

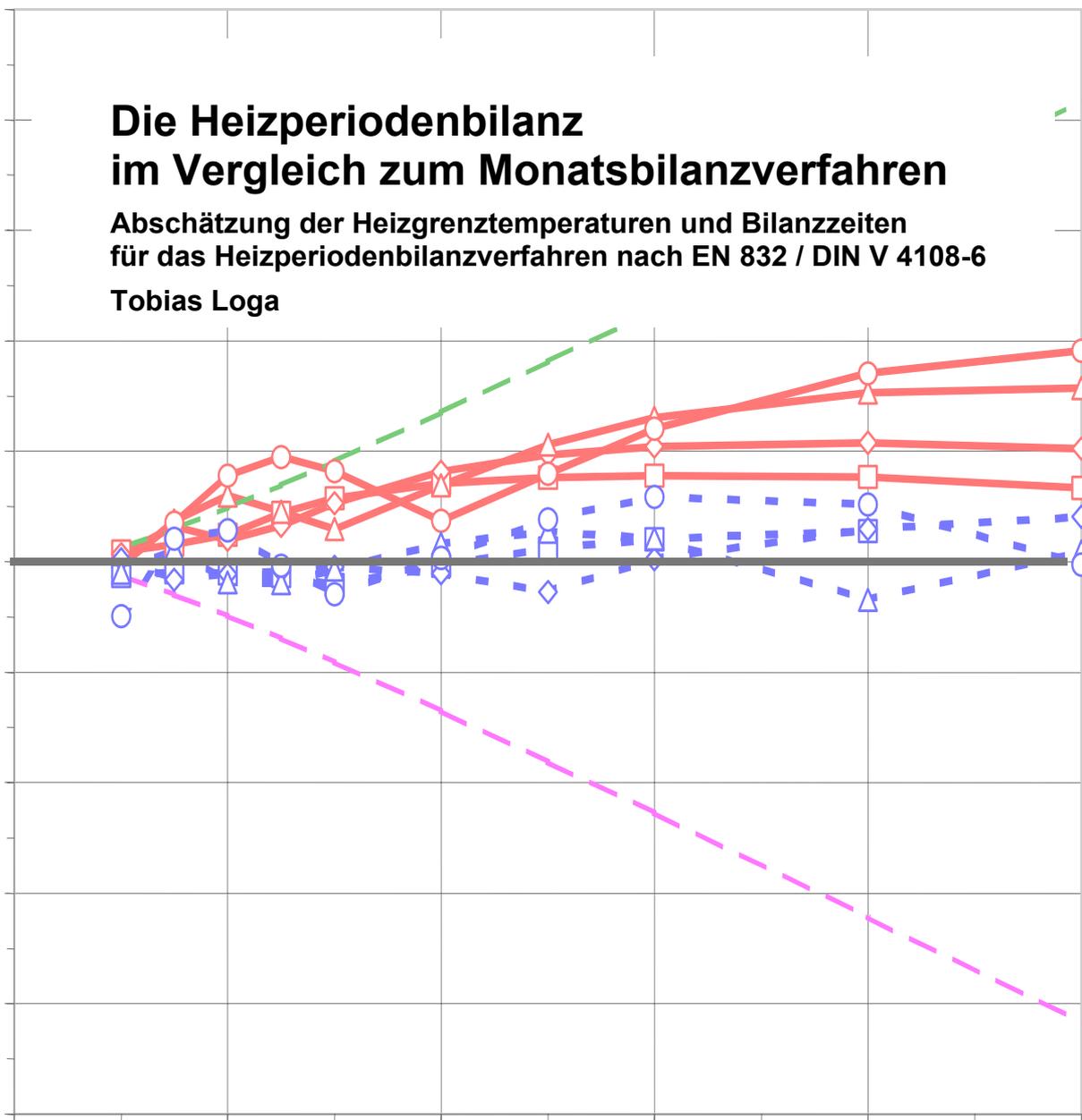


**INSTITUT WOHNEN
UND UMWELT** GmbH
Annastraße 15
64285 Darmstadt
Fon: (0049) 06151/2904-0
Fax: (0049) 06151/2904-97
eMail: info@iwu.de
Internet: <http://www.iwu.de>
14. Dezember 2004

Die Heizperiodenbilanz im Vergleich zum Monatsbilanzverfahren

Abschätzung der Heizgrenztemperaturen und Bilanzzeiten
für das Heizperiodenbilanzverfahren nach EN 832 / DIN V 4108-6

Tobias Loga



Die Heizperiodenbilanz im Vergleich zum Monatsbilanzverfahren

**Abschätzung der Heizgrenztemperaturen und Bilanzzeiten
für das Heizperiodenbilanzverfahren nach EN 832 / DIN V 4108-6**

Autor: Tobias Loga

*Eine gekürzte Fassung dieser Arbeit ist erschienen unter dem Titel
„Heizgrenztemperaturen für Gebäude unterschiedlicher Standards“
in der Zeitschrift „Bauphysik“ 25 (2003), Heft 1*

Reprotechnik: Reda Hatteh

1. Auflage

Darmstadt, den 14.12.2004

ISBN-Nr.: 3-932074-74-2

IWU-Bestellnummer: 13/04

INSTITUT WOHNEN UND UMWELT GMBH

Annastraße 15

64285 Darmstadt

Fon: 06151/2904-0 / Fax: -97

Internet: www.iwu.de

Inhalt

Zusammenfassung	4
1 Vorschlag für eine Ergänzung des Heizperiodenbilanzverfahrens nach DIN V 4108-6 um Heizgrenztemperaturen für Alt- und Neubauten.....	5
1.1 Die Heizperiodenbilanz nach EN 832 bzw. DIN V 4108-6.....	5
1.2 Tabellenwerte für die Heizgrenztemperaturen von Alt- und Neubauten.....	6
1.3 Näherungsformel für die Heizgrenztemperatur	7
1.4 Bestimmung der Klimadaten bei variabler Heizgrenze.....	8
1.5 Modifikation der wirksamen thermischen Speicherfähigkeit.....	9
1.6 Bestimmung der Heizperiode für die Anlagentechnik.....	9
2 Herleitung des vorgeschlagenen Näherungsverfahrens.....	10
2.1 Die Heizgrenze im Heizperiodenbilanzverfahren nach EN 832.....	10
2.2 Verfahren zur Abschätzung der Heizgrenze für konkrete Gebäude.....	11
2.3 Für die Anlagentechnik anzusetzende Länge der Heizperiode	13
3 Parameterstudie: Vergleich des Heizperiodenbilanzverfahrens mit unterschiedlich angesetzten Heizgrenzen mit dem Monatsbilanzverfahren	14
3.1 Zielsetzung der Parameterstudie	14
3.2 Randbedingungen und variierte Parameter	14
3.3 Ergebnisse der Monatsbilanz: Heizgrenze und Länge der Heizperiode.....	17
3.4 Die Genauigkeit der Heizperiodenbilanz bei Verwendung der „exakten Heizgrenze“ aus der Monatsbilanz.....	20
3.5 Die Genauigkeit der Heizperiodenbilanz bei Verwendung der festen Heizgrenztemperaturen 10, 12, 15°C und der Jahresbilanz.....	22
3.6 Die Genauigkeit der Heizperiodenbilanz bei Verwendung des Näherungsverfahrens für die Heizgrenze.....	24
4 Zusammenfassung und Fazit.....	28

Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass die Heizperiodenbilanz nach EN 832 die Präzision des Monatsbilanzverfahrens erreichen kann, wenn die Heizgrenztemperatur und damit der Bilanzzeitraum immer passend angesetzt wird.

Es wird ein einfaches Näherungsverfahren vorgestellt, mit dem dies ausreichend genau möglich ist: Mit wenigen Rechenschritten können für Gebäude unterschiedlichster energetischer Standards die zugehörigen Heizgrenztemperaturen abgeschätzt und die für die Heizperiodenbilanz erforderlichen Klimadaten näherungsweise bestimmt werden. Für grobe Abschätzungen werden darüber hinaus Tabellenwerte für Heizgrenze und Klima angegeben.

Im Rahmen einer Parameterstudie wird die Genauigkeit dieser Vereinfachungen bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs im Vergleich zur Monatsbilanz untersucht.

1 Vorschlag für eine Ergänzung des Heizperiodenbilanzverfahrens nach DIN V 4108-6 um Heizgrenztemperaturen für Alt- und Neubauten

1.1 Die Heizperiodenbilanz nach EN 832 bzw. DIN V 4108-6

Die Bilanzgleichung für das Heizperiodenbilanzverfahren gemäß EN 832 bzw. DIN V 4108-6 zur Bestimmung des Heizwärmebedarfs lautet bei nutzflächenbezogener Darstellung:

$$q_H = h F_{GT} - \eta (q_I + q_S) \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (1)$$

Für die einzelnen Größen werden im Rahmen dieser Untersuchung die folgenden Bestimmungsgleichungen verwendet:

temperatur- und nutzflächenspezifischer Wärmeverlust des Gebäudes:

$$h = \frac{H_T + H_V}{A_{EB}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (2)$$

Gradtagszahlfaktor:

$$F_{Gt} = 0,024 \text{ kh/d} (\vartheta_i - \bar{\vartheta}_e) t_{HP} \quad [\text{kKh}/\text{a}] \quad (3)$$

internes Wärmeangebot in der Heizperiode, nutzflächenspezifisch:

$$q_I = 0,024 \text{ kh/d} \dot{q}_I t_{HP} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (4)$$

solares Wärmeangebot in der Heizperiode, nutzflächenspezifisch:

$$q_S = \sum_j a_{s,j} G_{s,j} \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (5)$$

mit: q_H	Jahresheizwärmebedarf, bezogen auf die Energiebezugsfläche A_{EB}	$[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$
A_{EB}	Energiebezugsfläche gemäß VDI 3807 (z.B. die beheizte Wohnfläche oder „Gebäudenutzfläche“ nach EnEV)	$[\text{m}^2]$
t_{HP}	Länge der Heizperiode	$[\text{d}/\text{a}]$
H_T	temperaturspezifischer Transmissionswärmeverlust	$[\text{W}/\text{K}]$
H_V	temperaturspezifischer Lüftungswärmeverlust	$[\text{W}/\text{K}]$
ϑ_i	Raumsolltemperatur	$[\text{°C}]$
$\bar{\vartheta}_e$	mittlere Außentemperatur in der Heizperiode	$[\text{°C}]$
\dot{q}_S	nutzflächenspezifische Leistung der inneren Wärmequellen	$[\text{W}/\text{m}^2]$
$a_{s,j}$	relative Solarapertur für die Orientierung j = „effektive Kollektorfläche“ nach DIN V 4108-6, bezogen auf die Energiebezugsfläche	$[\text{m}^2/\text{m}^2]$ bzw. $[\%]$
$G_{s,HP,j}$	Globalstrahlung für die Orientierung j in der Heizperiode	$[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$

Der Ausnutzungsgrad η für die solaren und inneren Gewinne wird gemäß DIN V 4108-6 wie folgt bestimmt:

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad \text{wenn } \gamma \neq 1 \quad [-] \quad (6)$$

$$\eta = \frac{a}{a+1} \quad \text{wenn } \gamma = 1 \quad [-] \quad (7)$$

wobei a ein numerischer Parameter ist, der in der Heizperiodenbilanz wie folgt berechnet wird:

$$a = 0,8 + \frac{\tau}{28\text{h}} \quad [-] \quad (8)$$

Die Zeitkonstante τ ergibt sich aus:

$$\tau = \frac{c_{\text{wirk}}}{h} \quad [\text{h}] \quad (9)$$

mit: c_{wirk} wirksame thermische Speicherfähigkeit pro m^2 Energiebezugsfläche A_{EB} [Wh/(m^2K)]
 h temperaturspezifischer Wärmeverlust pro m^2 Energiebezugsfläche A_{EB} [W/(m^2K)]

1.2 Tabellenwerte für die Heizgrenztemperaturen von Alt- und Neubauten

Für die Berechnung der Heizperiodenbilanz müssen die Klimadaten t_{HP} , \bar{g}_e und $G_{s,HP,j}$ bestimmt werden. Diese hängen jeweils von der Heizgrenztemperatur g_{HG} ab, also von der höchsten Außentemperatur, bei der noch geheizt werden muss. Gemäß EN 832 können national für eine geographische Zone und für typische Gebäude die zugehörigen Heizgrenztemperaturen festgelegt werden. Entsprechend wurde in der deutschen DIN V 4108-6 die Heizgrenze für Neubauten nach EnEV auf 10°C festgesetzt. Im Folgenden soll eine Erweiterung auf Gebäude mit unterschiedlichen energetischen Standards vorgenommen werden.

Tab. 1 zeigt die vorgeschlagenen Werte für die Heizgrenztemperaturen in Abhängigkeit vom temperatur- und nutzflächenspezifischen Wärmeverlust h . Außerdem wird differenziert bezüglich der inneren Wärmequellen und der Raumsolltemperatur. Es werden zum einen die Standardnutzungsbedingungen der DIN V 4108-6, zum anderen die des Leitfadens Energiebewusste Gebäudeplanung [LEG] zu Grunde gelegt. Zwei Fälle für die solare Einstrahlung werden unterschieden: "Standard" und "hoch". Beispiele für die Einordnung bei verschiedenen Fenstergrößen, Minderungsfaktoren und g-Werten finden sich in Tab. 3, Werte für "Standard" sind hell hinterlegt, Werte für "hoch" dunkel.

Die zu den jeweiligen Heizgrenztemperaturen gehörenden Klimadaten zeigt Tab. 2.

1.3 Näherungsformel für die Heizgrenztemperatur

Für die Berechnung von Zwischenwerten und für Software-Umsetzungen kann anstelle von Tab. 1 folgende Formel für die Heizgrenztemperatur verwendet werden (Herleitung siehe Abschnitt 2.2):

$$\vartheta_{HG} \approx \vartheta_i - 0,9 \cdot \frac{\dot{q}_i + a_s \cdot 120 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{h} \quad [^\circ\text{C}] \quad (10)$$

mit: a_s relative Solarapertur für alle Fenster $a_s = \sum_j a_{s,j}$ $[\text{m}^2/\text{m}^2]$ bzw. [%]

Tab. 1: Tabellenwerte für im Heizperiodenbilanzverfahren vereinfachend anzusetzende Heizgrenztemperaturen in Abhängigkeit von den Gebäudestandards

temperatur- und nutzflächen-spezifischer Wärmeverlust* [W/(m ² K)]	spezifische Heizlast** [W/m ²]	Raumtemperatur		19 °C		21 °C	
		innere Wärmequellen		5 W/(m ² K)		2,5 W/(m ² K)	
		energetischer Gebäudestandard	entspr. Randbedingungen nach DIN V 4108-6		entspr. Randbedingungen nach "Leitfaden Energiebawusste Gebäudeplanung"		
Solarapertur***	Standard		hoch	Standard	hoch		
Heizgrenztemperaturen							
5,0	150	Altbau, schlechter Wärmeschutz	15°C	15°C	Jahr	Jahr	
4,0	120	Altbau, Standard	15°C	15°C	Jahr	15°C	
3,0	90	Altbau, teilweise verbessert	15°C	15°C	Jahr	15°C	
2,5	75	Altbau, teilweise verbessert	15°C	12°C	15°C	15°C	
2,0	60	Neubau 80er/90er Jahre	15°C	12°C	15°C	15°C	
1,5	45	Neubau EnEV	12°C	10°C	15°C	12°C	
1,0	30	Niedrigenergiehaus	10°C	10°C	12°C	10°C	
0,7	21	"3-Liter-Haus"	10°C	10°C	12°C	10°C	
0,5	15	Passivhaus	10°C	10°C	10°C	10°C	

Zwischenwerte können linear interpoliert werden. Bei Änderung der Raumtemperatur ändert sich die Heizgrenztemperatur im gleichen Umfang.

*) Wärmeverluste (Transmission und Lüftung) pro K Temperaturdifferenz und m² Energiebezugsfläche

**) Heizlast bei 30 K Temperaturdifferenz pro m² Energiebezugsfläche, ohne Wärmegewinne

***) Solarapertur = effektive Fensterfläche für solare Gewinne (Fenstergröße, Verschattung, g-Wert, Rahmen / siehe Beispieltabelle)

Tab. 2: Tabellenwerte für das Standardklima Deutschland
 a) ermittelt aus Monatswerten der DIN V 4108-6 für das ganze Jahr und für das Winterhalbjahr (1. Oktober – 31. März),
 b) daraus ermittelt durch lineare Interpolation: für die drei Heizgrenztemperaturen 10¹, 12 und 15°C,

Standardklima Deutschland		Heizperiode mit Heizgrenztemperatur**			Jahr*	Winterhalbjahr* Okt-Mrz
Heizgrenztemperatur		10 °C	12 °C	15 °C	18,3 °C	9,3 °C
Länge der Heizperiode		197 d/a	238 d/a	298 d/a	365 d/a	182 d/a
mittl. Außentemp. in der Heizperiode		3,6 °C	4,9 °C	6,8 °C	9,0 °C	3,1 °C
Globalstrahlung in der Heizperiode in kWh/(m ² a)	Horizontal	295	494	791	1119	221
	Süd	311	432	614	813	266
	Südost/Südwest	271	400	594	808	222
	Ost/West	199	323	509	714	152
	Nordost/Nordwest	138	235	380	540	102
	Nord	124	199	311	435	96
	S Neigung 45°	378	574	866	1188	305
	SO/SW Neigung 45°	345	537	826	1143	272
	O/W Neigung 45°	271	447	711	1001	205
	NO/NW Neigung 45°	202	348	567	808	147
	N Neigung 45°	180	308	499	710	132

*) ermittelt aus den Monatswerten der DIN V 4108-6
 **) ermittelt mittels linearer Interpolation zwischen Werten für das Winterhalbjahr und das gesamte Jahr

1.4 Bestimmung der Klimadaten bei variabler Heizgrenze

Die Klimadaten für die Länge der Heizperiode, für die mittlere Außentemperatur und für die Globalstrahlung können durch lineare Interpolation aus den Werten für das Winterhalbjahr (Oktober bis März) und für das ganze Jahr entnommen werden (Tab. 2):

$$t_{HP} = 182 + m_{HG} (365 - 182) = 182 + m_{HG} 183 \quad [\text{d/a}] \quad (11)$$

$$\bar{g}_{e,HP} = \bar{g}_{e,WHJ} + m_{HG} (\bar{g}_{e,J} - \bar{g}_{e,WHJ}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (12)$$

$$G_{s,j,HP} = G_{s,j,WHJ} + m_{HG} (G_{s,j,J} - G_{s,j,WHJ}) \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})] \quad (13)$$

mit: t_{HP} Länge der Heizperiode für die gegebene Heizgrenztemperatur [d/a]
 $\bar{g}_{e,HP} / \bar{g}_{e,WHJ} / \bar{g}_{e,J}$ mittlere Außentemperatur in der Heizperiode / im Winterhalbjahr / im ganzen Jahr [°C]
 $G_{s,j,HP} / G_{s,j,J} / G_{s,j,WHJ}$ Globalstrahlung für die Orientierung j in der Heizperiode / im Winterhalbjahr / im ganzen Jahr ($G_{s,j} = I_{s,j} t_{HP}$) [kWh/(m²a)]

¹ Hinweis: Die in der Tabelle angegebenen Klimadaten für die Heizgrenze 10°C stimmen aufgrund der vereinfachten Bestimmung nicht exakt mit den Standardwerten der DIN V 4108-6 überein.

Die relative Änderung der Heizgrenztemperatur m_{HG} wird wie folgt bestimmt:

$$m_{HG}(\vartheta_{HG}) = \frac{\vartheta_{HG} - \vartheta_{HG,WHJ}}{\vartheta_{HG,J} - \vartheta_{HG,WHJ}} \quad [-] \quad (14)$$

mit: ϑ_{HG}	Heizgrenztemperatur für das Gebäude	[°C]
$\vartheta_{HG,WHJ}$	"Heizgrenztemperatur Winterhalbjahr" = Außentemperatur an der Grenze Winterhalbjahr- Sommerhalbjahr (arithmetisches Mittel der mittleren Monatstemperaturen März, April, September und Oktober)	[°C]
$\vartheta_{HG,J}$	"Heizgrenztemperatur Jahr" = Maximum der Monatsmittelwerte der Außentemperatur eines Jahres	[°C]

ϑ_{HG} darf nur zwischen den Grenzen variiert werden: $\vartheta_{HG,WHJ} \leq \vartheta_{HG} \leq \vartheta_{HG,J}$. Bei Überschreitung gilt die jeweilige Grenze.

1.5 Modifikation der wirksamen thermischen Speicherfähigkeit

Für eine konservative Abschätzung sollte die spezifische Speicherfähigkeit c_{wirk} bei der Heizperiodenbilanz gegenüber den in DIN V 4108-6 angegebenen Werten auf die Hälfte reduziert werden. Damit wird vermieden, dass die Berechnung nach dem Heizperiodenbilanzverfahren insbesondere bei hohen inneren und solaren Wärmegewinnen gegenüber dem Monatsbilanzverfahren systematisch zu niedrige Werte für den Heizwärmebedarf liefert (siehe Abschnitt 3.4)

1.6 Bestimmung der Heizperiode für die Anlagentechnik

Die für die Anlagentechnik relevante Länge der Heizperiode $t_{HP,AT}$ wird wie folgt bestimmt:

$$\text{wenn } t_{HP} < 273 \text{ d/a :} \quad t_{HP,AT} = t_{HP}$$

$$\text{wenn } t_{HP} \geq 273 \text{ d/a :} \quad t_{HP,AT} = 273 \text{ d/a}$$

2 Herleitung des vorgeschlagenen Näherungsverfahrens

2.1 Die Heizgrenze im Heizperiodenbilanzverfahren nach EN 832

Eine korrekte Anwendung des Heizperiodenbilanzverfahrens setzt voraus, dass der Zeitraum bekannt ist, in dem geheizt werden muss: Die Heizperiode umfasst nach EN 832 alle Tage, bei denen die Wärmegewinne mit einem typischen Ausnutzungsgrad η_0 berechnet werden und kleiner als die Wärmeverluste sind:

$$\eta_0 Q_{gd} \leq H t_d (\vartheta_{id} - \vartheta_{ed}) \quad [\text{kWh/d}] \quad (15)$$

mit: η_0	typischer Ausnutzungsgrad, berechnet mit Gewinn-Verlust-Verhältnis $\gamma = 1$	[-]
Q_{gd}	tägliche mittlere innere und solare Wärmegewinne	[kWh/d]
H	temperaturspezifischer Wärmeverlust des Gebäudes	[W/K]
t_d	Zeitspanne eines Tages (= 24 h/d)	[h/d]
ϑ_{id}	tägliche mittlere Innentemperatur	[°C]
ϑ_{ed}	tägliche mittlere Außentemperatur	[°C]

Die maximale Außentemperatur, bei der noch geheizt werden muss, die „Heizgrenztemperatur“ ist damit:

$$\vartheta_{HG} = \vartheta_{id} - \frac{\eta_0 Q_{gd}}{H t_d} \quad [^\circ\text{C}] \quad (16)$$

Sie entspricht dem Schnittpunkt der Kurven „Außentemperatur“ und „Vergleichstemperatur“ (siehe Bild 1). Die hier einfließenden Tagesmittelwerte der Klimadaten können gemäß EN 832 mittels linearer Interpolation aus den entsprechenden Monatswerten bestimmt werden. Die Länge der Heizperiode t_{HP} ist gleich der Anzahl der Tage, an denen $\vartheta_{ed} \leq \vartheta_{HG}$ ist (Bild 1).

Bild 1 zeigt, dass die Heizgrenztemperaturen im Frühjahr und im Herbst unterschiedlich sein können. Zur Bestimmung der Heizgrenztemperatur für die Heizperiodenbilanz wird das arithmetische Mittel beider Werte verwendet.

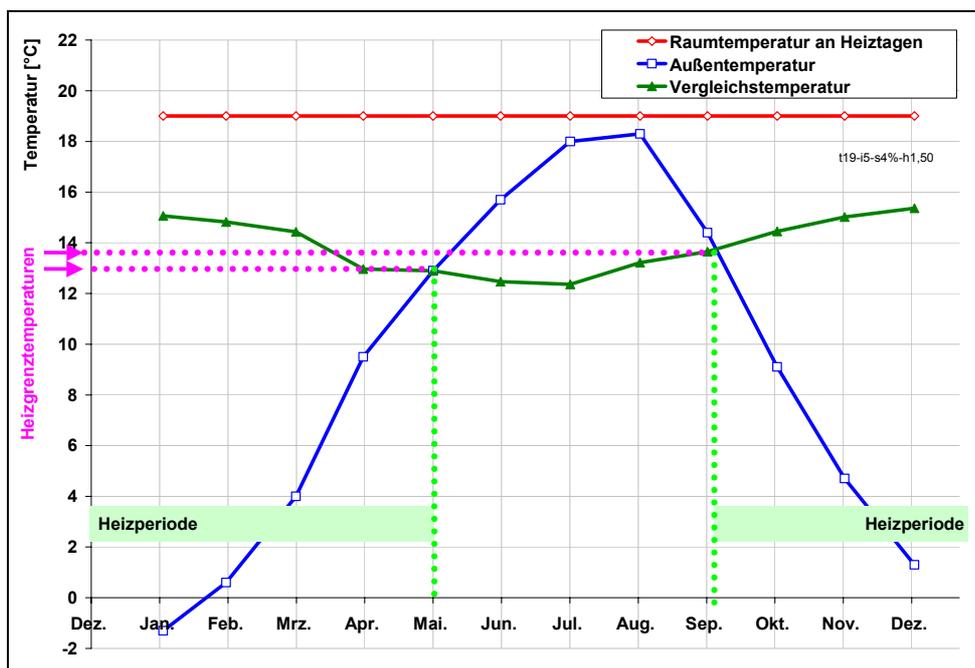


Bild 1:

Bestimmung der Heizgrenze aus dem Schnittpunkt der "Vergleichstemperatur" mit der Außentemperatur gemäß Gl. (16)

2.2 Verfahren zur Abschätzung der Heizgrenze für konkrete Gebäude

Im Folgenden wird von der Annahme ausgegangen, dass für die Bestimmung der Heizgrenztemperatur eine grobe Näherung ausreicht, die nur die wesentlichen Einflussgrößen beinhaltet. Die Überprüfung dieser Hypothese erfolgt im Rahmen der Parameterstudie in Abschnitt 3.6.

Ausgangspunkt ist die Bestimmungsgleichung für die Heizgrenztemperatur Gl. (16), die mit Blick auf Gln. (1) bis (5) wie folgt spezifiziert wird:

$$\vartheta_{HG} = \vartheta_i - \eta_0 \frac{\dot{q}_i + \sum_j a_{s,j} I_{s,j}(\vartheta_{HG})}{h} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (17)$$

mit: ϑ_i	Raumsolltemperatur	[$^{\circ}\text{C}$]
η_0	typischer Ausnutzungsgrad, berechnet mit Gewinn-Verlust-Verhältnis $\gamma = 1$	[-]
\dot{q}_i	flächenspezifische Leistung der inneren Wärmequellen	[W/m^2]
$a_{s,j}$	relative Solarapertur für die Orientierung j = effektive Kollektorfläche, bezogen auf die Energiebezugsfläche	[-]
$I_{s,j}(\vartheta_{HG})$	Intensität der Globalstrahlung für die Orientierung j an der Heizgrenze (d.h. bei der Außentemperatur, die der Heizgrenztemperatur ϑ_{HG} entspricht)	[W/m^2]
h	temperatur- und nutzflächenspezifischer Wärmeverlust des Gebäudes	[$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]

Es werden folgende Vereinfachungen vorgenommen:

- Für die Globalstrahlung an der Heizgrenze wird ein konstanter Wert von $120 \text{ W}/\text{m}^2$ angesetzt. Dieser Wert stimmt für Süd-, Ost- und Westorientierungen für Gebäude mit $h = 1$ bis $5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ relativ gut (Bild 2).
- Die Reduktionsfaktoren für Verschattung, Verschmutzung, Verglasungsanteile sowie die g-Werte werden für alle Himmelsrichtungen als gleich angenommen.
- η_0 wird mit konstant 0,9 angesetzt.

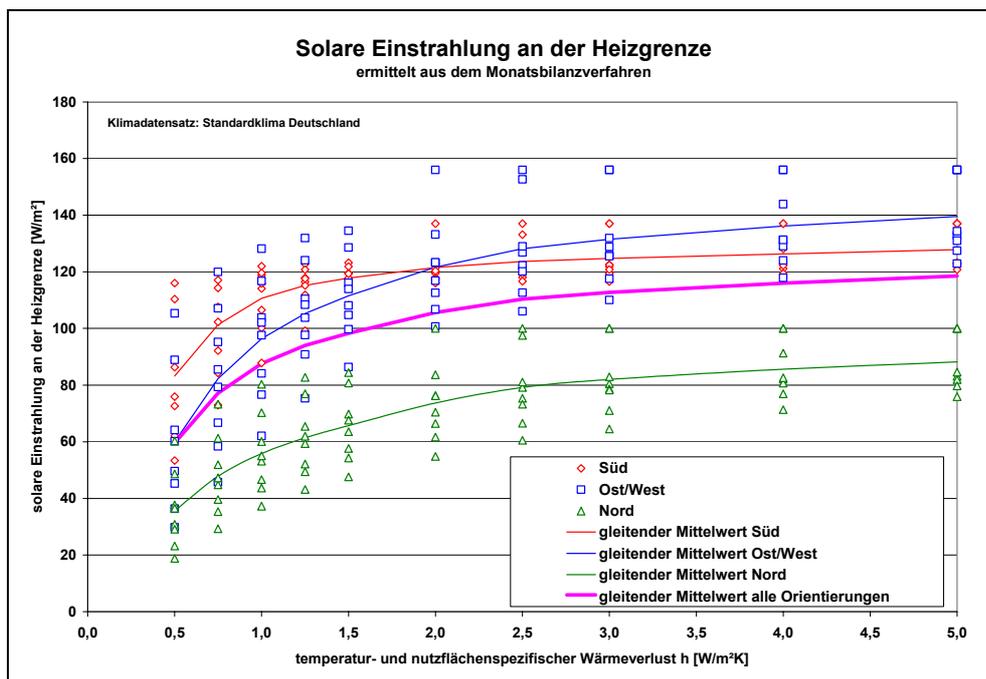


Bild 2:
Solare Einstrahlung
an der Heizgrenze
für alle Gebäudeva-
rianten

Damit ergibt sich die schon in Abschnitt 1.3 Gl. (10) dargestellte Näherungsformel für die Heizgrenztemperatur:

$$\vartheta_{HG} \approx \vartheta_{id} - 0,9 \cdot \frac{\dot{q}_i + a_s \cdot 120 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{h} \quad [^\circ\text{C}] \quad (18)$$

mit der vereinfacht bestimmten relativen Solarapertur:

$$a_s = \sum_j a_{s,j} \approx F_S F_C F_F F_W g_{\perp} \frac{A_w}{A_{EB}} \quad [-] \quad (19)$$

mit: a_s	relative Solarapertur	[m ² /m ²]
A_w/A_{EB}	Fensterfläche pro m ² Energiebezugsfläche	[m ²]
F_S	Abminderungsfaktor für Verschattung und Verschmutzung	[-]
F_C	Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen	[-]
F_F	Abminderungsfaktor für den Rahmenanteil	[-]
F_W	Abminderungsfaktor für nicht-senkrechten Strahlungseinfall	[-]
g_{\perp}	Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung für senkrechten Strahlungseinfall	[-]

Beispiele für die relative Solarapertur bei verschiedenen Ansätzen für spezifische Fensterfläche und Verschattung zeigt Tab. 3. Für durchschnittliche Wohngebäude des Bestands beträgt die Fensterfläche bezogen auf die Wohnfläche ca. 19% und bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N gemäß EnEV ca. 15% ([Herbert 2001]).

Tab. 3: Tabellenwerte für die relative Solarapertur $a_s = \sum_j a_{s,j}$

hell hinterlegte Felder: solare Einstrahlung = "Standard"
dunkel hinterlegte Felder: solare Einstrahlung = "hoch"

	Reduktionsfaktoren			g-Wert	Verhältnis Fensterfläche zu Energiebezugsfläche					
	Verschattung und Verschmutzung	Verglasungsanteil	nicht-senkrechte Einstrahlung		10%	15%*	20%**	30%	40%	50%
Relative Solarapertur										
Standardannahmen nach DIN V 4108-6 für EnEV-Nachweis	0,9	0,7	0,9	0,4	2%	3%	5%	7%	9%	11%
				0,5	3%	4%	6%	9%	11%	14%
				0,6	3%	5%	7%	10%	14%	17%
Standardannahmen nach LEG für "freie Lage"	0,8	0,6	0,9	0,4	2%	3%	3%	5%	7%	9%
				0,5	2%	3%	4%	6%	9%	11%
				0,6	3%	4%	5%	8%	10%	13%
Standardannahmen nach LEG für "städtische Bebauung"	0,6	0,6	0,9	0,4	1%	2%	3%	4%	5%	6%
				0,5	2%	2%	3%	5%	6%	8%
				0,6	2%	3%	4%	6%	8%	10%

Relative Solarapertur = "effektive Kollektorfläche" nach DIN V 4108-6 bezogen auf die Gebäudenutzfläche oder Wohnfläche

Zwischenwerte können interpoliert werden

LEG = "Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung"

*) typischer Wert bei Flächenbezug: "Gebäudenutzfläche" A_N
 **) typischer Wert bei Flächenbezug: beheizte Wohnfläche

Farbmarkierung: 4% = solare Einstrahlung: "Standard"
8% = solare Einstrahlung: "hoch"

2.3 Für die Anlagentechnik anzusetzende Länge der Heizperiode

Für die Bilanzierung der Anlagentechnik gemäß DIN V 4701-10 wird als Eingangsgröße die Länge der Heizperiode $t_{HP,AT}$ benötigt. Diese wirkt sich auf die Länge der Betriebsbereitschaft der unterschiedlichen Komponenten (Kessel, Speicher, Verteilungen) und auf die Betriebszeit von Pumpen und Lüftern aus und damit unmittelbar auf die Wärmeverluste und den Energiebedarf der Anlagentechnik.

$t_{HP,AT}$ ist nicht immer mit der für das Heizperiodenbilanz gemäß EN 832 anzusetzenden Heizperiode t_{HP} identisch. Wenn die Heizgrenze des Gebäudes etwa im Bereich des Maximums der Außentemperatur liegt (typischerweise Juli und August), ist t_{HP} tendenziell länger als die Zeit $t_{HP,AT}$, in der das Heizsystem Wärme abgeben muss. Die Ursache liegt in dem gemäß EN 832 vorgenommenen einfachen Vergleich von Mittelwerten der Außentemperatur und der Vergleichstemperatur (bzw. ihren linear interpolierten Zwischenwerten, siehe Bild 3 bis Bild 5), der die hier dominanten dynamischen Effekte nicht adäquat abbilden kann.

Dies wird besonders deutlich für den Fall, dass die Heizgrenztemperatur gemäß Gl. (16) zufällig exakt dem Maximum der Außentemperatur entspricht – für das deutsche Durchschnittsklima also dem Mittelwert des Monats August. Gemäß EN 832 werden dann alle 31 Tage des Monats August als Heizperiode t_{HP} betrachtet. Real findet jedoch innerhalb des Monats eine Variation der mittleren Tageswerte der Außentemperatur statt. Für den betreffenden Monat liegt die Hälfte der Tage also unterhalb, die andere oberhalb der Heizgrenze. Somit besteht also nur an der Hälfte der Tage des Monats August tatsächlich ein Heizwärmebedarf.

Insbesondere für Gebäude mit geringem Wärmeschutz – bei denen sich die Heizgrenztemperatur im Bereich der mittleren Außentemperatur der Sommermonate (ca. 16 bis 19°C) bewegt – kann also die tatsächliche Heizzeit $t_{HP,AT}$ erheblich kürzer sein als die Gebäudebilanzzeit gemäß EN 832.

Eine genauere Untersuchung dieser Effekte mit Hilfe typischer Tagesgänge bzw. dynamischer Simulation und die Ableitung eines einfachen Verfahrens zur Bestimmung der tatsächlichen Heizzeit in Abhängigkeit der Gebäudeparameter steht noch aus.

Da bisher kein solches Verfahren bekannt ist, schlagen wir für die Berechnung der Anlagenbilanz von Gebäuden aus dem Bestand folgenden pragmatischen Weg vor: Die Betriebszeit des Heizsystems $t_{HP,AT}$ wird der Gebäudebilanzzeit t_{HP} gleichgesetzt, aber auf ein Maximum von 273 Tagen begrenzt. Dies entspricht einer Betriebsunterbrechung des Heizsystems von mindestens 3 Monaten (Mitte Juni bis Mitte September). Dieser Ansatz stimmt auch recht gut mit Erfahrungswerten überein.

3 Parameterstudie: Vergleich des Heizperiodenbilanzverfahrens mit unterschiedlich angesetzten Heizgrenzen mit dem Monatsbilanzverfahren

3.1 Zielsetzung der Parameterstudie

Die in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten methodischen Ansätze und Vorschläge für die Bestimmung der Heizgrenze wurden im Rahmen einer Parameterstudie herausgearbeitet bzw. überprüft. Im Einzelnen sollten folgende Fragen geklärt werden:

- Welche Heizgrenztemperaturen müssen für die in der Praxis vorkommenden energetischen Gebäudestandards angesetzt werden?
- Welche Fehler ergeben sich bei Ansatz der häufig verwendeten Heizgrenztemperaturen 10, 12 und 15°C sowie der Jahresbilanz?
- Wie genau ist das Heizperiodenbilanzverfahren im Vergleich zum Monatsbilanzverfahren bei Variation des energetischen Gebäudestandards?

3.2 Randbedingungen und variierte Parameter

Im Rahmen der Parameterstudie werden die Wärmeverluste des Gebäudes für verschiedene Ansätze der Nutzungsbedingungen (Raumtemperatur und innere Wärmequellen) und des Fensterflächenanteils (abhängig jeweils von der Orientierung) variiert. Diese Parameter sind im Folgenden im Detail beschrieben.

Die durchgängige Bezug der Eingangsgrößen und Energieströme auf die Energiebezugsfläche A_{EB} garantiert die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf beliebige Gebäude (auch bei unterschiedlich definierter Energiebezugsfläche). Die auf die Energiebezugsfläche bezogenen Größen werden im Folgenden als "nutzflächenspezifisch" bezeichnet.

3.2.1 Energetischer Standard

Als Parameter für die Variation des energetischen Standards dient der temperatur- und nutzflächenspezifische Wärmeverlust h .

h wird schrittweise variiert zwischen 0,5 (entspricht etwa dem Passivhaus-Standard) und 5 W/(m²K) (freistehendes Einfamilienhaus im Bestand / unsaniert).

3.2.2 Solare Einstrahlung

Als Parameter für die Variation des solaren Wärmeangebots dient die relative Solarapertur a_s .

a_s wird innerhalb der typischerweise in Wohngebäuden anzutreffenden Grenzen wie folgt variiert:

- 2 % geringe solare Einstrahlung (entspricht z.B. 0,15 m² Fensterfläche pro m² A_{EB} und 30° Horizontverschattung, z.B. städtische Lage)
- 4 % durchschnittliche solare Einstrahlung (entspricht z.B. 0,2 m² Fensterfläche pro m² A_{EB} und 20° Horizontverschattung)
- 8 % hohe solare Einstrahlung (entspricht z.B. 0,3 m² Fensterfläche pro m² A_{EB} und keine Horizontverschattung)
- 12 % sehr hohe solare Einstrahlung (entspricht z.B. 0,45 m² Fensterfläche pro m² A_{EB} und keine Horizontverschattung)

Im Standardfall wird in der Parameterstudie von einer Gleichverteilung der Fensterfläche auf alle vier Himmelsrichtungen Süd, Ost, Nord und West ausgegangen. Abweichungen werden jeweils explizit angegeben.

3.2.3 Raumtemperatur

Gemäß Gleichung (15) bzw. (16) ist die Heizgrenztemperatur von der täglichen mittleren Innentemperatur an Heiztagen abhängig. Innerhalb der Parameterstudie werden für die Innentemperatur die beiden Werte 19 und 21°C verwendet. Eine zeitlich oder räumlich eingeschränkte Beheizung wird zunächst nicht berücksichtigt (siehe Anmerkungen in Abschnitt 3.6.3).

3.2.4 Innere Wärmequellen

Für die inneren Wärmequellen wird der Ansatz der DIN V 4108-6 für Wohngebäude von 5 W/m² und der konservative Ansatz des [LEG] von 2,5 W/m² verwendet.

3.2.5 Kurzbezeichnungen für Parameterkombinationen

Um die Anzahl der Varianten überschaubar zu halten, wird der Wert von 5 W/m² nur mit der Innentemperatur von 19°C kombiniert (hohes Gewinn/Verlust-Verhältnis), der Wert von 2,5 W/m² nur mit der Innentemperatur von 21°C (niedriges Gewinn/Verlust-Verhältnis). Sollen andere als die angegebenen Raumtemperaturen als Bezug zu Grunde gelegt werden, so ändert sich die Heizgrenze gemäß Gl. (16) um die jeweilige Differenz.

Damit ergeben sich die folgenden Varianten für solare Apertur, Raumtemperatur und innere Wärmequellen:

Tab. 4: Variation der Nutzungsdaten

Kürzel	Raumsolltemperatur ϑ_i	innere Wärmequellen \dot{q}_i	relative Solarapertur a_s
t19-i5-s2%	19 °C	5 W/m²	2%
t19-i5-s4%	19 °C	5 W/m²	4%
t19-i5-s8%	19 °C	5 W/m²	8%
t19-i5-s12%	19 °C	5 W/m²	12%
t21-i2,5-s2%	21 °C	2,5 W/m²	2%
t21-i2,5-s4%	21 °C	2,5 W/m²	4%
t21-i2,5-s8%	21 °C	2,5 W/m²	8%
t21-i2,5-s8%	21 °C	2,5 W/m²	12%

Wird zusätzlich der energetische Standard variiert, so wird ein „h-“ und der entsprechende Wert in W/(m²K) angehängt, z.B. für $h = 5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$: **t19-i5-s2%-h5,0**

3.2.6 Ausnutzungsgrad für solares und inneres Wärmeangebot

Der Ausnutzungsgrad für das solare und innere Wärmeangebot wird gemäß EN 832 bzw. DIN V 4108-6 bestimmt, wobei auch für das Heizperiodenbilanzverfahren grundsätzlich die vom Gewinn/Verlust-Verhältnis abhängige Formel (Gl. (6) und (7)) verwendet wird.

Als wirksame Wärmespeicherfähigkeit wurde der Standardwert von 150 Wh/(m²K) angesetzt. Dies entspricht etwa dem Standardwert für schwere Gebäude nach DIN V 4108-6.

Abweichungen hierzu werden im Text und in den Grafiken jeweils angegeben.

Tab. 5: Standardklima Deutschland – Werte für 12 Monate, das Winterhalbjahr und das ganze Jahr

Standardklima Deutschland		Monatswerte											Jahr	Winterhalbjahr Okt-Mrz		
		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov			Dez	
Heizgrenztemperatur															18,3	9,3
Länge Heizperiode		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		365	182
mittl. Außentemp. in Heizzeit		-1,3	0,6	4,0	9,5	12,9	15,7	18,0	18,3	14,4	9,1	4,7	1,3		9,0	3,1
Globalstrahlung in kWh/m ²	Horizontal	25	35	61	137	157	184	190	133	97	56	28	16		1119	221
	Süd	42	41	60	99	89	94	100	83	83	60	39	25		813	266
	Südost/Südwest	33	35	52	101	98	105	114	89	78	51	32	19		808	222
	Ost/West	19	25	39	90	97	108	116	86	65	38	20	11		714	152
	Nordost/Nordwest	10	17	28	64	78	89	95	67	45	26	13	7		540	102
	Nord	10	15	25	46	60	71	74	52	35	25	13	7		435	96
	S Neigung 45°	42	48	75	148	149	166	175	132	113	72	42	25		1188	305
	SO/SW Neigung 45°	36	43	68	143	149	167	176	130	107	65	37	22		1143	272
	O/W Neigung 45°	24	33	55	124	139	159	167	119	89	51	27	15		1001	205
	NO/NW Neigung 45°	15	24	42	95	118	140	144	99	66	38	19	10		808	147
N Neigung 45°	14	22	35	73	106	132	134	86	48	33	17	10		710	132	

3.2.7 Heizgrenze und Klimadaten

Monatsbilanzverfahren

Die im Monatsbilanzverfahren verwendeten Klimadaten für das Standardklima Deutschland zeigt Tab. 5.

Heizperiodenbilanzverfahren

Zur Ermittlung des Einflusses der Näherung für Klima und Heizgrenze wurde die Berechnung der Heizperiodenbilanz in drei Stufen modifiziert:

Tab. 6: Stufen zur Berechnung der Heizperiodenbilanz

Heizgrenze	Klimadaten	Zielsetzung:
		Bestimmung der Genauigkeit
direkt aus der Monatsbilanz	direkt aus der Monatsbilanz	des Heizperiodenbilanzverfahrens
direkt aus der Monatsbilanz	Interpolation aus Jahres-/Halbjahreswerte	der Näherung für die Klimadaten
gemäß Näherungsverfahren	Interpolation aus Jahres-/Halbjahreswerten	des Näherungsverfahrens für die Ermittlung der Heizgrenze

Für die genaue Berechnung mit Klimadaten aus dem Monatsbilanzverfahren (Bild 9 und Bild 10) wurden ebenfalls die monatlichen Werte aus Tab. 5 verwendet. Im Bereich der Heizgrenze wurde die Werte jeweils linear interpoliert. In den Grafiken ist dieses Verfahren jeweils durch den Zusatz "lineare Interpolation der Monatswerte" kenntlich gemacht.

Bei der "linearen Interpolation der Halbjahres/Jahreswerte" gemäß Gl. (11), (12) und (13) wurden die Werte für das Winterhalbjahr und für das Jahr aus Tab. 5 bestimmt.

Das gleiche Verfahren wurde auch bei der Variation des klimatischen Standorts angewendet. Ausgangsbasis waren die Monatswerte der in DIN V 4108-6 abgedruckten 15 deutschen Klimaregionen.

3.3 Ergebnisse der Monatsbilanz: Heizgrenze und Länge der Heizperiode

Zunächst wird für die im vorangegangenen Abschnitt definierten Gebäudeparameter die Energiebilanz gemäß Monatsbilanzverfahren berechnet. Die so ermittelten Werte des Jahresheizwärmebedarfs zeigt Bild 6. Den Verlauf der Vergleichstemperatur gemäß Gl. (16) und den Schnittpunkt mit der Außentemperatur für unterschiedliche Gebäudestandards geben exemplarisch Bild 3 bis Bild 5 wieder. Bild 7 zeigt die so bestimmten Heizgrenztemperaturen (im Folgenden als „exakte Heizgrenze“ bezeichnet) und Bild 8 die zugehörigen Heizperioden für alle Gebäudevarianten.

Wie zu erwarten zeigt die Heizgrenztemperatur eine starke Abhängigkeit von den variierten Gebäudeparametern und bewegt sich zwischen 2 und 18°C. Die Länge der Heizperiode variiert zwischen 80 und 365 Tagen.

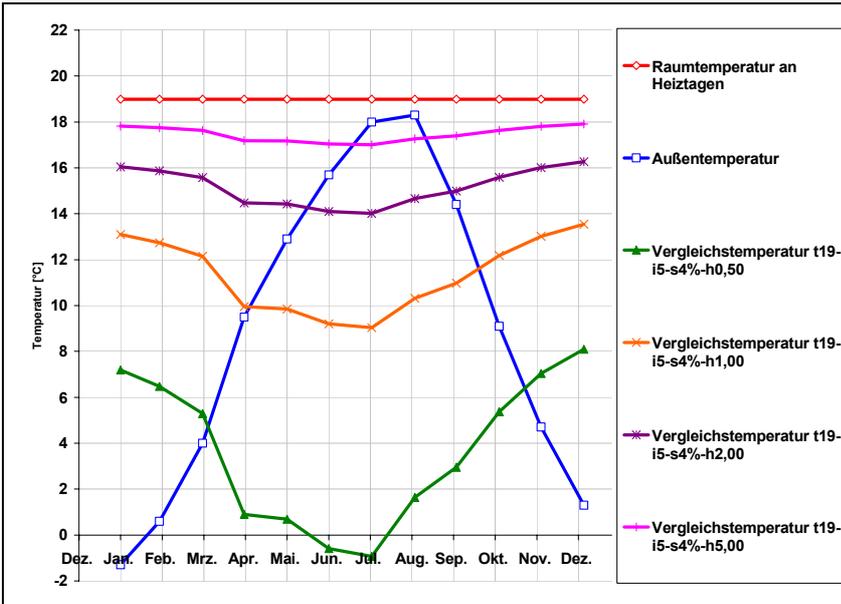


Bild 3:

Beispiel für die Bestimmung der Heizgrenze aus dem Schnittpunkt der "Vergleichstemperatur" mit der Außentemperatur gemäß Gl. (16)

4 Varianten des Wärmeschutzes

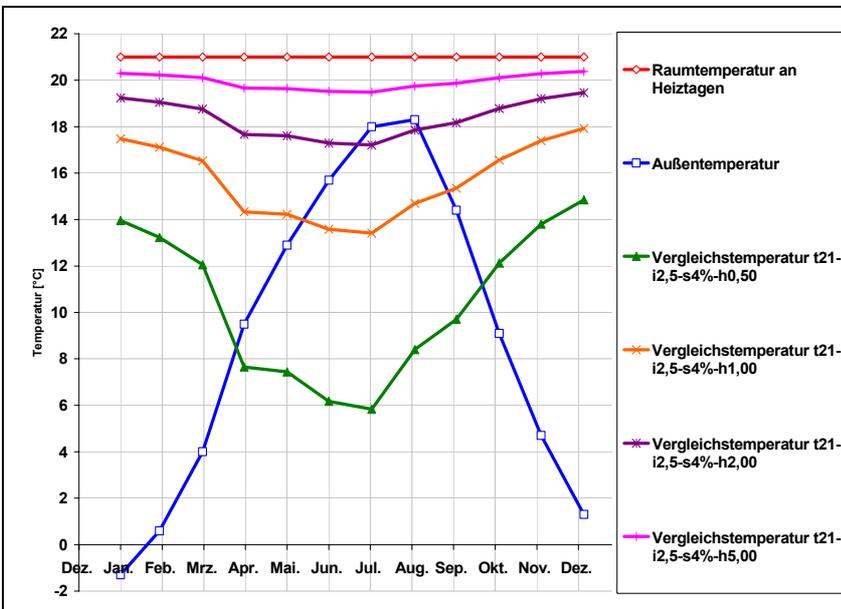


Bild 4:

wie Bild 3, jedoch um 2°C höhere Raumtemperatur und halbierte innere Wärmequellen

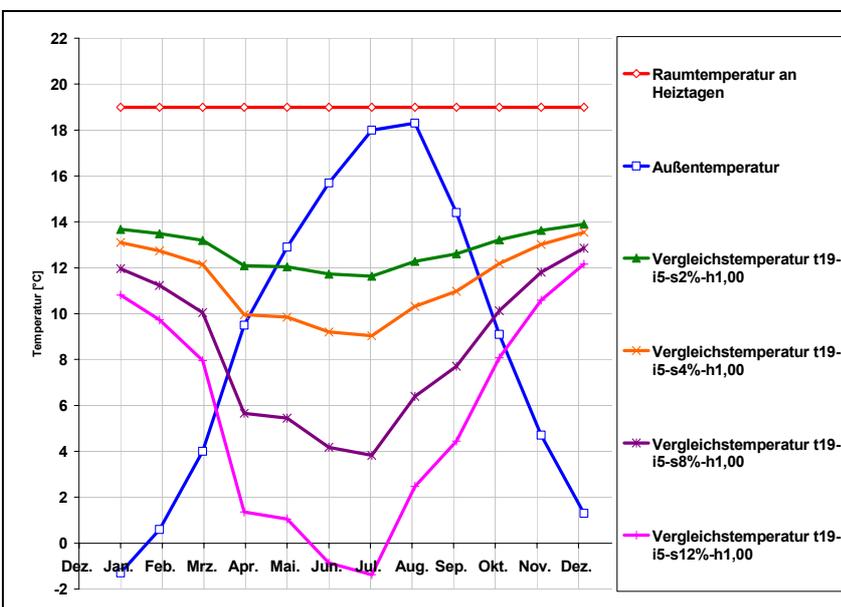


Bild 5:

wie Bild 3, jedoch Variation der solaren Einstrahlung bei gleichem Wärmeschutz

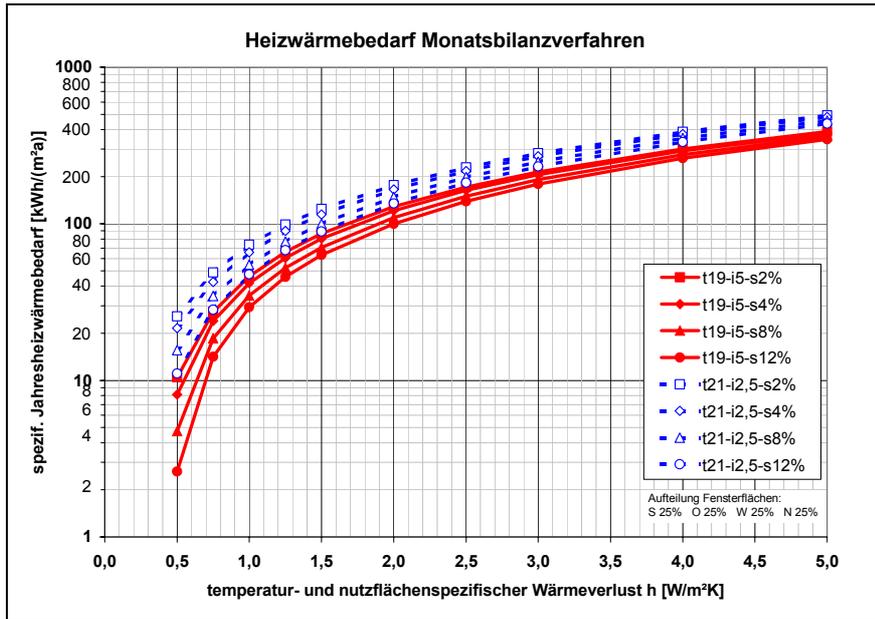


Bild 6:

Heizwärmebedarf gemäß Monatsbilanz bei Variation der Gebäudeparameter

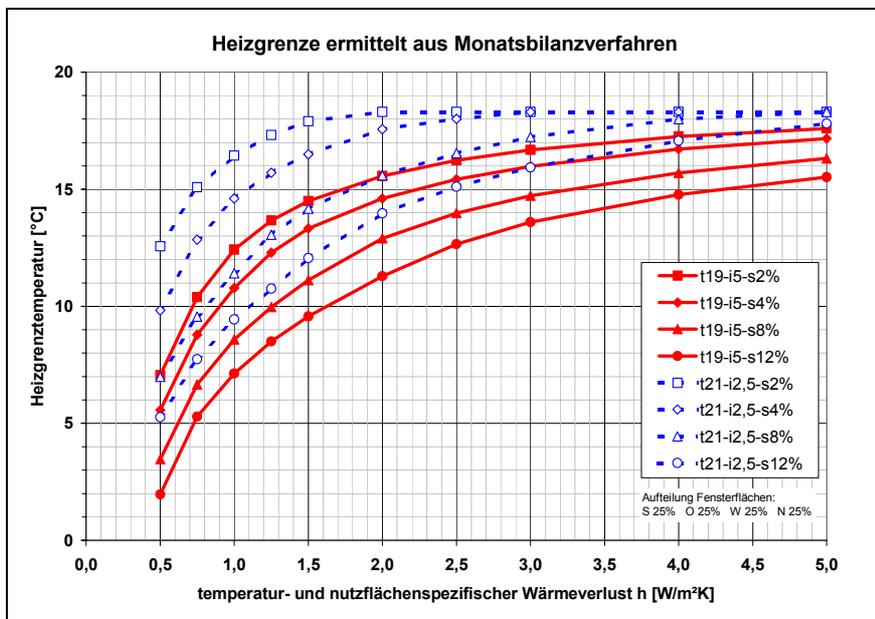


Bild 7:

Heizgrenztemperaturen gemäß Monatsbilanz bei Variation der Gebäudeparameter

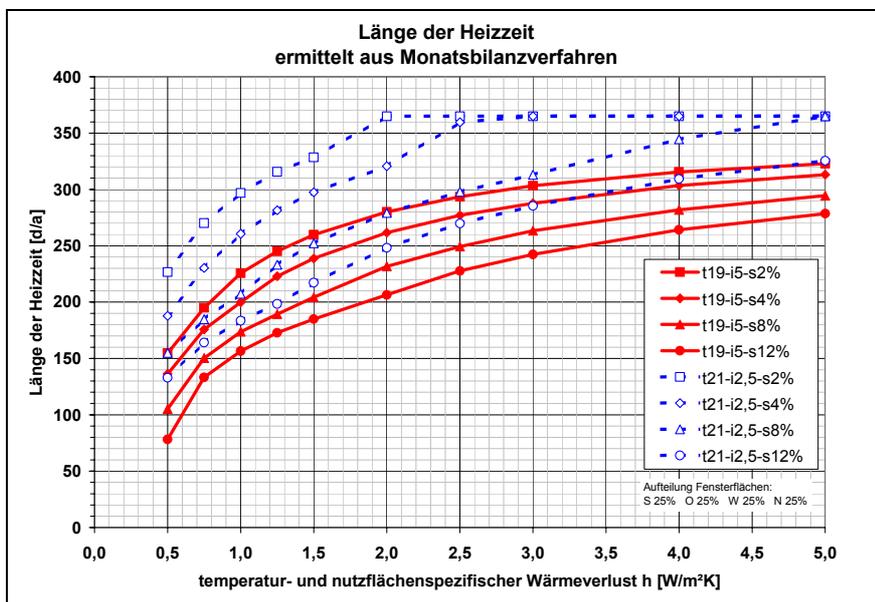


Bild 8:

Länge der Heizperiode gemäß Monatsbilanz bei Variation der Gebäudeparameter

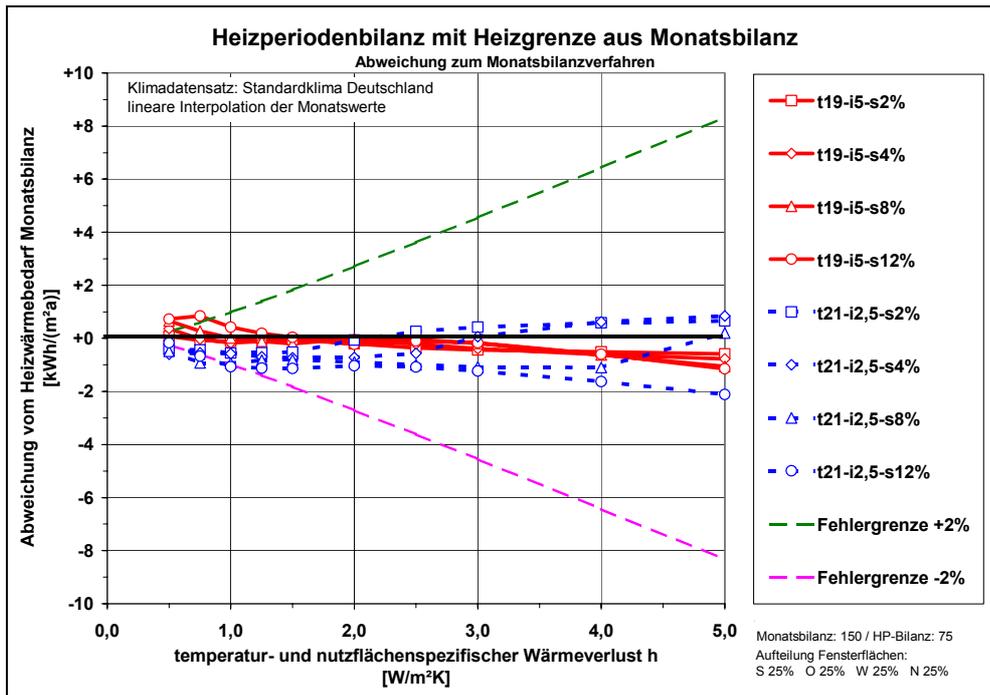


Bild 10:

wie Bild 9, jedoch: wirksame Speicherrfähigkeit

$$C_{\text{wirk}} \text{ (Heizperiodenbilanz)} = \frac{1}{2} C_{\text{wirk}} \text{ (Monatsbilanz)}$$

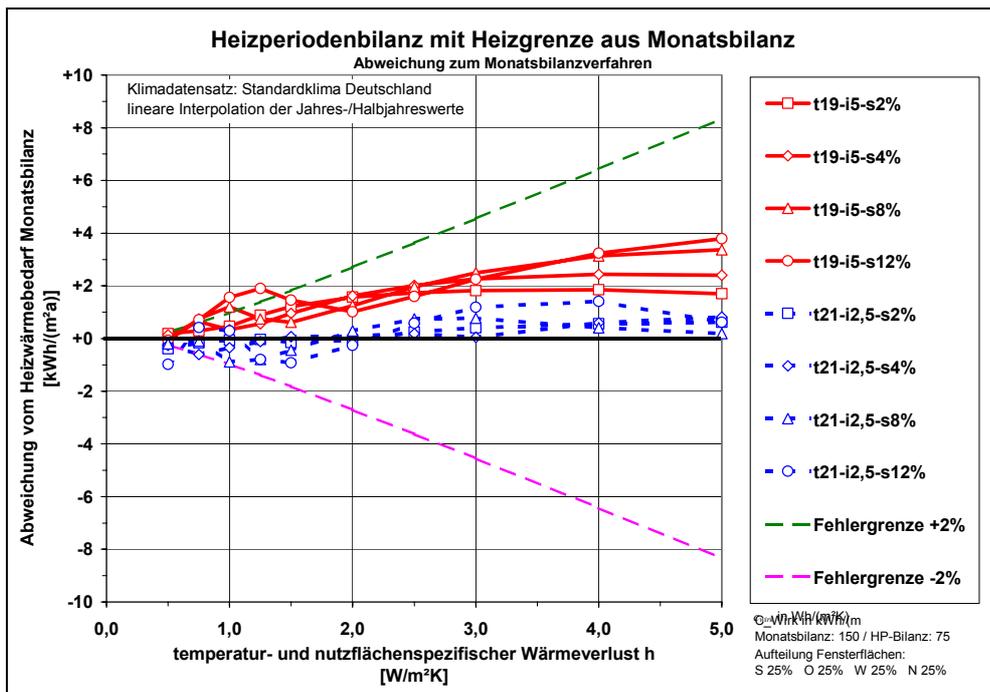


Bild 11:

wie Bild 10, jedoch Klima = linearisierte Jahres-/Halbjahreswerte

(unverändert: exakte Heizgrenztemperaturen aus Monatsbilanz)

Das Heizperiodenbilanzverfahren erreicht also grundsätzlich sehr gute Übereinstimmung mit dem Monatsbilanzverfahren. Allerdings wurden bis jetzt die Klimadaten auf der Basis der Monatswerte verwendet.

Um den Rechengang zu vereinfachen, wurde die Möglichkeit der Verwendung von Jahreswerten überprüft. Hierzu werden die Monatsdaten für Außentemperatur und solare Einstrahlung über das ganze Jahr und über das Winterhalbjahr (Monate Oktober bis März) gemittelt bzw. summiert. Für alle Zwischenzeiträume wird in Abhängigkeit von der Heizgrenze linear interpoliert (siehe Gln. (11) bis (13)). Bild 11 zeigt das Ergebnis. Der Fehler liegt meist immer noch unter +/- 1%. Lediglich im Bereich $h < 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Neubau EnEV und besser) wird bei Verwendung der Randbedingungen nach DIN V 4108-6 (19°C, 5 W/m²) die Fehlergrenze von 2% überschritten. Allerdings ist der Heizwärmebedarf des Heizperiodenbilanzverfahrens höher als der der Monatsbilanz und liegt damit auf der sicheren Seite.

3.5 Die Genauigkeit der Heizperiodenbilanz bei Verwendung der festen Heizgrenztemperaturen 10, 12, 15°C und der Jahresbilanz

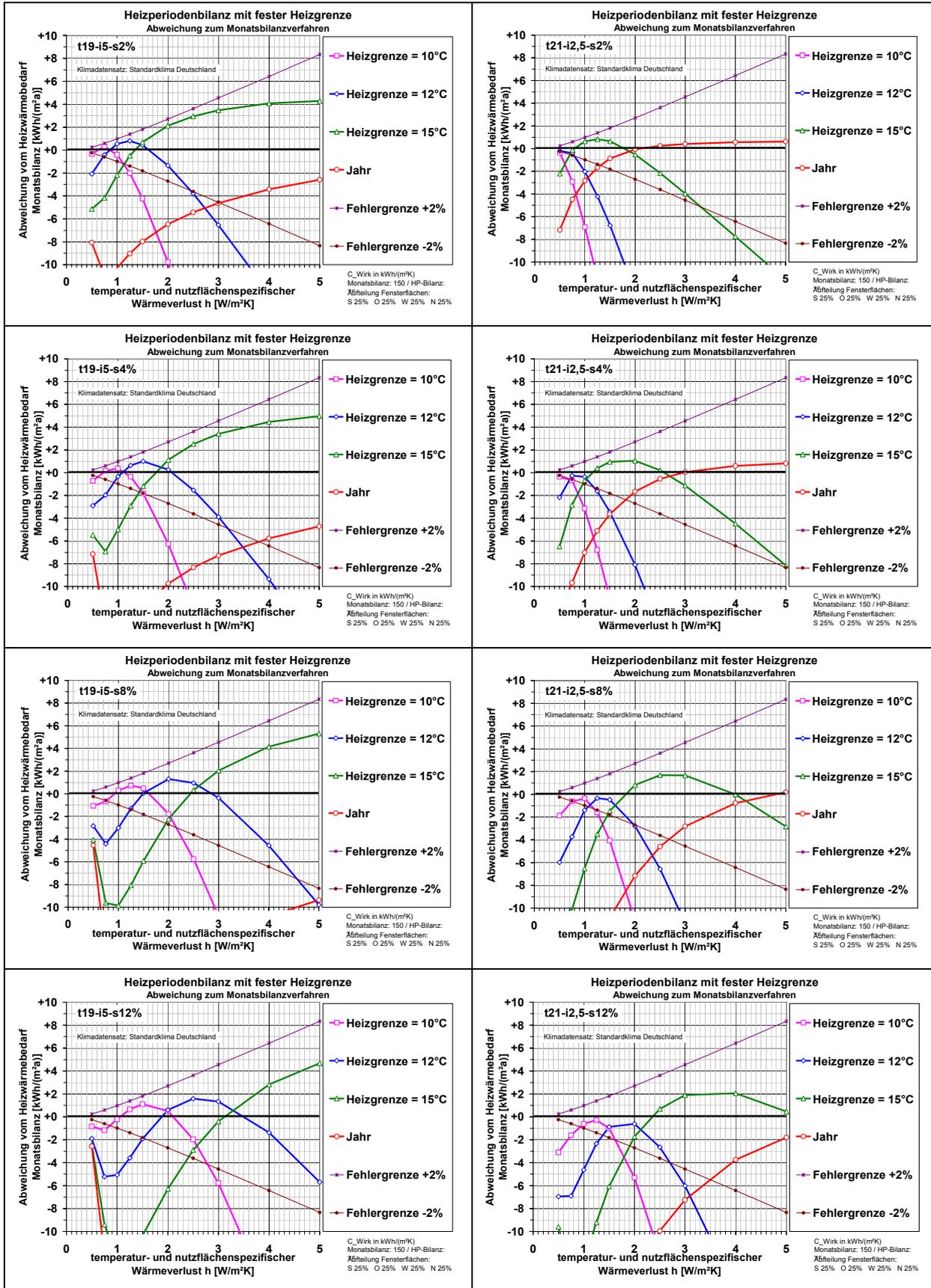
Die einschlägigen Normen und Richtlinien verwenden für die Heizperiodenbilanz Heizgrenztemperaturen von 10, 12 und 15°C. Im Folgenden soll der Frage nachgegangen werden, welche energetischen Standards durch die Verwendung der entsprechenden Klimadatensätze sowie die Bilanzierung über das ganze Jahr mit ausreichender Genauigkeit abgedeckt werden können und wo die jeweiligen Grenzen liegen.

Bild 12a-h zeigt die Abweichung des Heizwärmebedarfs zum Monatsbilanzverfahren bei Variation der Gebäudeparameter. Es kann festgestellt werden, dass mit den verwendeten Klimadatensätzen in der Regel sehr breite Bereiche abgedeckt werden können, ohne dass die Fehlergrenze von +/- 2% überschritten wird. Tab. 7 zeigt für die verschiedenen Randbedingungen die jeweiligen Spannen für h , innerhalb derer die betreffende Heizgrenztemperatur mit dieser Genauigkeit angesetzt werden kann. Durch die starken Überlappungen lässt sich also mit diesen vier diskreten Klimadatensätzen der gesamte Parameterbereich abdecken lässt.

Raumtemperatur ϑ_i		19°C	21°C
innere Wärmequellen q_i		5 W/m ²	2,5 W/m ²
relative Solarapertur a_s	Heizgrenze ϑ_{HG}	temperatur- und nutzflächenspezifischer Wärmeverlust h [W/(m ² K)]	
		von bis	von bis
2% (gering)	10 °C	0,5 ... 1,1	≤ 0,5
	12 °C	0,7 ... 2,5	≤ 0,8
	15 °C	≥ 1,1	0,7 ... 3,2
	Jahr	≥ 3,0	≥ 1,3
4% (Standard)	10 °C	0,6 ... 1,5	≤ 0,8
	12 °C	0,9 ... 3,2	0,8 ... 1,2
	15 °C	≥ 1,4	1,0 ... 5,0
	Jahr	≥ 3,8	≥ 2,8
8% (hoch)	10 °C	0,8 ... 1,1	0,7 ... 1,2
	12 °C	1,2 ... 4,5	1,1 ... 2,0
	15 °C	≥ 1,9	≥ 1,4
	Jahr	-	≥ 2,6
12% (sehr hoch)	10 °C	0,9 ... 2,8	0,9 ... 1,6
	12 °C	≥ 1,5	1,3 ... 2,8
	15 °C	≥ 2,4	≥ 1,9
	Jahr	-	≥ 3,5

Tab. 7:

Spannen für den energetischen Standard, innerhalb derer mit den festen Werten für die Heizgrenzen von 10, 12 und 15°C bzw. mit der Jahresbilanz gearbeitet werden kann (bei Ansatz einer Fehlergrenze von +/- 2%) (die hier dargestellten Ergebnisse fanden Eingang in Tab. 1 im Abschnitt 1.2)



**Bild 12a-h: Abweichung zwischen dem Heizwärmebedarf aus der Heizperiodenbilanz und aus der Monatsbilanz bei Variation der Gebäudeparameter
Heizperiodenbilanz mit festen Heizgrenztemperaturen**

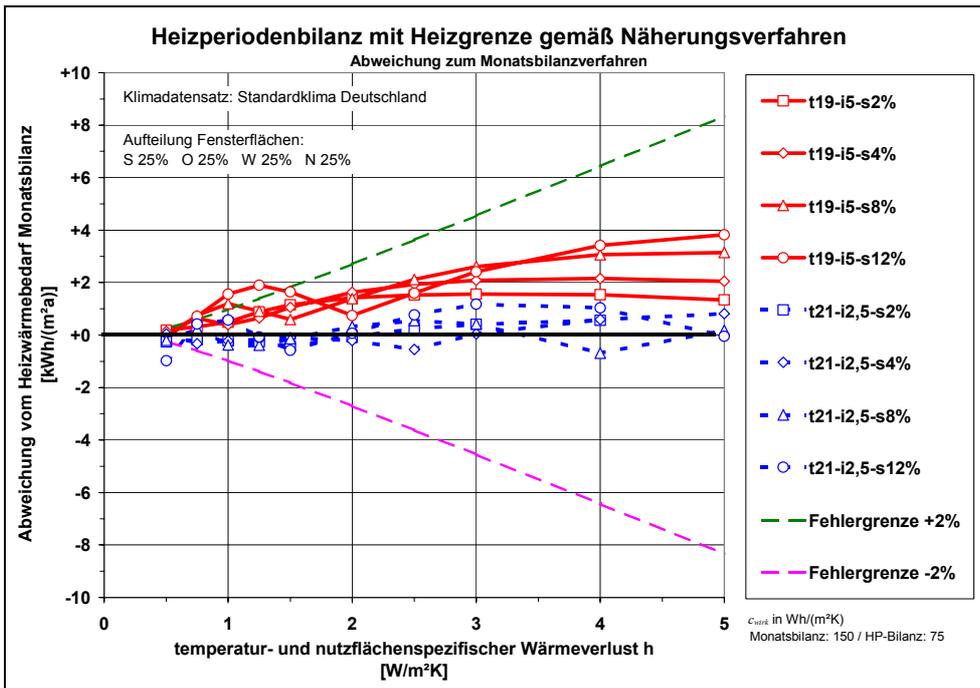


Bild 13:
wie Bild 11,
jedoch Heizgrenz-
temperaturen be-
stimmt mittels
Abschätzverfahren

3.6 Die Genauigkeit der Heizperiodenbilanz bei Verwendung des Näherungsverfahrens für die Heizgrenze

Wird anstelle der exakten Heizgrenze aus der Monatsbilanz die gemäß dem Näherungsverfahren Gl. (18) geschätzte Heizgrenze verwendet, so ergeben sich kaum Änderungen (Bild 13 im Vergleich zu Bild 11). Das Abschätzverfahren liefert also für den hier betrachteten Parameterbereich eine für die Bestimmung des Heizwärmebedarfs ausreichend gute Näherung der Heizgrenztemperatur.

3.6.1 Auswirkung extremer Orientierung

Da das Näherungsverfahren für die Bestimmung der Heizgrenze auf eine Differenzierung der Globalstrahlung zwischen den verschiedenen Orientierungen verzichtet, muss überprüft werden, wie groß die Genauigkeit bei extremen Orientierungen der Fenster ist.

Bei reiner Südorientierung und reiner Nordorientierung werden die Abweichungen zwar größer, liegen aber in der Regel immer noch innerhalb der Fehlergrenze von $\pm 2\%$ (Bild 14 und Bild 15). Stärkere Abweichungen zeigen sich teilweise bei einer relativen Solarapertur von 8%, was allerdings ca. 0,5 m² Fensterfläche pro m² Energiebezugsfläche mit reiner Süd- bzw. reiner Nordorientierung entspricht – Verhältnisse, die in typischen Wohngebäuden kaum anzutreffen sind.

3.6.2 Unterschiedliche Klimaregionen in Deutschland

Es muss sichergestellt werden, dass das Näherungsverfahren für die Heizgrenze auch für andere deutsche Klimadaten ausreichend genau ist. Zu diesem Zweck wurde die Berechnung auch für die 15 deutschen Klimaregionen aus DIN V 4108-6 durchgeführt. Bild 16 a) bis p) belegt, dass auch hier die Übereinstimmung zwischen dem Heizperiodenbilanzverfahren mit vereinfacht bestimmter Heizgrenze und dem Monatsbilanzverfahren ausreichend gut ist.

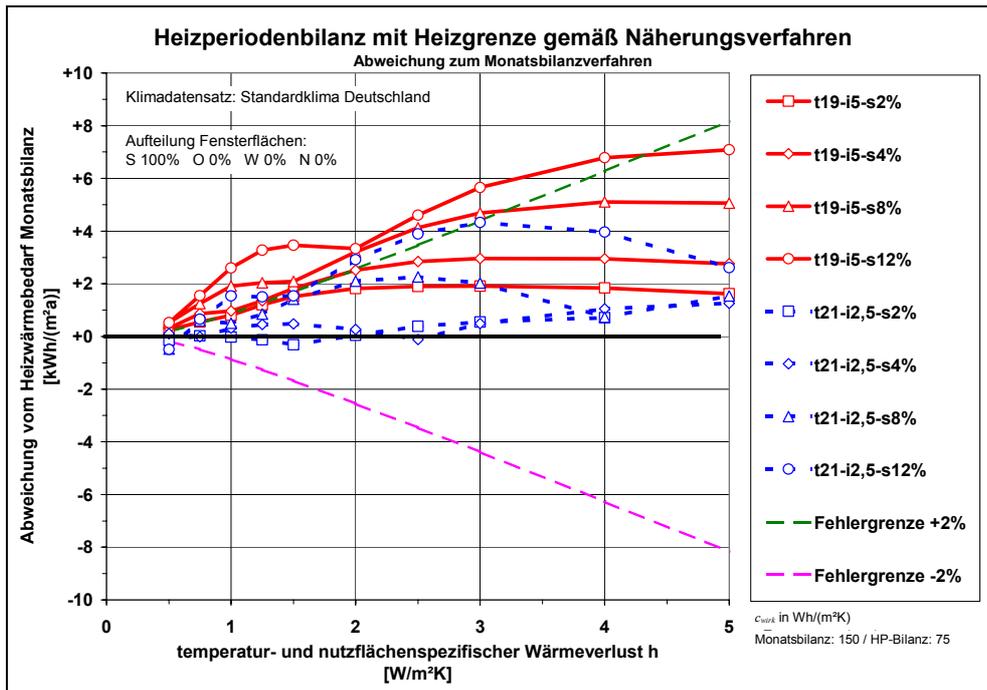


Bild 14:
wie Bild 13,
jedoch reine
Süd-Orientierung
der Fensterflächen

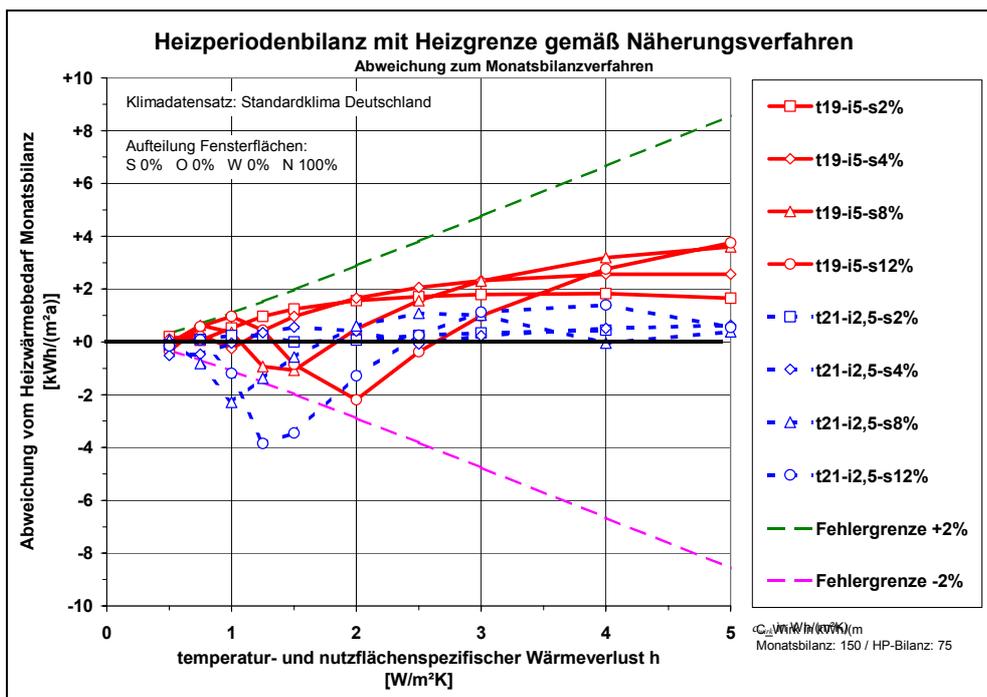


Bild 15:
wie Bild 13,
jedoch reine Nord-
Orientierung der
Fensterflächen

3.6.3 Auswirkung zeitlicher und räumlicher Teilbeheizung

Bei der vorliegenden Parameterstudie wurde zunächst eine durchgehende Beheizung der gesamten thermischen Hülle in der Heizperiode vorausgesetzt. Eine Abweichung der Ergebnisse bei Vorliegen zeitlicher und räumlicher Teilbeheizung ist jedoch nicht zu erwarten, da diese interpretiert werden können als tiefere Raumtemperatur ϑ_i oder als verringerter Wärmeverlust h . Beide Größen gehen in das vorgeschlagene Näherungsverfahren ein. Voraussetzung ist allerdings, dass die Auswirkung der Teilbeheizung bei der Heizperiodenbilanz auch annähernd der Auswirkung bei der Monatsbilanz entspricht. Hierzu müssen differenziertere Ansätze für die Teilbeheizung verwendet werden als der Pauschalwert der DIN V 4108-6 von 0,95. In [IWU 2001] sind hierfür einfache Formeln bzw. Tabellen dargestellt, die eine Abhängigkeit vom energetischen Standard des Gebäudes (parametrisiert mit h) aufweisen.

Bild 16a-p: Abweichung zwischen dem Heizwärmebedarf aus der Heizperiodenbilanz und aus der Monatsbilanz bei Variation der Gebäudeparameter für jede der 15 Klimaregionen Deutschlands / Klima = linearisierte Jahres-/Halbjahreswerte / Heizgrenztemperaturen bestimmt mittels Abschätzverfahren

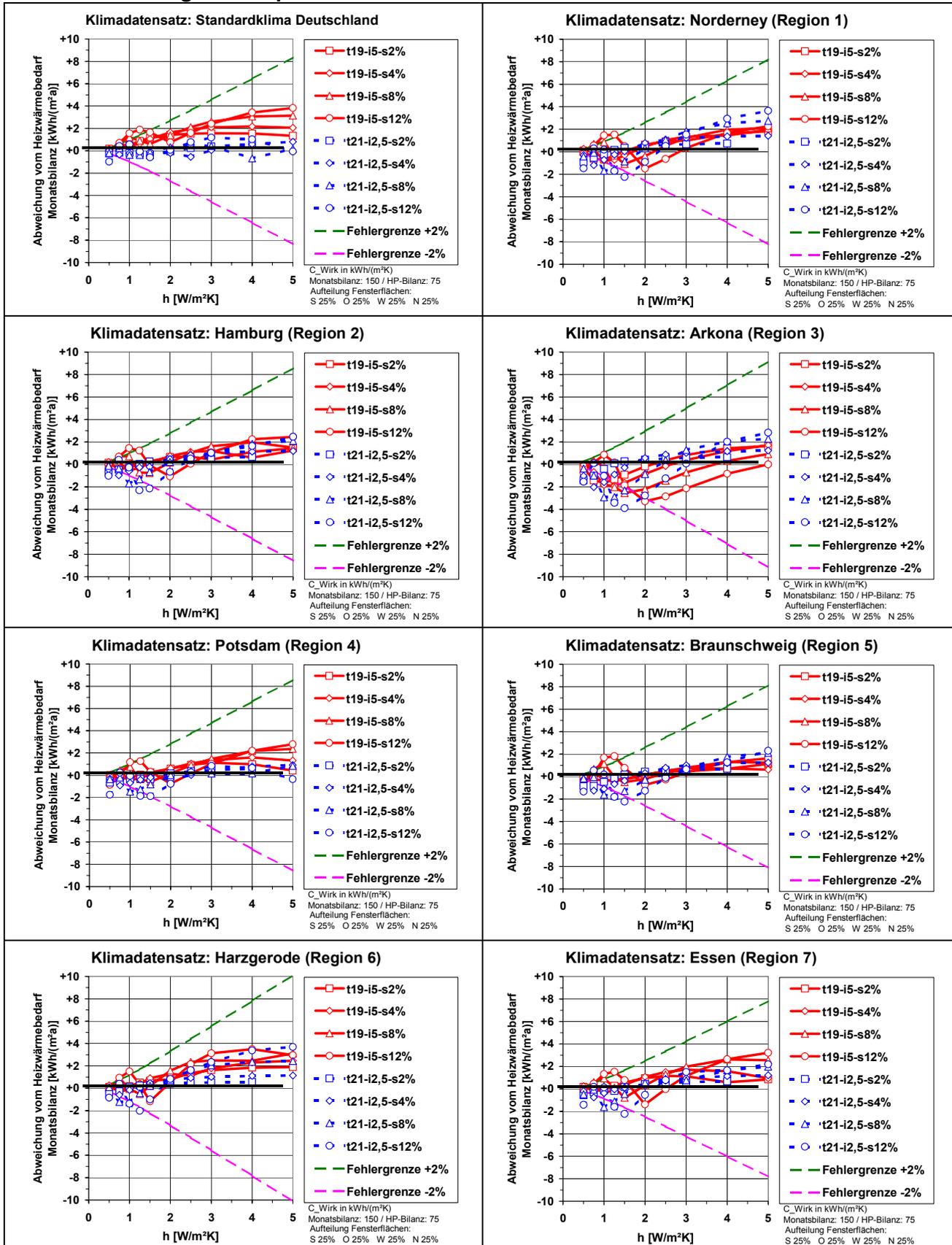
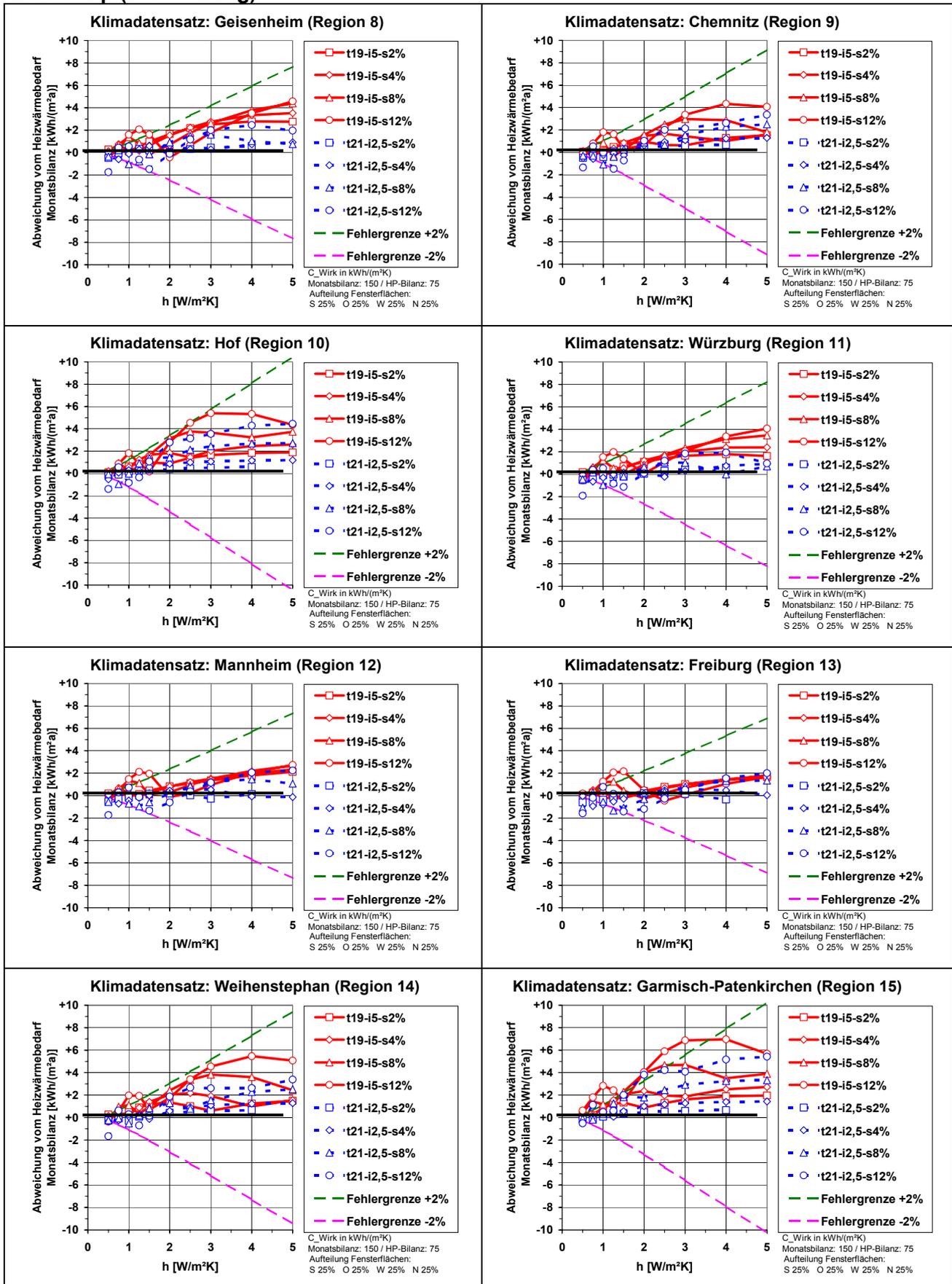


Bild 16a-p (Fortsetzung)



4 Zusammenfassung und Fazit

Pragmatische Gründe sprechen dafür, für die Berechnung des Heizwärmebedarfs von Gebäuden im Regelfall das Heizperiodenbilanzverfahren zu verwenden, wie dies z.B. seit langem die Schweizerische [SIA 380/1] und der Hessische „Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung“ [LEG] vorsieht. Die Berechnung ist einfacher und transparenter als beim Monatsbilanzverfahren und kann leicht „zu Fuß“ nachvollzogen werden. Damit sind folgende Vorteile verbunden:

- die energetische Bilanzierung ist für den Anwender transparent (keine "Black Box") – die Stellschrauben für die energetische Optimierung und ihr Wirkmechanismus liegen offen;
- für schnelle Abschätzungen (Kopfrechnen oder auf einem Stück Papier) reichen wenige Gleichungen aus;
- bei Softwareanwendungen können Fehler in den Formeln oder falsch angesetzte Eingangsdaten leichter identifiziert werden;
- ein Nachweis kann leicht von einem Dritten überprüft werden (gesetzlicher Nachweis durch Bauherren, Bauamt oder Prüflingenieur, Förderanträge durch Fördermittelgeber etc.).

In der seit 2002 geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV) wird das Heizperiodenbilanzverfahren dagegen nur in Form eines vereinfachten Verfahrens zugelassen. Dabei wurde es verschiedener Stellschrauben beraubt: Variationen für Wärmebrücken, Verschattung, Dichtheit, Lüftungsanlagen usw. sind nicht möglich. Soll eine flexible und differenzierte energetische Optimierung vorgenommen werden, muss gemäß EnEV das sehr viel aufwändigere Monatsbilanzverfahren verwendet werden.

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass diese Einschränkung der Heizperiodenbilanz von der Sache her nicht gerechtfertigt ist: Die Heizperiodenbilanz ist nicht per se ungenauer als die Monatsbilanz. Die Abweichungen zum Monatsbilanzverfahren sind minimal – sofern die Heizgrenze ausreichend genau ermittelt wird.

Für die objektbezogene Bestimmung der Heizgrenze wurde im Rahmen dieser Untersuchung eine Näherungsformel hergeleitet (Gleichung (12)). Eingangsgrößen sind neben den in der Regel vorgegebenen Randbedingungen (Raumtemperatur und innere Wärmequellen) der vom Gebäude abhängige temperaturspezifische Wärmeverlust sowie die relative Solarapertur. Da die für die letzten beiden Größen benötigten Daten Zwischenergebnisse der Bilanzrechnung sind, ist der Aufwand für die Abschätzung der vorliegenden Heizgrenze gering.

Im Rahmen einer Parameterstudie konnte die Qualität dieses Abschätzverfahrens in Verbindung mit einer einfachen linearen Interpolation der Klimadaten belegt werden: Für typische Variationsbreiten des energetischen Standards von Wohngebäuden stimmt der so ermittelte Heizwärmebedarf sehr gut mit dem gemäß Monatsbilanzverfahren berechneten überein.

Für grobe Abschätzungen genügt eine Orientierung an den in Abschnitt 1.2 Tab. 1 dargestellten Werten. Die hier angegebenen diskreten Heizgrenztemperaturen von 10, 12 und 15°C in Kombination mit der Jahresbilanz besitzen den Vorteil, dass auf die entsprechenden Klimadaten direkt, d.h. ohne Interpolation von Zwischenwerten zurückgegriffen werden kann. Dies ist vor allem bei einfachen Abschätzungen von Hand von Vorteil.

Quellen

- [Herbert 2001] Herbert, Carsten: **Entwicklung eines Schätzverfahrens zur vereinfachten Bestimmung der Fensterflächen für die energetische Bilanzierung von Wohngebäuden**; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 2001
- [Imkeller/Loga 1996] Imkeller-Benjes, Ulrich; Loga, Tobias: **Stationäre Wärmebilanzverfahren im Vergleich**; IWU, Darmstadt 1996
- [IWU 2001] Loga, Tobias; Born, Rolf; Großklos, Marc; Bially, Matthias: **Energiebilanz-Toolbox. Arbeitshilfe und Ergänzungen zum Energiepass Heizung / Warmwasser**; IWU Darmstadt, Dez. 2001
- [LEG] **Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung**; Hrsg. Hessisches Umweltministerium; Wiesbaden 1989 / 1993 / 1999
- [SIA 380/1] Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein: **SIA 380/1 "Energie im Hochbau"** ; Zürich 1988