



Zur Frage der Raumlufttemperatur in nicht klimatisierten Büroräumen – Vergleichsberechnungen*

Ewald Baron, Köln

Anhand einer Fallstudie eines konkreten Projekts wird die Raumlufttemperatur in nicht klimatisierten Büroräumen mit Fensterlüftung während einer Wärmeperiode im Sommer nach der Einschwingzeit bei zwei verschiedenen Sonnenschutzvorrichtungen untersucht und zwar:

- Außenliegender Sonnenschutz mit Klarglas,
- Reflexionsglas in Kombination mit Blendschutz.

Die daraus resultierende Kühllast einschließlich innerer Last wird berechnet sowie die daraus resultierenden bzw. realisierbaren Luftwechselzahlen zur Begrenzung der Raumlufttemperatur auf maximal 26 °C unter Berücksichtigung des Effektes der Nachtlüftung. Untersucht wird die Häufigkeit der Überschreitung der Grenztemperatur von 26 °C in Abhängigkeit von Kühllast und Himmelsrichtung. Aufgezeigt wird die Notwendigkeit der sorgfältigen Betätigung von Sonnenschutz und Fensterlüftung zwecks Begrenzung zu hoher Raumtemperaturen. Verweise werden gegeben auf die DIN 4108 bzw. den dort definierten Gesamt-Energiedurchlaßgrad, ebenso auf die Arbeitsstätten-Richtlinien.

Comparative studies of room temperatures in non-air-conditioned offices

Measurements for a comparative study of room temperatures in non-airconditioned offices with window-ventilation were made during a stable warm period in the summer when (A) an external sun barrier and untinted windowglass were present and (B) when a reflective glass in combination with anti-glare treatment was present. Calculations were made of the resulting cooling loads, inclusive of internal loads, as well as the observed or achievable air exchange rates necessary to limiting room temperature to a maximum of 26 °C, when the offices were aired out during the night. The frequency with which the limit was exceeded was recorded together with relevant data on cooling loads and the compass direction of the building's exposure. Conclusions yielded by the data underscore the importance of sun barrier devices and window ventilation to controlling room temperature. Reference is made to DIN 4108 and to its stipulations on total energy permeability and to relevant environmental guidelines for the workplace.

A propos de la température ambiante dans les bureaux non climatisés – Calculs comparatifs

Les observations qui ont été relevées s'appliquent à la température de l'air ambiant dans des bureaux non climatisés, aérés par les fenêtres, pendant la période chaude en été, après la période transitoire et dans le cadre de deux dispositifs de protection solaire, à savoir:

- une protection solaire extérieure avec verre clair
- un verre réfléchissant associé à un dispositif antiréverbération.

La charge de refroidissement, y compris la charge interne, et les chiffres du changement d'air réalisables qui en résultent sont calculés pour limiter la température de l'air ambiant à 26 °C, valeur maximale, en tenant compte de l'effet du refroidissement nocturne.

On observe, en fonction de la charge de refroidissement et de l'orientation, le nombre de fois où la température limite de 26 °C est dépassée. L'article montre la nécessité de manœuvrer avec précision le dispositif de protection solaire et l'aération par les fenêtres visant à limiter les températures trop élevées. L'article renvoie également à la DIN 4108 concernant le degré total de transmission de l'énergie ainsi qu'aux directives qui doivent être appliquées sur les lieux de travail.

Schlüsselwörter – Keywords

Wärmeperiode Sommer, Einschwingzeit, außenliegender Sonnenschutz, Reflexionsglas mit innenl. Blendschutz, Kühllast, Fensterlüftung, Luftwechselzahlen, Nachtlüftung, Raumtemperatur-Begrenzung auf max. 26 °C, DIN 4108, Arbeitsstätten-Richtlinien.

Warm period in summer, temperature-balancing time, Outside blinds, Reflecting glass with inside blinds, Cooling load, ventilation by windows, air changes, ventilation during night-time, room-temperature limiting up to 26 °C, DIN 4108, Standards for working places.

1. Aufgabenstellung

Im folgenden soll untersucht werden, welche Raumlufttemperatur sich bei einem normalen Büroraum mit Süd-Ausrichtung im Sommer einstellen wird, und zwar für folgende Sonnenschutzarten:

1. Außenliegende Lamellenstores mit Klarglas-Isolierverglasung.
2. Reflexionsglas „Silber 43“.

Zusätzlich soll auch noch die Glasart Reflexionsglas „Silber 43 + Low-E“ untersucht werden.

Die für die Süd-Seite gefundenen Erkenntnisse sollen anschließend auf die Ost- bzw. Westrichtung erweitert werden.

2. Zu erwartende Kühllasten

Für die verschiedenen Sonnenschutzkombinationen wurden für ein hypothetisch angenommenes Raummodul entsprechende Kühllastberechnungen durchgeführt.

Dipl.-Ing. Ewald Baron, BRANDI Ingenieure GmbH, Köln
* Manuskript eingereicht im Mai 1992

Diese Berechnungen resultieren in zwei Ergebnissen:

$Q_k = 320$ W pro Raummodul.

Diese Kühllast gilt für die Sonnenschutzkombinationen:

1. Außenliegende Lamellenstores mit Klarglas-Isolierverglasung und für
2. Reflexionsglas »Silber 43« mit innenliegendem Blendschutz (Rollo, Nesselvorhang o. ä.).

Das zweite Ergebnis lautet:

$Q_k = 380$ W pro Raummodul.

Diese Kühllast tritt auf beim »Silber 43« ohne Blendschutz.

Die zusätzlich untersuchte Kombination Reflexionsglas »Silber 43 + Low-E« unterscheidet sich von der normalen Ausführung »Silber 43« lediglich um 4 % (günstiger).

Damit kann mit ausreichender Näherung davon ausgegangen wer-

den, daß die letztgenannte Glasart keine wesentliche Veränderung der Kühllast nach sich zieht.

Die für Reflexionsglas »Silber 43« gefundenen Kühllastwerte können somit auch auf die Glasart »Silber 43 + Low-E« bezogen werden.

Von erheblich größerem Einfluß ist die Frage, ob der innenliegende Blendschutz betätigt wird oder nicht. Aus diesem Grunde wurde eine zusätzliche Berechnungsreihe durchgeführt, mit der Annahme, daß der Blendschutz nicht herabgelassen wurde.

Die hierzu ermittelte Kühllast beträgt – wie bereits oben erwähnt – 380 W pro untersuchtes Raummodul.

Mit dem Wert von 380 W pro Raummodul ist auch bei der Sonnenschutzkombination »außenliegende Lamellenstores mit Klarglas-Isolierverglasung« zu rechnen, für den Fall, daß zwar noch keine direkte Sonnenstrahlung, aber bereits eine erhebliche Diffusstrahlung vorhanden ist, die bis zu 50 % der Direktstrahlung betragen kann.

Generell wird hier als Lüftung eine handbetätigte Fensterlüftung angenommen, und zwar in Form von Kippen für kleinere Luftwechsel, in Form von Öffnen für größere.

3. Kommentar der Berechnungsergebnisse

Die Abführung der Kühllast soll durch Fensterlüftung erfolgen. Dabei wird stufenweise mit Luftwechselzahlen von 1,5/2,5/3,5 und 5,0 gerechnet; über ein PC-Rechenprogramm wurden die Raumlufttemperaturen ermittelt, die sich bei den verschiedenen Kühllasten bzw. Luftwechselzahlen ergeben.

Kühllast 320 W pro Raummodul

In Bild 1 sind in Abhängigkeit von der Außentemperatur (untere Skala) die Raumlufttemperaturen (linke Skala) bzw. die Luftwechselzahlen (rechte Skala) dargestellt.

Wie bereits erwähnt, gilt die Kühllast von 320 W pro Raummodul für die Sonnenschutzkombinationen »außenliegende Lamellenstores mit Klarglas-Isolierverglasung« und für Reflexionsglas »Silber 43« mit innenliegendem Blendschutz.

Geht man von einer maximal zulässigen Raumlufttemperatur von 27 °C aus, so ergeben sich gemäß den Berechnungen folgende Werte-Trios:

LW = 1,5fach:	$t_a = 10,0 \text{ °C}$	$t_r = 27 \text{ °C}$
LW = 2,5fach:	$t_a = 15,4 \text{ °C}$	$t_r = 27 \text{ °C}$
LW = 3,5fach:	$t_a = 17,7 \text{ °C}$	$t_r = 27 \text{ °C}$
LW = 5,0fach:	$t_a = 20,2 \text{ °C}$	$t_r = 27 \text{ °C}$

Diese Werte dürften in der Praxis ohne größere Probleme mit Zugerscheinungen bei Fensterlüftung zu realisieren sein. Dies setzt allerdings eine möglichst gute Einstellbarkeit/Dosierbarkeit des Luftwechsels voraus (Kippen der oberen Fensterflügel).

Außerdem ist in Bild 1 für niedrige und mittlere Außentemperaturen eine Kurve des erforderlichen Luftwechsels dargestellt, der zur Aufrechterhaltung einer Raumlufttemperatur von 22 °C erforderlich ist. Daraus können folgende Werte-Paare abgelesen werden:

$t_a = -6 \text{ °C}$	$LW_a = 0,4\text{fach}$
$t_a = -4 \text{ °C}$	$LW_a = 0,5\text{fach}$
$t_a = -2 \text{ °C}$	$LW_a = 0,6\text{fach}$
$t_a = \pm 0 \text{ °C}$	$LW_a = 0,75\text{fach}$
$t_a = +2 \text{ °C}$	$LW_a = 0,9\text{fach}$
$t_a = +4 \text{ °C}$	$LW_a = 1,1\text{fach}$

Aus obigen Zahlen wird die Notwendigkeit einer guten Dosierbarkeit des Luftwechsels bei Fensterlüftung nochmals deutlich.

Kühllast 380 W pro Raummodul

Die Berechnungsergebnisse hierzu sind dargestellt in Bild 2. Die entsprechenden Werte-Trios für eine maximale Raumlufttemperatur von 27 °C lauten hier:

LW = 1,5fach:	$t_a = 5,3 \text{ °C}$	$t_r = 27 \text{ °C}$
LW = 2,5fach:	$t_a = 12,3 \text{ °C}$	$t_r = 27 \text{ °C}$
LW = 3,5fach:	$t_a = 16,0 \text{ °C}$	$t_r = 27 \text{ °C}$
LW = 5,0fach:	$t_a = 19,0 \text{ °C}$	$t_r = 27 \text{ °C}$

Hier dürfte es schon kritischer werden: Ein 1,5facher Luftwechsel bei einer Außentemperatur von ca. +5 °C ist wahrscheinlich nur mit Abstrich empfindlichkeit zu realisieren.

Ähnliches gilt für einen 2,5fachen Luftwechsel, der bereits bei einer Außentemperatur von ca. 12 °C erforderlich ist.

Die zur Kühllastdeckung erforderlichen Luftwechselzahlen betragen hier entsprechend:

$t_a = -6 \text{ °C}$	$LW_a = 0,94\text{fach}$
$t_a = -4 \text{ °C}$	$LW_a = 1,0\text{fach}$
$t_a = -2 \text{ °C}$	$LW_a = 1,1\text{fach}$
$t_a = \pm 0 \text{ °C}$	$LW_a = 1,32\text{fach}$
$t_a = +2 \text{ °C}$	$LW_a = 1,52\text{fach}$
$t_a = +4 \text{ °C}$	$LW_a = 1,7\text{fach}$

Bei diesen Werten wird deutlich, welche Bedeutung einer guten Dosierbarkeit der Fensterlüftung zukommt: Bei -6 °C Außentemperatur ist hier bereits ein ca. 1,0facher Luftwechsel zugfrei zu bewerkstelligen.

4. Hinweise zur Höhe der Kühllast

Der Vergleich der Kühllast von 320 mit 380 W pro Raummodul zeigt eine überraschend starke Zunahme der Problematik der Luftwechselzahlen. Dabei sind 380 W pro Raummodul nicht übermäßig hoch gegriffen.

Wenn man bedenkt, daß die außenliegenden Lamellenstores nicht minuziös genau den Erfordernissen entsprechend betätigt werden, muß davon ausgegangen werden, daß dann die Raumlufttemperatur noch weit früher bzw. häufiger überschritten wird.

In diesem Zusammenhang sei auf die Untersuchungen von Künzel u. Frank [1] an Einfamilienhäuser verwiesen. Nach diesen Untersuchungen ergaben sich Betätigungshäufigkeiten von außenliegenden Lamellenstores wie folgt:

- 53 % bei Einfamilienhäusern in Massivbauweise.
- 70 % bei Einfamilienhäusern in Leichtbauweise.

Für Bürobauten muß von noch geringeren Betätigungshäufigkeiten ausgegangen werden, insbesondere bei Gruppenräumen; an Wochenenden und Feiertagen werden die Außenlamellenstores gar nicht betätigt.

Hinzu kommt, daß die in den Kühllastberechnungen unterstellte simultane Umschaltung von »Sonneneinstrahlung« oder »elektrische Beleuchtung« in den meisten Fällen nicht stattfindet. Auch hieraus resultiert ein Anstieg der Raumlufttemperatur, der in den hier durchgeführten Berechnungen nicht berücksichtigt werden konnte.

Es muß folglich den Nutzern vermittelt werden, daß eine nachlässige Betätigung des Blendschutzes und insbesondere der Außenlamellenstores bzw. das nicht oder zu spät erfolgte Ausschalten der Beleuchtung zwangsläufig zu einer zusätzlichen Raumlufttemperaturerhöhung führt.

Als Gegenmaßnahmen kommen hier in Frage:

- a) Automatische Betätigung der Außenlamellenstores. Hier wird jedoch als nachteilig das häufige Auf- und Abfahren der Stores durch die Automatik empfunden.

b) Reflexionsglas „Silber 43“.

Als Nachteil ist hier anzusehen, daß der Haupt-Sonnenschutz permanent vorhanden ist; daher ist zu erwarten, daß der Blendschutz hier meistens zu spät betätigt wird. Außerdem wird hier ein höherer Stromverbrauch durch längere Einschaltzeiten der Beleuchtung auftreten.

Zur Frage der Bauweise, d.h. schwer oder leicht, kann laut Untersuchungen von Holz und Künzel festgestellt werden, daß diese für den Sommer nicht die Bedeutung hat wie ursprünglich vermutet wurde. [2]

Wichtiger ist danach der Einfluß der Lüftung:

Durch Nachtlüftung ergibt sich die Möglichkeit, die maximale Raumlufttemperatur um möglicherweise entscheidende ca. 2,5 °C zu senken.

Zu bedenken ist allerdings, daß obige Feststellungen für Wohnbauten, und nicht für die Bürobauten gelten, weil für Bürobauten kommt die Nachtlüftung zumindest an Wochenenden und Feiertagen nicht realisierbar.

Die Einschwingzeit (d. h. Erreichen der maximalen Raumlufttemperatur während einer Warmwetter-Periode) kann bei ordnungsgemäßer Betätigung von Sonnenschutz und Nachtlüftung fünf bis zehn Tage dauern.

Demgegenüber kann nach einem warmen und sonnenreichen Wochenende ohne Betätigung des Sonnenschutzes und ohne Nachtlüftung dieser Zustand bereits nach zwei Tagen erreicht werden.

5. Verweis auf die DIN 4108 [3]

Das sommerliche Temperaturverhalten von Einzelbüros hängt maßgebend davon ab, wieviel Sonnenstrahlungsenergie durch die Fenster oder andere transparente Außenbauteile in das Büro gelangt. [4]

Aufgrund dieser Erkenntnis sind in der DIN 4108 – Wärmeschutz im Hochbau, Teil 2, Abschnitt 7, Empfehlungen für den Wärmeschutz im Sommer aufgeführt.

Ausgehend von einer schweren Bauweise, ohne erhöhte natürliche Lüftung (d.h. Fenster werden nachts oder in den frühen Morgenstunden nicht geöffnet), wird ein Höchstwert von $(g_F \cdot f)$ von 0,14 gefordert.

Das heißt, bei einem Fensterflächenanteil von z. B. ca. 50 % an der Fassadenfläche darf der Gesamt-Energiedurchlaßgrad des Fensters maximal

$$g_F = \frac{0,14}{0,50} = 0,28$$

betragen.

Das bedeutet für die Praxis, in diesem Fall kämen als Sonnenschutzkombinationen in Frage:

- a) Außenliegende Lamellenstores mit Klarglas-Isolierverglasung oder
- b) Reflexionsglas „Silber 43“ mit gutem Blendschutz, dessen Abminderungsfaktor 0,45 beträgt.

Bei erhöhter natürlicher Belüftung und schwerer Bauart wird bei diesem Beispiel nach DIN 4108 ein Höchstwert von $(g_F \cdot f)$ von 0,25 gefordert.

Bei einem Fensterflächenanteil an der Fassade von z. B. 50 % darf hier der Gesamt-Energiedurchlaßgrad

$$g_F = \frac{0,25}{0,50} = 0,50$$

betragen.

In diesem Falle dürfte Reflexionsglas „Silber 43“ allein bereits ausreichen.

Dazu muß allerdings gesagt werden, daß diese Werte für Gebäude gelten, für welche raumlufttechnische Anlagen nicht erforderlich sind, somit für Gebäude mit Kühllastwerten erheblich unter denen, wie sie hier zugrunde zu legen sind. Insofern sollte auf jeden Fall auch bei Reflexionsglas „Silber 43“ nach wie vor ein Blendschutz mit einem Abminderungsfaktor von 0,45 vorgesehen werden.

6. Verweis auf Arbeitsstätten-Richtlinien [5]

Gemäß Arbeitsstätten-Richtlinien, § 6, Absatz 2.4, sollte die Raumlufttemperatur 26 °C nicht überschreiten. Im zuständigen Kommentar heißt es hierzu:

„... Bei sommerlichen Außentemperaturen, die zu einer Erwärmung der Raumlufttemperatur von mehr als 26 °C führen können, brauchen in der Regel keine Maßnahmen zur Kühlung der Räume ergriffen zu werden.“

Einen Schutz gegen unmittelbare Sonneneinstrahlung und eine dadurch bedingte Erhöhung der Raumlufttemperatur sieht bereits § 5, Absatz 2, der Arbeitsstätten-Verordnung vor.

Die durchgeführten Berechnungen führen hinsichtlich der zu erwartenden Raumlufttemperaturen zu folgenden Ergebnissen:

a) Kühllast $Q_k = 320$ W pro Raummodul – (Bild 1):

Hier wird eine Raumlufttemperatur von 26 °C erreicht bzw. überschritten bei Außentemperaturen von 19,5 °C.

Nach DIN 4710 [6] beträgt die Häufigkeit einer Außentemperatur von 19,5 °C bezogen auf das Tagessegment 6.00–18.00 Uhr für Frankfurt/Main, 908 h/a. Unter Berücksichtigung von Wochenenden und Feiertagen (225 Arbeitstage zu 365 Kalendertage pro Jahr) ergibt sich eine tatsächliche Häufigkeit dieser Außentemperatur von 560 h/a. Das bedeutet, während 21 % der Büro-Arbeitszeit wird die lt. Arbeitsstätten-Richtlinie geforderte maximale Raumlufttemperatur von 26 °C überschritten.

b) Kühllast $Q_k = 380$ W pro Raummodul – (Bild 2):

Hier wird die maximale Raumlufttemperatur von 26 °C bereits bei Außentemperaturen von 18 °C und höher erreicht. Das sind nach DIN 4710 für Frankfurt/Main 1080 h/a bezogen auf das Tagessegment 6.00–18.00 Uhr. Unter Berücksichtigung des Verhältnisses Arbeits- zu Kalendertage sind dies effektiv rd. 665 h/a. Die von den Arbeitsstätten-Richtlinien vorgegebene Raumlufttemperatur von max. 26 °C wird in diesem Falle während ca. 25 % der Büro-Arbeitszeit überschritten.

7. Sonneneinstrahlung auf die einzelnen Himmelsrichtungen

Zum Thema Sonneneinstrahlung auf die verschiedenen Himmelsrichtungen ist folgendes festzustellen:

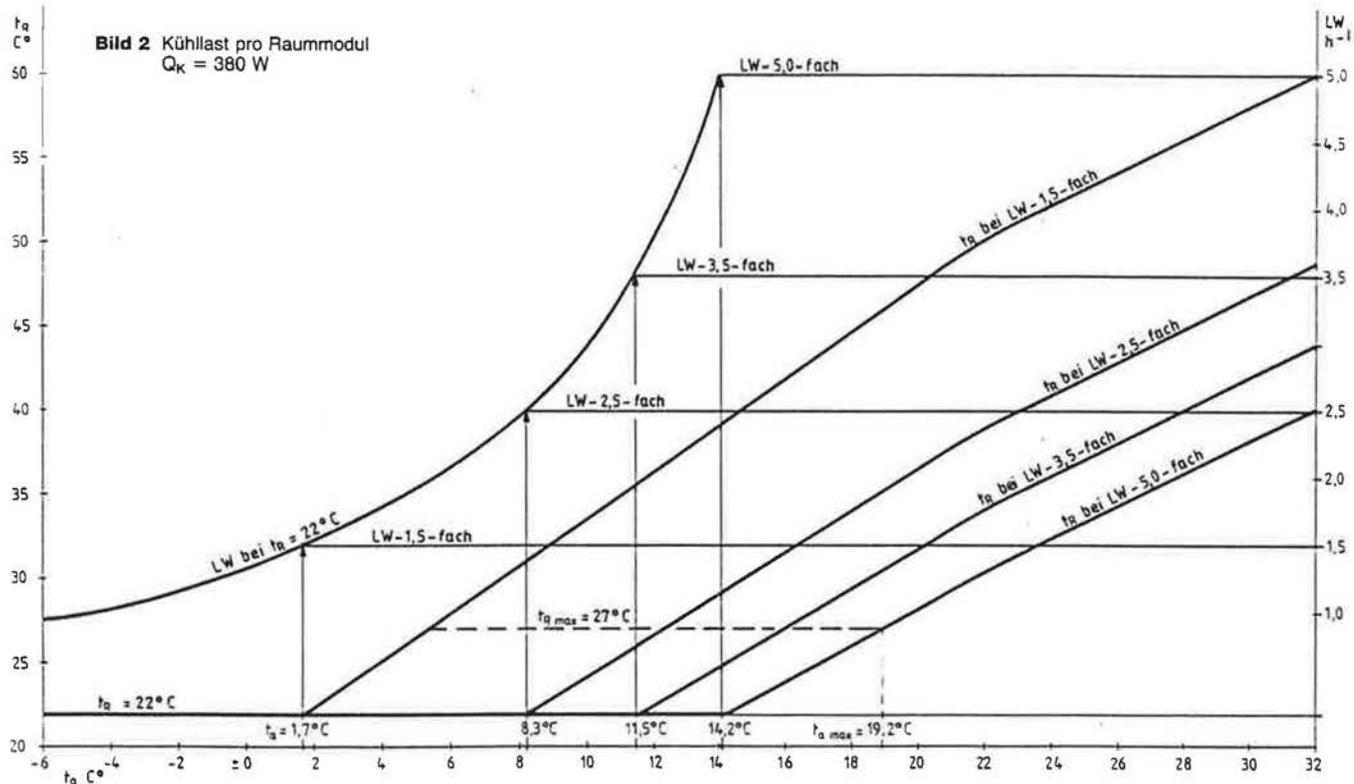
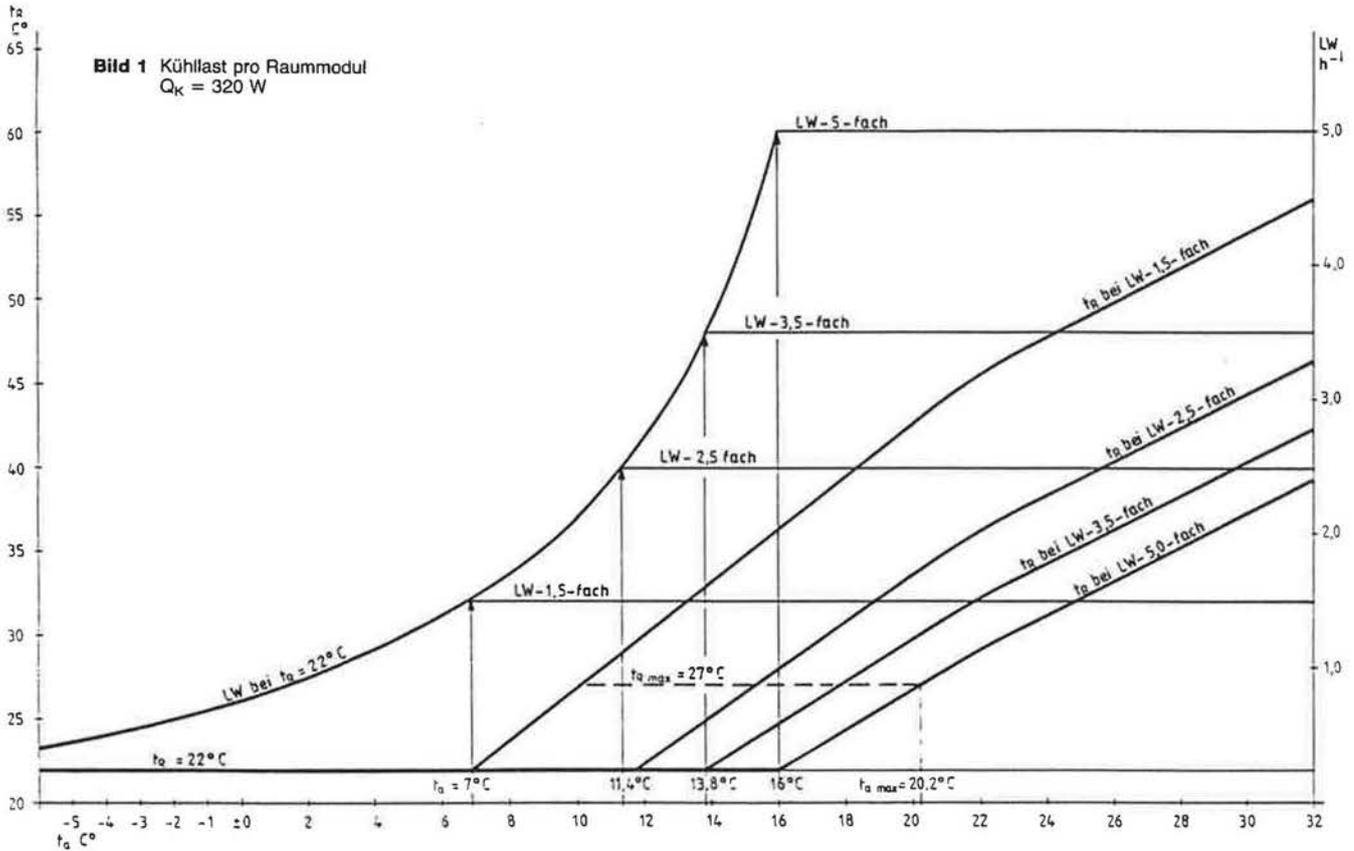
Die Häufigkeiten der Sonneneinstrahlung in Frankfurt/Main für die Ost-, Süd-, bzw. Westrichtung betragen nach DIN 4710:

- Ost: 780 h/a, während Büro-Arbeitszeit: rd. 480 h/a.
- Süd: 1540 h/a, während Büro-Arbeitszeit: rd. 950 h/a.
- West: 530 h/a, während Büro-Arbeitszeit: rd. 510 h/a.

Die Sonneneinstrahlung im Sinne der VDI 2078 [7] beträgt im Februar bzw. im Juni für die einzelnen Himmelsrichtungen:

	Februar	Juni
Ost	414 W/m ² – (9.00)	594 W/m ² – (8.00)
Süd	694 W/m ² – (12.00)	429 W/m ² – (12.00)
West	414 W/m ² – (15.00)	594 W/m ² – (16.00)

Die Ost-Fassade schneidet hinsichtlich Raumlufttemperatur am günstigsten ab, weil die Häufigkeit mit 480 h/a relativ gering ist



und das Maximum der Sonnenstrahlung bereits um 9.00 Uhr auftritt (im Juni), d. h. zu einer Zeit, wenn die Außentemperatur noch niedrige Tageswerte aufweist.

Auf eine Schwachstelle der Ost-Seite sei hingewiesen:

Etwa zwischen Mai und August ist an klaren Tagen damit zu rechnen, daß bereits in den Morgenstunden eine Überhitzung entstehen kann, weil diese Fassade bereits am frühen Morgen die volle Einstrahlung erhält, während der Sonnenschutz durch die

Nutzer erst zwischen 7.00 und 8.00 Uhr, also zu Arbeitsbeginn betätigt wird, was zu spät ist.

Die Süd-Seite weist mit rd. 950 h/a eine etwa doppelt so hohe Häufigkeit der Sonneneinstrahlung auf wie die Ost-Seite. Das Strahlungs-Maximum liegt bereits im Februar, und zwar um 12.00 Uhr. Im Juni ist die Einstrahlung jedoch nur unwesentlich kleiner als im Februar. Das Einstrahl-Maximum liegt um 12.00 Uhr noch knapp außerhalb der maximalen Tagestemperatur.

Relativ am schlechtesten sieht es mit der Westseite aus. Hier fällt das Strahlungs-Maximum in die warme Zeit, und das auch um 16.00 Uhr Tageszeit, d. h. etwa gleichzeitig mit dem Maximum der Tagestemperatur.

Für alle drei Himmelsrichtungen gilt daher nach wie vor:

Der Sonnenschutz muß so sorgfältig wie irgend möglich bedient werden. Die Ost-Seite müßte eigentlich bereits vor Arbeitsbeginn abgeschirmt sein.

Für die West-Seite, mit ihrer schlechten Möglichkeit der Abführung der Raumwärme (Kühllast-Maximum fällt zeitlich zusammen mit Außentemperatur-Maximum), gilt zusätzlich noch die Forderung nach einer Lüftung nachts, um den Raum entsprechend abkühlen zu können. Dabei sollten bauliche Maßnahmen ergriffen werden, die auch den Kriterien der Einbruchssicherheit und des Witterungsschutzes Rechnung tragen [4].

8. Bei Fensterlüftung realisierbare Luftwechsel

Eine ganze Reihe einschlägiger Untersuchungen hat sich mit dem Thema „Mittlere Luftwechselzahlen bei Fensterlüftung während der Heizperiode“ befaßt [8].

Daraus können folgende Orientierungswerte für Luftwechselzahlen bei Fensterlüftung abgeleitet werden:

Fenster gekippt:	ohne Querlüftung	0,8 – 2,5fach
	mit Querlüftung	2,0 – 4,0fach
Fenster halb geöffnet:		5,0 – 10,0fach
Fenster voll geöffnet:		9,0 – 15,0fach

Wohlgemerkt, diese Zahlen beziehen sich auf die Heizperiode, während derer infolge Thermik ein höherer Luftaustausch herrscht als bei milder bzw. warmer Witterung, die hier zugrunde zu legen ist.

Querlüftung (d. h. der Wind kann quer durchs Gebäude wehen) dürfte bei Bürogebäuden weniger in Frage kommen wegen der Gefahr von herumfliegenden Papieren bei Windstößen. In der Praxis der Fensterlüftung hat sich gezeigt, daß der Luftwechsel eine gewisse Abhängigkeit von der Außentemperatur aufweist.

Aus der oben zitierten Veröffentlichung kann in bezug auf das hier anstehende Projekt folgender Zusammenhang zitiert werden:

In Wohngebäuden mit angehobener Heizungs-Vorlauftemperatur wurden Raumlufttemperaturen von 23 bis 24 °C vorgefunden, d. h. ähnlich wie hier zu erwarten. Dabei ergab sich ein Streubereich von Luftwechselzahlen, abhängig von der Außentemperatur, wie folgt:

ta °C	Luftwechsel	
	klare Tage	bedeckte Tage
- 5	1,7	1,0
0	2,0	1,0
5	2,2	1,2
10	2,4	1,3
15	2,5	1,7

Bei niedrigeren Außentemperaturen werden die Fenster weniger häufig geöffnet wegen der Gefahr von Zugerscheinungen. Dies

bezieht sich hauptsächlich auf das großflächige Öffnen der Fenster. Beim Lüften durch Ankippen der Fenster ist diese Tendenz weniger ausgeprägt.

Bei höheren Außentemperaturen ist mit einem Ansteigen der Lüftungshäufigkeit durch die Fenster zu rechnen. Das dürfte aber – bedingt durch die milde Witterung – ohne nennenswerte Gefahr von Zugerscheinungen realisierbar sein.

9. Abschließende Aussage

Aus der Sicht der Sommer-Kühllast sind die beiden für das untersuchte Objekt ins Auge gefaßten Sonnenschutzarten:

- außenliegende Lamellenstores mit Klarglas-Isolierverglasung
- Reflexionsglas „Silber 43“ mit Blendschutz

mit ausreichender Genauigkeit etwa gleichzusetzen.

In der Praxis gibt es jedoch folgende Unterschiede:

Der automatisch betätigte Sonnenschutz ist bei Bürogebäuden, insbesondere mit Groß- und Gruppenräumen, sehr zu empfehlen, wenn häufige Überhitzungen bereits in der Übergangszeit vermieden werden sollen. Nachteilig wirkt sich hier jedoch das häufige Auf- und Abfahren infolge der Automatik aus.

Beim Reflexionsglas muß zusätzlich noch ein hochwertiger Blendschutz mit einem Gesamt-Energiedurchlaßgrad von 0,45 eingesetzt und dann auch ordnungsgemäß betätigt werden.

Gegen das nicht rechtzeitige Betätigen der beweglichen Sonnenschutzvorrichtungen ist die Kombination Reflexionsglas + Blendschutz unempfindlicher als außenliegende Lamellenstores mit Klarglas.

Sofern man die nicht ordnungsgemäße Betätigung der Sonnenschutzvorrichtungen als Entscheidungsfaktor mitwägt, wäre die Kombination Reflexionsglas „Silber 43“ mit Blendschutz der Vorzug zu geben.

Nimmt man den Standpunkt ein, daß durch die nicht ordnungsgemäße Betätigung der außenliegenden Lamellenstores eine mehrfache Überhitzung der Räume zu einem gewissen Lernprozeß führt – was für Einzelräume tendenziell eher zutrifft –, dann ist der Kombination außenliegende Lamellenstores mit Klarglas-Isolierverglasung der Vorzug zu geben.

Bei der Gestaltung der Fenster sind die Kriterien der Dosierbarkeit, der Einbruchssicherheit (Nachtlüftung) und des Witterungsschutzes zu berücksichtigen.

Literatur:

- [1] Künzel und Frank: Die sommerlichen Temperaturverhältnisse in Wohngebäuden schwerer und leichter Bauart.
- [2] Holz und Künzel: Einfluß der Wärmespeicherefähigkeit von Bauteilen auf die Raumlufttemperatur im Sommer und Winter und auf den Heizwärmeverbrauch.
- [3] DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau, Teil 2, Abschnitt 7 – Empfehlungen für den Wärmeschutz im Sommer...
- [4] G. Hauser: Sommerliches Temperaturverhalten von Einzelbüros. TAB/79, S. 1015/1019.
- [5] Arbeitsstätten-Richtlinien, §§ – Raumlufttemperaturen.
- [6] DIN 4710: Meteorologische Daten zur Berechnung des Energieverbrauches von heiz- und raumtechnischen Anlagen.
- [7] VDI 2078: Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume.
- [8] Geiger und Rouvel: Lüftung im Wohnungsbau – Fensterlüftung. HLH '87, S. 185/190
- [9] T. Rákóczy: Grenzen der Fensterlüftung? Einsatz von RLT-Anlagen und neue RLT-Systeme für Bürogebäude. Ki '92, S. 68/71