



Bild: Brötje

Vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung der Gebäudeheizlast und Wärmeerzeugerleistung

Das neue Beiblatt 2 zur DIN EN 12831 – Verfahren zur Berechnung der Normheizlast

Spätestens bei einer Heizkesselsanierung taucht die Frage nach der aktuellen Heizlast und der somit notwendigen Wärmeerzeugerleistung auf. Um diese Daten schnell und einfach ermitteln zu können, wurde im Mai dieses Jahres das neue Beiblatt 2 der DIN EN 12831 veröffentlicht. Das Beiblatt sieht dazu verschiedene Methoden vor, die nachfolgend erläutert und mit Berechnungsbeispielen aufgezeigt werden.

Das Beiblatt 2 zur DIN EN 12831 dient in erster Linie der einfachen Ermittlung der Heizlast von Gebäuden im Bestand, zwecks Kesselaustausch bei Modernisierungsmaßnahmen und nicht zur Berechnung der Heizlast der einzelnen Räume. Diese müssen nach wie vor nach dem zurzeit gültigen ausführlichen Verfahren (nach Beiblatt 1) berechnet werden.

Die Gebäudeheizlast kann selbstverständlich auch nach Beiblatt 1 gerechnet werden, wenn statt der einzelnen Räume und deren Addition nur die Gebäudehüll-

fläche zur Berechnung der Transmissionswärmeverluste und das Gebäudevolumen mit entsprechendem Luftwechsel berücksichtigt wird. Da es sich aber bei Gebäuden im Bestand in der Regel um ältere Gebäude handelt, liegen oftmals keine genauen Kenntnisse der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) vor. Wichtig ist, dass für den Austausch des alten Heizkessels nicht dessen Leistung ohne Überprüfung übernommen wird, da diese in der Vergangenheit oft erheblich überdimensioniert bzw. in der Zwischenzeit das Gebäude eventu-

ell energetisch verbessert wurde. Beiblatt 2 bietet zur Ermittlung der Heizlast ein Hüllflächenverfahren sowie zwei Verbrauchsverfahren an.

Hüllflächenverfahren

Das Hüllflächenverfahren entspricht physikalisch dem Rechengang der „normalen“ Heizlastberechnung und ermittelt die Gebäudeheizlast aus der Summe der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste, jedoch mit Vereinfachungen, wie auszugswise aufgeführt:

- die Raumtemperatur wird für das Gebäude einheitlich mit 20 °C angenommen (andere Temperaturen sind zu vereinbaren),
- bei unbekanntem U-Werten können diese anhand von Typologiewerten nach Bauteilaltersklassen entsprechenden Tabellen aus Anhang A entnommen werden,
- Verwendung eines pauschalen Wärmebrückenzuschlags (ΔU_{WB} von 0,10 W/m² · K),
- vereinfachte Temperaturkorrekturfaktoren in Abhängigkeit der Einbausituation, für z.B. Bauteile, die an unbeheizte Nachbarräume oder an Erdreich grenzen,
- geometrische Vereinfachungen, z.B. Übermessen von Gauben,
- Zusammenfassung von Flächen mit ähnlichen U-Werten und Temperaturkorrekturfaktoren.

Die Berechnung der Heizlast nach dem Hüllflächenverfahren basiert auf definierten Norm-Außentemperaturen, und es werden – wie auch im ausführlichen Verfahren – keine Wärmequellen, wie z.B. solare Wärmegewinne, berücksichtigt.

Tabelle 1 zeigt eine Beispielberechnung eines Reihenendhauses. Die U-Werte sind der Tabelle A.2 „Pauschalwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten“ des Beiblatts 2 entnommen. In dieser Tabelle sind die U-Werte in acht Baualtersklassen von 1918 bis 1995 gelistet. Das Beispielhaus entspricht der Bauteilaltersklasse 1884 bis 1994. Die Temperaturkorrekturfaktoren f_x wurden der Tabelle C.1 der Norm entnommen.

Die Berechnung nach dem Hüllflächenverfahren ergibt eine Heizlast von 18 821 W. Wie stark sich Sanierungsmaßnahmen auf die Heizlast auswirken können, zeigt sich z.B. bereits bei einer Modernisierung der Fenster zu dieser Beispielrechnung. Bei einem Austausch der Fenster (U-Wert alt: 3,0 W/m² · K, neu = 1,4 W/m² · K und Dichtigkeit von „weniger

Tabelle 1: Beispielberechnung nach dem Hüllflächenverfahren eines Reihendhauses.

Projekt-Nr.: 4711		Bezeichnung: Toggendorf												
Straße: Hölstr 12		PLZ: 20095 Ort: Hamburg												
GEBÄUDE-HEIZLAST nach DIN EN 12831 - Beiblatt 2											Datum: 23.08.2012			
Abmessungen				Innentemperatur				θ_{int} 20 °C						
Gebäudebreite	b_{Geb}	10,00 m		Norm-Außentemperatur				θ_e -14 °C						
Gebäuelänge	l_{Geb}	13,50 m		Gebäude:				dicht <input type="checkbox"/> n_{Geb} 0,25 h ⁻¹						
Gebäudefläche	A_{Geb}	135,00 m ²		weniger dicht <input checked="" type="checkbox"/> n_{Geb} 0,50 h ⁻¹				undicht <input type="checkbox"/> n_{Geb} 1,00 h ⁻¹						
Gebäudehöhe	h_{Geb}	12,65 m												
Gebäudevolumen	V_{Geb}	535,0 m ³												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Korrekturfaktor	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücke	Korrigierter U-Wert	Transmission	Wärmeverlust
O	BT	n	b	l/h	A_{brutto}	A_{abzug}	A_{netto}	e / u	f_x	U	ΔU_{WB}	$U_{korrigiert}$	Φ_T	W
			m		m ²			g / ij	-	W/(m ² K)			W	
N	AW	1	10,00	5,90	59,0	19,3	39,7	e	1,0	0,60	0,10	0,70	946	
	AF	8	1,42	1,56	17,7		17,7	e	1,0	3,00	0,10	3,10	1.868	
	AF	2	1,01	0,76	1,5		1,5	e	1,0	3,00	0,10	3,10	162	
O	IW	1	13,50	5,90	79,7		79,7	ij	0,5	0,60	0,10	0,70	948	
O	IW	1	13,50	3,40	45,9		45,9	ij	0,5	0,60	0,10	0,70	546	
S	AW	1	10,00	7,20	72,0	11,7	60,3	e	1,0	0,60	0,10	0,70	1.435	
	AF	3	1,42	1,56	6,6		6,6	e	1,0	3,00	0,10	3,10	700	
	AF	1	1,80	1,52	2,7		2,7	e	1,0	3,00	0,10	3,10	288	
	AT	1	1,10	2,10	2,3		2,3	e	1,0	3,00	0,10	3,10	243	
W	AW	1	13,50	5,90	79,7	13,3	66,4	ij	0,2	0,60	0,10	0,70	316	
	AF	6	1,42	1,56	13,3		13,3	ij	1,2	3,00	0,10	3,10	1.681	
H	DE	1	10,00	13,50	135,0		135,0	u	0,5	0,40	0,10	0,50	1.148	
H	FB	1	10,00	13,50	135,0		135,0	u	0,5	0,40	0,10	0,50	1.148	
N + S	AW	2	10,00	2,65	53,0		53,0	g	0,5	0,60	0,10	0,70	631	
O	AW	1	13,50	2,64	35,6		35,6	g	0,5	0,60	0,10	0,70	424	
N + S	DA 45°	2	9,54	10,00	190,9		190,9	e	1,0	0,40	0,10	0,50	3.245	
TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUST												$\Phi_{T,Geb}$	15.729	
LÜFTUNGSWÄRMEVERLUST												$\Phi_{V,Geb}$	3.092	
GEBÄUDEHEIZLAST												$\Phi_{HL,Geb}$	18.821	

Tabelle 2: Erläuterung zu den Kürzeln in Spalte 9 und 10 der Tabelle 1.

Kürzel	Bauteil grenzt an	f_x	Bemerkung
„e“	Außenluft	1,0	e = external
„u“	unbeheizten Nachbarraum	0,5	u = unheated
„g“	Erdreich	0,5	g = ground
„ij“	beheizten Nebenraum	0,3	i = Index des Raumes, j = Index des Nachbarraumes

„dicht“ auf „dicht“) würde sich die Heizlast um mehr als 20% senken.

● Messung des U-Wertes

Neben der U-Wert-Tabelle A.2 enthält das Beiblatt 2 im Anhang A eine Methode zur Bestimmung des U-Wertes durch einfache Temperaturmessungen. Hierzu sind drei Temperaturen zu messen, die:

- Innentemperatur θ_{int} ,
- Außentemperatur θ_e sowie die
- Wandinnentemperatur θ_{si} .

Der U-Wert ist anschließend nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$U = \frac{1}{R_{si}} \cdot \frac{(\theta_{int} - \theta_{si})}{(\theta_{int} - \theta_e)}$$

Der Übergangswiderstand R_{si} ist der Tabelle A.1 der Norm zu entnehmen (Wandinnenflächen $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$).

Diese Methode ist jedoch mit einer großen Unsicherheit behaftet, die von der Genauigkeit der Temperaturmessung abhängt.

Beispiel: Gemessen wurden eine:

Innentemperatur θ_{int}	21 °C
Außentemperatur θ_e	-8 °C
Wandinnentemperatur θ_{si}	17 °C

Daraus berechnet sich ein U-Wert von $1,06 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$. Nun sind diese Messungen mit einer unvermeidlichen Toleranz verbunden. Bei einer Toleranz von z. B. $\pm 0,5 \text{ K}$ können auch folgende U-Werte berechnet werden:

Innentemperatur θ_{int}	20,5 °C
Außentemperatur θ_e	-8,5 °C
Wandinnentemperatur θ_{si}	17,5 °C
U-Wert	0,80 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$

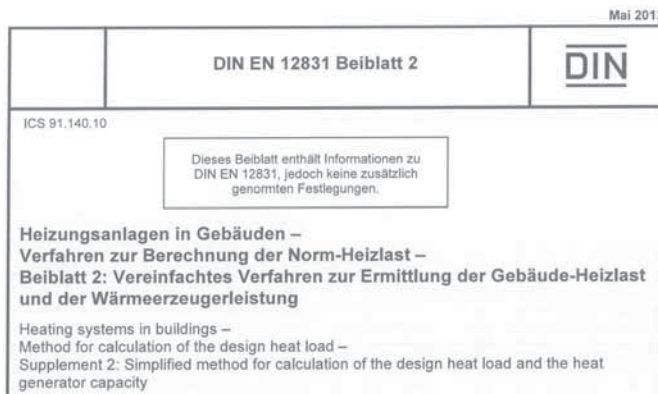


Bild 1: Das im Mai 2012 veröffentlichte Beiblatt 2 der DIN EN 12831 umfasst insgesamt 31 Seiten. Bild: DIN*

oder:

Innentemperatur θ_{int}	21,5 °C
Außentemperatur θ_e	-7,5 °C
Wandinnentemperatur θ_{si}	16,5 °C
U-Wert	1,33 W/m ² · K

Die Ergebnisse entsprechen einer Differenz von 0,53 W/m² · K bzw. 40%. Dabei ist anzumerken, dass die Messungen umso ungenauer werden, je höher die Außentemperatur ist.

*) Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Tabelle 3: Ermittlung des Gasverbrauchs und der dazugehörigen Außentemperatur für das grafische Verfahren.

Messung	Menge	Messdauer	Außentemperatur
	$B_{g,in,i}$	t_i	θ_e
Nr.	m ³	Std.	°C
1	7,704	12	-14
2	4,248	8	-9
3	4,824	9	-11
4	5,64	11	-6
5	4,536	9	-9
6	4,368	10	-2
7	3,192	10	4
8	2,424	12	8
9	1,536	8	12
10	0,984	10	15
11	1,056	12	16
12	1,08	11	18
13	0,744	9	22
14	0,936	11	21
15	0,984	12	18

Verbrauchsverfahren

Neben dem Hüllflächenverfahren beschreibt Beiblatt 2 zwei Verbrauchsverfahren, das:

- grafische Verfahren (Messung des Energieverbrauchs über eine längere Zeitspanne und grafische Auswertung) sowie die
- Auswertung des Jahresendenergieverbrauchs (Erfassung Jahresbrennstoffverbrauchs).

● Grafisches Verfahren

Das grafische Verfahren basiert auf der Auswertung der Messung des Energieverbrauchs und der Außentemperatur über einen längeren Zeitraum. Anschließend werden zunächst die mittleren Feuerungsleistungen bei der jeweiligen Temperatur berechnet und gemeinsam mit der dazugehörigen Außentemperatur grafisch aufgetragen.

Beispiel: Für ein Einfamilienhaus wurden der Gasverbrauch und die dazugehörige Außentemperatur entsprechend Tabelle 3 gemessen und abgelesen. Aus dem gemessenen Brennstoffverbrauch $B_{g,in,i}$ (Tabelle 3) muss nun die mittlere Feuerungsleistung $\Phi_{g,in,i}$ ermittelt werden (Tabelle 4). Diese ergibt sich bei einem unteren Heizwert für Erdgas von $H_1 = 10 \text{ kWh/m}^3$ nach folgender Berechnung (Beispiel zu Messung 1):

$$\theta_{g,in,i} = \frac{B_{g,in,i} \cdot H_1}{t_i} = \frac{7,704 \text{ m}^3 \cdot 10 \text{ kWh/m}^3}{12 \text{ h}} = 6,42 \text{ kW}$$

Die mittleren Feuerungsleistungen $\Phi_{g,in,i}$ (Tabelle 4) sind nun entsprechend den dazugehörigen Außentemperaturen (Tabelle 3) in das Diagramm „Grafisches Verbrauchsverfahren“ einzutragen (Diagramm 1). Dabei ist festzustellen, dass durch die Wertepaare bis ca. 16 °C eine Gerade (1) gezogen werden kann, die bei sinkender Außentemperatur linear eine höhere Feuerungsleistung ausweist. Diese Gerade stellt die witterungsabhängigen Anteile dar, also die Leistung für die Beheizung des Gebäudes. Ab ca. 16 °C Außentemperatur bewegen sich die Wertepaare (2) parallel zur Temperaturachse; sie stellen die witterungsunabhängigen Anteile dar, also die Trinkwassererwärmung.

Tabelle 4: Ermittlung der Feuerungsleistung für das grafische Verfahren.

Messung	Feuerungsleistung
	$\Phi_{g,in,i}$
Nr.	kW
1	6,42
2	5,31
3	5,36
4	5,13
5	5,04
6	4,37
7	3,19
8	2,02
9	1,92
10	0,98
11	0,88
12	0,98
13	0,83
14	0,85
15	0,82

Der Schnittpunkt der beiden Geraden (1) und (2) stellt die Heizgrenztemperatur $\theta_{e,d}$ dar, welcher meist in der Größenordnung von ca. 15 bis 16 °C liegt. Der Schnittpunkt der witterungsabhängigen Geraden bei der Norm-Außentemperatur (im Beispiel -14 °C) ergibt die Feuerungsleistung, welche aber noch die solaren und internen Wärmegewinne enthält. Die nach DIN 12831 definierte Gebäudeheizlast (ohne Fremdwärmeeinfluss) ergibt sich durch eine Parallelverschiebung der Geraden (1) auf den Schnittpunkt mit der Rauminnentemperatur θ_{int} (20 °C). Bei -14 °C kann dann die Feuerungsleistung mit ca. 7,0 kW abgelesen werden. Die Kesselnennleistung ergibt sich im nächsten Schritt aus der Multiplikation der Feuerungsleistung mit dem Kesselwirkungsgrad. Das grafische Verfahren ist umso genauer, je mehr Messdaten vorliegen.

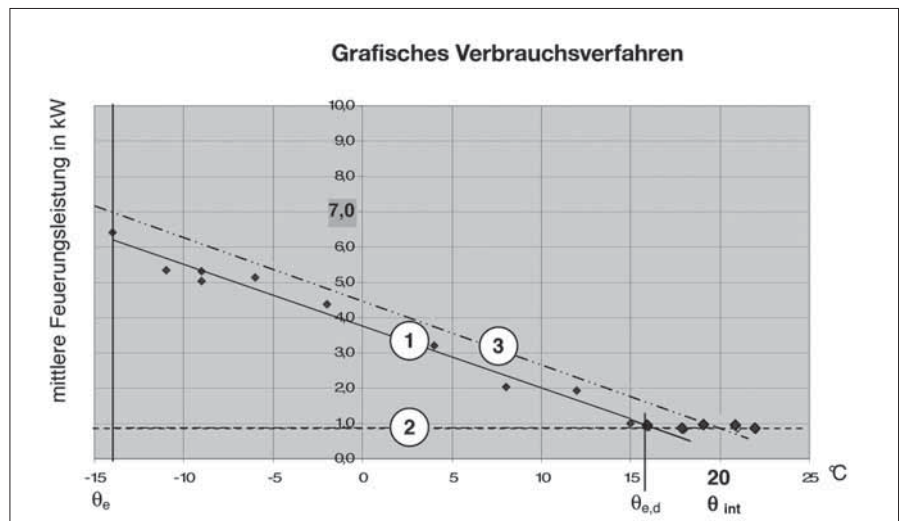


Diagramm 1: Ermittlung der Feuerungsleistung. Linie 1 = witterungsabhängiger Anteil der Feuerungsleistung, Linie 2 = witterungsunabhängiger Anteil der Feuerungsleistung. Durch Parallelverschiebung der Linie 1 auf den Schnittpunkt mit der Raumtemperatur (20 °C) kann bei -14 °C die Feuerungsleistung mit rund 7,0 kW abgelesen werden.

● Verfahren nach dem Jahresendenergieverbrauch

Das Verfahren nach dem Jahresendenergieverbrauch erfordert die Erfassung des Jahresbrennstoffverbrauchs, der aber um die witterungsunabhängigen Anteile (Warmwasser) bereinigt werden muss. Dies kann am einfachsten mit dem nach der EnEV zulässigen Endenergieverbrauch für Warmwasser in Höhe von 16 kWh/m² · a Wohnfläche abgeschätzt werden oder in Abhängigkeit der Personenanzahl mit der Annahme von 30 l/Person und Tag. Weitere Warmwasserbedarfswerte für verschiedene Nutzungen sind im Anhang D in Tabelle D.1 der Norm aufgelistet.

Beispiel: Ein Einfamilienhaus (135 m² Wohnfläche) hat einen Jahresverbrauch von 27001 Heizöl ermittelt. Bei einem Heizwert von 10 kWh/l errechnet sich ein Jahresendenergieverbrauch von 27 000 kWh.

In diesem Verbrauch ist die Trinkwassererwärmung enthalten. Der Jahresnutzenergieverbrauch hierfür beträgt bei 16 kWh/m² Wohnfläche:

$$Q_{w,b} = 135 \text{ m}^2 \cdot 16 \text{ kWh/m}^2 \cdot a = 2160 \text{ kWh/a}$$

Der Jahresnutzenergieverbrauch Trinkwasser muss im nächsten Schritt mittels eines Nutzungsgrad $\eta_{w,a}$ in den Jahresendenergiebedarf für Trinkwasser umgerechnet werden. In Tabelle 4 der Norm sind Bandbreiten für den Nutzungsgrad angegeben. Für das Beispiel (Einfamilienhaus, mit Zirkulation) wird der Nutzungsgrad $\eta_{w,a} = 0,4$ angenommen. Damit berechnet sich der Jahresendenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung $E_{w,g,in}$ nach folgender Gleichung:

$$E_{w,g,in} = \frac{Q_{w,b}}{\eta_{w,a}} = \frac{2160 \text{ kWh/a}}{0,4} = 5400 \text{ kWh/a}$$

Der Jahresendenergiebedarf für die Heizung ergibt sich dann nach Abzug des Jahresendenergiebedarfs für die Trinkwassererwärmung:

$$E_{h,g,in} = 27000 \text{ kWh/a} - 5400 \text{ kWh/a} = 21600 \text{ kWh/a}$$

Nachdem der Jahresendenergiebedarf für die Heizung ermittelt wurde, muss für die Berechnung der Feuerungsleistung $\Phi_{g,in,i}$ die Jahresvollbenutzungsstundenzahl b_{VF} (abzüglich der für die Trinkwassererwärmung) ermittelt werden. Auch hier bietet Beiblatt 2 mehrere Möglich-

keiten zur Bestimmung der Vollbenutzungsstundenzahl an (z.B. über die Gradtage). Am einfachsten ist die Ermittlung der Vollbenutzungsstundenzahl über einen mittleren Belastungsgrad in Verbindung mit der Jahresbetriebszeit des Wärmeerzeugers ($t_h = 8760 \text{ h/a}$) und mit einem mittleren Belastungsgrad von üblicherweise 0,3, sodass sich folgende Gleichung ergibt:

$$b_{VF} = 8760 \text{ h/a} \cdot 0,3$$

Als tägliche Vollbenutzungsstundenzahl für die Trinkwassererwärmung wird aus Tabelle 6 der Norm (gehobener Standard) t_d mit 3 h/Tag entnommen. Dies entspricht einer Jahresvollbenutzungsstundenzahl von:

$$t_d = 3 \text{ h/Tag} \cdot 365 \text{ Tage/a} = 1095 \text{ h/a}$$

Die Feuerungsleistung $\Phi_{g,in,i}$ des Wärmeerzeugers kann dann nach der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$\Phi_{g,in,i} = \frac{E_{h,g,in}}{b_{VF}} = \frac{21\,600 \text{ kWh/a}}{(8760 \text{ h/a} - 1095 \text{ h/a}) \cdot 0,3} = 9,39 \text{ kW}$$

Im letzten Schritt ist die Wärmeerzeugerleistung $\Phi_{h,g,out}$ entsprechend des Nutzungsgrads des Wärmeerzeugers $\eta_{h,a}$ zu ermitteln.

$$\Phi_{h,g,out} = \Phi_{g,in,i} \cdot \eta_{h,a}$$

Anhaltswerte für den Nutzungsgrad des Wärmeerzeugers können der Tabelle 5 der Norm entnommen werden. Für einen NT-Kessel in der Baualtersklasse zwischen 1980 und 1995 wird z.B. ein Nutzungsgrad von $\eta_{h,a} = 0,83$ angegeben.

$$\Phi_{h,g,out} = 9,39 \text{ kW} \cdot 0,83 = 7,8 \text{ kW}$$

Je nach vorliegenden Informationen können alle drei Verfahren gleichberechtigt angewandt werden. ■

Autor: Hans Markert, Köln

www.hansmarkert.de