

Klimaanlage erforderlich?!

Berechnungsmodul ermöglicht Prognose der operativen Raumtemperatur in Gebäuden

Dipl.-Ing. (FH) Rafael Sonnek, Prof. Dr.-Ing. Andreas Henne*

Das LG Bielefeld fällt am 23. März 2003 ein bemerkenswertes Urteil zum Thema Raumtemperaturen in Büroräumen. Danach wurde die Angeklagte verurteilt, in den Büroräumlichkeiten der Kläger zu gewährleisten, dass bei einer Außentemperatur von bis zu 32 °C die Innentemperatur 26 °C nicht übersteigt und bei höheren Temperaturen die Innentemperatur mindestens 6 K unter der Außentemperatur liegen muss. Seit diesem sogenannten „26 °C“-Urteil sind Bauherrn, Vermieter und Planer für die Problematik zu hoher Rauminnentemperaturen sensibilisiert. Daher werden bereits oft im Vorfeld von Baumaßnahmen Prognosen der zu erwartenden Temperaturen angestrebt, um zu überprüfen, in welchen Gebäudeteilen Klimatisierung erforderlich ist bzw. ob architektonisch konstruktive Maßnahmen Abhilfe leisten können.

Im Rahmen einer Diplomarbeit [1] wurde am Institut für Technische Gebäudeausrüstung der Fachhochschule Köln dazu ein Programm entwickelt, das eine schnelle überschlägige Temperaturprognose in Gebäuden ohne Raumlufttechnische Anlagen ermöglicht und die maßgeblichen Einflussparameter, hinsichtlich der Temperaturentwicklung aufzeigt**.

Das Wohlbefinden, die Leistungsfähigkeit und auch die Gesundheit von Personen, die sich in Räumen aufhalten, stehen in engem Zusammenhang mit den darin herrschenden raumklimatischen Bedingungen. Dementsprechend ist der thermische Komfort ein wesentlicher Aspekt bei der gebäudetechnischen Planung.

Optimalen raumklimatischen Bedingungen steht jedoch stets der Kostenfaktor entgegen. So ersetzt die freie Lüftung nicht selten die anlagentechnische Raumluftklimatisierung. Neben den Anforderungen der Bauherren

*) Dipl.-Ing. (FH) Rafael Sonnek, Prof. Dr.-Ing. Andreas Henne, Fachhochschule Köln

**) Das Programm – Berechnungsmodul zur Raumtemperaturprognose – kann kostenlos bezogen werden (siehe Kasten am Ende des Artikels).

und Nutzer gilt es weiterhin, Urteile aus Rechtsprechungen zu beachten sowie Forderungen aus Regelwerken und Richtlinien zu erfüllen.

Um allen Ansprüchen gerecht zu werden, wird der Planer in zunehmendem Maße

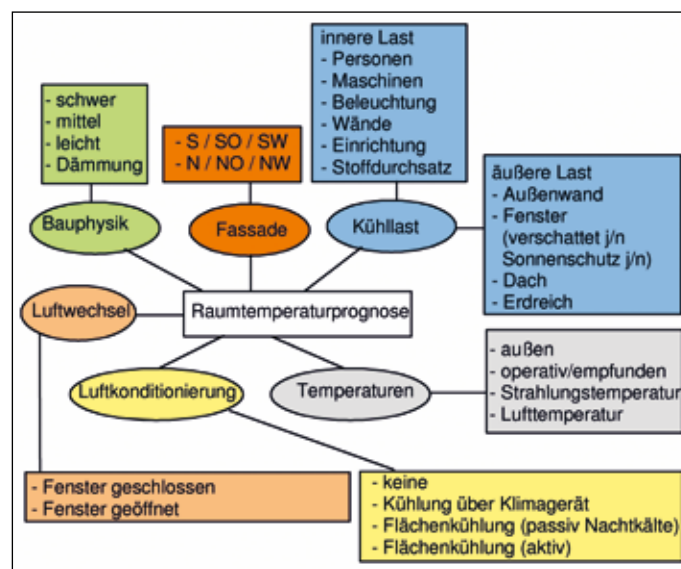
vor die Aufgabe der Untersuchung des thermischen Verhaltens von Gebäuden gestellt. Mithilfe von Simulationsprogrammen wird versucht, die Vielzahl der Einflussgrößen auf das Gebäude und ihre komplexen Zusammenhänge zu erfassen sowie das thermische Verhalten, im Hinblick auf ein angenehmes Raumklima mit einer gleichzeitig reduzierten Gebäudetechnik, planbar zu machen.

„Climasys“ liefert die Antworten

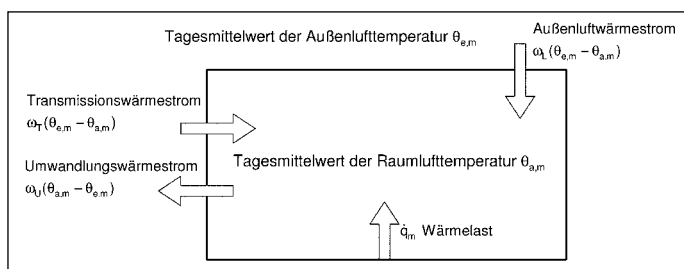
Das auf MS-Excel basierende Programm „Climasys“ operiert mit verhältnismäßig einfachen Algorithmen, erreicht aber, wie eine experimentelle Verifizierung [2] ergab, eine hinreichend genaue Abschätzung des zu erwartenden Raumklimas. Der Anwender erhält, ohne lange Einarbeitungszeit, eine vergleichsweise schnelle Beantwortung seiner Fragen. Dabei geht es im Wesentlichen um eine bestimmte Frage: benötige ich für mein Bauvorhaben, zur Einhaltung weitestgehend behaglicher Innentemperaturen, eine Klimaanlage oder können bereits architektonisch konstruktive Maßnahmen dieses realisieren, d. h. bei gleichzeitigem Verzicht auf eine Klimaanlage.

„Climasys“ ist ein, an der Fachhochschule Köln, für den Lehrbetrieb entwickeltes und stets erweitertes Softwareinstrumentarium für die technische Gebäudeausrüstung mit dem Schwerpunkt Klimatechnik. Es ermittelt:

- Gebäudekühllasten,
 - Anlagengrößen von Klimaanlagen,
 - Prozessverläufe von Luftzustandsänderungen,
 - Luftleitungsnetze,
 - Investitionskosten,
 - Anlagensimulationen und
 - laufende Kosten in Form von Energie, Wartung, Unterhaltung
- jeweils auf Excel-/Visual Basic-Basis. Der hier neu vorgestellte Baustein ermöglicht



■ Bild 1: Einflussgrößen auf die Raumtemperatur.



■ Bild 2: Wärmebilanz bei Lüftung mit Außenluft.

eine Raumtemperaturprognose.

Baustein Raumtemperaturprognose

Die Einflussparameter auf das Raumklima sind vielfältig (Bild 1). Hat man Kenntnis über diese einzelnen Größen, so lässt sich die Raumtemperatur über den nachfolgend beschriebenen Rechenalgorithmus ermitteln.

Operative Raumtemperatur

Das Innenklima eines Raumes wird gemäß DIN EN 13779 [4], u. a. über die sogenannte operative oder empfundene Temperatur definiert. Diese erfasst das Zusammenwirken der Lufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur der Umgebungsoberflächen. Mit ihrer Hilfe lassen sich die oft komplizierten, thermischen Verhältnisse eines Raumes sehr einfach beschreiben. Räume mit gleicher operativer Raumtemperatur und Luftbewegung rufen beim Menschen dasselbe Wärmeempfinden hervor.

Unter der Annahme geringer, relativer Luftgeschwindigkeit, sowie geringer Differenz zwischen mittlerer Strahlungstemperatur und Raumlufttemperatur, kann die örtliche operative Raumtemperatur aus dem Mittelwert der Raumlufttemperatur und der örtlichen mittleren Strahlungstemperatur ermittelt werden:

$$\theta_o = 0,5 \cdot (\theta_a + \theta_r) \quad (\text{Gl. 1})$$

Dabei ist:

- θ_o die örtliche operative Raumtemperatur in °C,
- θ_a die Raumlufttemperatur in °C,
- θ_r die örtliche mittlere Strahlungstemperatur in °C.

Örtliche mittlere Strahlungstemperatur

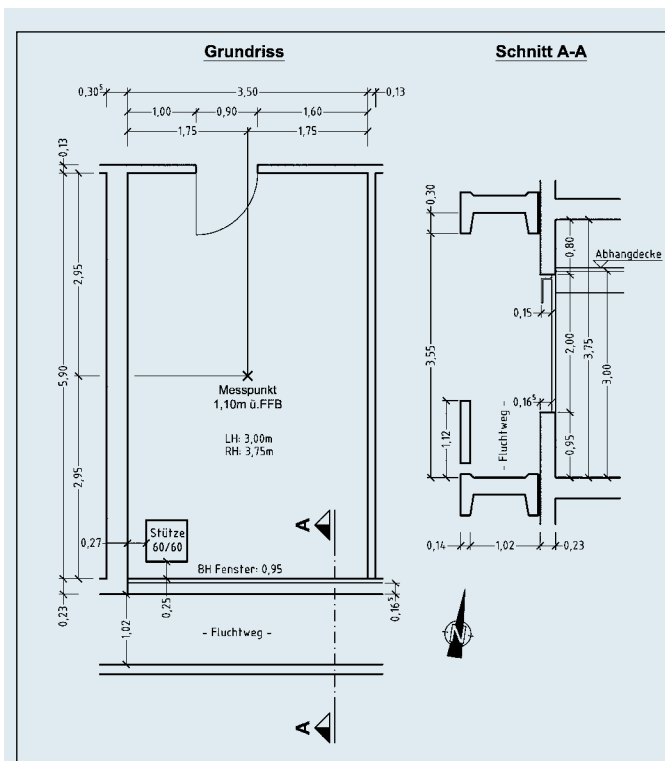
Die örtliche mittlere Strahlungstemperatur θ_r wird vom Programm anhand der Oberflächentemperaturen aller Umschließungsflächen, gewichtet nach ihren Einstrahlzahlen, bestimmt:

$$\theta_r = \sum_{K=1}^n \phi_K \cdot \theta_K \quad (\text{Gl. 2})$$

Dabei ist:

- ϕ_K die Einstrahlzahl zwischen dem Raumpunkt und der Fläche K,
- θ_K die Oberflächentemperatur der Fläche K in °C.

Die Ermittlung der raumseitigen Oberflächentemperaturen erfolgt unter Annahme einer homogenen Wand, sowie eines eindimensionalen, instationären Wärmedurchgangs mithilfe einer Fourier'schen Differentialgleichung. Zur Lösung dieser Differentialgleichung bedient sich das Programm eines Berechnungsverfahrens nach Haferland und Heindl [3], welches die Berechnung des Tagesverlaufes von Temperatur und Wärmestromdichte, unter Berücksichtigung von Amplitudendämpfung und Phasenverschiebung, innerhalb einer mehrschichtigen Wand an beliebiger Schichtgrenze erlaubt. Dabei werden



■ Bild 3: Grundriss und Schnitt des untersuchten Büroraumes.

Raumgeometrie

| | |
|------------------------|----------------------|
| Länge: | 5,90 m |
| Breite (Südfassade): | 3,50 m |
| Höhe: | 3,75 m |
| Fußbodenfläche: | 20,65 m ² |
| Raumvolumen: | 61,95 m ³ |
| Raumtyp nach VDI 2078: | Typ S („schwer“) |

Bauteile

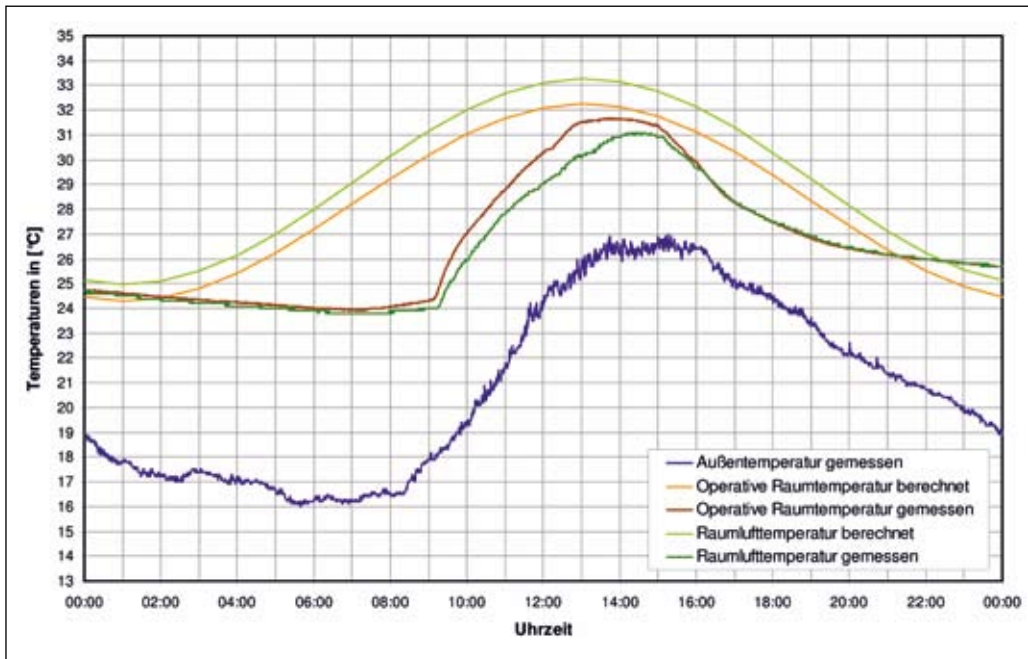
| | |
|-------------------|---|
| Fenster U-Wert: | 3,00 W/(m ² · K) |
| Fensterart: | Doppelverglasung |
| Fensterhöhe: | 2,00 m |
| Fensterbreite: | 3,50 m |
| Sonnenschutz: | Nicht vorhanden |
| Verschattungen: | Flucht- und Rettungsweg, sowie seitliche und obere Vorsprünge |
| Außenwand U-Wert: | 0,58 W/(m ² · K) |
| AW-Aufbau: | 6 cm Beton / 5 cm Dämmung / 12 cm Beton |
| AW-Anstrich: | Hellgrau (Absorptionsgrad $\alpha_s = 0,3$) |

Nutzungsspezifische Wärmelasten

| | | |
|--------------|--|------------------------|
| Personen: | Anzahl: | 1 |
| | Aufenthaltsdauer: | 8 - 12 Uhr |
| | Aktivitätsgrad: | Körperlich nicht tätig |
| Geräte: | Art: | PC, Bildschirm |
| | Anzahl: | 1 |
| | Belastungszeitraum: | 8 - 12 Uhr |
| Beleuchtung: | Aufgrund des ausreichenden Tageslichtes ausgeschaltet | |
| Luftwechsel: | 0,20 h ⁻¹ (Fenster geschlossen, Infiltration) | |

die an der Gebäudeoberfläche auftretenden Einflüsse der Außenlufttemperatur als auch der Strahlung mithilfe einer fiktiven Lufttemperatur, der

sogenannten Strahlungslufttemperatur, berücksichtigt.



■ Bild 4: Tagesverlauf der gemessenen und berechneten Temperaturen (am 22. September 2006).

Raumlufttemperatur

Die Raumlufttemperatur wird anhand eines Berechnungsverfahrens nach Petzold [6] und nach Haferland [3] bestimmt. Dabei wird vereinfachend angenommen, dass die Raumlufttemperatur einen harmonischen Verlauf besitzt. Der zur Berechnung der Raumlufttemperatur erforderliche Wertevorrat verringert sich somit auf Tagesmittel, Tagesamplitude und Zeitpunkt des Maximums.

Die innere und äußere thermische Belastung, die auf das Gebäude einwirkt, wird bei diesem Verfahren als quasistationär betrachtet, d. h. es wird angenommen, dass die thermische Belastung an jedem Tag die gleiche ist. Dem entsprechend wird ein eingeschwungener Raumlufzustand angenommen, d. h. der Verlauf der Raumluf-temperatur entspricht dem des Vortages. Der Tagesgang der Raumluf-temperatur $\theta_{a(\tau)}$ wird bestimmt aus:

$$\theta_{a(\tau)} = \theta_{a,m} + \hat{\Theta}_a \cdot \cos \left[\varpi \cdot (\tau - t_a) \right] \quad (\text{Gl. 3})$$

Dabei ist:

- $\theta_{a,m}$ der Tagesmittelwert der Raumluf-temperatur in °C,
- $\hat{\Theta}_a$ die Tagesamplitude der Raumluf-temperatur in K,
- τ die Zeit in h,
- t_a der Zeitpunkt der maximalen Raumluf-temperatur,
- ϖ die Winkelgeschwindigkeit

$$\varpi = \frac{2 \cdot \pi}{24} \text{ in } \frac{\text{rad}}{\text{h}}$$

Der Tagesmittelwert der Raumluf-temperatur bei Fensterlüftung $v_{a,m}$ ergibt sich, anhand von zuvor berechneten Wärmeströmen, aus nachstehender Wärmebilanzierung (Bild 2):

$$\theta_{a,m} = \theta_{e,m} + \frac{\dot{q}_m}{\varpi_T + \varpi_L + \varpi_U} \quad (\text{Gl. 4})$$

Dabei ist:

- $\theta_{e,m}$ der Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur in °C,
- \dot{q}_m die mittlere spezifische Wärmelast bezogen auf die Fußbodenfläche in W/m^2 ,

- ϖ_T der Transmissionswärmekapazitätsstrom in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- ϖ_L der Außenluftwärmekapazitätsstrom in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- ϖ_U der Umwandlungswärmekapazitätsstrom in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Die Berechnung der Tagesamplitude der Raumluf-temperatur $\hat{\Theta}_a$ erfolgt für zeitverschobene Maxima von Innen- bzw. Außentemperatur. Der Zeitpunkt des Wärmelastmaximums stimmt nur selten mit dem Zeitpunkt der maximalen Zulufttemperatur überein. Grund hierfür ist der Speichervorgang in den Bauteilen (auch Sekundärspeicherung genannt), der abhängig ist vom Wärmeabsorptionsvermögen des Raumes.

Die Raumluf-temperaturamplitude ergibt sich dann wie folgt:

$$\hat{\Theta}_a = \frac{\varpi_L \cdot \hat{\Theta}_e \cdot \cos[\varpi \cdot (t_a - t_e)] + \hat{q} \cdot \cos[\varpi \cdot (t_a - t_Q)]}{\varpi_L \cdot \varpi_U + B_{r,f_1}} \quad (\text{Gl. 5})$$

- Dabei ist:
- $\hat{\Theta}_e$ die Amplitude der Außenlufttemperatur in K,

- t_a der Zeitpunkt der maximalen Raumluf-temperatur,
- t_e der Zeitpunkt der maximalen Zulufttemperatur,
- t_Q der Zeitpunkt des Wärmelastmaximums,
- \hat{q} die spezifische Wärmelastamplitude in W/m^2 ,
- B_{r,f_1} das Wärmeabsorptionsvermögen des Raumes in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- ϖ_L der Außenluftwärmekapazitätsstrom in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- ϖ_U der Umwandlungswärmekapazitätsstrom in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- ϖ die Winkelgeschwindigkeit $\varpi = \frac{2 \cdot \pi}{24} \text{ in } \frac{\text{rad}}{\text{h}}$.

Verifizierung des Programms

Um zu überprüfen, inwieweit die Berechnungsergebnisse des Programms „Raumtemperaturprognose“ mit den tatsächlichen Gegebenheiten übereinstimmen, erfolgte im Rahmen einer weiteren Diplomarbeit [2] eine Verifizierung des Programms.

Hierzu wurden Innentemperaturmessungen in bestehenden Räumen durchgeführt, die anschließend einem Vergleich mit den prognostizierten Ergebnissen des Programms unterzogen wurden. Hinsichtlich einer breiten Vergleichsbasis mit den Berechnungsergebnissen des Programms unterschieden sich die ausgewählten Räume im konstruktiven Aufbau, in der Lage sowie der Himmelsausrichtung. Weiterhin wurden dem Vergleich unterschiedliche, nutzungsspezifische Belastungen zugrunde gelegt.

Der Tagesverlauf der Raumluf-temperatur wurde mit einem strahlungsge-

Tabelle 1: Vergleich der Mess- und Berechnungsergebnisse der operativen Raumtemperatur und Raumlufttemperatur. Trotz der großen Anzahl getroffener Annahmen und der Vielzahl von Vereinfachungen innerhalb der Berechnungsgänge des Programms, der Messunsicherheiten seitens der Messtechnik sowie der damit resultierenden Unsicherheit der Eingangs- und Vergleichsgrößen für das Programm, ergibt sich eine gute Übereinstimmung der gemessenen und berechneten Werte.

| | Operative Raumtemperatur | | | Raumlufttemperatur | | |
|---|--------------------------|------------|---------------------|--------------------|------------|---------------------|
| | Messung | Berechnung | Absolute Abweichung | Messung | Berechnung | Absolute Abweichung |
| Maximum: | 31,67 °C | 32,25 °C | 0,58 K | 31,10 °C | 33,28 °C | 2,18 K |
| Zeitpunkt des Maximums: | 13:51 Uhr | 13:00 Uhr | 0:51 h | 14:09 Uhr | 13:00 Uhr | 1:09 h |
| Tagesmittelwert: | 26,70 °C | 28,13 °C | 1,43 K | 26,41 °C | 28,97 °C | 2,56 K |
| Streuung um den Tagesmittelwert: | 4,97 K | 4,12 K | 0,85 K | 4,69 K | 4,66 K | 0,03 K |

geschützten NTC-Temperaturfühler, der Tagesverlauf der operativen Raumtemperatur mithilfe eines Globethermometers bestimmt. Die Messung der meteorologischen Randbedingungen erfolgte mittels Wetterstation.

Nachfolgend ist, exemplarisch aus den vielen Messungen, ein solcher Vergleich der Mess- und Berechnungsergebnisse für einen ausgewählten Tag am Beispiel eines Büroraumes (Bild 3) im Hauptgebäude der Fachhochschule Köln dargestellt. Die Raumumschließungsflächen des Büroraumes lassen sich in eine nach Süden ausgerichtete Außenfläche sowie fünf, an Innenräume angrenzende, Flächen aufteilen. Während der Berechnung

waren in allen angrenzenden Räumen identische Temperaturen, d. h. es flossen keinerlei Transmissionswärmeströme über die Innenbereiche. Die nach Süden ausgerichtete Fassadenfläche wird durch einen außenliegenden Flucht- und Rettungsweg, als auch durch seitliche und obere Vorsprünge verschattet. Eine Verschattung der Fassadenfläche durch Nachbargebäude liegt nicht vor.

Berechnet man nun basierend auf den zu Bild 3 genannten Angaben die Innentemperaturverläufe und vergleicht diese mit den gemessenen Temperaturverläufen, ergibt sich die Darstellung in Bild 4. Im Hinblick auf die Vielzahl der Einflussgrößen auf das thermische Ver-

halten des Büroraumes, sowie die komplexen thermodynamischen Vorgänge, sollte es einleuchtend sein, dass eine völlige Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung nicht erwartet werden kann. Ebenso sei angemerkt, dass es sich bei dem hier vorgestellten Programm, aufgrund der Fülle an vorgenommenen Vereinfachungen innerhalb der Rechengänge, lediglich um ein Werkzeug zur Abschätzung der Tagesverläufe der Innentemperaturen handelt.

Darüber hinaus konnten die tatsächlichen baulichen Gegebenheiten, hinsichtlich des Aufbaus der Umschließungsflächen, nur abgeschätzt werden. Eine unbekannte Größe ist vor allem

auch die Speicherfähigkeit von Baumassee und den sich im Raum befindenden Materialien. Ein realer Raum wird selten genau einer dieser Klassifizierungen entsprechen. Ebenso gilt es, die Genauigkeit der verwendeten Messtechnik zu beachten. Hinzu kommen mögliche Störeinflüsse, wie durch Strahlung, die sich nie gänzlich ausschließen lassen.

Trotz der großen Anzahl getroffener Annahmen, der Vielzahl von Vereinfachungen innerhalb der Berechnungsgänge des Programms, der Messunsicherheiten seitens der Messtechnik und der damit resultierenden Unsicherheit der Eingangs- und Vergleichsgrößen für das Programm, zeigt Tabelle 1 eine gute Übereinstimmung der gemessenen und berechneten Werte, sowohl im Hinblick auf die operative Raumtemperatur als auch die Raumlufttemperatur. Für die Bewertung ist dabei entscheidend, wie gut Mittelwerte, Absolutwerte und Zeitpunkte der Maxima der Temperaturverläufe übereinstimmen.

Die Unterschiede in den Verläufen der gemessenen und berechneten Temperaturen, insbesondere hinsichtlich der Steigung, lassen sich durch vereinfachende An-

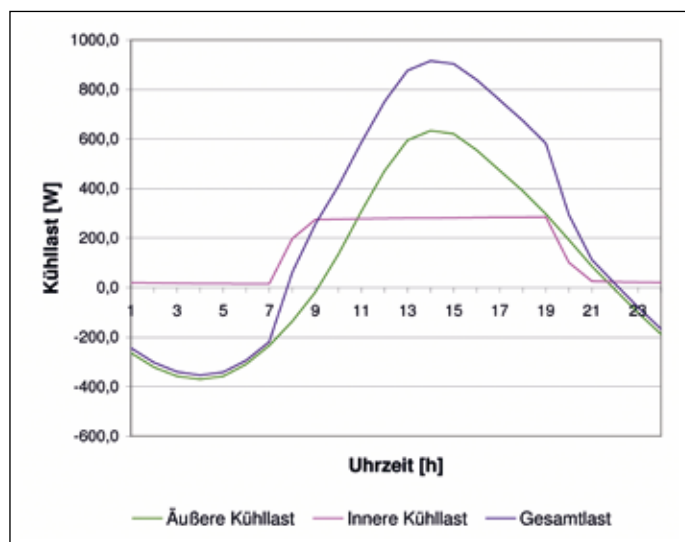


Bild 5: Kühllast des betrachteten Raumes.

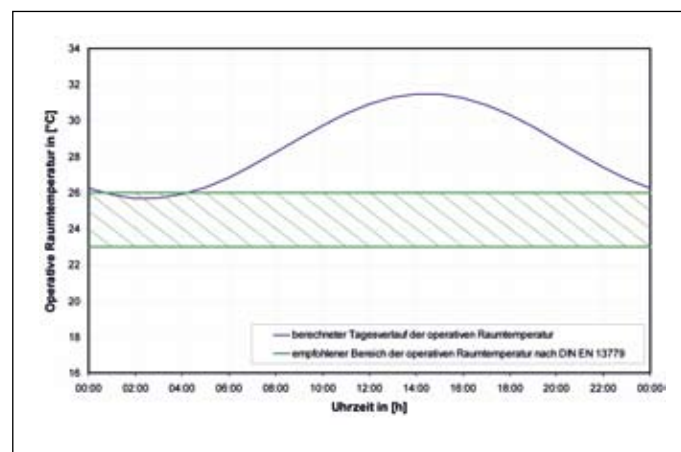


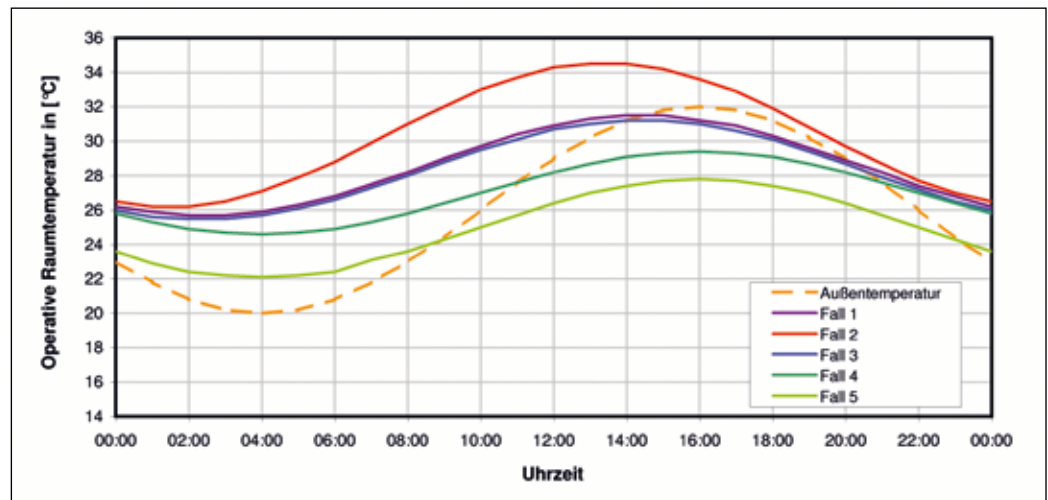
Bild 6: Empfohlene operative Raumtemperatur gemäß DIN EN 13779 (grün schraffierter Bereich). Temperaturen außerhalb dieses Bereiches werden als unbehaglich empfunden. In dem hier berechneten Beispiel kommt es, in der Zeit zwischen 8 und 20 Uhr, zu einer deutlichen Überschreitung.

nahmen im Berechnungsverfahren erklären. Der Raumlufttemperatur und somit letztlich auch der operativen Raumtemperatur wird dort eine harmonische Schwingung unterstellt, welche nur annähernd dem realen Temperaturverlauf entspricht. Temperaturschwankungen, ausgelöst durch plötzliche Änderung der meteorologischen oder nutzungsspezifischen Randbedingungen, werden im Programm demnach lediglich anhand des Tagesmittelwertes und/oder der Tagesamplitude berücksichtigt. Im Gegensatz dazu schlagen sich etwaige Schwankungen der Randbedingungen innerhalb der tatsächlichen Temperaturverläufe unverzüglich nieder.

Sensitivitätsbetrachtung

Nachfolgend soll anhand des zuvor beschriebenen Büroraumes eine Sensitivitätsbetrachtung durchgeführt werden, um aufzuzeigen, inwiefern sich bauliche Veränderungen sowie Sonnenschutzmaßnahmen auf die operative Temperatur auswirken.

Es wird dargestellt, wie sich der Wegfall der Beschattung durch den außenliegenden Flucht- und Rettungsweg auf die Innentemperatur auswirkt. Des Weiteren wird der Einfluss eines inneren und äußeren Sonnenschutzes untersucht. Letztlich wird ein System mit Betonkernaktivierung betrachtet. Dabei wird in die Zwischendecke eine Rohrleitung einbetoniert, die nachts (0 Uhr bis 6 Uhr morgens) unter Ausnutzung natürlicher Kälte über einen Freiluftkühler betrieben wird, d. h. es ist keine zusätzliche Kältemaschine erforderlich. Einzig zu investierende Energie ist die geringe Leistung der Pumpen.



■ Bild 7: Operative Raumtemperatur als Funktion unterschiedlicher baukonstruktiver Maßnahmen.

Legende:

- Fall 1: Basisfall, Verschattung durch Flucht- und Rettungsweg,
- Fall 2: wie Fall 1, jedoch ohne Verschattung durch Flucht- und Rettungsweg,
- Fall 3: wie Fall 1, jedoch mit innerem Sonnenschutz durch eine Jalousie,
- Fall 4: wie Fall 1, jedoch mit äußerem Sonnenschutz durch eine Jalousie,
- Fall 5: wie Fall 4, jedoch mit zusätzlicher Betonkernaktivierung.

Abweichend von dem in der Verifizierung dargestellten Fall werden der Sensitivitätsbetrachtung folgende generelle Randbedingungen zugrunde gelegt:

- Personen: 1
- Aufenthaltsdauer: 8-20 Uhr
- Aktivitätsgrad: körperlich nicht tätig
- Geräte: PC, Bildschirm, Drucker
- Anzahl: 1
- Belastungszeitraum: 8-20 Uhr
- Luftwechsel: 1,00 h⁻¹ (Fenster in Kippstellung)
- Bezugsmonat: Juli

Berechnet man für den Büroraum, mit den zuvor genannten Randbedingungen, die Kühllast gemäß VDI 2078 [5], so ergibt sich im Raum eine Spitzenlast von etwa 900 W (Bild 5). Demnach kann die operative Raumtemperatur, unter der vorgenannten Konstellation, während der Mittagszeit nur schwerlich im Behaglichkeitsbereich liegen. Bild 6 verdeutlicht dieses.

Alternative Maßnahmen zur Kühlung

Es wäre ein leichtes, nun die Last über eine Klimaanlage abzuführen. Die weiteren Betrachtungen sind je-

doch ausschließlich auf Systeme ohne Raumlufttechnische Anlage ausgerichtet. Für die zuvor beschriebenen und nachfolgend nochmals zusammengefassten Modifikati-

der operativen Raumtemperatur für den Basisfall (Fall 1) zwischen 25 und 32°C und liegt somit größtenteils außerhalb des Behaglichkeitsbereiches. Ohne bauliche Verschattung durch den außenliegenden Flucht- und Rettungsweg, wie in Fall 2 dargestellt, würde das Tagesmaximum sogar auf über 34°C steigen. Dies wäre nunmehr nicht nur Unbehaglich sondern würde von den meisten Menschen sogar als unerträglich empfunden werden.

Der Versuch über einen inneren Sonnenschutz, in Form einer Jalousie, die solare Einstrahlung in den Raum zu begrenzen, bringt, gemäß Fall 3, kaum Linderung. Im Gegensatz dazu erreicht man mit einer außenliegenden Jalousie eine Absenkung des Temperaturmaximums von etwa 2 K. Behaglich ist dies jedoch noch immer nicht. Die Betonkernaktivierung ist es letztlich, die dem angestrebten Ziel am nächsten kommt. Antriebs-

onen liefert das Programm die in Bild 7 dargestellten Temperaturverläufe:

Fall 1: Basisfall, Verschattung durch Flucht- und Rettungsweg,

Fall 2: wie Fall 1, jedoch ohne Verschattung durch Flucht- und Rettungsweg,

Fall 3: wie Fall 1, jedoch mit innerem Sonnenschutz durch eine Jalousie,

Fall 4: wie Fall 1, jedoch mit äußerem Sonnenschutz durch eine Jalousie,

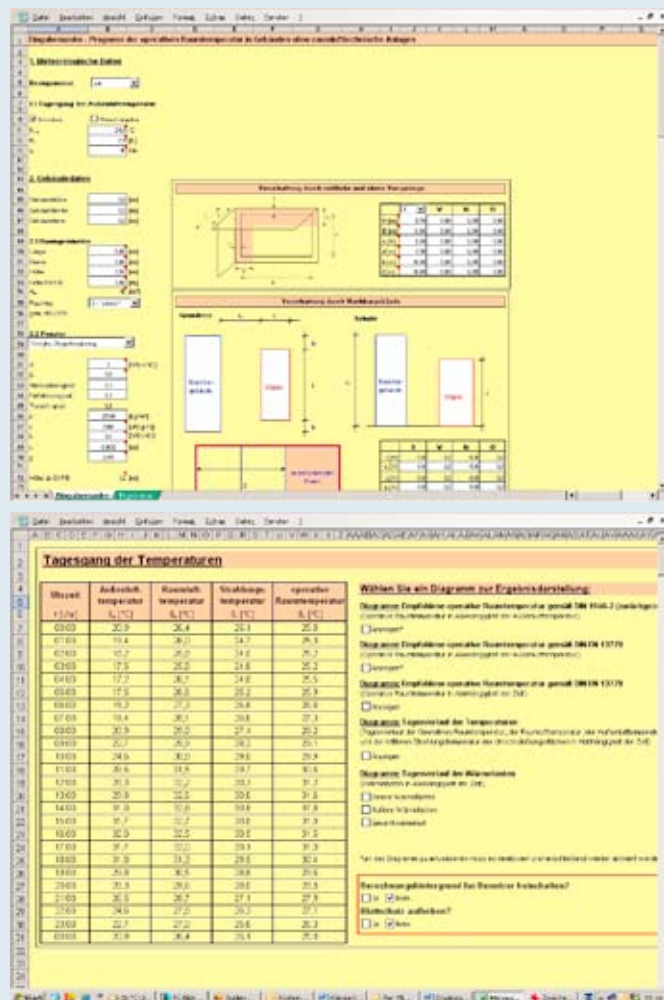
Fall 5: wie Fall 4, jedoch mit zusätzlicher Betonkernaktivierung.

Wie zuvor erläutert, schwankt der Tagesverlauf

Berechnungsmodul „Raumtemperaturprognose“ kostenlos erhältlich

Das Institut für Technische Gebäudeausrüstung der Fachhochschule Köln stellt exklusiv den Lesern des IKZ-FACHPLANERS und der IKZ-HAUSTECHNIK das Berechnungsmodul „Raumtemperaturprognose“ zur Verfügung.

Hinweis: Die FH-Köln übernimmt keine Gewährleistung für die Richtigkeit der Ergebnisse und bietet auch keinen Software-Support an.



Ausschnitt aus Eingabe- und Ergebnisseite des Berechnungsmoduls.

ter sommerlichen Verhältnissen. Zugleich erlaubt das Programm Rückschlüsse auf die Wirkung wesentlicher Einflussgrößen auf das Innenraumklima.

Durch eine Vielzahl getroffener Vereinfachungen innerhalb der Berechnungsgänge des Programms erreicht „Climasys“ vermutlich nicht ganz die Genauigkeit gängiger Gebäudesimulationsprogramme. Es arbeitet jedoch hinreichend genau. Aufgrund von einfacher Handhabung und somit kurzer Einarbeitungszeit (Excel-Basis) bietet es ein hohes Maß an Benutzerfreundlichkeit.

Literatur

[1] Obal, Andre: Prognose der operativen Raumtemperatur in Gebäuden ohne Raumlufttechnische Anlagen, Diplomarbeit FH-Köln 2005

- [2] Sonnek, Rafael: Experimentelle Ermittlung der operativen Raumtemperatur in Gebäuden ohne RLT-Anlage, Diplomarbeit FH-Köln 2007
- [3] Haferland, F.: Das wärmetechnische Verhalten mehrschichtiger Außenwände, Bauverlag GmbH Wiesbaden-Berlin, 1970
- [4] DIN EN 13779, Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage, Ausgabe: Mai 2005, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [5] VDI 2078, Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI Kühllastregeln), Ausgabe: Juli 1996, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [6] Arbeitskreis der Dozenten für Klimatechnik: Handbuch der Klimatechnik, Band 2: Anwendungen, 4. Auflage 2003, C.F. Müller Verlag, Heidelberg

leistung ist die Nachtkühle, die z. B. über freie Kühlung zwischen 0 Uhr abends und 6 Uhr morgens in den Raum gelangt. Sie verringert die Spitzentemperatur auf akzeptable 27 bis 28°C, was temperaturseitig, weitestgehend, behaglichen Bedingungen entspricht. Die Bauschwere, also das Vermögen der Wand Energie zu speichern, hat einen

wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis.

Fazit

Mit dem entwickelten, verifizierten und fehlerbereinigten Berechnungsmodul „Raumtemperaturprognose“ wurde ein neuer Baustein innerhalb des Softwarepaketes „Climasys“ eingeführt. Mit diesem Programm gelingt, für geometrisch einfache Räume, eine relativ genaue Vorausberechnung der thermischen Situation des Raumes un-