

DK 69.028.2:697.132:697.147:628.862.4:536.212:536.245:691.6:551.521.1

Fenster im Winter

Gesichtspunkte zur Bewertung der thermischen Auswirkung großer Fensterflächen auf das Raumklima

Von HELMUT KÜNZEL, Holzkirchen

(Mitteilung aus der Außenstelle Holzkirchen des Instituts für Technische Physik der Fraunhofer-Gesellschaft)

(Eingegangen am 7. August 1969)

Fenster besitzen eine geringere Wärmedämmfähigkeit als übliche Außenwände, für die — abhängig vom Wärmedämmgebiet — gewisse Mindestwerte des Wärmedurchlaßwiderstandes gefordert werden. Daher besteht bei tieferen Außenlufttemperaturen im Winter bei Fenstern eher die Möglichkeit des Auftretens von Tauwasserbildung an der raumseitigen Oberfläche als bei Wänden. Darüber hinaus ist bei größeren Fensterflächen im Winter die Auswirkung auf die raumklimatischen Verhältnisse zu betrachten (gegebenenfalls stärkere Strahlungswärmeabgabe des Menschen an die kalte Glasfläche).

Bei dieser Betrachtungsweise werden zwei Gesichtspunkte nicht berücksichtigt, die im Zusammenhang mit der Beurteilung von Fensterflächen wesentlich sind: Einmal die Tatsache, daß infolge Absorption von direkter und diffuser Sonnen- bzw. Himmelsstrahlung im Glas die Temperatur von Fensterscheiben erhöht wird, zum anderen die Beeinflussung der Scheibentemperatur durch die Art und Anordnung von Heizkörpern in Fensternähe. In der Arbeit werden diese Auswirkungen an Hand von Meßergebnissen diskutiert.

Die Außenwände von Gebäuden müssen wärmeschutztechnisch so bemessen sein, daß auf die Dauer bei durchschnittlichen Raumluftverhältnissen und den zu erwartenden tiefsten, mittleren Außentemperaturen im Winter keine Tauwasserbildung an den Wandoberflächen auftritt. Bei Einhaltung der hierfür erforderlichen Mindestwerte des Wärmedurchlaßwiderstandes, abhängig vom Wärmedämmgebiet (DIN 4108), ist gleichzeitig auch ein in thermischer Hinsicht zuträgliches Raumklima gewährleistet. Bekanntlich ist thermische Behaglichkeit dann als gegeben anzusehen, wenn gewisse Mindest- und Höchstwerte der mittleren Temperatur der Raumumschließungsflächen nicht unter- bzw. überschritten werden. Diese Grenzwerte sind abhängig von der Raumlufttemperatur. Auf Grund neuerer Erkenntnisse ist zusätzlich zu fordern, daß keine allzu großen Temperaturunterschiede zwischen einzelnen Raumboflächen auftreten. Eine Kompensation kalter Oberflächen durch entsprechend höher temperierte Oberflächenpartien ist nicht in beliebigem Maße möglich [3].

Im Unterschied zur Außenwand wird ein Fenster hingegen nur hinsichtlich des Heizwärmebedarfes im Winter entsprechend dem Wärmedurchgang durch die Fensterfläche und dem Luftdurchgang durch die Fensterfugen beurteilt (DIN 4701 [1] und DIN 4108 [2]). Die Auswirkung eines Fensters auf das Raumklima (erniedrigte Oberflächentemperatur im Winter) kann bei Fenstern mit begrenzten Abmessungen außer Betracht bleiben. Anders ist es jedoch, wenn eine Außenwandfläche weitgehend oder ganz aus Glas besteht. Hier ist zu prüfen, inwieweit das Raumklima nachteilig beeinflusst wird. Die wärmeschutztechnischen Anforderungen an übliche Außenwände können von einer „Glaswand“ nicht erfüllt werden¹⁾ und werden auch nicht auf eine solche übertragen.

Es besteht somit offensichtlich eine Lücke in der Bewertung und Einstufung von großen Glasflächen als Außenbauteile von Gebäuden im Vergleich zu den nicht durchsichtigen Außenbauteilen, die in der Norm erfaßt sind. Bei der Beurteilung von großen Glasflächen im Hinblick auf die Verhältnisse im Winter müssen zweifellos die speziellen Eigenschaften des Glases gegenüber

anderen Baustoffen Berücksichtigung finden, nämlich die Strahlungsdurchlässigkeit und die Strahlungsabsorption in der Glasmasse.

Die folgenden Ausführungen sollen einen Beitrag zu dem angeschnittenen Problem liefern.

1. Temperaturverhältnisse und Wärmedurchgang als Folge der Beheizung

Die bei stationärem Wärmedurchgang durch ein Fassadenelement (Wand, Fenster) auftretenden Oberflächentemperaturen können auf Grund des Wärmedurchlaßwiderstandes des Elementes sowie der an den Oberflächen gegebenen Wärmeübergangswiderständen und Temperaturen der angrenzenden Luft berechnet werden. Während der Wärmedurchlaßwiderstand als ein für eine bestimmte Konstruktion kennzeichnender Wert unabhängig von den Umgebungsbedingungen anzusehen ist, können die Wärmeübergangswiderstände und damit der Wärmedurchgangswiderstand von Fall zu Fall verschieden sein. Bei Konstruktionen mit höherer Wärmedämmung fallen Unterschiede in den Übergangswiderständen weniger ins Gewicht, während bei Glasflächen mit geringerer Wärmedämmung — insbesondere bei Einfachfenstern — die Oberflächentemperaturen durch die Übergangswiderstände entscheidend beeinflusst werden können.

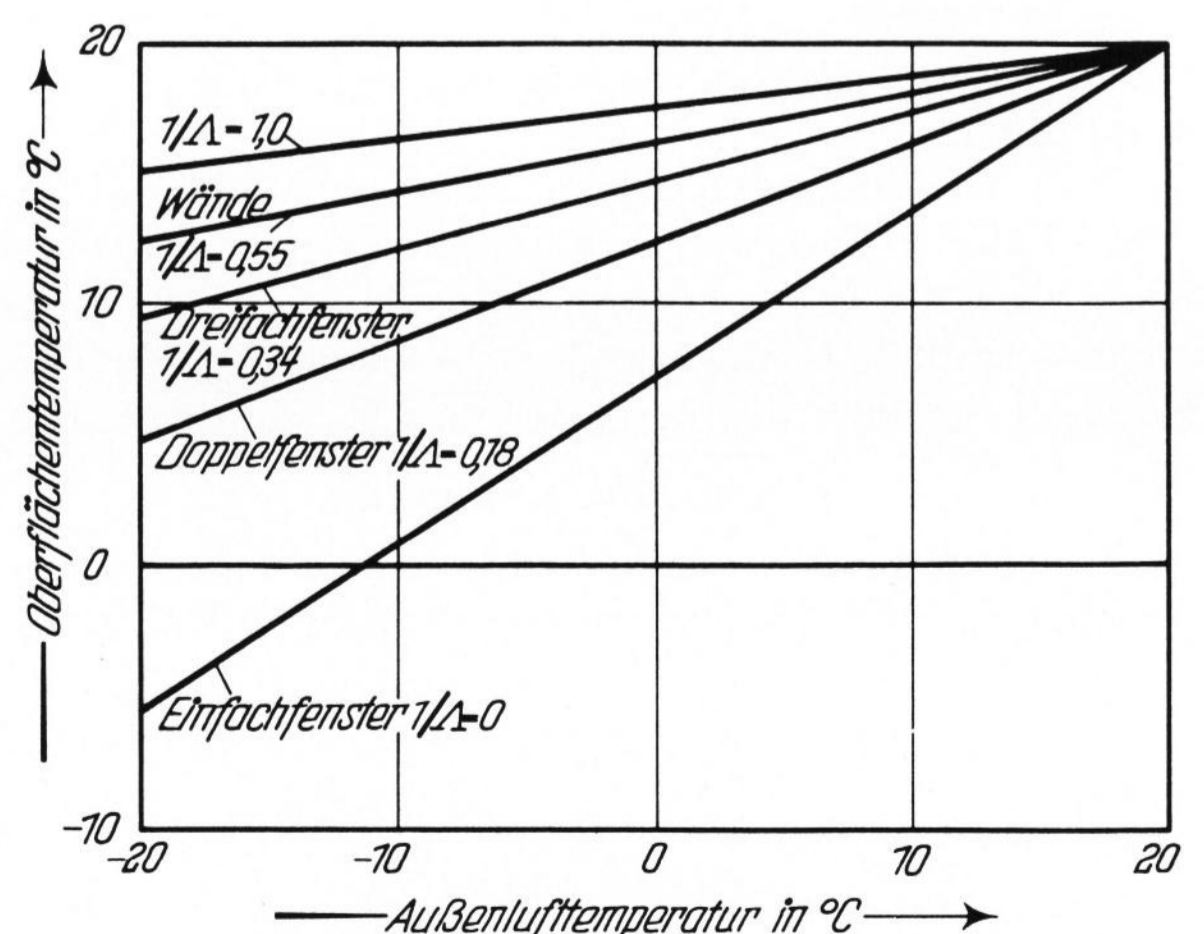


Bild 1. Raumseitige Oberflächentemperaturen von Fenstern und Wänden in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur, berechnet für 20 °C Raumlufttemperatur und Wärmeübergangszahlen $\alpha_i = 7$ und $\alpha_a = 20$ kcal/m² h grd.

¹⁾ Dreifachscheiben mit zwei Luftschichten besitzen einen Wärmedurchlaßwiderstand von etwa 0,34 m² h grd/kcal, Doppelscheiben einen von etwa 0,18 m² h grd/kcal. Der Mindestwärmedämmwert für schwere Wände im mildesten Wärmegebiet beträgt hingegen 0,45 m² h grd/kcal.

Zur Ermittlung der Wärmedurchgangszahlen (k-Werte) rechnet man gemäß DIN 4108 [2] mit folgenden Wärmeübergangszahlen:

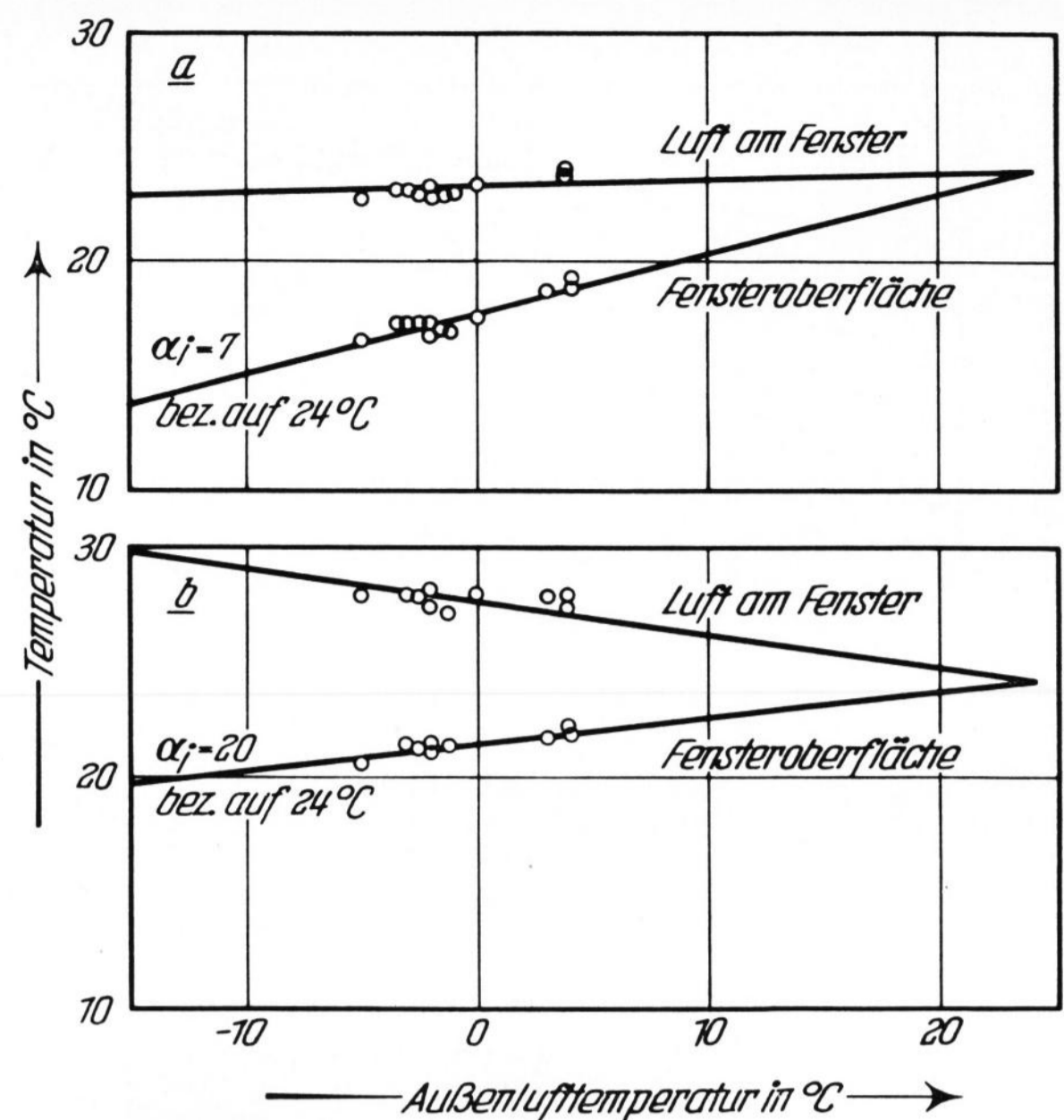
innere Wärmeübergangszahl $\alpha_i = 7 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$,
äußere Wärmeübergangszahl $\alpha_a = 20 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$.

Legt man diese Werte zugrunde, so erhält man rechnerisch für eine Lufttemperatur in Raummitte von 20 °C die in Bild 1 dargestellten Abhängigkeiten der inneren Oberflächentemperaturen von der Außenlufttemperatur, je nach Wärmedämmung des Fassadenelementes. Derartige Diagramme werden häufig für vergleichende Beurteilungen über die Oberflächentemperaturen von Fenstern und Wänden herangezogen mit der Folgerung, daß nur bei Dreifachfenstern einigermaßen vergleichbare Oberflächentemperaturen auftreten wie bei üblichen Wänden, während bei Doppel- und Einfachfenstern z. T. wesentlich niedrigere Oberflächentemperaturen zu erwarten sind. Hierdurch ist eine zeitweilige Feuchtigkeitskondensation an den Fensteroberflächen nicht auszuschließen. Bei größeren Glasflächen kann die erniedrigte Oberflächentemperatur außerdem nachteilige Auswirkungen auf das Raumklima zur Folge haben (erhöhte Abstrahlung des Menschen an die kalten Flächen, „Kaltluftabfall“ in Fensternähe). CAEMMERER [4]²⁾ schließt aus solchen Überlegungen, daß die in Tabelle 1 angegebenen maximalen Fenstergrößen nicht überschritten werden sollen, wenn bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C eine mittlere Temperatur der Raumumschließungsflächen von 14 °C nicht unterschritten werden soll.

Diese Überlegungen sind richtig, sofern die der Rechnung zugrunde gelegten Annahmen mit den praktischen Gegebenheiten übereinstimmen. Dies ist jedoch in folgendem Punkt vielfach nicht der Fall: Bei Fenstern — insbesondere mit größeren Abmessungen — ist es üblich, Heizkörper unterhalb des Fensters anzuordnen. Durch die aufsteigende Warmluft entsteht in Fensternähe eine Luftschicht mit erhöhter Temperatur und damit eine entsprechend erhöhte Temperatur der raumseitigen Fensteroberfläche.

Messungen hierüber wurden in der Versuchsstelle Holzkirchen in einem Versuchsraum mit einer nach Süden orientierten 6,8 m² großen Fensterfläche mit Dreifach-Isolierverglasung ausgeführt. Der Raum wurde mit einem durch Raumluftthermostat gesteuerten Warmwasser-Radiator beheizt. Der Radiator (Höhe 35 cm, Breite 25 cm, Länge 165 cm) war nur auf einer Hälfte der Glasfläche angeordnet; somit konnten die Luft- und Oberflächentemperaturen an der Fensterfläche ohne und mit Radiator vergleichsweise — bei gleichen Außen- und mittleren Raumluftbedingungen — erfaßt werden. Die ohne Sonnenbestrahlung auf die Glasfläche bei Außenlufttemperaturen zwischen -5 und +4 °C und einer Temperatur in Raummitte von 24 °C gewonnenen Ergebnisse sind in Bild 2 dargestellt. Hieraus ist folgendes zu erkennen: Ohne Radiator unterhalb des Fensters sinkt mit abnehmender Außentemperatur die Lufttemperatur in Scheibennähe geringfügig bei konstant bleibender Temperatur in Raummitte. Die Abhängigkeit zwischen der Temperatur der raumseitigen Fensteroberfläche und der Außentemperatur stimmt mit den durch

²⁾ In der zitierten Arbeit sind Druckfehler in den Tabellenwerten enthalten. Nach Mitteilung des Verfassers sind die hier angegebenen Werte richtig.



Bilder 2a und b. Lufttemperaturen in Fensternähe (10 cm von der Oberfläche entfernt) und Temperaturen der raumseitigen Fensteroberfläche in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur auf Grund von Messungen an großflächigen Dreifach-Isolierscheiben,

- a) ohne innenseitigem Radiator,
- b) mit innenseitigem Radiator.

Rechnung zu erwartenden Verhältnissen überein. Eine durch die Meßpunkte gelegte mittlere Gerade entspricht unter Zugrundelegung eines Wärmedurchlaßwiderstandes für die Dreifach-Verglasung von 0,34 m² h grad/kcal und, bezogen auf die Temperatur in Raummitte von 24 °C, einer inneren Wärmeübergangszahl von 7 kcal/m² h grad (Bild 2a). An der Scheibenfläche über dem Radiator nimmt hingegen die Temperatur der angrenzenden Luft mit abnehmender Außentemperatur zu (Bild 2b). Dies ist dadurch bedingt, daß der mittels Thermostat geregelte Heizkörper mit sinkender Außentemperatur zur Deckung des Wärmeverbrauches höhere Mitteltemperaturen annimmt. Infolge der über dem Heizkörper aufsteigenden Warmluft erreicht auch die Scheibenoberfläche höhere Temperaturwerte, als nach der üblichen Rechnung zu erwarten ist. Die über dem Heizkörper aufsteigende, höher temperierte Luft hat zur Folge, daß der Wärmeübergang an die Scheibe erhöht wird. Diesen Sachverhalt kann man auch dadurch beschreiben — um bei der üblichen Betrachtungsweise zu bleiben, die von der Lufttemperatur in Raummitte ausgeht —, daß man eine höhere (fiktive) Wärmeübergangszahl ansetzt. Die bei den beschriebenen Untersuchungen an der Fensterfläche über dem Radiator festgestellten Oberflächentem-

Tabelle 1. Maximale Fenstergrößen nach CAEMMERER [4]

Verglasung	Maximale Fenstergröße in % der Außenwandfläche im Wärmedämmgebiet		
	I	II	III
1fach	20	15	10
2fach	50	35	25
3fach	unbeschränkt		

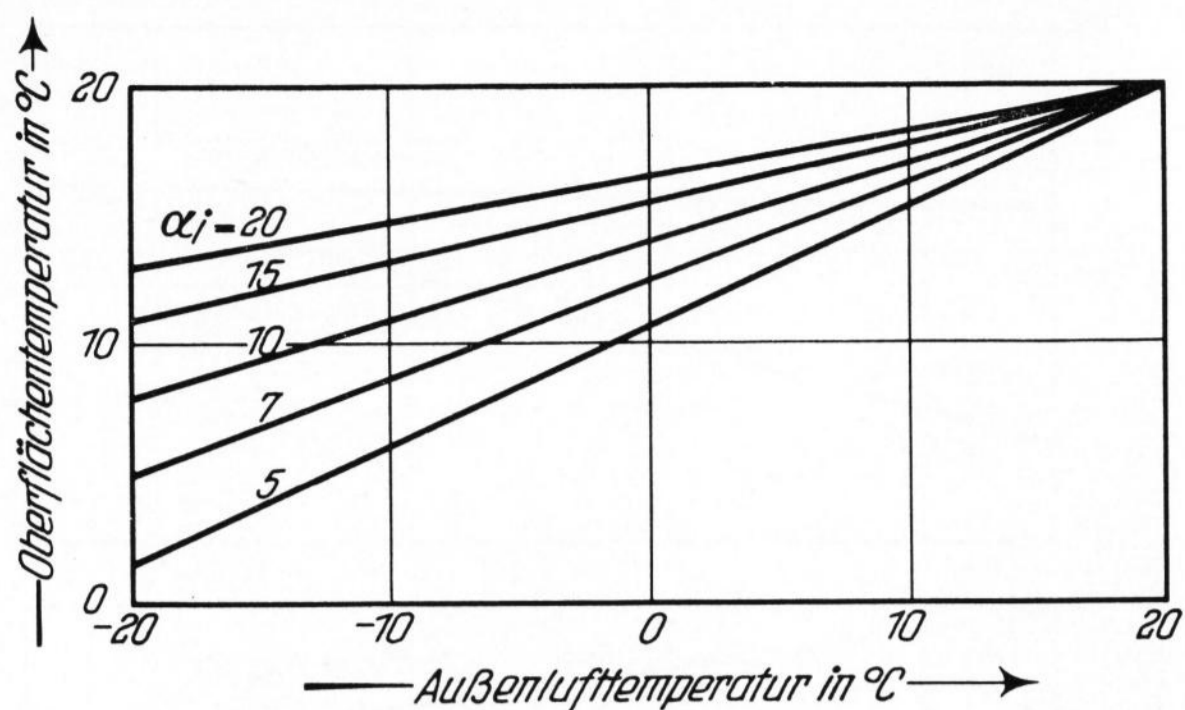


Bild 3. Raumseitige Oberflächentemperatur einer Isolierglas-Doppelscheibe ($1/A = 0,18 \text{ m}^2 \text{ h grad/kcal}$) bei verschiedenen Werten der inneren Wärmeübergangszahl in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur bei einer Lufttemperatur in Raummitte von 20°C .

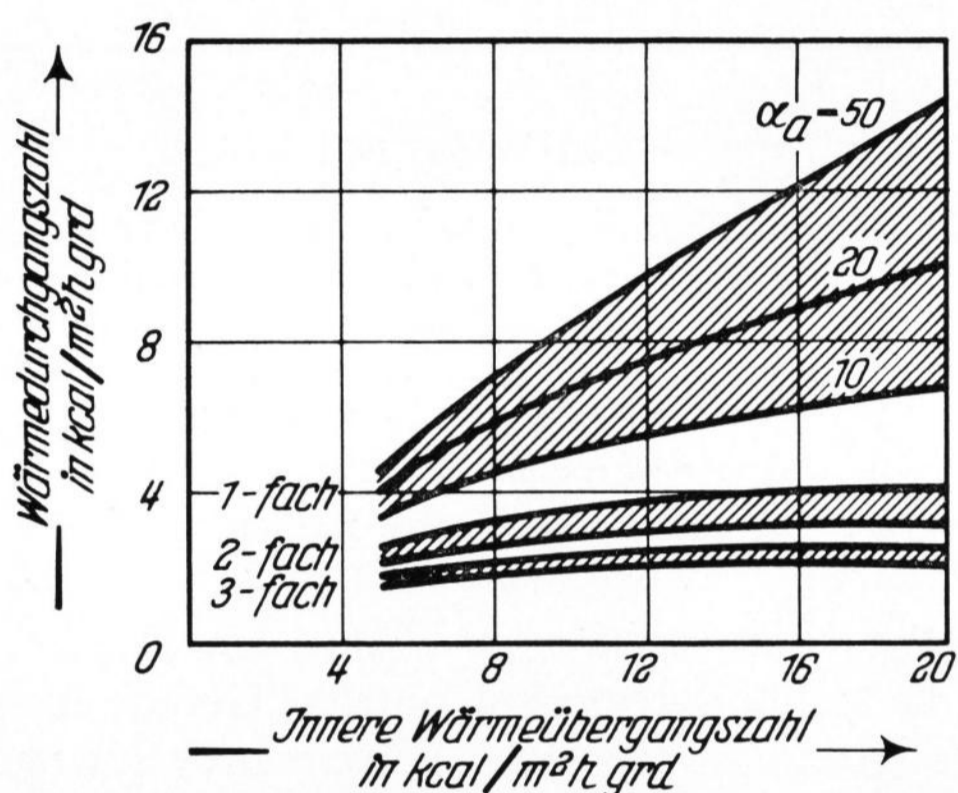


Bild 4. Wärmedurchgangszahlen (k-Werte) von Einfach-, Doppel- und Dreifachfenstern in Abhängigkeit von der inneren Wärmeübergangszahl bei verschiedenen äußeren Wärmeübergangszahlen als Parameter.

Die untere Begrenzung der Bereiche gilt jeweils für eine äußere Wärmeübergangszahl von $10 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$, die obere für $50 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$.

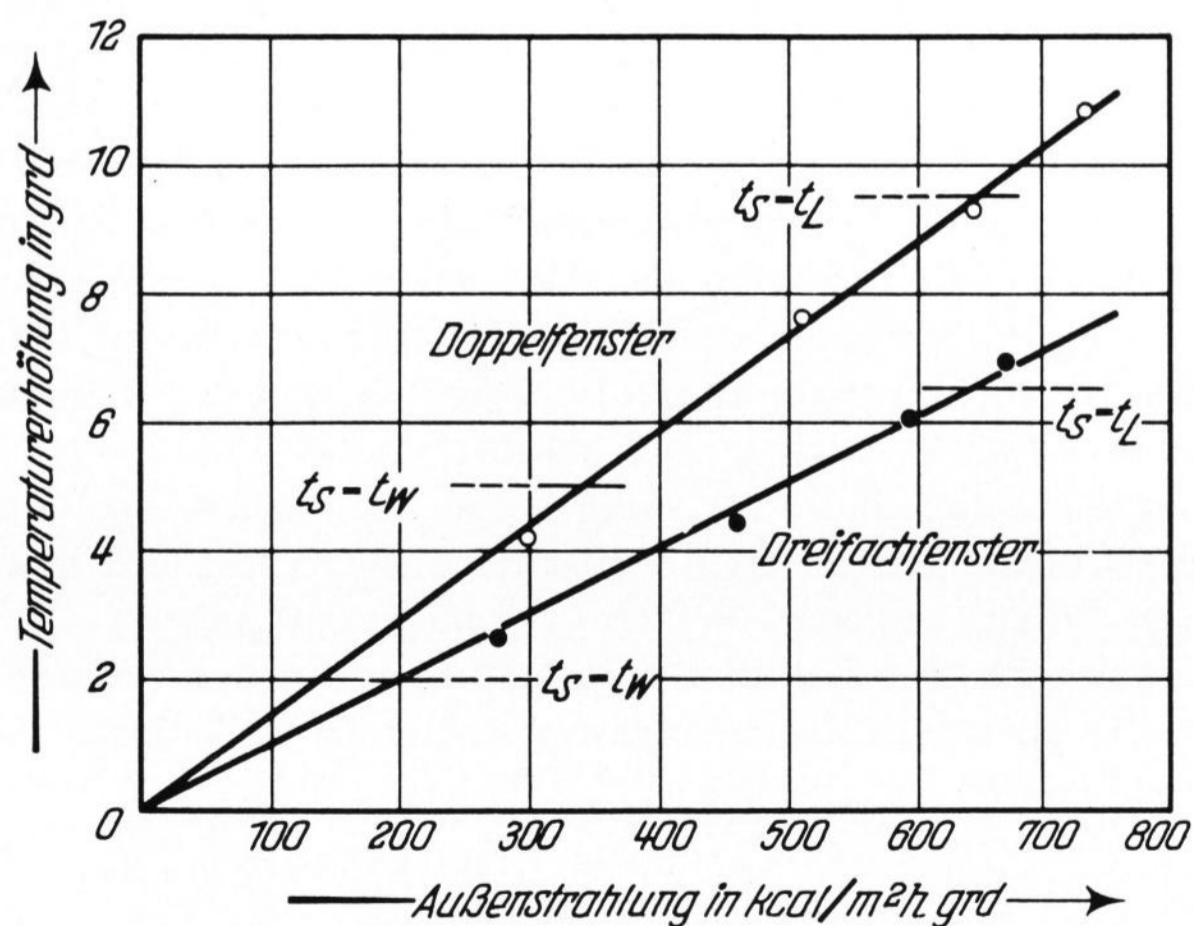


Bild 5. Temperaturerhöhung der raumseitigen Fensteroberfläche infolge von Strahlungsabsorption in Abhängigkeit von der Außenstrahlung auf ein nach Süden orientiertes Doppel- und Dreifachfenster bei Temperaturdifferenzen zwischen Raumluft und Außenluft von etwa 25°C .

t_s = Temperatur der raumseitigen Scheibenfläche,
 t_w = Oberflächentemperatur einer Außenwand mit $1/A = 0,55 \text{ m}^2 \text{ h grad/kcal}$,
 t_L = Raumlufttemperatur.

peraturen entsprechen — bezogen auf die Lufttemperatur in Raummitte von 24°C — einer inneren Wärmeübergangszahl von $20 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$ ³⁾ (Bild 2b).

Nimmt man als unteren Wert der inneren Wärmeübergangszahl an Fensterflächen (ohne Heizkörper) den Wert $5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$ an, so ergibt sich ein sehr breiter Bereich — nämlich zwischen 5 und $20 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$ —, in dem sich die Wärmeübergangszahl je nach den Verhältnissen im Einzelfall bewegen kann. Die hierdurch möglichen Unterschiede der raumseitigen Oberflächentemperatur wurden für eine Isolierglas-Doppelscheibe in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur berechnet (Bild 3). Man erkennt, daß bei einer Außenlufttemperatur von -10°C die Scheibenoberflächentemperatur zwischen 6 und 15°C liegen kann, bei einer Lufttemperatur in Raummitte von 20°C .

Zur Beurteilung einer großen Fensterfläche oder einer Glasfassade im Hinblick auf die zu erwartenden raumklimatischen Verhältnisse, die maßgeblich von den raumseitigen Oberflächentemperaturen bestimmt werden, sind somit auf Grund dieser Betrachtungen zwei Werte erforderlich: Einmal der Wärmedurchlaßwiderstand, der als kennzeichnender Wert für die wärmeschutztechnischen Eigenschaften der Fensterkonstruktion anzusehen ist; zum anderen die innere Wärmeübergangszahl, welche nicht von der Fensterkonstruktion, sondern von der Art und Anordnung der Heizkörper abhängt. Zum letztgenannten Punkt sind noch weitere Untersuchungen erforderlich, um eine Abschätzung über die Wärmeübergangsverhältnisse im Einzelfall vornehmen zu können.

In welchen Bereichen der k-Wert (Wärmedurchgangszahl), der bisher fast ausschließlich zur Kennzeichnung eines Fensters herangezogen wurde, abhängig von den Umgebungseinflüssen schwanken kann, ist aus Bild 4 ersichtlich.

2. Temperaturverhältnisse und Wärmedurchgang unter Berücksichtigung der Sonnenbestrahlung

Aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, daß in Räumen mit großen Glasflächen im Winter keine nachteiligen Auswirkungen auf das Raumklima (zu kalte Oberflächen) zu befürchten sind, wenn durch entsprechende Anordnung der Heizkörper ein erhöhter Wärmeübergang an die Fensterfläche gegeben ist. Die gleiche Wirkung — in z. T. erheblich stärkerem Maße — tritt durch die Besonnung eines Fensters auf.

Infolge Absorption der durch ein Fenster hindurchgehenden Strahlung (direkte Sonnen- und diffuse Himmelsstrahlung) erhöht sich die Temperatur des Glases. Nach ersten, orientierenden Untersuchungen an Doppel- und Dreifachscheiben ist die Temperaturerhöhung der raumseitigen Scheibenoberfläche gegenüber der Temperatur, die ohne Strahlungseinwirkung zu erwarten ist, proportional zu der auf die Scheibenaußenfläche auftreffenden Strahlung. Dies ist aus den in Bild 5 dargestellten Ergebnissen zu entnehmen, die bei einer Tempe-

³⁾ Als tatsächliche Wärmeübergangszahlen — bezogen auf die Lufttemperatur in Fensternähe (10 cm entfernt) — wurden folgende Werte rechnerisch ermittelt: Fenster ohne Heizkörper: $\alpha_i = 8,1 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$; Fenster mit Heizkörper: $\alpha_i = 8,6 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$. Dieser Unterschied ist auf die unterschiedliche Luftströmung in beiden Fällen zurückzuführen (nach Messung etwa $0,1$ gegenüber $0,4 \text{ m/s}$).

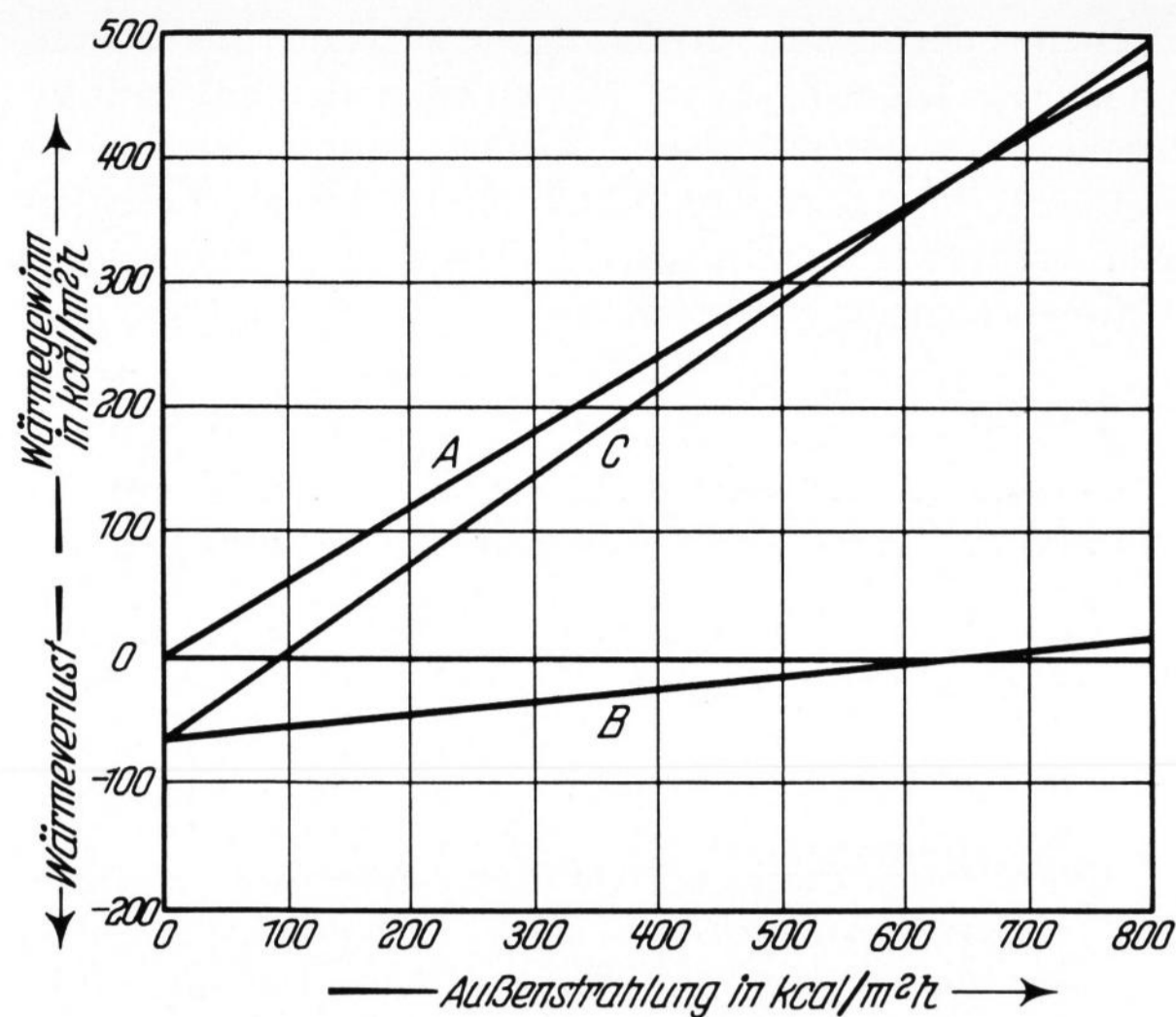


Bild 6. Wärmegewinn und Wärmeverlust und daraus resultierende Bilanz für eine Isolierglas-Doppelscheibe ($k = 2,7 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grd}$) im Winter in Abhängigkeit von der Außenstrahlung auf die Scheibenfläche, gültig für eine Temperaturdifferenz von 25 grd zwischen Raumluft und Außenluft.

- A: Strahlungsdurchgang durch die Scheibe in den Raum bei einer mittleren Strahlungsdurchlässigkeit von 60%.
- B: Wärmetransmission durch die Scheibe. Bei einer Außenstrahlung größer als $650 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ ist die Scheibentemperatur höher als die Raumlufttemperatur, so daß eine konvektive Wärmeabgabe von der Scheibe an die Raumluft eintritt.
- C: Addition der Abhängigkeiten A und B. Bei einer Außenstrahlung größer als $100 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ überwiegt der strahlungsbedingte Wärmegewinn durch die Doppelscheibe gegenüber dem Wärmeverlust.

raturdifferenz von etwa 25 grd zwischen Raumluft und Außenluft gewonnen wurden (ohne Heizkörper unterhalb des Fensters). Hiernach tritt bei gleicher Außenstrahlung bei einem Doppelfenster eine größere strahlungsbedingte Temperaturerhöhung auf als bei einem Dreifachfenster. Dies ist verständlich, da bei einem Dreifachfenster infolge der Reflexion an der zusätzlich vorgelagerten Scheibe die durch die innerste Scheibe dringende Strahlungsintensität reduziert wird. In Bild 5 ist noch angegeben, bei welchen Strahlungswerten die Scheibentemperaturen den Oberflächentemperaturen einer für Wärmedämmgebiet II genügenden Außenwand entsprechen ($t_s = t_w$) und bei welchen Strahlungswerten die Scheibentemperaturen gleich der Raumlufttemperatur sind ($t_s = t_L$, vgl. Bild 1). Im letztgenannten Falle tritt kein Wärmeverlust durch das Fenster nach außen auf. Bei höheren Werten der Außenstrahlung ist mit einem Wärmegewinn infolge Wärmeabgabe von der Fensterfläche an die Raumluft zu rechnen.

Die Strahlungsabsorption im Glas und die dadurch bedingte Temperaturerhöhung, die schon bei kleinen Strahlungsintensitäten merklich ist, ist insbesondere in raumklimatischer Hinsicht bedeutsam. In heiztechnischer Hinsicht (Heizwärmeverbrauch des Raumes) kommt der unmittelbar durch das Fenster hindurchdringenden Strahlung ein weit größerer Einfluß zu. Dies geht aus Bild 6 hervor, in dem Wärmegewinn und Wärmeverlust durch eine Isolierglas-Doppelscheibe in Abhängigkeit von der Außenstrahlung einander gegenübergestellt sind. Man erkennt, daß sich unter den angenommenen Bedingungen bei einer Außenstrahlung von $100 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ Wärmeverlust und Wärmegewinn durch das Fenster die Waage halten. Bei Werten der Außenstrahlung über $650 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ addieren sich die Wärmegewinne infolge unmittelbarer

Durchstrahlung durch das Fenster und infolge konvektiven Wärmeaustausches an der Fensterfläche.

Eine Bewertung dieser physikalischen Zusammenhänge im Hinblick auf die Auswirkungen in der Praxis, erfordert Angaben über die Häufigkeit des Auftretens bestimmter Strahlungsintensitäten auf vertikale Flächen, abhängig von der Jahreszeit und der Wandorientierung. Derartige statistische Unterlagen liegen derzeit leider noch nicht vor. Die in Tabelle 2 angegebenen Werte über Strahlungsintensitäten auf verschieden orientierte Wandflächen, ermittelt an wolkenlosen Tagen in der Freilandversuchsstelle Holzkirchen, können jedoch einen gewissen Hinweis liefern.

Hieraus ist ersichtlich, daß an wolkenlosen Tagen im Winter selbst bei nach Norden orientierten Doppelfenstern vorübergehend — während der Tagesstunden intensivster Strahlung (diffus) — ein Wärmegewinn möglich ist. Im Mittel wird jedoch bei dieser Orientierung der Wärmeverlust überwiegen. Bei den übrigen Orientierungen ist auch bei teilweise bewölktem oder dunstigem Himmel mit Strahlungsverhältnissen zu rechnen, die eine positive und in Betracht zu ziehende Wirkung auf die raumseitigen Oberflächentemperaturen von doppelt und dreifach verglasten Flächen erwarten lassen.

Hinsichtlich des Wärmegewinnes durch unmittelbare Sonneneinstrahlung in den Raum ist noch folgendes zu bedenken: Die Abhängigkeit C in Bild 6 gibt den maximal möglichen, strahlungsbedingten Wärmegewinn an, der in der Praxis nicht voll genutzt werden kann. Für eine volle Nutzung wäre eine trägheitsfreie Heizung erforderlich, die entsprechend der zeitlich oft rasch veränderlichen Wärmezufuhr von außen geregelt werden müßte. Außerdem kann — abhängig von der Bauart und der Fenstergröße — der strahlungsbedingte Wärmegewinn oft größer sein als der Wärmebedarf des Raumes, so daß durch Lüftung überschüssige Wärme abgeführt werden muß. In Extremfällen können auch im Winter bei großen Fensterflächen spezielle Sonnenschutzmaßnahmen oder eine Kühlung des Raumes notwendig sein.

Trotz einer nur teilweisen Nutzungsmöglichkeit der Sonnenwärme ist jedoch insgesamt — während einer Winterperiode — durch Zweifach- und Dreifachfenster mit einem Wärmegewinn zu rechnen, wie durch Untersuchungsergebnisse belegt ist [5]. Ein Wärmegewinn tritt bei Ost- und Westfassaden vor allem in den Übergangsmonaten auf, während er bei nach Süden orientierten Flächen auch im Hochwinter zu erwarten ist.

3. Zusammenfassung und Folgerungen

Die Entwicklung vom Glasfenster mit begrenzten Abmessungen zur Glasfassade wirft Probleme hinsichtlich der wärmeschutztechnischen und raumklimatischen Bewertung auf. Während das herkömmliche Fenster nur im Hinblick auf den Heizwärmebedarf im Winter beurteilt wird, ist bei größeren Glasflächen zusätzlich die

Tabelle 2. Maximale Strahlungsintensitäten an wolkenlosen Tagen im Dezember und Januar, gemessen in Holzkirchen

Wandorientierung	Maximale Strahlungsintensität in $\text{kcal/m}^2 \text{ h}$
Süd	800
West/Ost	450
Nord	150

Auswirkung auf die raumklimatischen Verhältnisse zu berücksichtigen. Bei Überlegungen zu dieser Frage müssen die speziellen Eigenschaften des Glases, nämlich die Durchlässigkeit und Absorption für direkte und diffuse Außenstrahlung, mit in Betracht gezogen werden.

Berechnet man — wie bei nicht durchsichtigen Außenwänden üblich — die raumseitigen Oberflächentemperaturen von Glasflächen auf Grund deren Wärmedämmung und den Lufttemperaturen auf beiden Seiten, so kommt man zu dem Schluß, daß Glasflächen unter winterlichen Bedingungen niedrigere Oberflächentemperaturen aufweisen als übliche Außenwände, die wärmeschutztechnisch normgerecht dimensioniert sind. Hierdurch können bei Überschreiten bestimmter Fensterflächenanteile in der Fassade — abhängig von der Art der Verglasung (1fach, 2fach) — die anerkannten Kriterien für die thermische Behaglichkeit in Räumen nicht mehr erfüllt sein.

Die rechnerisch in der angegebenen Weise ermittelten Oberflächentemperaturen treffen jedoch nur dann zu, wenn keine atmosphärische Strahlung gegeben ist. Durch Strahlungsabsorption im Glas erhöht sich die Temperatur der raumseitigen Fensteroberfläche in einer die raumklimatischen Verhältnisse im Winter günstig beeinflussenden Weise.

Um auch bei fehlender Strahlung — in der Nacht oder an stark bewölkten Tagen — zu niedrige Oberflächentemperaturen zu vermeiden, ist eine entsprechende Anordnung oder Art der Beheizung zweckmäßig, z. B. durch Radiatoren unterhalb der Fenster-

flächen oder durch Strahlungsheizflächen in Fensternähe. Die Eignung bzw. Auswirkung der Beheizungsart für den vorgesehenen Zweck könnte durch eine fiktive (erhöhte) innere Wärmeübergangszahl beschrieben werden. Hierzu wären jedoch weitere, systematische Untersuchungen erforderlich.

Auf Grund dieser Überlegungen erscheint folgende Regelung für eine Beurteilung von Glasflächen als Außenflächen bewohnter Räume im Hinblick auf die raumklimatischen Verhältnisse im Winter angemessen:

Bis zu einem gewissen Flächenanteil, bezogen auf die Außenwandfläche eines Raumes, sind Fenster ohne weiteres zulässig. (Im Prinzip Vorschlag CAEMMERER evtl. mit geänderten Zahlenwerten auf Grund anderer Überlegungen.)

Größere Flächenanteile sind unbegrenzt zulässig, wenn gleichzeitig gewisse — im einzelnen noch festzulegende — Forderungen hinsichtlich der Art und Anordnung der Heizung eingehalten werden.

Mit dieser „heiztechnischen Kompensation“ zur Erzielung thermischer Behaglichkeit in Räumen mit großen Glasflächen ist ein erhöhter Wärmeverlust nach außen verbunden, wenn keine atmosphärische Strahlung gegeben ist. Im Mittel über eine Heizperiode wird jedoch dieser Nachteil infolge der Strahlungsabsorption und -durchlässigkeit des Glases vermindert bzw. aufgehoben. Darüber hinaus ist — abhängig von der Flächenorientierung und Verglasungsart — eine Heizersparnis zu erzielen, wenn die Heizanlage entsprechend regelfähig ist.

4. Literatur

- [1] O. Verf.: Normblatt DIN 4701: Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs an Gebäuden. Berlin und Köln: Beuth-Vertr. 1959. [Ref. Glastechn. Ber. 33 (1960) S. 63.]
- [2] O. Verf.: Normblatt DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau. Berlin und Köln: Beuth-Vertr. 1960.
- [3] FRANK, W.: Zum gegenwärtigen Stand der raumklimatischen Forschung. Ges.-Ing. 90 (1969) S. 40–46.
- [4] CAEMMERER, W.: Das Fenster als wärmeschutztechnisches Bauelement. Heizung, Lüftung, Haustechn. 17 (1966) S. 140–148. [Ref. Glastechn. Ber. 40 (1967) S. 244.]
- [5] FRANK, W.: Wärmeverbrauch und Gradtagzahlen besonnener Räume in Abhängigkeit von Fensterrichtung und Fenstergröße. Heizung, Lüftung, Haustechn. 12 (1961) S. 9–14. (50433)

DK 666.1.031.3(091):800.935:666.1(091):62(091):92 Jacobsson

Beschreibung von Glasöfen in „J. K. G. Jacobssons Technologischem Wörterbuch“ 1781-1795

VON GÜNTHER STEIN, Frankfurt (Main)

(Mitteilung aus der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, Frankfurt (Main))

(Eingegangen am 22. Juli 1969)

Das Wörterbuch JACOBSSONS ist das erste technologische Wörterbuch. Es erschien in acht Bänden und umfaßt die gesamte Technik des 18. Jahrhunderts, darunter auch das Glasgebiet. Diese zeitgenössische Quelle ist bisher von der Forschung der Glasgeschichte offenbar nicht genutzt worden.

Um den geistigen Hintergrund zu beleuchten, aus dem dieses Werk entstanden ist, wird die Situation der Zeit, insbesondere aber die Entstehung des Begriffs und des Sachgebiets „Technologie“ in der zweiten Hälfte des 18. Jh. skizziert. Die Technologie wollte vor allem die Nichttechniker, im Zeitalter des Merkantilismus die höheren Staatsbeamten (Kameralisten), die im Rahmen der staatlichen Autarkiebestrebungen auch wirtschaftliche und wirtschaftsfördernde Entscheidungen zu treffen hatten, mit der Technik vertraut machen. In diesen Zusammenhang gehört JACOBSSONS technologisches Wörterbuch.

Aus den zahlreichen Stichwortartikeln und Stichwortverweisungen werden diejenigen zum Abdruck ausgewählt, die sich auf Glasöfen beziehen. Dadurch soll beispielhaft verdeutlicht werden, welche Art Informationen aus dem Lexikon erwartet werden können.

Aus der Zahl von 500 bedeutenden Subskribenten, darunter JOHANN WOLFGANG GOETHE, darf man auf eine breite Streuwirkung, die das Wörterbuch ausgeübt hat, schließen.

Aus der technischen Fachliteratur des 18. Jahrhunderts ist offenbar bisher „JACOBSSONS Technologisches Wörterbuch“, das in den Jahren 1781 bis 1795 heraus-

gegeben wurde, die gesamte Technik der damaligen Zeit berücksichtigt und damit auch das Fachgebiet Glas einbezieht, für die Erforschung der Geschichte der