

in regelungstechnisches Modell zur Beschreibung des thermisch dynamischen Raumverhaltens



**Teil 2: Vergleich der Berechnungsergebnisse für das
Regelungstechnische Modell mit anderen Verfahren
am Beispiel sommerlicher Raumtemperaturen**

L. Rouvel, F. Zimmermann

Im **Teil 1** werden die mathematischen Grundlagen eines regelungstechnischen Modells für die Berechnung instationärer thermischer Belastungen und Raumtemperaturen aufgezeigt. Auf diesen Grundlagen aufbauend, wird eine Methode beschrieben, die es erlaubt, Raumtemperaturen oder thermische Lasten mit geringem Aufwand zu berechnen und damit die Ergebnisse von Simulationen nachzuprüfen. Die Verwendung eines regelungstechnischen Modells erlaubt auch den Einsatz dieser Methode bei der Programmierung von DDC-Anlagen und macht die Verwendung von ungenauen Approximationen zur Beschreibung des thermischen Antwortverhaltens von Räumen überflüssig. Es wird gezeigt, dass das thermische Raumverhalten mit jeweils zwei Kenngrößen für jede Belastungsart (strahlend bzw. konvektiv) und eine Raumkenngröße vollständig beschrieben werden kann.

Im **nachfolgenden Teil n2** werden Beispiele für die Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei unterschiedlichen Belastungsfällen und Raumtypen erläutert. Dabei wird ein Vergleich von Ergebnissen nach der vorgeschlagenen Methode mit denen von GEBSIMU, TRNSYS, DOE-2 und BLAST und den Ergebnissen mit einem Schaltkreis-Analyse-Verfahren durchgeführt.

Im **Teil 3** wird eine Möglichkeit beschrieben, Gewichtungsfaktoren, wie sie in der VDI 2078 verwendet werden, mit der vorgeschlagenen Methode zu bestimmen. Auf die besondere Problematik bei der Verwendung der Methode mit Gewichtsfunktionen wird dabei eingegangen

Zielsetzung des Programmvergleichs

Im Teil 1 dieser Veröffentlichung sind die theoretischen Grundlagen des regelungstechnischen Modells zur Beschreibung des thermisch dynamischen Raumverhaltens behandelt worden. Die Ergebnisse für dieses Modell sind mittels Schaltkreis-Analyse-Verfahren sowohl mit einem ausführlichen als auch mit einem vereinfachten Beuken-Modell überprüft worden. Desweiteren wurden die Ergebnisse mit denen eines Simulationsprogramms verglichen. Der Vergleich ergibt eine ausgezeichnete Übereinstimmung aller Resultate. Ein einzelnes Beispiel kann jedoch für den praktischen Nachweis der Anwendbarkeit eines Verfahrens nicht genügen.

Bei der Bearbeitung der VDI 6020 (Anforderungen an Rechenverfahren für die Gebäude- und Anlagensimulation) [1] werden für die Verifikation der Ergebnisse von Simulationsverfahren Testbeispiele aufgestellt. Diese werden im folgenden und mit verschiedenen Computer-Simulations-Programmen berechnet.

Diese Testbeispiele haben die Aufgabe, das Antwortverhalten eines Simulationsprogramms auf unterschiedliche Lasten und Randbedingungen aufzuzeigen. Bei der Berechnung dieser Testbeispiele stellt sich u. a. auch heraus, in wie weit die einzelnen Programme in der Lage sind, die vorgegebenen Lasten und Randbedingungen richtig abzubilden und dem Anwender deren Eingabe zu ermöglichen.

Diese Testbeispiele werden nachfolgend beschrieben und deren Ergebnisse mit dem regelungstechnischen Modell verglichen. Als „Meßlatte“ beim Vergleich sowohl für die VDI 6020 als auch für den vorliegenden Vergleich mit dem regelungstechnischen Modell wird das Schaltkreis-Analyse-Verfahren mit der Nachbildung des thermisch dynamischen Raumverhaltens mittels des Beuken-Analogiemodells verwendet, das anerkanntermaßen bei genügend genauer Nachbildung des Wandaufbaus beliebige dynamische thermische Verhältnisse richtig wiedergibt.

Randbedingungen für den Programmvergleich

Die Bedingung, auch die VDI 2078 [2] in den Vergleich mit einzubeziehen, stellt gewisse Anforderungen an die Randbedingungen. So sind z.B. die Wärmeübergangszahlen für Strahlung und Konvektion entsprechend den Bedingungen für die Typräume nach VDI 2078 festgelegt. Die Werte der Sonneneinstrahlung sind ebenfalls nach den Tabellen der VDI 2078 ausgewählt. Da die VDI 2078 mit festgelegten Typräumen rechnet, werden für den Vergleich zwei „kritische“ Typräume, nämlich die Typräume S (schwer) und L (leicht) bei den Testbeispielen 1 - 5 verwendet. Für das Testbeispiel 6 wird ein abweichender Raum gewählt, um auch einen Vergleich für den Fall eines nicht typisierten Raumes zu gewinnen; nämlich ein Raum, der weitgehend mit den Daten für den „Zeichenraum“ in der VDI 2078 übereinstimmt.

Die Wahl der Typräume hat den Vorteil, dass die Raum-abmessungen und die physikalischen Daten der Bauteile allgemein bekannt sind.

Im Richtlinienausschuss der VDI 6020 ist weiterhin vereinbart worden, dass alle Innenlasten und Tabellenwerte (Außenklima, Sonneneinstrahlung etc.) als Stundenmittelwerte angenommen werden und die Ergebnisse am Ende der Stunde ausgegeben werden.

Allgemeine Randbedingungen für die Testbeispiele 1 - 5:

Raumtemperatur-Startwert:	22 °C
Temperaturen in den angrenzenden Räumen:	
wie im Testraum (adiabates Wandverhalten)	
Wärmeübergangszahl, Strahlung:	5,0 W/m ² K
Wärmeübergangszahl, Konvektion vertikal:	2,7 W/m ² K
Wärmeübergangszahl, Konvektion horiz.:	1,67 W/m ² K
Raumabmessungen und Wandaufbauten:	
mit allen physikalischen Daten nach VDI 2078.	

Allgemeine Randbedingungen für die Testbeispiele 1 - 4:

Außentemperatur:	22 °C konstant
Sonneneinstrahlung:	keine

Lastperiode für die Innenlasten: 6⁰⁰ - 18⁰⁰ Uhr

Spezielle Randbedingungen für Testbeispiel 1:

Raumtyp: Typraum S
konvektive Innenlast: 1000 Watt
strahlende Innenlast: 0 Watt

Spezielle Randbedingungen für Testbeispiel 2:

Raumtyp: Typraum S
konvektive Innenlast: 0 Watt
strahlende Innenlast: 1000 Watt

Spezielle Randbedingungen für Testbeispiel 3:

Raumtyp: Typraum L
konvektive Innenlast: 1000 Watt
strahlende Innenlast: 0 Watt

Spezielle Randbedingungen für Testbeispiel 4:

Raumtyp: Typraum L
konvektive Innenlast: 0 Watt
strahlende Innenlast: 1000 Watt

Spezielle Randbedingungen für Testbeispiel 5:

Raumtyp: Typraum S
Lastperiode für Innenlasten: 8⁰⁰ - 17⁰⁰ Uhr
(siehe **Bild 1**)
Wärmeabgabe Personen, konvektiv: 80 Watt
Wärmeabgabe Personen, strahlend: 80 Watt
Wärmeabgabe Maschinen, konvektiv: 200 Watt
Glasanteil an der Fensterfläche: 100 %
Sonnenschutzfaktor b: 0,15
Grenzwert für das Schließen des Sonnenschutzes, (hinter Glas): 100 Watt/m²
Außentemperatur nach VDI 2078 Klimazone 2 Juli
Außenwandorientierung: Südseite
Absorptionskoeffizient der Außenwand: 1,0
(einzusetzende Strahlungswerte wie bei dem Fenster)

Sonneneinstrahlungswerte:

Für die Sonneneinstrahlung sind die Tabellenwerte der VDI 2078 hinter Zweifachglas für Monat Juli, (Mittelwerte - Standardabweichung, Klimazone 2) für Süd gewählt.

Konvektiver Anteil im Raum der durch die Fenster gelangenden Sonneneinstrahlung: 9 %

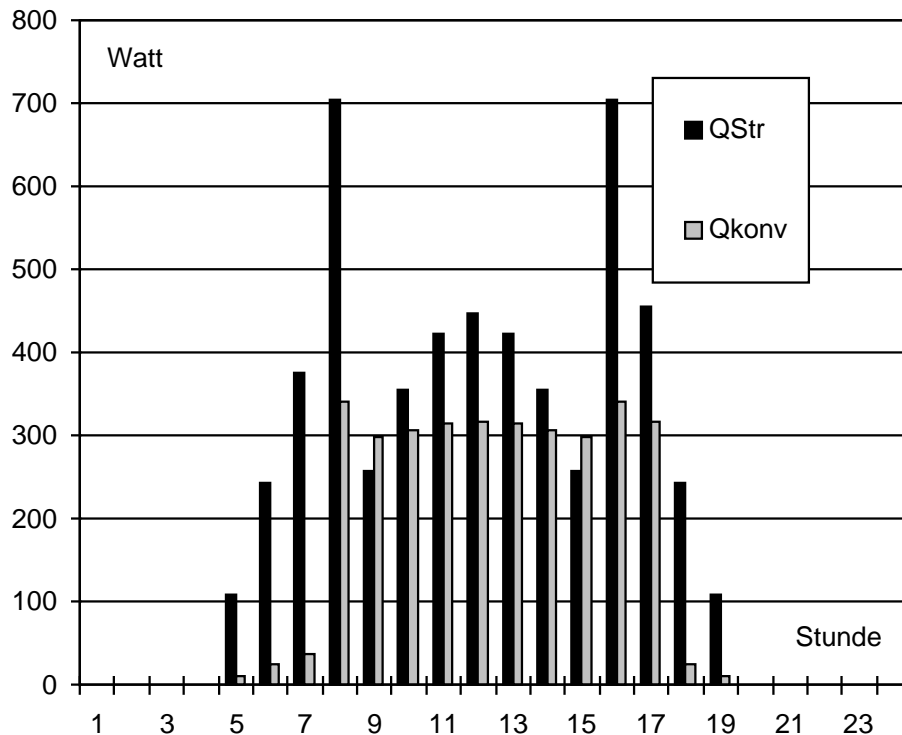


Bild 1: Im Raum wirksame Lasten, Innenlasten und solare Last durch das Fenster für Testbeispiel 5

Testbeispiel 6:

Raum des Rechenbeispiels „Zeichensaal“ nach VDI 2078 mit den nachstehend beschriebenen, teilweise abweichenden Randbedingungen.

Raumtyp:	kein Typraum
Raumtemperatur-Startwert:	22 °C
Temperatur der Nachbarräume wie im Rechenbeispiel VDI 2078 für den Zeichensaal	
Strahlungsbelastung auf Innenwände in den Nebenzimmern:	keine
Temperatur des darunter liegenden Raumes	22 °C
Strahlungsbelastung des Fußbodens:	symmetrisch
Lastperiode aller Innenlasten:	7 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰ Uhr
Wärmeabgabe Maschinen, konvektiv:	2400 Watt
Wärmeabgabe Maschinen, strahlend:	0 Watt
Wärmeabgabe Personen, konvektiv:	1920 Watt
Wärmeabgabe Personen, strahlend:	1920 Watt
Außenzone:	128 m ²
Innenzone:	112 m ²
Beleuchtung in der Innenzone:	20 W/m ²
im Raum wirksamer Anteil der Beleuchtung	
Strahlung:	75 %
Konvektion:	0 %
Beschattung durch Fassadenbauteile:	keine
Glasanteil an der Fensterfläche:	100 %
Sonnenschutzfaktor b	0,15

Grenzwert für das Schließen des Sonnenschutzes, (hinter Glas) 100 Watt/m²
 Außentemperatur nach VDI 2078 Klimazone 2: Juli
 Außenwandorientierungen: nach VDI 2078
 Absorptionskoeffizient der Außenwand: 1,0
 (einzusetzende Strahlungswerte wie bei dem Fenster)

Sonneneinstrahlungswerte:

Für die Sonneneinstrahlung sind die Tabellenwerte der VDI 2078 hinter Zweifachglas für Monat Juli, (Mittelwerte - Standardabweichung, Klimazone 2) für die jeweilige Orientierung gewählt.

Konvektiver Anteil im Raum der durch die Fenster gelangenden Sonneneinstrahlung: 9 %

Bauteile:

Fußbodenaufbau:	wie Typraum L
Innenwände:	wie Typraum L
Außenwände: SO, NW und SW:	wie Typraum L
Dach: 5 cm Kies	$\lambda = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$ $c = 840 \text{ J/kgK}$
10 cm Hartschaum	$\lambda = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$ $\rho = 40 \text{ kg/m}^3$ $c = 1386 \text{ J/kgK}$
15 cm Stahlbeton	$\lambda = 2,035 \text{ W/m}^2\text{K}$ $\rho = 2100 \text{ kg/m}^3$ $c = 920 \text{ J/kgK}$

Luftwechsel mit Außenluft, 0⁰⁰ - 24⁰⁰ Uhr: 2 -fach pro h

Programme, die am Vergleich beispielhaft beteiligt sind

Den nachstehend genannten Mitgliedern des Ausschusses VDI 6020 sei an dieser Stelle für ihre Mitarbeit bei der Berechnung der Testbeispiele für die VDI 6020 gedankt.

Dr.-Ing. Hirschberg, Wiesbaden	BLAST
Dipl.-Ing. Morgenstern, Kaast-Büttgen	DOE-2
Ing. Büro Barath + Wagner	
Dipl.-Ing. Diehl, Aachen	TRNSYS
Fa. Krantz-TKT	
Dipl.-Ing. Hoffmann, Frechen	TASS
UE - Consult	
Dr.-Ing. Madjidi, Stuttgart	TRNSYS-E

Beim Programm TRNSYS-E handelt es sich um eine Berechnung auf der Basis von TRNSYS, jedoch mit einem sehr stark vereinfachten Ein-Kapazitäten-Modell.

Weiterhin sind folgende Programme in den Vergleich einbezogen:

Prof. Dr.-Ing. Rouvel, München	GEBSIMU
--------------------------------	---------

Die Berechnungen nach VDI 2078 - ZB sind im Gegensatz zur VDI 2078 mit für den jeweils betrachteten Raum von Zimmermann+Becker berechneten Gewichtungsfaktoren durchgeführt.

Die Berechnungen mit dem „Eich“-Verfahren nach Beuken mittels des Schaltkreis-Analyse-Programm PSPICE und mit dem Zwei-Kapazitäten-Modell sind von den Verfassern durchgeführt worden.

Eine korrekte Abbildung der vorgegebenen Randbedingungen mit dem Programm BLAST ist ohne einen Eingriff in den Quellcode des Programms nicht möglich. Auf eine Berechnung ist deshalb verzichtet worden.

Die verbleibenden Programme sind in den Diagrammen wie folgt gekennzeichnet:

DOE - 2	1
GEBSIMU	2
TASS	3
TRNSYS	4
TRNSYS - E	5
VDI 2078	6
VDI 2078 - Z+B	7
Beuken.Modell mit PSPICE	A
Zwei - Kapazitäten - Modell	B

Vergleich der Berechnungsergebnisse

Die „Eichung“ und Bewertung der Ergebnisse erwartbarer Raumtemperaturen aus den sechs Testbeispielen bezüglich des Einflusses unterschiedlicher Belastungen und Raumtypen erfolgt auf der Grundlage des „Beuken-Modells“ mit einem Schaltkreis-Analyse-Verfahren (siehe Teil 1).

Für alle sechs Testbeispiele wird ausgehend von einem ausgeglichenen Startwert einer Raumtemperatur von 22 °C der Zeitgang der Raumtemperatur über 60 Tage bei periodischen Randbedingungen von Innen- und Außenlasten ermittelt.

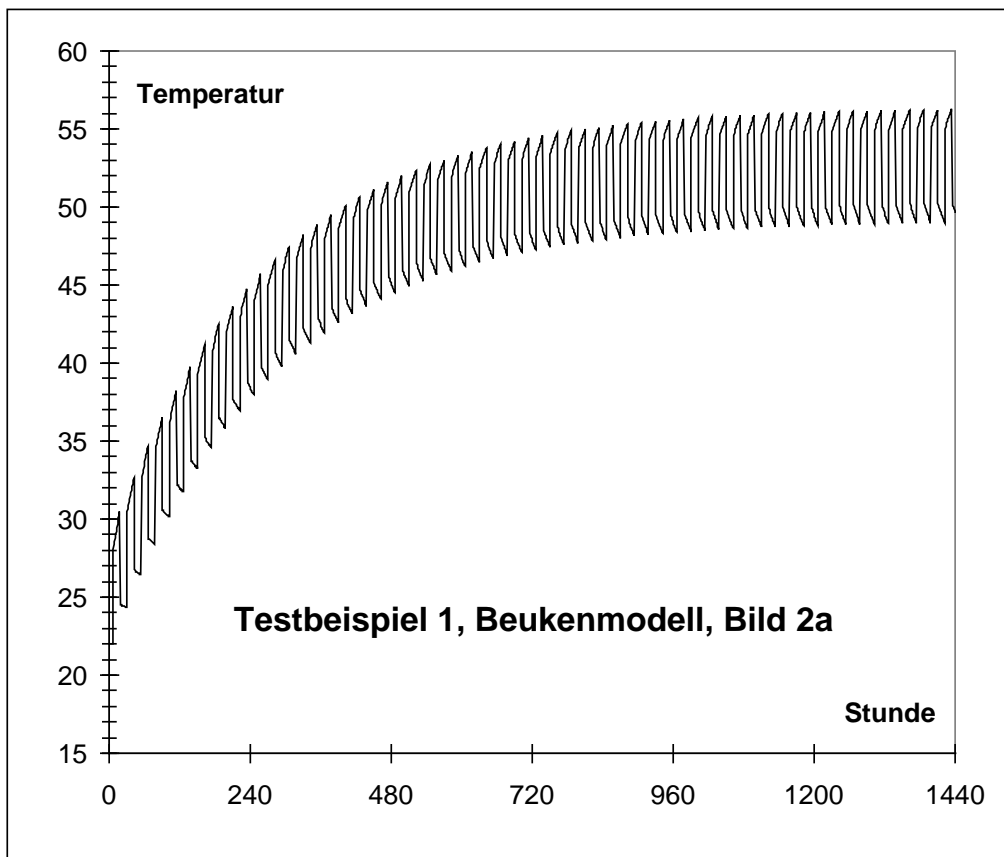
Ein typischer Verlauf der Raumtemperaturen ist in **Bild 2a** für das Testbeispiel 1 (Raumtyp S und konvektive Innenlast von 1000 W) am Beispiel des Beuken-Modells wiedergegeben. Man erkennt zum einen den mittleren „exponentiellen“ Verlauf zu einem Grenzwert, der nach 60 Tagen nahezu erreicht wird, und den überlagerten Tageszyklus.

Die Unterschiede in den Ergebnissen, die mit verschiedenen Berechnungsverfahren beim mittleren Trend erhalten werden, sind in **Bild 2b** verdeutlicht.

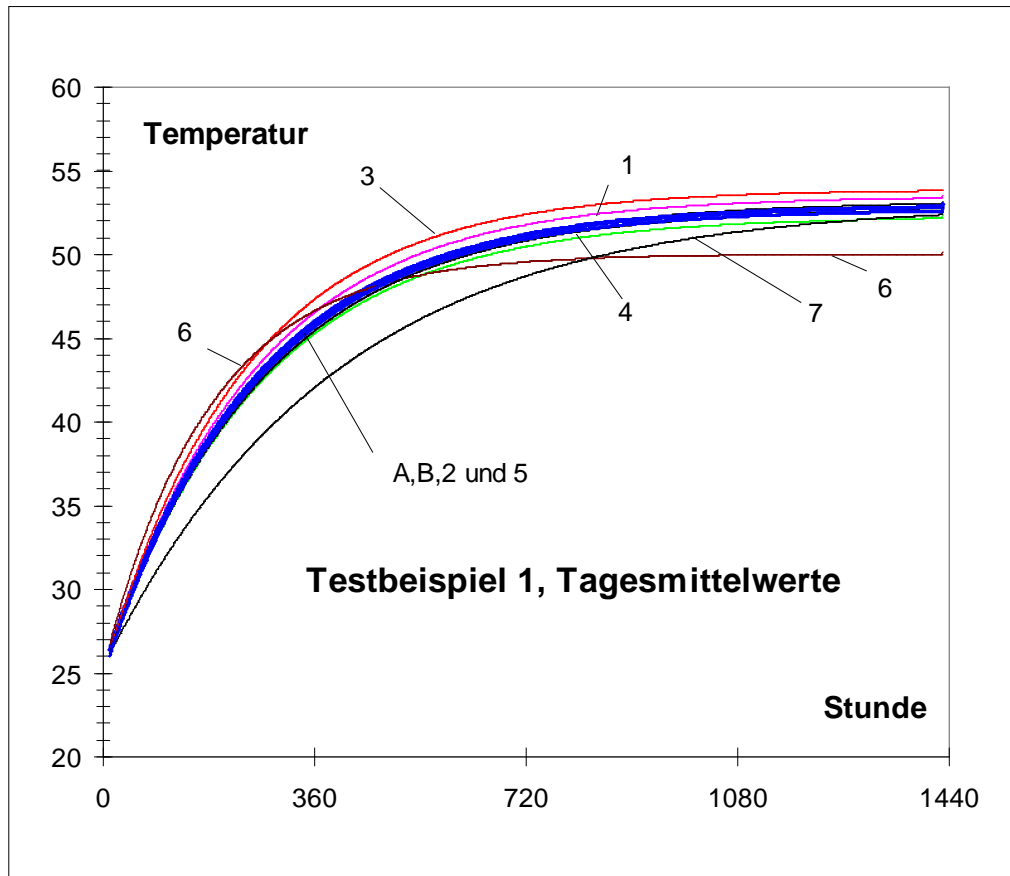
Nahezu identisch sind die Ergebnisse des „Eich“-Verfahrens A, des vereinfachten Verfahren B mit dem Zwei-Kapazitäten-Modell und der vier Programme 1 (DOE-2), 2 (GEBSIMU), 4 (TRNSYS) und 5 (TRNSYS stark vereinfachte Nachbildung). Die ge-

ringfügigen Differenzen von Programm 1 und 4 können für diesen Fall als vernachlässigbar angesehen werden.

Deutliche Unterschiede gibt es bei den Programmen 3 (TASS), 6 (VDI 2078) und 7 (VDI 2078 mit berechneten Gewichtungsfaktoren durch Z+B). Das Programm 3 liegt über den gesamten Bereich zu niedrig, was insbesondere beim Endwert verwundert, da dieser sich auch mit stationären Berechnungsverfahren eindeutig quantifizieren lässt. Die beiden Programme 6 und 7 mit der Methode der Gewichtungsfaktoren bringen keine befriedigenden Ergebnisse. Bei Programm 6 steigt anfänglich die mittlere Raumtemperatur zu schnell an, erreicht dann aber einen zu geringen Grenzwert. Dagegen steigt die mittlere Raumtemperatur bei Programm 7 zu langsam an, d.h. es wird ein thermisch zu träger Raum simuliert, dafür ist der Grenzwert korrekt.



**Bild 2a: Raumtemperaturgang über 60 Tage,
ermittelt mit Verfahren A (Beuken-Modell)
Testbeispiel 1 (Raumtyp S, konvektive Innenlast)**



**Bild 2b: Vergleich des mittleren Trends (Tagesmittel-werte) für die Raumtemperatur über 60 Tage
Testbeispiel 1 (Raumtyp S, konvektive Innenlast)**

Weiter differenziertere Aussagen erhält man bei der Betrachtung des Tagesganges. Hierzu sind aus der Serie von 60 Tagen drei Tage ausgewählt:

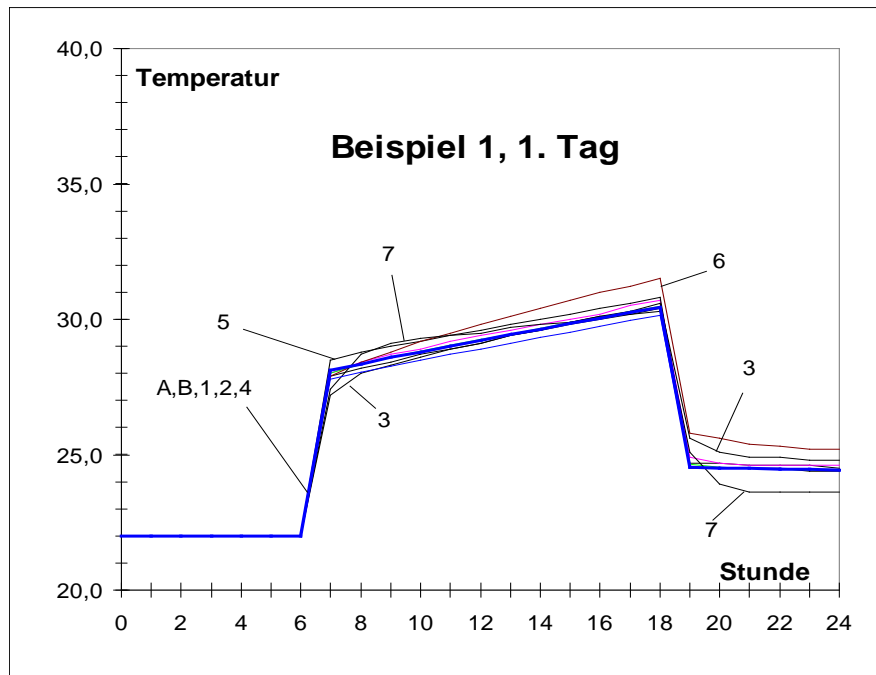
- o der erste Tag in **Bild 3a**
- o der zehnte Tag in **Bild 3b**
- o der sechzigste Tag in **Bild 3c**

Erwartungsgemäß liegen die Ergebnisse des ersten Tages für alle Verfahren und Programme mit Ausnahme von Programm 3 noch nahe beieinander, da sie alle vom gleichen Startwert ausgehen. Allerdings ist bei Programm 6 bereits die Tendenz zu einem zu schnellen Ansteigen der Raumtemperatur zu erkennen. Bei Programm 3 ist die Amplitude der Schwankung der Raumtemperatur signifikant zu niedrig, wenn auch der Trend in den Nachtstunden überraschenderweise weitgehend mit Verfahren A und B übereinstimmt.

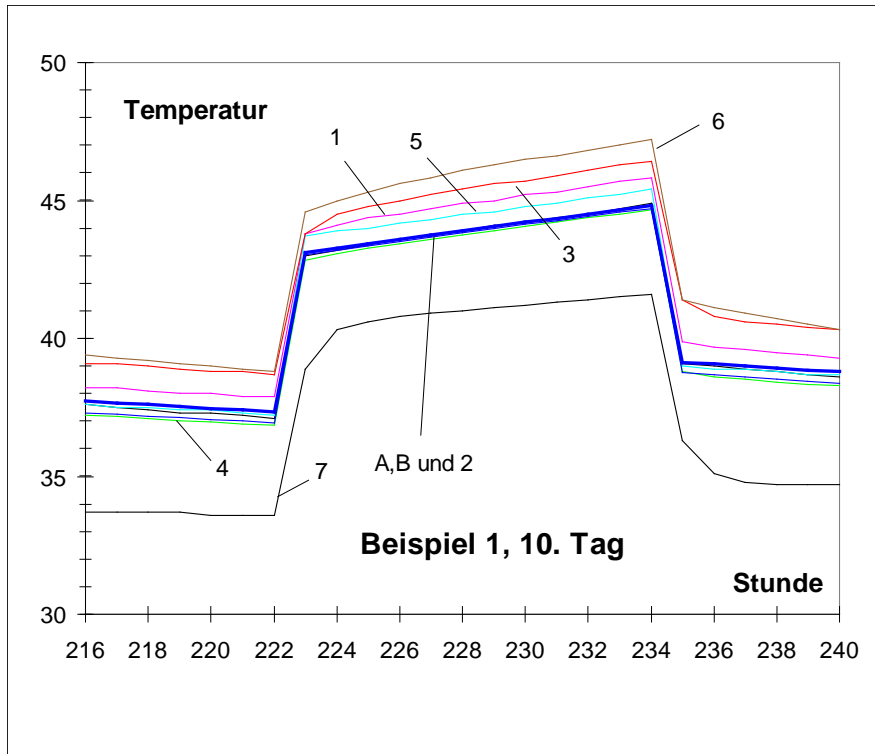
Am zehnten Tag liegen die Ergebnisse mit Ausnahme von Programm 3 und 7 noch relativ nahe beieinander. Der Trend für Programm 3 bezüglich der Amplitude ist weiterhin unverändert. Programm 7 liegt erwartungsgemäß im Niveau deutlich zu niedrig. Bei Programm 6 liegt das Niveau um etwa 2 K zu hoch. Es kristallisiert sich be-

reits heraus, dass die beiden Verfahren A und B sowie die Programme 2 und 4 nahezu identische Ergebnisse bringen.

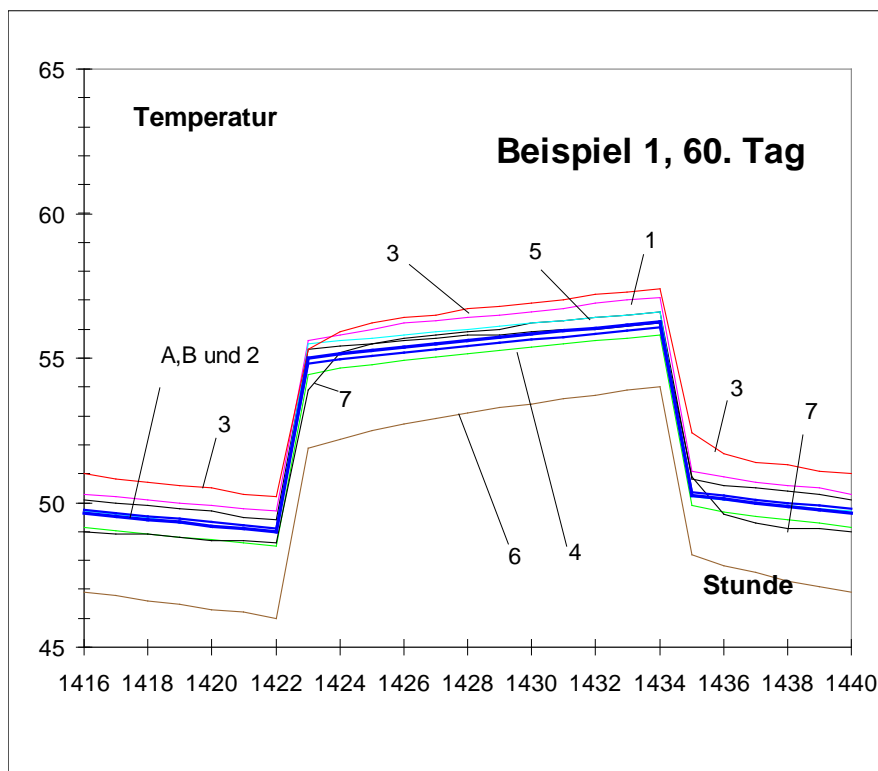
Am sechzigsten Tag weichen entsprechend den bereits für Bild 2b besprochenen Tendenzen die Ergebnisse der Programme 3 und 7 deutlich von den übrigen Ergebnissen ab.



**Bild 3a: Vergleich des Raumtemperaturganges am 1. Tag
Testbeispiel 1 (Raumtyp S, konvektive Innenlast)**



**Bild 3b: Vergleich des Raumtemperaturganges am 10. Tag
Testbeispiel 1 (Raumtyp S, konvektive Innenlast)**



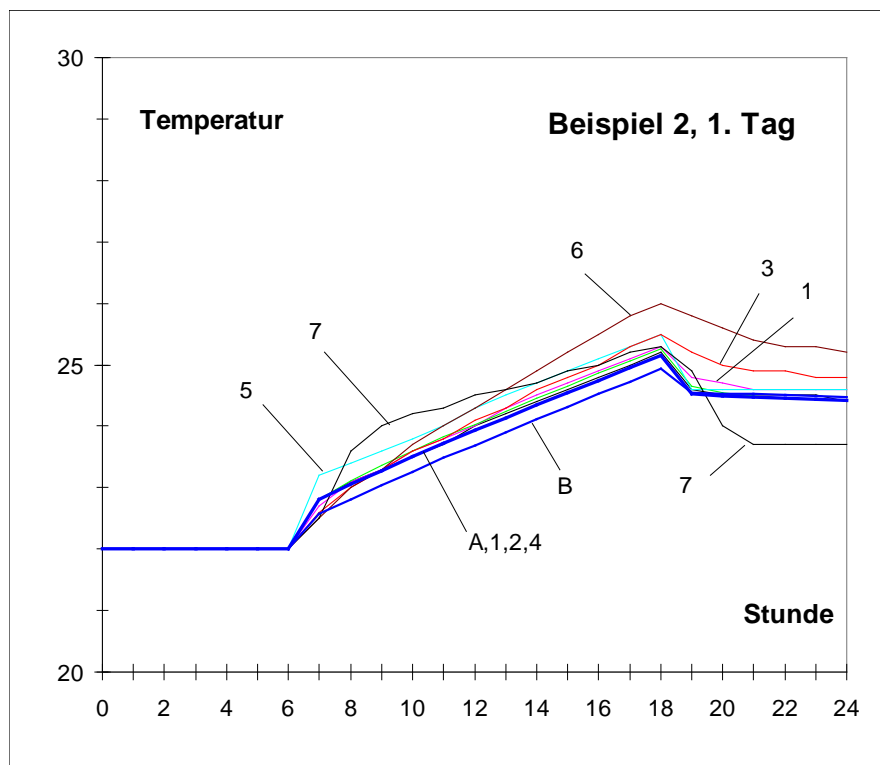
**Bild 3c: Vergleich des Raumtemperaturganges am 60. Tag
Testbeispiel 1 (Raumtyp S, konvektive Innenlast)**

Für das Testbeispiel 2 ist eine Innenlast von 1000W als strahlende Wärmequelle anstatt einer konvektiven Wärmequelle von Testbeispiel 1 zugrunde gelegt. Ansonsten sind die Randbedingungen gleich.

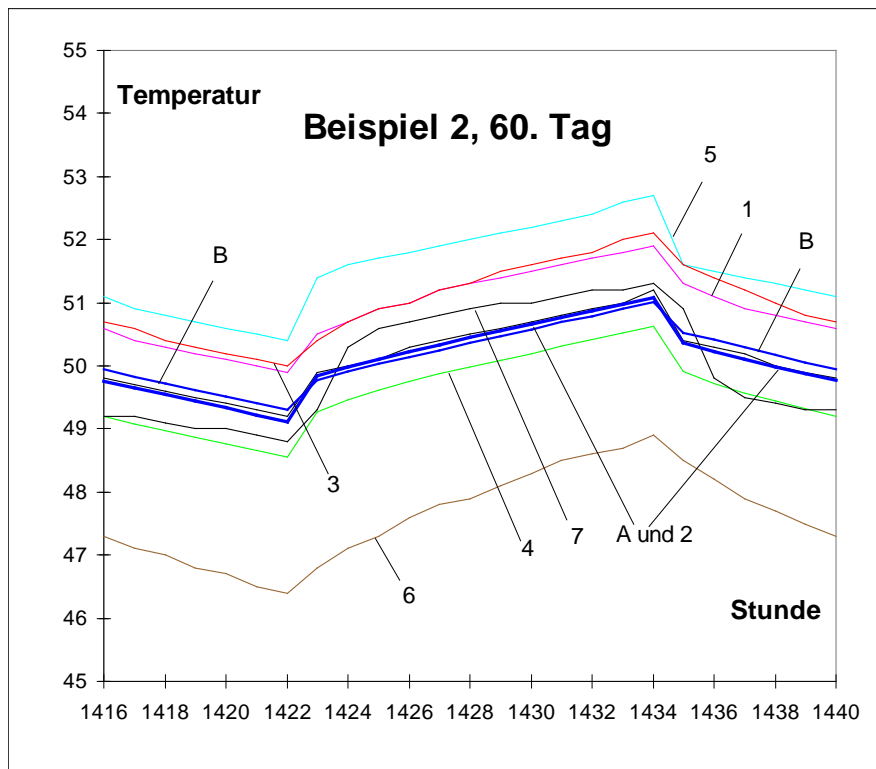
Dadurch stellt sich eine geringere Amplitude der Raumtemperaturschwankung während des Tages ein. Auch ist der Grenzwert der Raumtemperatur etwas niedriger als bei konvektiver Innenlast, da vor allem beim Fenster durch die Wärmeeinstrahlung direkt auf die Fensterinnenseite bei gleicher Raumlufttemperatur mehr Wärme nach außen transportiert wird als bei konvektiver Innenlast.

Am ersten Tag (siehe **Bild 4a**) liegen erwartungsgemäß die Ergebnisse für die verschiedenen Simulationsberechnungen noch eng beieinander. Programm 7 weicht in der Tendenz etwas ab. Programm 6 zeigt - wie bei der konvektiven Innenlast - ein schnelles Ansteigen der Raumtemperatur.

Am sechzigsten Tag (siehe **Bild 4b**) ist dagegen eine Bandbreite von nahezu 5 K zwischen den verschiedenen Ergebnissen vorhanden, wobei auch im Tagesgang morgens und abends deutliche Unterschiede erkennbar sind. Die Programme 3 und vor allem 6 liegen zu niedrig, während Programm 5 zu hohe Werte ausweist.



**Bild 4a: Vergleich des Raumtemperaturganges am 1. Tag
Testbeispiel 2 (Raumtyp S, strahlende Innenlast)**

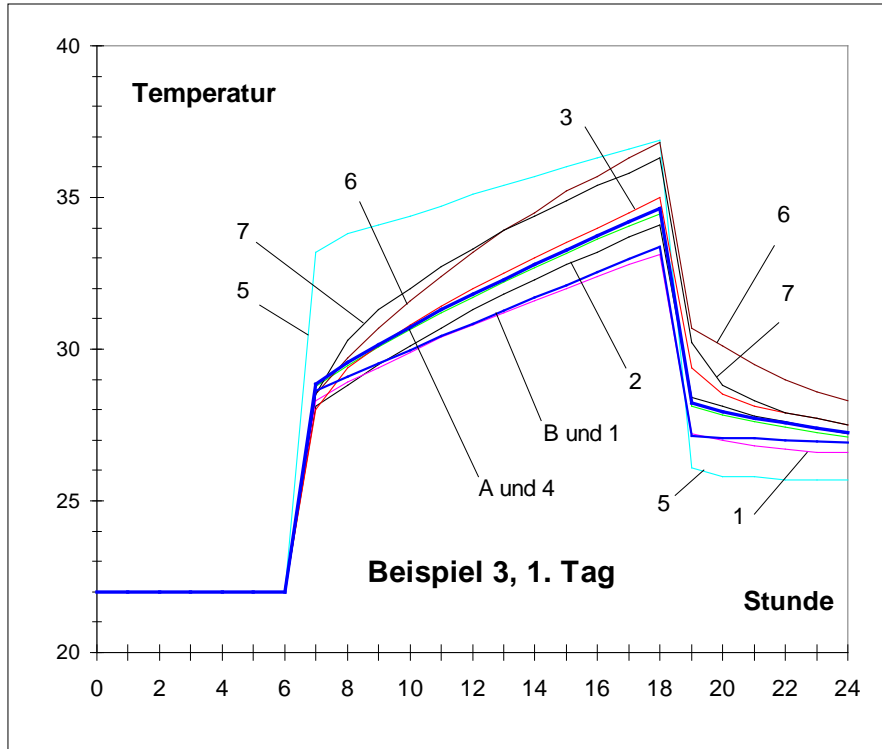


**Bild 4b: Vergleich des Raumtemperaturganges am 60. Tag
Testbeispiel 2 (Raumtyp S, strahlende Innenlast)**

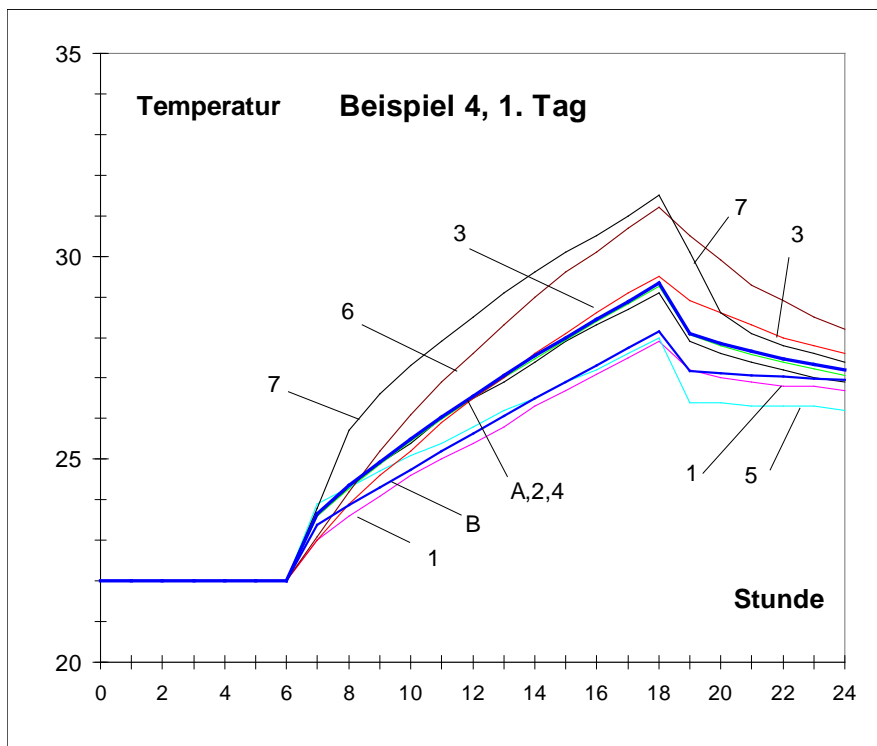
Deutlich größer als beim Raumtyp S fallen die Unterschiede für den Raumtyp L aus. Hier sind bereits am ersten Tag trotz des gemeinsamen Startwertes signifikante Differenzen ersichtlich. Bei konvektiver Innenlast (**Bild 5**) fallen die Programme 3, 5, 6 und 7 aus dem Trend. Für strahlende Innenlasten (**Bild 6**) sind es (auch bei Betrachtung des Verhaltens am 10. und 60. Tag) ebenfalls die Programme 3, 5, 6 und 7. Dagegen zeigen die Verfahren A und B sowie die Programme 1, 2 und 4 gute Übereinstimmung.

Werden Innen- und Außenlasten gemeinsam betrachtet, wobei eine Mischung von konvektiven und strahlenden Lasten vorhanden ist, und zudem die Wirkung eines Sonnenschutzes einbezogen, so werden nach **Bild 7** auch schon am 1. Tag typische Unterschiede beim Raumtyp S in den Ergebnissen deutlich. Vor allem die Programme 3, 5 und 7 weichen ab. Programm 6 liegt zwar im Trend, jedoch werden die Auswirkungen der zeitlich sich ändernden Lasten am Morgen und Abend (s. Bild 1) im Kurvenverlauf nicht deutlich.

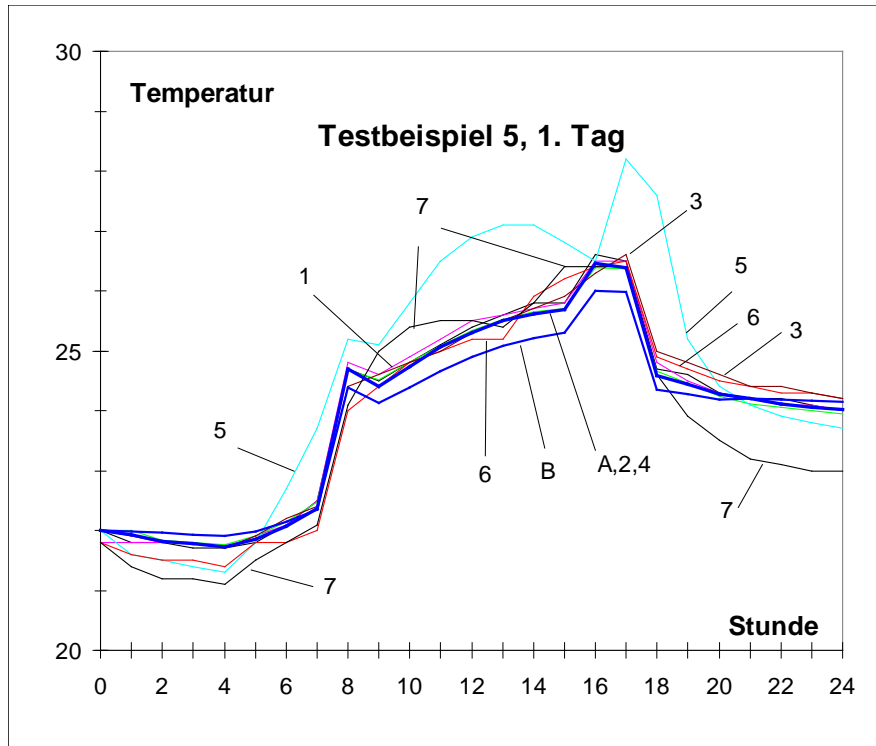
Wird auch der weitere Verlauf der ermittelten Raumtemperaturen während sechzig Tagen in die Bewertung einbezogen (nicht dargestellt), so kristallisieren sich wieder die Verfahren A und B sowie die Programme 1, 2 und 4 als mit praktisch identischen Ergebnissen heraus.



**Bild 5: Vergleich des Raumtemperaturganges am 1. Tag
Testbeispiel 3 (Raumtyp L, konvektive Innenlast)**



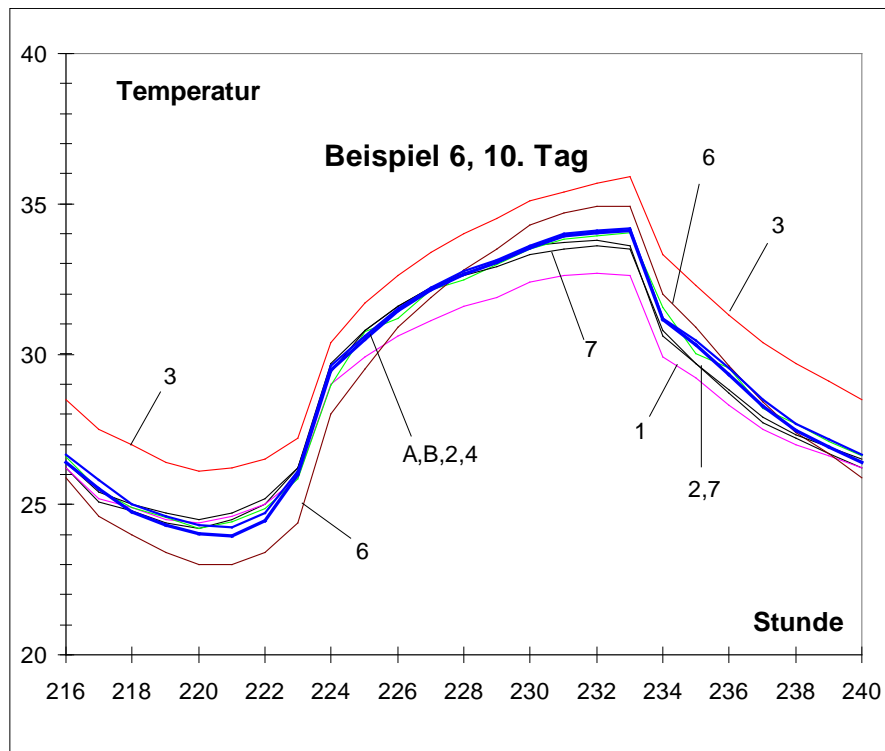
**Bild 6: Vergleich des Raumtemperaturganges am 1. Tag
Testbeispiel 4 (Raumtyp L, strahlende Innenlast)**



**Bild 7: Vergleich des Raumtemperaturganges am 1. Tag
Testbeispiel 5 (Raumtyp S, gemischte Innen- und Außenlasten)**

Als letztes Testbeispiel (Testbeispiel 6), wird ein Raum genommen (Beispielraum Zeichensaal nach VDI 2078), der nicht identisch mit einem der vier Typräume der VDI 2078 ist. Außer gemischten Außen- und Innenlasten wird auch ein Wärmeaustausch mit den Nebenräumen und eine Lüftung über die Fenster mit einem zweifachen stündlichen Luftwechsel berücksichtigt. Durch diesen Luftwechsel ist der Langzeitanstieg der Raumtemperaturen stark gedämpft, sodass bereits nach zehn Tagen der eingeschwungene periodische Fall erreicht wird.

Wie **Bild 8** zeigt, gibt es prinzipielle Abweichungen bei Programm 3. Aber auch Programm 6 (VDI 2078) hat einen anderen Trend, der zwar wegen der dämpfenden Wirkung der Fensterlüftung nicht so deutlich wird, aber trotzdem systematisch ist; denn der gewählte berechnete Zeichenraum ist nicht identisch mit einem der Typräume der VDI 2078. Werden anstelle der vorgegebenen Gewichtsfaktoren für diesen Raum berechnete Gewichtsfaktoren (Programm 7) eingesetzt, sind diese Differenzen ausgeschaltet.



**Bild 8: Vergleich des Raumtemperaturganges am 1. Tag
Testbeispiel 6 (Zeichenraum, gemischte Innen- und Außenlasten,
Lüftung über die Fenster)**

Zusammenfassung

Mit den sechs Testbeispielen kann gezeigt werden, dass die vorgeschlagene Methode eines regelungstechnischen Modells als vereinfachtes Zwei-Kapazitäten-Modell sehr gut geeignet ist, das thermische Verhalten von Räumen bei unterschiedlichsten thermischen Belastungen und unterschiedlichstem Aufbau der Raumumschließungsflächen zu beschreiben.

Damit ist einerseits ein unabhängiges Verfahren zum Testen und Eichen von komplexen Programmsystemen gegeben. Zum anderen lassen sich daraus auch Berechnungsverfahren und Programme ableiten.

Wie im nächsten Teil 3 dieser Veröffentlichung noch gezeigt wird, lassen sich damit auch die VDI-Kühllastregeln VDI 2078 verbessern. Auf die bisherige Definition von „Typräumen“ kann damit verzichtet werden.

Der Vergleich der hier beispielhaft eingesetzten Programme zeigt, dass drei der Programme (1, 2 und 4) bei gleichen Randbedingungen nahezu identische Ergebnisse liefern, die auch identisch mit den beiden „Eich“-Verfahren A und B sind. Die anderen vier Programme weisen dagegen mehr oder weniger deutliche Unterschiede auf. Bei den Programmen 5, 6 und 7 lassen sich diese Unterschiede aufgrund der sechs Testberechnungen, die sich signifikant in den Randbedingungen unterscheiden, mit den gewählten Berechnungsmethoden erklären. Beim Programm 3 können die teilweise erheblichen Abweichungen auch darauf zurückzuführen sein, dass die Randbedingungen aufgrund eingeschränkter Eingabemöglichkeiten nicht korrekt eingehalten werden konnten.

Literaturverzeichnis

- [1] VDI 2078: Berechnung der Kühllasten klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln), Oktober 1994
[2] VDI 6020: Anforderungen an Rechenverfahren für die Gebäude- und Anlagensimulation, in Bearbeitung

veröffentlicht in der HLHH:

Rouvel L., Ein regelungstechnisches Modell zur Beschreibung des thermisch
Zimmermann F.: dynamischen Raumverhaltens

Teil 1: Theoretische Grundlagen und deren Anwendung auf die Berechnung
von Raumtemperaturen

HLH Bd. 48 (1997), Nr. 10, S. 66/75

Teil 2: Vergleich der Berechnungsergebnisse für das regelungstechnische
Modell mit anderen Verfahren am Beispiel sommerlicher
Raumtemperaturen

HLH Bd. 48 (1997), Nr. 12, S. 24/31

Teil 3: Berechnung von Gewichtsfaktoren für VDI 2078 und alternatives
Verfahren mittels Übergangsfunktionen

HLH Bd. 49 (1998), Nr. 1, S. 18/2

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

