

**Inhalt**

- I    Übersichtswise Beschreibung der Änderungen*
  
- II   Annex  
     Zusammenstellung der Richtlinien-Seiten mit Änderungen*

# I. Übersichtsweise Beschreibung der Änderungen

## Änderungen vom 28.01. 2020

- Seite 18, Unterhalb der Gleichung (36b) wurde ein Hinweis hinzugefügt:

ergänzt

Hinweis für die Programmierung: Vor Ausführung der Gln. (34) und (35) sind die Zahlenwerte der langwelligen Einstrahlung des Himmels bzw. der Atmosphäre  $E_{Atm}$  und der langwelligen Ausstrahlung der Erdoberfläche  $E_{Erd}$  auf einen ganzzahligen Wert zu runden. Dies kann an folgende Weise geschehen:

$E_{Atm}$ : 0,5 addieren, dann ganzzahligen Anteil ohne Rundung in Gl. (34) einsetzen ( $E_{Atm}$  ist ein positiver Wert)

$E_{Erd}$ : 0,5 subtrahieren, dann ganzzahligen Anteil ohne Rundung in Gl. (35) einsetzen ( $E_{Erd}$  ist ein negativer Wert)

- Seite 18, In den Gleichungen (34) und (35) wird eine Konstante (Stefan-Boltzmann-Konstante) geändert:

$$\mathcal{G}_{A;eq} = \mathcal{G}_{A;Lu} + \Delta \mathcal{G}_{A;eq;lw} + \Delta \mathcal{G}_{A;eq;kw} \quad (32)$$

where

$$\Delta \mathcal{G}_{A;eq;lw} = ((\mathcal{G}_{Erd} - \mathcal{G}_{A;Lu}) \cdot (1 - \varphi) + (\mathcal{G}_{Atm} - \mathcal{G}_{A;Lu}) \cdot \varphi) \cdot \left( \frac{\varepsilon_F \cdot \alpha_{str}}{\alpha_A \cdot 0,93} \right) \quad (33)$$

and

$$\mathcal{G}_{Atm} = ((E_{Atm} / (0,93 \cdot 5,67))^{0,25}) \cdot 100 - 273,15 \quad (34)$$

$$\mathcal{G}_{Erd} = ((-E_{Erd} / (0,93 \cdot 5,67))^{0,25}) \cdot 100 - 273,15 \quad (35)$$

## Änderungen vom 13.05. 2019

- Seite 19, Unterhalb der Gleichung (38) wurde ein Hinweis ergänzt.

ergänzt

Hinweis:  $I_{diff}$  beinhaltet die Umgebungsstrahlung auf die Außenfläche. Sie berechnet sich nach VDI 6007 Blatt 3, Gl. (50) .

- Seite 23, In der Gleichung (53) ist der Index des linken Terms korrigiert.

Falsch

Anteil  
 $Q;FHK;AW$

Korrekt	
---------	--

Anteil\_Q;HK;AW statt Anteil\_Q;FHK;AW sein.

### Änderungen vom 13.10. 2018

- Seite 4, Die Begriffe „Fläche Außenwand“ und „Fläche Innenbauteil“ sind aus Erläuterung der Begriffe entfernt worden. Diese Begriffe sind in der VDI 2078 (Anwendung des 2-K-Modells) sowie in der VDI 6020 (Anforderungen an thermisch-energetische Rechenverfahren) ausführlich dargestellt.
- Seite 31f, Die Beschreibung des Raumes, der den Testbeispielen zu Grunde liegt, wurde bezüglich der Darstellung an die Richtlinien VDI 2078 und VDI 6020 angepasst (siehe Annex dieses Änderungsblattes)

### Änderungen vom 10.10. 2018

- Seite 19, Zu dem Parameter  $\Delta g_{A;eq;lw}$  (Differenz der äquivalenten Außentemperatur infolge langwelligem Strahlungsaustauschs) ist ein Hinweis ergänzt worden:

ergänzt

Der Anteil des langwelligen Strahlungsaustausches der durch den Unterschied der Oberflächentemperatur gegenüber der Außentemperatur entsteht, wird in  $\alpha_{ges}$  im Zusammenhang mit der U-Wertberechnung berücksichtigt.

- Seite 35, für Testbeispiel 9 ist der Text geringfügig verändert und ergänzt worden:

bisher

Wie Testbeispiel 8, jedoch wird zusätzlich ein lang-welliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung berücksichtigt (für beide Außenflächen).

ergänzt

Wie Testbeispiel 8, jedoch wird zusätzlich ein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung für beide Außenflächen berücksichtigt, der durch den

Unterschied der Himmels- und Umgebungstemperatur gegenüber der Temperatur der Außenluft verursacht wird (vergl. Formel (33) für  $\Delta g_{A;eq;lw}$  ).

## Änderungen vom 17.11.2016

9. Seite 20, unterhalb Gl. (39) wird eine Anmerkung eingefügt:

Anmerkung: Die Berechnung des Wärmeeintrages über Fensterrahmen auf Grund solarer Einstrahlung ist in der VDI 2078, Kapitel 7.1.1 Bauteile, Abschnitt Fensterrahmen beschrieben.

## Änderungen vom 14.10.2016

10. Seite 19, Erläuterung unterhalb Gl. (37) wird ergänzt wie folgt.

bisher	$\alpha_A$	äußerer Wärmeübergangskoeffizient in $W/(m^2 \cdot K)$
ergänzt	$\alpha_A$	äußerer Wärmeübergangskoeffizient (gesamt) in $W/(m^2 \cdot K)$

11. Seite 19, Erläuterung unterhalb Gl. (38) wird gestrichen, da für diese Gleichung die darüber stehenden Erläuterungen gelten.

12. Seite 36, untere Hälfte, Testbeispiel 12: Der Satz „Für  $c \cdot \rho$  der Luft ist ...“ enthält einen Schreibfehler in der Maßeinheit.

Falsch	$Jkg/m^3$
Korrekt	$kJ/(m^3K)$

13. Anhang A Testbeispiele und Diagramme, A 1 Testbeispiele, S. 44, Testbeispiel 3 sowie S. 46, Testbeispiel 4: In den Spalten „Dichte“ und „Speicherfähigkeit“ sind Schreibfehler enthalten. Siehe dazu den Annex Zusammenstellung der Richtlinien-Seiten mit Änderungen im vorliegenden Änderungsblatt.

14. Anhang A Testbeispiele und Diagramme, A 1 Testbeispiele, S. 78, Diagramme A12.1 bis A12.3: Hier wurden falsche Bilder eingesetzt. Die korrekten Bilder sind auf der CD (aktueller Änderungsstand) enthalten sowie im Annex Zusammenstellung der Richtlinien-Seiten mit Änderungen im vorliegenden Änderungsblatt.

### Änderungen vom 01.08.2016

15. Seite 17, untere Hälfte: Die Bedingung vor Gl. (28a) enthält auf der linken Seite einen Schreibfehler im Index. Zudem wird hier ein Hinweis auf den fachlichen Zusammenhang gegeben (siehe unten)

Falsch

Wenn  $R_{ges;AW} < R_{\alpha;ges;AW;A}$  dann gilt:

Korrekt

Wenn  $R_{Rest;AW} < R_{\alpha;ges;AW;A}$  dann gelten Gl. (28a) bis Gl. (28c):

Hinweis zu obiger Änderung:

Beim Satz der Richtlinie für den Druck wurde das Bild 3 zwischen die Gleichungen (28a) und (28b) gesetzt, so dass der fachliche Zusammenhang nicht mehr deutlich erkennbar ist.

**Die Gleichungen (28a) bis (28c) sind also nur dann anzuwenden, wenn obige Bedingung wahr ist.**

16. Seite 19, unteres Drittel: Korrektur in der Maßeinheit bei der Erklärung der Formelzeichen  $E_{Erd}$  und  $E_{Atm}$

Falsch

$W/m^2 K$

Korrekt

$W/m^2$

### Änderungen vom 25.06.2016

17. Seite 20, oberes Drittel, zweiter Absatz nach Gleichung (39), Streichung des Index „kon“ beim Wärmeübergangskoeffizienten. Diese Änderung betrifft auch Gleichung (40).

Falsch

Setzt man  $\mathcal{G}_{A;Lu} = \mathcal{G}_{NR;Lu}$ ,  $\alpha_A = \alpha_{konA;NR}$  und  $\dot{Q}_{str;A;NR} =$  Summe der strahlenden Wärmequellen/-senken auf der Nachbarraumseite der Wand, so wird

$$\mathcal{G}_{NR;eq} = \mathcal{G}_{NR;Lu} + \dot{Q}_{str;A;NR} \frac{1}{\alpha_{konA;NR} \cdot A_{A;NR}} \quad (40)$$

Korrekt

Setzt man  $\mathcal{G}_{A;Lu} = \mathcal{G}_{NR;Lu}$ ,  $\alpha_A = \alpha_{A;NR}$  und  $\dot{Q}_{str;A;NR} =$  Summe der strahlenden Wärmequellen/-senken auf der Nachbarraumseite der Wand, so wird

$$\mathcal{G}_{NR;eq} = \mathcal{G}_{NR;Lu} + \dot{Q}_{str;A;NR} \frac{1}{\alpha_{A;NR} \cdot A_{A;NR}} \quad (40)$$

## Änderungen vom 12.04.2016

18. Seite 18, nach Gleichung (28c): Ergänzt werden hier detaillierte Formeln für die Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten für Konvektion.

Neu

Der Wärmeübergangskoeffizient für **Konvektion zwischen der Raumluft und den zusammengefassten Außenflächen AW** ist nach Gleichung (x29a) und der Wärmeübergangskoeffizient für **Konvektion zwischen der Raumluft und den zusammengefassten Innenflächen IW** ist nach Gleichung (x29b) zu berechnen.

$$R_{\alpha, kon, AW} = 1 / \left( \sum_{v=1}^n \frac{1}{R_{\alpha, konv, AW_v}} \right) \quad (x29a)$$

$$R_{\alpha, kon, IW} = 1 / \left( \sum_{v=1}^n \frac{1}{R_{\alpha, konv, IW_v}} \right) \quad (x29b)$$

## 19. Seite 25, Mitte: Ergänzung des Textes

Neu

... Dies ist durch Einführen der Bezugstemperatur  $\vartheta_B$  möglich. Sie soll ein geeigneter Anfangswert entsprechend der vorgesehenen Nutzung sein und soll für die jeweilige Berechnung zweckmäßig angesetzt werden. Das kann zum Beispiel die Raumsolltemperatur für die Nutzungszeit bei „mittleren“ Außenklimadaten (in der BRD für Außentemperaturen an bedeckten Tagen von 5 °C und 15 °C) sein. Eine generelle Vorgabe von z.B. 22 °C für die Bezugstemperatur führt bei Berechnungen, die sich deutlich von der üblichen Büronutzung bzw. Wohnungsnutzung unterscheiden, zu unkorrekten Ergebnissen.

## 20. Seite 28, Gleichung (91) und (92): Beim Druck wurden falsche Formeln gesetzt.

Falsch

$$Z_{A;AW} = \frac{R_{Stern;AW}}{R_{Rest;AW}} \cdot \frac{3,6}{(R_{Stern;AW} - R_{Rest;AW}) \cdot C_{1;AW}} \quad (91)$$

$$E_{A;AW} = \exp(-Z_{A;AW}) \quad (92)$$

Korrekt

$$Z_{I;AW} = \frac{R_{Stern;AW}}{R_{Rest;AW}} \cdot \frac{3,6}{(R_{\alpha;Stern;AW} + R_{1;AW}) \cdot C_{1;AW}} \quad (91)$$

$$E_{I;AW} = \exp(-Z_{I;AW}) \quad (92)$$

Anmerkung: Die Gleichung (93)  $Z_{A;AW} = \dots$  und die Gleichung (94)  $E_{A;AW} = \dots$  waren doppelt vorhanden. Es fehlte  $Z_{I;AW} = \dots$  und  $E_{I;AW} = \dots$  (siehe Annex)

## 21. Seite 29: Gleichung (103) enthält einen Fehler

Falsch

$$\Delta \vartheta_{I;op} = \frac{1}{2} \cdot \left[ \Delta \vartheta_{I;Lu} + \frac{\Delta \vartheta_{IW} \cdot (A_{Raum} - A_{AW}) + \Delta \vartheta_{AW} \cdot A_{AW}}{A_{Raum}} \right] + \vartheta_B$$

Korrekt

$$\vartheta_{I;op} = \frac{1}{2} \cdot \left[ \Delta \vartheta_{I;Lu} + \frac{\Delta \vartheta_{IW} \cdot (A_{Raum} - A_{AW}) + \Delta \vartheta_{AW} \cdot A_{AW}}{A_{Raum}} \right] + \vartheta_B$$

Anmerkung: Das  $\Delta$  vor der  $\vartheta_{I;op}$  wurde entfernt. Die Gleichung ergibt somit im Zusammenhang mit  $\vartheta_B$  die operative Temperatur (und keine Differenz).

## 22. Seite 30, unten: Ergänzung des Textes um einen Abschnitt

Neu

### Grenzen des 2-K-Modells

Wenn in einem zu berechnenden Raum nur adiabate Bauteile oder wenn nur nicht adiabate Bauteile vorgegeben werden, wird aus dem 2-K-Modell automatisch ein 1-K-Modell, dessen Berechnungsergebnisse außerhalb der Genauigkeitsanforderungen dieser Richtlinie liegen. Dies sollte deshalb vermieden werden.

## 23. Seite 37: Ergänzung des Textes um einen Abschnitt

Neu

Hinweis:

Siehe auch "Grenzen des 2-K-Modells " am Ende des Abschnittes 6.4 Thermisches Verhalten des Raums.

24. Seite 50, Tabelle A 6.2 sowie Seite 52, Tabelle A 7.2: Die Angabe zur Soll-Raumtemperatur ist um 1 Stunde nach "vorn" versetzt eingetragen.

Die Angabe zur Soll-Raumtemperatur ist um 1 Stunde nach "vorn" versetzt eingetragen, d.h. der Sollwert von 27 ° C soll in der Zeit von 6 bis 7 Uhr beginnen und in der Zeit von 17 bis 18 Uhr enden. Das gilt für Tabelle A 6.2 und Tabelle A 7.2 sowie auch für die entsprechenden Tabelle auf der CD dieser Richtlinie.

Falsch

Korrekt

Tabelle A.6.2+A7.2	
Personen	
Uhrzeit	Wärmeabgabe
	W
0 bis 1	
1 bis 2	
2 bis 3	
3 bis 4	
4 bis 5	
5 bis 6	
6 bis 7	
7 bis 8	
8 bis 9	
9 bis 10	
10 bis 11	
11 bis 12	
12 bis 13	
13 bis 14	
14 bis 15	
15 bis 16	
16 bis 17	
17 bis 18	
18 bis 19	
19 bis 20	
20 bis 21	
21 bis 22	
22 bis 23	
23 bis 24	

Außenluft	Raumluft
Vol_ZL_AL	Soll-Temp.
m³ / h	°C
0	22
0	22
0	22
0	22
0	22
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	22
0	22
0	22
0	22
0	22
0	22

Tabelle A.6.2+A7.2	
Personen	
Uhrzeit	Wärmeabgabe
	W
0 bis 1	
1 bis 2	
2 bis 3	
3 bis 4	
4 bis 5	
5 bis 6	
6 bis 7	
7 bis 8	
8 bis 9	
9 bis 10	
10 bis 11	
11 bis 12	
12 bis 13	
13 bis 14	
14 bis 15	
15 bis 16	
16 bis 17	
17 bis 18	
18 bis 19	
19 bis 20	
20 bis 21	
21 bis 22	
22 bis 23	
23 bis 24	

Außenluft	Raumluft
Vol_ZL_AL	Soll-Temp.
m³ / h	°C
0	22
0	22
0	22
0	22
0	22
0	22
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	27
0	22
0	22
0	22
0	22
0	22
0	22

## 25. Hinweis

Die Richtlinie wird ergänzt um:

**informativer Anhang C1** Differenzierte Berücksichtigung von Flächenheiz- und Flächenkühlssystemen beim 2-Kapazitäten-Modell

**informativer Anhang C2** Zusammenhang zwischen Gebäude- und Anlagenbilanz, Raumbilanz bei Zuluftanlagen

**informativer Anhang C3** Berücksichtigung einer Temperaturdifferenz zum Nachbarraum für „quasi-adiabate“ Innenbauteile

Siehe dazu gesonderte Dateien.

**II. Annex**

**Zusammenstellung der Richtlinien-Seiten mit Änderungen**

nicht adiabat). Damit dient das Verfahren auch der thermisch-bauphysikalischen Bewertung von Räumen und Gebäuden.

Die Richtlinie beschränkt sich auf die Beschreibung des Rechenkerns und behandelt darüber hinaus gehende Algorithmen nur insoweit sie an anderer Stelle nicht oder unvollständig beschrieben und für vergleichbare Ergebnisse erforderlich sind.

Die konkreten Randbedingungen für eine bestimmte Aufgabe, z. B. Berechnung der Kühllast (VDI 2078), werden in der jeweiligen Richtlinie festgelegt.

## 2 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die folgenden Begriffe:

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

Modell, das die thermischen Einflüsse von  $n$  Kapazitäten für einen Raum so zusammenfasst, dass die Berechnung auf zwei Kapazitäten zurückgeführt werden kann.

**Anmerkung:** Es handelt sich deshalb um ein vereinfachtes  $n$ -Kapazitäten-Modell.

### *Außenwand*

Bauteil mit auf Innen- und Außenseite unterschiedlichen Randbedingungen (Wandverhalten: nicht adiabat).

**Anmerkung:** In diesem Sinne ist z. B. eine Kellerdecke in der Regel eine Außenwand.

### ~~*Fläche Außenbauteil*~~

~~Produkt der Bruttomaße eines Außenbauteils, wobei die Breite sich aus dem Maß von Wandmitte zu Wandmitte (Rastermaß) ergibt und die Höhe von OKF (Oberkante Fußboden) zu OKF ermittelt wird.~~

### ~~*Fläche Innenbauteil*~~

~~Produkt der lichten Maße eines Innenbauteils.~~

### *Innenwand*

Bauteil mit gleichen Randbedingungen auf beiden Seiten des Bauteils (Wandverhalten: adiabat).

## 3 Indizes

In dieser Richtlinie werden die nachfolgend aufgeführten Indizes verwendet:

- AW zusammengefasste Außenbauteile und nicht adiabate Innenbauteile
- BT bezogen auf ein Einzelbauteil

also serves for the thermal/building-physical assessment of rooms and buildings.

This standard is limited to the description of the calculation core; further algorithms are only addressed where they are required for comparable results and their description in other publications is either missing or incomplete.

The specific boundary conditions of a particular task such as the calculation of the cooling load (VDI 2078) are specified in the pertinent standard.

## 2 Terms and definitions

For the purposes of this standard, the following terms and definitions apply:

### *2-c model* (2-capacitor model)

Model, which subsumes the thermal influences of  $n$  capacitors for a room in such a way that the calculation can be reduced to two capacitors.

**Note:** The model is, therefore, a simplified  $n$ -capacitor model.

### *Exterior wall*

Building component with boundary conditions differing between inside and outside (wall response: non-adiabatic).

**Note:** Given this definition, the ceiling of a cellar, for instance, will usually be an exterior wall.

### *Surface area of exterior building component*

Product of the gross dimensions of an exterior building component as the distance (grid size) and the height is measured from floor upper edge to floor upper edge.

### *Surface area of interior building component*

Product of the clear dimensions of an interior building component.

### *Interior wall*

Building component with boundary conditions identical on both sides (wall response: adiabatic).

## 3 Subscripts

The following subscripts are used throughout this standard:

- AW all exterior building components and non-adiabatic interior building components combined
- BT referring to an individual building component

Diese Texte sind ersatzlos entfernt worden.

Die Parallelschaltung mit den Wärmedurchgangswiderständen für die Fenster  $R_{1;AF_v}$  hat danach zu erfolgen, da das Ergebnis von der Reihenfolge der Berechnung beeinflusst wird. Hierbei werden die Wärmedurchgangswiderstände für die Fenster  $R_{1;AF_v}$  mit den Wärmedurchgangswiderständen für die Wände  $R_{1;AW_v}$  parallelgeschaltet, die Wärmekapazität der Wände  $C_{1;AW_v}$  bleibt jedoch unverändert.

Der Wert  $R_{1;AF_v}$  für Außenfenster ist nicht direkt bei der Herleitung der Ersatzmodelle für Wände festgelegt. In Analogie zu der Ermittlung von  $R_{1;AW}$  [1] ist

$$R_{1;AF_v} = R_{AF_v} / 6 \quad (25)$$

einzusetzen, wobei der Wärmedurchgangswiderstand des Außenfensters wie folgt zu ermitteln ist:

$$R_{AF_v} = \left( \frac{1}{U_{AF_v}} - \frac{1}{\alpha_{l_v}} - \frac{1}{\alpha_{A_v}} \right) \cdot \frac{1}{A_{AF_v}} \quad (26)$$

Für Innenfenster  $IF_v$  gilt Entsprechendes.

Der Gesamtwärmedurchgangswiderstand  $R_{ges;AW}$  für die zusammengefassten Außenbauteile  $AW$  (Außenwand, Dach, Außenfenster usw. sowie nicht adiabate Innenbauteile) lässt sich vereinfacht errechnen zu:

$$R_{ges;AW} = 1 / \left( \sum_{v=1}^n U_{AW_v} \cdot A_{AW_v} + \sum_{v=1}^n U_{AF_v} \cdot A_{AF_v} \right) \quad (27)$$

Somit ergibt sich für  $R_{Rest;AW}$  (siehe Bild 3):

$$R_{Rest;AW} = R_{ges;AW} - R_{1;AW}$$

Wenn  $R_{Rest;AW} < R_{\alpha;ges;AW;A}$  dann gelten Gl. (28a) bis Gl. (28c):

~~Wenn  $R_{ges;AW} < R_{\alpha;ges;AW;A}$ , dann gilt:~~

$$R_{Rest;AW} = R_{\alpha;ges;AW;A} \quad (28a)$$

If  $R_{ges;AW} < R_{\alpha;ges;AW;A}$ , then:

$$R_{Rest;AW} = R_{\alpha;ges;AW;A} \quad (28a)$$

The parallel connection using the thermal resistances for the windows,  $R_{1;AF_v}$ , shall be established thereafter, the result depending on the sequence in which the calculation steps are performed. The thermal resistances for the windows  $R_{1;AF_v}$  are connected here in parallel with the thermal resistances for the walls  $R_{1;AW_v}$ , but the specific heat capacity of the windows  $C_{1;AW_v}$  remains unchanged.

The value  $R_{1;AF_v}$  for exterior windows is not specified immediately during the derivation of the equivalent models for walls. In analogy to the determination of  $R_{1;AW}$  [1], let

$$R_{1;AF_v} = R_{AF_v} / 6 \quad (25)$$

where the thermal resistance of the exterior window must be determined as follows:

$$R_{AF_v} = \left( \frac{1}{U_{AF_v}} - \frac{1}{\alpha_{l_v}} - \frac{1}{\alpha_{A_v}} \right) \cdot \frac{1}{A_{AF_v}} \quad (26)$$

$IF_v$  applies correspondingly for interior windows.

The total thermal resistance,  $R_{ges;AW}$ , for the combined exterior building components  $AW$  (exterior wall, roof, exterior windows etc. and non-adiabatic interior building components) can be calculated in simplified form:

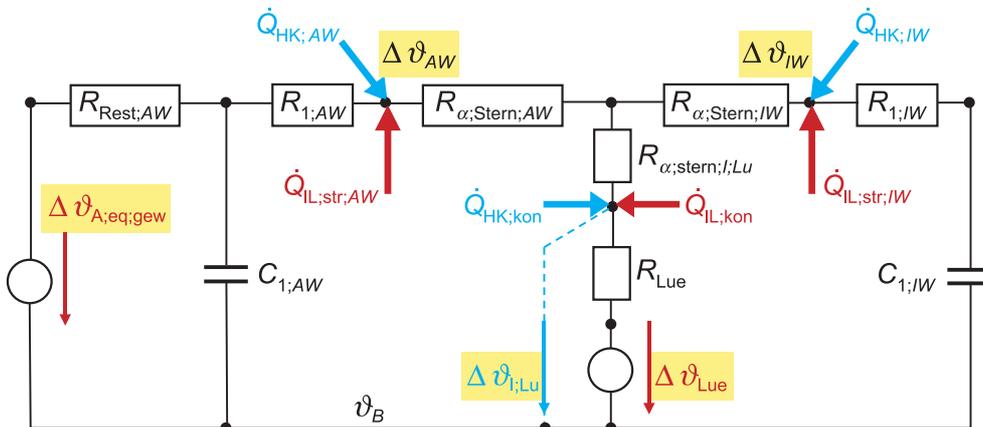


Bild 3. Vollständiges Ersatzschaltbild für das 2-K-Modell

Figure 3. Complete equivalent circuit diagram for the 2-c model

$R_{\alpha, ges; AW; A}$  bezeichnet den Gesamtwärmeübergangswiderstand an den Außenseiten der zusammengefassten Außenbauteile  $AW$ .

$R_{\alpha, ges; AW; A}$  denotes the total thermal resistance at the outside of the combined exterior building components  $AW$ .

$$R_{1; AW} = R_{\alpha, ges; AW} - R_{Rest; AW} - 1 / \left( \frac{1}{R_{\alpha; kon; AW}} + \frac{1}{R_{\alpha; str; AW/IW}} \right) \quad (28b)$$

Wenn  $R_{1; AW} < 10^{-10}$ , dann gilt:

If  $R_{1; AW} < 10^{-10}$ , then:

$$R_{1; AW} = 10^{-10} \quad (28c)$$

$$R_{1; AW} = 10^{-10} \quad (28c)$$

Weiterhin muss der zusammengefasste Wärmeübergangswiderstand für **Strahlung zwischen Ben- und Innenflächen**  $R_{\alpha; str; AW/IW}$  ermittelt werden, wobei vereinfacht gilt:

Hier wird ein Absatz eingefügt:  
Der Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion zwischen der Raumluft und der zusammengefassten Außenwand ist nach Gleichung (x29) und der Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion zwischen der Raumluft und der zusammengefassten Innenwand ist nach Gleichung (y29) zu berechnen.

$$R_{\alpha; str; AW/IW} = \quad (29)$$

Dabei ist

$$R_{\alpha, kon, AW} = 1 / \left( \sum_{v=1}^n \frac{1}{R_{\alpha, konv, AW_v}} \right) \quad (x29)$$

$$\alpha_{str} = 5,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$R_{\alpha, kon, IW} = 1 / \left( \sum_{v=1}^n \frac{1}{R_{\alpha, konv, IW_v}} \right) \quad (y29)$$

**Anmerkung:** Wegen  $\alpha_{kon} = \alpha_{ges} - \alpha_{str}$  muss  $\alpha_{ges} > 5$  sein.

Wenn die Fläche für die zusammengefasst ist als die Fläche für die zusammengefasst (inklusive Fläche zu Nebenräumen mit anderer Temperatur und/oder anderen Strahlungsverhalten) wird Gleichung (29) angepasst zu Gleichung (31).

$$R_{\alpha; str; AW/IW} = 1 / \left( \sum_{v=1}^n \frac{1}{R_{\alpha; str; AW/IW_v}} \right) \quad (31)$$

Hier wird ein Hinweis eingefügt:  
Hinweis für die Programmierung: Vor Ausführung der Gln. (34) und (35) sind die Zahlenwerte der langwelligen Einstrahlung des Himmels bzw. der Atmosphäre  $E_{Atm}$  und der langwelligen Ausstrahlung der Erdoberfläche  $E_{Erd}$  auf einen ganzzahligen Wert zu runden. Dies kann an folgende Weise geschehen:  
 $E_{Atm}$ : 0,5 addieren, dann ganzzahligen Anteil ohne Rundung in Gl. (34) einsetzen ( $E_{Atm}$  ist ein positiver Wert)  
 $E_{Erd}$ : 0,5 subtrahieren, dann ganzzahligen Anteil ohne Rundung in Gl. (35) einsetzen ( $E_{Erd}$  ist ein negativer Wert).

**Wärmeaustausch der Außenbauteile mit der Umgebung**

Die dritte Aufgabe – hinreichend genaue Abbildung des Wärmeaustauschs der Außenbauteile mit der Umgebung – kann in Anlehnung an bekannte Verfahren [11; 12] wie folgt gelöst werden und ist unabhängig von dem gewählten Modell.

the model chosen.

Für die äquivalente Außentemperatur jeder „Außenfläche“ gilt:

The following holds true for the equivalent outdoor temperature of each “exterior surface”:

$$\vartheta_{A; eq} = \vartheta_{A; Lu} + \Delta \vartheta_{A; eq; lw} + \Delta \vartheta_{A; eq; kw} \quad (32)$$

mit

where

5,67 ändern in: 5,671

$$\Delta \vartheta_{A; eq; lw} = ((\vartheta_{Erd} - \vartheta_{A; Lu}) \cdot (1 - \varphi) + (\vartheta_{Atm} - \vartheta_{A; Lu}) \cdot \varphi) \cdot \left( \frac{\varepsilon_F \cdot \alpha_{str}}{\alpha_A \cdot 0,93} \right) \quad (33)$$

und

and

$$\vartheta_{Atm} = ((E_{Atm} / (0,93 \cdot 5,67))^{0,25}) \cdot 100 - 273,15 \quad (34)$$

$$\vartheta_{Erd} = ((-E_{Erd} / (0,93 \cdot 5,67))^{0,25}) \cdot 100 - 273,15 \quad (35)$$

$$\varphi = (1 + \cos(\gamma_F)) / 2 \quad (36a)$$

$$\varphi = (1 + \cos(\gamma_F + \gamma_H)) / 2 \quad (36b)$$

Wenn  $\gamma_F - \gamma_H < 0^\circ$ , dann  $\varphi = (1 + \cos(2\gamma_H))/2$ .

**Anmerkung 1:** Gilt für nach oben geneigte Flächen.

Wenn  $\gamma_F + \gamma_H < 0^\circ$ , dann  $\varphi = 1$ .

**Anmerkung 2:** Gilt für nach oben geneigte Flächen.

Wenn  $\gamma_F + \gamma_H > 180^\circ$ , dann  $\varphi = 0$ .

**Anmerkung 3:** Gilt für nach unten geneigte Flächen.

Dabei ist

$\gamma_F$  Neigung der Außenfläche gegen die Horizontale

$\gamma_F = 0^\circ$  horizontal zum Himmel gerichtet

$\gamma_F = 90^\circ$  senkrecht

$\gamma_F = 180^\circ$  horizontal nach unten gerichtet

$\gamma_H$  Horizontüberhöhung

$\alpha_{str} = 5,0$  für  $E_A + E_E = 0$  und für

$(\mathcal{G}_{Atm} - \mathcal{G}_{Erd}) = 0$

$$\text{sonst } \alpha_{str} = \frac{(E_A + E_E)}{(\mathcal{G}_{Atm} - \mathcal{G}_{Erd})} \quad (37)$$

0,93 Emissionsgrad des Erdbodens [16]

Dabei ist

$\alpha_{str}$  Wärmeübergangskoeffizient für Strahlung in  $W/(m^2 \cdot K)$

$\mathcal{G}_{A;Lu}$  Temperatur der Außenluft in  $^\circ C$

$\Delta \mathcal{G}_{A;eq;lw}$  Differenz der äquivalenten Außentemperatur infolge langwelligem Strahlungsaustauschs in  $^\circ C$

$\Delta \mathcal{G}_{A;eq;kw}$  Differenz der äquivalenten Außentemperatur infolge kurzwelligem Strahlungsaustauschs in  $^\circ C$

$\gamma_F$  Neigung der Außenfläche gegen die Horizontale

$\varepsilon_F$  Emissionskoeffizient (langwellig) der Außenfläche

$a_F$  Absorptionskoeffizient (kurzwellig) der Außenfläche

$\alpha_A$  äußerer Wärmeübergangskoeffizient in  $W/(m^2 \cdot K)$

$E_{Erd}$  Ausstrahlung der Umgebung in  $W/(m^2 \cdot K)$

$E_{Atm}$  atmosphärische Gegenstrahlung in  $W/(m^2 \cdot K)$

Die Erhöhung der äquivalenten Außentemperatur infolge kurzwelliger Strahlung:

$$\Delta \mathcal{G}_{A;eq;kw} = (I_{dir} + I_{diff}) \cdot \frac{a_F}{\alpha_A} \quad (38)$$

~~Dabei ist~~

~~$$\alpha_A = \alpha_{kon;A} + \alpha_{str;A}$$~~

Die Berechnung von  $\mathcal{G}_{A;eq}$  erfolgt getrennt für jede Außenfläche mit unterschiedlicher Orientierung, für transparente Flächen und für Trennwände zu anders

If  $\gamma_F - \gamma_H < 0^\circ$ , then  $\varphi = (1 + \cos(2\gamma_H))/2$ .

**Note 1:** This holds true for surfaces tilted upwards.

If  $\gamma_F + \gamma_H < 0^\circ$ , then  $\varphi = 1$ .

**Note 2:** This holds true for surfaces tilted upwards.

If  $\gamma_F + \gamma_H > 180^\circ$ , then  $\varphi = 0$ .

**Note 3:** This holds true for surfaces tilted downwards.

where

$\gamma_F$  inclination of the exterior surface with respect to the horizontal

$\gamma_F = 0^\circ$  horizontal, facing the sky

$\gamma_F = 90^\circ$  vertical

$\gamma_F = 180^\circ$  horizontal, facing downwards

$\gamma_H$  horizon elevation

$\alpha_{str} = 5,0$  for  $E_A + E_E = 0$  and for

$(\mathcal{G}_{Atm} - \mathcal{G}_{Erd}) = 0$

$$\text{otherwise } \alpha_{str} = \frac{(E_A + E_E)}{(\mathcal{G}_{Atm} - \mathcal{G}_{Erd})} \quad (37)$$

0,93 ground emissivity [16]

where

**Text einfügen:**

Hinweis:

Der Anteil des langwelligem Strahlungsaustausches der durch den Unterschied der Oberflächentemperatur gegenüber der Außentemperatur entsteht, wird in  $\alpha_{ges}$  im Zusammenhang mit der U-Wertberechnung berücksichtigt.

respect to the horizontal

$\varepsilon_F$  emission coefficient (short-wave) of the

$a_F$  coefficient (short-wave) of the

**Text ergänzen: (gesamt)**

$\alpha_A$  exterior heat transfer coefficient, in  $W/(m^2 \cdot K)$

$E_{Erd}$  radiation from the environment, in  $W/(m^2 \cdot K)$

$E_{Atm}$  atmospheric radiation, in  $W/(m^2 \cdot K)$

**Dieser ist zu streichen, da für Gl. (38) die darüber stehenden Erläuterungen gelten.**

**Diesen Text einfügen:**

Hinweis:  $I_{diff}$  beinhaltet die Umgebungsstrahlung auf die Außenfläche. Sie berechnet sich nach VDI 6007 Blatt 3, Gl. (50).

for each exterior surface having a different orientation, for transparent surfaces and for walls separating adja-

temperierten Nachbarräumen. Dabei ist für die opaken Flächen die äquivalente Außentemperatur nach Gleichung (32) zu berechnen.

Für die einzelnen transparenten Flächen gilt:

$$\vartheta_{A;eq;AF} = \vartheta_{A;Lu} + \Delta \vartheta_{A;eq;lw} \quad (39)$$

Die Berechnung der äquivalenten Temperatur für den anders temperierten Nachbarraum  $\vartheta_{NR;eq}$  kann in Anlehnung an Gleichung (32) wie folgt vereinfacht werden:

Setzt man  $\vartheta_{A;Lu} = \vartheta_{NR;Lu}$ ,  $\alpha_A = \alpha_{kon;A;NR}$  und  $\dot{Q}_{str;A;NR}$  = Summe der strahlenden Wärmequellen/-senken auf der Nachbarraumseite der Wand, so wird

$$\vartheta_{NR;eq} = \vartheta_{NR;Lu} + \dot{Q}_{str;A;NR} \cdot \frac{1}{\alpha_{kon;A;NR} \cdot A_{A;NR}} \quad (40)$$

Danach ist für die zusammengefasste Außenwand des 2-K-Modells eine über alle „Außenflächen“  $A_v$  und deren Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_v$  gewichtete äquivalente Außentemperatur zu bestimmen.

$$\vartheta_{A;eq;gew} = \sum_{v=1}^n \vartheta_{A;eq;AW_v} \cdot B_{AW_v} + \sum_{v=1}^m \vartheta_{A;eq;AF_v} \cdot B_{AF_v} + \sum_{v=1}^k \vartheta_{A;eq;NR_v} \cdot B_{NR_v} \quad (41)$$

Für den Bewertungsfaktor des  $v$ -ten Bauteils gilt:

$$B_v = \frac{U_v \cdot A_v}{\sum_{v=1}^p U_v \cdot A_v} \quad (42)$$

**Diskrete analytische Lösung des 2-K-Modells**

Das vollständige Ersatzschaltbild des 2-K-Modells mit allen erforderlichen Kennwerten, Aktions- und Reaktionsgrößen ist in Bild 3 enthalten.

Die **Aktionsgrößen** (unabhängige Variablen), die im Zeitgang vorzugeben sind, lauten

- $\dot{Q}_{IL;kon}$  konvektive Wärmequellen/-senken im Raum und
- $\dot{Q}_{IL;str}$  strahlende Wärmequellen/-senken im Raum.

Die strahlenden Wärmequellen/-senken im Raum sind auf Innenwand  $IW$  und Außenwand  $AW$  aufzuteilen. Diese Aufteilung ist unterschiedlich für

- $\dot{Q}_{IL;str;I}$  im Raum befindliche strahlende Wärmequellen/-senken (Beleuchtung u. Ä.) und
- $\dot{Q}_{IL;str;A}$  von außen stammende und im Raum wirksam werdende strahlende Wärmequellen/-senken (Sonneneinstrahlung).

**Anmerkung:** Das 2-K-Modell gilt grundsätzlich auch für Räume, die ausschließlich über adiabate oder ausschließlich über nicht adiabate Bauteile verfügen.

cent rooms with differing temperatures. In this calcu-

Ergänzt wird eine Anmerkung

Anmerkung:  
Die Berechnung des Wärmeeintrages über Fensterrahmen auf Grund solarer Einstrahlung ist in der VDI 2078, Kapitel 7.1.1 Bauteile, Abschnitt Fensterrahmen beschrieben.

Der Index "kon" ist zu streichen

for the  
may be simplified as follows, in analogy to Equation (32):

Let  $\vartheta_{A;Lu} = \vartheta_{NR;Lu}$ ,  $\alpha_A = \alpha_{kon;A;NR}$ , and  $\dot{Q}_{str;A;NR}$  = sum of the radiant heat sources/sinks on the side of the wall in the adjacent room, then

An equivalent outdoor temperature weighted over all "exterior" surfaces,  $A_v$ , and their thermal transmittances,  $U_v$ , exterior wall

Der Index "kon" ist zu streichen

The weighting factor of the  $v$ -th building component is:

$$B_v = \frac{U_v \cdot A_v}{\sum_{v=1}^p U_v \cdot A_v} \quad (42)$$

**Discrete analytical solution of the 2-c model**

The complete equivalent circuit diagram of the 2-c model, including all required characteristic values, active and reactive quantities is shown in Figure 3.

The **active** quantities (independent variables) which have to be specified for the time curves, are

- $\dot{Q}_{IL;kon}$  convective heat sources/sinks in the room and
- $\dot{Q}_{IL;str}$  radiant heat sources/sinks in the room.

The radiant heat sources/sinks in the room shall be distinguished into those allocated to the interior wall,  $IW$ , and those allocated to the exterior wall,  $AW$ . This allocation will differ for

- $\dot{Q}_{IL;str;I}$  radiant heat sources/sinks located in the room (such as lighting, etc.) and
- $\dot{Q}_{IL;str;A}$  radiant heat sources/sinks located outside the room and becoming effective inside the room (solar radiation).

**Note:** The 2-K model applies in principle also to rooms that have only adiabatic or only non-adiabatic building components.

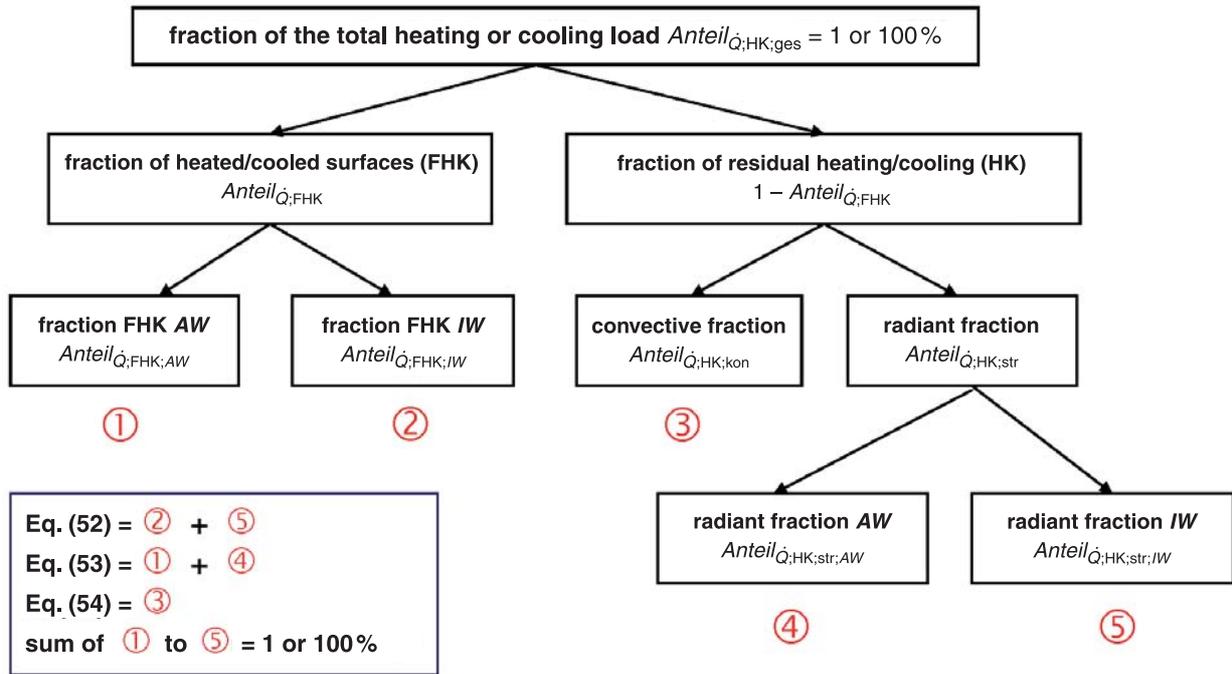


Figure 4. Separation of the system's the heating or cooling load

$Anteil_{\dot{Q};FHK;AW}$  Anteil einer eventuell vorhandenen Flächenheizung bzw. -kühlung ( $\dot{Q}_{FHK;AW}$ ) von einem oder mehreren Außenbauteilen AW an der gesamten Heiz- bzw. Kühllast wird wie eine Strahlungsquelle auf die zusammengefasste Außenwand AW berücksichtigt

Die Aufteilung von  $Anteil_{\dot{Q};FHK}$  auf  $Anteil_{\dot{Q};FHK;IW}$  und  $Anteil_{\dot{Q};FHK;AW}$  ist entsprechend der jeweiligen Anlagentechnik vorzunehmen.

**Anmerkung:** Ein Innenbauteil (adiabat) sollte im Zusammenhang mit Flächenheizung bzw. -kühlung weiterhin als Innenwand IW behandelt werden.

Die Anpassung der Alpha-Werte (Konvektion) für die Flächen mit **Flächenheizung bzw. -kühlung** ist entsprechend zu beachten.

Die Summe dieser drei Anteile muss immer gleich eins sein.

Daraus werden die zur Berechnung erforderlichen drei Anteile in Gleichung (49) bis Gleichung (51) ermittelt zu:

$Anteil_{\dot{Q};FHK;AW}$  contribution from any heated or chilled surfaces ( $\dot{Q}_{FHK;AW}$ ) of one or several exterior building components AW to the total heating or cooling load is considered as a source of radiation incident on the overall exterior wall AW

The distribution of  $Anteil_{\dot{Q};FHK}$  between  $Anteil_{\dot{Q};FHK;IW}$  and  $Anteil_{\dot{Q};FHK;AW}$  must be made taking into account the installation in question.

**Note:** An interior (adiabatic) building component should still be treated as an interior wall IW in the context of heated or chilled surfaces.

The adaptation of the alpha values (convection) for **heated or chilled surfaces** must be observed accordingly.

The sum of these three fractions must always equal unity.

Der Index "F" ist zu streichen. (indicated in Equation (49) through)

$$Anteil_{\dot{Q};HK;IW} = Anteil_{\dot{Q};HK;str} \cdot \frac{A_{Raum} - A_{AW}}{A_{Raum}} + Anteil_{\dot{Q};FHK;IW} \tag{52}$$

$$Anteil_{\dot{Q};FHK;AW} = Anteil_{\dot{Q};HK;str} \cdot \frac{A_{AW}}{A_{Raum}} + Anteil_{\dot{Q};FHK;AW} \tag{53}$$

$$Anteil_{\dot{Q};HK;kon} + Anteil_{\dot{Q};HK;IW} + Anteil_{\dot{Q};HK;AW} = 1$$

bzw.

or

$$Anteil_{\dot{Q};HK;kon} = 1 - Anteil_{\dot{Q};HK;IW} - Anteil_{\dot{Q};HK;AW} \tag{54}$$

Mit dem in der elektrischen Schaltungstechnik üblichen Verfahren zur Transformation einer Dreieckschaltung in eine gleichwertige Sternschaltung lässt sich dieses Problem aber umgehen. Die formelmäßige Umrechnung erfolgt nach folgenden Gleichungen:

$$R_{\alpha;\text{Stern};\text{IL}} = \frac{R_{\alpha;\text{kon};\text{IW}} \cdot R_{\alpha;\text{kon};\text{AW}}}{R_{\alpha;\text{kon};\text{IW}} + R_{\alpha;\text{kon};\text{AW}} + R_{\alpha;\text{str};\text{AW}/\text{IW}}} \quad (55)$$

$$R_{\alpha;\text{Stern};\text{AW}} = \frac{R_{\alpha;\text{str};\text{AW}/\text{IW}} \cdot R_{\alpha;\text{kon};\text{AW}}}{R_{\alpha;\text{kon};\text{IW}} + R_{\alpha;\text{kon};\text{AW}} + R_{\alpha;\text{str};\text{AW}/\text{IW}}} \quad (56)$$

$$R_{\alpha;\text{Stern};\text{IW}} = \frac{R_{\alpha;\text{str};\text{AW}/\text{IW}} \cdot R_{\alpha;\text{kon};\text{IW}}}{R_{\alpha;\text{kon};\text{IW}} + R_{\alpha;\text{kon};\text{AW}} + R_{\alpha;\text{str};\text{AW}/\text{IW}}}$$

Für die Berechnung des Zeitgangs der Reaktionsgrößen ist es zweckmäßig, einen geeigneten Anfangszustand des thermischen Systems „Raum“ zu wählen.

~~Dies ist durch Einführen der Bezugstemperatur  $\vartheta_B$  möglich, mit der ein geeigneter Anfangswert, z.B. 22 °C, gewählt werden kann. Es gilt dann:~~

$$\Delta \vartheta_{\text{I};\text{Lu}} = \vartheta_{\text{I};\text{Lu}} - \vartheta_B \quad (58)$$

$$\Delta \vartheta_{\text{A};\text{eq};\text{gew}} = \vartheta_{\text{A};\text{eq};\text{gew}} - \vartheta_B \quad (59)$$

$$\Delta \vartheta_{\text{Lue}} = \vartheta_{\text{Lue}} - \vartheta_B \quad (60)$$

$$\Delta \vartheta_{\text{IW}} = \vartheta_{\text{IW}} - \vartheta_B \quad (61)$$

$$\Delta \vartheta_{\text{AW}} = \vartheta_{\text{AW}} - \vartheta_B \quad (62)$$

Am Beispiel der auf die Innenwand *IW* wirkenden strahlenden Wärmequelle/-senke soll prinzipiell die Vorgehensweise bei der analytischen Berechnung aufgezeigt werden.

Wie bereits in [1] sowie in [3], Gleichung (39) bis Gleichung (50) detailliert beschrieben, eignet sich zur Herleitung des Zusammenhanges zwischen  $\vartheta(t)$  und  $\dot{Q}(t)$  mit den Parametern *R* und *C* der Übergang von der mathematischen Darstellung als Zeitfunktion in die Laplace-Darstellung.

Die zeitlichen Änderungen der Aktions- und Reaktionsgrößen werden durch Treppenfunktionen (Serie von Sprungfunktionen) nachgebildet (siehe Bild 5). Als geeignetes Zeitintervall wird hier 1 h gewählt, da sich hiermit noch alle wesentlichen Zeitabläufe mit ausreichender Genauigkeit beschreiben lassen und andererseits kein unnötig großer Rechenaufwand notwendig ist (beliebige Zeitintervalle sind möglich).

Der Vorteil des Lösungswegs über die Laplace-Transformation liegt daran, dass das Integral in ein Polynom überführt und auch der Mittelwert der Reaktionsgröße für ein Zeitintervall direkt ermittelt werden kann. Nach Rücktransformation in die Zeitdarstellung erhält man dann als Antwort auf die

This problem may be circumnavigated using the technique, commonly used in electrical circuit calculations, of transforming a delta connection into an equivalent star connection. In terms of equations, the conversion is carried out as follows:

**Text ersetzen:**

Dies ist durch Einführen der Bezugstemperatur  $\vartheta_B$  möglich. Sie soll ein geeigneter Anfangswert entsprechend der vorgesehenen Nutzung sein und soll für die jeweilige Berechnung zweckmäßig angesetzt werden. Das kann zum Beispiel die Raumsolltemperatur für die Nutzungszeit bei „mittleren“ Außenklimadaten (in der BRD für Außentemperaturen an bedeckten Tagen von 5 °C und 15 °C) sein. Eine generelle Vorgabe von z.B. 22 °C für die Bezugstemperatur führt bei Berechnungen, die sich deutlich von der üblichen Büronutzung bzw. Wohnungsnutzung unterscheiden, zu unkorrekten Ergebnissen

It is of the curve This perat value

$$\Delta \vartheta_{\text{Lue}} = \vartheta_{\text{Lue}} - \vartheta_B \quad (60)$$

$$\Delta \vartheta_{\text{IW}} = \vartheta_{\text{IW}} - \vartheta_B \quad (61)$$

$$\Delta \vartheta_{\text{AW}} = \vartheta_{\text{AW}} - \vartheta_B \quad (62)$$

The basic procedure of analytical calculation will be explained below using as an example a radiant heat source/sink acting on the interior wall *IW*.

As described in detail in [1] and in [3], Equation (39) through Equation (50), the derivation of the relation between  $\vartheta(t)$  and  $\dot{Q}(t)$  using the parameters *R* and *C* can be achieved using the Laplace transform of the mathematical analysis of a time function.

The changes in time of the active and reactive quantities are modelled as step functions (series of Heaviside functions; see Figure 5). The time interval is set to 1 h, as this still allows all important time curves to be presented with sufficient accuracy without requiring an unnecessarily high calculation effort (arbitrary time intervals are possible).

It is an advantage of the Laplace transform approach that the integral is transformed into a polynomial and the average of the reactive quantity over a time interval can also be calculated directly. Transforming back to the temporal representation, one then obtains the response to the active quantity  $\dot{Q}_{\text{IL};\text{str};\text{IW}}$  for the one-

Tabelle 2. Konstanten für das Speicherverhalten der Außenwand AW /  
Table 2. Constants describing the storage behaviour of the exterior wall AW

$KO_{AW}[1;1] = 1 - \frac{R_{\alpha;Stern;AW}}{R_{Stern;AW}} \cdot \left[ 1 + \frac{R_{Rest;AW}}{(R_{\alpha;Stern;AW} + R_{1;AW}) \cdot Z_{I;AW}} \cdot (1 - E_{I;AW}) \right]$	(82)
$KO_{AW}[1;2] = E_{I;AW}$	(83)
$KO_{AW}[1;3] = \frac{R_{\alpha;Stern;AW}}{R_{Stern;AW}} \cdot \frac{R_{Rest;AW}}{(R_{\alpha;Stern;AW} + R_{1;AW}) \cdot Z_{I;AW}} \cdot (1 - E_{I;AW})^2$	(84)
$KO_{AW}[2;1] = \frac{1}{R_{Stern;AW}} \cdot \frac{R_{Rest;AW}}{(R_{\alpha;Stern;AW} + R_{1;AW}) \cdot Z_{I;AW}} \cdot (1 - E_{I;AW})$	(85)
$KO_{AW}[2;2] = E_{I;AW}$	(86)
$KO_{AW}[2;3] = \frac{1}{R_{Stern;AW}} \cdot \frac{R_{Rest;AW}}{(R_{\alpha;Stern;AW} + R_{1;AW}) \cdot Z_{I;AW}} \cdot (1 - E_{I;AW})^2$	(87)
$KO_{AW}[3;1] = \frac{1}{R_{Stern;AW} \cdot Z_{A;AW}} \cdot (1 - E_{A;AW})$	(88)
$KO_{AW}[3;2] = E_{A;AW}$	(89)
$KO_{AW}[3;3] = \frac{1}{R_{Stern;AW} \cdot Z_{A;AW}} \cdot (1 - E_{A;AW})^2$	(90)

$$Z_{I;AW} = \frac{R_{Stern;AW}}{R_{Rest;AW}} \cdot \frac{3,6}{(R_{\alpha;Stern;AW} + R_{1;AW}) \cdot C_{1;AW}}$$

$$E_{I;AW} = \exp(-Z_{I;AW})$$

Für die Außenwand AW gilt:

For the exterior wall AW:

$$Z_{A;AW} = \frac{R_{Stern;AW}}{R_{Rest;AW}} \cdot \frac{3,6}{(R_{Stern;AW} - R_{Rest;AW}) \cdot C_{1;AW}} \quad (91)$$

$$E_{A;AW} = \exp(-Z_{A;AW}) \quad (92)$$

$$Z_{A;AW} = \frac{R_{Stern;AW}}{R_{Rest;AW}} \cdot \frac{3,6}{(R_{Stern;AW} - R_{Rest;AW}) \cdot C_{1;AW}} \quad (93)$$

$$E_{A;AW} = \exp(-Z_{A;AW}) \quad (94)$$

mit

where

$$R_{Stern;AW} = R_{\alpha;Stern;AW} + R_{1;AW} + R_{Rest;AW} \quad (95)$$

Ist die Heiz- bzw. Kühllast  $\dot{Q}_{HK;ges}$  die Reaktionsgröße und die Raumlufttemperatur  $\vartheta_{1;Lu}$  Aktionsgröße, lässt sich  $\dot{Q}_{HK;ges}$  nach folgender Gleichung ermitteln:

If the heating or cooling load,  $\dot{Q}_{HK;ges}$ , is the reactive quantity and the room air temperature,  $\vartheta_{1;Lu}$ , is the active quantity,  $\dot{Q}_{HK;ges}$  can be determined using the following equation:

$$\dot{Q}_{HK;ges} = \frac{\dot{Q}_{IW}[1] + \dot{Q}_{IW}[2] + \dot{Q}_{AW}[1] + \dot{Q}_{AW}[2] + \dot{Q}_{AW}[3] + \dot{Q}_{AW}[4] + (\dot{Q}_{Lue} - \dot{Q}_{IL;kon}) \cdot F_1}{F_2} \quad (96)$$

mit

where

$$F_1 = 1 + R_{\alpha;Stern;IL} \cdot \left( \frac{1}{R_{Stern;AW}} + KO_{AW}[2;1] + KO_{IW}[2;1] \right) \quad (97)$$

$$F_2 = Anteil_{\dot{Q};HK;kon} \cdot F_1 + Anteil_{\dot{Q};HK;AW} \cdot KO_{AW}[1;1] + Anteil_{\dot{Q};HK;IW} \cdot KO_{IW}[1;1] \quad (98)$$

**Anmerkung:** Wenn der Zähler der Gleichung (96) einen positiven Wert ergibt, erhält man als Ergebnis für  $\dot{Q}_{HK;ges}$  eine Heizlast. Für diesen Fall ist der Faktor  $F_2$  in Gleichung (98) mit den konvektiven und strahlenden Anteilen für das Heizsystem zu berechnen. Ansonsten ist mit den konvektiven und strahlenden Anteilen für das Kühlsystem zu rechnen.

**Note:** If the numerator of Equation (96) has a positive value, the result for  $\dot{Q}_{HK;ges}$  is a heating load. In this case, the factor  $F_2$  in Equation (98) shall be calculated using the convective and radiant contributions for the heating system. Otherwise, perform the calculations using the convective and radiant contributions for the cooling system.

Wird dagegen im betrachteten Zeitintervall als Reaktionsgröße die Raumlufttemperatur  $\vartheta_{I;Lu}$  gesucht, dann gilt:

If, on the other hand, the room air temperature,  $\vartheta_{I;Lu}$ , is sought as the reactive quantity in the time interval under consideration:

$$\Delta \vartheta_{I;Lu} = \frac{\dot{Q}_{HK;ges} \cdot F_2 + \frac{\Delta \vartheta_{A;eq;gew}}{R_{Stern;AW}} - F_{\dot{Q}} + \left( \frac{\Delta \vartheta_{Lue}}{R_{Lue}} + \dot{Q}_{IL;kon} \right) \cdot F_1 + F_{VO}}{F_{KO} + \frac{1}{R_{Stern;AW}} + \frac{1}{R_{Lue}} \cdot F_1} \quad (99)$$

mit

where

$$F_{KO} = KO_{AW}[2;1] + KO_{IW}[2;1] \quad (100)$$

$$F_{VO} = VO_{AW;Anfang}[2] + VO_{IW;Anfang}[2] \quad (101)$$

$$F_{\dot{Q}} = \dot{Q}_{IW}[1] + \dot{Q}_{AW}[1] + \dot{Q}_{AW}[3] \quad (102)$$

Die operative (empfundene) Temperatur ist als Mittelwert zwischen der Raumlufttemperatur und der mittleren Oberflächentemperatur der Raumumhüllungsflächen definiert. Sie ermittelt sich zu:

$$\vartheta_{I;op} = \frac{1}{2} \cdot \left[ \Delta \vartheta_{I;Lu} + \frac{\Delta \vartheta_{IW} \cdot (A_{Raum} - A_{AW}) + \Delta \vartheta_{AW} \cdot A_{AW}}{A_{Raum}} \right] + \vartheta_B$$

determined as follows:

$$\Delta \vartheta_{I;op} = \frac{1}{2} \cdot \left[ \Delta \vartheta_{I;Lu} + \frac{\Delta \vartheta_{IW} \cdot (A_{Raum} - A_{AW}) + \Delta \vartheta_{AW} \cdot A_{AW}}{A_{Raum}} \right] + \vartheta_B \quad (103)$$

mit

where

$$\Delta \vartheta_{IW} = \Delta \vartheta_{I;Lu} - \dot{Q}_{Stern;I;Lu} \cdot R_{\alpha;Stern;IL} - \dot{Q}_{IW;ges} \cdot R_{\alpha;Stern;IW} \quad (104)$$

$$\Delta \vartheta_{AW} = \Delta \vartheta_{I;Lu} - \dot{Q}_{Stern;I;Lu} \cdot R_{\alpha;Stern;IL} - (\dot{Q}_{Stern;I;Lu} - \dot{Q}_{IW;ges}) \cdot R_{\alpha;Stern;AW} \quad (105)$$

$$\dot{Q}_{Stern;I;Lu} = \dot{Q}_{HK;ges} \cdot Anteil_{\dot{Q};HK;kon} - \dot{Q}_{Lue} + \dot{Q}_{IL;kon} \quad (106)$$

$$\dot{Q}_{IW;ges} = \dot{Q}_{IW}[1] - \dot{Q}_{HK;IW} \cdot KO_{IW}[1;1] + \dot{Q}_{IW}[2] - \dot{Q}_{Stern;I;Lu} \cdot R_{\alpha;Stern;IL} \cdot KO_{IW}[2;1] \quad (107)$$

Abschließend ist nur noch die Vorgeschichte  $VO$  zum Ende des Betrachtungszeitintervalls zu ermitteln, die gleich ist der Vorgeschichte zu Beginn des nächsten Zeitintervalls:

Finally, determine the condition  $VO$  at the end of the time interval under consideration, which is identical to the initial condition at the beginning of the subsequent time interval:

$$VO_{Anfang}(t) = VO_{Ende}(t-1) \quad (108)$$

$$VO_{Anfang}(t) = VO_{Ende}(t-1) \quad (108)$$

$$VO_{Anfang}(t+1) = VO_{Ende}(t) \quad (109)$$

$$VO_{Anfang}(t+1) = VO_{Ende}(t) \quad (109)$$

Für die Innenwand  $IW$  gilt:

For the interior wall,  $IW$ :

$$VO_{IW;Ende}[1] = VO_{IW;Anfang}[1] \cdot KO_{IW}[1;2] + KO_{IW}[1;3] \cdot (\dot{Q}_{HK;IW} + \dot{Q}_{IL;str;IW}) \quad (110)$$

$$VO_{IW;Ende}[2] = VO_{IW;Anfang}[2] \cdot KO_{IW}[2;2] + KO_{IW}[2;3] \cdot (\Delta \vartheta_{I;Lu} - \dot{Q}_{Stern;I;Lu} \cdot R_{\alpha;Stern;IL}) \quad (111)$$

Für die Außenwand  $AW$  gilt:

For the exterior wall:

$$VO_{AW;Ende}[1] = VO_{AW;Anfang}[1] \cdot KO_{AW}[1;2] + KO_{AW}[1;3] \cdot (\dot{Q}_{HK;AW} + \dot{Q}_{IL;str;AW}) \quad (112)$$

$$VO_{AW;Ende}[2] = VO_{AW;Anfang}[2] \cdot KO_{AW}[2;2] + KO_{AW}[2;3] \cdot (\Delta \vartheta_{I;Lu} - \dot{Q}_{Stern;I;Lu} \cdot R_{\alpha;Stern;IL}) \quad (113)$$

$$VO_{AW;Ende}[3] = VO_{AW;Anfang}[3] \cdot KO_{AW}[3;2] + KO_{AW}[3;3] \cdot (\Delta \vartheta_{A;eq;gew}) \quad (114)$$

Zu Beginn der Berechnung (erstes Zeitintervall) werden zweckmäßigerweise die Vorgeschichten  $VO_{Anfang}$  zu null gesetzt.

At the starting point of the calculation (first time interval), the initial conditions  $VO_{Anfang}$  are set to zero as a matter of convenience.

**Berücksichtigung veränderlicher Wärmedurchgangskoeffizienten bei transparenten Bauteilen**

Bei Abluftfenstern ändert sich der Wärmedurchgangskoeffizient in Abhängigkeit der Betriebsweise (mit/ohne Abluft). Auch bei üblichen Fenstern tritt dieser Effekt auf, wenn ein temporärer Wärmeschutz eingesetzt wird z.B. durch das Schließen von Rollläden. Zur Berücksichtigung des Einflusses von  $\Delta U_{AF_v} \cdot A_{AF_v}$  kann das Fenster als masseloser Wärmeübertrager angesehen werden und eine Korrektur der Wärmeströme vorgenommen werden. Der von der Temperaturdifferenz  $\vartheta_{I;Lu} - \vartheta_{A;Lu}$  und der von den Strahlungsverhältnissen auf der äußeren Oberflächen des Fensters  $\dot{Q}_{str;A;AF_v}$  abhängige Anteil wird mit  $\Delta \dot{Q}_1 = f(\Delta U_{AF_v} \cdot A_{AF_v}, \Delta \vartheta_{I;Lu - A;eq_v})$  und der von den Strahlungsverhältnissen auf der inneren Oberflächen des Fensters  $\dot{Q}_{str;I;AF_v}$  abhängige Anteil wird mit  $\Delta \dot{Q}_2 = f(\Delta U_{AF_v} \cdot A_{AF_v}, \dot{Q}_{str;I;AF_v})$  berücksichtigt.

Gleichung (96) und Gleichung (99) sind hierzu zu ergänzen:

$$\dot{Q}_{HK;ges} = \frac{\dot{Q}_{IW}[1] + \dot{Q}_{IW}[2] + \dot{Q}_{AW}[1] + \dot{Q}_{AW}[2] + \dot{Q}_{AW}[3] + \dot{Q}_{AW}[4]}{F_2} + \frac{(\dot{Q}_{Lue} - \dot{Q}_{IL;kon}) \cdot F_1 + \dot{Q}_{kor,\Delta U_{AF}}}{F_2} \tag{115}$$

$$\vartheta_{I;Lu} = \frac{\dot{Q}_{HK;ges} \cdot F_2 + \frac{\Delta \vartheta_{A;eq;gew}}{R_{Stern;AW}} - \dot{Q}_{kor\_Zähler;\Delta U_{AF}} - F_{\dot{Q}} + \left( \frac{\Delta \vartheta_{Lue}}{R_{Lue}} + \dot{Q}_{IL;kon} \right) \cdot F_1 + F_{VO}}{F_{KO} + \frac{1}{R_{Stern;AW}} + \frac{1}{R_{Lue}} \cdot F_1 + \dot{Q}_{kor\_Nenner;\Delta U_{AF}}} \tag{116}$$

mit

where

$$\dot{Q}_{kor,\Delta U_{AF}} = \dot{Q}_{kor\_Zähler;\Delta U_{AF}} + \dot{Q}_{kor\_Nenner;\Delta U_{AF}} \cdot \Delta \vartheta_{I;Lu}$$

$$\dot{Q}_{kor\_Zähler;\Delta U_{AF}} = \sum_{v=1}^n \Delta U_{AF_v} \cdot A_{AF_v} \cdot \left( \frac{\dot{Q}_{IL;str;AF_v}}{\alpha_{I;AF_v} \cdot A_{AF_v}} - \Delta \vartheta_{I;Lu} \right)$$

$$\dot{Q}_{kor\_Nenner;\Delta U_{AF}} = \sum_{v=1}^n \Delta U_{AF_v} \cdot A_{AF_v}$$

$$\Delta U_{AF_v} = U_{AF_v}(t_x) - U_{AF_v}(Basis) \tag{120}$$

Dabei ist

- $U_{AF_v}(t_x)$  Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters  $AF_v$  zur Stunde  $t_x$
- $U_{AF_v}(Basis)$  Basiswert des Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters  $AF_v$

where

- $U_{AF_v}(t_x)$  thermal transmittance of the window  $AF_v$  for the hour  $t_x$
- $U_{AF_v}(Basis)$  basic value of the thermal transmittance of the window  $AF_v$

**Consideration of variable thermal transmittances for transparent building components**

The thermal transmittance of exhaust-air windows changes depending on the mode of operation (with/without exhaust air). The effect is also effective in ordinary windows where a temporary heat protection is used, as is the case, e.g., with roller shutters. The influence of  $\Delta U_{AF_v} \cdot A_{AF_v}$  can be considered by treating the window as a massless heat-transmitting building component, and correcting the heat fluxes. The contribution depending on the temperature difference,  $\vartheta_{I;Lu} - \vartheta_{A;Lu}$ , and the one depending on the radiation conditions on the exterior surfaces of the window,  $\dot{Q}_{str;A;AF_v}$ , are taken into account as  $\Delta \dot{Q}_1 = f(\Delta U_{AF_v} \cdot A_{AF_v}, \Delta \vartheta_{I;Lu - A;eq_v})$ , the contribution depending on the radiation conditions on the interior surfaces of the window,  $\dot{Q}_{str;I;AF_v}$ , as  $\Delta \dot{Q}_2 = f(\Delta U_{AF_v} \cdot A_{AF_v}, \dot{Q}_{str;I;AF_v})$ .

To this end, supplement Equation (96) and Equation (99):

**Text ergänzen:**  
**Grenzen des 2-K-Modells**  
 Wenn in einem zu berechnenden Raum nur adiabate Bauteile oder wenn nur nicht adiabate Bauteile vorhanden sind, wird aus dem 2-K-Modell automatisch ein 1-K-Modell, dessen Berechnungsergebnisse außerhalb der Genauigkeitsanforderungen dieser Richtlinie liegen und sollte deshalb vermieden werden.

**6.5 Berechnungsablauf (Ablaufplan)**

Der in Anhang B1 dargestellte Ablaufplan für die Berechnung stellt nur eine mögliche Variante des Berechnungsablaufs dar. Der Berechnungsablauf ist da-

**6.5 Calculation procedure (flow chart)**

The calculation flow chart given in Annex B1 illustrates but one possible variant of the calculation procedure. In this chart, the calculation procedure is ar-

rin in einem logischen Zusammenhang dargestellt. Aus diesem Grund wurde auch auf die Angabe von Gleichungsnummern im Ablaufplan verzichtet. Die Angabe von Gleichungsnummern setzt eine vollständige Übereinstimmung von Ablaufplan und Programm voraus.

## 6.6 Validierung

Eine Validierung von Programmen, die den beschriebenen Rechenkern verwenden, kann mittels der in Abschnitt 6.7 beschriebenen 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 Programms die wichtigsten Algorithmen des Verfahrens genutzt werden können. Dabei müssen die Berechnungen folgende Bedingungen einhalten:

- „Raumlufttemperatur“ und „operative Temperatur“ im Bereich der Beispiele  $\pm 0,1 \text{ °C}$
- „Heiz- und Kühllasten“ im Bereich der Beispiele  $\pm 1 \text{ W}$

Die Testbeispiele stellen deshalb keine Anwendungsfälle dar. Die Validierungsmethoden für den beschriebenen Rechenkern sind in VDI 2078 enthalten.

## 6.7 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 basieren auf einem modifizierten 2-K-Modell z. B. Flächenheizung bzw. -kühlung, nicht adiabate Innenbauteile, Luftwechsel, mehrere Außenbauteile.~~

Variablen, die in den Eingabedaten nicht genannt werden, aber im Algorithmus enthalten sind, müssen mit null vorbelegt werden. In den Tabellen im Anhang sind diese Daten der Übersichtlichkeit halber nicht enthalten.

~~Der für die Beispiele zugrunde gelegte Raum ist im Bild 6 schematisch dargestellt.~~

Die Validierung erfolgte durch Nachrechnen mit mehreren, unabhängig voneinander, in verschiedenen Programmiersprachen erstellten Programmen. Die Ergebnisse werden für die Testbeispiele 1 bis 7 mit den Angaben in VDI 6020 für das  $n$ -Kapazitäten-

ranged in a logical order. It is for this reason that no equation numbers are given in the chart. Indicating equation numbers requires a complete agreement between the chart and the software.

## 6.6 Validation

Software programs using the calculation core described in this standard can be validated using the test examples given in Section 6.7. Test examples 1 through 7 have been copied from the standard VDI 6020 and will, therefore, also allow a comparison with the most important simulation programs.

The additional test examples 8 through 12 are chosen so as to involve further important functionalities of the method. All test examples were chosen to allow

**Text ersetzen durch:**

Die Testbeispiele 1 bis 7 sind der Richtlinie VDI 6020 entnommen und untersuchen Raumreaktionen auf innere Belastungen und Sollwertänderungen. Diesen Beispielen liegen die Typräume L und S zu Grunde. Die Testbeispiele 8 bis 12 basieren auf einem modifizierten Typraum S und enthalten die wichtigen Funktionen des erweiterten 2-K-Modells z. B. Flächenheiz bzw. -kühlung, nicht adiabate Innenbauteile, Luftwechsel, mehrere Außenbauteile.

Basis bildet ein Mittelraum unter einem Flachdach:

- lichte Raumabmessungen: 3,50 m x 5,00 m x 3,00 m (B x T x H)
- Fensterfläche 7 m<sup>2</sup> (Rohbaumaß)
- Innentür zum Flur 1,00 m x 2,00 m (B x H; Rohbaumaß)
- Flurtrennwand, Innentür und Fußboden sind adiabate Bauteile

**Anmerkung:**

Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse sind im Gegensatz zu geltenden Maßdefinitionen (siehe VDI 6020 und VDI 2078) die Bauteilabmessungen früherer Versionen der Testbeispiele der VDI 6020 (VDI 6020 Blatt 1:2001) beibehalten worden. Maßgeblich sind die in den Eingabelisten (Anhang A1) verzeichneten Bauteilflächen.

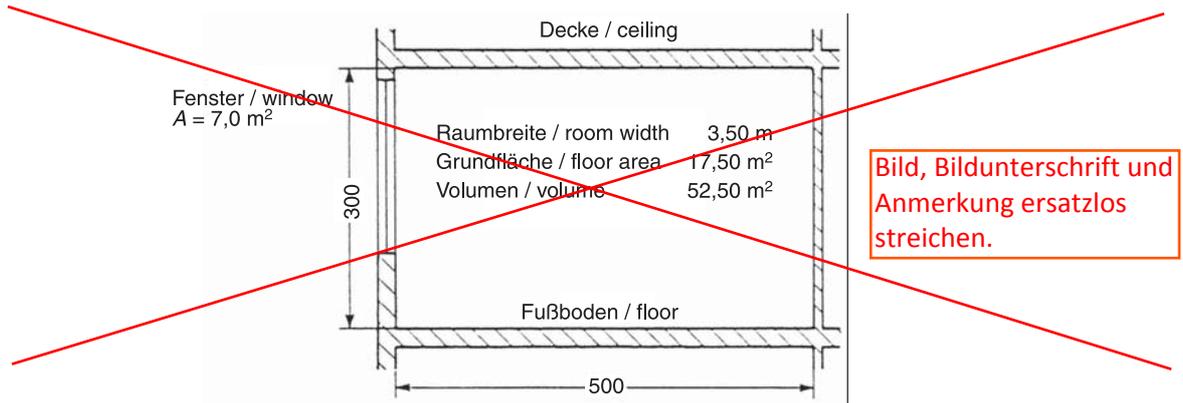
Test examples 8 through 12 include the important functionalities of the extended 2-c model, such as heated or chilled surfaces, non-adiabatic interior building components, air change, several exterior building components.

Variables not listed as input data but used in the algorithm shall be pre-set to zero. These data have been pre-set to zero in the Annex for the sake of consistency.

**Text ersatzlos streichen.**

The room used for the examples is shown in the schematic in Figure 6.

Validation was carried out by verifying the calculation using several programs having been programmed independently of each other in different programming languages. The results for test examples 1 through 7 are compared to the information given in VDI 6020



~~Bild 6. Skizze zur Veranschaulichung des für die Testbeispiele verwendeten Raums~~

~~**Anmerkung:** Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse sind im Gegensatz zu den in dieser Richtlinie geltenden Maßdefinitionen (Abschnitt 3) die Abmessungen der Testbeispiele der VDI 6020 beibehalten worden.~~

~~Figure 6. Schematic illustrating the room used for the test examples~~

~~**Note:** For comparability of the results, the dimensions were retained in accordance with the definitions of test examples of VDI 6020 (which deviate from the specifications in Section 3 of this standard).~~

Modell verglichen. Das  $n$ -K-Modell ist in VDI 6020 Basis der Validierung von Rechenverfahren zur thermischen Gebäudesimulation.

#### Allgemeine Hinweise zu den zwölf Testbeispielen

Alle Innenbauteile (FB1, FB2, DE1, DE2, IT1, IT2, IW1, IW2) der zwölf Bauteile sind adiabate Bauteile. Einzige Ausnahme bildet der Fußboden FB1, im Testbeispiel 10 (Fußboden an Keller grenzend).

Die Angaben (Eingabewerte) für den Wärmeeintrag in den Raum durch Sonneneinstrahlung über die Fenster (Verglasung) berücksichtigen bereits die Abminderung durch die Verglasung (betrifft Testbeispiele 5, 8, 9, 10 und 12). Es sind daher bereits der  $g$ -Wert der Verglasung und die  $kor_g$ -Werte für den Schrägeinfall der Einstrahlung auf die Verglasung berücksichtigt.

Die Wirkung des außen liegenden, geschlossenen Sonnenschutzes wird durch die Faktoren  $g_{\text{tot,dir}}/g$  und  $g_{\text{tot,diff}}/g$  gegeben; eine Veränderung der  $kor_g$ -Werte durch den Sonnenschutz bleibt unberücksichtigt.

Der Konvektivanteil  $a_{\text{kon}}$  des Wärmeeintrags durch Sonneneinstrahlung über die Fenster hat ohne und mit Sonnenschutz einen Wert von 0,09. Der Rahmenanteil an der Fensterfläche beträgt 0 %.

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:

for the  $n$ -capacitor model. The  $n$ -c model is used in VDI 6020 as the basis for the validation of calculation techniques for thermal building simulation.

**Text ergänzen:**  
Für das Fenster wird kein Rahmen berücksichtigt, d.h. der Glasanteil des Fensters beträgt 1,0.  
All components are adiabatic components, the only exception being the floor FB1 in test example 10 (floor adjoining cellar).

Data (input data) for the solar heat input into the room through the windows (glazing) already take into account the absorption by the glazing (this holds for test examples 5, 8, 9, 10 and 12). This means that the  $g$  value of the glazing and the  $kor_g$  values for oblique incidence on the glazing are already accounted for.

The effect of exterior closed shading is taken into account in terms of the factors  $g_{\text{tot,dir}}/g$  and  $g_{\text{tot,diff}}/g$ ; any change in the  $kor_g$  values due to the shading is neglected.

The convective contribution  $a_{\text{kon}}$  of the solar heat input through the windows has a value of 0,09 with and without shading. The percentage of window area blocked by frame is 0 %.

The calculation of the thermal response of the room with given external and internal heat sources and sinks is carried out for a 60-day period, said heat sources and sinks having the same time curves on all 60 days.

The following boundary conditions shall be met at the starting point of the calculation (and for a sufficient time before starting):

**Testbeispiel 7**

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

Wie Testbeispiel 6, jedoch mit begrenzter Ausleistungsleistung für Heizen und Kühlen

- Ergebnisse in grafischer Form, Diagramm A7.1 bis Diagramm A7.6

**Testbeispiel 8**

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)
- entsprechend verkleinerte Fläche der Innenwand
- kurzwellige Einstrahlung auf die beiden Außenwände

$$a_{AW1;kw} = 0,70$$

- weitere Randbedingungen:
  - Außentemperatur im Tagesgang vorgegeben
  - kurzwellige Einstrahlung durch die beiden Außenfenster
  - Grenzwert der globalen Sonnenstrahlung, bei dem der Sonnenschutz geschlossen wird:  $>100 \text{ W/m}^2$
  - kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung
- Ergebnisse in grafischer Form, Diagramm A8.1 bis Diagramm A8.3

**Testbeispiel 9**

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

~~Wie Testbeispiel 8, jedoch wird zusätzlich ein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Außenwand, Fenster und Umgebung berücksichtigt (für beide Außenflächen).~~

$$\varepsilon_{AW1;lw} = 0,90$$

$$\varepsilon_{AF1;lw} = 0,90$$

Zu beachten ist, dass bei vorgezogenem äußerem Sonnenschutz kein langwelliger Strahlungsaustausch zwischen Fensterfläche und Umgebung stattfindet (siehe VDI 6007 Blatt 3).

- Ergebnisse in grafischer Form, Diagramm A9.1 bis Diagramm A9.3

**Test example 7**

Load calculation assuming compliance with the set-points and the room temperature and specification of a sudden setpoint change for a room of type S:

As in test example 6, but with limited design power output for heating and cooling

- results in graphical representation, Diagram A7.1 through Diagram A7.6

**Test example 8**

Calculation of the response of the room air temperature to various internal and external heat sources/sinks for a room of type S:

Based on test example 5

Modification of test example 5:

- additional exterior façade facing west (exterior wall and exterior window)
- interior wall surface area reduced accordingly
- short-wave radiation incident on both exterior walls

$$a_{AW1;kw} = 0,70$$

- further boundary conditions:
  - outdoor temperature over the day specified
  - short-wave radiation through both exterior windows
  - limit of global solar radiation for shading to be closed:  $>100 \text{ W/m}^2$
  - no long-wave radiation exchange between exterior wall, window and environment
- results in graphical representation, Diagram A8.1 through Diagram A8.3

**Test example 9**

Calculation of the response of the room air temperature to various internal and external heat sources/sinks for a room of type S:

As in test example 8, but taking into account additional long-wave radiation exchange between exterior wall, window and environment (for both exterior surface

$$\varepsilon_{AW1;lw}$$

$$\varepsilon_{AF1;lw}$$

Mind t

window

case o

Part 3)

• resu

thro

**Text ersetzen:**

Wie Testbeispiel 8, jedoch ohne den langwelligen Strahlungsaustausch, der durch den Unterschied der Himmels- und Umgebungstemperatur gegenüber der Temperatur der Außenluft verursacht wird (vergl. VDI 6007 Blatt 1, Formel (33) für

$$\Delta \vartheta_{A;eq;lw}$$

**Testbeispiel 10**

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

Wie Testbeispiel 5, jedoch ist der Fußboden FB1 eine nicht adiabate Innenfläche (Nebenraum ist ein Keller mit vorgegebener Temperatur)

- Ergebnisse in grafischer Form, Diagramm A10.1 bis Diagramm A10.3

**Testbeispiel 11**

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

Wie Testbeispiel 7 mit begrenzter Auslegungsleistung für Heizen und Kühlen, jedoch erfolgt die Kühllastabfuhr nicht konvektiv, sondern durch eine aufgetzte Kühldecke.

Zu beachten ist, dass sich dadurch der Wärmeübergangskoeffizient der Decke DE1 ändert.

- Ergebnisse in grafischer Form, Diagramm A11.1 bis Diagramm A11.6

**Testbeispiel 12**

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

Wie Testbeispiel 5, jedoch wird sowohl tagsüber als auch nachts der Raum mit Außenluft (mit Außenlufttemperatur) mit vorgegebenem Volumenstromzeitgang gelüftet.

Kein zusätzlicher Wärmeeintrag mit der Fensterlüftung bei geschlossenem außen liegendem Sonnenschutz, das heißt entsprechend VDI 6007 Blatt 3:

Für  $c \cdot \rho$  der Luft ist ein Wert von  $1,1953 \text{ Jkg/m}^3$  anzusetzen.

- Ergebnisse in grafischer Form, Diagramm A12.1 bis Diagramm A12.3

**6.8 Hinweis für die Programmierung**

Die Division durch 0 ist zu vermeiden; das hat im weitesten Sinne zu geschehen. Wenn beispielsweise kein adiabates Bauteil vorhanden und folglich die Fläche der zusammengefassten  $IW$  gleich null ist, muss eine Divisionen mit dieser Variablen in geeigneter Weise ausgeschlossen werden. Das gilt entsprechend für nicht vorhandene nicht adiabate Bauteile. Im folgenden beispielhaften Programmcode wird auf so einen Fall reagiert:

Wenn  $A_{AW} > 0$

$$R_{\alpha_{\text{str}}, AW} = 1/(\alpha_{\text{str}} \cdot A_{AW})$$

**Test example 10**

Calculation of the response of the room air temperature to various internal and external heat sources/sinks for a room of type S:

As in test example 5, but with the floor FB1 being a non-adiabatic interior surface (adjacent to a cellar with specified temperature)

- results in graphical representation, Diagram A10.1 through Diagram A10.3

**Test example 11**

Load calculation assuming compliance with the set-points and the room temperature and specification of a sudden setpoint change for a room of type S:

As in test example 7 with limited design heating and cooling power output; removal of cooling load, however, not being convective, but via an exposed chilled ceiling.

Mind that this changes the heat transfer coefficient of ceiling DE1.

- results in graphical representation, Diagram A11.1 through Diagram A11.6

**Test example 12**

Calculation of the response of the room air temperature to various internal and external heat sources/sinks for a room of type S:

As in test example 5, but with the room being ventilated with outdoor air (having outdoor temperature) by  $\text{kJ} / (\text{m}^3 \text{K})$  day and at night, the volume flow over time being specified.

No additional heat input by window ventilation in the case of closed exterior shading, i.e., as per VDI 6007 Part 3:

For  $c \cdot \rho$  of air, a value of  $1,1953 \text{ Jkg/m}^3$  shall be assumed.

- results in graphical representation, Diagram A12.1 through Diagram A12.3

**6.8 Programming note**

Division by zero should be avoided, and this has to happen across the board. If, for example, there is no adiabatic building component and consequently the area of the combined  $IW$  vanishes, division by these variables must be excluded in some suitable way. This applies correspondingly when no non-adiabatic building components are present. In the following example, the program code deals with such a case:

If  $A_{AW} > 0$

$$R_{\alpha_{\text{str}}, AW} = 1/(\alpha_{\text{str}} \cdot A_{AW})$$

sonst

$$R_{\alpha, \text{str}; AW} = 10^{12}$$

In obigen Beispiel wird die Division durch Null verhindert und die Widerstandswerte  $R_{\alpha, \text{str}; AW}$  für diese „nicht vorhandene“ AW mit 0 bzw.  $10^{12}$  belegt.

Weiteres Beispiel: Für einen Raum, der keine AW enthält, ist die Matrix  $KO_{AW}(n, j)$  mit  $10^{12}$  (statt 0) zu belegen.

**Text ergänzen:**

Hinweis:

Siehe dazu auch **Grenzen des 2-K-Modells**

im Abschnitt 6.4 Thermisches Verhalten des Raums.

zero is prevented and the  $R_{AW}$  for this “not present” .

Another example: for a room containing no AW, the matrix  $KO_{AW}(n, j)$  should be filled with  $10^{12}$  (instead of 0).

Testbeispiel 3 / Test example 3

1,2

1,000

Tabelle A3.1 / Table A3.1

Tabelle A.3.1 Bauteildaten für Typraum L																	
Bauteilkennnung	Fläche in m <sup>2</sup>	Schicht Nummer	Material	Dicke in m	Wärmeleitf. Lambda in W/(m·K)	Dichte rho in kg/m <sup>3</sup>	Wärmespeich.f. c in kJ/(kg·K)	alpha_kon_a in W/(m <sup>2</sup> ·K)	alpha_kon_i in W/(m <sup>2</sup> ·K)	U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K)	Neigung in Grad	Orientierung in Grad	g_tot_dir / g [0-1]	g_tot_diff / g [0-1]	a_kon [0-1]		
FB2	17,50	1	Estrich	0,030	1,4000	2200	1,050		1,7								
		2	Steinwolle 047	0,020	0,0470	75	0,840										
		3	Beton 2100	0,120	2,0350	2100	0,920										
		4	Luft	0,200	1,0850	1	1,200										
		5	Steinwolle 047	0,020	0,0470	75	0,840										
		6	Metalldecke	0,001	58,0000	7800	0,480										
DE2	17,50	1	Metalldecke	0,001	58,0000	7800	0,480		1,7								
		2	Steinwolle 047	0,020	0,0470	75	0,840										
		3	Luft	0,200	1,0850	1	1,200										
		4	Beton 2100	0,120	2,0350	2100	0,920										
		5	Steinwolle 047	0,020	0,0470	75	0,840										
		6	Estrich	0,030	1,4000	2200	1,050										
IT2	2,00	1	Tischlerplatte	0,040	0,1400	500	2,520		2,7								
HW2	38,50	1	Porenbeton	0,120	0,4000	1200	1,050		2,7								
AF1	7,00	1	Fenster					20,0	2,7		2,1						
AW2	3,50	1	Brettschalung	0,010	0,1400	500	2,520		2,7								
		2	Dämmung 047	0,064	0,0470	75	0,840										
		3	Brettschalung	0,010	0,1400	500	2,520	20,0									

Tabelle A3.2 / Table A3.2

Tabelle A.3.2 Gebäudenutzung in Zeitprofilen												
Uhrzeit	Personen		Beleuchtung		Maschinen		Sonstiges		Nebenraum FB		Raumluft	
	Wärmeabgabe in W	Konv. Anteil in %	Temp. NR in °C	Vol. ZL_AL in m <sup>3</sup> /h	Soil-Temp. in °C							
0 bis 1					0	0					0	22
1 bis 2					0	0					0	22
2 bis 3					0	0					0	22
3 bis 4					0	0					0	22
4 bis 5					0	0					0	22
5 bis 6					0	0					0	22
6 bis 7					1000	100					0	22
7 bis 8					1000	100					0	22
8 bis 9					1000	100					0	22
9 bis 10					1000	100					0	22
10 bis 11					1000	100					0	22
11 bis 12					1000	100					0	22
12 bis 13					1000	100					0	22
13 bis 14					1000	100					0	22
14 bis 15					1000	100					0	22
15 bis 16					1000	100					0	22
16 bis 17					1000	100					0	22
17 bis 18					1000	100					0	22
18 bis 19					0	0					0	22
19 bis 20					0	0					0	22
20 bis 21					0	0					0	22
21 bis 22					0	0					0	22
22 bis 23					0	0					0	22
23 bis 24					0	0					0	22

Tabelle A3.3 / Table A3.3

Tabelle A.3.3 Wetterdaten und Berechnungsergebnisse nach VDI 6007																	
Stunde	Wetterdaten			Außenwand Süd		Außenwand West		Fenster Süd (im Raum)		Fenster West (im Raum)		Ergebnisse 1. Tag, Programm 1			Ergebnisse 1. Tag, Programm 2		
	Temp. AL in °C	I_hv_sus in W/m <sup>2</sup>	I_atm_ges in W/m <sup>2</sup>	I_ges in W/m <sup>2</sup>	I_diff in W/m <sup>2</sup>	Lufttemp. in °C	Empf.Temp. in °C	Heiz-/Kühllast in W	Lufttemp. in °C	Empf.Temp. in °C	Heiz-/Kühllast in W						
1.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
2.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
3.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
4.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
5.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
6.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
7.	22,0											30,2	27,7	0	30,2	27,7	0
8.	22,0											30,8	28,2	0	30,8	28,2	0
9.	22,0											31,2	28,6	0	31,2	28,6	0
10.	22,0											31,6	29,0	0	31,6	29,0	0
11.	22,0											32,0	29,4	0	32,0	29,4	0
12.	22,0											32,4	29,8	0	32,4	29,8	0
13.	22,0											32,8	30,2	0	32,8	30,2	0
14.	22,0											33,2	30,6	0	33,2	30,6	0
15.	22,0											33,6	31,0	0	33,6	31,0	0
16.	22,0											34,0	31,4	0	34,0	31,4	0
17.	22,0											34,3	31,8	0	34,3	31,8	0
18.	22,0											34,7	32,2	0	34,7	32,2	0
19.	22,0											26,9	26,9	0	26,9	26,9	0
20.	22,0											26,7	26,7	0	26,7	26,7	0
21.	22,0											26,7	26,7	0	26,7	26,7	0
22.	22,0											26,6	26,7	0	26,6	26,7	0
23.	22,0											26,6	26,6	0	26,6	26,6	0
24.	22,0											26,6	26,6	0	26,6	26,6	0

1,2

1,000

Testbeispiel 4 / Test example 4

Tabelle A4.1 / Table A4.1

Bauzeile A4.1																
Bauzeilenkennung	Fläche in m²	Schicht Nummer	Material	Dicke in m	Wärmeleitf. Lambda in W/(m·K)	Dichte rho in kg/m³	Wärmespeich.f. c in kJ/(kg·K)	alpha_kon_g in W/(m²·K)	alpha_kon_i in W/(m²·K)	U-Wert in W/(m²·K)	Neigung in Grad	Orientierung in Grad	g_tot_dir / g [0-1]	g_tot_diff / g [0-1]	a_kon [0-1]	
FB2	17,50	1	Estrich	0,030	1,4000	2200	1,050		1,7							
		2	Steinwolle 047	0,020	0,0470	75	0,840									
		3	Beton 2100	0,120	2,0350	2100	0,920									
		4	Luft	0,200	1,0850	1	1,200									
		5	Steinwolle 047	0,020	0,0470	75	0,840									
		6	Metalldecke	0,001	58,0000	7800	0,480									
DE2	17,50	1	Metalldecke	0,001	58,0000	7800	0,480		1,7							
		2	Steinwolle 047	0,020	0,0470	75	0,840									
		3	Luft	0,200	1,0850	1	1,200									
		4	Beton 2100	0,120	2,0350	2100	0,920									
		5	Steinwolle 047	0,020	0,0600	75	0,840									
		6	Estrich	0,030	1,4000	2200	1,050									
IT2	2,00	1	Trichterplatte	0,040	0,1400	500	2,520		2,7							
IV2	38,50	1	Porenbeton	0,120	0,4000	1200	1,050		2,7							
AF1	7,00	1	Fenster					20,0	2,7	2,1						
AW2	3,50	1	Brettschalung	0,010	0,1400	500	2,520	20,0	2,7							
		2	Dämmung 047	0,064	0,0470	75	0,840									
		3	Brettschalung	0,010	0,1400	500	2,520									

Tabelle A4.2 / Table A4.2

Tabelle A.4.2 Gebäudenutzung in Zeitprofilen													
Uhrzeit	Personen		Beleuchtung		Maschinen		Sonstiges		Nebenraum FB		Außenluft		Raumluft
	Wärmeabgabe in W	Konv_Anteil in %	Temp_NR in °C	Vol_ZL_AL in m³/h	Soll-Temp. in °C								
0 bis 1					0	0					0	22	
1 bis 2					0	0					0	22	
2 bis 3					0	0					0	22	
3 bis 4					0	0					0	22	
4 bis 5					0	0					0	22	
5 bis 6					0	0					0	22	
6 bis 7					1000	0					0	22	
7 bis 8					1000	0					0	22	
8 bis 9					1000	0					0	22	
9 bis 10					1000	0					0	22	
10 bis 11					1000	0					0	22	
11 bis 12					1000	0					0	22	
12 bis 13					1000	0					0	22	
13 bis 14					1000	0					0	22	
14 bis 15					1000	0					0	22	
15 bis 16					1000	0					0	22	
16 bis 17					1000	0					0	22	
17 bis 18					1000	0					0	22	
18 bis 19					0	0					0	22	
19 bis 20					0	0					0	22	
20 bis 21					0	0					0	22	
21 bis 22					0	0					0	22	
22 bis 23					0	0					0	22	
23 bis 24					0	0					0	22	

Tabelle A4.3 / Table A4.3

Tabelle A.4.3 Wetterdaten und Berechnungsergebnisse nach VDI 6007																		
Stunde	Wetterdaten				Außenwand Süd		Außenwand West		Fenster Süd (im Raum)		Fenster West (im Raum)		Ergebnisse 1. Tag, Programm 1			Ergebnisse 1. Tag, Programm 2		
	Temp_AL in °C	I_hv_aus in W/m²	I_atm_ges in W/m²	I_ges in W/m²	I_diff in W/m²	I_ges in W/m²	I_diff in W/m²	I_ges in W/m²	I_diff in W/m²	I_ges in W/m²	I_diff in W/m²	Lufttemp. in °C	Empf.Temp. in °C	Heiz-/Kühllast in W	Lufttemp. in °C	Empf.Temp. in °C	Heiz-/Kühllast in W	
1.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	
2.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	
3.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	
4.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	
5.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	
6.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0	
7.	22,0											25,1	25,1	0	25,1	25,1	0	
8.	22,0											25,7	25,7	0	25,7	25,7	0	
9.	22,0											26,1	26,1	0	26,1	26,1	0	
10.	22,0											26,5	26,5	0	26,5	26,5	0	
11.	22,0											26,9	26,9	0	26,9	26,9	0	
12.	22,0											27,3	27,3	0	27,3	27,3	0	
13.	22,0											27,7	27,7	0	27,7	27,7	0	
14.	22,0											28,1	28,1	0	28,1	28,1	0	
15.	22,0											28,5	28,5	0	28,5	28,5	0	
16.	22,0											28,9	28,9	0	28,9	28,9	0	
17.	22,0											29,3	29,3	0	29,3	29,3	0	
18.	22,0											29,7	29,7	0	29,7	29,7	0	
19.	22,0											26,9	26,9	0	26,9	26,9	0	
20.	22,0											26,7	26,8	0	26,7	26,8	0	
21.	22,0											26,7	26,7	0	26,7	26,7	0	
22.	22,0											26,7	26,7	0	26,7	26,7	0	
23.	22,0											26,6	26,6	0	26,6	26,6	0	
24.	22,0											26,6	26,6	0	26,6	26,6	0	

Testbeispiel 6 / Test example 6

Tabelle A6.1 / Table A6.1

Tabelle A.6.1 Bauteilarten für Typraum S															
Bauteilkennzeichnung	Fläche in m²	Schicht Nummer	Material	Dicke in m	Wärmeleitf. Lambda in W/(m·K)	Dichte rho in kg/m³	Wärmespeich.f. c in kJ/(kg·K)	alpha_kon_a in W/(m²·K)	alpha_kon_i in W/(m²·K)	U-Wert in W/(m²·K)	Neigung in Grad	Orientierung in Grad	g_tot_dir / g [0-1]	g_tot_diff / g [0-1]	a_kon [0-1]
FB1	17,50	1	PVC-Belag	0,002	0,2100	1300	1,470		1,7						
		2	Estrich	0,045	1,4000	2200	1,050								
		3	Steinwolle 060	0,012	0,0600	50	0,840								
		4	Beton 2400	0,150	2,0350	2400	1,050								
DE1	17,50	1	Beton 2400	0,150	2,0350	2400	1,050		1,7						
		2	Steinwolle 060	0,012	0,0600	50	0,840								
		3	Estrich	0,045	1,4000	2200	1,050								
		4	PVC-Belag	0,002	0,2100	1300	1,470								
IT1	2,00	1	Buche	0,040	0,2100	700	2,520		2,7						
IW1	38,50	1	Hohlblocksteine	0,240	0,5600	1300	1,050		2,7						
AF1	7,00	1	Fenster					20,0	2,7	2,1					
AW1	3,50	1	Beton 2100	0,240	2,0350	2100	0,920		2,7						
		2	Dämmung 047	0,062	0,0470	75	0,840								
		3	Fassadenplatte	0,025	0,4500	1300	1,050	20,0							

Tabelle A6.2 / Table A6.2

Tabelle A.6.2+A7.2 Gebäudenutzung in Zeitprofilen												
Uhrzeit	Personen		Beleuchtung		Maschinen		Sonstiges		Nebenraum FB		Raumluft	
	Wärmeabgabe in W	Konv. Anteil in %	Temp. NR in °C	Vol. ZL AL in m³/h	Soil-Temp. in °C							
0 bis 1					0	0					0	22
1 bis 2					0	0					0	22
2 bis 3					0	0					0	22
3 bis 4					0	0					0	22
4 bis 5					0	0					0	22
5 bis 6					0	0					0	22
6 bis 7					1000	0					0	27
7 bis 8					1000	0					0	27
8 bis 9					1000	0					0	27
9 bis 10					1000	0					0	27
10 bis 11					1000	0					0	27
11 bis 12					1000	0					0	27
12 bis 13					1000	0					0	27
13 bis 14					1000	0					0	27
14 bis 15					1000	0					0	27
15 bis 16					1000	0					0	27
16 bis 17					1000	0					0	27
17 bis 18					1000	0					0	27
18 bis 19					0	0					0	22
19 bis 20					0	0					0	22
20 bis 21					0	0					0	22
21 bis 22					0	0					0	22
22 bis 23					0	0					0	22
23 bis 24					0	0					0	22

Tabelle A6.3 / Table A6.3

Tabelle A.6.3 Wetterdaten und Berechnungsergebnisse nach VDI 6007																	
Stunde	Wetterdaten				Außenwand Süd		Außenwand West		Fenster Süd (im Raum)		Fenster West (im Raum)		Ergebnisse 1. Tag, Programm 1		Ergebnisse 1. Tag, Programm 2		
	Temp. AL in °C	J. hv. aus in W/m²	J. atm. ges. in W/m²	J. ges. in W/m²	J. diff. in W/m²	J. ges. in W/m²	J. diff. in W/m²	J. ges. in W/m²	J. diff. in W/m²	J. ges. in W/m²	J. diff. in W/m²	Lufttemp. in °C	Empf. Temp. in °C	Heiz-/Kühllast in W	Lufttemp. in °C	Empf. Temp. in °C	Heiz-/Kühllast in W
1.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
2.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
3.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
4.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
5.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
6.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
7.	22,0											27,0	25,1	764	27,0	25,1	764
8.	22,0											27,0	25,2	696	27,0	25,2	696
9.	22,0											27,0	25,4	632	27,0	25,4	632
10.	22,0											27,0	25,6	570	27,0	25,6	570
11.	22,0											27,0	25,7	511	27,0	25,7	511
12.	22,0											27,0	25,8	455	27,0	25,8	455
13.	22,0											27,0	26,0	402	27,0	26,0	402
14.	22,0											27,0	26,1	351	27,0	26,1	351
15.	22,0											27,0	26,2	302	27,0	26,2	302
16.	22,0											27,0	26,4	255	27,0	26,4	255
17.	22,0											27,0	26,5	210	27,0	26,5	210
18.	22,0											27,0	26,6	167	27,0	26,6	167
19.	22,0											22,0	23,6	-638	22,0	23,6	-638
20.	22,0											22,0	23,6	-610	22,0	23,6	-610
21.	22,0											22,0	23,5	-583	22,0	23,5	-583
22.	22,0											22,0	23,4	-557	22,0	23,4	-558
23.	22,0											22,0	23,4	-533	22,0	23,4	-533
24.	22,0											22,0	23,3	-511	22,0	23,3	-511

Testbeispiel 7 / Test example 7

Tabelle A7.1 / Table A7.1

Tabelle A.7.1 Bauteildaten für Typraum S																
Bauteilkennnung	Fläche in m²	Schicht Nummer	Material	Dicke in m	Wärmeleit- Lambda in W/(m·K)	Dichte rho in kg/m³	Wärmespeicherf. c in kJ/(kg·K)	alpha_kon_a in W/(m²·K)	alpha_kon_i in W/(m²·K)	U-Wert in W/(m²·K)	Neigung in Grad	Orientierung in Grad	g_tot_dir / g in %	g_tot_diff / g in %	a_kon in %	
FB1	17,50	1	PVC-Belag	0,002	0,2100	1300	1,470									
		2	Estrich	0,045	1,4000	2200	1,050									
		3	Steinwolle 060	0,012	0,0600	50	0,840									
		4	Beton 2400	0,150	2,0350	2400	1,050									
DE1	17,50	1	Beton 2400	0,150	2,0350	2400	1,050		1,7							
		2	Steinwolle 060	0,012	0,0600	50	0,840									
		3	Estrich	0,045	1,4000	2200	1,050									
		4	PVC-Belag	0,002	0,2100	1300	1,470									
IT1	2,00		Buche	0,040	0,2100	700	2,520									
IW1	38,50		Hohlblocksteine	0,240	0,5600	1300	1,050									
AF1	7,00		Fenster					20,0			2,1					
AW1	3,50	1	Beton 2100	0,240	2,0350	2100	0,920									
		2	Dämmung 047	0,062	0,0470	75	0,840									
		3	Fassadenplatte	0,025	0,4500	1300	1,050	20,0								

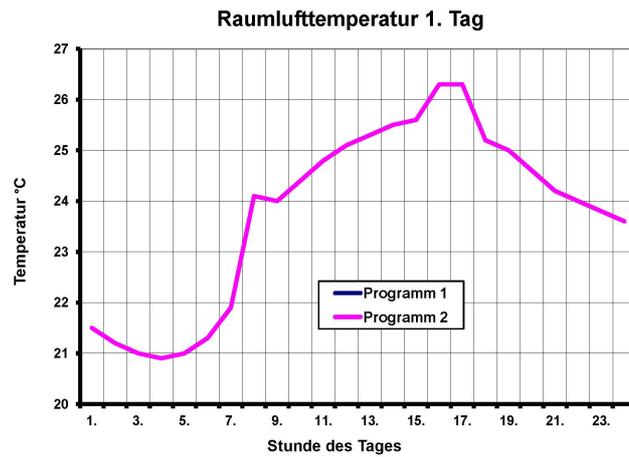
Tabelle A7.2 / Table A7.2

Tabelle A.7.2 Gebäudenutzung in Zeitprofilen												
Uhrzeit	Personen		Beleuchtung		Maschinen		Sonstiges		Nebenraum FB		Außenluft	Raumluft
	Wärmeabgabe in W	Konv. Anteil in %	Temp. NR in °C	Vol. ZL AL in m³/h	Soll-Temp. in °C							
0 bis 1					0	0					0	22
1 bis 2					0	0					0	22
2 bis 3					0	0					0	22
3 bis 4					0	0					0	22
4 bis 5					0	0					0	22
5 bis 6					0	0					0	22
6 bis 7					1000	0					0	27
7 bis 8					1000	0					0	27
8 bis 9					1000	0					0	27
9 bis 10					1000	0					0	27
10 bis 11					1000	0					0	27
11 bis 12					1000	0					0	27
12 bis 13					1000	0					0	27
13 bis 14					1000	0					0	27
14 bis 15					1000	0					0	27
15 bis 16					1000	0					0	27
16 bis 17					1000	0					0	27
17 bis 18					1000	0					0	27
18 bis 19					0	0					0	22
19 bis 20					0	0					0	22
20 bis 21					0	0					0	22
21 bis 22					0	0					0	22
22 bis 23					0	0					0	22
23 bis 24					0	0					0	22

Tabelle A7.3 / Table A7.3

Tabelle A.7.3 Wetterdaten und Berechnungsergebnisse nach VDI 6007																	
Stunde	Wetterdaten			Außenwand Süd		Außenwand West		Fenster Süd (im Raum)		Fenster West (im Raum)		Ergebnisse 1. Tag, Programm 1			Ergebnisse 1. Tag, Programm 2		
	Temp. AL in °C	I_lv_aus in W/m²	I_atm_ges in W/m²	I_ges in W/m²	I_diff in W/m²	I_ges in W/m²	I_diff in W/m²	I_ges in W/m²	I_diff in W/m²	I_ges in W/m²	I_diff in W/m²	Lufttemp. in °C	Empf.Temp. in °C	Heiz-/Kühllast in W	Lufttemp. in °C	Empf.Temp. in °C	Heiz-/Kühllast in W
1.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
2.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
3.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
4.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
5.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
6.	22,0											22,0	22,0	0	22,0	22,0	0
7.	22,0											25,5	24,2	500	25,5	24,2	500
8.	22,0											25,8	24,6	500	25,8	24,6	500
9.	22,0											26,1	24,9	500	26,1	24,9	500
10.	22,0											26,5	25,2	500	26,5	25,2	500
11.	22,0											26,8	25,5	500	26,8	25,5	500
12.	22,0											27,0	25,8	481	27,0	25,8	481
13.	22,0											27,0	25,9	426	27,0	25,9	426
14.	22,0											27,0	26,1	374	27,0	26,1	374
15.	22,0											27,0	26,2	324	27,0	26,2	324
16.	22,0											27,0	26,3	278	27,0	26,3	278
17.	22,0											27,0	26,4	230	27,0	26,4	230
18.	22,0											27,0	26,5	186	27,0	26,5	186
19.	22,0											22,7	24,0	-500	22,7	24,0	-500
20.	22,0											22,6	23,8	-500	22,6	23,8	-500
21.	22,0											22,4	23,7	-500	22,4	23,7	-500
22.	22,0											22,3	23,6	-500	22,3	23,6	-500
23.	22,0											22,2	23,4	-500	22,2	23,4	-500
24.	22,0											22,0	23,3	-500	22,0	23,3	-500

Diagramm A12.1 / Diagram A12.1



Die Diagramme dieser Seite sind korrekt; die ursprünglich fehlerhaften Diagramme wurden entfernt.

Diagramm A12.2 / Diagram A12.2

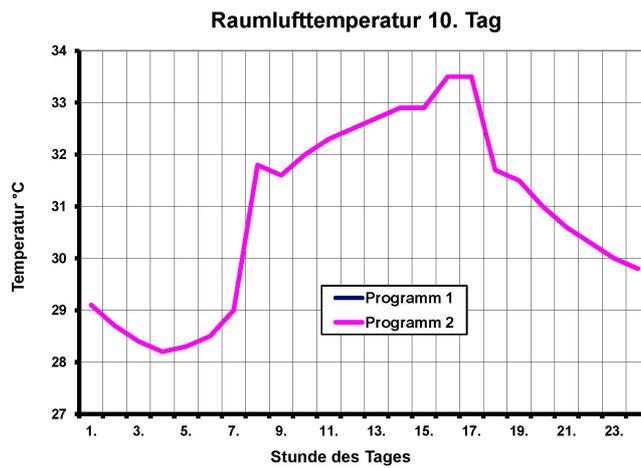
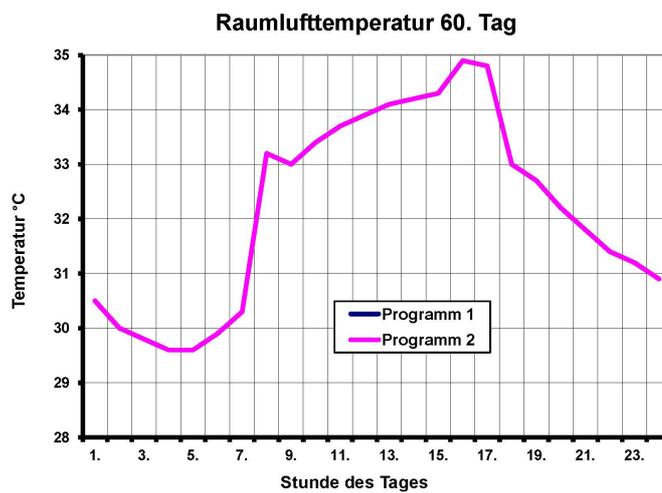


Diagramm A12.3 / Diagram A12.3



**Die Richtlinie wird ergänzt um:**

**informativer Anhang C1:**

**Differenzierte Berücksichtigung von Flächenheiz- und Flächenkühlssystemen beim 2-Kapazitäten-Modell**

**informativer Anhang C2**

**Zusammenhang zwischen Gebäude- und Anlagenbilanz, Raumbilanz bei Zuluftanlagen.**

**informativer Anhang C3**

**Berücksichtigung einer Temperaturdifferenz zum Nachbarraum für „quasi-adiabate“ Innenbauteile**

Siehe dazu gesonderte Dateien.

Hier ist ein Datenträger eingeklebt. /

A data carrier should be attached here!