

**Michael Hayner | Jo Ruoff | Dieter Thiel**

unter Mitarbeit von Jan in der Beek und Stefanie Welke

# **FAUSTFORMEL**

## **GEBÄUDETECHNIK**

FÜR ARCHITEKTEN

**Deutsche Verlags-Anstalt**

## HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Autoren und Verlag sind um Richtigkeit und Aktualität aller Informationen bemüht. Die Inhalte des vorliegenden Buchs wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet. Für Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität und Qualität der Inhalte kann jedoch keine Gewähr übernommen werden. Ebenso haften Autoren und Verlag nicht für materielle oder immaterielle Schäden, die durch Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen und die Nutzung fehlerhafter oder unvollständiger Informationen aus diesem Buch verursacht werden. Die Berechnungen, Ergebnisse und technischen Angaben in diesem Buch ersetzen nicht die Leistung der jeweiligen Fachingenieure.

## IMPRESSUM



Verlagsgruppe Random House FSC-DEU-0100

2. Auflage 2011

© 2010 Deutsche Verlags-Anstalt, München,  
in der Verlagsgruppe Random House GmbH  
Alle Rechte vorbehalten

Idee Buchstruktur und Layout:

Michael Hayner, Jo Ruoff, Dr. Dieter Thiel

Umschlaggestaltung und Satz: Susanne Ebersberger/DVA

Lithografie: Helio Repro, München

Druck und Bindung: Printer Trento, Trento

Printed in Italy

ISBN 978-3-421-03739-8

[www.dva.de](http://www.dva.de)

## **INHALT**

6	VORWORT
9	HEIZEN
37	LÜFTEN
53	KÜHLEN
73	SOLARE GEWINNE
87	WASSER
101	ELEKTRO
115	LICHT
127	BRANDSCHUTZ
141	ANHANG

Die technische Ausstattung von Gebäuden gewinnt immer mehr an Bedeutung. Ein wachsendes Bewusstsein für den verantwortungsvollen Umgang mit den Ressourcen steht hierbei sicherlich an erster Stelle, aber auch erhöhte Anforderungen an die Behaglichkeit von Innenräumen spielen zunehmend eine wichtige Rolle. Damit ändert sich auch

das Tätigkeitsfeld des Architekten, der die technischen Aspekte immer weniger allein den Fachplanern überlassen kann, sondern in zunehmendem Maß als integrale Elemente des Entwurfs verstehen muss.

An dieser Stelle setzt das vorliegende Buch an. *Faustformel Gebäudetechnik* bietet dem entwerfenden Architekten

ein Werkzeug für Praxis und Studium, das ihn befähigt, mithilfe von Schaubildern, kurzen überschlägigen Rechnungen und übersichtlichen Tabellen wesentliche bauphysikalische und gebäudetechnische Größenordnungen zu ermitteln. Hierbei entsteht für die Autoren zwangsläufig das Problem der Abwägung zwischen einer anwenderfreundlichen

Einfachheit – der »Faustformel« – und der wissenschaftlichen Genauigkeit der ermittelten Werte. Dieser Zwiespalt kann nur über den Hinweis aufgelöst werden, dass die Ergebnisse Anhaltswerte darstellen. Sie sollen nicht mit der Leistung des Fachingenieurs konkurrieren, sondern einen qualifizierten Dialog vorbereiten. Die kompetente und kritische

Anwendung dieser Ergebnisse, die schon bei der Grundlagenermittlung und den ersten Entwurfsschritten beginnt, soll den Architekten befähigen, die Gebäudetechnik sinnvoll in sein Gesamtkonzept zu integrieren und durch den geschickten Umgang mit technischen Elementen neue Gestaltungsmöglichkeiten zu erschließen.

copyrighted material

## HEIZEN

- 10 Übersicht
- 11 Grundlagen

### Wärmebedarf

- 12 EnEV
- 13 Begriffe
- 14 Berechnung: Energieverbrauch
- 15 Energieverbrauchswerte
- 16 Berechnung: Witterungsbereinigung
- 17 Klimafaktoren | Heizwerte
- 18 Norm-Heizlast
- 19 Begriffe
- 20 Berechnung: U-Wert
- 21 Maximale U-Werte
- 22 Berechnung: Transmissionswärmeverluste
- 23 Norm-Temperaturen
- 24 Berechnung: Wärmeverlust an Erdreich
- 25 Äquivalente U-Werte
- 26 Berechnung: Lüftungswärmeverluste

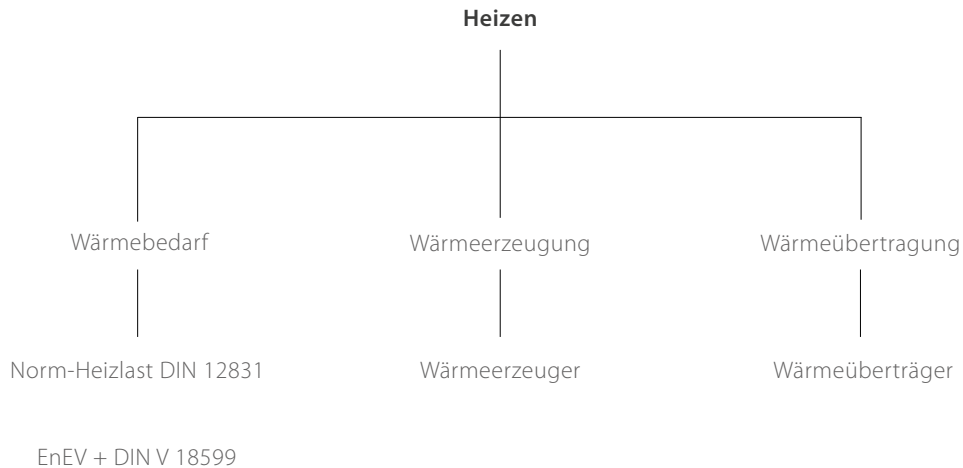
### Wärmeerzeugung

- 28 Wärmeerzeuger
- 29 Wärmepumpen
- 30 Blockheizkraftwerke
- 31 Beispiel: Umweltbundesamt Dessau
- 32 Heizkessel

### Wärmeübertragung

- 34 Wassergeführt | Luftgeführt
- 35 Beispiel: Fachhochschule Kufstein

## ÜBERSICHT



**Ab 2009 muss nach den Bestimmungen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) bei Neubauten ein Teil der Wärmeversorgung über regenerative Energien erfolgen.**

**Heizen**

Neben den herkömmlichen, auf dem Einsatz fossiler Energien beruhenden Systemen werden immer häufiger auch regenerative Energien eingesetzt, um den gesamten Bedarf der Wärmeversorgung zu decken. Die EnEV 2009/EEWärmeG fordert für den Neubau einen Anteil regenerativ erzeugter Energie.

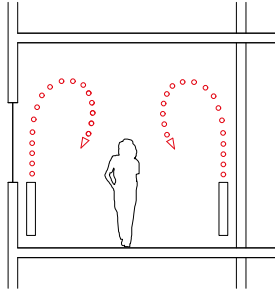
**Wärmebedarf**

Der Wärmebedarf eines Gebäudes setzt sich zusammen aus den Wärmeverlusten der Gebäudehülle, der Lüftung und der für die Warmwassererzeugung benötigten Energie. Er errechnet sich nach DIN EN 12831. EnEV und DIN V 18599 bewerten den Wärmebedarf.

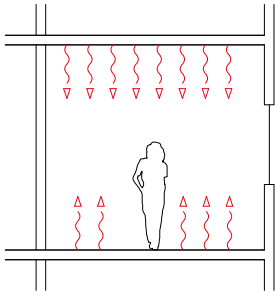
**Wärmeerzeugung**

Die verschiedenen Systeme unterscheiden sich neben der Art der benötigten Endenergie vor allem in ihrem Wirkungsgrad.





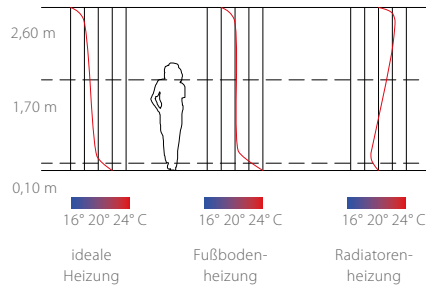
Konvektion



Strahlung

### Wärmeübertragung

Die Wärmeübertragung erfolgt immer von der höheren zur niedrigeren Temperatur. Bei der Übertragung durch Konvektoren und Gliederheizkörper wird die Wärme im Wesentlichen durch Luftbewegung transportiert (Konvektion), bei Flächenheizungen (Plattenheizkörper, Fußbodenheizung etc.) wird die Wärme durch Strahlung übertragen.



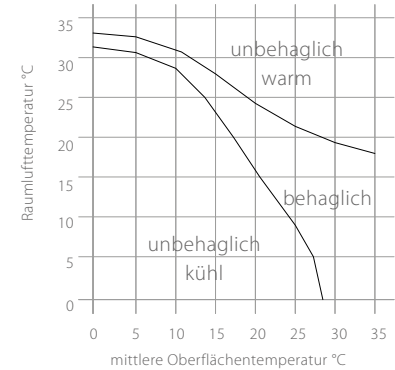
Temperatschichtung im Aufenthaltsbereich des Menschen

Konvektion		Strahlung
90 %	Konvektor	10 %
70 %	Glieder- / Röhrenheizkörper	30 %
20 %	Plattenheizkörper	80 %

Arten der Wärmeübertragung unterschiedlicher Heizkörper

### Lage der Raumheizungen

Die Lage der Heizflächen ist für das Behaglichkeitsempfinden wesentlich: Fußbodenheizungen empfindet der Mensch aufgrund des Raumtemperaturprofils (warmer Boden, kühle Decke) als besonders angenehm.



Behaglichkeitsbereich des Menschen

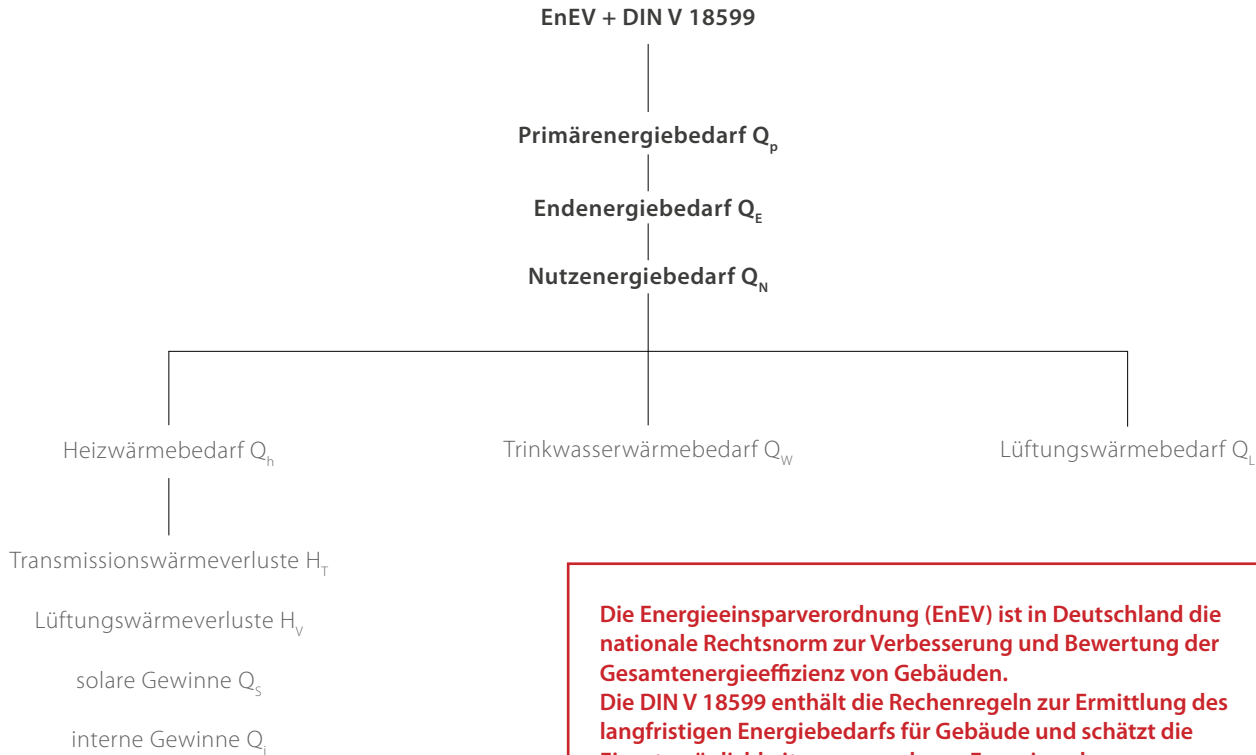
**Die Oberflächentemperatur der Umgebungsflächen sollte 18 °C nicht unterschreiten.**

### Behaglichkeit

Je weniger Luft- und Strahlungstemperatur voneinander abweichen (max. 3 K) und je mehr sich beide Temperaturen dem Wert von 21–22 °C nähern, desto behaglicher fühlt sich der Mensch.

## 12 WÄRMEBEDARF

## ENEV

**Primärenergiebedarf**

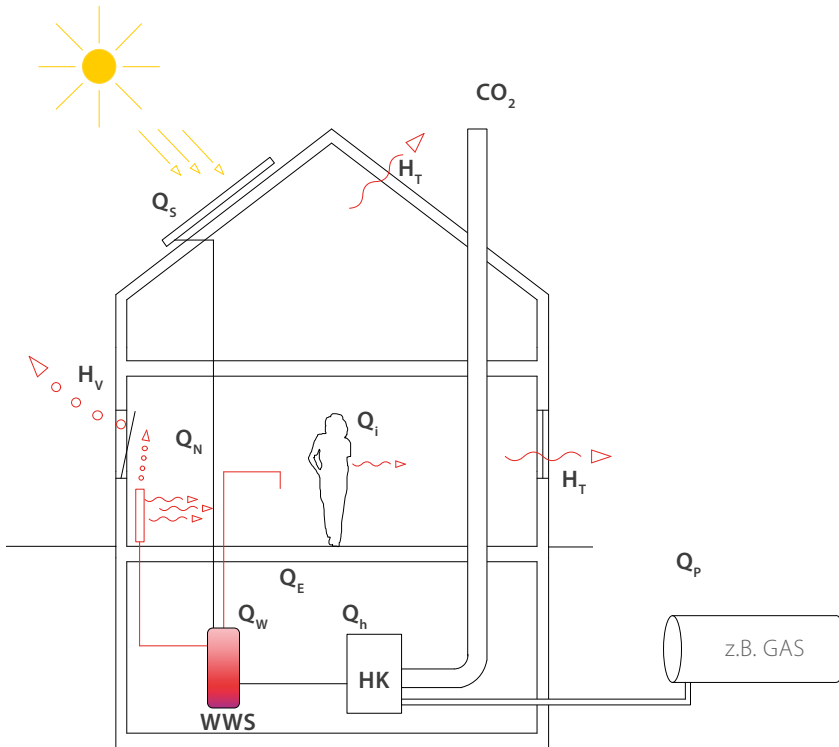
Der Primärenergiebedarf  $Q_p$  ist die Summe der Energiemenge, die zur Deckung des Endenergiebedarfs erforderlich ist sowie der zusätzlichen Energiemenge, die bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Erdöl, Erdgas, Kohle, Erdwärme) eingesetzt wurde.

**Endenergiebedarf**

Der Endenergiebedarf  $Q_E$  ist die Energiemenge, die zur Sicherung des Heizwärmebedarfs (plus Verluste) und der Warmwasserbereitung (plus Verluste) notwendig ist. Diese Energie (z.B. Strom, Fernwärme, Heizöl) wird an der Gebäudehülle »übergeben« und entspricht der Energiemenge, die der Verbraucher bezahlt. Für Pumpen, Regelung usw. benötigte Hilfsenergie wird mit einbezogen.

**Nutzenergiebedarf**

Die Nutzenergiebedarf  $Q_N$  ist die im Innenraum für Wärme, Licht oder Kälte benötigte Energiemenge. Sie wird durch Umwandlung von Endenergie erzeugt.



$Q_h$   
Heizwärmebedarf

$H_V$   
spezifischer Lüftungswärmeverlust

$H_T$   
spezifischer  
Transmissionswärmeverlust

$Q_i$   
interne Gewinne (Personen, elektrische  
Geräte)

$Q_s$   
solare Gewinne (aktive und passive)

$Q_W$   
Trinkwasserwärmebedarf

$Q_P$   
Primärenergie(bedarf)

$Q_E$   
Endenergie(bedarf)

$Q_N$   
Nutzenergie(bedarf)

**WWS**  
Warmwasserspeicher

**HK**  
Heizkessel

Energiebilanz eines Gebäudes

**i1** Energiearten, Beispiele

Primärenergie	Endenergie
Kohle	Brikett
Biomasse	Biodiesel, Biogas
Rohöl	Benzin, Heizöl
Kohle	Elektrizität
Solarstrahlung	Elektrizität

14 WÄRMEBEDARF

**BERECHNUNG: ENERGIEVERBRAUCH**

$$E_{Vg, 12mth}$$

Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser

$$B_{Vg, 12mth}$$

Menge des eingesetzten Energieträgers

→T3

$$H_i$$

Heizwert je Mengeneinheit

$$\beta$$

Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe  
→ Herstellerangabe

$$E_{VWW, 12mth}$$

Energieverbrauchsanteil für die zentrale Warmwasserbereitung

$$A_{NGF}$$

Nettogrundfläche

$$q_{wb}$$

Energieverbrauchsanteil für die Warmwassererzeugung bezogen auf die NGF  
→ Wohngebäude (Einfamilienhaus): 12,0 kWh/(m²a) (lt. DIN V 18599-10)  
→ Wohngebäude (Mehrfamilienhaus): 16,0 kWh/(m²a) (lt. DIN V 18599-10)  
→ Nichtwohngebäude:  
ca. 15 % des Gesamtenergieverbrauchs (abhängig von der Gebäudeart)

$$E_{Vh, 12mth}$$

Energieverbrauchsanteil für Heizung

Beispiel: Stuttgart, Einfamilienhaus, freistehend, 160 m² NGF, 840 m³ Erdgasverbrauch pro Jahr

Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser

$$E_{Vg, 12mth} = B_{Vg, 12mth} \cdot H_i \text{ bzw. } \beta$$

[kWh/a]                      [l,kg,m³]                      [kWh/l,kg,m³]                      [kWh/a]

$$E_{Vg, 12mth} = 840 \cdot 9 = 7.560$$

Energieverbrauchsanteil zentrale Warmwasserbereitung

$$E_{VWW, 12mth} = A_{NGF} \cdot q_{wb}$$

[kWh/a]                      [m²]                      [kWh/(m²a)]                      [kWh/a]

$$E_{VWW, 12mth} = 160 \cdot 12 = 1.920$$

Energieverbrauchsanteil Heizung

$$E_{Vh, 12mth} = E_{Vg, 12mth} - E_{VWW, 12mth}$$

[kWh/a]                      [kWh/a]                      [kWh/a]                      [kWh/a]

$$E_{Vh, 12mth} = 7.560 - 1.920 = 5.640$$

**Vergleichswerte für den Verbrauch von Heizung und Warmwasser  $e_{\text{Vb},12\text{mth}}$  sowie Strom**

Gebäudekategorie	Nettogrundfläche [m <sup>2</sup> ]	Heizung + Warmwasser [kWh/(m <sup>2</sup> a)]		Strom [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	
		EnEV 2009	EnEV 2012 <sup>1</sup>	EnEV 2009	EnEV 2012 <sup>1</sup>
Einfamilienhaus	beliebig	56	39	25	17
Mehrfamilienhaus	beliebig	90	63	20	14
Verwaltungsgebäude (normale technische Ausrüstung)	≤ 3.500	80	63	20	17
	> 3.500	85	56	30	21
Krankenhäuser	beliebig	180	175	125	87
Schulen	≤ 3.500	105	77	10	3
	> 3.500	90	59	10	10
Sportbauten	beliebig	120	77	30	21
Gaststätten	beliebig	205	119	95	52
Beherbergungsstätten	beliebig	150	94	50	28
Gebäude für Produktion, Werk- stätten, Lagergebäude	≤ 3.500	110	73	20	14
	> 3.500	110	84	65	38
Verkaufsstätten	beliebig	105	73	190	133
Einkaufszentren	≥ 2.000	60	42	105	73
Bauwerke für technische Zwecke	beliebig	110	77	70	49
Gebäude für kulturelle Zwecke	≤ 3.500	105	73	100	70
	> 3.500	80	56	50	35

<sup>1</sup> voraussichtliche Zielgrößen nach EnEV 2012

## 16 WÄRMEBEDARF

## BERECHNUNG: WITTERUNGSBEREINIGUNG

## Witterungsbereinigung

Die Witterungsbereinigung ermöglicht den Vergleich des Heizenergieverbrauchs an unterschiedlichen Standorten mithilfe von Klimafaktoren.

 $e_{Vhb,12mth}$ 

witterungsbereinigter Energieverbrauchs-kennwert Heizung

→S.14  $E_{Vh,12mth}$

Energieverbrauchsanteil für Heizung

→T2  $f_{Klima,12mth}$

Der Klimafaktor berücksichtigt die verschiedenen klimatischen Einflüsse.

 $A_{NGF}$ 

Nettogrundfläche

→T1  $e_{Vb,12mth}$

witterungsbereinigter Energieverbrauchs-kennwert Heizung und Warmwasser (T1 zeigt Vergleichswerte)

→S.14  $E_{VWW,12mth}$

Energieverbrauchsanteil für die zentrale Warmwasserbereitung

Beispiel: → S. 14

## Witterungsbereinigter Energieverbrauchs-kennwert Heizung

$$e_{Vhb,12mth} = E_{Vh,12mth} \cdot f_{Klima,12mth} / A_{NGF}$$

[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	[kWh/a]	[]	[m <sup>2</sup> ]	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]
$e_{Vhb,12mth}$	=	5.640	·	1,08
			/	160
				=
				38

## Witterungsbereinigter Energieverbrauchs-kennwert Heizung und Warmwasser

$$e_{Vb,12mth} = e_{Vhb,12mth} + E_{VWW,12mth} / A_{NGF}$$

[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	[kWh/a]	[m <sup>2</sup> ]	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]
$e_{Vb,12mth}$	=	38	+	1.920
			/	160
				=
				50

$e_{Vb,12mth}$	<	56
		[kWh/(m <sup>2</sup> a)]

Dieses Gebäude würde nach Abgleich mit Vergleichswerten aus T1 den Anforderungen der EnEV gerecht werden.

T2

**Klimafaktoren  $f_{\text{Klima, 12mth}}$**

Aachen	1,20
Berlin	1,15
Bremen	1,12
Dresden	1,17
Düsseldorf	1,24
Erfurt	1,00
Frankfurt/Main	1,21

Hamburg	1,11
Hannover	1,12
Hof	0,90
Karlsruhe	1,25
Leipzig	1,12
Magdeburg	1,16
Nürnberg	1,05

Potsdam	1,11
Rostock	1,15
Saarbrücken	1,08
Schwerin	1,08
Stuttgart	1,08
Sylt	1,17
Trier	1,13

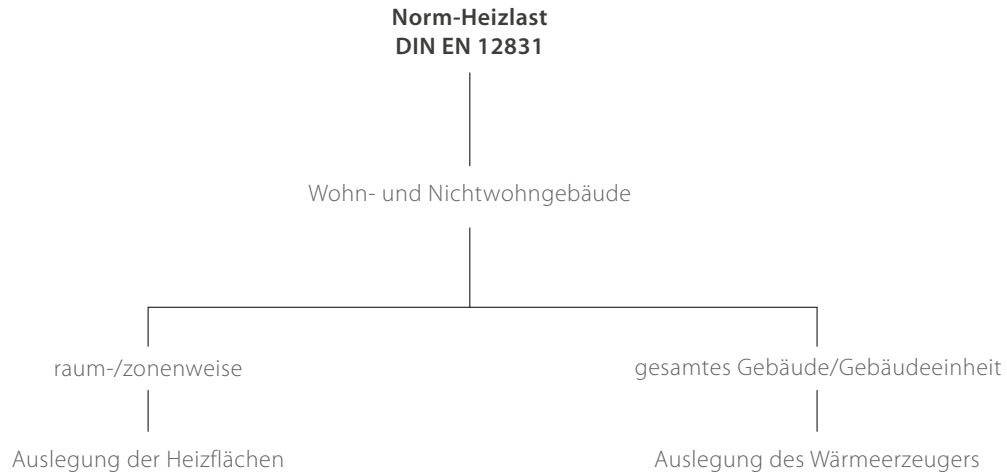
T3

**Heizwerte  $H_i$  von Energieträgern**

Energieträger	Mengeneinheit	Heizwert $H_i$ (Energieinhalt)
Rapsöl	[l]	7 kWh/l
leichtes Heizöl EL	[l]	10 kWh/l
schweres Heizöl	[kg]	10,9 kWh/kg
Biogas	[m <sup>3</sup> ]	4–7,5 kWh/m <sup>3</sup> <sup>4</sup>
Erdgas H	[m <sup>3</sup> ]	10 kWh/m <sup>3</sup>
	[kWh (HS)] <sup>1</sup>	0,9 kWh/kWh (HS) <sup>1</sup>
Erdgas L	[m <sup>3</sup> ]	9 kWh/m <sup>3</sup>
	[kWh (HS)] <sup>1</sup>	0,9 kWh/kWh (HS) <sup>1</sup>
<sup>1</sup> HS: Brennwert (oberer Heizwert)		
<sup>2</sup> abhängig von Holzart und Feuchtegehalt		

Energieträger	Mengeneinheit	Heizwert $H_i$ (Energieinhalt)
Stadtgas	[m <sup>3</sup> ]	4,5 kWh/m <sup>3</sup>
	[kWh (HS)] <sup>1</sup>	0,9 kWh/kWh (HS) <sup>1</sup>
Flüssiggas	[kg]	13,0 kWh/kg
Holz (lufttrocken)	[kg]	4,1 kWh/kg <sup>2</sup>
Holzpellets	[kg]	5 kWh/kg
Holz hackschnitzel	SRm <sup>3</sup>	650 kWh/SRm <sup>2,3</sup>
Braunkohle	[kg]	5,6 kWh/kg
Steinkohle	[kg]	8 kWh/kg
<sup>3</sup> SRm: Schüttraummeter		
<sup>4</sup> abhängig vom Methangehalt		

Für Wärmepumpen ist anstelle des Heizwertes  $H_i$  die Jahresarbeitszahl  $\beta$  erforderlich. Sie gibt das Verhältnis des Jahresertrags an Heizarbeit in [kWh/a] zur aufgewendeten Antriebs- und Hilfsenergie in [kWh/a] an. Der Wert sollte mindestens 3,5 betragen.



**Bezugsgröße der Heizlastberechnung  
ist die Norm-Außentemperatur des  
Referenzortes (z.B. Aachen -12 °C).**

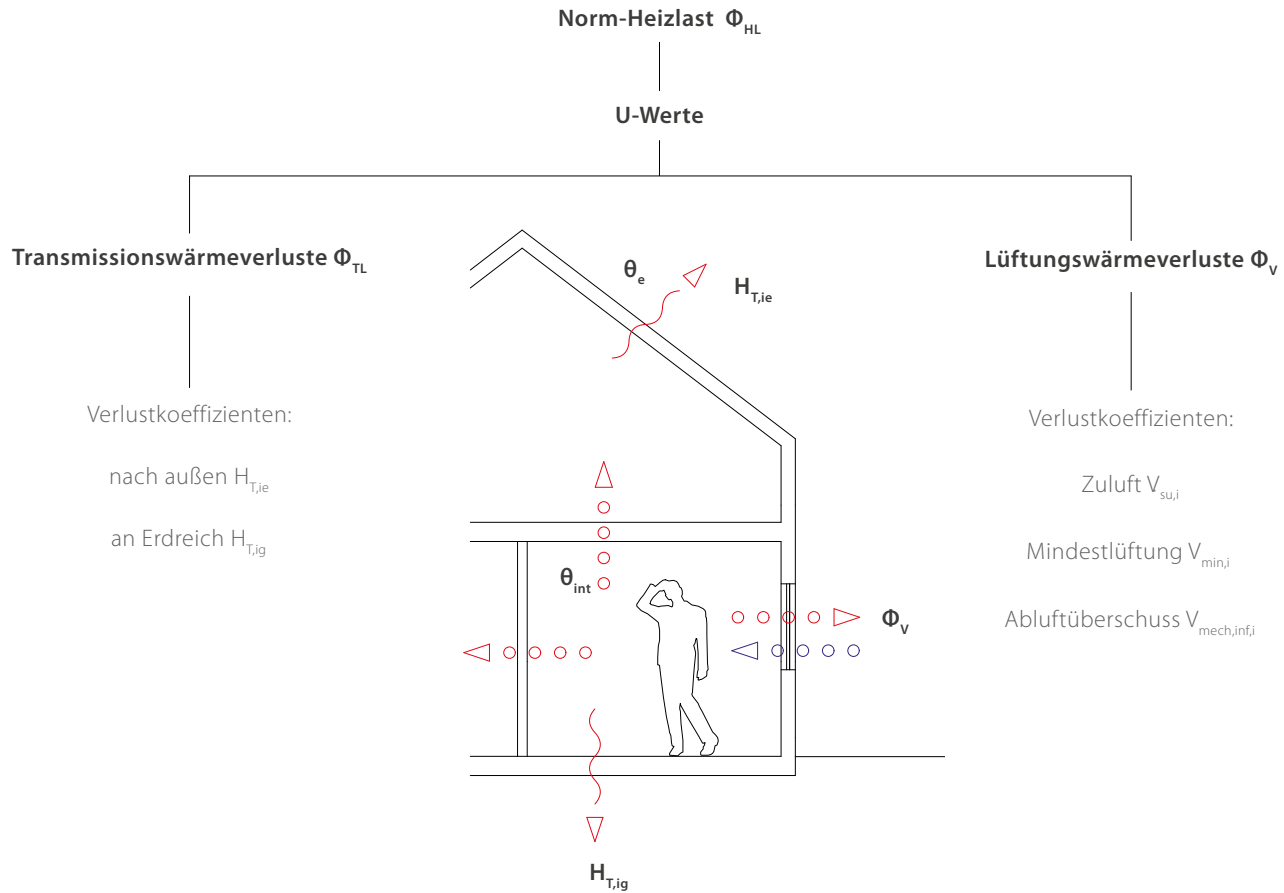
### Norm-Heizlastberechnung

Die Norm-Heizlastberechnung ermittelt die Wärmemenge (= Wärmebedarf), die dem Gebäude vom Heizsystem zur Verfügung gestellt werden muss, um die gewünschte Raumtemperatur zu erhalten.

### DIN EN 12831

Diese Norm definiert das Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Wärmezufuhr, die notwendig ist, um sicherzustellen, dass bei der lokal gültigen Norm-Außentemperatur die erforderliche Norm-Innentemperatur erreicht wird.





### Norm-Heizlast

Die Norm-Heizlast  $\Phi_{HL}$  wird berechnet, um Heizanlagen (z.B. Kessel) und Heizflächen auszulegen. Zur Auslegung der Heizanlage werden, unter Berücksichtigung von  $\theta_e$  (Außentemperatur) und  $\theta_{int}$  (Innentemperatur), nur Verluste nach außen, nicht aber zu Nachbarräumen, berücksichtigt. Zur Auslegung der Heizflächen erfolgt die Berechnung raumweise.

### Transmissionswärmeverluste

Transmissionswärmeverluste  $\Phi_{TL}$  sind die Energieverluste, die über Wärmeleitung durch Gebäudebauteile wie Wände, Fenster, Dach oder an das Erdreich grenzende Flächen verlorengehen.

### Lüftungswärmeverluste

Als Lüftungswärmeverluste  $\Phi_V$  werden die Energieanteile bezeichnet, die durch Fensterlüftung, Bauteilfugen oder durch mechanische Lüftung an die Umwelt abgegeben werden.

20 WÄRMEBEDARF

**BERECHNUNG: U-WERT**

→T5

**U**  
Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) kennzeichnet die thermische Qualität von Bauteilen. (T5 zeigt Höchstwerte nach EnEV)

**R<sub>T</sub>**  
Wärmedurchgangswiderstand gesamt

→T4

**R<sub>si</sub>**  
innerer Wärmeübergangswiderstand

**R<sub>n</sub>**  
Wärmedurchgangswiderstand der Einzelschichten

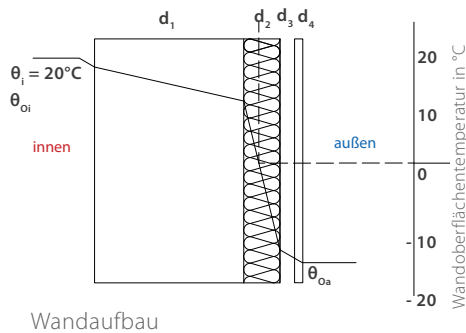
→T4

**R<sub>se</sub>**  
äußerer Wärmeübergangswiderstand

**d<sub>n</sub>**  
Schichtdicke der Einzelschichten

→T6

**λ<sub>n</sub>**  
Wärmeleitfähigkeit der Einzelschichten



Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

$$U = 1 / R_T$$

[W/(m²K)]      []      [m²K/W]

Wärmedurchgangswiderstand

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

[m²K/W]      [m²K/W]

$$R_n = d_n / \lambda_n$$

[m²K/W]      [m]      [W/(mK)]

Beispiel:

Außenwand 25 cm Stahlbeton ( $d_1$ ), 10 cm Dämmschicht ( $d_2$ ), 4 cm Luftschicht ( $d_3$ ), 1,3 cm Faserzement ( $d_4$ )

$$R_T = 0,13 + 0,25 / 2,33 + 0,1 / 0,03 + 0,04 / 0,0261 + 0,013 / 0,48 + 0,04 = 5,17$$

[m²K/W]

$$U = 1 / 5,17 = 0,19 < 0,28$$

[ ]      [m²K/W]      [W/(m²K)]      [W/(m²K)]

Diese Wand wird nach Abgleich mit Höchstwerten aus T5 den Anforderungen der EnEV gerecht.

Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$ 

	Richtung des Wärmestroms			Bauteile		
	aufwärts (Dach)	horizontal (Wand)	abwärts (FB an Außenluft)	Außentür/Fenster	AW an Erdreich	FB an Erdreich
$R_{si}$ [ $m^2K/W$ ]	0,1	0,13	0,17	0,13	0,13	0,17
$R_{se}$ [ $m^2K/W$ ]	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,00

In Fällen, in denen von der Richtung des Wärmestroms unabhängige Werte gefordert werden oder die Richtung des Wärmestroms variieren kann, wird empfohlen, die Werte für den horizontalen Wärmestrom zu verwenden.

Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_{max}$  (Referenzgebäude) lt. EnEV 2009

Bauteil	Zonen mit Innentemperaturen $\geq 19^\circ C$	Zonen mit Innentemperaturen von 12 bis $< 19^\circ C$
	maximaler Wärmedurchgangskoeffizient $U_{max}$ [ $W/(m^2K)$ ]	
Außenwände, Geschossdecke gegen Außenluft	0,28	0,35
Vorhangfassade	1,40	1,90
Bodenplatte	0,35	0,35
Außenwand gegen Erdreich, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	0,35	0,35
Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten	0,20	0,35
Lichtkuppeln	2,70	2,70
außenliegende Fenster, Fenstertüren	1,30	1,90
Außentüren	1,80	2,90

Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  verschiedener Baustoffe

Baustoff	$\lambda$ [ $W/(mK)$ ]	Baustoff	$\lambda$ [ $W/(mK)$ ]
Dämmstoffe	0,03–0,045	Aluminium	221
Luft	0,0261	Zink	110
Wärmedämmputz	0,20	Glas	0,76
Gipsputz	0,35	Holz	0,15
Zementputz, -estrich, Kies	1,40	Faserzement	0,48
Gipskarton	0,21	Lehm	0,47–0,93
Stahlbeton	2,33	Ziegelmauerwerk	0,50

## 22 WÄRMEBEDARF

## BERECHNUNG: TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUSTE

$\Phi_{T,i}$   
Norm-Transmissionswärmeverlust

$H_{T,i}$   
Transmissionswärme-Verlustkoeffizient

→T8  $\theta_{int,i}$   
Norm-Innentemperatur des beheizten Raums (i)

→T7  $\theta_e$   
Norm-Außentemperatur (e)

$H_{T,ie}$   
Transmissionswärme-Verlustkoeffizient zwischen beheiztem Raum (i) und der äußeren Umgebung (e)

→S. 24  $H_{T,ig}$   
stationärer Transmissionswärme-Verlustkoeffizient zwischen beheiztem Raum (i) und Erdreich (g)

**A**  
Fläche des Bauteils

→S. 20 **U**  
Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils

$\Delta U_{WB} = f_c$   
Wärmebrückenzuschlag  
→ 0,05 W/(m<sup>2</sup>K)

**Ausschlaggebend sind in der Regel nur die Verluste nach außen und ans Erdreich. Verluste zu Nachbarräumen sind vernachlässigbar.**

**Beispiel: Aachen, Bürogebäude, nicht unterkellert, Büroraum EG**  
Höhe 3 m, NGF 20 m<sup>2</sup> (4 x 5 m), natürliche Lüftung,  
Außenwand 15 m<sup>2</sup>, U = 0,19 W/(m<sup>2</sup>K),  $U_{Bodenplatte} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Norm-Transmissionswärmeverlust

$$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

[W]                      [W/K]                      [K]                      [W]

$$\Phi_{T,i} = 5,32 \cdot [20 - (-12)] = 170,24$$

## Transmissionswärme-Verlustkoeffizient

$$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ig}$$

[W/K]                      [W/K]                      [W/K]                      [W/K]

$$H_{T,i} = 3,6 + 1,72 = 5,32$$

## Verlustkoeffizient nach außen (Wärmebrücken)

$$H_{T,ie} = A \cdot (U + \Delta U_{WB})$$

[W/K]                      [m<sup>2</sup>]                      [W/(m<sup>2</sup>K)]                      [W/K]

$$H_{T,ie} = 15 \cdot (0,19 + 0,05) = 3,6$$

**Norm-Außentemperaturen  $\theta_e$  für deutsche Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern und Jahresmittel der Außentemperatur  $\theta_{m,e}$  (Auszug)**

Ort	Klimazonen nach DIN 4710	Norm-Außentemperatur $\theta_e$ [°C]	Jahresmittel der Außentemperatur $\theta_{m,e}$ [°C]
Aachen	5	-12	8,1
Berlin	4	-14	9,5
Blankenburg/Harz	3	-14	8,5
Cuxhaven	1	-10	9,0
Düsseldorf	5	-10	8,1
Frankfurt/Main	12	-12	10,2
Frankfurt/Oder	4	-16	9,5
Freiburg i. Br.	12	-12	10,2
München	13	-16	7,9
Rostock	2	-10	8,4

**Norm-Innentemperaturen  $\theta_{int,i}$  (Auszug)**

Raum	Norm-Innentemperatur $\theta_{int,i}$ [°C]
Wohn und Schlafräume, Hotelzimmer	+20
Büroräume, Sitzungsräume, Ausstellungsräume, Haupttreppenräume	+20
Verkaufsräume und Läden allgemein	+20
Theater- und Konzerträume, Unterrichtsräume	+20
Bade- und Duschräume, Bäder, Umkleideräume	+24
WC-Räume	+20
beheizte Nebenräume (Flure, Treppenhäuser)	+15
unbeheizte Nebenräume (Keller, Treppenhäuser, Abstellräume)	+10

24 WÄRMEBEDARF

**BERECHNUNG: WÄRMEVERLUST AN ERDREICH**

**H<sub>T,ig</sub>**  
stationärer Transmissionswärme-Verlustkoeffizient vom beheizten Raum an das Erdreich

**A**  
Fläche des Bauteils, die das Erdreich berührt

**→T10** **U<sub>equiv</sub>**  
**→T11** äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient (ergibt sich aus B')

**→T9** **G<sub>w</sub>**  
Korrekturfaktor für den Einfluss des Grundwassers

**f<sub>g1</sub>**  
Korrekturfaktor für die jährliche Schwankung der Außentemperatur  
→ vereinfacht mit 1,45 angenommen

**f<sub>g2</sub>**  
Temperaturkorrekturfaktor für erdreichberührte Bauteile

**→T8** **θ<sub>int,i</sub>**  
Norm-Innentemperatur des beheizten Raums

**→T7** **θ<sub>m,e</sub>**  
Jahresmittel der Außentemperatur, ortsabhängig

**→T7** **θ<sub>e</sub>**  
Norm-Außentemperatur

**B'**  
Parameter für Grundfläche/Umfang

**T9** **A<sub>g</sub>**  
Grundfläche des Raums oder Gebäudes

**P**  
Umfang der Bodenplatte, der an die äußere Umgebung grenzt, bezogen auf den beheizten Raum oder das beheizte Gebäude. Innenmaße verwenden!

Beispiel: → S. 22

**Verlustkoeffizient an Erdreich**

$$H_{T,ig} = A \cdot U_{equiv} \cdot G_w \cdot f_{g1} \cdot f_{g2}$$

[W/K]      [m²]      [W/(m²K)]      []      []      []

$$H_{T,ig} = 20 \cdot 0,16 \cdot 1,0 \cdot 1,45 \cdot 0,37 = 1,72$$

Die Außenwand ist nicht mit dem Erdreich in Kontakt.

**Temperaturkorrekturfaktor**

$$f_{g2} = (\theta_{int,i} - \theta_{m,e}) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

[]      [K]      [K]      []

$$f_{g2} = (20 - 8,1) / [20 - (-12)] = 0,37$$

**Parameter B'**

$$B' = A_g / 0,5 / P$$

[m]      [m²]      [m]      [m]

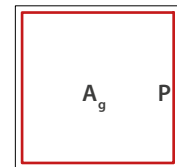
$$B' = 20 / 0,5 / 5 = 8$$

Abgleich mit **T10** : U<sub>equiv</sub> = 0,33 [W/(m²K)]

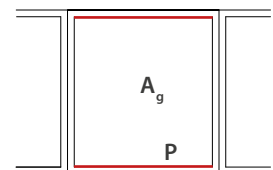
**T9** **Korrekturfaktor G<sub>w</sub>**

Abstand Grundwasserspiegel zur Fundamentplatte	G <sub>w</sub> []
≥ 3 m	1,00
< 3 m	1,15

**Einzelgebäude**



**Reihenhaus**

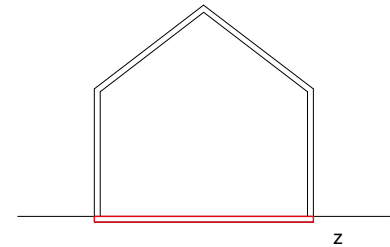


ÄQUIVALENTE U-WERTE

T10

Äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient  $U_{equiv}$  nicht unterkellerter Gebäude

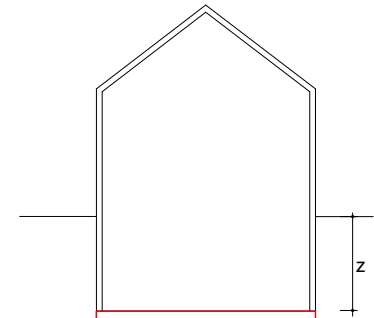
B' [m]	$U_{equiv}$ [W/(m <sup>2</sup> K)] , z = 0 m				
	$U_{Bodenplatte}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]				
	ohne Dämmung	2,0	1,0	0,5	0,25
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17
8	0,55	0,41	0,33	0,25	0,16
10	0,47	0,36	0,30	0,23	0,15
12	0,41	0,32	0,27	0,21	0,14
14	0,37	0,29	0,24	0,19	0,14
16	0,33	0,26	0,22	0,18	0,13
18	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12
20	0,28	0,22	0,19	0,16	0,12



Äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient  $U_{equiv}$  unterkellerter Gebäude

T11

B' [m]	$U_{equiv}$ [W/(m <sup>2</sup> K)] , z = 3 m				
	$U_{Bodenplatte}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]				
	ohne Dämmung	2,0	1,0	0,5	0,25
2	0,63	0,46	0,35	0,24	0,14
4	0,51	0,40	0,33	0,24	0,14
6	0,43	0,35	0,29	0,22	0,14
8	0,37	0,31	0,26	0,21	0,14
10	0,32	0,27	0,24	0,19	0,13
12	0,29	0,25	0,22	0,18	0,13
14	0,26	0,23	0,20	0,17	0,12
16	0,24	0,21	0,19	0,16	0,12
18	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11
20	0,21	0,18	0,16	0,14	0,11





Michael Hayner, Jo Ruoff, Dieter Thiel

**Faustformel Gebäudetechnik**  
für Architekten

Paperback, Klappenbroschur, 152 Seiten, 21,0 x 21,0 cm  
ISBN: 978-3-421-03739-8

DVA Architektur

Erscheinungstermin: Mai 2010

### Heizen Lüften Kühlen

Die technische Auslegung von Gebäuden gewinnt ständig an Bedeutung. In der Folge ändert sich das Tätigkeitsfeld des Architekten, der die technischen Aspekte in zunehmendem Maße als integrale Elemente des Entwurfs verstehen muss. Das Buch „Faustformel“ bietet dem Architekten ein praxisbezogenes Hilfsmittel, um mit Schaubildern, überschlägigen Rechnungen und Tabellen die wesentlichen Kenngrößen einfach und schnell zu ermitteln und auf Augenhöhe mit den Fachingenieuren zu kommunizieren. So können die technischen Elemente frühzeitig in den architektonischen Entwurf einfließen und Teil eines ganzheitlichen Gebäudekonzepts werden.

- Hochaktuelles Thema: Energiebilanz von Gebäuden
- Das Wichtigste in Kürze, veranschaulicht anhand von Tabellen, Übersichten und Schaubildern
- Mit Produktkatalog, Musterhausanwendung und Typologien



[Der Titel im Katalog](#)