

Unterrichtsräume und der sommerliche Wärmeschutz

Einfluss moderner Medientechnik auf das Innenraumklima

Das Raumklima wird neben den solaren Wärmeeinträgen wesentlich durch die Wärmeabgabe von Personen, elektrischen Geräten usw. beeinflusst. Insbesondere durch die Verbesserung der thermischen Qualität der Gebäudehülle werden innere Lasten bei gutem Sonnenschutz der Verglasungen zunehmend raumklimabestimmend. Für die Gebäudeplanung stehen zur Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes die Planungswerkzeuge und Anforderungsgrenzen aus diversen Regelwerken und Richtlinien zur Verfügung. | **Stefan Wagner**



STEFAN WAGNER

➤ Dipl.-Ing. (FH), M.Sc.; Studium des Bauingenieurwesens an der Hochschule Coburg; Auditorenausbildung bei der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V.; Masterstudium der Bauphysik an der Bauhaus-Universität Weimar; 2009-2013 Wolfgang Sorge Ingenieurbüro für Bauphysik GmbH, Projektleiter; 2014-20 Wolfgang Sorge Ingenieurbüro für Bauphysik GmbH & Co. KG, Projektleiter; seit 2014 Handwerkskammer für Mittelfranken, Dozent Gebäudeenergieberater/-in; seit 2017 Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., Gremienarbeit Bau- und Raumakustik, Schallimmissionsschutz; seit 2018 Wolfgang Sorge Ingenieurbüro für Bauphysik GmbH & Co. KG, Projekt- und Teamleiter

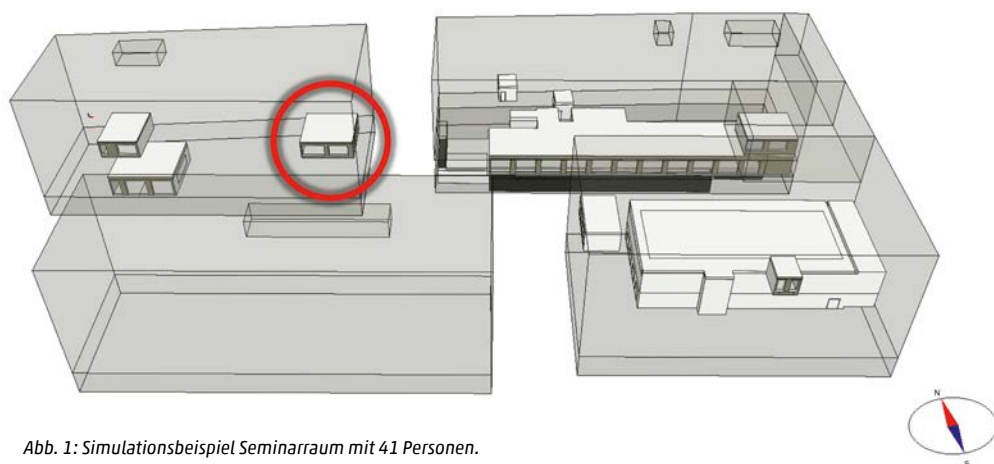


Abb. 1: Simulationsbeispiel Seminarraum mit 41 Personen. Wolfgang Sorge IfB

➤ Für die Gebäudeplanung stehen zur Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes die Planungswerkzeuge und Anforderungsgrenzen aus nachfolgenden Regelwerken und Richtlinien zur Verfügung:

- Baurecht: DIN 4108-2:2013-02 [1]
- Behaglichkeit: DIN EN 15251:2012-12 [3]
- Kategorie 1: $\leq 25,5^\circ\text{C}$
- Kategorie 2: $\leq 26,0^\circ\text{C}$
- Kategorie 3: $\leq 27,0^\circ\text{C}$
- Arbeitsschutz: ASR A3.5 [5]
- Handlungsstufe 1: $+26^\circ\text{C}$
- Handlungsstufe 2: $+30^\circ\text{C}$
- Handlungsstufe 3: $+35^\circ\text{C}$

Nachweis im Baurecht

Im Planungsalltag wird der sommerliche Wärmeschutz im Allgemeinen über den baurecht-

lichen Nachweis nach DIN 4108-2:2013-02 [1] nachgewiesen. Gelingt der Nachweis nicht über das statische Tabellenverfahren, so kann alternativ das sogenannte dynamische Verfahren herangezogen werden.

Dieses Berechnungsverfahren entspricht einem standardisierten Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung des Testreferenzjahrs 2011, einer Nutzungszeit von 11 Stunden sowie eines statischen Ansatzes für interne Wärmelasten von $144 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$.

Diese Randbedingungen sind für eine Büronutzung mit vergleichsweise geringen internen Gerätelasten und normaler Belegungsdichte noch näherungsweise zutreffend.

Zur Detaillierung der Klimabedingungen hat sich bei Unterrichtsgebäuden (hier im Beispiel Abbildungen 1 und 2 für junge Er-

wachsene) der Einsatz von differenzierten Klimasimulationen als Planungswerkzeug bewährt, insbesondere, um die Behaglichkeit in Aufenthaltsräumen unter Optimierung der baulichen Randbedingungen, wie den Transmissionswärmeströmen und den solaren Wärmeeinträgen, sowie bei möglichst niedrigem anlagentechnischen Einsatz darzustellen. Auf dieser Grundlage können bereits in frühen Planungsphasen die maßgeblichen Weichen für die bauliche und anlagentechnische Gebäudeplanung unter Einbeziehung des Nutzers gestellt werden.

Nach Abbildung 3 können für den Beispielsraum die Anforderungen nach [1] aus dem statischen Tabellenverfahren sowie auch aus dem dynamischen Verfahren sehr deutlich eingehalten werden. Demnach bestünde be-

züglich der Raumklimatik für den betreffenden Raum zunächst kein Grund zur Besorgnis.

Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse einer Klimasimulation (Programm: IDA ICE) zu den jährlichen Übertemperaturstunden und ihrer Auswertung nach [3] unter Berücksichtigung der Randbedingungen aus [1] und des aktuellen Testreferenzjahrs (TRY) 2015 am Beispiel eines Unterrichtsraums.

Die Ergebnisse der Klimasimulation gemäß *Abbildung 4* zeigen, dass mit den internen Lasten nach Norm-Randbedingungen und den hier berücksichtigten Sonnenschutzmaßnahmen gegenüber den Anforderungen aus [1] und [3] ein hinsichtlich Behaglichkeit guter sommerlicher Wärmeschutz erzielt werden könnte. Mit den baurechtlichen Nachweiseverfahren werden in diesem Fall die Vorgaben aus [1] trotz des TRY15 eingehalten.

Empfehlungen an die Behaglichkeit

Auf Basis von Lastannahmen kann der Mittelwert der inneren sensiblen Lasten ermittelt werden. Im Hinblick auf die Lastannahmen zur baurechtlichen Prüfung des sommerlichen Wärmeschutzes in Nichtwohngebäuden können so Rückschlüsse gezogen werden, ob auftretende unbehagliche Raumklimabedingungen unter realen Rand- und Nutzungsbedingungen möglicherweise auf erhöhte innere Lasten zurückzuführen sind. Schon unter Berücksichtigung einer tageslicht- bzw. beleuchtungsstärkeabhängigen Außerbetriebnahme des Kunstlichts an Tagen hoher Außenbeleuchtungsstärken (in der Regel sommerliche Tage mit guter solarer Einstrahlung) ist der mittlere tägliche Lasteintrag infolge innerer Wärmequellen durch typische Personenbelegungen und Geräte für Unterrichtsräume größer als der für den heute zum baurechtlichen Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes pauschal zu berücksichtigende Lasteintrag für Nichtwohngebäude in Höhe von $144 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$. Es ist daher bereits im Vorfeld ableitbar, dass unkomfortable Raumklimazustände insbesondere auch auf hohe interne Lasten zurückgeführt werden können.

In Anlehnung an [4] und bezüglich der Nutzungszeiten an [2] ist daher für Unterrichtsräume insbesondere aufgrund der gegenüber Büroräumen höheren Personenbelegung eher der Ansatz der internen Wärmelast mit rund 150 bis 250 Wh/(m²d) typisch. Die internen Wärmelasten können im Detail nach folgenden Gleichungen ermittelt werden:

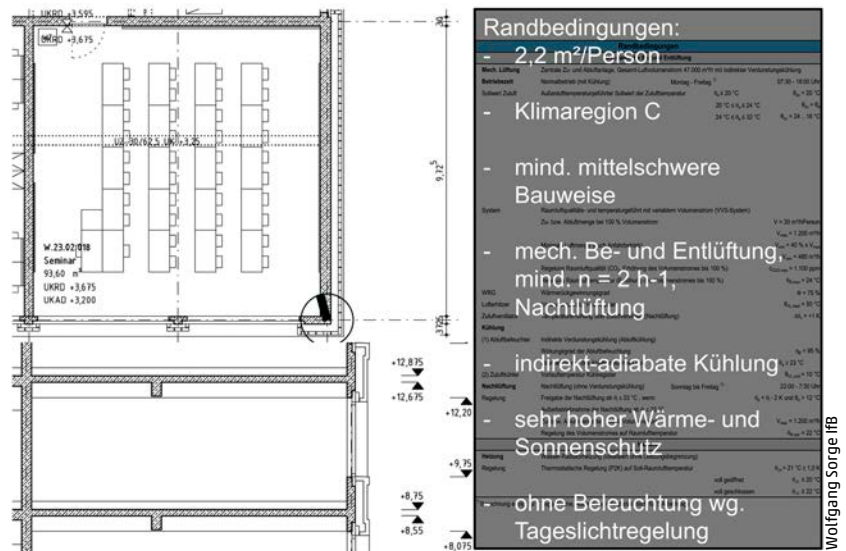


Abb. 2: Simulationsbeispiel mit Randbedingungen

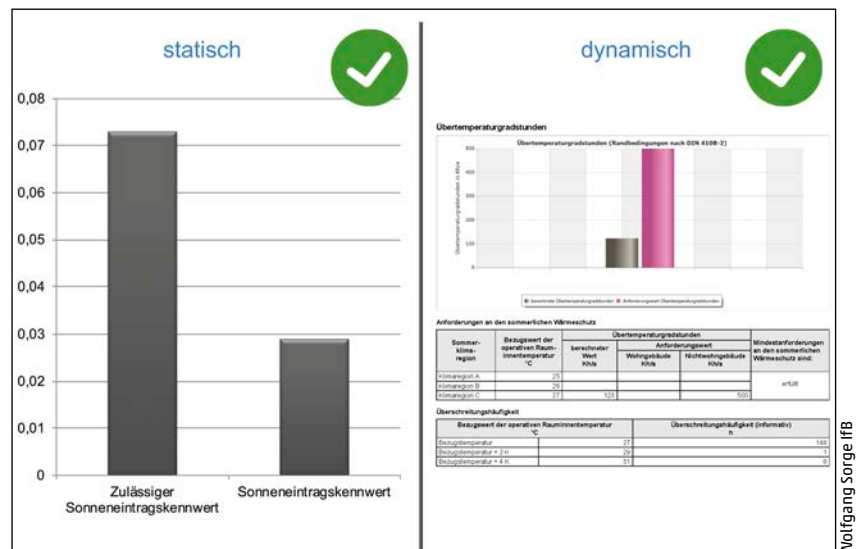


Abb. 3: Simulationsbeispiel: Baurechtlicher Nachweis DIN 4108-2:2013-02 – statisch/dynamisch

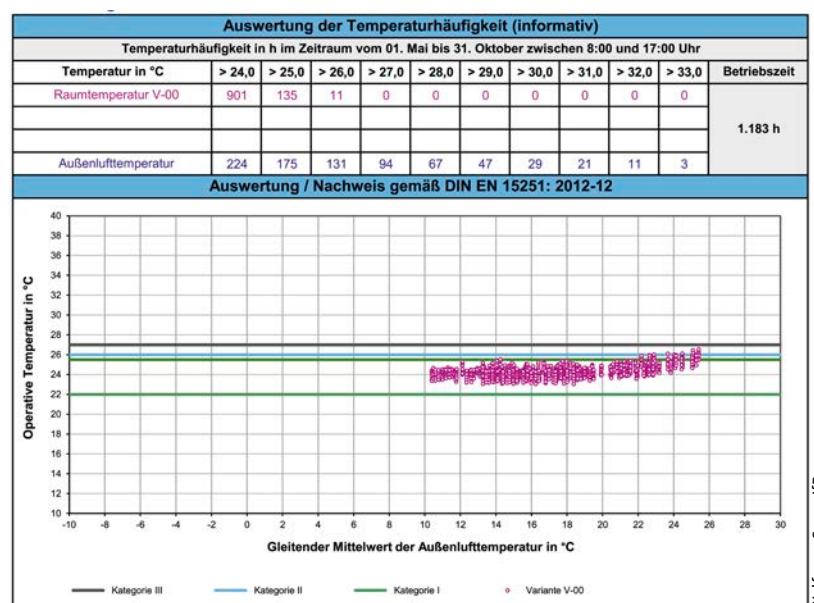


Abb. 4: Simulationsbeispiel: Überschreitungshäufigkeit mit internen Lasten gemäß [1], TRY15.

$$q_{ges} = q_{l,p} + q_{l,fac} \quad [\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})] \quad (1)$$

$$q_{l,p} = \frac{n_p \cdot P_{p,sens}}{A_g} \cdot t_{nutz,d} \quad [\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})] \quad (2)$$

$$q_{l,fac} = \frac{\sum P_G}{A_g} \cdot t_{nutz,d} \quad [\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})] \quad (3)$$

q_{ges} interne Wärmelast gesamt

$q_{l,p}$ interne Wärmelast durch Personen

$q_{l,fac}$ interne Wärmelast durch Geräte

n_p Anzahl der Personen

$P_{p,sens}$ Abwärmeleistung pro Person

P_G Abwärmeleistung je Gerät

A_g Grundfläche des Raumes

$t_{nutz,d}$ Volllaststunden

Als Variante stellt *Abbildung 5* die jährlichen Übertemperaturstunden dar und deren Auswertung nach [3] unter Berücksichtigung der Randbedingungen in Anlehnung an [2,4] mit erhöhten inneren Lasten von 250 Wh/(m²d).

Die Ergebnisse der Klimasimulation zeigen, dass mit den in Anlehnung an [2,4] erhöhten internen Lasten und denselben wie zuvor berücksichtigten Sonnenschutzmaßnahmen die Empfehlungen für behagliche Innenraumtemperaturen nach [3] überschritten werden. Aufgrund der Übertemperaturstunden über 26 °C ist bereits die Handlungsstufe 1 der Technischen Regeln für Arbeitsstätten [5] zu beachten.

Einflüsse der Digitalisierung

Mit fortschreitender Digitalisierung werden gegenwärtig in der Medienplanung von Unterrichtsräumen jedoch entgegen den gebäudeenergetischen Verbesserungen der vergangenen Jahre verstärkt Anlagen wie interaktive Touchscreens und Smartboards, Tageslichtbeamer, Beschallungsanlagen etc. eingesetzt, die einen hohen Energiebedarf und einen hohen raumwirksamen Lasteintrag haben.

Für Unterrichtsräume sind damit sensible interne Wärmelasten von 300 bis 400 Wh/(m²d), bei Hörsälen sogar bis 600 Wh/(m²d) nicht ungewöhnlich. Als weitere Variante zeigt *Abbildung 6* eine jährliche Temperaturverteilung und Auswertung nach [3] unter Berücksichtigung einer internen Wärmelast von 317 Wh/(m²d). Die raumwirksame interne Wärmelast wurde im vorliegenden Projektbeispiel in Zusammenarbeit mit dem Medienplaner ermittelt und bereits energetisch optimiert. Dieser liegen zwei Touchscreen Bildschirme mit etwa 75 Zoll sowie sonstige Geräte mit einer raumwirksamen Leistung von etwa 1,4 kW zugrunde. In *Abbildung 7* sind

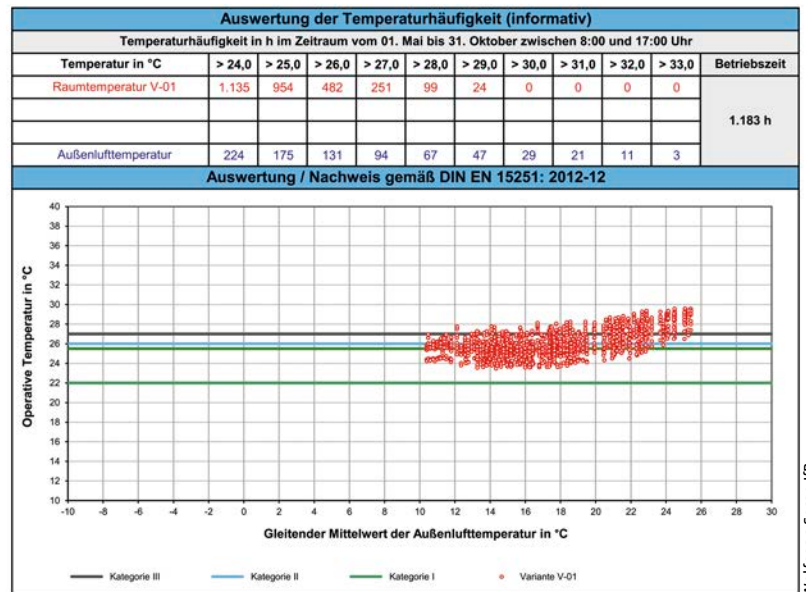


Abb. 5: Simulationsbeispiel: Überschreitungshäufigkeit mit erhöhten inneren Lasten von 250 Wh/(m²d) nach DIN V 18599

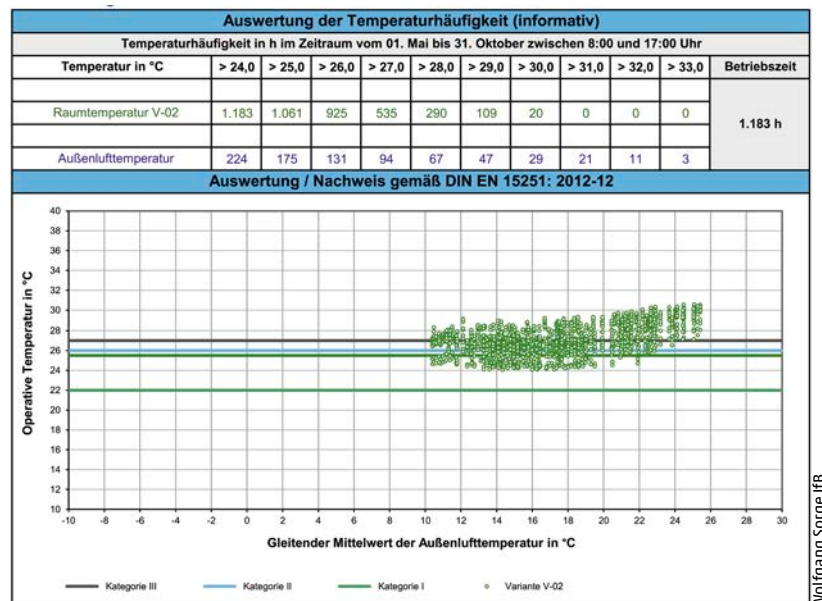


Abb. 6: Simulationsbeispiel: Überschreitungshäufigkeit mit tatsächlich zu erwartenden erhöhten inneren Lasten von 317 Wh/(m²d)

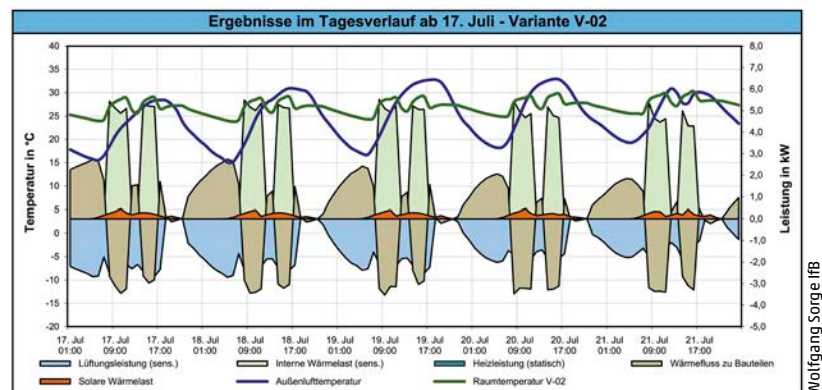


Abb. 7: Simulationsbeispiel: Wärmequellen und Wärmesenken bei erhöhten inneren Lasten von 317 Wh/(m²d)

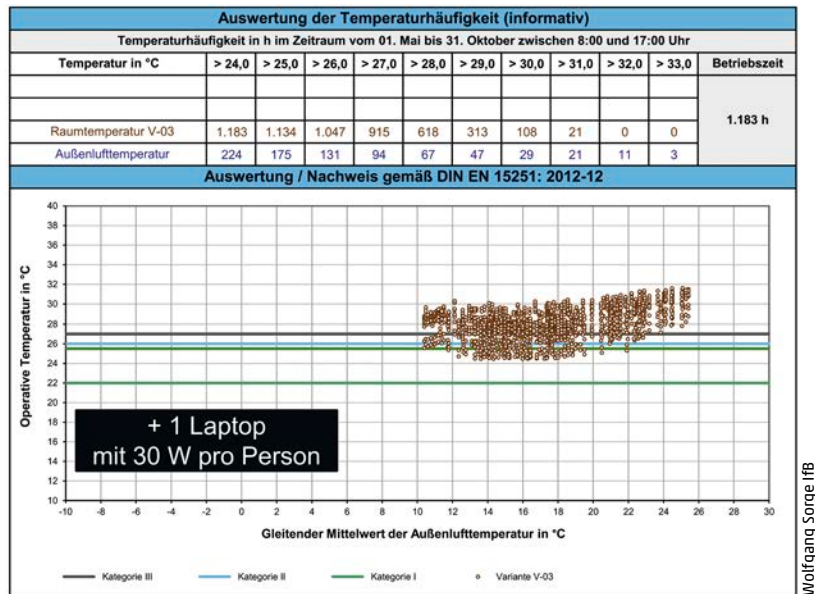


Abb. 8: Simulationsbeispiel: Überschreitungshäufigkeit mit im ungünstigsten Fall zu erwartenden erhöhten inneren Lasten von $408 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$

zur Übersicht die Wärmequellen und Wärmesenken für den Beispielraum in dieser Berechnungsvariante grafisch dargestellt, da in dieser Betrachtung noch nicht berücksichtigt ist, dass die Schüler bzw. Studenten gegebenenfalls elektronische Endgeräte benutzen, sind die Ergebnisse noch auf der konservativen Seite. Dies ist in Ergänzung in Abbildung 8 dargestellt.

Die Ergebnisse der Klimasimulation zeigen, dass mit den angesetzten erhöhten inneren Lasten die Empfehlungen für behagliche Innenraumtemperaturen nach [3] deutlich überschritten werden. Aufgrund der Übertemperaturstunden über 26°C ist die Handlungsstufe 1 sowie über 30°C die Handlungsstufe 2 der Technischen Regeln für Arbeitsstätten [5] zu beachten.

Fazit

Dass die Einhaltung der baurechtlichen Vorgaben an den baulichen Sonnenschutz zur Beurteilung der raumklimatischen Behaglichkeit nicht ausreichend ist, ist in Fachkreisen schon seit langem bereits bekannt. Die Auswirkungen von erhöhten inneren Wärmelasten in Unterrichtsräumen auf das Raumklima gegenüber den baurechtlichen Anforderungen nach [1] können mittels energetischer Simulationen aufgezeigt werden. Infolge der Digitalisierung von Unterrichtsräumen sind jedoch nochmals zusätzliche interne Wärmelasten zu beachten. Ohne anlagentechnische Maßnahmen zur Herstellung von Wärmesenken (unter anderem hohe Luftwechsel (tags/nachts),

passive bzw. aktive Kühlung) sind selbst unter Berücksichtigung einer energieoptimierten Medientechnik Überschreitungen der Empfehlungen zu behaglichen Innenraumtemperaturen sowie der Vorgaben der Technischen Regeln für Arbeitsstätten [5] zu erwarten.

In Tabelle 1 werden zur Übersicht die möglichen Ansätze für interne Wärmelasten in Unterrichtsräumen dargestellt.

Tabelle 1: Interne Lasten in Unterrichtsräumen

Grundlage interner Lasten (Betrachtungszeitraum)	Wärmezufuhr je Tag ($q_{l,p} + q_{l,acc}$)
DIN 4108-2 (11 h)	$144 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$
DIN V 18599 (4 h)	$152 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$
DIN V 18599 (~7 h)	$250 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$
Neue Empfehlung (~7 h)	300 bis $400 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$

Risiko für den Bestand

Die verstärkte Digitalisierung von Unterrichtsräumen ist nicht nur für neu errichtete Gebäude vorgesehen. Derzeit erfolgen bereits umfangreiche Um- und Nachrüstungen im Bestand. Gerade im Bestand sind entsprechende Wärmesenken meist nicht vorhanden. Zusätzlich besteht ein erhöhtes Risiko dadurch, dass auch der bauliche Sonnenschutz nicht den heutigen Standards entspricht. Die zusätzlichen internen Wärmelasten müssen daher im Bestand beachtet werden. Gerade hier können mittels energetischer Simulationen die zu erwartenden Auswirkungen auf das Raumklima aufgezeigt und wirtschaftliche Maßnahmen entwickelt werden.

Ausblick

Die in dieser Untersuchung dargestellten Ergebnisse beruhen auf aktuellen Erfahrungen von Unterrichtsneubauten. Darüber hinaus sind zu internen Wärmelasten im Allgemeinen weitere Untersuchungen erforderlich, insbesondere mit dem Ziel, die veralteten Ansätze der DIN V 18599-10:2011-12 zu überarbeiten und die Normen [1], [2] und [4] zu harmonisieren. Hinsichtlich der DIN 4108-2 sollte im Weiteren untersucht werden, ob für das darin definierte dynamische Verfahren Vorgaben zu den zu berücksichtigenden internen Wärmelasten ergänzt werden müssen. ◀

Weitere Autoren: Wolff Fülle, Eckhard Dietz
Wolfgang Sorge Ingenieurbüro für Bauphysik GmbH & Co. KG, 90449 Nürnberg
E-Mail: bauphysik@ifbsorge.de

LITERATUR

- [1] DIN 4108-2:2013-02
„Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“
- [2] DIN EN 15232:2012-09
„Energieeffizienz von Gebäuden - Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement“
- [3] DIN EN 15251:2012-12
„Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik“
- [4] DIN V 18599-10:2011-12
„Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten“
- [5] Technische Regeln für Arbeitsstätten: Raumluft - ASR A3.5

Anzeige

