

Lothar Rouvel

## Sommerlicher Wärmeschutz

Mit der zunehmenden Verschärfung der Begrenzung des maximal zulässigen Heizwärmebedarfs erfolgt derzeit die energetische Konzeption eines Gebäudes meist im Hinblick eines möglichst geringen Heizenergiebedarfs: die Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudehülle ( $k$ -Werte) werden immer niedriger, auch für die Verglasungen. Daraus folgt häufig ein hoher Verglasungsanteil an der Gebäudehülle, zumal dadurch die passive Solarenergienutzung in der Heizperiode erhöht wird. Dieser Trend wird noch verstärkt durch den Einsatz von transparenter Wärmedämmung, Wintergärten und Doppelfassaden.

Dem thermischen Verhalten des Gebäudes außerhalb der Heizperiode wird in der derzeit gültigen Wärmeschutzverordnung relativ wenig Beachtung geschenkt. Das Raumklima im Sommer und damit der sommerliche Wärmeschutz gewinnt jedoch mit zunehmender Verminderung des Heizwärmebedarfs verstärkt an Bedeutung.

So führt der vor allem im Nichtwohngebäudebereich häufig anzutreffende Trend zu möglichst großen Fensterflächen teilweise zu untragbaren thermischen Verhältnissen im Sommer (Schlagzeile in der Neuen Zürcher Zeitung vom 8.02. 2000, S. 15):

„Wer im Glashaus sitzt, der schwitzt“).

In der derzeit gültigen Wärmeschutzverordnung 1995 wird der sommerliche Wärmeschutz relativ pauschal bewertet. Deshalb sind im Rahmen der Vorarbeiten der neuen Energieeinsparverordnung zwei Nachweisverfahren zur Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes entwickelt worden, die es ermöglichen, das thermische Verhalten von Gebäuden im Sommerfall zu quantifizieren:

- Ein differenziertes Verfahren, welches aufbauend auf dem Monatsbilanzverfahren zur Bestimmung des Heizwärmebedarfs der DIN EN 832 [1] (zukünftig DIN EN ISO 13790 [2]), den Kennwert „normierte nicht nutzbare Wärmeeinträge“ bestimmt
- und ein
- vereinfachtes Verfahren mittels des „Sonneneintragskennwertes“  $S$ , der auf der derzeit gültigen Wärmeschutzverordnung aufbaut.

Beide Verfahren sind in die Neufassung der DIN 4108 („Wärmeschutz im Hochbau“ Teil 2 [3] und Teil 9 [4]) einbezogen worden.

### 1 Behaglichkeitskriterien

In [5] werden für die warme Jahreszeit (Außentemperaturen  $> 12^\circ\text{C}$ ) als thermischer Behaglichkeitsbereich Raumlufttemperaturen zwischen  $22\text{--}25^\circ\text{C}$  bei leichter, sitzender Tätigkeit genannt.

In DIN 1946 [6] wird bei üblichen Außentemperaturen eine zulässige operative Raumtemperatur  $25^\circ\text{C}$  als oberste Grenze genannt. Kurzzeitig darf die operative Raumtemperatur, wenn die Außentemperaturen größer  $26^\circ\text{C}$  sind, bis auf  $27^\circ\text{C}$  steigen. Im Entwurf der DIN 1946: 1991 [6] wurde eine zulässige

Prof. Dr.-Ing. habil. Lothar Rouvel  
Technischen Universität München  
Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik  
Arcisstraße 21  
80333 München

Überschreitung der Grenztemperatur um maximal 10 % der Aufenthaltszeit als tolerierbar bezeichnet. Daraus kann als Bedingung zur Gewährleistung des sommerlichen Wärmeschutzes postuliert werden:

Ein Gebäude hat die Vorgaben des sommerlichen Wärmeschutzes erfüllt, wenn durch geeignete Berechnungsverfahren nachgewiesen wird, daß die Häufigkeit der Überschreitung einer Grenz-Raumtemperatur  $\vartheta_{\text{Grenz}}$  kleiner als 10 % der Aufenthaltszeit ist.

$$H_{\vartheta_{\text{Grenz}}} \leq 10\% \quad (1)$$

$H_{\vartheta_{\text{Grenz}}}$  Häufigkeit der Überschreitung der Grenz-Raumtemperatur  $\vartheta_{\text{Grenz}}$

Nach [7] besteht für Räume, die nicht gekühlt werden, ein Zusammenhang zwischen der vom Nutzer als neutral empfundenen Innentemperatur und dem vom Standort abhängigen Außentemperaturbereich im Sommer. D.h., Bewohner in Gebieten, in denen sich im Sommer hohe Außentemperaturen einstellen, empfinden höhere Innentemperaturen als weniger unangenehm als Personen, die in kühleren Regionen beheimatet sind. Grund hierfür ist die Adaption des Bewohners an die äußeren klimatischen Verhältnisse beispielsweise durch eine entsprechende Bekleidung oder durch Gewöhnung an ein höheres Temperaturniveau. Folglich ist die Höhe der Raumtemperatur, die der Nutzer im Sommer als unangenehm empfindet, von den vorherrschenden außenklimatischen Verhältnissen im Sommer abhängig.

Für die Bundesrepublik Deutschland ist es daher erforderlich, nach mehreren Sommer-Klimaregionen zu unterscheiden. Die Definition von drei Sommer-Klimaregionen und einer differenzierten Festlegung der Grenz-Raumtemperatur  $\vartheta_{\text{Grenz}}$  hat sich dabei als zweckmäßig und ausreichend herausgestellt:

- Sommer-Klimaregion A  
sommerkühle Gebiete mit höchsten Monatsmitteltemperaturen  $\leq 16,5^\circ\text{C}$  (z.B. Mittelgebirgslagen, Küstenregionen) und  $\vartheta_{\text{Grenz}} = 25^\circ\text{C}$
- Sommer-Klimaregion B  
gemäßigte Gebiete mit höchsten Monatsmitteltemperaturen  $> 16,5^\circ\text{C}$  und  $< 18^\circ\text{C}$  (überwiegender Anteil am Gebiet der Bundesrepublik Deutschland) und  $\vartheta_{\text{Grenz}} = 26^\circ\text{C}$
- Sommer-Klimaregion C  
sommerheiße Gebiete mit höchsten Monatsmitteltemperaturen  $\geq 18^\circ\text{C}$  (z.B. der Oberrheingraben) und  $\vartheta_{\text{Grenz}} = 27^\circ\text{C}$

### 2 Bewertungsverfahren für den sommerlichen Wärmeschutz

#### 2.1 Über temperaturgradstunden als Maß für die Häufigkeit der Überschreitung der Grenz-Raumtemperatur

Die Häufigkeit der Überschreitung der Grenz-Raumtemperatur  $H_{\vartheta_{\text{Grenz}}}$  kann für eine genaue Betrachtung nur mittels eines dynamischen - mindestens auf Stundenbasis rechnenden - Simulationsprogramms für das thermische Verhalten von Gebäuden ermittelt werden. Da hierzu in der Konzeptions- und Vorplanungsphase meist die erforderlichen Angaben und Festlegungen fehlen, ist ein vereinfachtes Rechenverfahren für diese Anwendungsfälle häufig zweckmäßiger. In [8] ist hierfür ein Verfahren entwickelt worden, welches aufbauend auf dem Monatsbilanzverfahren zur Bestimmung des Heizwärmebedarfs

der DIN EN 832 [1] (zukünftig DIN EN ISO 13790 [2]) Aussagen über den sommerlichen Wärmeschutz erlaubt.

Grundgedanke des Verfahrens ist die Überlegung, daß die Häufigkeit  $H_{\vartheta_{Grenz}}$  durch das Zeitintegral der Summenhäufigkeitskurve der Raumtemperaturen über einen Wert  $\vartheta_{\text{über}}$  von  $22^{\circ}\text{C}$  - hier „Übergradtemperaturstunden“ genannt - beschrieben werden kann:

$$H_{\vartheta_{Grenz}} \sim \int (\vartheta_i - \vartheta_{\text{über}}) dt_{\vartheta_i > \vartheta_{\text{über}}} \quad (2)$$

Zur Erläuterung ist in Bild 1 die Summenhäufigkeit der operativen Raumtemperatur in der Anwesenheitszeit dargestellt. Die Raumsolltemperatur beträgt  $20^{\circ}\text{C}$ , die zulässige Schwankungsbreite beträgt  $2\text{ K}$ . Ab der Temperatur von  $22^{\circ}\text{C}$  - hier  $\vartheta_{\text{über}}$  genannt - beginnt der Bereich der überhöhten Raumtemperaturen, die aus übermäßigen Wärmeeinträgen in den Raum resultieren (rot hinterlegter Bereich).

In [8] und [9] ist in einer umfangreichen Parameteruntersuchung gezeigt worden, daß das Zeitintegral dieses Bereichs (Übergradtemperaturstunden) proportional zur Häufigkeit der Überschreitung der Grenz-Raumtemperatur ist. Die Auswertung einer Parameteruntersuchung für einen Büraum mit dem Standort Essen kann [17] entnommen werden. Es zeigt sich (s. Bild 3 in [17]), daß ein straffer Zusammenhang zwischen  $H_{\vartheta_{Grenz}}$  und den Übergradtemperaturstunden besteht.

Eine weitere Möglichkeit, den Zustand thermischer Behaglichkeit zu erfassen, ist nach [10] der PMV-Index (PMV: Predicted Mean Vote). Maßgebend für den PMV-Index sind die Parameter Aktivitätsgrad des Menschen, Wärmewiderstand der Kleidung, Raumlufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur der Raumumschließungsflächen, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte. Nach [12] besteht ein straffer Zusammenhang zwischen dem PMV-Index und der Anzahl der Übergradtemperaturstunden (Bild 2).

Diese Untersuchungen erlauben die Aussage, daß eine Bewertung der Behaglichkeit im Sommerfall mittels der Übergradtemperaturstunden zulässig ist.

### 3 Bewertungsverfahren des Sommerlichen Wärmeschutzes

#### 3.1 Detailliertes Verfahren - normierte nicht nutzbare Wärmeeinträge

Nach DIN EN 832 [1] (bzw. DIN EN ISO 13790 [2]) werden die zu Heizzwecken nutzbaren Wärmegewinne  $Q_g \text{ nutzbar}$  aufgrund von solarer Einstrahlung oder interner Wärmeeinträge wie folgt ermittelt:

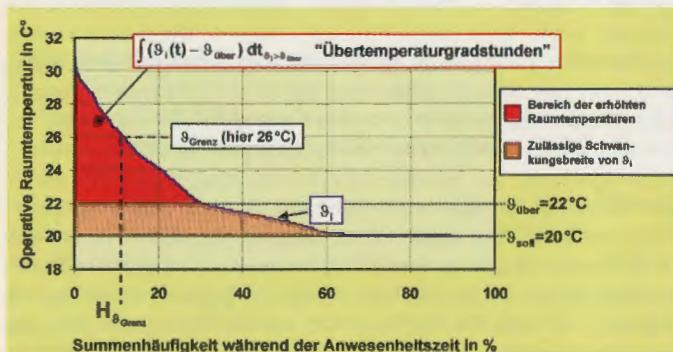


Bild 1. Summenhäufigkeitsverlauf der operativen Raumtemperaturen in der Anwesenheitszeit für einen Büraum (eine Außenfassade, Ost-Orientierung, Fensterflächenanteil 50%, Wärmeschutzverglasung mit außen liegendem Sonnenschutz)

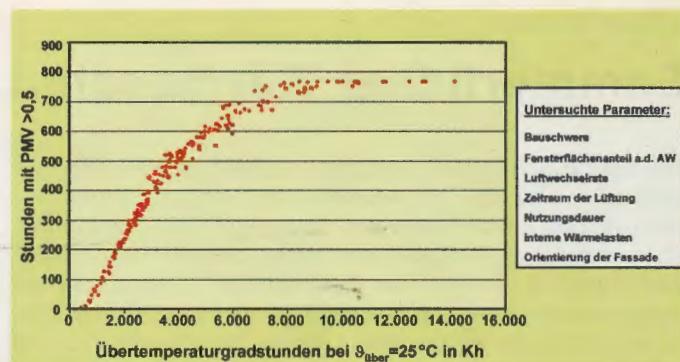


Bild 2. Zusammenhang zwischen Übergradtemperaturgradstunden und Stunden mit PMV-Index größer  $0,5$  (mehr als 10 % der Personen sind unzufrieden) für den Standort Mailand

$$Q_g \text{ nutzbar} = \eta \cdot Q_g \quad (3)$$

mit  $Q_g$  Wärmegewinne durch interne und solare Wärmeeinträge  
 $\eta$  Anteil der zu Heizzwecken nutzbaren Wärmegewinne.

Der verbleibende Anteil ( $1-\eta$ ) der Wärmegewinne, nachfolgend nicht nutzbare Wärmegewinne  $Q_g \text{ nicht nutzbar}$  genannt, führt zu einem meist unerwünschten Anstieg der Raumtemperaturen:

$$Q_g \text{ nicht nutzbar} = (1-\eta) \cdot Q_g \quad (4)$$

Nach dem Monatsbilanzverfahren der DIN EN 832 [1] bzw. der DIN EN ISO 13790 [2] ergeben sich somit die nicht nutzbaren Wärmeeinträge eines Jahres zu:

$$Q_g \text{ nicht nutzbar} = \sum_{n=1}^{12} (1-\eta_n) \cdot Q_{g,n} \quad (5)$$

Die nicht nutzbaren Wärmeeinträge entsprechen in guter Näherung dem Zeitintegral des Produkts aus den vorherrschenden spezifischen Wärmeverlusten und der vorherrschenden Temperaturerhöhung:

$$Q_g \text{ nicht nutzbar} = \sum_{n=1}^{12} (1-\eta_n) \cdot Q_{g,n} \hat{=} \int H(t) \cdot (\vartheta_i(t) - \vartheta_{\text{über}}) \cdot dt_{\vartheta_i > \vartheta_{\text{über}}} \quad (6)$$

Werden die nicht nutzbaren Wärmeeinträge auf die spezifischen Wärmeverluste bezogen, ergibt sich der Kennwert der normierten nicht nutzbaren Wärmeeinträge  $Q_{NN}$ , der dem Zeitintegral der vorherrschenden Temperaturerhöhung, also den „Übergradtemperaturgradstunden“, entspricht:

$$Q_{NN} = \frac{Q_g \text{ nicht nutzbar}}{H} \hat{=} \int (\vartheta_i(t) - \vartheta_{\text{über}}) dt_{\vartheta_i > \vartheta_{\text{über}}} \quad (7)$$

Wie zuvor erläutert, entsprechen die Übergradtemperaturgradstunden der Häufigkeit der Überschreitung der Grenz-Raumtemperatur  $H_{\vartheta_{Grenz}}$ . Somit läßt sich auch mit dem Kennwert der normierten nicht nutzbaren Wärmeeinträge  $Q_{NN}$  das Temperaturverhalten von Gebäuden im Sommerfall quantifizieren.  $Q_{NN}$  kann als Maß für die Häufigkeit der Überschreitung der zulässigen Grenz-Raumtemperatur herangezogen werden:

$$Q_{NN} = \sum_{n=1}^{12} \frac{(1-\eta_n) \cdot Q_{g,n}}{H_n} \hat{=} H_{\vartheta_{Grenz}} \quad (8)$$

In [8] und [9] ist mittels umfangreicher Untersuchungen diese Aussage bestätigt worden.

Um zu gewährleisten, daß eine bestimmte Grenz-Raumtemperatur zu weniger als 10 % der Aufenthaltszeit überschritten

wird, muß der Kennwert  $Q_{NN}$  durch einen maximal zulässigen Grenzwert  $Q_{NN,max}$  beschränkt werden:

$$! \quad Q_{NN} \leq Q_{NN,max} \quad (9)$$

In [9] sind für die drei Sommer-Klimaregionen und die Grenz-Raumtemperaturen die zugehörigen Grenzwerte stimmt worden, siehe Tabelle 1.

Überschreitet der Kennwert  $Q_{NN}$  eines Gebäudes den zugehörigen Grenzwert, so

sind die Vorgaben des sommerlichen Wärmeschutzes nicht erfüllt. Durch zusätzliche geeignete bauliche Maßnahmen muß sichergestellt werden, daß  $Q_{NN,max}$  nicht überschritten wird.

Für die Ermittlung von  $Q_{NN}$  sind folgende „Standardbedingungen“ zugrunde gelegt worden:

- Raumsolltemperatur 20 °C (Tagesmittelwert ohne zusätzliche Nachabsenkung, da die Sommerperiode betrachtet wird) mit einem Schwankungsbereich von 2 K nach oben.
- Interne Wärmegewinne

Die mittlere interne Wärmeleistung bezogen auf die jeweils betrachtete Raumgrundfläche (lichte Abmessung) beträgt für:

Wohngebäude            5 W/m<sup>2</sup> Nutzfläche  
Nichtwohngebäude    6 W/m<sup>2</sup> Nutzfläche.

Diese Werte sind als Mittelwerte auf 24 h bezogen zu verstehen. In Nichtwohngebäuden unterscheidet sich der tatsächliche Verlauf der Wärmeleistung von dem angegebenen Mittelwert deutlich. In der Anwesenheitszeit ist die Last, bedingt durch Einträge der Menschen, technischen Geräte und Beleuchtung, relativ hoch. In den Zeiten, in denen der Raum nicht benutzt wird, können sehr geringe oder keine inneren Wärmeeinträge angenommen werden.

- Die mittlere Grundluftwechselrate durch Infiltration und Fensteröffnen wird für Wohn- und Nichtwohngebäude angesetzt zu

$$n = 0,7 \text{ h}^{-1}$$

- Erhöhter Luftwechsel im Sommer

Wenn es im Sommer im Raum zu warm wird, wird in der Regel durch Fensteröffnen versucht, ein zu starkes Ansteigen der Raumtemperaturen zu vermeiden. Dies läßt sich in der Berechnung folgendermaßen berücksichtigen:

Überschreitet die mit DIN EN 832 errechnete mittlere monatliche Raumtemperatur den Wert von 21,5 °C, kann der Luftwechsel während der Aufenthaltszeit bis auf 3 h<sup>-1</sup> erhöht werden, um eine Überhitzung des Raumes durch erhöhte Lüftung zu vermeiden. Der zusätzliche Luftwechsel darf allerdings nur soweit erhöht werden, daß die mittlere Raumtemperatur dadurch nicht unter 21,5 °C fällt. Da das hier beschriebene Berechnungsverfahren entsprechend DIN EN 832 ein Monatsbilanzierungsverfahren ist, entspricht die zu berücksichtigende Monatsmitteltemperatur 21,5 °C bei Anwendung eines dynamischen Rechenverfahrens der tatsächlichen Temperatur von etwa 23 °C.

### 3.2 Vereinfachtes Verfahren Sonneneintragskennwert S

Das vereinfachte Verfahren baut auf dem derzeit gültigen Bewertungsverfahren der Wärmeschutzverordnung 1995 auf. In dem bisherigen Verfahren sind wichtige Parameter, beispielsweise der Standort, die Gebäudenutzung oder die Bauschwere eines Gebäudes nicht berücksichtigt worden. Es ergibt sich hieraus die Notwendigkeit für ein verbessertes Bewertungsverfahren des sommerlichen Wärmeschutzes.

Tabelle 1. Grenzwerte der normierten nicht nutzbaren Wärmeeinträge

	Sommer-Klimaregion		
	A sommerkühle Gebiete	B gemäßigte Gebiete	C sommerheiße Gebiete
Grenz- Raumtemperatur	25 °C	26 °C	27 °C
$Q_{NN,max}$ in Kh	8 000	11 000	14 000

Es wird ein **Sonneneintragskennwert S** eingeführt, der nach den drei Sommer-Klimaregionen

- sommerkühle Gebiete
- gemäßigte Gebiete
- sommerheiße Gebiete

differenziert ist.

Weiterhin werden die wesentlichen baulichen und nutzungsbedingten Parameter mittels Bonus-/Maluskennwerten bewertet [14]. Mit diesen Bonus-/Maluskennwerten stellt das Verfahren eine wesentliche Erweiterung der bisherigen Festlegungen der Wärmeschutzverordnung 1995 dar und ermöglicht es, auf verhältnismäßig einfache Weise die wesentlichen Einflußparameter auf das sommerliche Gebäudeverhalten in der Planungsphase zu berücksichtigen. Dieses Verfahren ist in die DIN 4108-2 [3] und DIN 4108-9 [4] eingegangen. Im Teil 2 der DIN 4108 wird vereinfachend für den Basiskennwert  $S_0$  stets 0,18 angesetzt. Im Ausgleich hierfür wird ein zusätzlicher Abschlagswert  $\Delta S$  für Standorte mit erhöhter sommerlicher Belastung eingeführt.

### 3.3 Beispielrechnung

Beispielrechnungen zur Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes sind nach dem vereinfachten Verfahren mittels des Sonneneintragskennwerts S in [13] und nach dem differenzierten Verfahren mittels der normierten nicht nutzbaren Wärmeeinträge  $Q_{NN}$  in [14] enthalten.

### 4 Fazit

Für den großen Bereich standardmäßig errichteter und genutzter Gebäude (übliche Massivbauweise, insbesondere Wohngebäudebereich, durchschnittliche Büro- und Verwaltungsgebäude) ist ein Nachweis nach dem vorgestellten vereinfachten Verfahren für den sommerlichen Wärmeschutz ausreichend. Für Gebäude dagegen, deren Innenlasten, Nutzungsbedingungen und Bauweise stark von den im vereinfachten Verfahren zugrunde gelegten, pauschalierten Werten abweichen, ist das differenzierte Verfahren mit Ermittlung der normierten nicht nutzbaren Wärmeeinträge  $Q_{NN}$  zu empfehlen. Hierdurch können die Einflußparameter auf das sommerliche Gebäudeverhalten differenzierter in die Berechnung einfließen und Maßnahmen ergriffen werden, die im vereinfachten Verfahren in ihrer Feinheit (z.B. Verschattung des Gebäudes durch die Umgebung; realisierbare Luftwechselrate usw.) nicht berücksichtigt werden können.

Beide Verfahren haben in die Entwürfe der DIN 4108-2 [3] und DIN 4108-9 [4] Eingang gefunden, sollen zumindest teilweise auch in die zukünftige Energieeinsparverordnung übernommen werden.

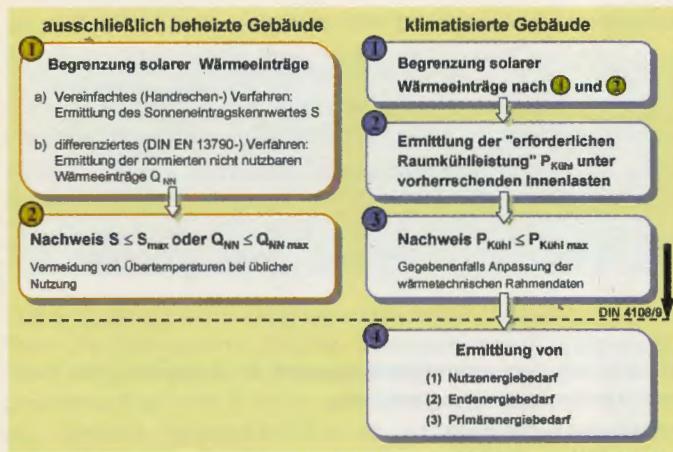


Bild 3. Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-9

Darüber hinaus werden auch für klimatisierte Gebäude Anforderungen hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes gestellt. Einen Überblick über die zukünftigen Anforderungen gibt Bild 3.

Auch für Gebäude mit Raumlufttechnischen Anlagen wird der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes unter Berücksichtigung der Standardbedingungen für beheizte Gebäude gefordert. Damit soll sichergestellt werden, daß das Gebäude nicht mehr gekühlt werden muß, wenn Sonderbedingungen - wie erhöhte Innenlasten - im Laufe der Nutzung des Gebäudes nicht mehr zutreffen.

Als **Zusatzanforderung** an Gebäude mit raumlufttechnischen Anlagen sind die Schritte 2 und 3 in Bild 3 zu gewährleisten. Die erforderliche Raumkühlleistung  $P_{Kühl}$ , welche die tatsächlich vorherrschenden Innenlasten berücksichtigt, muß kleiner/gleich der innenlastabhängigen Grenzleistung  $P_{Kühl,max}$  sein:

$$P_{Kühl} \leq P_{Kühl,max}. \quad (10)$$

Dadurch soll die Auslegungsleistung und somit auch der Energiebedarf für Gebäude und RLT-Anlagen möglichst niedrig gehalten werden. Zudem soll verhindert werden, daß bei der Ermittlung von  $P_{Kühl}$  überhöhte Innenlasten angesetzt werden.

Ausgehend von der erforderlichen Raumkühllast  $P_{Kühl}$  läßt sich unter Einbezug eines Bilanzierungsverfahrens in Anlehnung an DIN EN 832 der Nutzenergiebedarf nach

- Nutzwärme für Gebäude und Luftaufbereitung
- Nutzkälte für Gebäude und Luftaufbereitung aufteilen. Unter Berücksichtigung des Zusatzaufwandes für
- Luftförderung und Wärme- sowie Kälteverteilung
- Regelung und
- Umwandlung

kann der Endenergiebedarf ermittelt und mittels einer primär-energetischen Bewertung auf den **Primärenergiebedarf** hochgerechnet werden.

Dieser Primärenergiebedarf für Gebäude mit RLT-Anlagen könnte dann in einer späteren Neufassung der Energieeinsparverordnung ähnlich wie für nur beheizte Gebäude begrenzt werden.

#### Literatur:

- [1] DIN EN 832: 1998-12: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs; Wohngebäude.
- [2] DIN EN ISO 13790: 1999-08: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs (Norm-Entwurf, Deutsche Fassung prEN ISO 13790).
- [3] DIN EN 4108-2: 2000-01: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Mindestanforderungen an den Wärmeschutz (Norm-Entwurf).
- [4] DIN EN 4108-9: 2000-01: Berechnungsverfahren für den Sommerlichen Wärmeschutz – Begrenzung solarer Wärmeeinträge für Gebäude (Norm-Entwurf).
- [5] Petzold, K.: Raumlufttemperaturen. Berlin: Verlag Technik 1983.
- [6] DIN 1946-2: 1994-01: Raumlufttechnik – Gesundheitstechnische Anforderungen.
- [7] Humphreys, M. A.: Thermal comfort in the context of energy conservation. In Roaf, S. and Hancock, M.: Energy Efficient Building. Oxford: Blackwell Scientific Publications 1992.
- [8] Kolmetz, S.: Thermische Bewertung von Gebäuden unter sommerlichen Randbedingungen – Ein vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung von Raumtemperaturen in Gebäuden im Sommer und deren Häufigkeit. Dissertation Universität Gesamthochschule Kassel 1996.
- [9] Deutscher, P., Elsberger, M. und Rouvel, L.: Vereinfachte Berechnungsverfahren für den sommerlichen Wärmeschutz sowie Einsatzbedingungen für RLT-Anlagen. Endbericht zum Arbeitspunkt 1.1 des Forschungsvorhabens SANIREV. Technische Universität München: Februar 1999.
- [10] Fanger, P. O.: Mensch und Raumklima. In Rietschel, H.: Raumklimatechnik. Bd. 1 Grundlagen. Berlin: Springer 1994 (16. Aufl.), S. 141.
- [11] ISO 7730: 1994-12: Gemäßigtes Umgebungsklima – Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit.
- [12] Troi, A. und Gattoni, L.: Das thermische Verhalten von nichtklimatisierten Gebäuden im mediterranen Klima unter sommerlichen Randbedingungen. Diplomarbeit Technische Universität München, Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edili e Territoriali Mailand 1998.
- [13] Deutscher, P., Elsberger, M. und Rouvel, L.: Sommerlicher Wärmeschutz – Eine einheitliche Methodik für Anforderungen an den winterlichen und sommerlichen Wärmeschutz – Teil 1. Bauphysik 22 (2000) H. 2, S. 114-120.
- [14] Deutscher, P., Elsberger, M. und Rouvel, L.: Sommerlicher Wärmeschutz – Eine einheitliche Methodik für Anforderungen an den winterlichen und sommerlichen Wärmeschutz – Teil 2. Bauphysik 22 (2000) H. 3, S. 178-184.

veröffentlicht in der Bauphysik:

Rouvel L. Sommerlicher Wärmeschutz  
Bauphysik 22 (200), H.5, S.321/324

PROF. DR.-ING. HABIL. LOTHAR ROUVEL  
FACHGEBIET ENERGIETECHNIK UND -VERSORGUNG · THERMISCHE GEBÄUDESIMULATION

SÄULINGSTRASSE 4  
80686 MÜNCHEN

TEL.: 089-576804      FAX: 089-5706641  
ROUVEL@GEBSIMU.DE    WWW.GEBSIMU.DE

