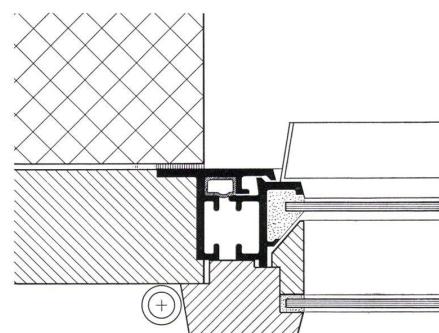
Wie soll der Lamellenstoren vor Verschmutzung geschützt werden?

Die Lösung lautet:

- a. Innenverglasung in Verbundglas, Lamellenstoren von innen bedienbar;
- b. im Luftraum zwischen Innenverglasung und Außenverglasung der Lamellenstoren;
- c. Nach außen einfaches Fensterglas, als Wind- und Witterungsschutz für den Lamellenstoren.

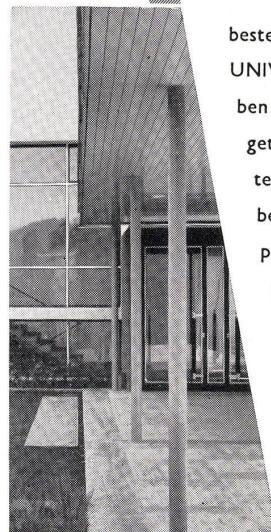
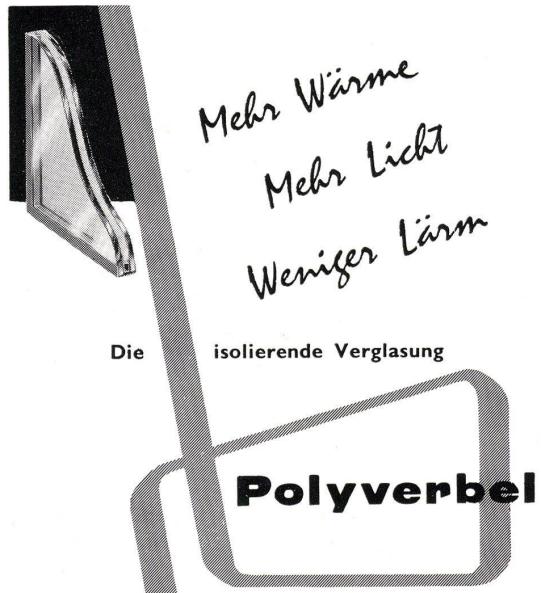
Die Lösung ist wärmetechnisch, wenn der Fugendichtung noch Beachtung geschenkt wird, sehr gut. Die Mehrkosten werden gewiß durch die Einsparung an Anlagekosten der Klimaanlage wieder hereingebracht.

Doppelverglastes Fenster mit Reinigungsflügel vom Jahre 1937 der Metallbau Koller AG., Basel



Endlich sei noch die im Jahre 1937 patentierte Metall-Holz-Kombination der Firma Metallbau Koller AG, Basel, erwähnt.

Diese Konstruktion, damals der Zeit weit vorausseilend, erfüllt alle Bedingungen, die wärmetechnisch an ein Fenster gestellt werden können.



besteht aus zwei oder mehreren UNIVERBEL-Maschinenglasscheiben von vollkommener Klarheit, getrennt durch ein entfeuchtes Luftpolster. Diese Scheiben sind am Rande mit einer patentierten Dichtung hermetisch abgeschlossen. Außerdem wird die Einheit noch von einem Schutzrahmen aus rostfreiem Stahl umfasst, der ihr eine beachtenswerte Widerstandsfähigkeit verleiht.

*Bauen Sie komfortabel!*

*Wählen Sie*

#### EIN UNIVERBEL - PRODUKT

Union des Verreries Mécaniques Belges S.A., 29, Quai de Brabant, Charleroi, Belgien

Generalvertreter für die Schweiz:  
**O. CHARDONNENS**, Genferstrasse 21,  
Zürich 27 - Tel. 051-25.50.46.



#### Die Taubildung an den Fensterflächen

Unter dieser Erscheinung leiden vor allem die Schaufenster. Die Taubildung an den Schaufenstern ist eine Funktion:

- a. der Raumtemperatur;
- b. der relativen Luftfeuchtigkeit im beheizten Raum;

- c. der Außentemperatur;
- d. der der jeweiligen Außentemperatur zugeordneten inneren Oberflächentemperatur des Glasfensters.

Die innere Glastemperatur der Fenster beträgt:

Außentemperaturen °C	Einfachfenster °C	Schau-fenster °C	Thermo-pane °C	Doppel-fenster °C
- 15	- 4,63	- 3,28	+ 9,75	+ 8,70
- 10	- 1,03	+ 0,24	+ 11,45	+ 10,45
- 05	+ 2,57	+ 3,41	+ 13,15	+ 12,40
± 0	+ 6,10	+ 7,20	+ 14,85	+ 13,95
+ 05	+ 9,75	+ 11,00	+ 16,35	+ 15,80
+ 10	+ 13,29	+ 13,50	+ 18,25	+ 17,45

Der Taupunkt liegt bei 760 mm Barometerstand auf

Relative Luftfeuchtigkeit im Raum	15°C	Raumtemperatur 18°C	20°C
+ 40 %	1,5	5,0	6,2
50 %	4,8	7,5	8,8
60 %	7,0	10,5	12,0
70 %	9,0	13,0	14,2
80 %	12,0	15,0	16,5

Daraus ersieht man, daß z. B. bei einer angenommenen

Die Versuchstemperaturen waren

Außentemperatur	-	22,3
Innentemperatur	+	21,1

Das Ergebnis kann kurz wie folgt zusammengefaßt werden:

Die Innenglastemperatur liegt erheblich tiefer als die Temperatur aller übrigen der Raumluft ausgesetzten Oberflächen.

Ausführungen, bei denen die Heizelemente nicht unter den Fenstern angebracht sind, zeigen einen erheblichen Temperaturunterschied in der Innenglastemperatur zwischen oberem und unterem Scheibenrand, der in einem Fall 24°C betrug. Im Mittel lag die Temperatur

Die Folge: Unter der vorerwähnten Voraussetzung werden sich die beiden Verglasungsarten 1 und 2 beschlagen. Dieser Übelstand kann nun durch Anbringen einer Heizfläche, die eine Luftumwälzung erwirkt, behoben werden. Eine ausgezeichnete Lösung dieses Problems zur Taufreihaltung der Schaufenster mit elektrisch beheiztem Stab ist das stark verbreite System «Star Unity».

Die Taubildung bei Verbund- und Doppel Fenstern zwischen den beiden Hohlraumabschließenden Glasflächen ist durch sorgfältige Konstruktion weitgehend zu verhindern.

Man muß bei den Fensterkonstruktionen durch richtige Anlage der Dichtungsflächen verhindern, daß die warme Raumluft in den Luftraum zwischen den Scheiben eindringen kann.

Es ist vorzuziehen, daß Außenluft in diesen Hohlräumen eindringt, die durch Erwärmung an relativer Luftfeuchtigkeit verliert und also kein Kondensat bildet.

am oberen Scheibenrand auf + 1,3°C  
Scheibenmitte auf - 1,0°C  
am unteren Scheibenrand auf - 5,1°C

Dieselbe Erscheinung zeigten auch die Hohlräume für Gegengewichte von Schiebefenstern. Für diese Hohlräume sagt der Versuchsbericht:

«Die Frost- und Eisbildung im Bereich des Umfangs der Fensterflügelgewichte war viel stärker als an irgendeiner der Wände. Sie war bis zu 25 mm stark und zog sich bis auf drei Viertel der Kastenhöhe.»

Deutlich wird also aus diesem Bericht erkennbar, daß bei Schiebefenstern mit Gegengewichten größte Sorgfalt auf die Dichtigkeit und die Isolierung des Gegengewichtskastens gelegt werden muß.

Günstiger, wenn auch immer noch als Kältebrücke wirkend, lagen die Verhältnisse im Rolladenkasten. Bei guter Isolierung desselben lag wenigstens keine Frostbildung vor.

#### Das Verbundglas als ideale Lösung

Die ideale Lösung dieses Problems ist das Verbundglas. Der Hohlraum zwischen zwei dicht verklebten oder sonstwie gedichteten Glasflächen mit 12-18 mm Glasabstand wird mit vorgetrockneter Luft gefüllt und dann verschlossen.

Die vorgetrocknete Luftschicht zwischen den Scheiben hat eine so geringe relative Luftfeuchtigkeit, daß eine Kondensbildung im Hohlräum nach Werkangaben erst zwischen -40° und -60°C eintritt. Wichtig ist aber auch der Temperaturverlauf im Bereich des Fensterrahmens, des Rolladenkastens oder Gegengewichtskastens.

#### Zusammenfassung der Redaktion:

Leichtmetallfenster oder kombinierte Holz/Leichtmetall-Konstruktionen sind wegwesend für die Zukunftsausführungen von wärmetechnisch brauchbaren Fenstern. Dabei müssen alle am Fensterbau Beteiligten, begonnen beim Planen bis zum eigentlichen Konstrukteur sich der durch die verwendeten Materialien gegebenen Beschränkungen klar sein.

Reine Metallfenster in Stahl oder Leichtmetall haben im Industriebau eine außerordentlich weite Verbreitung gefunden. Die neuen Konstruktionen mit Profilunterbrechung haben ihre Zukunftsentwicklung vordringlich für Bürohäuser, Schulhäuser und kommunale Bauten, bei denen auf einen guten Heizeffekt besonderer Wert gelegt wird. Hauptsächlich wird das isolierte Metallfenster in Bauten mit Klimaanlagen die von den Architekten lang gesuchte Lösung bringen. Zietschmann

#### Ein Versuch

In einer äußerst aufschlußreichen Untersuchungsreihe mit einem Versuchshaus, das in einem Kühlraum aufgebaut wurde, haben Rowley, Algreen und Lund diese Fragen sorgfältig geprüft.