

## Thermisch-energetische Gebäudesimulation

# ***GEBSIMU***



## Test- und Validierungsbeispiele der VDI 6007-1

zum instationären thermischen Verhalten  
von Räumen und Gebäuden

- ***GEBSIMU*** n-Kapazitäten-Modell (n-K-Modell) nach Rouvel  
(Referenzverfahren für die Validierung nach VDI 6020)
- ***GEBSIMU*** 2-Kapazitäten-Modell (2-K-Modell) gemäß VDI 6007-1  
(nach Rouvel und Zimmermann)

# Inhaltsverzeichnis

---

1.	Vorbemerkung .....	1
2.	Kurzbeschreibung der Testbeispiele.....	3
3.	Validierung.....	9
4.	Literaturverzeichnis .....	13
5.	Anhang: Vergleich der Berechnungsergebnisse.....	15

# 1 Vorbemerkung

---

Da die analytischen Methoden für sehr viele Probleme der instationären Wärmeleitvorgänge entweder unzulässige Vereinfachungen oder einen hohen Rechen- bzw. Programmieraufwand erfordern, entwickelte *Beuken* [1] 1936 ein elektrisches Analogiemodell, mit dem praktisch alle Probleme der Wärmeleitung in festen Stoffen gelöst werden können. Die Grundlage des „Beuken-Modells“ beruht auf der Übereinstimmung der partiellen Differentialgleichung der Wärmeleitung und der Vorgänge in einem idealisierten elektrischen Kabel.

Die zeitliche und örtliche Temperaturverteilung in einer homogenen oder einer aus homogenen Schichten aufgebauten ebenen Wand wird bei eindimensionalem Wärmefluss durch die Wärmeleitgleichung beschrieben:

$$\frac{\partial \vartheta(t,x)}{\partial t} = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \cdot \frac{\partial^2 \vartheta(t,x)}{\partial x^2}$$

Die partielle Differentialgleichung tritt in ähnlicher Form bei der Beschreibung der Vorgänge auf elektrischen Übertragungsleitungen auf:

$$\frac{\partial^2 u(t,x)}{\partial x^2} = L'C' \cdot \frac{\partial^2 u(t,x)}{\partial t^2} + (L'G' + R'C') \cdot \frac{\partial u(t,x)}{\partial x}$$

Unter Vernachlässigung von  $L'$  und  $G'$  ergibt sich die Potentialgleichung für das idealisierte Kabel, die ein Analogon zur Wärmeleitungsgleichung ist:

$$\frac{\partial u(t,x)}{\partial t} = \frac{1}{R'C'} \cdot \frac{\partial^2 u(t,x)}{\partial x^2}$$

Diese Übereinstimmung wurde von *Beuken* benutzt, um ein elektrisches Analogiemodell für Wärmeleitvorgänge zu entwickeln.

Zur praktischen Anwendbarkeit der Analogie zwischen der Gleichung für das idealisierte Kabel und der Wärmeleitgleichung wurde von *Beuken* eine Ersatzschaltung aus diskreten RC-Gliedern aufgebaut. Die Spannung  $u$  ist dabei analog der Temperatur  $\vartheta$  und der elektrische Strom  $i$  ist analog dem Wärmestrom  $q$ .

Das Kabel - oder analog die Wand - wird in dünne Scheiben unterteilt. Der Widerstands- und Kapazitätsbelag (Speicherfähigkeitsbelag) jeder Scheibe wird dabei entweder in der Mitte (T-Schaltung) oder an den Rändern (Pi-Schaltung) der jeweiligen Scheibe konzentriert und mit diskreten Bauelementen nachgebildet.

Brockmeier [2] entwickelte diese Methode weiter und konnte den Aufbau einer kabelnachbildenden RC-Kette aufgrund einer Fehlerbetrachtung in ihrer Genauigkeit beschreiben.

Euser [3] und Bovy [4] zeigten, dass mit Hilfe eines Beuken-Modells die Temperaturschwankungen und die erforderliche Kühlleistung für einen Raum nachgebildet werden können.

Nach *Köhne* und *Woelk* [5] besteht die prinzipielle Möglichkeit, aus dem Beuken-Modell analytische Rechenvorschriften abzuleiten, um das wärmetechnische Verhalten von Wänden und Räumen bei dynamischer Wärmebelastung zu beschreiben.

Das Beuken-Modell kann vom Grundsatz her das instationäre thermisch-energetische Gebäudeverhalten in beliebiger Genauigkeit nachbilden. Dem sind jedoch in der praktischen Umsetzung als elektrisches Analogiemodell auf Grund der Toleranzen der elektrischen Bauteile, der Übergangswiderstände zwischen den elektrischen Bauteilen usw. Grenzen gesetzt.

Bei einer rechnerischen Umsetzung des Beuken-Modells sind diese Restriktionen nicht mehr gegeben. Dazu eignet sich das anfangs der 70er Jahre an der University of Berkeley, Kalifornien, USA, entwickelte Simulationsprogramm *SPICE* (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) zur Schaltkreisanalyse insbesondere für Integrierte Schaltungen. Der Firma MicroSim gelang es im Jahre 1985, *SPICE* auf den PC zu exportieren (*PSPICE*) [10]. Dadurch lässt sich das Beuken-Modell mit einem PC digital berechnen. Das Programm *PSPICE* analysiert sowohl analoge als auch digitale, lineare und nicht-lineare Schaltkreise zuverlässig und - falls erforderlich - in Nanosekundenschritten.

Daher eignet sich das **Beuken-Modell in Kombination mit *PSPICE*** insbesondere als **Prüf- bzw. Eichinstrument** für Berechnungsverfahren.

Aufbauend auf diesen Grundlagen hat Rouvel [7] 1972 ein analoges und digitales Rechenverfahren mittels eines elektrischen „Ersatzmodells“ für die Bauteile eines Raumes hergeleitet, das eine analytische Lösung des Berechnungsalgorithmus ermöglicht.

Diese Modellbildung für den Raum wird als

#### **n-Kapazitäten-Modell (n-K-Modell)**

(n Bauteile je Raum mit jeweils 1 bis 2 Kapazitäten je Bauteil)

bezeichnet.

Im Programmsystem „*GEBSIMU* Thermisch-energetische Gebäudesimulation“ ist dies seit den 70-er Jahren für die praktische Anwendung erfolgreich umgesetzt und wird kontinuierlich gepflegt.

Das **n-K-Modell** von Rouvel [7] ist in VDI 6020 **Basis (Referenz) zur Validierung** von Rechenverfahren zur thermisch-energetischen Gebäudesimulation.

Eine weitere Vereinfachung der Modellbildung – ohne wesentliche Beeinträchtigung der Genauigkeit - beschreiben Rouvel und Zimmermann in [8], [9] und [12] als

#### **2-Kapazitäten-Modell (2-K-Modell)**

(2 Kapazitäten für den Raum mit n Bauteilen)

Das **2-K-Modell** von Rouvel und Zimmermann [12] ist in der **VDI 6007-1** [14] als „Raummodell“ eingegangen und ist somit Grundlage für die Berechnung der Kühllasten und der Raumtemperaturen nach **VDI 2078** [13].

Im Programmsystem „*GEBSIMU* Thermisch-energetische Gebäudesimulation“ sind **beide Modelle** als alternative Berechnungsverfahren enthalten.

Es werden für beide Modelle dieselben Eingabedaten verwendet; es ist nur ein Umschalten für den zu verwendenden Berechnungsalgorithmus

- **n-K-Modell nach Rouvel**
- **2-K-Modell nach Rouvel und Zimmermann**

erforderlich.

## 2 Kurzbeschreibung der Testbeispiele

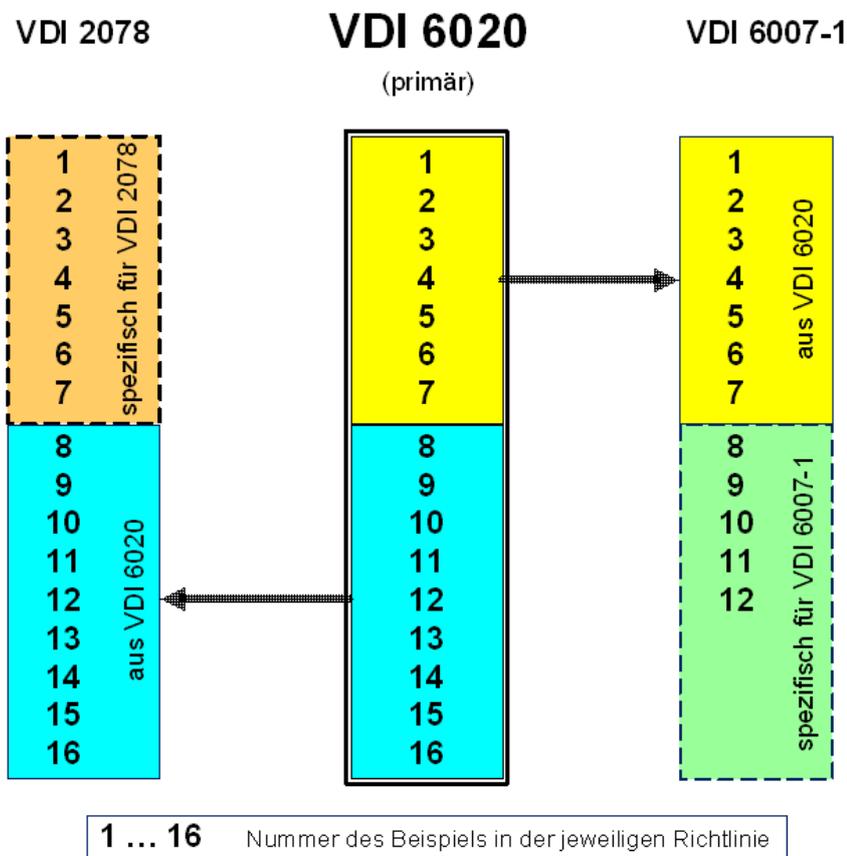
Die Richtlinie VDI 6007 Blatt 1 enthält 12 Testbeispiele.

Die Testbeispiele 1 bis 7 sind der Richtlinie VDI 6020 entnommen und untersuchen Raumreaktionen auf innere Belastungen und Sollwertänderungen.

Die Testbeispiele 8 bis 12 enthalten die wichtigen Funktionen des erweiterten 2-K-Modells z.B. Flächenheizung bzw. -kühlung, nichtadiabate Innenbauteile, Luftwechsel, mehrere Außenbauteile.

Die Validierung in der Richtlinie VDI 6007-1 erfolgte durch Nachrechnen mit mehreren, unabhängig voneinander, in verschiedenen Programmiersprachen erstellten Programmen.

Die Ergebnisse für die Testbeispiele 1 bis 7 werden mit den Angaben in VDI 6020 für das n-Kapazitäten-Modell ( *GEBSIMU* ) verglichen. Das *GEBSIMU n-K-Modell* ist in VDI 6020 Basis (Referenzmodell) zur Validierung von Rechenverfahren zur thermisch-energetischen Gebäudesimulation.



**Bild 1:** Zuordnung der Test- und Validierungsbeispiele in den Richtlinien VDI 6020, VDI 2078 und VDI 6007-1

Die Berechnung des thermischen Raumverhaltens mit vorgegebenen äußeren und inneren Wärmequellen und -senken erfolgt über einen Zeitraum von 60 Tagen. Dabei sind diese Wärmequellen und -senken im Zeitgang über den Tag in allen 60 Tagen gleich.

Zum Startzeitpunkt der Berechnung und ausreichend lange Zeit davor sind folgende Randbedingungen einzuhalten:

- Außentemperatur 22 °C
- Temperatur im Nebenraum zum Fußboden (Keller) 15 °C (nur im Testbeispiel 10)
- äußere und innere Wärmequellen 0 W
- Raumtemperatur stationär (Berechnungsergebnis als Folge der vorgenannten Randbedingungen)

**Testbeispiel 1:** ( VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020 )

Berechnung der Reaktion Raumlufthtemperatur auf eine konvektive innere Wärmequelle für den Typraum S :

Keine sonstigen äußeren und inneren Wärmequellen/-senken, d.h.:

- Außentemperatur konstant 22 °C
- keine kurzwellige Einstrahlung auf die Außenwand
- keine kurzwellige Einstrahlung durch das Außenfenster
- kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Testbeispiel 2:** ( VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020 )

Berechnung der Reaktion Raumlufthtemperatur auf eine strahlende innere Wärmequelle für den Typraum S :

Keine sonstigen äußeren und inneren Wärmequellen/-senken, d.h.:

- Außentemperatur konstant 22 °C
- keine kurzwellige Einstrahlung auf die Außenwand
- keine kurzwellige Einstrahlung durch das Außenfenster
- kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Testbeispiel 3:** ( VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020 )

Berechnung der Reaktion Raumlufthtemperatur auf eine konvektive innere Wärmequelle für den Typraum L :

Keine sonstigen äußeren und inneren Wärmequellen/-senken, d.h.:

- Außentemperatur konstant 22 °C
- keine kurzwellige Einstrahlung auf die Außenwand
- keine kurzwellige Einstrahlung durch das Außenfenster
- kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Testbeispiel 4:** ( VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020 )

Berechnung der Reaktion Raumlufthtemperatur auf eine strahlende innere Wärmequelle für den Typraum L :

Keine sonstigen äußeren und inneren Wärmequellen/-senken, d.h.:

- Außentemperatur konstant 22 °C
- keine kurzwellige Einstrahlung auf die Außenwand
- keine kurzwellige Einstrahlung durch das Außenfenster
- kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Testbeispiel 5:** ( VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020 )

Berechnung der Reaktion Raumlufthtemperatur auf gemischte innere und äußere Wärmequellen/-senken für den Typraum S :

- Außentemperatur im Tagesgang vorgegeben
- kurzwellige Einstrahlung durch das Außenfenster
- Grenzwert der globalen Sonnenstrahlung, bei dem der Sonnenschutz geschlossen wird:  $> 100 \text{ W/m}^2$
- Weitere Randbedingungen:
  - o keine kurzwellige Einstrahlung auf die Außenwand
  - o kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Testbeispiel 6:** ( VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020 )

Lastberechnung bei Einhaltung der Sollwerte der Raumtemperatur und Vorgabe eines Sollwertsprungs für den Typraum S :

Aufbauend auf Testbeispiel 2. (strahlende innere Wärmequelle )

- Außentemperatur konstant 22 °C
- keine kurzwellige Einstrahlung auf die Außenwand
- keine kurzwellige Einstrahlung durch das Außenfenster
- kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Testbeispiel 7:** ( VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020 )

Lastberechnung bei Einhaltung der Sollwerte und der Raumtemperatur und Vorgabe eines Sollwertsprungs für den Typraum S :

Wie Testbeispiel 6

Modifikation des Testbeispiels 6:

- begrenzte Auslegungsleistung für Heizen und Kühlen

**Testbeispiel 8:** ( VDI 6007-1 und Vergleich zu [GEBSIMU n-K-Modell](#) )

Berechnung der Reaktion Raumlufttemperatur auf gemischte innere und äußere Wärmequellen/-senken für den Typraum S :

Aufbauend auf Testbeispiel 5.

Modifikation des Testbeispiels 5 :

- Zweite Außenfassade nach West (Außenwand und Außenfenster)
- kurzwellige Einstrahlung auf die beiden Außenwände
- Weitere Randbedingungen:
  - o Außentemperatur im Tagesgang vorgegeben
  - o kurzwellige Einstrahlung durch die beiden Außenfenster
  - o Grenzwert der globalen Sonnenstrahlung, bei dem der Sonnenschutz geschlossen wird: > 100 W/m<sup>2</sup>
  - o kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Testbeispiel 9:** ( VDI 6007-1 und Vergleich zu [GEBSIMU n-K-Modell](#) )

Berechnung der Reaktion Raumlufthtemperatur auf gemischte innere und äußere Wärmequellen/-senken für den Typraum S :

Wie Testbeispiel 8

Modifikation des Testbeispiels 8:

- zusätzlich wird ein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung berücksichtigt (für beide Außenflächen).

**Testbeispiel 10:** ( VDI 6007-1 und und Vergleich zu [GEBSIMU n-K-Modell](#) )

Berechnung der Reaktion Raumlufthtemperatur auf gemischte innere und äußere Wärmequellen/-senken für den Typraum S :

Wie Testbeispiel 5

Modifikation des Testbeispiels 5:

- Fußboden ist eine nichtadiabate Innenfläche (Nebenraum ist ein Keller mit vorgegebener Temperatur).

**Testbeispiel 11:** ( VDI 6007-1 und und Vergleich zu [GEBSIMU n-K-Modell](#) )

Lastberechnung bei Einhaltung der Sollwerte und der Raumtemperatur und Vorgabe eines Sollwertsprungs für den Typraum S :

Wie Testbeispiel 7

Modifikation des Testbeispiels 7:

- begrenzte Auslegungsleistung für Heizen und Kühlen
- Kühllastabfuhr erfolgt nicht konvektiv, sondern durch eine Kühldecke

**Testbeispiel 11-1:** aufgeputzte Kühldecke

**Testbeispiel 11-2:** Kühldecke mit Bauteilaktivierung

**Testbeispiel 12:** ( VDI 6007-1 und und Vergleich zu **GEBSIMU n-K-Modell** )

Berechnung der Reaktion Raumlufftemperatur auf gemischte innere und äußere Wärmequellen/-senken für den Typraum S :

Wie Testbeispiel 5

Modifikation des Testbeispiels 5:

- sowohl tagsüber als auch nachts wird der Raum mit Außenluft (mit Außenlufttemperatur) mit vorgegebenem Volumenstromzeitgang gelüftet.

## 3 Validierung

---

Eine Validierung von EDV-Programmen, die den **Rechenkern der VDI 6007-1 (2-Kapazitäten-Modell)** verwenden, kann mittels der in VDI 6007-1 und der in Abschnitt 2 beschriebenen 12 Testbeispiele erfolgen.

Die Testbeispiele 1 bis 7 sind der Richtlinie VDI 6020 entnommen und bieten damit auch einen Vergleich zu den wichtigsten Simulationsprogrammen.

Die zusätzlichen Testbeispiele 8 bis 12 sind so gewählt, dass weitere wichtige Funktionen des Verfahrens enthalten sind.

Alle Testbeispiele sind so gewählt, dass bei Erstellung eines EDV-Programms die wichtigen Algorithmen des Verfahrens getestet werden können.

**Dabei müssen die Berechnungsergebnisse der VDI 6007-1 folgende Bedingungen einhalten:**

- o "Raumlufttemperatur" und "operative (empfundene) Temperatur" im Bereich der Ergebnisse von **Programm 1 und Programm 2** für die Testbeispiele  $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$
- o "Heiz- und Kühllasten" im Bereich der Ergebnisse von **Programm 1 und Programm 2** für die Testbeispiele  $\pm 1 \text{ W}$

Die Ergebnisse für **Programm 2** in der VDI 6007-1 sind mit **GEBSIMU 2-K-Modell** ermittelt worden.

**Daher ist das Programmsystem GEBSIMU 2-K-Modell zu 100% nach VDI 6007-1 validiert.**

Das **GEBSIMU n-K-Modell** ist in VDI 6020 **Basis (Referenz) zur Validierung** von Rechenverfahren zur thermisch-energetischen Gebäudesimulation und damit auch **Basis (Referenz) zur Validierung** der VDI 6007-1 und VDI 2078.

**Daher ist das Programmsystem GEBSIMU n-K-Modell zu 100% nach VDI 6020 sowie nach VDI 6007-1 und VDI 2078 validiert.**

Im Installations-Setup von **GEBSIMU** sind für **alle** Testbeispiele der VDI 6007-1, der VDI 6020 und der VDI 2078 die Eingabe- und Ergebnis-Dateien sowohl für das **n-K-Modell** als auch für das **2-K-Modell** enthalten.

Eine Zusammenstellung der wesentlichen Ergebnisse für die Testbeispiele der VDI 6007-1 in der Systematik dieser Richtlinie findet sich im **Abschnitt 5 (Anhang: Vergleich der Berechnungsergebnisse)**.

Die **Validierung des 2-K-Modells der VDI 6007-1** - identisch mit dem **GEBSIMU 2-K-Modell** - nach den Anforderungen der VDI 6020 und der VDI 2078 ist in der VDI 2078 vorgenommen.

Die Validierungsergebnisse für die **Testbeispiele der VDI 6007-1** sind zusätzlich in der **Tabelle 1** (Überblick) und **Tabelle 2** (Detailergebnisse) zusammengestellt.

Die Ergebnisse für **Programm 2** in der VDI 6007-1 sind mit **GEBSIMU 2-K-Modell** ermittelt worden. Das **GEBSIMU n-K-Modell** ist in VDI 6020 **Basis (Referenz)** zur **Validierung** von Rechenverfahren zur thermisch-energetischen Gebäudesimulation und damit auch **Basis (Referenz)** zur **Validierung** der VDI 6007-1 und VDI 2078.

Daher ist das Programmsystem **GEBSIMU** sowohl mit dem **2-K-Modell** als auch mit dem **n-K-Modell** zu 100% nach VDI 6020 sowie nach VDI 6007-1 und VDI 2078 validiert.

## Testbeispiel 1 bis 12 : Validierung der VDI 6007-1 nach VDI 6020 ( Überblick )

Vergleich (Validierung) der Prüfergebnisse für das 2-K-Modell nach VDI 6007-1  
(Programm 2 = **GEBSIMU 2K-Modell**)  
mit den Referenzergebnissen des n-K-Modells nach VDI 6020  
(= **GEBSIMU n-K-Modell**)

dabei bedeutet:

Mittelwert: Tagesmittelwert der stündlichen Abweichung  
( Prüfergebnis für das 2-K-Modell nach VDI 6007-1 minus Referenzergebnis mit dem **n-K-Modell** )

Standardabw.: Standardabweichung der der stündlichen Abweichung  
( Prüfergebnis für das 2-K-Modell nach VDI 6007-1 minus Referenzergebnis mit dem **n-K-Modell** )

	Maximum (Betrag des Maximalwertes)			
	Lufttemp °C	opera_Temp °C	Heiz-/Kühllast W	
<b>Testbeispiel 1</b>				<b>Testbeispiel 1</b>
Mittelwert	0,27	0,27		Mittelwert
Standardabw.	0,16	0,15		Standardabw.
<b>Testbeispiel 2</b>				<b>Testbeispiel 2</b>
Mittelwert	0,34	0,35		Mittelwert
Standardabw.	0,13	0,13		Standardabw.
<b>Testbeispiel 3</b>				<b>Testbeispiel 3</b>
Mittelwert	0,42	0,42		Mittelwert
Standardabw.	1,09	1,05		Standardabw.
<b>Testbeispiel 4</b>				<b>Testbeispiel 4</b>
Mittelwert	0,64	0,66		Mittelwert
Standardabw.	0,74	0,72		Standardabw.
<b>Testbeispiel 5</b>				<b>Testbeispiel 5</b>
Mittelwert	0,19	0,18		Mittelwert
Standardabw.	0,26	0,25		Standardabw.
<b>Testbeispiel 6</b>				<b>Testbeispiel 6</b>
Mittelwert		0,04	17,1	Mittelwert
Standardabw.		0,10	40,9	Standardabw.
<b>Testbeispiel 7</b>				<b>Testbeispiel 7</b>
Mittelwert	0,17	0,18	16,0	Mittelwert
Standardabw.	0,18	0,17	28,8	Standardabw.
<b>Testbeispiel 8</b>				<b>Testbeispiel 8</b>
Mittelwert	0,41	0,43		Mittelwert
Standardabw.	0,55	0,52		Standardabw.
<b>Testbeispiel 9</b>				<b>Testbeispiel 9</b>
Mittelwert	0,44	0,45		Mittelwert
Standardabw.	0,56	0,53		Standardabw.
<b>Testbeispiel 10</b>				<b>Testbeispiel 10</b>
Mittelwert	0,16	0,17		Mittelwert
Standardabw.	0,26	0,27		Standardabw.
<b>Testbeispiel 11-1</b>				<b>Testbeispiel 11-1</b>
Mittelwert	0,07	0,07	4,3	Mittelwert
Standardabw.	0,09	0,09	12,3	Standardabw.
<b>Testbeispiel 11-2</b>				<b>Testbeispiel 11-2</b>
Mittelwert	0,13	0,13	3,5	Mittelwert
Standardabw.	0,10	0,10	7,5	Standardabw.
<b>Testbeispiel 12</b>				<b>Testbeispiel 12</b>
Mittelwert	0,15	0,15		Mittelwert
Standardabw.	0,25	0,26		Standardabw.
<b>Testbeispiel 1-12</b>				<b>Testbeispiel 1-12</b>
Mittelwert	0,64	0,66	17,1	Mittelwert
Standardabw.	1,09	1,05	40,9	Standardabw.
<b>Testbeispiel 1 - 7</b>				<b>Testbeispiel 1-7</b>
Mittelwert	0,64	0,66	17,1	Mittelwert
Standardabw.	1,09	1,05	40,9	Standardabw.
	<b>Validierungs-Grenzbedingung</b>			
Mittelwert	<= 1,0	<= 1,0	<= 50	Mittelwert
Standardabw.	<= 1,5	<= 1,5	<= 60	Standardabw.



**Tabelle 1 :** Validierung des 2-K-Modells der VDI 6007-1  
( identisch mit dem **GEBSIMU 2-K-Modell** )  
- Überblick -



## 4 Literaturverzeichnis

---

- [1] *Beuken, D.L.*: Wärmeverluste bei periodisch betriebenen Öfen. Dissertation Freiburg 1936.
- [2] *Brockmeier, K.-H.*: Über ein Beukenmodell kleinster Abmessungen. Elektrotechnische Zeitschrift 72 (1951) Heft 17, S. 525/528.
- [3] *Euser, P.*: Thermische Storingsbronnen. Technisch Physische Dienst. TNO-TH, Delft, Leergang 1967.
- [4] *Bovy, A.J.*: Die Entwicklung des Analogieverfahrens zur Lösung nichtstationärer Wärmeprobleme in den letzten zehn Jahren. Ve Congres International d Electrothermie, Wiesbaden 1963, Section 5, Nr. 623.
- [5] *Köhne, H. u. G. Wölk.*: Das digitale Beukenmodell - eine Methode zur Berechnung instationärer Wärmeleitvorgänge. Elektrowärme international 27 (1969) Nr. 7, S. 302/308.
- [6] *Rouvel, L., Seifert, C. und Zimmermann, F.*; Die künftige VDI 2078 im Kontext zur europäischen Normung, HLH Bd. 59 (2008) Nr. 8 - August S. 49/54
- [7] *Rouvel, L.*: Berechnung des wärmetechnischen Verhaltens von Räumen bei dynamischen Wärmelasten  
Brennstoff-Wärme-Kraft 24 (1972), Nr. 6, S. 245/262.
- [8] *Rouvel, L., u. F. Zimmermann*: Ein regelungstechnisches Modell zur Beschreibung des thermisch dynamischen Raumverhaltens, Teil 1 und Teil 2, Heizung-Lüftung-Haustechnik 48 (1997) Nr. 10 und 12
- [9] *Rouvel, L., u. F. Zimmermann*: Ein regelungstechnisches Modell zur Beschreibung des thermisch dynamischen Raumverhaltens, Teil 3, Heizung-Lüftung-Haustechnik 49 (1998) Nr. 1
- [10] *PSPICE*, PC-Version von *SPICE* (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis), MicroSim Corporation: Design Center mit *PSPICE* Version 7.1, October 1996.
- [11] *Rouvel, L.*: Raumkonditionierung - Wege zum energetisch optimierten Gebäude  
Schriftenreihe der Forschungsstelle für Energiewirtschaft Band 12, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 1978
- [12] *Rouvel, L. und Zimmermann, F.*; Berechnung des instationären thermischen Gebäudeverhaltens, LH Bd. 55 (2004) Nr. 3 S. 39/46 und Nr. 4 S. 24/30
- [13] VDI 2078 Juli 1996: Berechnung von Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln)

VDI 2078 Juni 2015: Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen  
(Auslegung Kühllast und Jahressimulation)

- [14] VDI 6007- Blatt 1 Juni 2015: Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden - Raummodell
- [15] VDI 6007- Blatt 2 März 2012: Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden - Fenstermodell
- [16] VDI 6007- Blatt 3 Juni 2015: Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden - Modell der solaren Einstrahlung
- [17] VDI 6020 Blatt 1 Mai 2001 : Anforderungen an Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation - Gebäudesimulation  
VDI 6020Entwurf September 2016: Anforderungen an thermisch energetische Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation

## **5 Anhang: Vergleich der Berechnungsergebnisse**

---

Vergleich der Berechnungsergebnisse von **GEBSIMU 2-K-Modell** und **GEBSIMU n-K-Modell** mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1 (sowie den Referenzergebnissen nach VDI 6020):

Testbeispiel 1 bis 7

Vergleich der Berechnungsergebnisse von **GEBSIMU 2-K-Modell** und **GEBSIMU n-K-Modell** mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1:

Testbeispiel 8 bis 12

dargestellt in der Systematik der Richtlinie VDI 6007-1 :

**Testbeispiel 1: (VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020)**

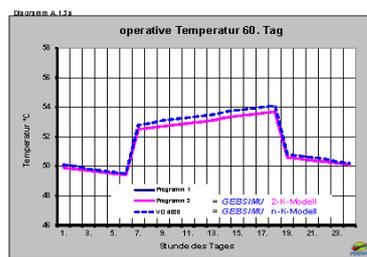
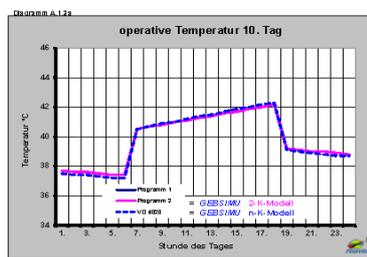
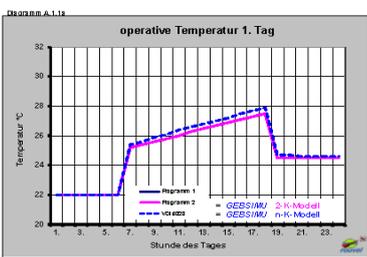
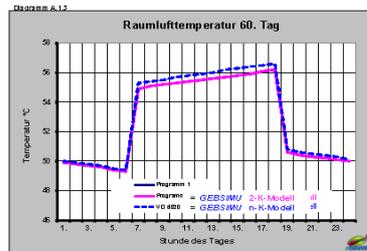
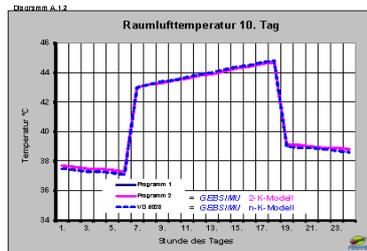
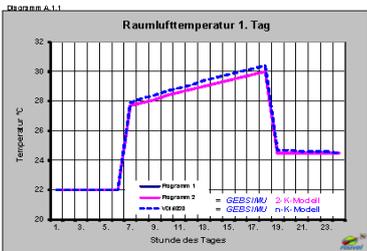
**Berechnung der Reaktion Raumlufthtemperatur auf eine konvektive innere Wärmequelle für den Typraum S :**

Keine sonstigen äußeren und inneren Wärmequellen/-senken, d.h.:

- Außentemperatur konstant 22°C
- keine kurzweilige Einstrahlung auf die Außenwand
- keine kurzweilige Einstrahlung durch das Außenfenster
- kein langweiliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Vergleich der Berechnungsergebnisse von GEBSIMU 2-K-Modell und n-K-Modell mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1 (sowie den Referenzergebnissen nach VDI 6020 = GEBSIMU n-K-Modell) :**

Prüfergebnisse nach VDI 6007-1	Prüfergebnisse nach VDI 6007-1												Referenzergebnisse nach VDI 6020														
	1. Tag, Programm 1				1. Tag, Programm 2				10. Tag, Programm 1				10. Tag, Programm 2				60. Tag, Programm 1				60. Tag, Programm 2						
Stunde	Lufttemp.	Belegtemp.	Heiztemp.	Lufttemp.	Belegtemp.	Heiztemp.	Lufttemp.	Belegtemp.	Heiztemp.	Lufttemp.	Belegtemp.	Heiztemp.	Lufttemp.	Belegtemp.	Heiztemp.	Lufttemp.	Belegtemp.	Heiztemp.	Lufttemp.	Belegtemp.	Heiztemp.	Lufttemp.	Belegtemp.	Heiztemp.			
1.	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	37,7	37,7	0	49,0	49,0	0	45,3	45,3	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
2.	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	37,6	37,6	0	49,0	49,0	0	45,3	45,3	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
3.	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	37,6	37,6	0	49,0	49,0	0	45,3	45,3	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
4.	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	37,6	37,6	0	49,0	49,0	0	45,3	45,3	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
5.	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	37,4	37,4	0	49,0	49,0	0	45,3	45,3	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
6.	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	37,3	37,4	0	49,0	49,0	0	45,3	45,3	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
7.	27,7	25,7	0	27,7	25,7	0	43,0	40,5	0	45,0	40,5	0	54,9	52,5	0	54,3	52,5	0	27,9	25,4	0	45,0	40,5	0	55,3	52,5	0
8.	27,9	25,6	0	27,9	25,6	0	43,2	40,7	0	45,2	40,7	0	55,1	52,6	0	54,5	52,6	0	28,2	25,5	0	45,2	40,7	0	55,4	52,5	0
9.	28,1	25,6	0	28,1	25,6	0	43,3	40,8	0	45,3	40,8	0	55,2	52,7	0	54,6	52,7	0	28,4	25,4	0	45,4	40,5	0	55,5	52,5	0
10.	28,4	25,5	0	28,4	25,5	0	43,5	41,0	0	45,4	41,0	0	55,3	52,8	0	54,7	52,8	0	28,7	25,1	0	45,5	41,0	0	55,7	52,5	0
11.	28,6	25,5	0	28,6	25,5	0	43,6	41,1	0	45,4	41,1	0	55,4	52,9	0	54,8	52,9	0	28,9	25,0	0	45,7	41,2	0	55,9	52,5	0
12.	28,6	25,5	0	28,6	25,5	0	43,6	41,1	0	45,4	41,1	0	55,4	52,9	0	54,8	52,9	0	29,1	24,9	0	45,9	41,2	0	56,0	52,5	0
13.	29,0	25,5	0	29,0	25,5	0	43,9	41,4	0	45,9	41,4	0	55,9	53,1	0	55,5	53,1	0	29,4	24,9	0	46,3	41,2	0	56,3	52,5	0
14.	29,2	25,7	0	29,2	25,7	0	44,1	41,6	0	44,1	41,6	0	55,7	53,3	0	55,7	53,3	0	29,4	24,9	0	46,3	41,2	0	56,3	52,5	0
15.	29,4	25,9	0	29,4	25,9	0	44,3	41,7	0	44,3	41,7	0	55,8	53,4	0	55,8	53,4	0	29,5	24,7	0	44,4	41,3	0	56,5	52,5	0
16.	29,6	25,9	0	29,6	25,9	0	44,4	41,8	0	44,4	41,8	0	55,9	53,5	0	55,9	53,5	0	29,6	24,9	0	44,4	41,3	0	56,5	52,5	0
17.	29,8	25,9	0	29,8	25,9	0	44,6	42,0	0	44,6	42,0	0	56,1	53,6	0	56,1	53,6	0	29,7	24,7	0	44,7	41,2	0	56,7	52,5	0
18.	30,0	25,9	0	30,0	25,9	0	44,7	42,2	0	44,7	42,2	0	56,2	53,7	0	56,2	53,7	0	29,8	24,9	0	44,8	41,2	0	56,7	52,5	0
19.	30,2	24,9	0	30,2	24,9	0	44,9	42,2	0	44,9	42,2	0	56,3	53,7	0	56,3	53,7	0	29,9	24,9	0	44,9	41,2	0	56,7	52,5	0
20.	30,4	24,9	0	30,4	24,9	0	45,1	42,2	0	45,1	42,2	0	56,4	53,8	0	56,4	53,8	0	30,0	24,9	0	45,0	41,2	0	56,7	52,5	0
21.	30,6	24,9	0	30,6	24,9	0	45,2	42,2	0	45,2	42,2	0	56,5	53,8	0	56,5	53,8	0	30,1	24,9	0	45,1	41,2	0	56,7	52,5	0
22.	30,6	24,9	0	30,6	24,9	0	45,3	42,2	0	45,3	42,2	0	56,6	53,9	0	56,6	53,9	0	30,2	24,9	0	45,2	41,2	0	56,7	52,5	0
23.	30,6	24,9	0	30,6	24,9	0	45,3	42,2	0	45,3	42,2	0	56,6	53,9	0	56,6	53,9	0	30,2	24,9	0	45,2	41,2	0	56,7	52,5	0
24.	30,6	24,9	0	30,6	24,9	0	45,3	42,2	0	45,3	42,2	0	56,6	53,9	0	56,6	53,9	0	30,2	24,9	0	45,2	41,2	0	56,7	52,5	0



**Testbeispiel 2: (VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020)**

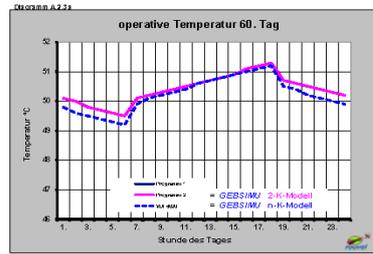
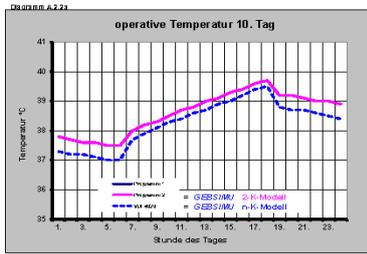
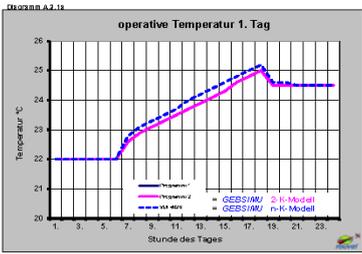
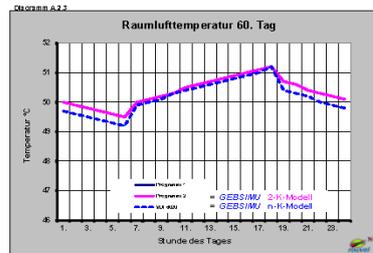
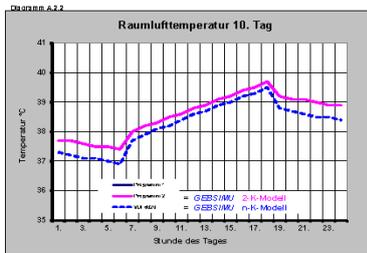
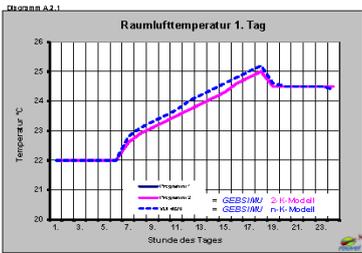
**Berechnung der Reaktion Raumlufttemperatur auf eine strahlende innere Wärmequelle für den Typraum S :**

Keine sonstigen äußeren und inneren Wärmequellen/-senken, d.h.:

- Außentemperatur konstant 22°C
- keine kurzzeitige Einstrahlung auf die Außenwand
- keine kurzzeitige Einstrahlung durch das Außenfenster
- kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Vergleich der Berechnungsergebnisse von GEBSIMU 2-K-Modell und n-K-Modell mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1 (sowie den Referenzergebnissen nach VDI 6020 = GEBSIMU n-K-Modell) :**

Tabelle A2.7	Prüfergebnisse nach VDI 6007-1												Referenzergebnisse nach VDI 6020											
	1. Tag, Programm 1			1. Tag, Programm 2			6. Tag, Programm 1			6. Tag, Programm 2			60. Tag, Programm 1			60. Tag, Programm 2			1. Tag			60. Tag		
Stunde	Leitwert	Endtemp.	Max-Änderung	Leitwert	Endtemp.	Max-Änderung	Leitwert	Endtemp.	Max-Änderung	Leitwert	Endtemp.	Max-Änderung	Leitwert	Endtemp.	Max-Änderung	Leitwert	Endtemp.	Max-Änderung	Leitwert	Endtemp.	Max-Änderung	Leitwert	Endtemp.	Max-Änderung
1	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
2	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
3	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
4	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
5	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
6	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
7	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
8	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
9	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
10	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
11	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
12	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
13	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
14	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
15	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
16	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
17	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
18	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
19	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
20	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
21	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
22	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
23	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
24	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0



**Testbeispiel 3: ( VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020 )**

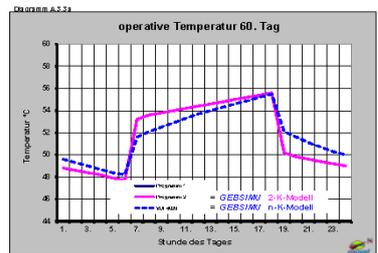
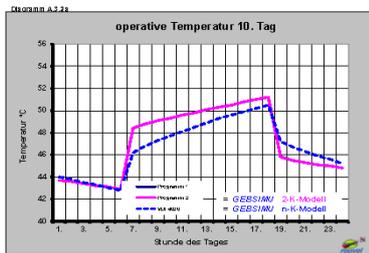
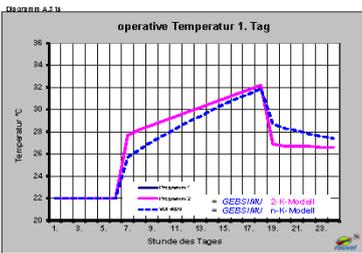
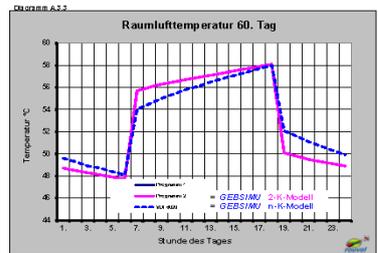
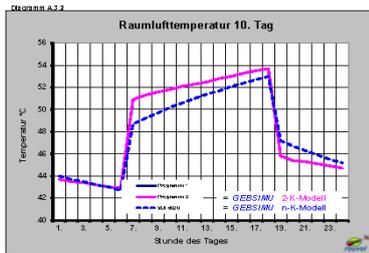
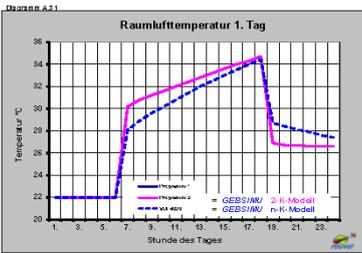
**Berechnung der Reaktion Raumlufttemperatur auf eine konvektive innere Wärmequelle für den Tyraum L:**

Keine sonstigen äußeren und inneren Wärmequellen/-senken, d.h.:

- Außentemperatur konstant 22°C
- keine kurzweilige Einstrahlung auf die Außenwand
- keine kurzweilige Einstrahlung durch das Außenfenster
- kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Vergleich der Berechnungsergebnisse von GEBSIMU 2-K-Modell und n-K-Modell mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1 ( sowie den Referenzergebnissen nach VDI 6020 = GEBSIMU n-K-Modell ) :**

Stunde h:24	Prüfergebnisse nach VDI 6007-1												Referenzergebnisse nach VDI 6020																	
	1. Tag, Programm 1				1. Tag, Programm 2				10. Tag, Programm 1				10. Tag, Programm 2				1. Tag				60. Tag									
Temp. °C	Bepr.Tmp. °C	Int.K-Wert	W	Temp. °C	Bepr.Tmp. °C	Int.K-Wert	W	Temp. °C	Bepr.Tmp. °C	Int.K-Wert	W	Temp. °C	Bepr.Tmp. °C	Int.K-Wert	W	Temp. °C	Bepr.Tmp. °C	Int.K-Wert	W	Temp. °C	Bepr.Tmp. °C	Int.K-Wert	W	Temp. °C	Bepr.Tmp. °C	Int.K-Wert	W			
1	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	43,7	43,7	0	43,7	43,7	0	43,7	43,7	0	22,0	22,0	0	44,0	44,0	0	43,5	43,5	0	43,5	43,5	0			
2	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	43,6	43,6	0	43,6	43,6	0	43,6	43,6	0	22,0	22,0	0	43,7	43,7	0	43,7	43,7	0	43,7	43,7	0	43,7	43,7	0
3	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	43,4	43,4	0	43,4	43,4	0	43,3	43,3	0	22,0	22,0	0	43,5	43,5	0	43,5	43,5	0	43,5	43,5	0	43,5	43,5	0
4	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	43,2	43,2	0	43,2	43,2	0	43,1	43,1	0	22,0	22,0	0	43,7	43,7	0	43,7	43,7	0	43,7	43,7	0	43,7	43,7	0
5	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	43,0	43,1	0	42,9	42,9	0	42,9	42,9	0	22,0	22,0	0	43,0	43,0	0	43,0	43,0	0	42,9	42,9	0	42,9	42,9	0
6	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	42,9	42,9	0	42,9	42,9	0	42,7	42,7	0	22,0	22,0	0	42,7	42,7	0	42,7	42,7	0	42,7	42,7	0	42,7	42,7	0
7	30,2	27,7	0	30,2	27,7	0	50,9	48,4	0	50,9	48,4	0	50,7	50,7	0	22,0	22,0	0	49,7	49,7	0	49,7	49,7	0	49,7	49,7	0	49,7	49,7	0
8	30,8	28,2	0	30,8	28,2	0	51,3	49,0	0	51,3	49,0	0	50,9	50,9	0	22,0	22,0	0	49,2	49,2	0	49,2	49,2	0	49,2	49,2	0	49,2	49,2	0
9	31,2	28,6	0	31,2	28,6	0	51,6	49,1	0	51,6	49,1	0	50,7	50,7	0	22,0	22,0	0	48,7	48,7	0	48,7	48,7	0	48,7	48,7	0	48,7	48,7	0
10	31,5	29,0	0	31,5	29,0	0	51,8	49,3	0	51,8	49,3	0	50,3	50,3	0	22,0	22,0	0	48,2	48,2	0	48,2	48,2	0	48,2	48,2	0	48,2	48,2	0
11	32,0	29,4	0	32,0	29,4	0	52,1	49,6	0	52,1	49,6	0	50,7	50,7	0	22,0	22,0	0	48,6	48,6	0	48,6	48,6	0	48,6	48,6	0	48,6	48,6	0
12	32,4	29,8	0	32,4	29,8	0	52,3	49,9	0	52,3	49,9	0	50,3	50,3	0	22,0	22,0	0	48,9	48,9	0	48,9	48,9	0	48,9	48,9	0	48,9	48,9	0
13	32,8	30,2	0	32,8	30,2	0	52,5	50,1	0	52,5	50,1	0	50,1	50,1	0	22,0	22,0	0	49,1	49,1	0	49,1	49,1	0	49,1	49,1	0	49,1	49,1	0
14	33,2	30,6	0	33,2	30,6	0	52,7	50,3	0	52,7	50,3	0	49,5	49,5	0	22,0	22,0	0	49,3	49,3	0	49,3	49,3	0	49,3	49,3	0	49,3	49,3	0
15	33,6	31,0	0	33,6	31,0	0	52,9	50,5	0	52,9	50,5	0	48,9	48,9	0	22,0	22,0	0	49,5	49,5	0	49,5	49,5	0	49,5	49,5	0	49,5	49,5	0
16	34,0	31,4	0	34,0	31,4	0	53,1	50,7	0	53,1	50,7	0	48,3	48,3	0	22,0	22,0	0	49,7	49,7	0	49,7	49,7	0	49,7	49,7	0	49,7	49,7	0
17	34,2	31,6	0	34,2	31,6	0	53,2	50,8	0	53,2	50,8	0	47,7	47,7	0	22,0	22,0	0	49,9	49,9	0	49,9	49,9	0	49,9	49,9	0	49,9	49,9	0
18	34,7	32,2	0	34,7	32,2	0	53,5	51,2	0	53,5	51,2	0	47,1	47,1	0	22,0	22,0	0	50,1	50,1	0	50,1	50,1	0	50,1	50,1	0	50,1	50,1	0
19	35,0	32,6	0	35,0	32,6	0	53,7	51,5	0	53,7	51,5	0	46,5	46,5	0	22,0	22,0	0	50,3	50,3	0	50,3	50,3	0	50,3	50,3	0	50,3	50,3	0
20	35,2	32,8	0	35,2	32,8	0	53,8	51,6	0	53,8	51,6	0	46,0	46,0	0	22,0	22,0	0	50,4	50,4	0	50,4	50,4	0	50,4	50,4	0	50,4	50,4	0
21	35,7	33,3	0	35,7	33,3	0	54,1	52,0	0	54,1	52,0	0	45,4	45,4	0	22,0	22,0	0	50,6	50,6	0	50,6	50,6	0	50,6	50,6	0	50,6	50,6	0
22	35,7	33,3	0	35,7	33,3	0	54,1	52,0	0	54,1	52,0	0	45,0	45,0	0	22,0	22,0	0	50,6	50,6	0	50,6	50,6	0	50,6	50,6	0	50,6	50,6	0
23	35,6	33,2	0	35,6	33,2	0	54,1	52,0	0	54,1	52,0	0	44,3	44,3	0	22,0	22,0	0	50,5	50,5	0	50,5	50,5	0	50,5	50,5	0	50,5	50,5	0
24	35,6	33,2	0	35,6	33,2	0	54,1	52,0	0	54,1	52,0	0	44,3	44,3	0	22,0	22,0	0	50,5	50,5	0	50,5	50,5	0	50,5	50,5	0	50,5	50,5	0



**Testbeispiel 4: (VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020)**

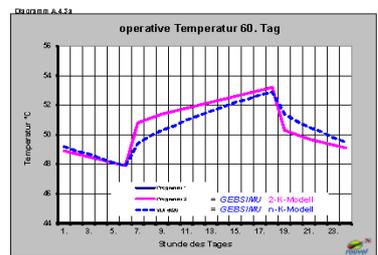
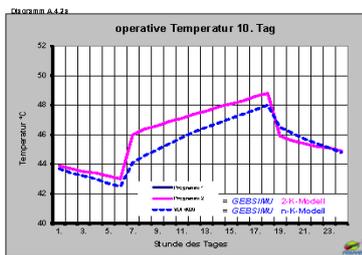
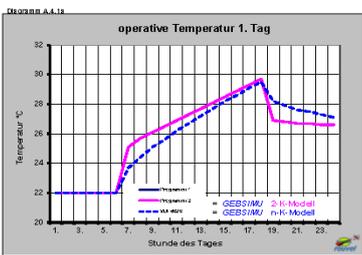
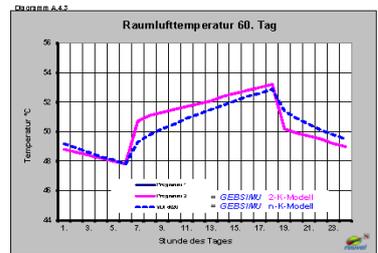
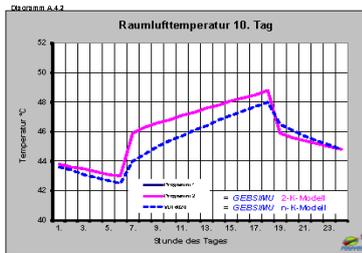
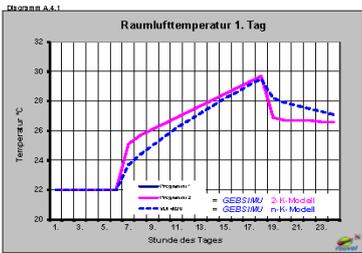
**Berechnung der Reaktion Raumlufitemperatur auf eine strahlende innere Wärmequelle für den Typraum L :**

Keine sonstigen äußeren und inneren Wärmequellen/-senken, d.h.:

- Außentemperatur konstant 22°C
- keine kurzweilige Einstrahlung auf die Außenwand
- keine kurzweilige Einstrahlung durch das Außenfenster
- kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Vergleich der Berechnungsergebnisse von GEBSIMU 2-K-Modell und n-K-Modell mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1 (sowie den Referzergebnissen nach VDI 6020 = GEBSIMU n-K-Modell) :**

Tabelle A.4.7	Prüfergebnisse nach VDI 6007-1												Referzergebnisse nach VDI 6020											
	1. Tag, Programm 1				1. Tag, Programm 2				9. Tag, Programm 1				9. Tag, Programm 2				1. Tag, Programm 1				63. Tag			
Stunde	Lufttemp. °C	Belegtemp. °C	Wärmeleistung W/m²	Lufttemp. °C	Belegtemp. °C	Wärmeleistung W/m²	Lufttemp. °C	Belegtemp. °C	Wärmeleistung W/m²	Lufttemp. °C	Belegtemp. °C	Wärmeleistung W/m²	Lufttemp. °C	Belegtemp. °C	Wärmeleistung W/m²	Lufttemp. °C	Belegtemp. °C	Wärmeleistung W/m²	Lufttemp. °C	Belegtemp. °C	Wärmeleistung W/m²	Lufttemp. °C	Belegtemp. °C	Wärmeleistung W/m²
1	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
2	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
3	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
4	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
5	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
6	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
7	25,1	25,1	0	25,1	25,1	0	25,1	25,1	0	25,1	25,1	0	25,1	25,1	0	25,1	25,1	0	25,1	25,1	0	25,1	25,1	0
8	25,7	25,7	0	25,7	25,7	0	25,7	25,7	0	25,7	25,7	0	25,7	25,7	0	25,7	25,7	0	25,7	25,7	0	25,7	25,7	0
9	26,1	26,1	0	26,1	26,1	0	26,1	26,1	0	26,1	26,1	0	26,1	26,1	0	26,1	26,1	0	26,1	26,1	0	26,1	26,1	0
10	26,5	26,5	0	26,5	26,5	0	26,5	26,5	0	26,5	26,5	0	26,5	26,5	0	26,5	26,5	0	26,5	26,5	0	26,5	26,5	0
11	26,9	26,9	0	26,9	26,9	0	26,9	26,9	0	26,9	26,9	0	26,9	26,9	0	26,9	26,9	0	26,9	26,9	0	26,9	26,9	0
12	27,3	27,3	0	27,3	27,3	0	27,3	27,3	0	27,3	27,3	0	27,3	27,3	0	27,3	27,3	0	27,3	27,3	0	27,3	27,3	0
13	27,7	27,7	0	27,7	27,7	0	27,7	27,7	0	27,7	27,7	0	27,7	27,7	0	27,7	27,7	0	27,7	27,7	0	27,7	27,7	0
14	28,1	28,1	0	28,1	28,1	0	28,1	28,1	0	28,1	28,1	0	28,1	28,1	0	28,1	28,1	0	28,1	28,1	0	28,1	28,1	0
15	28,5	28,5	0	28,5	28,5	0	28,5	28,5	0	28,5	28,5	0	28,5	28,5	0	28,5	28,5	0	28,5	28,5	0	28,5	28,5	0
16	28,9	28,9	0	28,9	28,9	0	28,9	28,9	0	28,9	28,9	0	28,9	28,9	0	28,9	28,9	0	28,9	28,9	0	28,9	28,9	0
17	29,3	29,3	0	29,3	29,3	0	29,3	29,3	0	29,3	29,3	0	29,3	29,3	0	29,3	29,3	0	29,3	29,3	0	29,3	29,3	0
18	29,7	29,7	0	29,7	29,7	0	29,7	29,7	0	29,7	29,7	0	29,7	29,7	0	29,7	29,7	0	29,7	29,7	0	29,7	29,7	0
19	29,9	29,9	0	29,9	29,9	0	29,9	29,9	0	29,9	29,9	0	29,9	29,9	0	29,9	29,9	0	29,9	29,9	0	29,9	29,9	0
20	30,1	30,1	0	30,1	30,1	0	30,1	30,1	0	30,1	30,1	0	30,1	30,1	0	30,1	30,1	0	30,1	30,1	0	30,1	30,1	0
21	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0
22	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0
23	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0	30,2	30,2	0
24	30,6	30,6	0	30,6	30,6	0	30,6	30,6	0	30,6	30,6	0	30,6	30,6	0	30,6	30,6	0	30,6	30,6	0	30,6	30,6	0



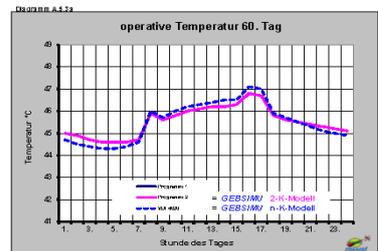
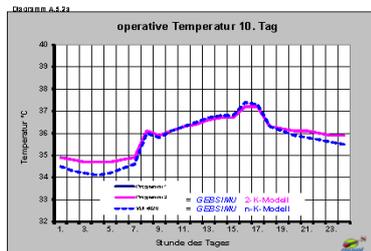
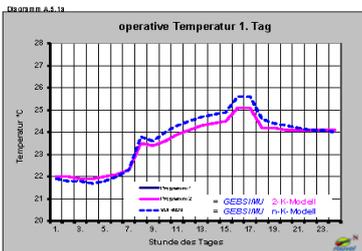
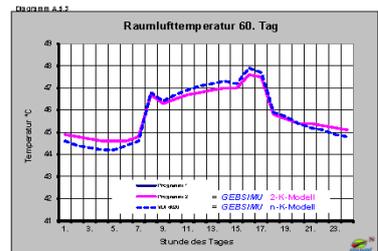
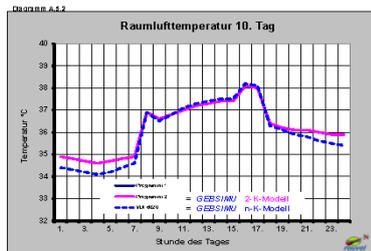
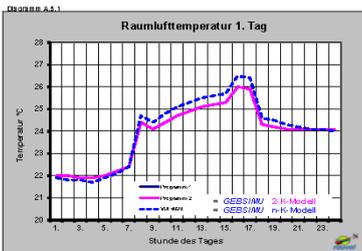
**Testbeispiel 5: ( VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020 )**

**Berechnung der Reaktion Raumlufttemperatur auf gemischte innere und äußere Wärmequellen/-senken für den Typraum S :**

- Außentemperatur im Tagesgang vorgegeben
- kurzweilige Einstrahlung durch das Außenfenster
- Grenzwert der globalen Sonnenstrahlung, bei dem der Sonnenschutz geschlossen wird: > 100 W/m<sup>2</sup>
- Weitere Randbedingungen:
  - keine kurzweilige Einstrahlung auf die Außenwand
  - kein langweiliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung

**Vergleich der Berechnungsergebnisse von *GEBSIMU 2-K-Modell* und *n-K-Modell* mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1 ( sowie den Referenzergebnissen nach VDI 6020 = *GEBSIMU n-K-Modell* ) :**

TabNr. A55	Prüfergebnisse nach VDI 6007-1																		Referenzergebnisse nach VDI 6020								
	1. Tag, Programm 1						1. Tag, Programm 2						60. Tag, Programm 1						60. Tag, Programm 2								
	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage	U-Tage							
1	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	24,9	24,9	0	24,3	24,3	0	44,0	44,0	0	44,3	44,3	0	21,9	21,9	0	24,4	24,4	0	44,0	44,7	0
2	22,0	22,0	0	22,1	22,1	0	24,9	24,9	0	24,3	24,3	0	44,0	44,0	0	44,3	44,3	0	21,9	21,9	0	24,4	24,4	0	44,0	44,7	0
3	21,9	21,9	0	21,9	21,9	0	24,7	24,7	0	24,7	24,7	0	44,7	44,7	0	44,7	44,7	0	21,9	21,9	0	24,5	24,5	0	44,0	44,4	0
4	21,9	21,9	0	21,9	21,9	0	24,6	24,7	0	24,6	24,7	0	44,6	44,6	0	44,6	44,6	0	21,7	21,7	0	24,5	24,5	0	44,0	44,2	0
5	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	24,7	24,7	0	24,7	24,7	0	44,6	44,6	0	44,6	44,6	0	21,9	21,9	0	24,5	24,5	0	44,0	44,2	0
6	22,2	22,1	0	22,2	22,1	0	24,8	24,8	0	24,8	24,8	0	44,6	44,6	0	44,6	44,6	0	22,1	22,1	0	24,4	24,4	0	44,0	44,4	0
7	22,4	22,3	0	22,4	22,3	0	24,9	24,9	0	24,9	24,9	0	44,6	44,7	0	44,6	44,7	0	22,4	22,3	0	24,4	24,4	0	44,0	44,6	0
8	24,4	23,6	0	24,4	23,6	0	26,9	26,1	0	26,9	26,1	0	46,7	45,9	0	46,7	45,9	0	24,7	23,2	0	24,6	23,9	0	44,0	44,6	0
9	24,1	23,4	0	24,1	23,4	0	26,8	26,9	0	26,4	26,9	0	46,3	46,6	0	46,3	46,6	0	24,6	23,6	0	24,5	23,9	0	44,0	44,7	0
10	24,4	23,6	0	24,4	23,6	0	26,8	26,1	0	26,5	26,1	0	46,3	45,9	0	46,3	45,9	0	24,6	23,6	0	24,5	23,9	0	44,0	44,7	0
11	24,2	23,9	0	24,2	23,9	0	27,0	26,9	0	27,0	26,9	0	46,7	46,9	0	46,7	46,9	0	25,1	24,3	0	24,5	23,9	0	44,0	44,7	0
12	24,9	24,1	0	24,8	24,4	0	27,2	26,4	0	27,2	26,4	0	46,9	46,1	0	46,9	46,1	0	25,3	24,8	0	24,5	23,9	0	44,0	44,7	0
13	25,1	24,9	0	25,1	24,9	0	27,3	26,9	0	27,3	26,9	0	46,9	46,2	0	46,9	46,2	0	25,3	24,7	0	24,4	23,7	0	44,0	44,6	0
14	25,2	24,4	0	25,1	24,6	0	27,4	26,7	0	27,4	26,7	0	47,0	46,3	0	47,0	46,3	0	25,4	24,8	0	24,4	23,7	0	44,0	44,6	0
15	25,3	24,5	0	25,3	24,4	0	27,4	26,7	0	27,4	26,7	0	47,0	46,3	0	47,0	46,3	0	25,4	24,8	0	24,4	23,7	0	44,0	44,6	0
16	25,9	25,1	0	25,3	25,1	0	28,0	27,2	0	28,0	27,2	0	47,5	46,7	0	47,5	46,7	0	25,7	25,0	0	24,3	23,5	0	44,0	44,7	0
17	26,3	26,2	0	25,3	25,3	0	28,1	27,9	0	28,1	27,9	0	47,5	46,9	0	47,5	46,9	0	25,7	25,0	0	24,3	23,5	0	44,0	44,7	0
18	26,2	26,2	0	24,7	24,9	0	28,4	28,2	0	28,4	28,2	0	48,0	48,0	0	48,0	48,0	0	24,3	24,6	0	24,3	24,5	0	44,0	44,7	0
19	24,1	24,1	0	24,1	24,1	0	26,1	26,1	0	26,1	26,1	0	46,4	46,4	0	46,4	46,4	0	24,3	24,2	0	24,3	24,3	0	44,0	44,7	0
20	24,1	24,1	0	24,1	24,1	0	26,1	26,1	0	26,1	26,1	0	46,4	46,4	0	46,4	46,4	0	24,3	24,2	0	24,3	24,3	0	44,0	44,7	0
21	24,1	24,1	0	24,1	24,1	0	26,0	26,0	0	26,0	26,0	0	46,3	46,3	0	46,3	46,3	0	24,1	24,1	0	24,3	24,3	0	44,0	44,7	0
22	24,1	24,1	0	24,1	24,1	0	26,0	26,0	0	26,0	26,0	0	46,3	46,3	0	46,3	46,3	0	24,1	24,1	0	24,3	24,3	0	44,0	44,7	0
23	24,1	24,1	0	24,1	24,1	0	26,0	26,0	0	26,0	26,0	0	46,3	46,3	0	46,3	46,3	0	24,1	24,1	0	24,3	24,3	0	44,0	44,7	0
24	24,1	24,1	0	24,1	24,1	0	26,0	26,0	0	26,0	26,0	0	46,3	46,3	0	46,3	46,3	0	24,1	24,1	0	24,3	24,3	0	44,0	44,7	0





Testbeispiel 7

**Testbeispiel 7:** ( VDI 6007-1 und gleichzeitig Validierung nach VDI 6020 )

Lastberechnung bei Einhaltung der Sollwerte der Raumtemperatur und Vorgabe eines Sollwertsprungs für den Typraum S :

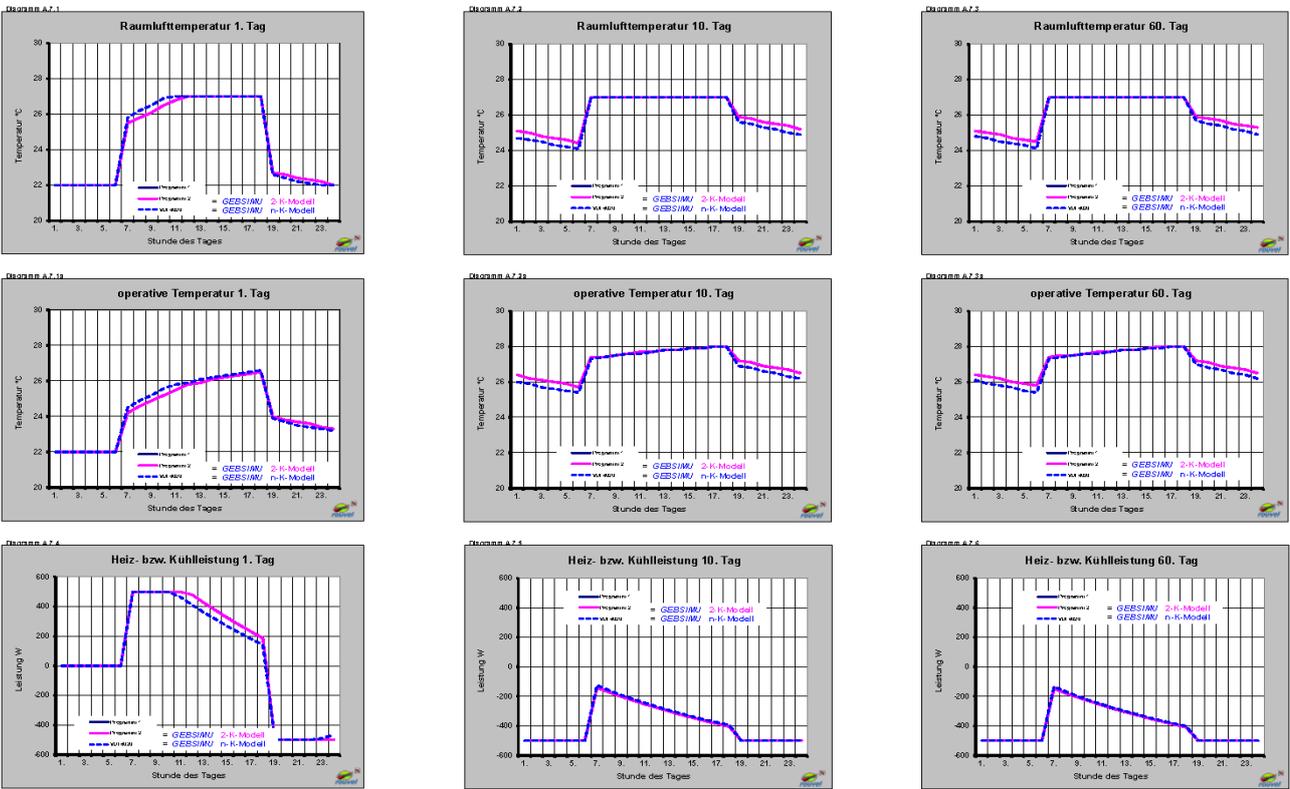
wie Testbeispiel 6

Modifikation des Testbeispiels 6 :

- begrenzte Auslegungsleistung für Heizen und Kühlen

**Vergleich der Berechnungsergebnisse von GEBSIMU 2-K-Modell und n-K-Modell mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1 (sowie den Referenzergebnissen nach VDI 6020 = GEBSIMU n-K-Modell) :**

Sollw. [t-24]	Prüfergebnisse nach VDI 6007-1												Referenzergebnisse nach VDI 6020															
	1. Tag, Programm 1				2. Tag, Programm 2				3. Tag, Programm 1				4. Tag, Programm 2				1. Tag				10. Tag				60. Tag			
	LTBsp. °C	SBP-Temp. °C	Hz-K-Modell	Hz-K-Modell	LTBsp. °C	SBP-Temp. °C	Hz-K-Modell	Hz-K-Modell	LTBsp. °C	SBP-Temp. °C	Hz-K-Modell	Hz-K-Modell	LTBsp. °C	SBP-Temp. °C	Hz-K-Modell	Hz-K-Modell	LTBsp. °C	SBP-Temp. °C	Hz-K-Modell	Hz-K-Modell	LTBsp. °C	SBP-Temp. °C	Hz-K-Modell	Hz-K-Modell	LTBsp. °C	SBP-Temp. °C	Hz-K-Modell	Hz-K-Modell
1	22,0	22,0	0	22,1	22,0	0	26,1	26,4	-600	24,1	24,4	469	26,1	26,4	-600	22,1	21,4	419	22,0	22,0	0	24,6	24,9	-600	24,1	24,1	24,1	469
2	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	26,0	26,2	-600	24,0	24,2	469	26,0	26,3	-600	21,9	21,7	419	21,9	21,9	0	24,6	24,9	-600	24,7	24,9	24,9	469
3	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	24,9	26,1	-600	24,1	24,1	469	24,9	26,2	-600	24,3	24,3	419	24,0	22,0	0	24,5	24,7	-600	24,1	24,1	24,1	469
4	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	24,7	26,0	-600	24,7	24,9	469	24,7	26,0	-600	24,7	24,9	419	24,0	22,0	0	24,5	24,6	-600	24,4	24,7	24,7	469
5	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	24,6	25,9	-600	24,6	24,8	469	24,6	25,9	-600	24,6	24,9	419	24,0	22,0	0	24,5	24,5	-600	24,5	24,6	24,6	469
6	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	24,4	26,7	-600	24,4	24,7	469	24,5	26,8	-600	24,5	24,9	419	24,0	22,0	0	24,1	24,4	-600	24,1	24,4	24,4	469
7	26,9	24,9	600	24,4	24,3	600	21,0	21,4	-142	27,0	27,4	-142	21,0	21,4	-142	27,0	27,4	-142	24,0	22,0	0	24,6	24,6	-600	24,6	24,6	24,6	469
8	26,9	24,9	600	24,1	24,2	600	21,0	21,4	-172	27,0	27,4	-172	21,0	21,5	-172	27,0	27,4	-172	24,0	22,0	0	24,5	24,5	-600	24,5	24,5	24,5	469
9	26,1	24,9	600	24,3	24,3	600	21,0	21,5	-89	27,0	27,4	-89	21,0	21,5	-89	27,0	27,4	-89	24,0	22,0	0	24,6	24,6	-600	24,6	24,6	24,6	469
10	26,9	26,2	600	24,3	24,2	600	21,0	21,6	-238	27,0	27,4	-238	21,0	21,6	-238	27,0	27,4	-238	24,0	22,0	0	24,4	24,4	-600	24,4	24,4	24,4	469
11	26,9	26,5	600	24,6	24,5	600	21,0	21,7	-394	27,0	27,4	-394	21,0	21,7	-394	27,0	27,4	-394	24,0	22,0	0	24,6	24,6	-600	24,6	24,6	24,6	469
12	21,0	20,9	481	27,0	26,3	481	21,0	21,7	-319	27,0	27,7	-319	21,0	21,7	-319	27,0	27,7	-319	24,0	22,0	0	24,5	24,5	-600	24,5	24,5	24,5	469
13	21,0	20,9	426	27,0	26,5	426	21,0	21,8	-362	27,0	27,4	-362	21,0	21,8	-362	27,0	27,4	-362	24,0	22,0	0	24,5	24,5	-600	24,5	24,5	24,5	469
14	21,0	20,1	374	27,0	26,1	374	21,0	21,8	-324	27,0	27,1	-324	21,0	21,8	-324	27,0	27,1	-324	24,0	22,0	0	24,3	24,3	-600	24,3	24,3	24,3	469
15	21,0	20,2	324	27,0	26,0	324	21,0	21,9	-345	27,0	27,3	-345	21,0	21,9	-345	27,0	27,3	-345	24,0	22,0	0	24,3	24,3	-600	24,3	24,3	24,3	469
16	21,0	20,3	276	27,0	25,9	276	21,0	21,9	-366	27,0	27,3	-366	21,0	21,9	-366	27,0	27,3	-366	24,0	22,0	0	24,3	24,3	-600	24,3	24,3	24,3	469
17	21,0	20,4	230	27,0	26,4	230	21,0	21,9	-389	27,0	27,6	-389	21,0	21,9	-389	27,0	27,6	-389	24,0	22,0	0	24,3	24,3	-600	24,3	24,3	24,3	469
18	21,0	20,5	186	27,0	27,4	186	21,0	21,9	-424	27,0	28,1	-424	21,0	21,9	-424	27,0	28,1	-424	24,0	22,0	0	24,3	24,3	-600	24,3	24,3	24,3	469
19	22,7	24,0	-580	25,7	24,0	499	26,9	27,2	-600	24,9	27,2	499	26,9	27,2	-600	24,9	27,2	499	22,7	22,7	-600	25,6	24,9	-600	24,9	24,9	24,9	469
20	22,8	23,9	-600	22,4	22,4	499	26,9	27,1	-600	24,9	26,9	499	26,9	27,1	-600	24,9	26,9	499	22,8	22,8	-600	25,6	24,9	-600	24,9	24,9	24,9	469
21	22,4	23,7	-600	22,4	22,7	499	26,9	26,9	-600	24,9	26,7	499	26,9	26,7	-600	24,9	26,7	499	22,4	22,4	-600	25,6	24,9	-600	24,9	24,9	24,9	469
22	22,3	23,6	-600	22,1	22,5	499	26,9	26,9	-600	24,9	26,4	499	26,9	26,4	-600	24,9	26,4	499	22,3	22,3	-600	25,6	24,9	-600	24,9	24,9	24,9	469
23	22,2	23,4	-600	22,2	22,4	499	26,4	26,7	-600	24,4	26,7	499	26,4	26,7	-600	24,4	26,7	499	22,2	22,2	-600	25,6	24,9	-600	24,9	24,9	24,9	469
24	22,0	22,0	-600	22,1	22,2	499	26,3	26,5	-600	24,3	26,4	499	26,3	26,5	-600	24,3	26,4	499	22,0	22,0	-600	25,6	24,9	-600	24,9	24,9	24,9	469



**Testbeispiel 8: (VDI 6007-1 und Vergleich mit *GEBSIMU* n-K-Modell)**

Berechnung der Reaktion Raumlufttemperatur auf gemischte innere und äußere Wärmequellen/-senken für den Typraum S :

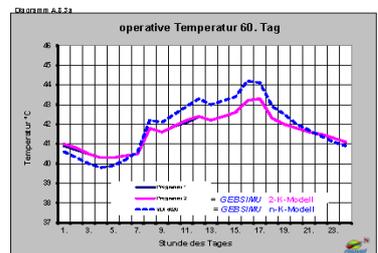
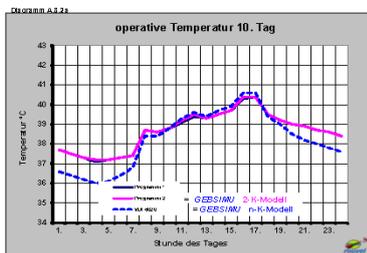
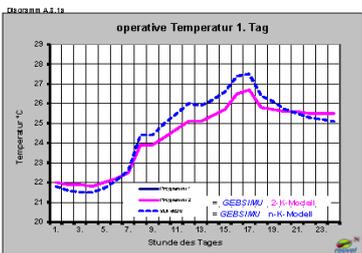
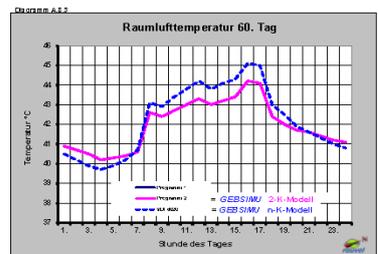
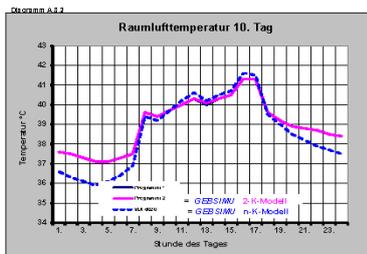
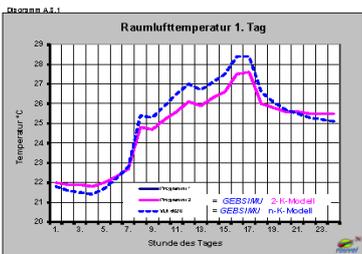
Aufbauend auf Testbeispiel 5

Modifikation des Testbeispiels 5 :

- zweite Außenfassade nach West (Außenwand und Außenfenster)
- kurzzeitige Einstrahlung auf die beiden Außenwände

Vergleich der Berechnungsergebnisse von *GEBSIMU* 2-K-Modell und n-K-Modell mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1 (sowie den Referenzergebnissen nach VDI 6020 = *GEBSIMU* n-K-Modell) :

SITZPLATZ	Prüfergebnisse nach VDI 6007-1												Vergleichsergebnisse für <i>GEBSIMU</i> n-K-Modell																	
	1. Tag, Programm 1				1. Tag, Programm 2				8. Tag, Programm 1				8. Tag, Programm 2				1. Tag				8. Tag									
	Temperatur	Beleglast	Heizleistung	Wärmeabfuhr	Temperatur	Beleglast	Heizleistung	Wärmeabfuhr	Temperatur	Beleglast	Heizleistung	Wärmeabfuhr	Temperatur	Beleglast	Heizleistung	Wärmeabfuhr	Temperatur	Beleglast	Heizleistung	Wärmeabfuhr	Temperatur	Beleglast	Heizleistung	Wärmeabfuhr						
1	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	37,9	37,9	0	37,9	37,9	0	40,9	40,9	0	40,9	40,9	0	40,9	40,9	0	21,9	21,9	0	21,9	21,9	0	40,9	40,9	0
2	21,9	21,9	0	21,9	21,9	0	37,9	37,9	0	37,9	37,9	0	40,9	40,9	0	40,9	40,9	0	40,9	40,9	0	21,9	21,9	0	21,9	21,9	0	40,9	40,9	0
3	21,9	21,9	0	21,9	21,9	0	37,9	37,9	0	37,9	37,9	0	40,9	40,9	0	40,9	40,9	0	40,9	40,9	0	21,9	21,9	0	21,9	21,9	0	40,9	40,9	0
4	21,9	21,9	0	21,9	21,9	0	37,9	37,9	0	37,9	37,9	0	40,9	40,9	0	40,9	40,9	0	40,9	40,9	0	21,9	21,9	0	21,9	21,9	0	40,9	40,9	0
5	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	37,9	37,9	0	37,9	37,9	0	40,9	40,9	0	40,9	40,9	0	40,9	40,9	0	21,7	21,7	0	21,7	21,7	0	40,9	40,9	0
6	22,2	22,2	0	22,2	22,2	0	37,9	37,9	0	37,9	37,9	0	40,4	40,4	0	40,4	40,4	0	40,4	40,4	0	22,2	22,2	0	22,2	22,2	0	40,4	40,4	0
7	22,7	22,7	0	22,7	22,7	0	37,9	37,9	0	37,9	37,9	0	40,6	40,6	0	40,6	40,6	0	40,6	40,6	0	22,7	22,7	0	22,7	22,7	0	40,6	40,6	0
8	23,8	23,8	0	24,8	23,8	0	38,6	38,6	0	38,6	38,6	0	42,6	41,9	0	42,6	41,9	0	42,6	41,9	0	23,8	23,8	0	23,8	23,8	0	42,6	41,9	0
9	24,7	23,9	0	24,7	23,9	0	38,4	38,8	0	38,4	38,8	0	42,4	41,6	0	42,4	41,6	0	42,4	41,6	0	23,9	24,4	0	23,9	24,4	0	42,4	41,6	0
10	25,2	24,3	0	25,2	24,3	0	38,7	38,0	0	38,7	38,0	0	42,7	41,7	0	42,7	41,7	0	42,7	41,7	0	25,2	25,6	0	25,2	25,6	0	42,7	41,7	0
11	25,6	24,7	0	25,6	24,7	0	40,0	39,1	0	40,0	39,1	0	43,0	42,1	0	43,0	42,1	0	43,0	42,1	0	25,6	25,5	0	25,6	25,5	0	43,0	42,1	0
12	26,1	25,1	0	26,1	25,1	0	40,0	39,4	0	40,0	39,4	0	43,0	42,4	0	43,0	42,4	0	43,0	42,4	0	26,1	26,9	0	26,1	26,9	0	43,0	42,4	0
13	26,5	25,1	0	26,5	25,1	0	40,0	39,3	0	40,0	39,3	0	43,0	42,2	0	43,0	42,2	0	43,0	42,2	0	26,7	26,9	0	26,7	26,9	0	43,0	42,2	0
14	26,9	25,4	0	26,9	25,4	0	40,0	39,8	0	40,0	39,8	0	43,0	42,4	0	43,0	42,4	0	43,0	42,4	0	27,3	26,9	0	27,3	26,9	0	43,0	42,4	0
15	26,9	25,7	0	26,9	25,7	0	40,0	39,7	0	40,0	39,7	0	43,0	42,6	0	43,0	42,6	0	43,0	42,6	0	27,3	26,6	0	27,3	26,6	0	43,0	42,6	0
16	27,5	25,5	0	27,5	25,6	0	41,0	40,8	0	41,0	40,8	0	44,0	43,2	0	44,0	43,2	0	44,0	43,2	0	27,4	27,4	0	27,4	27,4	0	44,0	43,2	0
17	27,5	25,7	0	27,5	25,7	0	41,3	40,4	0	41,3	40,4	0	44,1	43,3	0	44,1	43,3	0	44,1	43,3	0	28,4	27,5	0	28,4	27,5	0	44,1	43,3	0
18	28,0	25,9	0	28,0	25,8	0	39,0	39,5	0	39,0	39,5	0	42,4	42,3	0	42,4	42,3	0	42,4	42,3	0	28,4	28,4	0	28,4	28,4	0	42,4	42,3	0
19	28,0	25,7	0	28,0	25,7	0	39,2	39,2	0	39,2	39,2	0	42,0	42,0	0	42,0	42,0	0	42,0	42,0	0	28,1	28,1	0	28,1	28,1	0	42,0	42,0	0
20	28,0	25,9	0	28,0	25,8	0	38,9	39,0	0	38,9	39,0	0	41,7	41,6	0	41,7	41,6	0	41,7	41,6	0	28,0	28,7	0	28,0	28,7	0	41,7	41,6	0
21	28,0	25,6	0	28,0	25,6	0	38,9	38,9	0	38,9	38,9	0	41,2	41,6	0	41,2	41,6	0	41,2	41,6	0	28,0	28,0	0	28,0	28,0	0	41,2	41,6	0
22	28,0	25,6	0	28,0	25,6	0	38,7	38,5	0	38,7	38,5	0	41,4	41,6	0	41,4	41,6	0	41,4	41,6	0	28,0	28,0	0	28,0	28,0	0	41,4	41,6	0
23	28,0	25,6	0	28,0	25,6	0	38,4	38,6	0	38,4	38,6	0	41,2	41,4	0	41,2	41,4	0	41,2	41,4	0	28,0	28,0	0	28,0	28,0	0	41,2	41,4	0
24	28,0	25,6	0	28,0	25,6	0	38,4	38,4	0	38,4	38,4	0	41,1	41,4	0	41,1	41,4	0	41,1	41,4	0	28,0	28,0	0	28,0	28,0	0	41,1	41,4	0



Testbeispiel 9

**Testbeispiel 9: ( VDI 6007-1 und Vergleich zu GEBSIMU n-K-Modell )**

**Berechnung der Reaktion Raumlufttemperatur auf gemischte innere und äußere Wärmequellen/-senken für den Typraum S :**

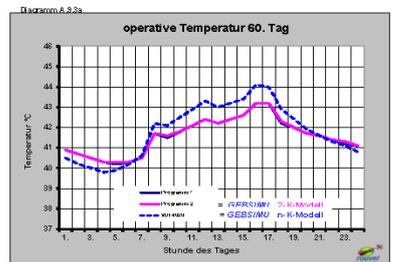
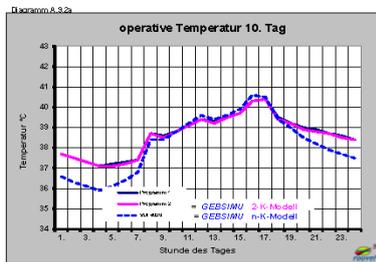
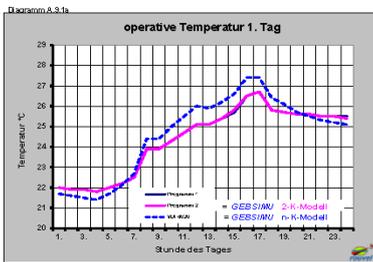
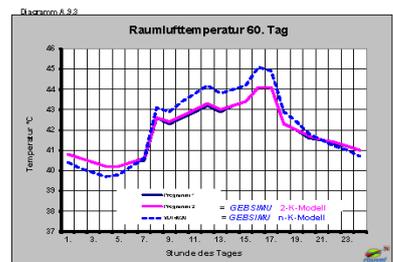
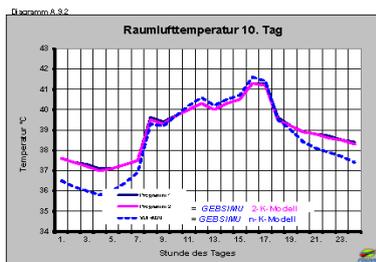
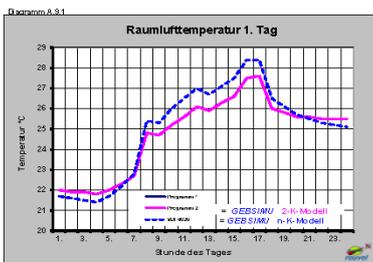
Wie Testbeispiel 8

Modifikation des Testbeispiels 8 :

- zusätzlich wird ein langweiliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung berücksichtigt (für beide Außenflächen).

**Vergleich der Berechnungsergebnisse von GEBSIMU 2-K-Modell und n-K-Modell mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1 (sowie den Referenzergebnissen nach VDI 6020 = GEBSIMU n-K-Modell) :**

Stunde (1..24)	Prüfergebnisse nach VDI 6007-1												Vergleichsergebnisse für GEBSIMU n-K-Modell																	
	1. Tag, Programm 1				1. Tag, Programm 2				10. Tag, Programm 1				10. Tag, Programm 2				1. Tag				10. Tag				60. Tag					
	LimTemp	EndTemp	He-E-Öffner	He-E-Modell	LimTemp	EndTemp	He-E-Öffner	He-E-Modell	LimTemp	EndTemp	He-E-Öffner	He-E-Modell	LimTemp	EndTemp	He-E-Öffner	He-E-Modell	LimTemp	EndTemp	He-E-Öffner	He-E-Modell	LimTemp	EndTemp	He-E-Öffner	He-E-Modell	LimTemp	EndTemp	He-E-Öffner	He-E-Modell		
1	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	37,6	37,7	0	37,6	37,7	0	37,6	37,7	0	37,6	37,7	0	37,6	37,7	0	37,6	37,7	0	37,6	37,7	0	37,6	37,7	0
2	21,9	21,9	0	21,9	21,9	0	37,4	37,5	0	37,4	37,5	0	37,4	37,5	0	37,4	37,5	0	37,4	37,5	0	37,4	37,5	0	37,4	37,5	0	37,4	37,5	0
3	21,9	21,9	0	21,9	21,9	0	37,3	37,3	0	37,3	37,3	0	37,3	37,3	0	37,3	37,3	0	37,3	37,3	0	37,3	37,3	0	37,3	37,3	0	37,3	37,3	0
4	21,8	21,8	0	21,8	21,8	0	37,1	37,1	0	37,1	37,1	0	37,1	37,1	0	37,1	37,1	0	37,1	37,1	0	37,1	37,1	0	37,1	37,1	0	37,1	37,1	0
5	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	37,1	37,2	0	37,1	37,2	0	37,1	37,2	0	37,1	37,2	0	37,1	37,2	0	37,1	37,2	0	37,1	37,2	0	37,1	37,2	0
6	22,3	22,2	0	22,3	22,2	0	37,2	37,3	0	37,2	37,3	0	37,2	37,3	0	37,2	37,3	0	37,2	37,3	0	37,2	37,3	0	37,2	37,3	0	37,2	37,3	0
7	22,7	22,5	0	22,7	22,5	0	37,5	37,4	0	37,5	37,4	0	37,5	37,4	0	37,5	37,4	0	37,5	37,4	0	37,5	37,4	0	37,5	37,4	0	37,5	37,4	0
8	24,9	23,9	0	24,8	23,8	0	39,8	38,7	0	39,8	38,7	0	39,8	38,7	0	39,8	38,7	0	39,8	38,7	0	39,8	38,7	0	39,8	38,7	0	39,8	38,7	0
9	24,7	23,9	0	24,7	23,9	0	39,4	38,8	0	39,4	38,8	0	39,4	38,8	0	39,4	38,8	0	39,4	38,8	0	39,4	38,8	0	39,4	38,8	0	39,4	38,8	0
10	25,2	24,5	0	25,2	24,3	0	39,7	38,8	0	39,7	38,8	0	39,7	38,8	0	39,7	38,8	0	39,7	38,8	0	39,7	38,8	0	39,7	38,8	0	39,7	38,8	0
11	25,9	24,7	0	25,8	24,7	0	40,0	39,1	0	40,0	39,1	0	40,0	39,1	0	40,0	39,1	0	40,0	39,1	0	40,0	39,1	0	40,0	39,1	0	40,0	39,1	0
12	26,1	25,1	0	26,1	25,1	0	40,3	39,4	0	40,3	39,4	0	40,3	39,4	0	40,3	39,4	0	40,3	39,4	0	40,3	39,4	0	40,3	39,4	0	40,3	39,4	0
13	25,9	25,1	0	25,9	25,1	0	40,0	39,3	0	40,0	39,3	0	40,0	39,3	0	40,0	39,3	0	40,0	39,3	0	40,0	39,3	0	40,0	39,3	0	40,0	39,3	0
14	25,7	25,4	0	25,8	25,4	0	40,3	39,5	0	40,3	39,5	0	40,3	39,5	0	40,3	39,5	0	40,3	39,5	0	40,3	39,5	0	40,3	39,5	0	40,3	39,5	0
15	25,9	25,7	0	25,8	25,8	0	40,5	39,7	0	40,5	39,7	0	40,5	39,7	0	40,5	39,7	0	40,5	39,7	0	40,5	39,7	0	40,5	39,7	0	40,5	39,7	0
16	27,2	26,5	0	27,2	26,5	0	41,3	40,3	0	41,3	40,3	0	41,3	40,3	0	41,3	40,3	0	41,3	40,3	0	41,3	40,3	0	41,3	40,3	0	41,3	40,3	0
17	27,9	26,7	0	27,6	26,8	0	40,5	40,4	0	41,2	40,4	0	41,2	40,4	0	41,2	40,4	0	41,2	40,4	0	41,2	40,4	0	41,2	40,4	0	41,2	40,4	0
18	27,5	26,9	0	27,6	26,8	0	39,8	39,5	0	39,5	39,4	0	39,5	39,4	0	39,5	39,4	0	39,5	39,4	0	39,5	39,4	0	39,5	39,4	0	39,5	39,4	0
19	25,9	25,7	0	25,8	25,7	0	39,2	39,2	0	39,2	39,2	0	39,2	39,2	0	39,2	39,2	0	39,2	39,2	0	39,2	39,2	0	39,2	39,2	0	39,2	39,2	0
20	25,9	25,9	0	25,8	25,8	0	39,4	39,4	0	39,4	39,4	0	39,4	39,4	0	39,4	39,4	0	39,4	39,4	0	39,4	39,4	0	39,4	39,4	0	39,4	39,4	0
21	25,9	25,9	0	25,8	25,8	0	39,8	39,9	0	39,8	39,9	0	39,8	39,9	0	39,8	39,9	0	39,8	39,9	0	39,8	39,9	0	39,8	39,9	0	39,8	39,9	0
22	25,5	25,5	0	25,5	25,5	0	39,7	39,7	0	39,6	39,7	0	39,6	39,7	0	39,6	39,7	0	39,6	39,7	0	39,6	39,7	0	39,6	39,7	0	39,6	39,7	0
23	25,5	25,5	0	25,5	25,5	0	39,5	39,5	0	39,5	39,5	0	39,5	39,5	0	39,5	39,5	0	39,5	39,5	0	39,5	39,5	0	39,5	39,5	0	39,5	39,5	0
24	25,5	25,5	0	25,5	25,4	0	39,4	39,4	0	39,3	39,4	0	39,3	39,4	0	39,3	39,4	0	39,3	39,4	0	39,3	39,4	0	39,3	39,4	0	39,3	39,4	0



**Testbeispiel 10:** ( VDI 6007-1 und Vergleich zu **GEBSIMU** n-K-Modell )

Berechnung der Reaktion Raumlufttemperatur auf gemischte innere und äußere Wärmequellen/-senken für den Typraum S :

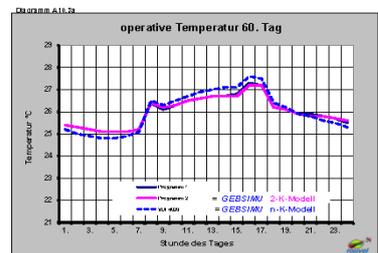
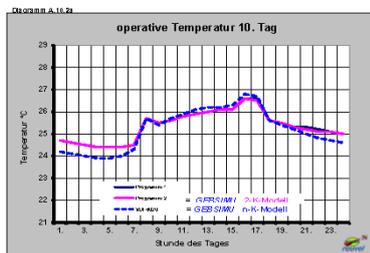
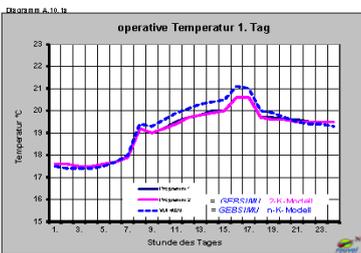
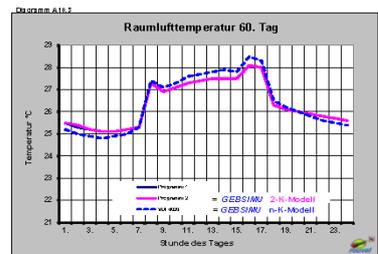
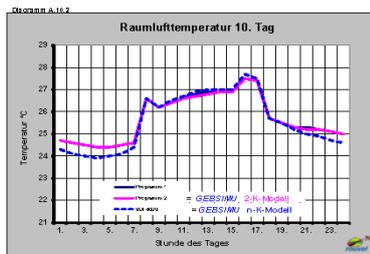
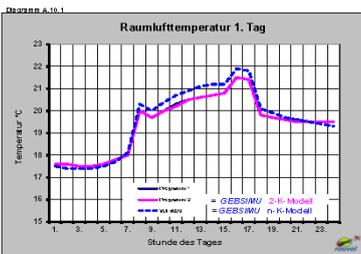
Wie Testbeispiel 5

Modifikation des Testbeispiels 5 :

- der Fußboden ist eine nichtadiabate Innenfläche (Nebenraum ist ein Keller mit vorgegebener Temperatur).

Vergleich der Berechnungsergebnisse von **GEBSIMU 2-K-Modell** und **n-K-Modell** mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1 ( sowie den Referzzergebnissen nach VDI 6020 = **GEBSIMU** n-K-Modell) :

Stufe n-24	Prüfergebnisse nach VDI 6007-1												Vergleichsergebnisse für <b>GEBSIMU</b> n-K-Modell											
	1. Tag, Programm 1				1. Tag, Programm 2 = <b>GEBSIMU</b> 2-K-Modell				10. Tag, Programm 1				10. Tag, Programm 2 = <b>GEBSIMU</b> 2-K-Modell				1. Tag, <b>GEBSIMU</b> n-K-Modell				10. Tag, <b>GEBSIMU</b> n-K-Modell			
Temp. [°C]	Abstr./[W/m²]	IR-Koeffiz.	U-Wert	Strahlungs	konvektive	U-Wert	Abstr./[W/m²]	IR-Koeffiz.	U-Wert	Strahlungs	konvektive	U-Wert	Abstr./[W/m²]	IR-Koeffiz.	U-Wert	Strahlungs	konvektive	U-Wert	Abstr./[W/m²]	IR-Koeffiz.	U-Wert	Strahlungs	konvektive	U-Wert
1	17,9	17,9	D	17,9	17,9	0	24,7	24,7	0	25,5	25,4	0	25,3	25,4	0	17,9	17,9	0	24,5	24,5	0	25,7	25,7	0
2	17,9	17,9	D	17,9	17,9	0	24,5	24,5	0	24,5	24,4	0	25,4	25,3	0	17,9	17,9	0	24,5	24,5	0	25,7	25,7	0
3	17,9	17,9	D	17,9	17,9	0	24,5	24,5	0	24,5	24,5	0	25,2	25,2	0	17,9	17,9	0	24,5	24,5	0	24,5	24,5	0
4	17,9	17,9	D	17,9	17,9	0	24,4	24,4	0	24,4	24,4	0	25,1	25,1	0	17,9	17,9	0	24,4	24,4	0	24,5	24,5	0
5	17,9	17,9	D	17,9	17,9	0	24,4	24,4	0	24,4	24,4	0	25,1	25,1	0	17,9	17,9	0	24,4	24,4	0	24,5	24,5	0
6	17,9	17,9	D	17,9	17,9	0	24,5	24,4	0	24,5	24,4	0	25,2	25,1	0	17,9	17,9	0	24,5	24,4	0	24,5	24,5	0
7	19,0	17,9	D	18,1	17,9	0	24,5	24,5	0	24,5	24,5	0	25,3	25,2	0	19,0	18,0	0	24,5	24,5	0	25,7	25,7	0
8	20,0	19,0	D	20,0	19,0	0	26,0	25,7	0	26,0	25,7	0	27,3	26,4	0	20,0	19,0	0	26,0	25,7	0	27,4	26,5	0
9	19,7	19,0	D	19,7	19,0	0	26,2	25,5	0	26,2	25,5	0	26,9	26,1	0	19,7	19,0	0	26,2	25,5	0	27,1	26,1	0
10	20,0	19,2	D	20,0	19,2	0	26,4	25,6	0	26,4	25,6	0	27,1	26,3	0	20,0	19,2	0	26,4	25,6	0	27,2	26,3	0
11	20,3	19,5	D	20,3	19,5	0	26,6	25,8	0	26,6	25,8	0	27,3	26,5	0	20,3	19,5	0	26,6	25,8	0	27,6	26,7	0
12	20,5	19,7	D	20,5	19,7	0	26,8	25,9	0	26,8	25,9	0	27,4	26,6	0	20,5	19,7	0	26,8	25,9	0	27,7	26,8	0
13	20,6	19,9	D	20,6	19,9	0	26,9	26,0	0	26,9	26,0	0	27,5	26,7	0	21,1	20,2	0	27,0	26,2	0	27,8	27,0	0
14	20,7	20,0	D	20,7	20,0	0	26,9	26,1	0	26,9	26,1	0	27,5	26,7	0	21,2	20,4	0	27,0	26,3	0	27,9	27,1	0
15	20,9	20,0	D	20,9	20,0	0	26,9	26,1	0	26,9	26,1	0	27,5	26,7	0	21,2	20,5	0	27,0	26,3	0	27,9	27,1	0
16	21,5	20,5	D	21,6	20,6	0	27,5	26,6	0	27,5	26,6	0	28,1	27,2	0	21,3	21,1	0	27,7	26,9	0	28,6	27,8	0
17	21,4	20,6	D	21,4	20,6	0	27,4	26,6	0	27,4	26,6	0	28,0	27,2	0	21,3	21,0	0	27,7	26,9	0	28,5	27,8	0
18	19,9	19,7	D	19,9	19,7	0	26,1	26,1	0	26,1	26,1	0	26,9	26,9	0	19,9	19,9	0	26,1	26,1	0	26,2	26,2	0
19	19,9	19,9	D	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,0	26,0	0	26,8	26,8	0	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,2	26,2	0
20	19,9	19,9	D	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,0	26,0	0	26,8	26,8	0	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,2	26,2	0
21	19,9	19,9	D	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,0	26,0	0	26,8	26,8	0	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,2	26,2	0
22	19,9	19,9	D	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,0	26,0	0	26,8	26,8	0	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,2	26,2	0
23	19,9	19,9	D	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,0	26,0	0	26,8	26,8	0	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,2	26,2	0
24	19,9	19,9	D	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,0	26,0	0	26,8	26,8	0	19,9	19,9	0	26,0	26,0	0	26,2	26,2	0





**Testbeispiel 11-2: ( VDI 6007-1 und Vergleich zu GEBSIMU n-K-Modell )**

**Lastberechnung bei Einhaltung der Sollwerte der Raumtemperatur und Vorgabe eines Sollwertsprungs für den Typraum S :**

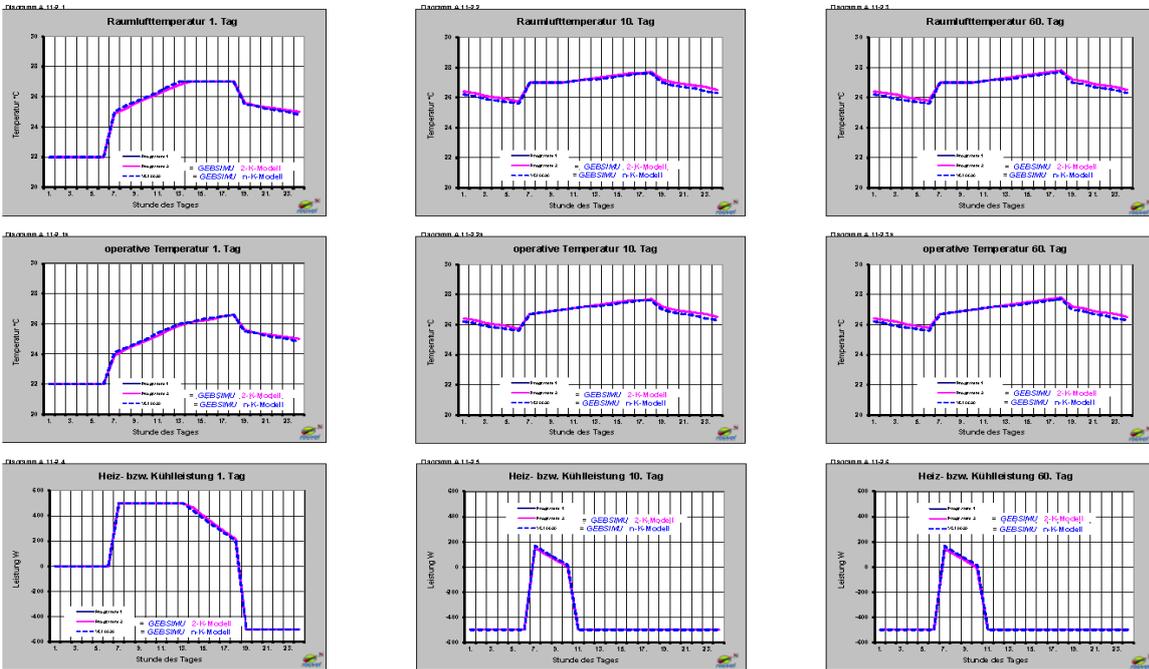
wie Testbeispiel 7

Modifikation des Testbeispiels 7 :

- begrenzter Auslegungslast für Heizen und Kühlen
- Kühllastabfuhr erfolgt nicht konvektiv, sondern durch eine **Kühldecke** mit Bauteilaktivierung.

**Vergleich der Berechnungsergebnisse von GEBSIMU 2-K-Modell und n-K-Modell mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1**

Sollw. (K/W)	Prüfergebnisse nach VDI 6007-1												Vergleichsergebnisse für GEBSIMU n-K-Modell																
	1. Tag Programm 1			1. Tag Programm 2			10. Tag Programm 1			10. Tag Programm 2			60. Tag Programm 1			60. Tag Programm 2			1. Tag			10. Tag			60. Tag				
	Lufttem.	Operativtem.	Heiz-/Kühlleistung	Lufttem.	Operativtem.	Heiz-/Kühlleistung	Lufttem.	Operativtem.	Heiz-/Kühlleistung	Lufttem.	Operativtem.	Heiz-/Kühlleistung	Lufttem.	Operativtem.	Heiz-/Kühlleistung	Lufttem.	Operativtem.	Heiz-/Kühlleistung	Lufttem.	Operativtem.	Heiz-/Kühlleistung	Lufttem.	Operativtem.	Heiz-/Kühlleistung	Lufttem.	Operativtem.	Heiz-/Kühlleistung		
22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	22,0	22,0	0



**Testbeispiel 12:** ( VDI 6007-1 und Vergleich zu **GEBSIMU** n-K-Modell )

Berechnung der Reaktion Raumlufthtemperatur auf gemischte innere und äußere Wärmequellen/-senken für den Typraum S :

Wie Testbeispiel 5

Modifikation des Testbeispiels 5 :

- es wird sowohl tagsüber als auch nachts der Raum mit Außenluft (mit Außenlufttemperatur) mit vorgegebenem Volumenstromzeitgang gelüftet.

**Vergleich der Berechnungsergebnisse von **GEBSIMU** 2-K-Modell und n-K-Modell mit den Prüfergebnissen nach VDI 6007-1 :**

Tages-Nr.	Prüfergebnisse nach VDI 6007-1												Vergleichsergebnisse für <b>GEBSIMU</b> n-K-Modell											
	1. Tag, Programm 1				1. Tag, Programm 2				10. Tag, Programm 1				10. Tag, Programm 2				60. Tag, Programm 1				60. Tag, Programm 2			
	U <sub>ext</sub>	U <sub>int</sub>	U <sub>ext</sub>	U <sub>int</sub>	U <sub>ext</sub>	U <sub>int</sub>	U <sub>ext</sub>	U <sub>int</sub>	U <sub>ext</sub>	U <sub>int</sub>	U <sub>ext</sub>	U <sub>int</sub>	U <sub>ext</sub>	U <sub>int</sub>	U <sub>ext</sub>	U <sub>int</sub>	U <sub>ext</sub>	U <sub>int</sub>	U <sub>ext</sub>	U <sub>int</sub>	U <sub>ext</sub>	U <sub>int</sub>		
1	21,2	21,7	21,2	21,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	21,2	21,2	20,7	20,7	21,2	21,2	20,7	20,7	21,2	21,2	20,7	20,7	21,2	21,2	
2	21,2	21,5	21,2	21,5	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	21,2	21,2	20,7	20,7	21,2	21,2	20,7	20,7	21,2	21,2	20,7	20,7	21,2	21,2	
3	21,0	21,4	21,0	21,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,8	20,8	20,4	20,4	20,8	20,8	20,4	20,4	20,8	20,8	20,4	20,4	20,8	20,8	
4	20,9	21,3	20,9	21,3	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,8	20,8	20,2	20,2	20,8	20,8	20,2	20,2	20,8	20,8	20,2	20,2	20,8	20,8	
5	21,0	21,4	21,0	21,4	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,8	20,8	20,3	20,3	20,8	20,8	20,3	20,3	20,8	20,8	20,3	20,3	20,8	20,8	
6	21,3	21,6	21,3	21,6	20,5	20,4	20,5	20,4	20,5	20,8	20,8	20,5	20,4	20,5	20,8	20,8	20,5	20,4	20,5	20,8	20,8	20,5	20,4	
7	21,9	21,9	21,9	21,9	20,8	20,7	20,8	20,7	20,8	20,8	20,8	20,8	20,7	20,8	20,8	20,8	20,7	20,8	20,8	20,8	20,7	20,8	20,8	
8	24,1	23,3	24,1	23,3	21,9	21,3	21,9	21,3	21,9	21,3	21,9	21,3	21,9	21,3	21,9	21,3	21,9	21,3	21,9	21,3	21,9	21,3	21,9	
9	24,0	23,2	24,0	23,2	21,9	21,2	21,9	21,2	21,9	21,2	21,9	21,2	21,9	21,2	21,9	21,2	21,9	21,2	21,9	21,2	21,9	21,2	21,9	
10	24,4	23,6	24,4	23,6	22,0	21,4	22,0	21,4	22,0	21,4	22,0	21,4	22,0	21,4	22,0	21,4	22,0	21,4	22,0	21,4	22,0	21,4	22,0	
11	24,0	23,2	24,0	23,2	22,1	21,5	22,1	21,5	22,1	21,5	22,1	21,5	22,1	21,5	22,1	21,5	22,1	21,5	22,1	21,5	22,1	21,5	22,1	
12	26,1	24,1	26,1	24,1	22,5	21,9	22,5	21,9	22,5	21,9	22,5	21,9	22,5	21,9	22,5	21,9	22,5	21,9	22,5	21,9	22,5	21,9	22,5	
13	26,3	24,3	26,3	24,3	22,7	22,1	22,7	22,1	22,7	22,1	22,7	22,1	22,7	22,1	22,7	22,1	22,7	22,1	22,7	22,1	22,7	22,1	22,7	
14	26,6	24,6	26,6	24,6	22,9	22,2	22,9	22,2	22,9	22,2	22,9	22,2	22,9	22,2	22,9	22,2	22,9	22,2	22,9	22,2	22,9	22,2	22,9	
15	26,6	24,6	26,6	24,6	23,0	22,3	23,0	22,3	23,0	22,3	23,0	22,3	23,0	22,3	23,0	22,3	23,0	22,3	23,0	22,3	23,0	22,3	23,0	
16	26,9	24,9	26,9	24,9	23,2	22,5	23,2	22,5	23,2	22,5	23,2	22,5	23,2	22,5	23,2	22,5	23,2	22,5	23,2	22,5	23,2	22,5	23,2	
17	26,3	24,3	26,3	24,3	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	
18	26,2	24,2	26,2	24,2	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	22,8	23,5	
19	26,0	24,0	26,0	24,0	23,6	22,9	23,6	22,9	23,6	22,9	23,6	22,9	23,6	22,9	23,6	22,9	23,6	22,9	23,6	22,9	23,6	22,9	23,6	
20	24,8	24,4	24,8	24,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	
21	24,0	24,0	24,0	24,0	23,1	21,5	23,1	21,5	23,1	21,5	23,1	21,5	23,1	21,5	23,1	21,5	23,1	21,5	23,1	21,5	23,1	21,5	23,1	
22	24,0	24,0	24,0	24,0	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	
23	23,9	23,9	23,9	23,9	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	21,4	23,0	
24	23,6	23,6	23,6	23,6	22,9	21,3	22,9	21,3	22,9	21,3	22,9	21,3	22,9	21,3	22,9	21,3	22,9	21,3	22,9	21,3	22,9	21,3	22,9	

