

Postleitzahl  Wetterstation  Jahr  Start

ausgewählte Station: Fritzlar

Innentemperatur

Heizgrenztemperatur

# Anwendung der Gradtagzahlen

Zone 8 nach DIN V 4108-6:2003

AbgröÙe



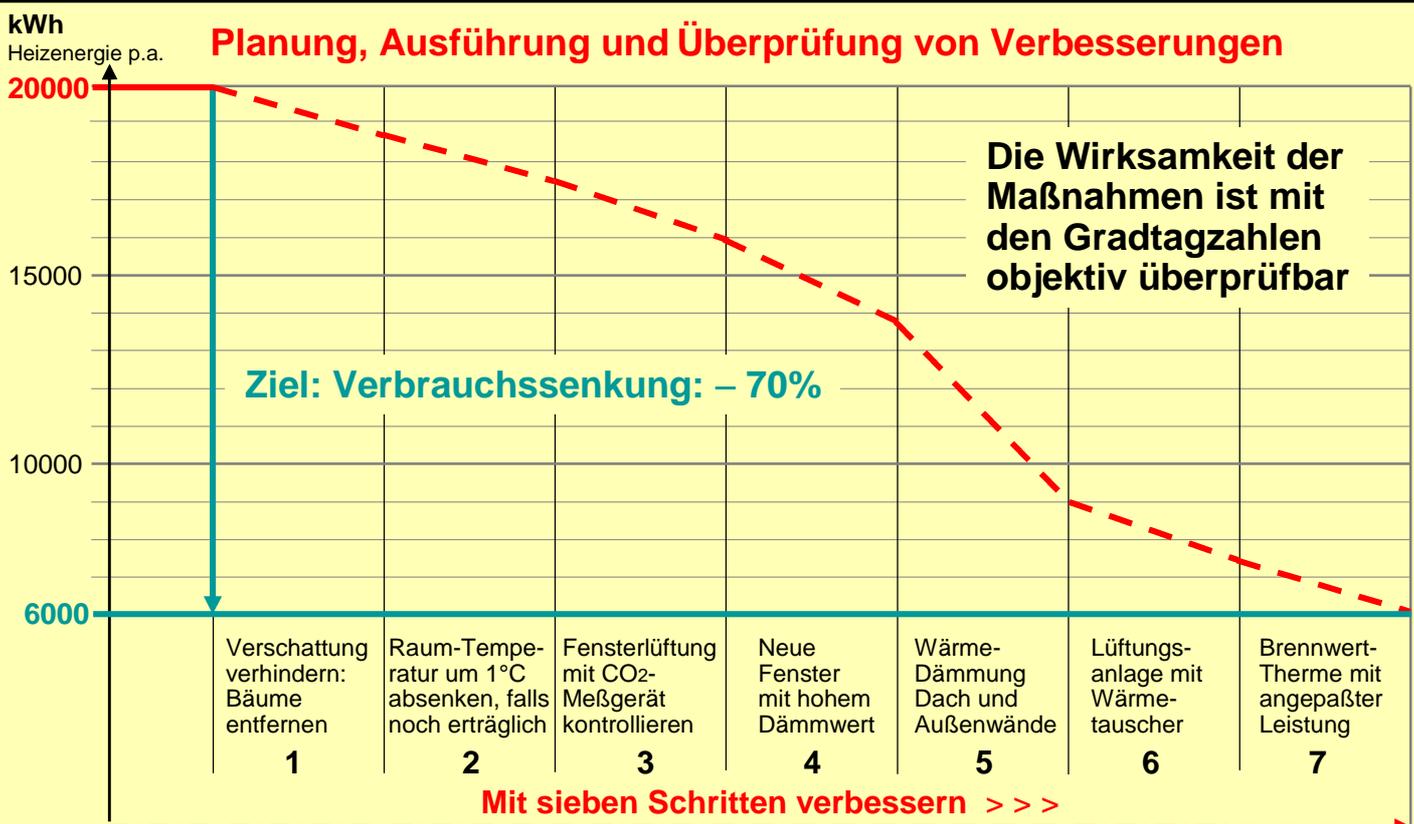
Monat	2010/2011			
	Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp. an Heiztagen
	G22,4/12 [Kd]	Heiztage [d]		
Mai 2010	281	21	10,7	9,0
Juni 2010	32	3	16,5	11,8
Juli 2010	0	0	20,2	
August 2010	12	1	16,8	10,2
September 2010	127	10	12,5	9,8
Oktober 2010	388	25	8,3	6,9
November 2010	467	26	5,7	4,4
Dezember 2010	810	31	-3,7	-3,7
Januar 2011	642	31	1,7	1,7
Februar 2011	584	28	1,6	1,6
März 2011	530	31	5,3	5,3
April 2011	168	13	11,9	9,4
Jahr	4040	220	9,0	4,0

Monat	langjähriges Mittel *			
	Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp. an Heiztagen
	G22,4/12 [Kd]	Heiztage [d]		
Mai	134	11	13,4	9,6
Juni	35	3	16,7	11,0
Juli	1	0	18,7	11,7
August	2	0	18,0	11,0
September	100	8	13,8	10,3
Oktober	331	23	9,5	8,0
November	486	29	5,9	5,6
Dezember	661	31	1,0	1,0
Januar	667	31	0,9	0,9
Februar	576	28	2,0	2,0
März	534	30	4,9	4,7
April	317	22	9,6	7,9
Jahr	3846	216	9,6	4,6

## Die Bewertung des Heizenergieverbrauchs mit den Gradtagzahlen GTZ

Prüfung der Wirksamkeit von Verbesserungen  
Einfache Leistungsbestimmung für neue Heizgeräte

- Gradtagzahlen vom IWU und DWD
- Verbesserungen Haustechnik
- Beispielrechnungen zur GTZ-Anwendung
- Meßgeräte für die Kontrolle



# Die Bewertung des Heizenergieverbrauchs mit den Gradtagzahlen GTZ

## Inhalt

	Seite
<b>Die Anwendung der Gradtagzahlen GTZ</b>	<b>1 - 13</b>
Warum heizen ? Die Hütten der Bronzezeit	1
Gebäudeklassifizierung, Energieeffizienz	2
Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung	2
Der Heizbedarf von Gebäuden / Heizkurve	3
Definition GTZ und die „Theorie“ zu den GTZ	4 - 5
Die GTZ von 1970 bis 2006 im Vergleich	5
Deutscher Wetterdienst DWD → GTZ	6
Institut Wohnen und Umwelt IWU → GTZ	7
Der individuelle Hausverlust $Q_{H\text{spezifisch}}$ in W/K	8
Die spezifische Flächenlast $Q_{A\text{spezifisch}}$ in W/Km <sup>2</sup>	8, 14+15
Die Anwendung der GTZ	8
<b>Beispiele: Haus A und Haus B</b>	<b>9 - 13</b>
Beispiel A: Einfamilienhaus Baujahr 1978	9
Leistungsbestimmung von neuen Heizkesseln	10
Beispiel B: Niedrigenergiehaus Baujahr 1980	11 - 13
Lüftungsverluste zum Haus B	12
<b>Energieausweis</b> – mit Ergänzung: $Q_{A\text{spezifisch}}$	<b>14 + 15</b>
<b>Meßgeräte für den Haushalt</b>	<b>16 + 17</b>
Multimeter, Energiezähler, Ölzähler	16
Thermometer, Luxmeter, CO <sub>2</sub> -Sensor	17
<b>Reduzierung des Heizenergieverbrauchs</b>	<b>18 - 26</b>
Die 7 Schritte zur Verbrauchssenkung	18
Verkürzte Wärmebedarfsberechnung	19
Wärmeschutz Gebäude / Fenster	20 - 22
Heizgeräte / Auswahl Heizthermen	23 - 24
Luft – Lüften – Kontrollierte Lüftung	25 - 27

## Hinweise zu dieser Broschüre

Die Broschüre möchte dem Leser die unkomplizierte Nutzung der Gradtagzahlen zur Bewertung des Heizenergieverbrauchs und insbesondere zur Kontrolle von energetischen Verbesserungen nahebringen.

Für die Berechnungen genügt ein einfacher Taschenrechner.

Ich danke dem Institut Wohnen und Umwelt (IWU) in Darmstadt für zahlreiche Hinweise in seinen Broschüren und besonders für die jährliche Veröffentlichung der Gradtagzahlen mit der nützlichen Eingabemöglichkeit individueller Parameter. Damit wird eine einfache Anwendung der GTZ möglich.

Die Broschüre ist mit den Abschnitten zu den GTZ und zu Themen der Haustechnik und Wärmeschutz ein Extrakt aus meinem Buch „Der Energieverbrauch und seine Folgen“ (im Buchhandel nicht erhältlich).

Das Buch und die daraus extrahierten Broschüren dienen gemeinnützigen Zwecken.

**Autor:**  
Jürgen Saatweber

[juergen@saatweber.de](mailto:juergen@saatweber.de)

Fotos: Wikipedia / Wikimedia,  
IWU und Produkthersteller

**Rev. Z Febr. 2014** (Rev. A März 2004)

## Anstelle eines Vorworts:

### Warum müssen wir überhaupt unsere Häuser heizen? Eine dumme Frage?

Uns Menschen wuchs das Gehirnvolumen im Laufe der Millionen Jahre unserer Entwicklung, dafür verloren wir unser Fell. Das Gehirn half uns aber bei der Entwicklung von Ersatz-Fellen, die später als „Wintermode“ oder heute von den „Outdoor“-Ausrüstern als „Climate Clothing Systems“ angeboten werden. Aber auch ohne „outdoor clothing system“ schützen wir unseren Körper im Winter erfolgreich mit wärmedämmender Kleidung und können uns so ausgerüstet problemlos „vor der Tür“ bei -20°C und Kälte stundenlang bewegen, zumal unsere inneren „Brennstoffzellen“ eine Wärme-



leistung von  $\varnothing 100\text{W}$  haben. Würden wir uns nackt bei 0°C draußen aufhalten (max. 3 Minuten!), entspricht die Wärmeabgabe über die Haut ( $\sim 2\text{ m}^2$  Oberfläche) der Energieeffizienzklasse H-I der ungedämmten Altbauten (s. Tabelle Seite 2). Es wäre doch naheliegend gewesen, die Häuser nicht nackt herumstehen zu lassen, sondern mit einer wärmeschützenden Hülle auszustatten. Materialien dazu gibt es seit Jahrtausenden – damals Naturprodukte wie Heu oder Stroh, später Glaswolle und seit über 40 Jahren verschiedene Schaumstoffe der Chemie.

Unsere Eltern und Großeltern mußten in den Weltkriegen lernen, in weitgehend unbeheizten und nicht wärmege-

dämmten Häusern zu leben. Die Familie konnte sich für ein paar Stunden am Küchenherd aufwärmen – die einzige Heizquelle, falls Holz vorhanden war. Wir erlitten als Kinder frierend die Winter am Ende und nach dem 2. Weltkrieg.

Der Wiederaufbau der zerbombten Städte begann 1946 über Jahrzehnte ohne aus den Erfahrungen gelernt zu haben und ohne die Empfehlungen der Bauphysiker anzuwenden, die nicht nur einen wirksamen Wärmeschutz empfahlen sondern auch die recht einfachen Rechenverfahren zur Bestimmung seiner Dimensionierung bereitgestellt hatten.

### Unsere Vorfahren der Bronzezeit waren vor 3500 Jahren kluge Bauherren

Text und Bild aus:  
Hessische Energiespar-Aktion  
[www.energiesparaktion.de](http://www.energiesparaktion.de)



Im hessischen Langenselbold wurde 2009 eine abgebrannte Siedlung ausgegraben, datiert aus der Bronzezeit vor 3500 Jahren. Als einschichtiges Flechtwerk stellte man sich die Wände der Bronzezeit nämlich bisher vor, und so wurden sie in vielen Lehrbüchern dargestellt. Der Befund war konserviert durch Spuren im hartgebrannten Lehm, mit dem das Flechtwerk beworfen war. Die Wände der Hütten bestanden aus zwei mit Abstand voneinander aufgesetzten Flechtwänden und dazwischen hatte man Heu eingestopft, etwa 10 cm dick. Das Heu war verbrannt, die Abdrücke der Halme im hartgebrannten Lehm bewiesen auf die Spur der Energiesparwand aus der Bronzezeit.

Das Schadfeuer, das die Siedlung vernichtete, erhielt den Lehm bewurf bis heute. Ein Glücksfall für die hessischen Archäologen, denn nun konnten sie eine genauere Vorstellung darüber gewinnen, wie man vor 3500 Jahren gelebt hat. Es ist äußerst plausibel, daß die Wände damals schon gut dämmten: In unserem

Klima hätte über lange Zeiten im Winter in den Hütten Frost geherrscht.

Mit der 10 cm dicken Grasfüllung ist der Wärmeschutz verblüffend gut. Der U-Wert liegt zwischen 0,5 und 1,0 W/m<sup>2</sup>K, je nachdem, wie fest das Gras eingestopft wurde, und ob es feine oder grobe Grashalme waren. „Mit einer gewissen Demut sollten wir feststellen, diese Qualität wurde erst 1995 mit der damaligen Wärmeschutzverordnung wieder erreicht. Der Fortschritt führt uns also manchmal nur wieder zu Bewährtem aus der Vergangenheit zurück“, sagt Werner Eicke-Hennig von der Hessischen Energiespar-Aktion.

In den Jahrtausenden dazwischen wurde der Wärmeschutz der Wände wieder schlechter. Vier- bis sechsmal schlechter bei der Fachwerkwand, die Vollziegelwand war immer noch dreimal schlechter als die bronzeitliche Energiesparwand. Diese zeigt: Bauen mit der Natur und nicht gegen sie, führt in unserem Klima zu einem guten Wärmeschutz aller Bauteile.

Die bronzeitlichen Menschen werden im Rahmen ihrer Möglichkeiten so gebaut haben, wie es ihnen gut tat. Wenn man in der Bronzezeit schon bei 10 cm Grasdämmstoff angelangt war, wie viel mehr können wir heute tun: Unsere Dämmstoffe sind haltbarer und dämmen besser, wir besitzen dauerhaftere Techniken und gute Werkzeuge aus Eisen und Stahl.

**Wohngebäudearten mit Klassifizierung der Energieeffizienz nach IWU**

Es ist sinnvoll, die Wohngebäude in Verbrauchsklassen ähnlich den Hausgeräten einzuteilen. Eine eindeutige und allgemein verständliche Angabe zur energetischen Qualität eines Gebäudes ist die Angabe der spezifischen Flächenlast  $Q_{A\text{spezifisch}}$  in  $W/K \cdot m^2$ .

**Der Wärmebedarf (Heizlast) und die Heizkosten (2004) verschiedener Wohngebäude**

Gebäudeart Klassifizierung nach IWU	Heizlast $W / m^2$ bei $T_{\text{innen}} = 20\text{ °C}$ $T_{\text{außen}} = -10\text{ °C}$ $\Delta t = 30K$	Spezifische Flächenlast $Q_{A\text{spezifisch}}$ $W/K \cdot m^2$ mit 4 Stellen hinter dem Komma angeben	Verbrauch $kWh / m^2$ (2004) bei 3203 Kd $T_{\text{innen}} = 21,5\text{ °C}$ Heizgrenztemperatur = $12\text{ °C}$	Heizkosten $€ / m^2 \cdot a$ (2004) ohne: Grundpreis + Warmwasser	Energieeffizienz Klassifizierung mit Energie-Label
Altbau, schlecht	150	5,XXXX	384,4	17,11	I
Altbau, Standard	120	4,XXXX	307,5	13,68	H
Altbau, teilweise verbessert	90	3,XXXX	230,6	10,26	G
Altbau, weiter verbessert	75	2,5XXX	192,2	8,55	F
Neubau 80er / 90er Jahre	60	2,XXXX	153,7	6,84	E
Neubau nach EnEV 2002 (Durchschnitt)	45	1,5XXX	115,3	5,13	D
„Niedrigenergiehaus“	30	1,XXXX	76,87	3,42	C
Unser Haus Baujahr 1980 *	22	0,7167	59,53	2,65	B
„3 – Liter – Haus“	21	0,7XXX	53,8	2,39	B
„Passiv“- Haus	15	0,5XXX oder erheblich weniger	38,4 auch Werte < 15 kWh/m <sup>2</sup> a	1,71	A



\* Unser Wohnhaus wurde 1979 vom Bauträger „konventionell“ geplant aber so nicht ausgeführt. Das Ziel unserer Änderungen war die Reduzierung der Wärmeverluste. Hierzu waren Rechnungen zum Wärmebedarf und die Auswahl geeigneter Maßnahmen notwendig. Fachkenntnisse besaßen wir nicht - aber einen Taschenrechner, Bleistift, Papier und den Entwurf zu der Norm DIN 4701 (Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs, März 1978).

Seit August 2003 gilt zur Berechnung der Norm-Heizlast die DIN EN 12831 mit Beiblatt 1.

Die Anwendung der Norm DIN 4701 lieferte 1979 realistische Ergebnisse.

Es hat sich gezeigt, daß Heizungen nach EN 12831 zu groß ausgelegt werden. Deswegen wurde am 1. Juli 2008 eine Neuausgabe des nationalen Beiblattes veröffentlicht, das die Ergebnisse auf die Werte der alten DIN 4701 absenkt.

Unsere Maßnahmen von 1980, die bereits nach 10 Jahren voll amortisiert waren:

1. Dämmung der Außenwände mit 100 mm Polystyrolplatten (Styropor PS 20 - Selbstmontage)
2. Dachdämmung min. 130 mm (Selbstmontage - nur teilweise fertig!)
3. Dreifach-Verglasung der Fenster
4. Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmetauscher
5. Eine dem Wärmebedarf angepaßte Gas-Heiztherme - gibt es seit 2005 (s. S. 25) Wärmespeicher 1000 l mit Wärmetauschern für Heizung und Warmwasser
6. Vermeidung von Wärmebrücken, z.B. thermisch getrennte Montage der Balkonplatte
7. Dämmung der Rolladenkästen von der Rauminnenseite
8. Rolladenantriebe mit lichtgesteuerter Schließfunktion bei Beginn der Dämmerung
9. Möglichst kein Wohnraum mit Fenster nach Norden
10. Windfangtür zwischen Hauseingang (Norden) und Diele
11. Für Notfälle: Einbindung eines Heizkamins in das hydraulische System der Heizung

**Eine Dämmung mit 10 cm ist heute veraltet.** Die heutige Anforderung an einen wirksamen Wärmeschutz: 12-40cm Neopor oder Polyurethan oder Vakuum-Verbundplatten sowie hochdämmende Fenster und Rahmen. Das graue Neopor reduziert durch Graphitpartikel den infraroten Strahlungsverlust nach außen.

Für Wärmebedarfsberechnungen gibt es seit längeren Jahren nützliche Programme für den PC. Auch kostenlose Programme stehen im Internet bereit, die eine Orientierung geben. Beschreibung in *Energiedepesche* Heft 4, 2012, vom Bund der Energieverbraucher e.V. [www.energieverbraucher.de](http://www.energieverbraucher.de)

- IWU „Kurzverfahren Energieprofil“: <http://tinyurl.com/kurzverfahren> mit zahlreichen links
- Universität Siegen „Casanova“: <http://tinyurl.com/siegencasanova>

Die Deutsche Energie-Agentur (dena) stellt zwei Broschüren zu **Wirtschaftlichkeitsberechnungen** zum kostenlosen Download bereit:  
[dena-Sanierungsstudie. Teil 1. - Publikationen - dena.de](http://dena.de)  
[dena-Sanierungsstudie. Teil 2. - Publikationen - dena.de](http://dena.de)



Teil 1  
Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnungsbestand.



Teil 2  
Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung in selbstgenutzten Wohngebäuden.

## Der Heizbedarf zur Kompensation der Wärmeverluste

### 1. Der Wärmebedarf eines Gebäudes

Bei Gebäuden bestimmen zwei Verlustarten den Gesamtverlust  $Q_{\text{gesamt}}$  und damit die notwendige Heizleistung des Wärmeerzeugers:

**der Transmissionsverlust ( $Q_T$ )** → die Verluste durch die Wände / Dach und Fensterscheiben und

**der Lüftungsverlust ( $Q_L$ )** → die Verluste durch Fenster- und Türfugen oder durch andere Öffnungen sowie der Wärmeverlust durch Fensterlüftung

$Q_{\text{gesamt}} = Q_T + Q_L = QH_{\text{spezifisch}} \cdot \Delta T$  Nach dieser einfachen Gleichung funktioniert im Prinzip auch der Wärmehaushalt des menschlichen Körpers, wobei unser Körper eine Wärmeleistung von 50-150W hat.

### 2. Kennlinien zeigen die Zusammenhänge und erleichtern das Verständnis

Fast alle Autoprospekte enthalten eine Kennlinie zur Leistung oder zum Drehmoment des Motors, die über der Motordrehzahl aufgetragen wird. Der Kraftstoffverbrauch pro 100 km wird zu mindestens zwei Fahr Situationen angegeben; das ist langjährige Praxis.

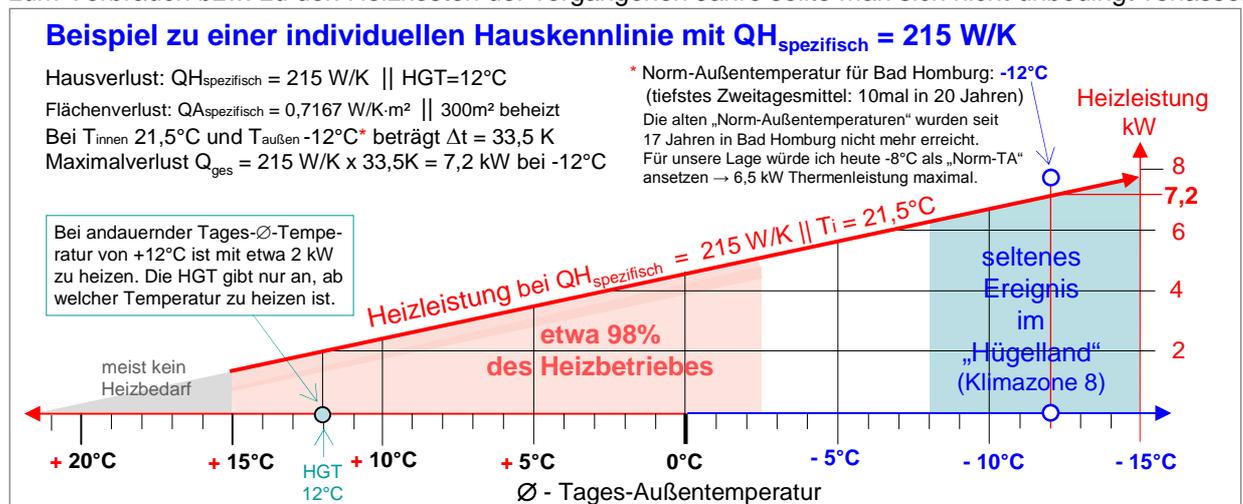
Welche Information zum Wärmebedarf gab oder gibt es für den Interessenten eines Hauses vor dem Kauf oder vor dem Mieten einer Wohnung? - Kaum eine aussagekräftige, obwohl die Kennlinien zum Wärmebedarf besonders einfach zu interpretieren sind: es sind gerade Linien mit linearem Anstieg über der Außentemperatur.

Jahrelang diskutierten die Beamten des zuständigen Ministeriums und die Lobbyisten der Wohnungswirtschaft über das Thema und „saßen“ eine technisch sinnvolle Lösung aus, bis die EU-Behörden in Brüssel „Dampf“ machten:

Ab Jan. 2006 muß nach EU-Recht beim Besitzerwechsel eines Hauses oder Mietobjektes vor der Vertragsunterzeichnung dem Interessenten der **Energieausweis** zu dem Objekt vorgelegt werden, wobei die EU Form und Inhalt nicht festlegte. Mit über 2 Jahren Verzug verordnete die Bundesregierung eine sehr dürftige Regelung zum deutschen Energieausweis ohne eindeutige und vergleichbare Effizienzkennzahlen. Ausweise mit  $QH_{\text{spez.}}$  (Haus) und  $QA_{\text{spez.}}$  (pro  $m^2$  Wohnfläche) wären eindeutig.

**Energieausweise mit Angabe des  $QA_{\text{spezifisch}}$  in  $W/K \cdot m^2$  machen die Gebäude vergleichbar**

Warum gab es die Energieausweise nicht früher? Die Antwort ist einfach: 1. die überwiegende Mehrheit der Käufer / Mieter fragte nicht danach, weil das Grundwissen zu den physikalischen Zusammenhängen fehlte und heute immer noch fehlt, und 2. die Immobilienverbände suchten die Einführung eines technisch aussagekräftigen Energieausweises zu verhindern. Wer als Mieter oder Käufer  $QH_{\text{spez.}}$  kennt und die GTZ-Tabellen des IWU der Vergangenheit nutzt, kann nach Vorlage des Ausweises vor dem Kauf ausrechnen, mit welchem Heizenergieaufwand zu rechnen ist, um die Heizkosten richtig einschätzen zu können, sofern der Ausweis nach dem **technischen Bedarf** erstellt wurde. Auf die Aussagen der meisten Hausverkäufer zum Verbrauch bzw. zu den Heizkosten der vergangenen Jahre sollte man sich nicht unbedingt verlassen.



Die Grafik zeigt den Zusammenhang zwischen der Außentemperatur und dem Bedarf an Heizleistung bei einem sog. Niedrigenergiehaus (s. Seite 2). „Normale“ Wohnhäuser (d.h. die Altbauten bis 2002) haben oft den dreifachen Heizbedarf und mehr. Die Kennlinie verläuft dort mit dreifacher Steilheit. Das hellrot unterlegte Feld entspricht dem Bedarf zu 98% einer Heizperiode, d.h. eine Heiztherme mit 8 kW Leistung wäre noch zu hoch dimensioniert. Zwei kaskadierte Thermen von je  $\approx 3,5 \text{ kW}$  wären optimal. Heizungsanlagen mit optimierter Leistung, d.h. Leistung nicht höher als der Bedarf, sollten während der Heizperiode anlässlich einer Reise nur schwächer eingestellt aber nicht abgeschaltet werden, da das Erwärmen eines ausgekühlten Hauses (z.B.  $10^\circ\text{C}$  unter normaler Zimmertemperatur) mehrere Tage erfordern kann.

## Die Bewertung des Heizenergieverbrauchs mit den Gradtagzahlen GTZ

**Die Gradtagzahlen (GTZ)** sind ein nützlicher Maßstab zur Überprüfung des Heizenergieverbrauchs. Sie geben in Abhängigkeit von der Außentemperatur sowohl die Heiztage (d) im Monat oder Jahr an als auch den Heizbedarf zur Sicherung der gewünschten Raumtemperatur. **Die Verlustleistung** eines Hauses oder einer Wohnung ergibt sich aus dem **Hauskennwert  $QH_{\text{spezifisch}}$  in W/K**, der mit den **GTZ in Kelvin-Tagen (Kd)** multipliziert den witterungsbedingten Ziel-Energiebedarf in **kWh** direkt angibt:

Witterungsbedingter **Heizenergieverbrauch in kWh** = **GTZ [Kd]** ·  **$QH_{\text{spez.}}$  [W/K]**

Details  
Seite 8

Dieser objektive Ziel-Verbrauch dient dem Vergleich mit dem tatsächlichen Verbrauch. Der Nutzen der Gradtagzahlen läßt sich dann voll ausschöpfen, wenn die eigenen Energieverbrauchswerte dokumentiert wurden (Gas, Heizöl, Elektro, Warmwasser). Dann läßt sich der Erfolg technischer Verbesserungen oder durch eine Änderung des Verbrauchsverhaltens objektiv überprüfen. Ab Seite 8 wird der einfache Rechengang anhand von Beispielen gezeigt.

### Der Anwender der GTZ muß deren Erfassung und Berechnung nicht selbst vornehmen

Der **DWD** erfaßt die Witterungsdaten von bis zu 500 Stationen und liefert die GTZ gegen Gebühr. Das **IWU** stellt die GTZ von 42 Meßstationen fertig aufbereitet kostenlos im Internet bereit (s. S. 7). Für die Planung eines Neubaus sind die lokalen GTZ der Vergangenheit von hohem Nutzen, um den Wärmeerzeuger richtig zu dimensionieren oder den Wärmeschutz eines Alt- oder Neubaus zu optimieren. Für Zwischenabrechnungen bei einem Mieterwechsel sind die monatlichen Gradtagzahlen nützlich. Die GTZ sind ortsabhängig stark unterschiedlich, sie gelten nur für jeweils eine Klimazone. Der Standort des Hauses in dieser Klimazone bedingt u.U. leicht abweichende GTZ. Die Gradtagzahlen können naturgegeben immer nur für die Vergangenheit angegeben werden.

Der Begriff „Grad-Tag“ [Kd] ist nicht neu. Die VDI-Richtlinie 2067 behandelt die Gradtagzahlen. Im privaten Bereich werden die Gradtage aber eher selten zur Bewertung des eigenen Heizenergieverbrauchs genutzt. Dies mag mit der ungewohnten Einheit „Grad-Tag“ zusammenhängen, obwohl wir täglich verknüpfte Einheiten problemlos anwenden, wie z.B. km/h für Geschwindigkeit, N·m für Drehmomente, kW·h für Arbeit oder Gramm CO<sub>2</sub>/km für Kraftfahrzeuge.

### Zur „Theorie“ der GTZ - so berechnen der DWD und das IWU die Tabellenwerte

Die GTZ sind das Produkt aus **Temperatur und Zeit**, wobei Randbedingungen zu beachten sind.

**Temperatur:** hier wird nicht die absolute Temperatur in Celsius-Graden sondern die Differenz zwischen zwei Temperaturen benutzt. Temperaturdifferenzen gibt man in Kelvin (K) an. **1K  $\triangleq$  1°C**  
**Zeit:** die Zeit wird in Verbindung mit den GTZ in Tagen **d** (24h) berechnet. Im Fall der GTZ sind es die Tage, an denen geheizt werden mußte.

Die Gradtagzahl hat die Dimension Kd; sie ist das Produkt aus zwei Faktoren:

**Faktor 1** ist die Summe der Heiztage (d).

**Faktor 2** wird aus der Differenz zwischen der  $\emptyset$ -**Innentemperatur** der beheizten Räume und der  $\emptyset$ -**Außentemperatur** an den Heiztagen berechnet. Ein Heiztag war gegeben, wenn die  $\emptyset$ -Außentemperatur unter die Heizgrenztemperatur **HGT** von z.B. 15°C sank - dies bedeutet aber nicht, daß bei andauernden  $\emptyset$  15°C Außentemperatur nicht geheizt werden muß.

Die Temperatur (°C) wird hier mit **T** oder **t** abgekürzt, Temperaturdifferenzen mit  $\Delta T$  in Kelvin (K). Der Wärmeverlust eines Hauses und damit der Energieverbrauch steigt mit der Differenz zwischen der Innentemperatur  $T_{\text{innen}}$  und der Außentemperatur  $T_{\text{außen}}$ .  
 Z.B.  $T_{\text{innen}}$  20°C,  $T_{\text{außen}}$  - 8°C, die Summe der Absolutwerte ergibt die Temperaturdifferenz  $\Delta T = 28K$ .

<p><b>Berechnung der Gradtagzahlen *</b> - auch Gradtagszahl genannt -</p> $GTZ = \sum_{1}^n HT \cdot (T_i - T_a)$ <p>* als Gradtag zählen nur die Tage, an denen die <math>\emptyset</math>-Außentemperatur kleiner als die Heizgrenztemperatur HGT war</p>	<p><b>GTZ</b> = Gradtagzahl [Kd]  <b>HGT</b> = Heizgrenztemperatur [°C]  <b>HT</b> = Heiztag (<math>T_{\text{außen}} \emptyset &lt; HGT</math>)  <b>n</b> = Anzahl der Heiztage  <b><math>T_{\text{innen}}</math></b> = <math>\emptyset</math>-Innentemperatur (Norm = 20°C oder tatsächliche Innentemperatur)  <b><math>T_{\text{außen}}</math></b> = <math>\emptyset</math>-Außentemperatur an Heiztagen  <b>TMHZ</b> = Mittelwert der Außentemperatur an den Heiztagen  <b>ZdHT</b> = Zahl der Heiztage</p>
--	--

Mit der **Heizgrenztemperatur HGT** wird bestimmt, unterhalb welcher Außentemperatur geheizt werden muß. Für übliche Altbauten ist die Heizgrenztemperatur mit +15°C  $T_{\text{außen}}$  im 24-h- $\emptyset$  sinnvoll. Für Gebäude mit guter Wärmedämmung reicht eine HGT von 12°C oder auch weniger.

**Fortsetzung zur „Theorie“ der GTZ**

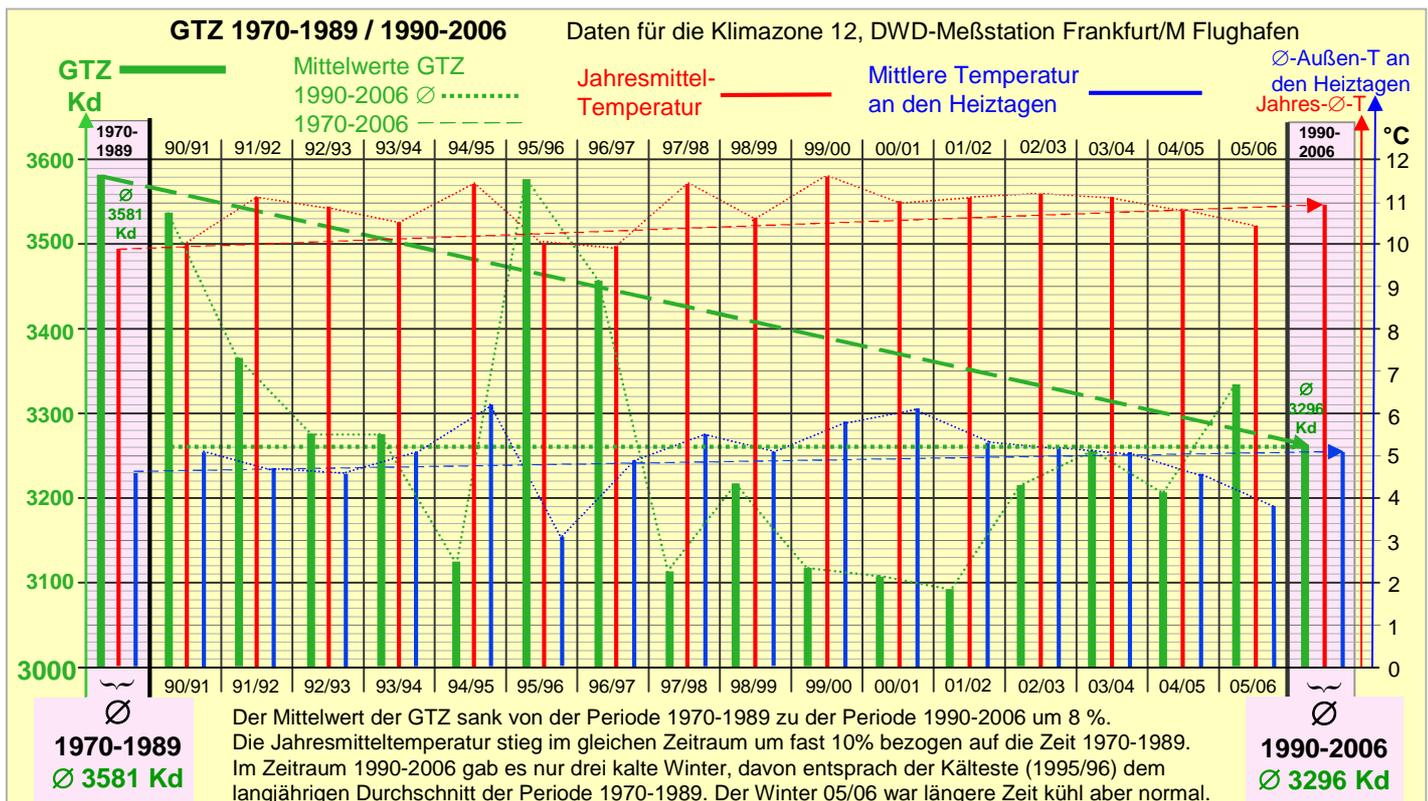
Die Heizgrenztemperatur HGT wird in den Normen als fester Wert angesehen, was nicht ganz richtig ist. Die HGT ändert sich jahreszeitlich tageweise/stundenweise in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung, der Wärmestrahlung vom leicht bewölkten Himmel oder auch bei zeitweise starkem Kaltwind. Zur Berechnung der GTZ wird die HGT aber als fester Wert eingesetzt. Theoretisch müssten die GTZ einer Heizperiode um die winterliche Sonneneinstrahlung korrigiert werden, was individuell für jedes Gebäude erfolgen müsste. Unsere Winter unterscheiden sich nicht nur durch die Temperaturen sondern auch durch die Anzahl der Sonnenstunden, was die GTZ nicht berücksichtigen können. Die Schwankung der Sonneneinstrahlung von Winter zu Winter kann einige Prozentpunkte der lokalen GTZ ausmachen. Ein Heizungsregler mit Sonnen- und Windaufschaltung berücksichtigt die regelungstechnischen Störgrößen Sonne und Wind.

**Die Berechnung der Gradtagzahl für das Jahr oder einen Monat**

Für jeden Tag (24 h) wird die mittlere Außentemperatur  $T_{a\emptyset}$  aus mehrmaligen Messungen/Tag berechnet; z.B. bei zweistündlicher Messung:  $\Sigma$  der 12 Meßwerte:  $12 = T_{a\emptyset} \cdot 1_{\text{Tag}}$ . Die Tages-Differenz  $\Delta T$  ergibt sich aus der Innentemperatur  $T_i$  von z.B. 21,5°C und der Außentemperatur  $T_{a\emptyset}$  z.B. 4,2°C mit 17,3 Kelvin [K]. (21,5°C - 4,2°C = 17,3K) Dieser Tag [d] war ein **Gradtag** mit dem Wert **17,3 [Kd]**, da  $T_{a\emptyset}$  mit 4,2°C kleiner als die Heizgrenztemperatur HGT von z.B. 15°C war. Es mußte mit der Leistung geheizt werden, die die Differenz von 17,3K kompensiert. Die GTZ wird für die Tage = 0, an denen die Außentemperatur über der Heizgrenztemperatur lag, d.h. zur Berechnung der GTZ muß für jedes Tages-Meßergebnis die Frage: „war  $T_{a\emptyset} \cdot 1_{\text{Tag}}$  kleiner als die HGT“? positiv beantwortet werden, um als Gradtag zu zählen. Die Summe der täglichen Gradtagwerte eines Monats ergibt die Gradtagzahl für den Monat. Lag die Außentemperatur an allen Tagen des Monats über der Heizgrenztemperatur, ist die Gradtagzahl für den Monat = 0 und damit natürlich auch die monatliche Zahl der Heiztage. Die Gradtagzahlen für das abgelaufene Kalenderjahr oder für ein Heizjahr z.B. von Juli bis Juni ergeben sich aus der Summe der monatlichen GTZ. Die Zahl der jährlichen Heiztage (ZdHT) wird ebenfalls aus den monatlichen ZdHT aufsummiert.

**Die GTZ und die Temperaturen 1990-2006 im Vergleich zum Zeitraum 1970-1989**

DWD-Meßstation Flughafen Frankfurt/Main, Klimazone 12 mit den Einstellungen der IWU-Tabelle: Heizgrenztemperatur 12°C,  $T_{\text{innen}}$  21,5°C. Die Jahreswerte sind hier für den Zeitraum Juli-Juni (Heizperiode) dargestellt. Zum Vergleich zeigt die linke Spalte den Durchschnitt der Jahre 1970-1989, während die rechte Spalte den Durchschnitt der Jahre 1990-2006 darstellt.



## Wer ermittelt und liefert die Gradtagzahlen für Deutschland ?

- Der Deutsche Wetterdienst (DWD)** ermittelt mit fast 500 Stationen in der Bundesrepublik Deutschland die Witterungsdaten und berechnet hieraus auch die Gradtagzahlen.



Der DWD bietet seine vielseitigen Wetter- und Klimainformationen in seinem „DWD-Shop“ elektronisch unter der Produktbezeichnung WESTE an: [www2.dwd-shop.de/](http://www2.dwd-shop.de/)  
Auf der Homepage im 2. Abschnitt „Bevorzugte Artikel“ [WESTE-Gradtagzahlen](#) anklicken.  
Weitere Information auch unter [WESTE-Gradtagzahlen](#)

Deutscher Wetterdienst  
Abteilung Klima- und Umweltberatung

**Gradtagzahlen - Monatsauswertung nach VDI 2067**  
Dezember 2009 - Messstation München-Dach

Kaumitteltemperatur: 20°C / Heizgrenztemperatur: 15°C

(screenshot)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Gradtagzahl in h·K	0,4	0,9	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9	8,4	8,9	9,4	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	14,9	15,4
Temperatur in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	
Temperatur der Luft in °C	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-									

**2. Das Institut Wohnen und Umwelt (IWU) in Darmstadt**

stellt sehr komfortable Tabellen kostenlos im Netz zur Verfügung. Dort können individuelle Parameter wie Innentemperatur und Heizgrenztemperatur sowie die Postleitzahl des Hausstandortes eingestellt werden. Das System wählt die passende Wetterstation (unter 42) des DWD (500 Stationen) aus und zeigt neben den GTZ die Ø-Außentemp. und die Ø-Temp. an den Heiztagen sowie die Zahl der Heiztage. Die GTZ für das abgelaufene Jahr sind im Februar und bis April im Mai abrufbar. Die Jahrestabellen können ab dem Jahr 2000 aufgerufen werden.

Die sehr übersichtlich gestaltete Tabelle (MS-Excel) zeigt die Gradtagzahlen für jeweils 12 Monate mit wählbarem Anfangsmonat. Der wählbare Anfangsmonat bietet die Auswahl beliebiger Betrachtungszeiträume: Kalenderjahr oder Heizjahr z.B. Mai-April oder andere Perioden wie z.B. der Abrechnungszeitraum des Energielieferanten.

Internetadresse des IWU: [iwu.de](http://iwu.de) (homepage)

**Auffinden der GTZ-Tabellen:**

- Seite „homepage“ links: „downloads“ anklicken
- Seite links: „Ergebnisse / Downloads“ anklicken
- Seite „Fachinformationen“ anklicken
- Seite „Werkzeuge für die Energieberatung“ anklicken

Schnellwahl der Tabelle s. unten

es folgt die Themenliste „**Berechnungswerkzeuge für EnEV und Energiepass**“ hier den Abschnitt „Gradtagzahlen in Deutschland“ anklicken

Symbol für die Infos der Hessischen Energiespar-Aktion, s. unten und S. 25  
[www.energiesparaktion.de/](http://www.energiesparaktion.de/)



Der eigene PC sollte das Programm *Microsoft-Excel* enthalten - Kenntnisse zu Excel sind nicht notwendig. Nach dem Download erscheint die Excel-Tabelle mit den „Gradtagzahlen Deutschland“ auf dem Bildschirm. Am Bildschirm können die individuellen Parameter wie PLZ/Ort,  $T_i$ , HGT und andere gewählt werden.

Die roten Punkte ● in der Tabelle markieren die einstellbaren Parameter.

Alternativ zu den Gradtagzahlen kann durch „Klick“ auch die Tabelle zu den Heizgradtagen ausgewählt werden; deren Nutzwert ist gering. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung entschied 2007: Zur „Witterungsereinigung“ sind die **Gradtagzahlen G 20/15** zu verwenden (G 20/15 bedeutet:  $T_i = 20^\circ\text{C}$ , HGT =  $15^\circ\text{C}$ ). Individuelle Werte: IWU -Tabelle

**Die vielseitigen Informationen des IWU vermitteln erstrangige Qualität der Inhalte.**

Die Organisation „Hessische Energiespar-Aktion“  bietet mit vielen Broschüren per Download wertvolle Fachinformationen zu Bau Themen, s. auch Seite 26. [www.energiesparaktion.de](http://www.energiesparaktion.de)

**Die GTZ - Jahrestabelle**

**Kurzanzahl der GTZ-Tabelle:** <http://www.iwu.de/downloads/fachinfos/energiebilanzen/> Dort Link **Berechnungswerkzeuge für EnEV und Energiepass** anklicken. Es folgt die Seite mit „Gradtagzahlen in Deutschland“. Nach Anklicken wird die GTZ-Tabelle übertragen.

(screenshot)

**Klimadaten deutscher Stationen**  
 Datenquelle: Klimadaten Deutscher Stationen, Deutscher Wetterdienst, Offenbach - www.dwd.de

Bei Eingabe der PLZ nicht anwählen

Postleitzahl eingeben: 61350 ●  
 Wetterstation: Frankfurt-M-Flughafen ●  
 Jahr: 2007 ●  
 Start: Mai ●

ausgewählte Station: **Fritzlar** automatische Wahl ohne Suche nach der Wetterstation → Klimazone 8 nach DIN V 4108-6:2003 für Fritzlar

Innentemperatur: 21,5 °C ●  
 Heizgrenztemperatur: 12 ●  
 zur Berechnung der Gradtagzahl

Ausgabegröße:  
 Gradtagzahl (nach VDI 2067)  
 Heizgradtage (nach VDI 3807)

Monat	2007/2008				langjähriges Mittel *			
	Gradtagzahl G21,5/12 [Kd]	Heiztage [d]	Außen-temperatur [°C]	Außentemp. an Heiztagen [°C]	Gradtagzahl G21,5/12 [Kd]	Heiztage [d]	Außen-temperatur [°C]	Außentemp. an Heiztagen [°C]
Mai 2007	96	9	14,5	10,8	123	10	13,5	9,7
Juni 2007	0	0	17,9		30	3	16,9	10,9
Juli 2007	0	0	17,4		0	0	18,6	
August 2007	0	0	16,9		1	0	18,2	11,7
September 2007	66	6	12,9	10,5	87	8	14,1	10,4
Oktober 2007	369	27	8,7	7,8	289	22	9,9	8,3
November 2007	511	30	4,5	4,5	466	29	5,7	5,5
Dezember 2007	613	31	1,7	1,7	609	31	1,8	1,8
Januar 2008	528	31	4,5	4,5	610	31	1,8	1,8
Februar 2008	528	29	3,3	3,3	540	28	2,4	2,4
März 2008	518	31	4,8	4,8	507	30	4,9	4,7
April 2008	406	29	7,7	7,5	327	24	9,0	7,6
Jahr	3635	223	9,6	5,2	3590	216	9,8	4,9

\* 7 Jahre bis 2007 (evtl. mit Lücken)

Verhältnis der Gradtagzahl G21,5/12 2007 zu langjährigem Mittel: 1,01 ●  
 Klimafaktor für Energieverbrauchskennwerte nach EnEV<sup>1</sup>: 1,07 ●

● Die roten Punkte markieren einstellbare Parameter

beim Anlegen des Cursors an das Dreieck werden Erläuterungen angezeigt.

## Die Anwendung der GTZ

Mit den Monats- oder Jahres- Gradtagzahlen läßt sich der **witterungsbedingte** Heizverbrauch für einen Monat oder Jahr berechnen, wenn der spezifische (individuelle) Hausverlust **QH<sub>spezifisch</sub> in W/K** bekannt ist. Dieser Wert gibt an, welche Heizleistung pro K Differenz zwischen T<sub>innen</sub> und T<sub>außen</sub> zu erbringen ist, damit die gewünschte Innentemperatur konstant bleibt. Die notwendige Leistung eines Heizkessels läßt sich mit QH<sub>spez.</sub> und der für den Hausstandort geltenden niedrigsten Außentemperatur bestimmen und als individuelle Heizkennlinie über der Außentemperatur darstellen (s. Heizkurve Seite 11).

**Die spezifische Hauskenngröße QH<sub>spez.</sub>** ergibt sich aus einer Wärmebedarfsberechnung, die den Wärmebedarf des Gebäudes bei der „Norm-Außentemperatur“ angibt:

$$\text{QH}_{\text{spez.}} [\text{W/K}] = \text{QH}_{\text{gesamt}} : \Delta T_{\text{max}} \quad \Delta T_{\text{max}} = T_i + |T_{\text{a min}}^*|$$

\*  $\triangleq$  Normaußentemperatur

Da Wärmebedarfsberechnungen für ältere Häuser meist nicht vorhanden sind, läßt sich **QH<sub>spezifisch</sub> in W/K** **hilfsweise aus dem Heizenergieverbrauch eines Jahres und der für das Jahr angegebenen GTZ bestimmen** (s. Gleichung ②).

Dieses Jahr kann man im ersten Ansatz als „Standard-Jahr“ oder „Referenz-Jahr“ festlegen und die späteren Verbrauchsjahre oder Monate darauf beziehen.

Der Heizenergieverbrauch eines Hauses oder einer Wohnung wird meist in **kWh/m<sup>2</sup> pro Heizjahr** angegeben, eine Größe, die nur für **eine** Heizperiode Gültigkeit hat. Nicht die Wohnfläche verbraucht Heizenergie sondern die Hüllfläche und die Undichtigkeiten des Gebäudes. Deren thermische Qualität bestimmt die Verluste, was der Wert zu QH<sub>spez.</sub> in W/K eindeutig ausdrückt.

QH<sub>spezifisch</sub> ist von den Heizperioden unabhängig und rechnerisch mit den GTZ leicht verknüpfbar.

Um den Leistungsbedarf für die Wohnfläche sinnvoll anzugeben, ist der Wert QH<sub>spez.</sub> durch die Wohnfläche in m<sup>2</sup> zu teilen, man erhält den spezifischen Flächenbedarf **QA<sub>spez.</sub> in W/K·m<sup>2</sup>**.

**QA<sub>spez.</sub>** wäre die beste Kenngröße in den Energieausweisen zur Vergleichbarkeit von Gebäuden.

Mit QH<sub>spez.</sub> läßt sich in Verbindung mit den **GTZ** der **Grenz- oder Ziel-Verbrauch QGH** bestimmen, der den Jahresverbrauch zeigt, der aufgrund der GTZ bzw. **witterungsbedingt** notwendig gewesen wäre, um die Innentemperatur auf dem gewünschten Niveau zu halten.

$$\textcircled{1} \text{ Grenzverbrauch (Jahr): } \text{Q}_{\text{GH}} [\text{kWh p.a.}] = \text{GTZ}_{\text{Jahr}} [\text{Kd}] \times \text{QH}_{\text{spez.}} [\text{W/K}] \times 24 [\text{h}] \times 10^{-3}$$

Vergleicht man den Grenzverbrauch mit dem tatsächlichen Verbrauch der Vorjahre und den Folgejahren - **ohne Energie für Warmwasser** - so läßt sich erkennen, ob adäquat geheizt wurde, ob zu viel Heizenergie im Vergleich zum Grenzwert verbraucht wurde, oder eine Reduzierung durch eine bessere Wärmedämmung, einen technisch besseren Wärmeerzeuger, durch andere Maßnahmen oder durch eine Änderung des Verbrauchsverhaltens erreicht werden konnte.

Ist der spezifische Hausverlust QH<sub>spez.</sub> **nicht bekannt**, wird dieser nach der Gleichung ② als „Referenz-Größe“ nach dem Verbrauch eines Jahres **hilfsweise** bestimmt.

**Die Berechnung von QH<sub>spez.</sub> als „Referenz-Größe“, wenn QH<sub>spez.</sub> nicht bekannt ist:**

$$\textcircled{2} \text{ QH}_{\text{spez.Referenz}} [\text{W/K}] = \frac{\text{Q Verbrauch Referenz-Jahr} [\text{kWh}_{\text{im Referenz-Jahr}}] \times 10^3}{\text{GTZ}_{\text{Jahr}} [\text{Kd}] \times 24 [\text{h}]}$$

**Hinweis:** Mit Gleichung ② wird der tatsächliche Betrieb des Hauses berücksichtigt, d.h. die Lüftungsgewohnheiten, der Windeinfluß, die Sonneneinstrahlung und die inneren Wärmegewinne sind darin enthalten. Gleichung ① basiert auf dem rechnerischen Ergebnis der Wärmebedarfsberechnung, die den echten Betrieb natürlich nicht berücksichtigen kann.

Der Referenz-Hausverlust QH<sub>spez.Referenz</sub> nach ② kann in die Formel ① eingesetzt werden, um andere Jahresverbrauchswerte mit dem Referenzjahr vergleichen zu können. Die  $\emptyset$ -Innentemperatur muß für das Referenzjahr und die Vergleichsjahre bekannt sein, um die entsprechende GTZ (IWU-Tabelle) auszuwählen. Die **hilfsweise** Bestimmung des Referenz-Hausverlustes QH<sub>spez.Referenz</sub> sollte nach einem Jahr überprüft und nach einem neuen, realistischen Verbrauchsjahr erneut bestimmt werden. Auf diese Weise kann man sich dem genaueren QH<sub>spez.</sub> des Hauses schrittweise annähern.

Ein „realistisches“ Verbrauchsjahr erfordert die vorherige Wartung und Reinigung des Heizgerätes, die Optimierung der Reglereinstellung (Heizkurve) und ev. einen hydraulischen Abgleich des Heizungs-systems - und natürlich diszipliniertes Verhalten beim Lüften im Winter.

Eine sinnvolle Ergänzung: nachträglich eine exakte Wärmebedarfsberechnung für das Haus erstellen, was die Kenntnis der Baumaterialien und der Konstruktion des Hauses voraussetzt. Dann lassen sich die Ergebnisse von QH<sub>spezifisch</sub> (s.o. zur Wärmebedarfsberechnung) und ② gut vergleichen.

**Beispiel: rechnerische Anwendung der GTZ**

Ein freistehendes Einfamilienhaus (Baujahr 1978) mit 155m<sup>2</sup> Wohnfläche steht in Langen bei Frankfurt/M, es wird von 4 Personen bewohnt. Die Innentemperatur an den Heiztagen: im Ø **21°C**. Zu dem Haus gab es keine Wärmebedarfsberechnung, die Hauskenngröße QH<sub>spezifisch</sub> ist nicht bekannt.

Am 1.7.02 wurde ein neuer Ölheizkessel, Leistung wie der Vorgänger 24 kW, mit einem Öldurchflußmesser in Betrieb genommen. Nach einem Jahr, am 30.6.03, zeigte der Ölmengezähler einen Verbrauch von 3.154 Litern inkl. Warmwasserbereitung für das abgelaufene Heizjahr 02/03. Der Warmwasserverbrauch (kein Zähler) konnte nur geschätzt werden: 30 l / Person und Tag, Gesamtverbrauch Warmwasser: 43,8 m<sup>3</sup> p.a. geschätzt ≈ 4.380 kWh (~100 kWh / m<sup>3</sup> Warmwasser). Die Tabelle des IWU mit den Einstellungen: PLZ 63255, T<sub>i</sub>=21°C, HGT=15°C, Zeitraum Juli 2002 bis Juni 2003 zeigt die **GTZ** mit **3728 Kd** an. Die Heizperiode **02/03** soll als „Referenzjahr“ dienen.

**Bestimmung von QH<sub>spezifisch</sub> als Referenzgröße** mit Formel ② abgeleitet aus dem ersten Verbrauchsjahr mit dem neuen Heizkessel: Heizölverbrauch 02/03 gesamt: 31.792 kWh, für die Heizung: 27.352 kWh, für Warmwasser: 4.380 kWh. (1 Liter Heizöl ≈ 10,08 kWh)

$$\textcircled{2} \quad QH_{\text{spez.Referenz}} \text{ [W/K]} = \frac{Q_{\text{Verbrauch Ref.-Jahr}} \text{ [kWh im Referenz-Jahr]} \times 10^3}{GTZ_{\text{Jahr}} \text{ [Kd]} \times 24 \text{ [h]}} = \frac{27.352 \text{ kWh} \times 10^3}{3728 \text{ Kd} \times 24 \text{ h}} = 306 \text{ W/K}$$

Die Eigentümer installierten im Sommer 2003 eine **Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmetauscher**. Ein **Wasserzähler** zur Messung des Warmwasserverbrauchs wurde im Zulauf der Therme eingebaut. Nach einem Jahr werden die Eigentümer anhand der GTZ für die Periode **03/04** die energetische Wirkung der Lüftungsanlage überprüfen und den tatsächlichen WW-Verbrauch berücksichtigen. Wegen dieser technischen Änderung des Hauses wird eine Neuberechnung des QH<sub>spez.Referenz</sub> mit Formel ② notwendig.

Der Warmwasserverbrauch konnte ab Juli 2003 exakt mit 32 m<sup>3</sup> ≈ 3200 kWh gemessen werden, während für das Vorjahr nur eine Schätzung mit 43,8 m<sup>3</sup> p.a. ≈ 4.380 kWh möglich war. Unterstellt man, daß der W.W.-Verbrauch in beiden Jahren ungefähr gleich war, dann wurde der Heizverbrauch 02/03 mit WW 4.380 – 3200 = 1180 kWh zu niedrig angesetzt → tatsächlicher Heizverbrauch 02/03: 28532 kWh. Daraus ergibt sich QH<sub>spez.Referenz</sub> korrigiert für 02/03 mit **319 W/K**.

**Überprüfung des Verbrauchs mit Lüftungsanlage im Folgejahr Juli 03 - Juni 04:**

GTZ Juli 03 – Juni 04: **3.858 Kd**

Ölverbrauch gesamt: 26.642 kWh - für die **Heizung: 23.442 kWh** - Warmwasser 32 m<sup>3</sup> ≈ 3200 kWh

**Neu ab Juli 2003:**

$$QH_{\text{spez.Referenz}} \text{ [W/K]} = \frac{23.442 \text{ kWh} \times 10^3}{3858 \text{ Kd} \times 24 \text{ h}} = \mathbf{253 \text{ W/K}}$$

QH<sub>spezifisch</sub>, d.h. der Hausverlust konnte durch die Lüftungsanlage von 319 auf 253 W/K gesenkt werden (~ -20%).

Der Grenzverbrauch entspricht im Referenzjahr 03/04 dem Heizverbrauch mit 23.442 kWh.

**Die Heizenergieeinsparung durch die Lüftungsanlage: ~ 4.645 kWh<sub>öl</sub>**

Der Stromverbrauch für die DC-Lüfter beträgt etwa 300 kWh<sub>el.</sub> p.a.

Der Komfortgewinn durch die Lüftungsanlage mit Filtern und Wärmerückgewinnung ist erheblich. Die unkontrollierte Fensterlüftung entfällt.

Für das Folgejahr wurde der Grenzverbrauch 04/05 mit der GTZ 04/05 **3934 Kd** nach ① bestimmt:

$$\textcircled{1} \quad \text{Grenzverbrauch 04/05 [kWh p.a.]} = GTZ_{\text{Jahr}} \text{ [Kd]} \cdot QH_{\text{spezifisch}} \text{ [W/K]} \cdot 24 \text{ [h]} \cdot 10^{-3}$$

$$= 3934 \text{ Kd} \cdot \overbrace{253 \text{ W/K} \cdot 24 \text{ h} \cdot 10^{-3}}^{F_{\uparrow}^*} \cdot \mathbf{*Faktor F = 6,072 \text{ [Wh/K]}}$$

$$= \mathbf{23.887 \text{ kWh}} \approx 2.380 \text{ Liter Öl für die Beheizung 04/05}$$

Verbraucht wurden 04/05 tatsächlich 23.250 kWh. D.h. trotz des kälteren Winters 04/05 wurde eine Einsparung von 637 kWh erreicht.

**Hinweis:** Die Genauigkeit von GTZ-bezogenen Berechnungen des Zielverbrauchs für ein Haus beträgt wegen der jährlich unterschiedlichen Sonnen- und Windaktivität etwa ± 5%.

\* **Faktor F:** Eine Normierung der Gleichung für dieses Haus: solange QH<sub>spezifisch</sub> nicht geändert wird, läßt sich die Rechnung verkürzen:

**witterungsbedingter Zielverbrauch bzw. Grenzverbrauch in kWh = GTZ x 6,072**

## Berechnung der Leistung eines neuen Heizkessels (zum Haus in Langen)

### Die Norm DIN EN 12831 dient zur Berechnung der Norm-Heizlast

Die Norm gilt seit August 2003 als europaweit gültige Nachfolgenorm der deutschen DIN 4701. Der Zweck der Anwendung der Norm ist eine qualifizierte Wärmebedarfsberechnung (Heizlast) und damit auch die geeignete Methode zur Bestimmung der richtigen Leistung des Wärmereizgeräts.

Die neue Norm DIN EN 12831 wurde um das nationale **Beiblatt 1:2008-07 (D)** ergänzt, da die DIN EN 12831 teilweise unbefriedigende Ergebnisse im Vergleich zur alten DIN 4701 lieferte.

Die normgerechte Berechnung der Heizlast und damit die Bestimmung der Leistung eines Heizkessels ist für einen Neubau oder vor einer umfangreichen Gebäudesanierung zwingend notwendig.

Für die Berechnung der Leistung eines neuen Heizkessels als Ersatz für ein altes Gerät ist die Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 recht zeitintensiv, deshalb wird hier ein einfacheres Verfahren beschrieben und zum Beispiel Haus Langen gezeigt. Das einfache Verfahren eliminiert die Unsicherheiten einer Schätzung.

Für den Ort Langen wird die Normaußentemperatur mit  $-12^{\circ}\text{C}$  in den Normen angegeben, d.h. die Heizleistung der Anlage muß ausreichen, die gewünschte Innentemperatur von  $21^{\circ}\text{C}$  bei  $T_a -12^{\circ}\text{C}$  zu erhalten.

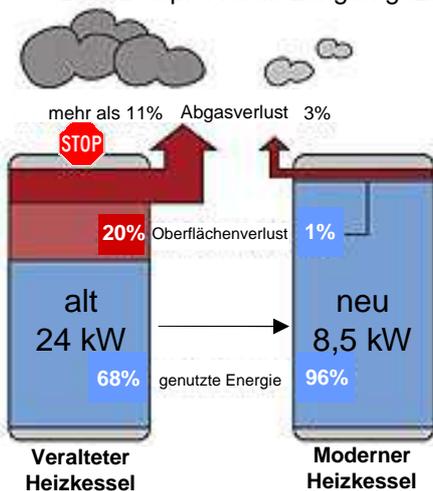
$$\text{Notwendige Kesselleistung (kW)} = QH_{\text{spez.}} \cdot \Delta T_{\text{max}}$$

Bei Zweitagesdurchschnitt mit  $T_a = -12^{\circ}\text{C}$ :  $\Delta T_{\text{max}} = 21^{\circ}\text{C} + |-12^{\circ}\text{C}| = 33\text{K}$

Die angepaßte Leistung für das Haus in Langen:  $253 \text{ W/K} \cdot 33\text{K} = \mathbf{8,35 \text{ kW}}$

Eine Heiztherme mit 8,5 kW Leistung ist für dieses Haus voll ausreichend. Der neue Kessel in dem Beispiel wurde mit 24 kW 166% überdimensioniert. Folge: hohe Stillstandsverluste. Die Heizungsbauer empfehlen zur eigenen Absicherung gerne leistungsstärkere Heizkessel als nötig.

Die oft empfohlene „Leistungsreserve“ wäre nur dann notwendig, wenn die Heizung während eines längeren Winterurlaubs völlig abgestellt wird, was nicht zu empfehlen ist. Eine Absenkung der Raumtemperatur um etwa  $3^{\circ}\text{C}$  ist sinnvoll. Dann sind die Räume ohne eine „Leistungsreserve“ des Kessels in wenigen Stunden (bei FB-Heizung länger) wieder erwärmt.



Die Nachtabsenkung zeigt in gut isolierten Massivhäusern keinen Einspareffekt; bei Anlagen mit FB-Heizung wirkt eine Nachtabsenkung kontraproduktiv. Eine höhere Kesselleistung zwecks schneller Aufheizung nach der Absenkung erhöht nur den Gesamtverlust. Untersuchungen von Wolff/Jagnow in Deutschland ergaben, daß die Kessel im  $\varnothing$  1,8 mal (180%) größer dimensioniert wurden als notwendig.

### Die „Norm-Außentemperatur“

Wie in der Gleichung zur Kesselleistung gezeigt, bestimmen zwei Faktoren das Ergebnis: 1. die energetische Qualität des Gebäudes ( $QH_{\text{spez.}}$ ) und 2. die Differenz zur tiefsten zu erwartende Außentemperatur  $\Delta T_{\text{max}}$ .

Die Norm DIN EN 12831 zeigt für die Orte >20.000 Einwohner in Deutschland die gleichen Normaußentemperaturen (tiefstes Zweitagesmittel der Lufttemperatur in  $^{\circ}\text{C}$ , 10 mal in 20 Jahren) wie die alte Norm DIN 4701.

Die Angaben in der DIN 4701 zur Normaußentemperatur stammten aus einer Statistik des DWD für die Zeit 1951 bis 1970 (20 Jahre). Sie wurden für die Norm DIN EN 12831 von 2003 offenbar ungeprüft übernommen. Seit 17 Jahren treten die alten Tiefsttemperaturen wegen des Klimawandels nur noch selten auf.

Der DWD erstellte 2008 eine Liste für die drei Meßstandorte Frankfurt/M-Flugh., Kassel und Bad Nauheim als Beispiel für den Zeitraum 1991-2007 (17 Jahre). Nach der Norm hätten in diesen 17 Jahren 17 Tage mit „Norm-Außentemperatur  $\leq -12^{\circ}\text{C}$ “ auftreten können. Die Ereignisse traten im Zeitraum 1991-2007 erheblich seltener auf, wie das Balkendiagramm zeigt. Das Deutsche Institut für Normung (DIN) ist gefordert, beim DWD aktuelle



Klimadaten zu bestellen und in die DIN EN 12831 zu den „Norm-Außentemperaturen“ einzuarbeiten sowie den bisherigen Erwerb nachzuliefern, denn die Heizungsbauer müssen sich zwecks Rechtssicherheit an die Norm halten, und sie sind damit gezwungen, neue Heizkessel höher als nötig zu dimensionieren. Eine Alternative: Die Auftraggeber vereinbaren mit den Erstellern

der Wärmebedarfsberechnungen und den Heizungsbauern vertraglich eine individuelle Tiefst-Außentemperatur, wobei die Bauherren das Risiko tragen müssen. Solange die Norm nicht sinnvoll korrigiert ist, sollten die Bauherren beim DWD zu dem Standort des Gebäudes und der passenden Meßstation des DWD eine Aufstellung der Anzahl Tage mit  $\varnothing$ -Tagestemperaturen von z.B.  $\leq -12^{\circ}\text{C}$  und  $\geq -12^{\circ}\text{C} \leq -8^{\circ}\text{C}$  während der letzten ca. 20 Jahre bestellen. Die Kosten von ca. € 75 + MwSt (2008) sind niedrig im Vergleich zu einem überdimensionierten Heizkessel, der mindestens 2 Jahrzehnte lang unnötig Energie verschleudert.

Ich würde heute eine Tiefst-Temperatur von  $-8^{\circ}\text{C}$  im 24h-Mittel (in der Klimazone 8 wie Bad Nauheim) für die Dimensionierung eines neuen Heizgeräts planen.

Das Risiko erheblicher tieferer Temperaturen an wenigen Tagen ist gering. Sollte dies eintreten, was immer wieder geschehen kann, läßt sich die Temperatur unwichtiger Räume für ein paar Tage einfach reduzieren.

**Der neue Heizkessel im Beispiel wurde mit 24 kW 166% überdimensioniert. Wie die Rechnung mit  $QH_{\text{spez.}}$  zeigt, reichen 8,5 kW. Wäre die Klimaänderung mit einer Tiefsttemperatur von  $-8^{\circ}\text{C}$  berücksichtigt worden, hätte eine Leistung von 7,5 kW ausgereicht.**

### Anwendung der Gradtagzahlen als Meßlatte für den Heizenergieverbrauch

Seit unserer Haushaltsgründung 1968 notierte ich die monatlichen Zählerstände für den elektrischen Energieverbrauch und seit 1981 auch für Gas und Wasser. Das sieht vordergründig nach „Buchhalterei“ aus. Meine Dokumentation verfolgt aber den Zweck, Störungen der Haustechnik zu erkennen. Aus dem „Logbuch“ läßt sich eine Verbrauchsänderung z.B. nach technischen Änderungen oder der längeren Abwesenheit eines Bewohners ablesen. Die „Leerlaufverluste“ des Hauses während einer längeren Urlaubszeit lassen sich anhand der Aufzeichnungen leicht feststellen.

Ein weiterer Nutzen der Aufzeichnungen zeigte sich in den letzten Jahren bei den rasanten Preissteigerungen für Energie. Ich teilte den Versorgern vor der Rechnungsstellung meine monatlichen Zählerstände für das Abrechnungsjahr mit, denn die Energieversorger berechnen die Verteilung der Monatsverbräuche nach einem statistischen Schlüssel, wobei des öfteren Teil-Verbräuche aus einer niedrigeren Preisperiode der nächsten, teureren zugerechnet wurden - ganz zufällig natürlich.

Die Tabelle auf Seite 13 zeigt den Heizenergieverbrauch unseres Hauses mit den Heizperioden mehrerer Jahre vom Juli bis Juni und ab 2007/8 von Mai bis April des Folgejahres.

Die IWU-Kalkulationstabellen erlauben beliebige Starttermine für den Betrachtungszeitraum. Meine private Tabelle enthält einige Zusatzspalten mit Kosten und Daten zu dem Verbrauch elektrischer Hilfsenergie für die Heizungsanlage.

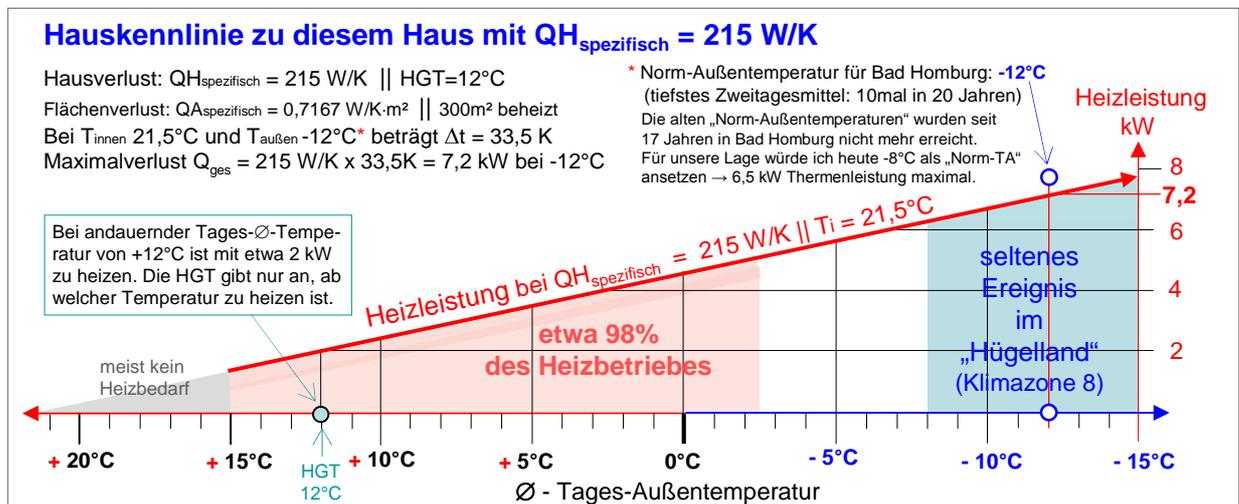
In der Tabelle auf S.13 erkennt man in der Spalte 7 (Abweichung) gut, daß wir bis 2002 sehr sorglos geheizt hatten; es ist ja auch angenehm, im Winter in leichter Strandkleidung am Schreibtisch zu arbeiten. Die Normen legen 20°C für Wohnräume fest, die EnEV von 2002 läßt sogar 19°C zu. Da wir die „Normtemperaturen“ als zu kalt empfinden, bevorzugen wir 21,5 °C. Selbst bei 21,5°C kann bei sitzender Tätigkeit ein Pullover empfehlenswert sein.

„Über den Daumen“ gerechnet lassen sich mit jedem °C Temperaturabsenkung etwa 6% Energie einsparen - oder bei einer Temperaturanhebung 6% mehr verbrauchen.

Die Auswahl der richtigen Leistung des Heizkessels hat einen erheblichen Einfluß auf den Verbrauch. Die Installationsfirma sah bei der Planung unserer Heizanlage einen Heizkessel mit mind. 30 kW vor, was die richtige Leistung nach meiner Bedarfsberechnung mit 9,6 kW um das 3-fache überschritten hätte. Selbst die 9,6 kW-Anlage war noch überdimensioniert (s. Hauskennlinie).

Wenn eine ordentliche Wärmebedarfsberechnung vorliegt, sollten keinerlei „Sicherheitszuschläge“ zur Heizleistung des Kessels zugelassen werden, denn jedes Watt Überdimensionierung erhöht die Verluste - aber nicht den Komfort. Die 9,6 kW Therme leistet parallel auch die Warmwasserbereitung. Wichtig ist die Selbstregelung der Leistung der Therme in einem möglichst großen Bereich unterhalb der Nennleistung (100% → 10%, „Modulationsbereich“ genannt). Die Firma Elco bietet derartige Konstruktionen für Gas an (s. Seite 23/24). Ölkessel können m. W. diese Forderung nicht erfüllen. Jedes technische Gerät, dessen Leistung überdimensioniert ist, verschleudert Energie, d.h. Verlustwärme und CO<sub>2</sub>. Zahllose Beispiele dafür „beheizen“ täglich unsere Straßen: PKW's mit geradezu abartig überdimensionierten Motoren. Die derzeit beliebten „SUV's“\* zum „Brötchenholen“ sind ein drastisches Beispiel für die Mißachtung der physikalischen Zusammenhänge durch die Käufer.

\* (SUV = „Sports Utility Vehicle“ - die „Brötchenholvehikel“ aus den USA, seit einigen Jahren auch in Europa)



Die „Norm-Außentemperatur“ von  $\leq -12^\circ\text{C}$  trat im Zeitraum 1991-2007 nur noch an 3 Tagen in 17 Jahren auf. In der Klimazone 8 (Bad Homburg) ist als Folge des Klimawandels für die nächsten 20 Jahre wahrscheinlich nur noch mit einer „Norm-Außentemperatur“ von  $-8^\circ\text{C}$  bis  $-10^\circ\text{C}$  zu rechnen. Eine Heiztherme mit 6,5 kW Leistung wird den Anforderungen gerecht werden.

## Der Lüftungsverlust $Q_L$

Das Wohnhaus nach Beispiel B hat ein beheiztes Volumen  $V$  von 750 m<sup>3</sup> bei  $\varnothing$  21,5°C  $T_{\text{innen}}$ .

Die Wärmebedarfsberechnung für das Haus erfolgte nach DIN 4701 (Entwurf von 1978).

Der „Norm-Lüftungsverlust“ war mit 0,5·V/h anzusetzen, d.h. es war bei durchschnittlicher Windstärke mit einem natürlichen, stündlichen Luftwechsel von 375 m<sup>3</sup>/h zu rechnen - also unsinnig hoch mit der Folge von hohen Wärmeverlusten und Zugluft im Haus.

Der durchschnittliche Lüftungsverlust im Gebäudebestand wird mit ~30% von  $Q_{\text{gesamt}}$  angenommen.

Die Fenster- und Tüfugen und andere Lecks verursachen den Lüftungsverlustverlust  $Q_L$  in Abhängigkeit von der Windstärke. Die Verluste durch die Fensterlüftung kommen hinzu.

Der Gesamtverlust eines Hauses setzt sich aus dem Transmissionsverlust  $Q_T$  und dem Lüftungsverlust  $Q_L$  zusammen:  $Q_{\text{gesamt}} = Q_T + Q_L$  und damit  $Q_L = Q_{\text{gesamt}} - Q_T$ .

Die Erwärmung von 375 m<sup>3</sup>/h Außenluft auf Zimmertemperatur hätte im Heizjahr 2005/06 (Haus Beispiel B) bei der Gradtagszahl von 3894 Kd, 214 Heiztagen mit der  $\varnothing$ -Außentemperatur an den Heiztagen von 3,3 °C einen Gasverbrauch allein für die Lüftungsverluste  $Q_L$  von **12.619 kWh** erfordert.

Der Energiebedarf für die Erwärmung von 1 m<sup>3</sup> Luft um 1K beträgt 0,36 Wh/m<sup>3</sup>·K.

Berechnung dieses Lüftungsverlustes:  $Q_L = 214 \text{ d} \cdot 24 \text{ h} \cdot (21,5^\circ\text{C} - 3,3^\circ\text{C}) \cdot 375 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,36 \text{ Wh/m}^3 \text{ K} = 12.619 \text{ kWh}$

Der tatsächliche Verbrauch  $Q_{\text{gesamt}}$  betrug in der Heizperiode 05/06 **20.441 kWh**.

Nach „Norm-Lüftung“ hätte der Lüftungsverlust von 12.619 kWh 61% von  $Q_{\text{gesamt}}$  betragen.

Die Wärmebedarfsberechnung zum Haus B orientierte sich nicht am zulässigen „Norm-Lüftungsverlust“ mit 0,5·V/h sondern an der Berechnung der voraussichtlichen Fugenverluste durch die Fenster, Außentüren, Rolladenkästen und andere Öffnungen. Danach hätte sich ein theoretischer Lüftungsverlust von etwa 4.500 kWh (22 % für 2005/06) ergeben - theoretisch wegen der noch unsicheren Wirksamkeit der Dichtungen.

Die Dichtigkeit eines Gebäudes hängt nicht von der Berechnung sondern von der handwerklichen Sorgfalt der Ausführung ab. Die Tür- und Fensterdichtungen sind heute „gut“. Nicht nur der unkalkulierbare Wind bestimmt die Verluste, sondern besonders das Lüftungsverhalten der Bewohner beeinflusst während der Heizperiode die Verluste. Die Lüftungsverluste werden nach der Durchführung eines „Blower-Door“-Tests bezüglich der Dichtigkeit des Gebäudes besser kalkulierbar).

### Die Berechnung der tatsächlichen Lüftungsverluste ist nach dem Verbrauch eines Heizjahres mit den GTZ ungefähr bestimmbar.

Hierzu benötigt man den mit der Wärmebedarfsberechnung berechenbaren Transmissionsverlust  $Q_T$ .

Die Berechnung ergab für das Haus Beispiel B einen zu erwartenden Transmissionsverlust von 6,6 kW.

Der Transmissionsverlust im Heizjahr 05/06 betrug rechnerisch damit  $Q_T = 18.416 \text{ kWh}$ .

Mit  $Q_L = Q_{\text{gesamt}} - Q_T$  ergibt sich für  $Q_{L1} = 20.441 \text{ kWh} - 18.416 \text{ kWh} = 2.025 \text{ kWh} \sim 10\%$  von  $Q_{\text{gesamt}}$ .

Dieser Wert ist auch als theoretischer Wert anzusehen, denn die Rechenergebnisse von  $Q_T$  nach der Norm sind mit Unsicherheiten behaftet, geschätzt +5%, da z.B. die Kennzahlen zu den Baustoffen von den amtlichen Prüfämtern stets auf der „sicheren“ Seite liegen.

Im Haus B wurde eine zusätzliche Wärmedämmung der Rolladenkästen in der Rauminnenseite eingebaut, die erheblich zur Minderung der Lüftungsverluste beitrug, was aber nicht hinreichend genau berechnet werden konnte und nicht in der Bedarfsberechnung berücksichtigt wurde.

### Das Maß der notwendigen Lüftung

Es gibt keine gesetzliche Vorgabe zum Lüften einer Wohnung oder eines Hauses. Eine sehr gute Orientierung gab Dr. Max v. Pettenkofer vor etwa 150 Jahren mit seiner Empfehlung, den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Raumluft nicht über 1000 ppm (0,1%) steigen zu lassen, um Wohlbefinden zu sichern. Dieser Wert wäre einfach kontrollierbar, wenn je Wohnung ein CO<sub>2</sub>-Meßgerät installiert wäre (s. Seite 17).

Die zwei Bewohner des Hauses Beispiel B betreiben die Lüftungsanlage mit Wärmetauscher (WT) im  $\varnothing$  mit 10 m<sup>3</sup> Frisch- bzw. Abluft/h und Person. Für die Heizperiode 2005/06 ergibt dies den Lüftungsverlust  $Q_{L2}$ :

$Q_{L2} = 2 \cdot 10 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 214 \text{ d} \cdot 24 \text{ h} \cdot 18,2 \text{ K} (21,5^\circ\text{C} - 3,3^\circ\text{C}) \cdot 0,36 \text{ Wh/m}^3 \text{ K} \cdot 1,43^* = 962 \text{ kWh}$ . \*1,43 = 1 :  $\eta$  |  $\eta = 0,7$  des WT

Der Wärmetauscher dieser Be- und Entlüftungsanlage (1981) hat bei 0°C  $T_A$  einen Wirkungsgrad  $\eta$  von 70%; heute gelten  $\geq 95\%$  als Standard.

Der Verlust von 962 kWh würde sich ergeben, wenn das Haus luftdicht wäre. Die tatsächliche Undichtigkeit des Hauses wurde bisher durch einen „Blower-Door“-Test nicht untersucht. Es erscheint sinnvoll,  $Q_{L1}$  und  $Q_{L2}$  zu addieren, solange keine exaktere Bestimmung der Lüftungsverluste auf einfache Weise möglich ist.

$Q_{L1} + Q_{L2} = 2.025 \text{ kWh} + 962 \text{ kWh} = 2.987 \text{ kWh}$  Lüftungsverluste im Heizjahr 05/06  $\hat{=} \sim 15\%$  von  $Q_{\text{gesamt}}$ .

Der Wert gilt nur angenähert. Nach dieser Betrachtung betrug der Transmissionsverlust 05/06 18.214 kWh.

Die Lüftungsverluste folgen wegen der unberechenbaren Winde der Außentemperatur nicht proportional wie der Transmissionsverlust.

### Die Berechnung der Lüftungsverluste ist bis heute eine eher „luftige“ Angelegenheit

Empfehlenswert, auch für Privatzwecke, ist das Buch von C. Aschoff und H. Grotjan „Frischluftechnik im Wohnungsbau“ Gentner Verlag Stuttgart, ISBN 3-87247-616-5, € 39,80. Ausführliche Information: [www.frischluftechnik.de](http://www.frischluftechnik.de)

## Langzeitkontrolle des Heizenergieverbrauchs Haus Beispiel B

Die Tabelle zeigt den Heizenergieverbrauch mehrerer Jahre (Spalte 6) und im Vergleich dazu den witterungsbedingten Grenzwert gemäß den Gradtagzahlen (Spalte 5). Spalte 7 zeigt die Abweichungen in %. Gerechnet mit  $QH_{\text{spez.}} = 215 \text{ W/K}$ .

**Normiert für dieses Haus: Grenz-Heizlast in kWh = GTZ · F.**

Der Faktor **F** beträgt für dieses Haus 5,16 kWh/K, solange die energetische Ausrüstung des Hauses nicht geändert wird. (Berechnung s. Seite 9 zu Faktor F)

Die Umrechnung der  $\text{m}^3$  Gas in kWh erfolgt nach der jährlichen Angabe zum Gas-Brennwert in der Jahresrechnung des Gaslieferanten.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Heizjahr 1. Juli bis 30. Juni gerechnet mit $QH_{\text{spez.}} =$ 215 W/K	<b>GTZ</b> [Kd] Station Kassel $T_i: 21,5^\circ\text{C}$ HGT: $12^\circ\text{C}$ ①	<b><math>\Delta \%</math></b> <b>GTZ</b> zum Vorjahr	Heiz- tage [d] ①	$\varnothing$ $t_{\text{außen}}$ [ $^\circ\text{C}$ ] an Heiztagen ①	<b>Grenz- Heizlast</b> [kWh/Jahr] <b>Ziel-Wert</b> ← Gr.Heizlast = GTZ · 5,16 ②	<b>Verbrauch</b> [kWh/Jahr] <b>Ist-Wert</b> nur Heizung	<b>Abweichung</b> $\Delta \%$ (Spalte 5 zu 6) <b>rot: zu viel</b> <b>blau: OK</b> (bis + 5%)	Jahres- Flächenlast kWh/m <sup>2</sup> ·a vom Ist-Verbrauch (Spalte 6)	Warm- Wasser m <sup>3</sup> Verbraucher: 2 Personen + Spülmaschine	<b>Warm- Wasser</b> kWh ~ 110 kWh pro 1 m <sup>3</sup> Warmwasser
00 / 01	<b>3636</b>	+ 5,6	222	5,1	18.662	22.941	<b>+ 22,27 %</b>	76,5	20,6	2.261
01 / 02	<b>3551</b>	- 2,33	215	5,0	18.323	21.117	<b>+ 15,25 %</b>	70,4	22,6	2.463
02 / 03	<b>3766</b>	+ 6,05	215	4,0	19.433	20.143	<b>+ 3,65 %</b>	67,1	22,1	2.409
03 / 04	<b>3856</b>	+ 2,4	231	4,8	19.897	18.737	<b>- 5,83 %</b>	62,5	20,3	2.212
04 / 05	<b>3832</b>	- 0,85	225	4,5	19.773	17.536	<b>- 11,31 %</b>	58,5	19,6	2.071
05 / 06	<b>3894</b>	+ 1,86	214	3,3	20.093	20.441	<b>+ 1,73 %</b>	68,1	18,3	1.972
06 / 07	<b>2862</b>	- 26,5	189	6,4	14.768	15.011	<b>+ 1,65 %</b>	50,0	17,6	1.897
07 / 08	<b>3653</b>	+ 27,4	223	5,2	18.849	17.989	<b>- 4,56 %</b>	60,0	15,13	1.621
08 / 09	<b>3802</b> $T_i = 21,8^\circ\text{C}$	+ 4,08	232	5,4	19.618	20.215	<b>+ 3,05 %</b>	67,7	15,59	1.668
09 / 10	<b>3948</b> $T_i = 22,4^\circ\text{C}$	+ 3,8	211	3,7	20.372	22.069	<b>+ 8,3 %</b> Der Wärmetauscher der Therme war nicht gereinigt	73,5	15,22	1.628
10 / 11	<b>4040</b> $T_i = 22,4^\circ\text{C}$	+ 2,33	220	4,0	20.846	22.399	<b>+ 7,4 %</b>	74,6	15,20	1.626
11 / 12	<b>3804</b> $T_i = 22,4^\circ\text{C}$	- 5,84	214	4,6	19.629	20.432	<b>+ 4,1 %</b>	68,1	14,80	1.673
12 / 13	<b>4009</b> $T_i = 22,4^\circ\text{C}$	+ 5,39	212	3,5	20.686	23.111	<b>+ 11,7 %</b> sehr wenig Sonne	77,0	14,50	1.595

① Die DWD-Station PLZ 34560 Fritzlar gilt seit Juli 07 auch für die Postleitzone 61350 Bad Homburg

Die GTZ sind den Tabellen des IWU Darmstadt entnommen.

$T_{\text{innen}} = 21,5^\circ\text{C}$  (für 08/09:  $21,8^\circ\text{C}$ , 09-13:  $22,4^\circ\text{C}$ ), Heizgrenztemperatur HGT:  $12^\circ\text{C}$ .

② Meiner Wärmebedarfsberechnung (1980) lag die Zielgröße zum  $QH_{\text{spezifisch}}$  mit max. 300 W/K (beheizbare Fläche 380 m<sup>2</sup> inklusive ausgebautem Dach) zugrunde. Der Dachraum wurde nicht ausgebaut, die beheizte Fläche beträgt 300 m<sup>2</sup> mit  $QH_{\text{spez.}} = 237 \text{ W/K}$ .

Ich setzte den spezifischen Hausverlust  $QH_{\text{spezifisch}}$  für Vergleichszwecke mit **215 W/K** fest, zumal einige Verbesserungen zum Wärmeschutz rechnerisch nicht in der Wärmebedarfsberechnung berücksichtigt waren.

## Voraussichtliche Entwicklung der zukünftigen Gradtagzahlen und Wintertemperaturen

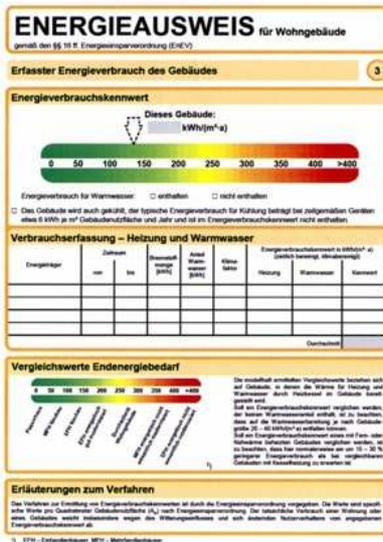
Die Klimaforscher gehen von einer weiteren Erderwärmung in den nächsten 20 Jahren aus, die auch Deutschland betreffen wird, wobei mit Schwankungsbreiten der GTZ von etwa  $\pm 500 \text{ Kd}$  jährlich zu rechnen ist.

Die Gradtagzahlen 1990-2008 ( $\varnothing 3224 \text{ Kd}$  im Jahr) sanken in 18 Jahren gegenüber der Periode 1970-1989 ( $\varnothing 3568 \text{ Kd}$  im Jahr) um 344 Kd, fast -10%, im Durchschnitt um 19 Kd pro Jahr. Die Veränderung verlief natürlich nicht linear. Es gab 3 kalte und 15 milde Winter unterschiedlicher Ausprägung in der Periode 1990-2008.

Die Anzahl der sehr kalten Tage mit „Normaußentemperatur“ nahm stark ab; z.B. seit der Meßperiode 1951-1970 in Kassel um 75%. Wir können davon ausgehen, daß dieser Trend anhält und im Mittel der nächsten 20 Jahre mit etwa 3500 Kd zu rechnen sein wird – es kann aber auch immer wieder mal sehr kalte Winter geben.

Die alten „Norm-Außentemperaturen“ mit  $-12^\circ\text{C}$  und tiefer werden nur noch selten gemessen werden können.

Im Jahr 2020 wird die „Norm-Außentemperatur“ für die ehemaligen „ $-12^\circ\text{C}$ -Gebiete“ mit  $-8^\circ\text{C}$  bis  $-10^\circ\text{C}$  zutreffen.



Die Energieausweise sollten um die spezifische Kenngröße **QA<sub>spezifisch</sub>** ergänzt werden, um die energetische Qualität der Häuser untereinander bundesweit einfach vergleichen zu können.

Die übliche Angabe zum Verbrauch in **kWh/m<sup>2</sup>a** gilt nur für 1 Heizjahr. Der Wert eignet sich auch **nicht** zum Vergleich mit anderen Häusern. Die „Klimafaktoren“ liefern keine Information zum Gebäudevergleich.

Ein Kauf- oder Miet-Interessent könnte die Angebote leichter und genau vergleichen, wenn die spezifische Heizlast in **W/K** für das Gebäude und in **W/Km<sup>2</sup>** für die Wohnfläche angegeben würde. Diese spezifischen Größen sind **unabhängig vom Heizjahr**, sie gilt, solange das Gebäude oder der Wärmeerzeuger nicht verändert wird.

Die spezifische Haus- oder Verlustkenngröße **QH<sub>spezifisch</sub>** ergibt sich aus einer fachgerecht erstellten Wärmebedarfsberechnung.

**QH<sub>spez.</sub> [W/K] = Verlustleistung Haus Q<sub>gesamt</sub> : Normaußentemperatur**

Die  $\emptyset$ -Innentemperatur wird bei der Bedarfsberechnung meist mit 20°C angesetzt. Zur späteren Überprüfung des Verbrauchs setzt man in die GTZ-Tabelle des IWU die tatsächliche Innentemperatur ein.

Die „Normaußentemperatur“ gibt die lokal zu erwartende Tiefsttemperatur an, die nach den alten Statistiken des DWD 10 Mal in 20 Jahren für 2 Tage auftreten kann. Die noch heute in den Normen geltenden Werte stammen aus dem Zeitraum 1951-1970. Der Klimawandel überholte die Daten.

Liegt keine Bedarfsberechnung vor, kann **QH<sub>spez.</sub>** hilfsweise anhand des Heizenergieverbrauchs eines Referenz-Jahres und der für dieses Jahr gültigen Gradtagzahl (GTZ) bestimmt werden, siehe Seiten 4/5 + 8/9 in dieser Broschüre und **Kasten unten**.

Die spezifische Kenngröße für die Wohnfläche **QA<sub>spez.</sub>** lässt sich aus **QH<sub>spez.</sub>** einfach bestimmen:

**QA<sub>spez.</sub> in W/Km<sup>2</sup>Wohnfläche = QH<sub>spez.</sub> : Wohnfläche**  
**QA<sub>spez.</sub> ist mit 4 Stellen hinter dem Komma anzugeben.**

**Q<sub>gesamt</sub> = QT + QL = QH<sub>spez.</sub> • ΔT**  
Transmissions- + Lüftungsverluste

Ein Vergleich zum heutigen Energieausweis mit einem um **QA<sub>spez.</sub>** ergänzten Ausweis zeigt den Vorteil

**Beispiel:** Ein Hauseigentümer aus Düsseldorf, für dessen Haus im Energieausweis ein Verbrauch von 180 kWh/m<sup>2</sup>a ausgewiesen ist, sucht ein Wohnhaus in München. Er findet dort ein gleichgroßes Objekt mit 160m<sup>2</sup> Fläche, für das ebenfalls 180 kWh/m<sup>2</sup>a ausgewiesen sind. Wäre der spezifische Verlust in W/K bekannt, könnte der energetische Mehrwert des Münchner Hauses erklärt werden:  $\emptyset$ -GTZ\* Düsseldorf = 3525 Kd,  $\emptyset$ -GTZ\* München = 4662 Kd, d.h. in München sind die Gradtagzahlen im  $\emptyset$  32% höher als im Raum Düsseldorf. \* **Gradtagzahlen**,  $\emptyset$ -GTZ → hier:  $\emptyset$  der letzten 7 Jahre.

Die spezifischen Hauskennwerte: Düsseldorf **QH<sub>spez.</sub> = 295 W/K** bzw. **QA<sub>spez.</sub> = 1,8375 W/Km<sup>2</sup>**, München **QH<sub>spez.</sub> = 223 W/K** bzw. **QA<sub>spez.</sub> = 1,3938 W/Km<sup>2</sup>**,

also energetisch deutlich besser, was die Energieausweise nicht aufzeigen. Mit diesen Zahlen wird ein Vergleich und eine wirtschaftliche Betrachtung bundesweit leicht möglich, **siehe Kasten**.

**Vergleich zu den Häusern in Düsseldorf (D) und München (M), GTZ für 07/08**

GTZ D = **3391 Kd**, 256 HT,  $\emptyset$ -TA an den HT 7,8°C, T<sub>i</sub> 21°C, HGT 15°C  
 GTZ M = **4471 Kd**, 293 HT,  $\emptyset$ -TA an den HT 5,7°C, T<sub>i</sub> 21°C, HGT 15°C  
 GTZ = Gradtagzahl [Kd], HT = Heiztage, HGT = Heizgrenztemperatur

**Der Grenz-Flächenverbrauch QGA in kWh/m<sup>2</sup>, Heizperiode Mai 07-April 08**

**Haus Düsseldorf:** 3391 Kd · 1,8375 W/K·m<sup>2</sup> · 24h · 10<sup>-3</sup> = **150 kWh/m<sup>2</sup><sub>07/08</sub>**  
**Haus München:** 4471 Kd · 1,3938 W/K·m<sup>2</sup> · 24h · 10<sup>-3</sup> = **150 kWh/m<sup>2</sup><sub>07/08</sub>**

Das Haus Düsseldorf hätte am Standort München einen Verbrauch von 198 kWh/m<sup>2</sup> gezeigt, 32% mehr als das Haus München.  
 Der Jahresverbrauch 07/08: Haus München: 24.000 kWh. Würde das Haus Düsseldorf in München stehen, wären dort 31.680 kWh benötigt worden.

**Spezifische Verluste und Ziel-/Grenzverluste**

<b>Haus</b>	<b>Spezifischer Hausverlust</b>	<b>QH<sub>spez.Referenz</sub> [W/K] = <math>\frac{Q_{\text{Verbrauch Referenz-Jahr [kWh im Referenz-Jahr]} \times 10^3}{GTZ_{\text{Jahr [Kd]} \times 24 [h]}}</math></b>	Wenn keine Heizlastberechnung vorliegt
	<b>Zulässiger Grenzverbrauch Haus</b>		
<b>Fläche</b>	<b>Spezifischer Flächenverlust</b>	<b>QA<sub>spez.Referenz</sub> [W/Km<sup>2</sup>] = <math>\frac{QA_{\text{Verbrauch Referenz-Jahr [kWh/m}^2\text{]} im Referenz-Jahr \times 10^3}{GTZ_{\text{Jahr [Kd]} \times 24 [h]}}</math></b>	Wenn keine Heizlastberechnung vorliegt
	<b>Zulässiger Grenzverbrauch Fläche</b>		

Der aussagekräftige, orts- und witterungs-unabhängige Kennwert  $QA_{\text{spezifisch}}$  in  $W/K \cdot m^2$  für den Gebäudevergleich

Beispiele zu typischen Kennwerten  $QF_{\text{spezifisch}}$  verschiedener Gebäude Seite 2

Die Hauseigentümer sollten die eigenen Daten jährlich zur abgelaufenen Heizperiode dokumentieren, berechnen und mit den Gradtazahlen bewerten.

**Wohnhaus**, Standort PLZ 61350  
 Klimazone 8, Normaußentemperatur  $-12^{\circ}C$   
 Beheizte Fläche: **300 m<sup>2</sup>** Baujahr **1980**

Gastherme für Heizung und W.-Wasser 9,6 kW  
 W.-Wasserverbrauch über W.W.-Zähler gemessen  
 El. Hilfsenergie Heizung mit kWh-Zähler gemessen

**Kennwerte:**  
 $QH_{\text{spezifisch}}$  (Haus): **215 W/K**  
 $QW_{\text{spezifisch}}$  (Wohnung): entfällt hier  
 $QA_{\text{spezifisch}}$  (Fläche): **0,7167 W/K·m<sup>2</sup>**

**Die Werte zu  $QH_{\text{spezifisch}}$  wurden ermittelt:**  
 Durch Berechnung  Nach Schätzung   
 nach:

- DIN 4701
- DIN EN 12831 + Beiblatt
- Nach Verbrauch und GTZ \*  zur Überprüfung 2008 für die Heizperiode: **Mai 07 - April 08** siehe unten

Meßstation für die PLZ **61350**: **Fritzlar**  
 Tinnen: **21,5°C**  
 HGT: **12°C**  
 GTZ\*: **3653 Kd** Mai 07 - April 08  
 Anzahl d. Heiztage\* **223** "  
 Ø-T<sub>A</sub> an den Heiztagen\* **5,2 °C** "

\* Bestimmung der Werte mit der Tabellenkalkulation des IWU

**Überprüfung der Heizperiode 07/08**  
 Gemessener Heizenergieverbrauch: **17.989 kWh<sub>Gas</sub>**  
 - ohne Warmwasserbereitung -  
 Witterungsbedingter Grenzverbrauch: **18.849 kWh<sub>Gas</sub>**  
**Ergebnis:** Verbraucht wurden **860 kWh<sub>Gas</sub>** weniger (-4,5%) als der witterungsbedingte Grenzverbrauch ergab.  
**Warmwasser:** **15,13 m<sup>3</sup>** W-Wasser  $\approx$  **1.621 kWh<sub>Gas</sub>**  
**El. Hilfsenergie:** **440 kWh<sub>el</sub>**

---

**CO<sub>2</sub> aus Gas und Elektro 07/08**  
**Gas:**  $\Sigma 19.610 \text{ kWh}_{\text{Gas}} \times 200\text{g CO}_2/\text{kWh} = \mathbf{3.922 \text{ kg CO}_2}$   
**Elektro:**  $440 \text{ kWh}_{\text{el}}$ , lt. EVU:  $649 \text{ g/kWh} \rightarrow \mathbf{285 \text{ kg CO}_2}$   
**Summe CO<sub>2</sub>:** **4.207 kg CO<sub>2</sub>**  $\approx 14 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$  (07/08)

Die in den Energieausweisen geforderte Angabe des Primärenergieverbrauchs hat eher statistischen oder belehrenden Wert - die Verbraucher beheizen und bezahlen Endenergie.  
Primärenergie Strom in kWh  $\rightarrow$  gemessene Endenergie  $\text{kWh}_{\text{el}} \times 3$  (bei der Stromerzeugung in Kohlekraftwerken)  
 Zur Stromerzeugung in Kernkraftwerken werden zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Primärenergie Uran stark abweichende Angaben gemacht. Der Uran-Abbau erfordert einen hohen Primärenergieeinsatz. Die Angaben streuen zwischen 30g und 200g CO<sub>2</sub>/kWh<sub>el</sub> für Strom aus Kernkraftwerken.  
Primärenergie Gas / Heizöl / Benzin  $\rightarrow$  Endenergie  $\text{kWh} \times 1,1$

## Nützliche Meßgeräte für Hausfrauen und Hausmänner

Über den Zustand und über die optimale Betriebsweise einer technischen Einrichtung lassen sich nur dann fundierte Aussagen machen, wenn die wichtigen Parameter gemessen werden können. Jedes Auto enthält heute ein Vielfaches der Meßtechnik unserer Häuser.

Zahlreiche Meßgeräte lassen sich im Conrad-Katalog finden ([www.conrad.de](http://www.conrad.de)). Die Firma ändert oder ergänzt gelegentlich das Produktprogramm. Eine Anfrage zu den hier dargestellten Conrad-Geräten ist vor einer Bestellung zu empfehlen. Die Anwendung der Gradtagszahlen GTZ setzt voraus, daß Meßeinrichtungen für den Verbrauch vorhanden sind, was bei Gasheizungen gegeben ist.

Der **Gaszähler** des Gaslieferanten mißt den Gasdurchfluß in m<sup>3</sup>. Mit einem Umrechnungsfaktor wird das Gasvolumen in die verbrauchten kWh umgerechnet. Die Faktoren der Gaslieferanten „streuen“ ortsabhängig.

Der Gasversorger Mainova, Frankfurt, gibt für das Jahr 2005 an: **1 m<sup>3</sup> Erdgas = 10,776803 kWh**



**Öl-Verbrauchsanzeiger** fehlen an den meisten Öl-Heizkesseln. Selbsthilfe kann das Problem lösen: Die Firma Conrad-Electronic liefert einen kleinen Zähler, der parallel zur Ölförderpumpe angeschlossen wird. Der Verbrauch kann in kg oder in Litern (Auflösung 10 ml) am LCD-Display angezeigt werden (Conrad Best.-Nr. 120990, € 19,95).

Die Messung der Tankfüllstandshöhe mit dem Peilstab liefert dagegen nur grobe Ergebnisse, auch die Differenz zwischen zwei Tankfüllungen ist als Verbrauchswert für die Berechnungen mit den GTZ zu ungenau. Wichtig ist die Kenntnis des Äquivalents: **1 Liter Heizöl EL ≈ 10 kWh**.



Separate **Wasserzähler** messen den Warmwasserverbrauch in der Zuleitung zur Therme. Der nachträgliche Einbau ist für einen Installateur meist kein Problem.

Die Autoren der Normen bzw. der EnEV (Energieeinsparverordnung) halten dies offenbar für unnötig: dort wird der Warmwasserverbrauch auf die Wohnfläche bezogen, was absurd ist, denn Wohnfläche verbraucht kein Warmwasser. Nur die Zahl der Bewohner und deren Verbrauchsverhalten bestimmt den Verbrauch. Der damit verbundene Energieverbrauch liegt zwischen 10% bis 30% des Energieverbrauchs für die gesamte Wärmeerzeugung - bei Passiv-Häusern auch 80%.



### Der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung

Zur Erwärmung von 1 m<sup>3</sup> Wasser um 1K werden 1,163 kWh bei  $\eta = 100\%$  des Wärmeerzeugers benötigt.  $\eta$  der Gas-/Ölthermen  $\approx 80\%$ ,  $\eta$  der Elektroboiler  $\approx 97\%$ . Beispiel: Die Erwärmung von 1m<sup>3</sup> Kaltwasser von 10°C auf 60°C ( $\Delta t=50K$ ) erfordert mit der Gas-/Öltherme bei  $\eta = 80\%$  ca. **73 kWh<sub>Gas/Öl</sub>** mit einem Elektroboiler bei  $\eta = 97\%$  ca. **60 kWh<sub>e</sub>**. Die Leitungsverluste zur Zapfstelle sind stark unterschiedlich, sie betragen etwa 30% der Heizenergie. Für Überschlagsrechnungen: **1m<sup>3</sup> W.W. benötigt ca. 100 kWh**.

Die meßtechnische Erfassung der **elektrischen Hilfsenergie** für die Heizungsanlage mit einem **kWh-Zähler** fehlt in fast jedem Haus. Insbesondere Pumpen herkömmlicher Bauart sind „Stromfresser“, sie laufen während der Heizperiode rund um die Uhr.

Energiefressende Einrichtungen sind darüber hinaus Zirkulationspumpen für Warmwasser. Wer sinnvoll investieren will, läßt Pumpen neuer Bauart einbauen, denen bei gleicher Pumpenleistung ein Bruchteil elektrischer Energie genügt. Es gibt gute und preisgünstige „**Energiekostenzähler**“, deren primäre Funktion das Erfassen der verbrauchten kWh ist. Ein derartiges Gerät sollte auch für die Messung der Leistung in W eines Verbrauchers umschaltbar sein. Intelligenter, kaum teurere Geräte dieser Art können sowohl die Wirkleistung als auch die Blindleistung eines Verbrauchers anzeigen. In der Wohnhaustechnik interessiert die elektrische **Wirkleistung (W)** bzw. die **Wirkarbeit (kWh)**.



Elektrische **Multimeter** zum Messen der elementaren elektrischen Größen wie Spannung, Strom und Widerstand gehören zur meßtechnischen Grundausstattung. Jeder Haushalt ist vollgestopft mit Elektrogeräten, Batterien und Akkus. Da tritt häufig mal ein Fehler auf, der vorab einer einfachen Diagnose bedarf - aber in den meisten Haushalten fehlt ein Multimeter. Oft sind es nur Kleinigkeiten: z.B. Batterie- oder Akkuspannung 1/10 Volt unter dem Limit, oder ein Netzsteckeranschluß bzw. ein Kabel ist defekt. Vielfachmeßgeräte gibt es in allen Varianten, s. [Conrad.de](http://Conrad.de) Für den normalen Hausgebrauch reichen Geräte, die zwischen 9 und 20 Euro kosten.

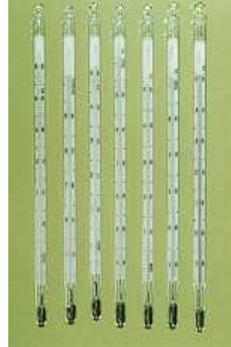


Ein **Betriebsstundenzähler** kann die Brennerlaufzeiten des Heizkessels erfassen. Die Geräte geben Aufschluß über die Betriebszeiten der Heizgeräte und damit über die richtige oder falsche Dimensionierung des Wärmeerzeugers. Wenn der Heizkessel überdimensioniert ist und ständig ein- und ausschaltet, entstehen hohe Stillstandsverluste. **QH<sub>spezifisch</sub>** war bei der Planung der Haustechnik in diesem Fall eine unbekannte Größe.



**Die Natur stattete uns zwar mit einigen Sinnesorganen aus, deren Sensoren reichen für das Überleben im technischen Zeitalter aber nicht aus. Deshalb benötigen wir Meßgeräte.**

Unerlässlich sind genaue **Thermometer**. Am besten sind immer noch Glasthermometer hoher Genauigkeit und Auflösung - aber die gibt es nicht einmal beim Optiker. **Laborthermometer** sind die Instrumente der Wahl - erhältlich im Handel für Laborbedarf. Die üblichen **Digitalthermometer** täuschen Genauigkeit vor. Präzisions-Digitalthermometer (Fehler  $\pm 0,1\%$ ) sind sehr teuer. Ich testete ein Digitalgerät ausreichender Genauigkeit, s. Foto links.

		<p><b>Laborthermometer</b> Einschlussform, <math>\varnothing</math> 8 bis 9 mm. Richterverschluss mit Knopf. Prismatische Messkapillare blauleuchtend, eichfähig Länge 420 mm Mit Hg-Füllung. <b>Meßbereich 0 bis +50 °C</b> <b>Auflösung 0,1 °C</b> € 42,57 brutto Glaswarenfabrik Karl Hecht KG 97647 Sondheim (keine Direktlieferung)</p>	<p><b>Temperatur-Daten-Logger DL-100 T mit USB-Ausgang</b> Conrad-Electronic Art.-Nr.: 100727 € 44,95 bis 32000 Meßwerte Meßrate: 2s - 24h mit Software mit Lithium-Batterie -40 bis +70°C Auflösung: 0,1 °C</p>  <p>Temperatur- u. Feuchte-logger siehe unten links</p>
<p><b>DIGITAL-THERMOMETER</b> LOUIS, Hamburg Internet: <a href="http://louis.de">louis.de</a> Temperaturbereich -20° bis +50° Auflösung: 0,2 °C, Ziffernhöhe 19 mm Fehler: <math>\pm 0,2^\circ\text{C}</math> -- ist „gut“ (eigene Erprobung) Größe: 55x33x10 mm, Zelle: LR 43 oder Renata Nr. 386, 11,6 x 4,2 mm mit Aufstellbügel und Klebeпад Best. Nr. 10034851 € 9,95</p>			

**Luxmeter** sind zwar als Belichtungsmesser in jeder Kamera enthalten, in den Haushalten zur Messung der Beleuchtungsstärken sind Luxmeter aber fast unbekannt, obwohl die richtige Beleuchtung für das Wohlbefinden ebenso wichtig ist wie die richtige Zimmertemperatur. Einige empfohlene Lux-Werte:

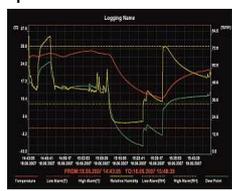
Treppen, Keller, Dachboden	30 Lux	Diele, Garderobe, WC, Bad	720 Lux
Garagen, Flur, Abstellraum	60 Lux	Kinderzimmer, Vorratsraum	720 Lux
Küche, Hobbyraum, Wohn- und Speisezimmer, Hausarbeitsraum	250 Lux	Lesen, Schreiben, Handarbeiten, Malen, Kosmetik	750 Lux
Küchen- Hobbyarbeiten, Büro- und Laborarbeiten	500 Lux	Techn. Zeichnen, Präzisionsarbeiten, genaues Prüfen und Farbbeurteilung	7000 Lux

Das Gerät MS-1300 hat einen Meßbereich von 0,1 bis 50.000 Lux  
Genauigkeit  $\pm 5\%$  < 10.000 Lux  
 $\pm 10\%$  > 10.000 Lux



**LUXMETER MS-1300**  
Artikel-Nr.: 128800  
€ 35,95  
Conrad-Electronic

<p><b>CO<sub>2</sub>-Sensor mit Steuerausgang</b> Meßbereich 500-5000 ppm, Analogausgang 0-5 Volt= Auflösung min. 150 ppm, Genauigkeit <math>\pm 150</math> ppm</p>  <p><b>CO<sub>2</sub> Raumluftmonitor/Transmitter LN 401</b> CHF 490,- Mosway Electronics GmbH Industrie-Elektronik Gas- Sensorik Gebäudetechnik Binzholzstrasse 33 CH-8636 Wald / ZH <a href="http://www.mosway.ch/de/ln401.html">www.mosway.ch/de/ln401.html</a></p> <table border="0"> <tr> <td>Messprinzip:</td> <td>Physikalisch (IR-Absorption durch CO<sub>2</sub>)</td> </tr> <tr> <td>Genauigkeit:</td> <td>5% d. Messwerts +/- 150 PPM (@25 °C, 1013hPa)</td> </tr> <tr> <td>Temperaturabhängigkeit:</td> <td>&lt; 5 ppm pro °C</td> </tr> <tr> <td>Messbereich:</td> <td>0 – 5000 ppm CO<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td>Max. CO<sub>2</sub> - Konzentration:</td> <td>100% CO<sub>2</sub> ohne Überlastung der Messzelle</td> </tr> <tr> <td>Abmessungen:</td> <td>70x70x26mm</td> </tr> <tr> <td>Stromversorgung:</td> <td>8..15 VDC 0.2A (nominal 12 VDC)</td> </tr> <tr> <td>Ausgang:</td> <td>3 potentialfreie Kontakte max. 48V/0.5A</td> </tr> <tr> <td>Analogausgang</td> <td>0-5V == 0-5000ppm CO<sub>2</sub> (Ri = 100 Ohm)</td> </tr> <tr> <td>Umgebungstemperatur:</td> <td>10 – 35 °C</td> </tr> <tr> <td>Rel. Luftfeuchtigkeit:</td> <td>0 - 95% (nicht kondensierend)</td> </tr> </table>	Messprinzip:	Physikalisch (IR-Absorption durch CO <sub>2</sub> )	Genauigkeit:	5% d. Messwerts +/- 150 PPM (@25 °C, 1013hPa)	Temperaturabhängigkeit:	< 5 ppm pro °C	Messbereich:	0 – 5000 ppm CO <sub>2</sub>	Max. CO <sub>2</sub> - Konzentration:	100% CO <sub>2</sub> ohne Überlastung der Messzelle	Abmessungen:	70x70x26mm	Stromversorgung:	8..15 VDC 0.2A (nominal 12 VDC)	Ausgang:	3 potentialfreie Kontakte max. 48V/0.5A	Analogausgang	0-5V == 0-5000ppm CO <sub>2</sub> (Ri = 100 Ohm)	Umgebungstemperatur:	10 – 35 °C	Rel. Luftfeuchtigkeit:	0 - 95% (nicht kondensierend)	<p><b>Infrarotthermometer</b> Diese Geräte dienen zur berührungslosen Messung von Oberflächentemperaturen. Die Messung zeigt z.B. die Oberflächentemperatur einer Wand, einer kalten Raumecke im Zimmer oder einer Kochplatte. Wichtig ist das D:S-Verhältnis (Meßabstand zu Meßfleck) der Optik (z.B. 30:1) und ein einstellbarer Emissionsgrad. <b>Beispiel: IR 900-30S € 99,95</b> Conrad Electronic, Artikel-Nr.: 100920</p> <p><b>Technische Daten (Auszug)</b> Temperatur: -50 bis +900 °C Genauigkeit: <math>\pm 1.5\%</math> Auflösung Temperatur: 0.1 °C Optik: 30:1 Ansprechzeit: &lt; 1 s Emissions-Grad: 0.1 - 1.0 Zuschaltbarer Ziel-Laser Spannungsversorgung: 9 V Block Abm.: (B x H x T) 56 x 230 x 100 mm Gewicht: 290 g</p> 
Messprinzip:	Physikalisch (IR-Absorption durch CO <sub>2</sub> )																						
Genauigkeit:	5% d. Messwerts +/- 150 PPM (@25 °C, 1013hPa)																						
Temperaturabhängigkeit:	< 5 ppm pro °C																						
Messbereich:	0 – 5000 ppm CO <sub>2</sub>																						
Max. CO <sub>2</sub> - Konzentration:	100% CO <sub>2</sub> ohne Überlastung der Messzelle																						
Abmessungen:	70x70x26mm																						
Stromversorgung:	8..15 VDC 0.2A (nominal 12 VDC)																						
Ausgang:	3 potentialfreie Kontakte max. 48V/0.5A																						
Analogausgang	0-5V == 0-5000ppm CO <sub>2</sub> (Ri = 100 Ohm)																						
Umgebungstemperatur:	10 – 35 °C																						
Rel. Luftfeuchtigkeit:	0 - 95% (nicht kondensierend)																						

<p><b>Temperatur- / Feuchte Datenlogger DL-120 TH mit USB-Adapter</b> Conrad-Electronic Art.-Nr.100040 € 59,95 bis 2 x 16.000 Meßwerte Meßrate: 2s - 24h -40 bis +70 °C // 0 -100 % rF Auflösung: 0,1 °C // 0.1% rF Genauigkeit: Temp. <math>\pm 1</math> °C, Luftfeuchte <math>\pm 3\%</math> rF</p>  	<p><b>CO<sub>2</sub>-Meßgerät CO-100</b> Conrad Electronic Art.-Nr. 10 25 41 € 177,31</p> <table border="0"> <tr> <td>Anzeige</td> <td>3-zeiliges LC-Display</td> </tr> <tr> <td>Meßwerte</td> <td>CO<sub>2</sub>, Temperatur und Feuchte</td> </tr> <tr> <td>Spannungsversorgung</td> <td>100 – 240 V/AC, Steckernetzteil</td> </tr> <tr> <td>Meßbereich CO<sub>2</sub></td> <td>0 – 3000 ppm CO<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td>Meßbereich Temperatur</td> <td>0 – 50 °C</td> </tr> <tr> <td>Auflösung</td> <td>1 ppm (0 – 999 ppm) 5 ppm (1000 – 1999 ppm), <math>\pm 70</math> ppm / <math>\pm 5\%</math> der Ablesung</td> </tr> <tr> <td>Genauigkeit CO<sub>2</sub></td> <td><math>\pm 1^\circ\text{C}</math></td> </tr> <tr> <td>Genauigkeit Temperatur</td> <td><math>\pm 1^\circ\text{C}</math></td> </tr> <tr> <td>Alarmsignal</td> <td>Summer und LED-Anzeige</td> </tr> <tr> <td>Relaisausgang</td> <td>schaltet bei Grenzwertüberschreitung</td> </tr> </table> 	Anzeige	3-zeiliges LC-Display	Meßwerte	CO <sub>2</sub> , Temperatur und Feuchte	Spannungsversorgung	100 – 240 V/AC, Steckernetzteil	Meßbereich CO <sub>2</sub>	0 – 3000 ppm CO <sub>2</sub>	Meßbereich Temperatur	0 – 50 °C	Auflösung	1 ppm (0 – 999 ppm) 5 ppm (1000 – 1999 ppm), $\pm 70$ ppm / $\pm 5\%$ der Ablesung	Genauigkeit CO <sub>2</sub>	$\pm 1^\circ\text{C}$	Genauigkeit Temperatur	$\pm 1^\circ\text{C}$	Alarmsignal	Summer und LED-Anzeige	Relaisausgang	schaltet bei Grenzwertüberschreitung
Anzeige	3-zeiliges LC-Display																				
Meßwerte	CO <sub>2</sub> , Temperatur und Feuchte																				
Spannungsversorgung	100 – 240 V/AC, Steckernetzteil																				
Meßbereich CO <sub>2</sub>	0 – 3000 ppm CO <sub>2</sub>																				
Meßbereich Temperatur	0 – 50 °C																				
Auflösung	1 ppm (0 – 999 ppm) 5 ppm (1000 – 1999 ppm), $\pm 70$ ppm / $\pm 5\%$ der Ablesung																				
Genauigkeit CO <sub>2</sub>	$\pm 1^\circ\text{C}$																				
Genauigkeit Temperatur	$\pm 1^\circ\text{C}$																				
Alarmsignal	Summer und LED-Anzeige																				
Relaisausgang	schaltet bei Grenzwertüberschreitung																				

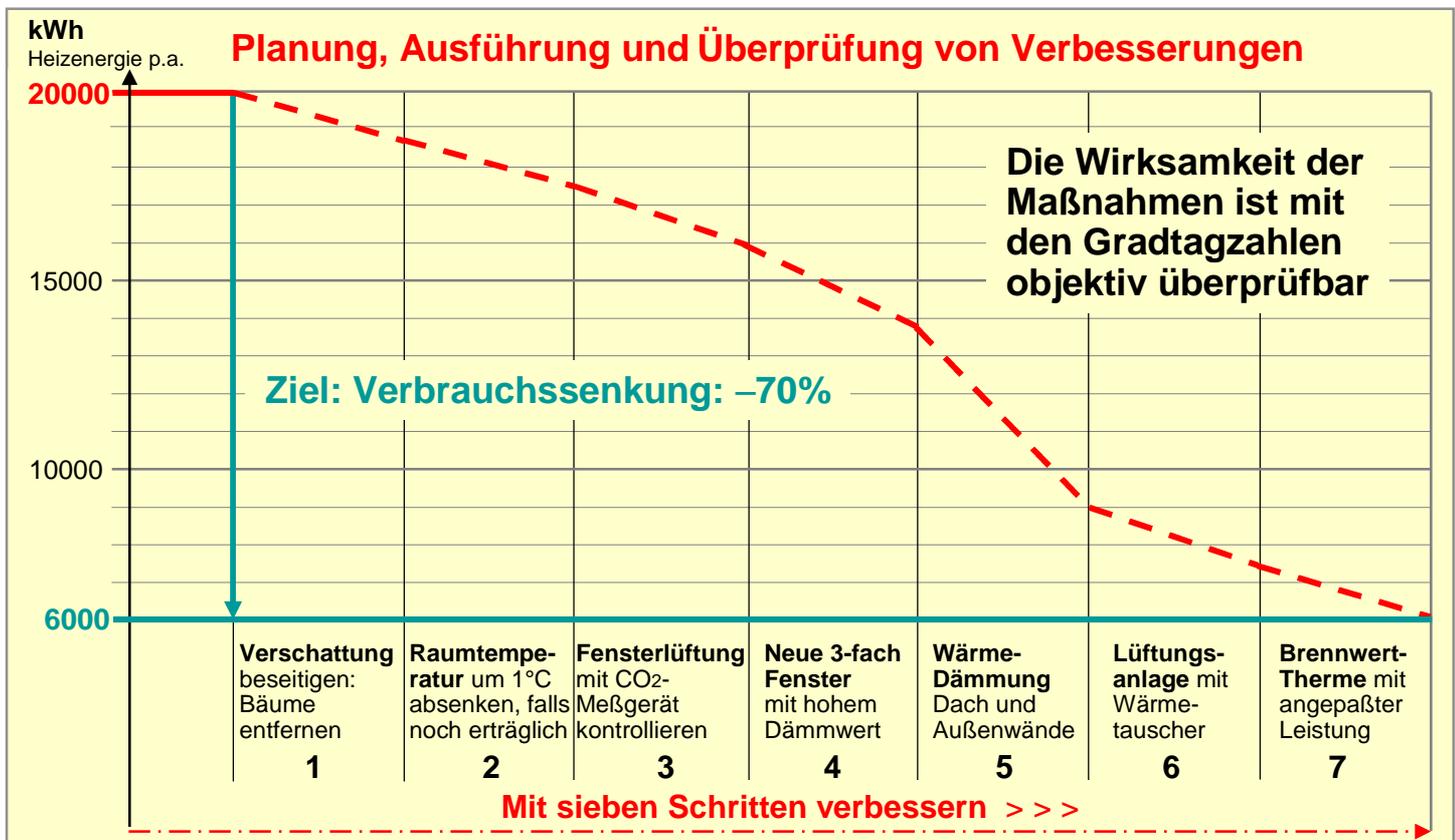
Es gibt noch viele weitere nützliche Geräte für den Haushalt, die nicht nur das Herz des Meßtechniklers erfreuen können wie z.B. ein Hygrometer, ein Schallpegelmesser, ein Anemometer zur Luftmengenmessung und Einstellung in Lüftungskanälen, eine Feinwaage 50 mg-250 g, eine Stoppuhr, eine präzise Schieblehre und natürlich Taschenrechner mit mathematischen / technischen und kaufmännischen Funktionen. Man sollte nur die Meßgeräte kaufen, deren Fehlergrenzen mit  $\pm x\%$  (Genauigkeit) zu allen Meßbereichen spezifiziert sind - im Datenblatt oder in der Bedienungsanleitung zu finden.

**Wir leben in einer von Technik bestimmten Welt, deren Zusammenhänge und Folgen wir nur verstehen, wenn die physikalischen Hintergründe bewußt werden - dabei helfen Meßgeräte.**

Bei allem Messen sollte man aber an den „Innungspruch“ der Meßtechnikler denken:  
**„Wer mißt, mißt Mist, man muß nur wissen, welchen Mist man mißt“**

Diese Aussage bezieht sich auf die Betrachtung und Bewertung der möglichen Meßfehler der Meßanordnung.

17 Millionen Wohngebäude in Deutschland mit 33,8 Millionen Wohnungen verbrauchen für die Heizung 600 Milliarden kWh und damit 51% der Gesamtenergie der Haushalte inklusive Privatverkehr. Diese Seite beschreibt den Weg zur Energie-Effizienzsteigerung der Altbauten in 7 Schritten. Die Schritte 1 – 3 kosten nur wenig, sie können aber den Verbrauch bereits um etwa 20 % senken. Die Schritte 4 – 7 können nacheinander gegangen werden, rationeller ist ein großer Schritt „in einem Rutsch“.



**Schritt 1** dient der Beseitigung der Verschattung von Häusern durch Bäume. Dieses Thema wird in dem Buch des Autors behandelt. Zu dem Problem der Verschattung schreibt Prof. Dr. Ing. Gerd Hauser, München: „Über das ‚Kraftwerk Fenster‘ können allein in Deutschland jährlich im Durchschnitt 83 TWh geerntet werden.“ (= 83 Milliarden kWh oder 1000 kWh / Bundesbürger).

**Schritt 2** ist altbekannt: Die Absenkung der Raumtemperatur um 1°C senkt den Verbrauch um ca. 6%. Die Absenkung sollte nicht übertrieben werden, denn in Altbauten mit kalten Außenwänden strahlt der menschliche Körper relativ viel Körperwärme ab, was zur Unterkühlung führen kann.

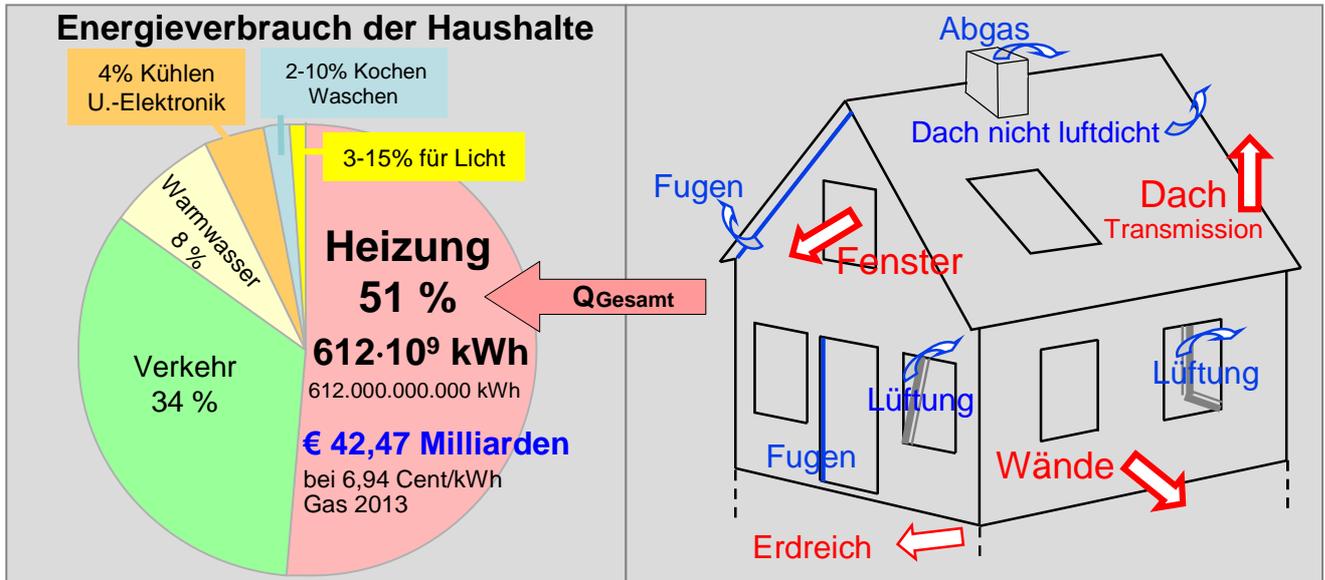
**Schritt 3** dient der Reduzierung der Lüftungsverluste der Fenster durch die Kontrolle der Raumluftqualität mit einem CO<sub>2</sub>-Meßgerät.

**Schritt 4** ist kostenintensiv aber sehr lohnend. Neben der Reduzierung der Wärmeverluste tragen Dreifachscheiben erheblich zum Wohlbefinden bei: geringere Abstrahlung von Körperwärme und ein erhöhter Schallschutz. Idealerweise werden die Schritte 4 – 6 kombiniert, da hier nicht nur Schmutz anfällt sondern auch Doppelarbeiten vermieden werden können. Siehe Seiten 21-22 zu Fenstern.

**Schritt 5** senkt den Energieverbrauch drastisch, wenn eine Außendämmung von mindestens 12 cm montiert wird. Hinweise hierzu: Seiten 19–21.

**Schritt 6** sollte heute auch bei der Sanierung von Altbauten möglichst in Kombination mit den Schritten 4 und 5 eine Selbstverständlichkeit sein. Bei Neubauten ist der Einbau der Luftleitungen in den Decken und Wänden einfach, während die Luftleitungen in Altbauten einer Verkleidung bedürfen. Die Firma Helios, Villingen-Schwenningen, bietet verschiedene Kanalsysteme z.B. das System „RenoPipe“ an. Hinweise zu Be- und Entlüftungsanlagen: Seite 25-27

**Schritt 7** sollte erst nach Ausführung der vorhergehenden Schritte geplant werden, damit das neue Heizgerät dem geringeren Wärmebedarf entspricht. Mit einer sorgfältigen Wärmebedarfsberechnung ist die Bestimmung der Leistung der neuen Therme natürlich auch vorher möglich – oder s. Seite 10. Ist ein Gasanschluß vorhanden, sind Gas-Brennwertgeräte die Geräte der Wahl. Holzpellet-Heizungen nutzen erneuerbare Energie. Das Versprechen „CO<sub>2</sub>-neutral“ klingt gut, es ist aber nicht richtig, da die entlaubten Bäume in der Heizperiode kein CO<sub>2</sub> aufnehmen. Das Abgas verweht im Winter - wie bei allen fossilen Brennstoffen - von der Vegetation ungenutzt irgendwohin in die Troposphäre.



Vor Sanierungsmaßnahmen ist eine fachgerechte Wärmebedarfsberechnung zweckmäßig. Hier wird ein verkürztes Vorgehen beschrieben, das vor einer Sanierung oder Hauskauf leicht durchführbar ist.

**Die überschlägige Wärmebedarfsberechnung**

Hierzu benötigt man die Abmessungen des Hauses, Angaben zu den Baumaterialien, die Fensterdaten, die Arbeitspläne (1:50) und die örtlichen Gradtagzahlen.

**Beispiel zu einem angebotenen Haus:**

Standort 57462 Olpe, Baujahr 1948, Grundstück in bester Lage 2000 m<sup>2</sup>, Hausgrundfläche 10x10m, Nutzfläche 166 m<sup>2</sup>. Wände aus Vollziegeln 24 cm, 45° Giebelwände, Geschoßhöhe im EG 2,6 m, 22 m<sup>2</sup> Fenster inkl. Außentüren (2-fach verglast). Dachfläche 137 m<sup>2</sup>, Dachdämmung 8 cm starke Mineralwollematten. Alle Räume im EG und OG werden auf durchschnittlich 21°C beheizt, Vier Personen leben in dem schuldenfreien Haus. 1975 wurde Zweischeibenglas in die alten Rahmen eingesetzt. Der Ölheizkessel von 1970 beheizt die Heizkörper. Warmwasser im EG und OG: elektrisch.

Das langjährige Mittel der Gradtagzahl (Olpe): 4368 Kd, 294 Heiztage, Außentemp. an den Heiztagen 6,1°C. Die Hausverkäufer geben den Heizenergieverbrauch der letzten 3 Jahre mit ~5000 Liter Heizöl pro Heizperiode an. Ein Energieausweis liegt nicht vor.

**Der Heizenergiebedarf ohne Warmwasser**

Wir berechnen zunächst den Transmissionsverlust. Der Lüftungsverlust ergibt sich aus der Undichtigkeit des Hauses und dem Lüftungsverhalten, was nicht berechenbar aber aus dem Gesamtverbrauch abzüglich Transmissionsverbrauch bestimmt werden kann.

Die Normen zeigen für nahezu alle Baumaterialien den Wärmedurchgangswiderstand  $R_T$  in m<sup>2</sup>K/W. Sein Kehrwert ist der Wärmedurchgangskoeffizient  $U$  (W/m<sup>2</sup>K). Siehe: [Wärmedurchgangskoeffizient – Wikipedia](#)

**U-Werte zu diesem Haus:**

- Wände:** 24 cm  $R_T = 0,397 \text{ m}^2\text{K/W}$ ,  $U = 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenster:** 2-fach-Scheiben  $U = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Dach:**  $1 \text{ W/m}^2\text{K}$  | Kellerdecke Beton/Holz  $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

**Bestimmung der Transmissionsverluste**

Eine Wand besteht aus mehreren Schichten, deren Wärmedurchgangswiderstände addiert werden. Aus dem Kehrwert der Summe der Widerstände ergibt sich der U-Wert des Wandelementes.

	<b>Die Außenwände</b>
	$R_{\text{gesamt}} = R_{\text{mauer}} + R_{\text{putz i}} + R_{\text{putz a}} + R_{\text{si}} + R_{\text{se}}$
	$U_{\text{gesamt}} = 1/R_{\text{gesamt}}$

$U_{\text{gesamt}} \text{ Außenwände} = \sim 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

Wandflächen: 132 m <sup>2</sup> → 316 W/K	52%	← $R_{\text{putz}}$ und $R_{\text{si}}$ sind hier nicht berücksichtigt
Fensterflächen: 22 m <sup>2</sup> → 64 W/K	11%	
Dachflächen: 137 m <sup>2</sup> → 137 W/K	23%	
Kellerdecke: 100 m <sup>2</sup> → 90 W/K	15%	← Keller hier mit 50% des Verlustes angesetzt. Der Keller zeigt im Winter 14°C.
<b>Transmission gesamt: 607 W/K</b>	100%	

Mit den langjährigen Klimadaten für Olpe (s. linke Spalte) wird der Transmissionsverlust  $Q_T$  pro Heizperiode berechnet:

$Q_T = 607 \text{ W/K} \cdot 4368 \text{ Kd} \cdot 24 \text{ h} \cdot 10^{-3} = 63.633 \text{ kWh}$

**Der Lüftungsverlust  $Q_L$**  kann ohne Messung nur angenommen werden. Nach den Normvorgaben sind 50% des Luftvolumens  $V$  des Gebäudes stündlich auszutauschen. Das Haus hat ein Luftvolumen von 500 m<sup>3</sup>, stündlicher Luftwechsel: 250m<sup>3</sup>.

Die Erwärmung von 250 m<sup>3</sup>/h Außenluft auf 21°C erfordert bei der Gradtagzahl von 4368 Kd, 294 Heiztagen bei der  $\Delta T_a$  an den Heiztagen von 6,1°C:

$Q_L = 9.462 \text{ kWh}$  (Berechnung s. Seite 12)

$Q_{\text{Gesamt}}/\text{Heizperiode} = Q_T + Q_L = 73.095 \text{ kWh}$

$Q_{H\text{spez.}} = 697 \text{ W/K}$  |  $Q_{A\text{spez.}} = 4,1988 \text{ W/m}^2\text{K}$

Das Haus entspricht der Energieeffizienzklasse H (s. Seite 2)

**Der Ölverbrauch p.a. ~7.300 l Öl** (44 l/m<sup>2</sup>) → **€ 6.200**

Die Hausverkäufer geben den Verbrauch 30% niedriger an, was nicht stimmen kann.

**Was ist zu tun?** Dieses Haus ist eine energetische Schrottimobilie. Sie bedarf einer umfassenden Sanierung. Kosten etwa € 80.000 inkl. energ. Verbesserung auf den Stand eines „3-Liter-Hauses“ (s. Seite 2). Die Heizkosten sinken dann um 84% auf ca. € 1.000,- p.a. Die Einsparung beträgt 6,5% p.a. von den Sanierungskosten. Aternative: Die Hälfte (1000m<sup>2</sup>) des Grundstücks verkaufen und ein neues Haus nach dem Stand der Technik bauen: Passivhaus. Kosten etwa € 300.000 abzügl. Grundstücksverkauf und Sanierung: € 90.000 für das neue Haus.

Die folgenden Seiten enthalten Hinweise zum Wärmeschutz von Wohnhäusern. Das Haus Beispiel B (Seite 11-13) Baujahr 1980 mit 10 cm Dämmung hat einen U-Wert von  $\approx 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ , was technisch längst überholt ist. Der U-Wert, früher k-Wert genannt, ist der Wärmedurchgangskoeffizient, dem Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes, den die bauphysikalischen Prüfmuster ermitteln und in den baurelevanten Normen veröffentlichen. Dort wird der Kennwert zu nahezu jedem Baumaterial aufgelistet. (Details: in *Wikipedia*, Suchwort: „k-wert“) Wenn ich heute neu bauen würde, müßte ein U-Wert von besser  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreicht werden, also eine Halbierung der Verluste unseres Hauses, d.h. mindestens eine Verdoppelung der Stärke der Dämmung auf den Außenwänden, Kellerwänden, Kellerboden, Dachdämmung sowie eine Verbesserung der Fenster. Wie lassen sich die Altbauten aus den „Gründerjahren“ mit den oft bewunderten Fassaden auf den Stand der Technik bringen? Eine Innendämmung ist wegen der erheblichen Raumverkleinerung und auch aus bauphysikalischen Gründen nicht ratsam aber möglich: s. Heft 11 des IWU (Hinweise zum IWU: Seiten 7 + 25). Nach meiner Meinung ist es Zeit, die Altbauviertel bis auf ein paar Museumsstücke für die Denkmalschützer abzureißen und bewohnbare, d.h. wärmegegeschützte Neubauten nach dem Stand der Technik zu errichten. Die optische Nachbildung der alten Fassade auf dem Material der Außendämmung ist handwerklich möglich aber kaum finanzierbar. Die Eigentümer der alten und technisch veralteten Miethäuser müssen lernen, daß ein von den Urgroßeltern geerbtes Gebäude nicht ein weiteres Jahrhundert Mieteinkünfte bringen wird.

Ein schönes Beispiel für eine Altbausanierung fand ich im Internet. Dort beschreibt Frau Silke Schmidt, Uni Stuttgart, ihr Projekt der wärmetechnischen Sanierung einer Siedlung aus den 30iger Jahren (keine „Fassadenbauten“): [www.ihr.ike.uni-stuttgart.de/projekts/ensan.html](http://www.ihr.ike.uni-stuttgart.de/projekts/ensan.html) Die Dokumentation zeigt zahlreiche Details.



vor der Sanierung



Montage der Dämmplatten



Die 20 cm-Dämmung am Fenster im Querschnitt



nach der Sanierung



Erdwärmetauscher für die Raumkühlung im Sommer

Bauteile	Anforderungen für ein Niedrigenergiehaus	Anforderungen für 3-I-Haus
Dach	12 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor U-Wert = $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$	36 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor, U-Wert = $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
Außenwand	12 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor U-Wert = $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$	<u>Fassadenlängsseite:</u> 20 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor, U-Wert = $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ <u>Giebelwände:</u> 25 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor, U-Wert = $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
Kellerdecke	6 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor U-Wert = $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	25 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor U-Wert = $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### Vergleich der Dämmung Niedrigenergiehaus mit dem 3-I-Haus

Die Forderungen der EnEV sind „Mindestanforderungen“ - die technisch und ökonomisch überholt sind. Die Dämmung der Außenwände muß durch weitere Maßnahmen ergänzt werden. Die Auflistung von Seite 2 wird hier zu den Punkten 4.-11. wiederholt:

4. Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmetauscher
5. Eine dem Wärmebedarf angepasste Heiztherme
6. Vermeidung von Wärmebrücken
7. Wärmedämmung der Rolladenkästen
8. Rolladenantriebe mit lichtgesteuerter Schließfunktion
9. Möglichst kein Wohnraum mit Fenster nach Norden
10. Windfangtür zwischen Hauseingang und Diele
11. Für Notfälle: Einbindung eines Heizkamins

### Zweck und Funktion der Außendämmung von Gebäuden

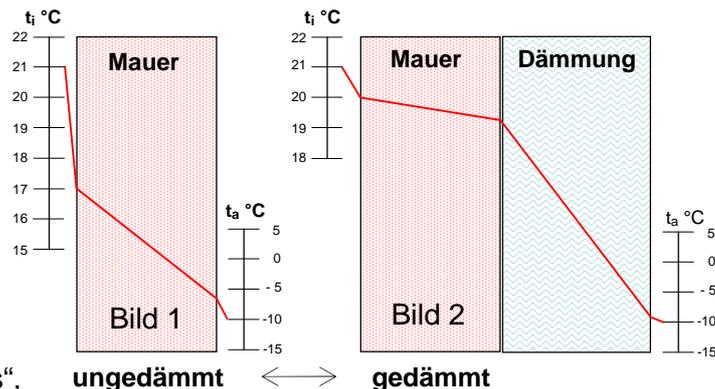
Der Zweck der Außendämmung ist, den Temperaturfluß von innen (warm) nach außen (kalt) mit einem möglichst hohen Widerstand, dem Dämmmaterial, zu „bremsen“. Der Vorgang entspricht dem ohmschen Gesetz der Elektrotechnik: ein hoher Widerstand läßt nur einen kleinen Strom fließen. Je höher aber die Spannung am Widerstand d.h. die Temperaturdifferenz zwischen  $T_{\text{innen}}$  und  $T_{\text{außen}}$  ist, desto größer wird der Wärmestrom bzw. der Wärmeverlust. Wenn der Wärmedurchgangswiderstand  $R_T$  [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] hoch bzw. sein Kehrwert, der Wärmedurchgangskoeffizient  $U$  [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ] klein ist, bleiben die Innenwände warm und der Außenputz kalt (s. hierzu Skizzen auf Seite 21).

Ein weiteres Ziel der Dämmung ist die Erhöhung der Dichtheit des Gebäudes. Gut gedämmte Gebäude mit dichten Fenstern benötigen eine Lüftungsanlage mit Wärmetauscher zur kontrollierten Be- und Entlüftung → s. Seite 26.

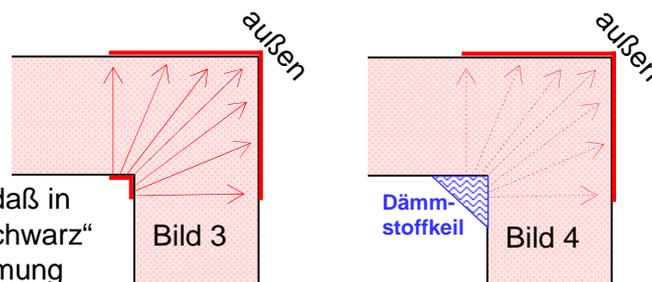
## Wärmedämmung

Je wirksamer die Dämmung, desto flacher ist der Temperaturverlauf in der Wand, d.h. die gedämmte Wand bleibt warm, was auf der Rauminnenseite das Wohlbefinden steigert. Die Temperaturdifferenz zwischen der Rauminnentemperatur und der Oberfläche der Innenwand wird sehr klein: Bild 2, d.h. der menschliche Körper strahlt wenig Wärme an die Wand ab.

Dagegen ist die Innenoberfläche der ungedämmten Wand einige Grade kälter als die Innentemperatur mit der Folge des „Fröstelns“, was wiederum den Bewohner veranlaßt, die Heiztemperatur zu erhöhen.



**Die Zimmerecken** (s. Bild 3) werden thermisch besonders belastet, da hier der kleinen Innenfläche der Ecke eine große Außenfläche gegenüberliegt. Deshalb ist an diesen Stellen die Auskühlung besonders hoch mit der Folge, daß in der Ecke der Anstrich oder die Tapete zuerst „schwarz“ wird oder sogar schimmelt. Unsere 10-cm-Dämmung



mildert zwar den Effekt erheblich aber nicht dauerhaft. Eine 20-cm-Dämmung wäre noch wirksamer, aber die Ecken bleiben auch damit immer noch stärker belastet. Ein Dämmstoffkeil in der Ecke könnte Abhilfe schaffen - eine abgeschrägte Innenecke sieht aber zunächst ungewohnt aus.

**Wärmebrücken** bilden Gebäudeteile, die mit dem Gebäude verbunden sind, wie z.B. Balkonplatten oder Türstürze, die mit den Beton-Decken gegossen und mit Stahl in der Decke/Balkonplatte verbunden sind aber nicht adäquat gedämmt werden können. Grundsätzlich sollten keine auskragenden Konstruktionsteile geduldet werden. Tür- oder Fensterstürze bleiben aber Problemecken, wenn keine ausreichende Dämmung dieser Teile vor dem Baubeginn geplant wird. Auch im Mauerverbund ange-setzte Mauern wie z.B. mit dem Haus verbundene Garagenmauern sind Dauer-Wärmeverbraucher.

## Die Außenhaut der Wärmedämmung

Der Außenputz wird meist als Dünnputz über einem Glasfaser-Gittergewebe aufgebracht. Die Haltbarkeit ist gut, da kein Mauerwerk unter dem Putz temperaturbedingt „arbeitet“. Im Winter hat die gedämmte Außenhaut die Temperatur der Außenluft - im Gegensatz zur ungedämmten Wand.

**Es gibt einen Nachteil der gedämmten Außenhaut:** auf den nach Nordwesten oder Norden gerichteten Fassaden verdunstet Tauwasser nur sehr langsam, was Algen „lieben“. Sie finden genügend Nahrung (Staub) auf der feuchten Wand und gedeihen so prächtig. Abhilfe schafft das Einsprühen der betroffenen Wand mit einem Anti-Algen-Präparat z.B. *Dimanin* von Bayer im Zweijahres-Turnus mit Hilfe einer lang ausziehbaren Obstbaumspritze am Schlauch der Pumpe.

Im Fall eines Neuanstrichs werde ich eine Farbe mit „Lotus-Effekt“ streichen lassen, die Staubablagerungen verhindern soll. Der Regen spült die Nahrung für die Algen dann von der „Lotus-Wand“. Der Nachteil der grün schimmernden Algen ist aber marginal im Vergleich zu den vielfältigen Vorteilen einer wirksamen Dämmung: geringer Energieverlust, Behaglichkeit durch warme Innenwände im Winter und Hitzeschutz im Sommer.

## Fenster

Der kritischste Teil in einer gut gedämmten Fassade sind nach wie vor die Fenster und die Rahmen sowie deren Anbindung an die tragende Wand in der Fensterlaibung.

Technisch hochstehende 3-fach-Scheiben haben heute den Wärmedurchgangskoeffizienten  $U = <1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , was sehr gut ist, aber immer noch zehnmal schwächer als eine mit 20 cm gedämmte Wand. Die neuen Scheiben dämmen immerhin 37% besser als unsere Dreifachscheiben von 1980 mit  $U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Das Verhältnis von Fensterflächen und Glastüren zur Wohnfläche bedarf einer individuellen Optimierung. In den Bau-Normen werden 12,5% Fensterfläche (lichtes Rohbaumaß) von der zu beleuchtenden Fläche empfohlen. Zur Orientierung sind die 12% richtig, aber die Lichtdurchlässigkeit der

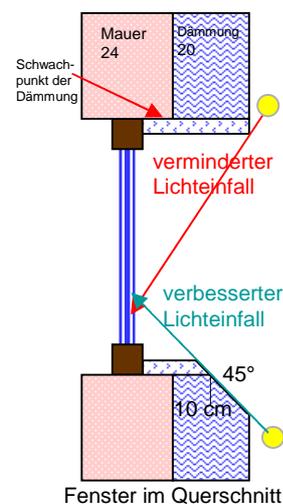
gewählten Scheiben muß berücksichtigt werden. Jede Grenzfläche einer Scheibe mindert die Lichtdurchlässigkeit wegen der Lichtreflexion an der Grenzfläche um 3,92% bzw. 7,84% pro Scheibe. Bei Zweifachscheiben um 15,7%, bei Dreifachscheiben um 23,5%. Für Dreifachscheiben mit bedampftem Glas wird eine Lichtdämpfung von bis zu 29% angegeben, wobei der U-Wert etwa  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreicht. Die Fenstergrößen sollten um das Maß der Lichtdämpfung gegenüber der Norm vergrößert werden, was aber wiederum einen höheren Wärmeverlust bedingt. Wer ganz perfekt plant, kommt um eine Optimierungsrechnung zum Wärmeschutz/Lichtdurchlaß/Stromverbrauch für el. Licht nicht herum. In jedem Fall sollte man vor dem Kauf neuer Fenster die Empfehlungen des *Instituts für Fenster-technik Rosenheim* (<http://www.ift-rosenheim.de/>) ansehen und das Prüfgutachten der *RAL-Gütegemeinschaft Fenster und Haustüren* (e-mail: [ral@window.de](mailto:ral@window.de)) einholen (RAL ist ein Verein, kein amtliches Prüfinstitut).

**Die Verschattung der Fenster und Außenwände durch Bäume und Sträucher muß unbedingt verhindert werden** (Siehe Broschüre Saatweber „Energieraub durch Verschattung“).

Auch die Konstruktion der verschiedenen Fensterrahmen und -Flügel hat großen Einfluß auf den Wärmeschutz. Wegen des Gewichts der Dreifachscheiben sollte man keinen Kippflügelmechanismus an Fenstertüren (Balkon) oder an großen Fensterflügeln vorsehen.

Die Wärmedämmung der Fensterlaibung über dem Mauerwerk ist heute eventuell besser lösbar als 1981. Der Platz reichte bei uns nur für eine Dämmung von max. 3 cm Stärke, was für eine Eckdämmung unzureichend ist. Bei einer 20-cm-Außendämmung (bei einem Passivhaus auch mehr) ist eine Abschattung des Fensters unvermeidbar. Eine  $45^\circ$ -Abschrägung der Dämmung zu den Seiten und nach oben bringt eine Verbesserung. Unsere 10-cm-Dämmung reduziert den Lichteinfall nur geringfügig, da die Fenster möglichst weit außen montiert wurden. Selbstverständlich sind auch breitere Fensterbretter notwendig. Unter dem Fensterbrett (meist Alu) muß eine wirksame Dämmung montiert werden.

Passiv-Häuser werden teilweise ohne Außenmauern gebaut; die Innenwände erfüllen die statischen Forderungen. Eine 40 cm starke Dämmung ersetzt das traditionelle Außenmauerwerk. Die Fenster werden als raumhohe Elemente an den Deckenplatten verankert und an ihren Seiten mit der Dämmung dicht verbunden. Der Nachteil steinloser Außenmauern: im Sommer kann sich die Raumtemperatur übermäßig erhöhen. Abhilfe: für ausreichende Betonmassen im Inneren sorgen. Wärmekapazität Beton:  $c_p \cong 1000 \text{ J/kg}\cdot\text{K} \cong 0,278 \text{ Wh/kg}\cdot\text{K}$



## Rolläden

Die üblichen Rolläden aus Kunststofflamellen erheben keinen Anspruch auf eine wirksame Wärmedämmung. Immerhin, meine Messung der Temperatur im Raum zwischen der Außenscheibe und dem Rolladen bei geöffnetem und bei geschlossenem Rolladen zeigte den Nutzen: Thermometeranzeige bei geöffnetem Rolladen = Außentemperatur  $-1^\circ\text{C}$ ; bei geschlossenem Rolladen und  $-1^\circ\text{C}$  außen stieg die Temperatur nach ca. 1 Stunde im Zwischenraum auf  $+7^\circ\text{C}$ . D.h. bei geöffnetem Rolladen beträgt die Differenz  $\Delta t$  zwischen  $T_{\text{innen}}$  ( $21^\circ$ ) und  $T_{\text{außen}}$  ( $-1^\circ$ ) = **22K** und nach dem Schließen (1h Wartezeit) mit  $21^\circ\text{C}$  innen und  $7^\circ\text{C}$  im Zwischenraum:  $\Delta t = 14\text{K}$ . Der Fensterverlust wird mit geschlossenem Rolladen um etwa 35% reduziert. Für den elektrischen Antrieb sind wir auf Einzelantriebe für die Rolladengurte angewiesen. Bei einem Neubau sollte man Rohrmotore in der Rolladenwelle vorsehen - oder zumindest die Kabel dorthin für eine Zentral- und/oder Individualsteuerung verlegen. Unsere Rolladenantriebe (Fabrikat Rademacher) arbeiten sehr zuverlässig - aber es sind „Dauerstromlutscher“ mit ca. 1,4 W Leistung und ohne Funkuhr, d.h. zweimal jährlich 18 Uhren umstellen. Die neuen Geräte von Rademacher (Rollotron) sind zwar mit Funkuhren aber leider noch nicht mit „Schlummermodus“ (z.B. 0,1 Watt) zur Reduzierung des Stand-by-Verbrauchs ausgerüstet. Unsere 18 Antriebe haben einen Stand-by-Verbrauch  $220 \text{ kWh}_{\text{el}}$  im Jahr ( $\cong 660 \text{ kWh}$  Gas), was aber durch das nächtliche Schließen im Winter sogar etwas überkompensiert wird: ca. 900 kWh Gasreduzierung (abhängig von den GTZ). Der Komfortgewinn durch die wärmeren Scheiben ist aber ungleich höher. Ein Schwachpunkt bezüglich der Wärmedämmung sind die Rolladenkästen über den Fenstern. Wir dämmten von innen die Kastenunterseite und die Innenwand über den Kästen mit 3 cm Polystyrol.

**Bei einer ordentlichen Bauausführung und insbesondere bei der Montage einer wirksamen Wärmedämmung steckt „der Teufel im Detail“ - nicht nur bei den Fenstern.**

**Gründliche Planung, Präzision und Perfektion bei der Ausführung sind unerlässlich.**

**Die „EnEV“ 2002 hat versagt, deren Ziele wurden wegen Schlamperei am Bau nicht erreicht.**

„Wenn es Pflicht wäre, die Heizkessel für jedermann sichtbar im Vorgarten oder an der Straße aufzustellen, hätten wir in Deutschland nicht nur moderne Autos sondern auch Hightech-Heizungssysteme“, sagte mir unser Schornsteinfeger vor längeren Jahren. Er hatte recht, Heizkessel sind keine Vorzeige-Prestige-Objekte; sie benötigen aber 51% der Gesamtenergie der Haushalte.

Diese Seite faßt einige Punkte zum Heizbedarf mit Ergänzungen zusammen. Ein hoher Energieverbrauch einer Heizung ist ein Symptom, dessen Ursachen tiefer liegen:

1. Zu dem Haus wurde keine exakte Wärmebedarfsberechnung erstellt. Die Dämmung ist unzureichend.
2. Der Heizungsbauer konnte die Leistung des Kessels nur schätzen, weil ihm der spezifische Hausverlust  $Q_{H_{spez}}$  in W/K nicht bekannt war (s. Seite 10).
3. Der Architekt oder Bauträger kümmerte sich nicht darum, „das ist Sache des Heizungsbauers“. Ab 2002 muß eine Wärmebedarfsberechnung erstellt und dokumentiert werden, was für die statischen Berechnungen schon immer galt.
4. Die Bauherren kümmerten sich weder um die Bestimmung des Wärmebedarfs noch um die Auswahl des Kessels oder um die Dimensionierung der Wärmeverteilung.
5. Die Herstellerfirmen gaben und geben dem Verbraucher nur dürftiges Informationsmaterial, das über das Versprechen „wohligere Wärme“ meist nicht hinausgeht.
6. Die Hersteller versäumten lange Jahre die Entwicklung von Geräten mit kleiner Leistung und breiter Regelbarkeit des Leistungsbereiches der Wärmeerzeuger.

Ein Heizkessel oder eine Therme sollte nicht „zur Sicherheit“ mit einer höheren Leistung als der spezifische Hausverlust angibt ( $Q_{H_{spez}}$ ), installiert werden. Der Maßstab für die Dimensionierung ist die Wärmebedarfsberechnung.

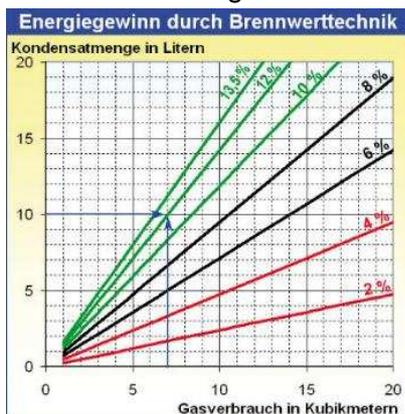
**Für das Warmwasser sollte ein Speicher mit Wärmetauscher vorgesehen werden.** Eine heute lohnende Einrichtung können thermische Kollektoren auf einem nach Süden ausgerichteten Dach sein. Die Kollektoren versorgen - bei Solarstrahlung - in der Übergangszeit die Heizung neben der Warmwasserbereitung.

**Bei den Gasgeräten gibt es einen Durchbruch:**

Das Gerät der Firma Elco heißt *THISION*. Eine Brennwerttherme mit herausragenden technischen Merkmalen. Die Besonderheit ist eine fein abgestufte Leistungspalette und insbesondere das breite Modulationsverhältnis der Geräte von 1:10 (z.B. 0,9 - 9 kW). Damit hat ein Hersteller eine Geräteserie entwickelt, die auch kleine Wärmemengen ohne den ständigen Ein-Aus-Betrieb liefert.

**Für Neuanlagen und für den Kesseltausch gilt:**

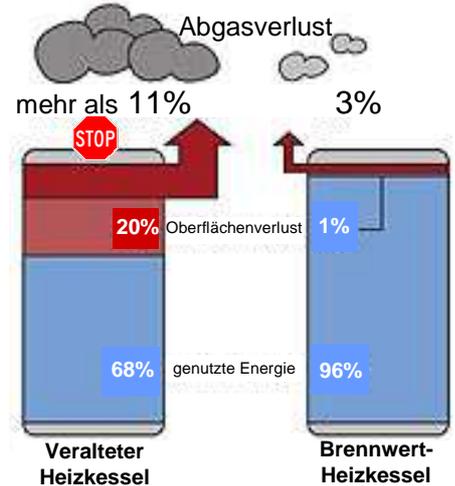
**Nur Brennwertgeräte mit breitem Modulationsbereich entsprechen dem Stand der Technik.** Voraussetzung für die Brennwertnutzung ist eine niedrige Rücklauftemperatur, z.B. <30°C



**Brennwertkessel einfach kontrollieren**

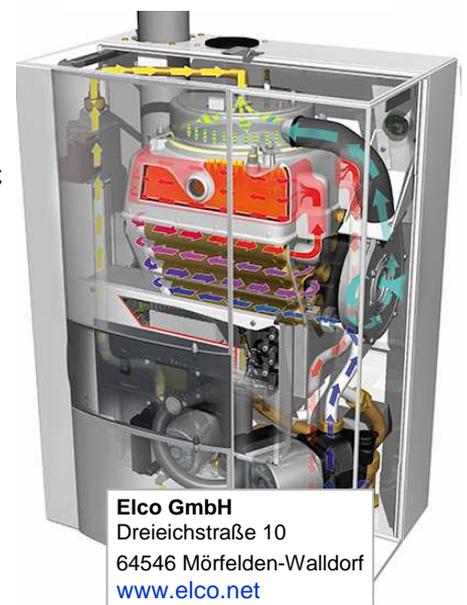
Oliver Stens (Bund der Energieverbraucher) beschreibt eine praktische Methode zur Kontrolle der Wirksamkeit der eigenen Brennwerttherme. Sein Aufsatz kann beim Bund der Energieverbraucher mit dieser Adresse aufgerufen werden:

[http://www.energieverbraucher.de/de/Brennwert\\_\\_289//ContentDetail\\_\\_7355/](http://www.energieverbraucher.de/de/Brennwert__289//ContentDetail__7355/)



Kaminofen mit Einspeisung in den Heizkreislauf - nur für Notfälle wegen der giftigen Abgase

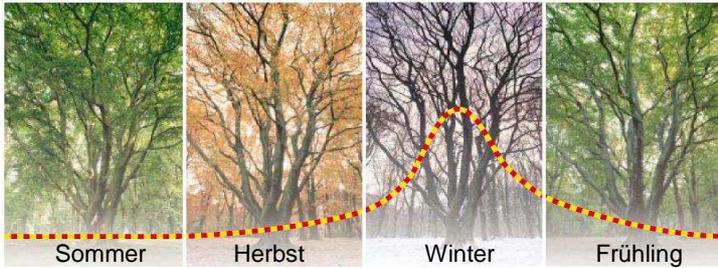
Elco-Thision 0,9-9 kW



Elco GmbH  
 Dreieichstraße 10  
 64546 Mörfelden-Walldorf  
[www.elco.net](http://www.elco.net)

## Individuell geeignete Heizthermen

### Kontinuierliches Heizen während der ganzen Heizperiode mit breiter Modulation



Die kontinuierliche, bedarfsgerechte Wärmeerzeugung hat viele Vorteile

- Jährlicher Wärmebedarf für Gebäude
- Stufenlose, deckungsgleiche Wärmeerzeugung dank breiter Modulation (Bild: Elcotherm AG)

### Gasheizkessel mit kontinuierlicher Regelung über den gesamten Leistungsbereich

Ist die Minimalleistung eines Gasheizkessels kleiner als der minimale Wärmebedarf, kann die Betriebstemperatur kontinuierlich auf den gewünschten Wert geregelt werden – das Heizsystem arbeitet „modulierend“, d.h. proportional der Außentemperatur ohne das sonst häufige Takten des Brenners. Wärmeverluste durch Brennervorbelüftung sowie Abstrahlungsverluste können dank kontinuierlichem Betrieb des Heizsystems auf ein Minimum reduziert werden. Der Jahreswirkungsgrad erhöht sich dadurch um 3-5%.

Über die Kesselmodulation (Regelung) wird die Systemtemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur auf dem gewünschten Komfort-Wert gehalten. Über den gesamten Heizbereich erreichen modulierende Gasheizkessel dank Dauerbetrieb wesentlich bessere Emissionswerte.

### Je kleiner die Minimalleistung einer Therme, um so breiter ist meist der Regelbereich.

In Einfamilienhäusern moderner Bauweise liegt der Leistungsbedarf zur Wärmedeckung bei etwa 0,9 - 7 kW. Die meisten Gasheizkessel sind jedoch auf eine Leistung ab 3 kW und höher ausgelegt. Dies hat zur Folge, daß diese Geräte während der meisten Zeit im Jahr im ungünstigen „Stop and Go“ - Betrieb taktend arbeiten und erst bei tieferen Außentemperaturen „modulieren“.

Die Grafik zeigt die Heizkennlinie eines Hauses mit der Heizlast von 215 W/K (QHspez.) Bei der Ta von -12°C sind 7,2 kW erforderlich und ausreichend. Bei der Ta +15°C werden nur 1,4 kW benötigt. Eine Therme mit höherer Leistung ist wegen der Verluste nicht zweckmäßig.

Die grünen Linien unter der Temperaturskala zeigen die Regelgrenzen (Modulation) der Thermen verschiedener Hersteller. Zur Bestimmung der Hauskenngröße QHspezifisch siehe Seiten 8+9.

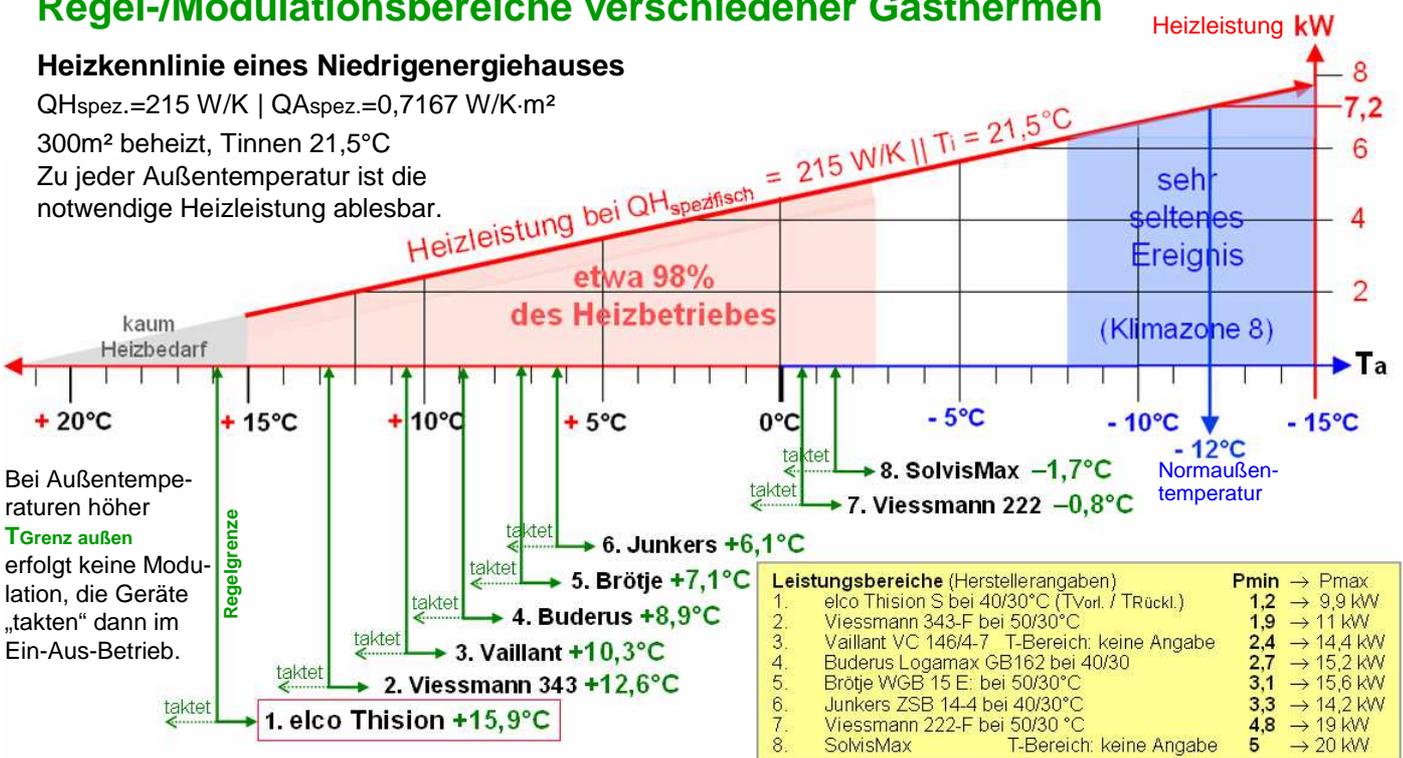
## Regel-/Modulationsbereiche verschiedener Gasthermen

### Heizkennlinie eines Niedrigenergiehauses

QHspez.=215 W/K | QAspez.=0,7167 W/K.m<sup>2</sup>

300m<sup>2</sup> beheizt, Tinnen 21,5°C

Zu jeder Außentemperatur ist die notwendige Heizleistung ablesbar.



Bei Außentemperaturen höher T<sub>Grenz außen</sub> erfolgt keine Modulation, die Geräte „taktan“ dann im Ein-Aus-Betrieb.

Leistungsbereiche (Herstellerangaben)		P <sub>min</sub> → P <sub>max</sub>
1.	elco Thision S bei 40/30°C (T <sub>Vorl.</sub> / T <sub>Rückl.</sub> )	1,2 → 9,9 kW
2.	Viessmann 343-F bei 50/30°C	1,9 → 11 kW
3.	Vaillant VC 146/4-7 T-Bereich: keine Angabe	2,4 → 14,4 kW
4.	Buderus Logamax GB162 bei 40/30	2,7 → 15,2 kW
5.	Brötje WGB 15 E: bei 50/30°C	3,1 → 15,6 kW
6.	Junkers ZSB 14-4 bei 40/30°C	3,3 → 14,2 kW
7.	Viessmann 222-F bei 50/30 °C	4,8 → 19 kW
8.	SolvisMax T-Bereich: keine Angabe	5 → 20 kW

Berechnung der proportionalen Regelgrenze:  $T_{\text{Grenz außen}} (°C) = T_{\text{Tinnen}} - \frac{P_{\text{min}}}{Q_{\text{Hspez.}}}$  im Beispiel: Tinnen 21,5°C, QHspez. 215 W/K

## Luft

Luft, Wasser, Licht, Energie und Nahrung sind die Voraussetzungen für unsere Existenz. Ist nur eins der fünf Elemente nicht ausreichend vorhanden, nehmen wir gesundheitlichen Schaden.

Wir atmen mit 14-16 Atemzügen/Minute im  $\varnothing$  7,5 l Luft/min ein und wieder aus, pro Stunde 450 l, pro 24 h 10,8 m<sup>3</sup> - bei körperlicher Anstrengung auch mehr; im Schlaf weniger: 8-10 Luftzüge/min. In einem Jahr atmet der Mensch 3.942 m<sup>3</sup> Luft und bläst hierbei 173 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> bzw. 343 kg CO<sub>2</sub> aus. Das Luftvolumen enthält neben Stickstoff beim **Einatmen: 20,8% Sauerstoff und 0,04% CO<sub>2</sub>** \*

\* 0,4 l in 1000 l Luft, in Städten ~ 0,07% = 0,7l/m<sup>3</sup> **Ausatmen: 16,4% Sauerstoff und 4,4% CO<sub>2</sub>**

In 24 h blasen wir neben Feuchtigkeit 0,475 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> wieder aus.

Dichte CO<sub>2</sub>: 1,98 kg/m<sup>3</sup>

Die Berechnungen gehen von der in der Literatur noch benutzten CO<sub>2</sub>-Konzentration von 400ppm aus, die heute nicht mehr zutrifft.

### Wieviel CO<sub>2</sub> verträgt der Mensch in der Atemluft?

Dr. med. Max von Pettenkofer setzte vor etwa 150 Jahren mit seinen Untersuchungen zur Innenluftqualität den noch heute gültigen Maßstab: bei einer **Konzentration  $\leq$  0,1% CO<sub>2</sub> = 1000 ppm** (parts per million  $\rightarrow$  1 Teil pro 1 Million Teilen) fühlten sich die Versuchspersonen wohl, bei Werten über 0,2% unbehaglich. Diese Erkenntnisse haben noch heute in der DIN 1946-2 (Raumluftechnik) Gültigkeit. Unsere Atemluft enthält heute mit rund 700ppm CO<sub>2</sub> 300ppm mehr als die „Standard-Luft“ auf dem Mauna Loa (Hawaii). Bei dem Basiswert von 700ppm ist der Grenzwert 1000ppm schnell erreicht.

### Beispiele zur CO<sub>2</sub>-Anreicherung in Wohnräumen

Das Beispiel rechnet mit der Normalluft von 400 ppm CO<sub>2</sub>. In der deutschen  $\varnothing$ -Wohnung mit 86,7m<sup>2</sup> Fläche, 217 m<sup>3</sup> Volumen mit  $\varnothing$  2,21 Bewohnern sind im Volumen der Wohnung nach 24 Stunden Nutzung zusätzlich zum Normalgehalt an CO<sub>2</sub> von 0,087 m<sup>3</sup> durch den Atem der Bewohner 1,05 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> hinzugekommen:  $\Sigma$  1,137 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>. Bezogen auf das Wohnungsvolumen sind dies **0,5283 % CO<sub>2</sub> = 5283 ppm**. Dieser Wert würde sich einstellen, **wenn die Wohnung luftdicht wäre**.

In einem **Schlafzimmer** der Größe 4,5x4,5 m, Höhe 2,5 m, Volumen 50 m<sup>3</sup>, reichert sich die Luft bei 8 h Schlaf von 2 Personen (je 10 Atemzüge/min) um 0,211 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> an. Das Raumvolumen enthält in der unverbrauchten Luft 0,017 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>. In der Summe nach dem Schlaf: 0,228 m<sup>3</sup>. Bezogen auf das Schlafzimmervolumen sind dies **0,4560 % CO<sub>2</sub> = 4560 ppm - bei einem luftdichten Schlafzimmer**. Bei Frischluft mit 700ppm  $\rightarrow$  Ergebnisse + ~300ppm ! Der CO<sub>2</sub>-Gehalt überschreitet in den Beispielen den Pettenkofer-Wert um das rund 5-fache, d.h. die Räume müssen während der Nutzung mit mindestens 10 m<sup>3</sup>/h und Person be- und entlüftet werden, was im Idealfall kontinuierlich mit einer Be- und Entlüftungsanlage erfolgt. Zusätzlich ist Feuchtigkeit mit ca. 5-8 m<sup>3</sup>/h-Person abzuleiten. Die natürliche Lüftung durch die Fugen der Fenster, der Zimmertüren und andere Öffnungen mindert den Bedarf an Zusatzlüftung ein wenig, was aber ohne ein CO<sub>2</sub>-Meßgerät (s. Seite 17) nicht kontrollierbar ist.

Die Luftqualität ergibt sich jedoch nicht alleine aus der Belastung durch CO<sub>2</sub>, sondern auch andere Stoffe belasten die Luft. Dazu gehören:

Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, Lösungsmittel aus Materialien und Baustoffen

**Wasserdampf aus Atmung und Transpiration des Menschen, Kochen, Duschen, Waschen**, Abbauprodukte organischer Materialien, **menschliche, tierische und pflanzliche Geruchstoffe**, Aerosole, organische und anorganische Stäube wie Textilfasern und Pollen, Viren, Bakterien, Pilze und Pilzsporen.

Ein meist nicht quantifizierter Faktor ist die Ausdünstung von Methan und anderen Faulgasen aus dem menschlichen Körper. Aus Wikipedia: „*Ein Mensch entläßt im Durchschnitt 0,5 bis 1,5 l Gase in 12 bis 25 Episoden pro Tag. Eigentlich entstehen im Darm bis zu 15 Liter Gase pro Verdauungsvorgang. Das meiste Gas diffundiert aber in den Blutkreislauf und wird durch die Lunge ausgeatmet. Männer und Frauen bilden die gleichen Mengen Gas*“.

Die Zahl von 15 Liter/Tag ist im Vergleich zum Ausatemvolumen gering, aber wegen der Geruchsbildung nicht vernachlässigbar.

Dr. Pettenkofer erkannte, daß die CO<sub>2</sub>-Konzentration mit der Geruchsbelästigung durch menschliche Geruchsstoffe korreliert. Mit der Einhaltung der CO<sub>2</sub>-Grenzkonzentration von 0,1% (1000 ppm) ist die gute Qualität der Raumlufte auch bei der geringen Belastung durch die Darmgase gewährleistet.

## Lüften

Unser Bedürfnis zum Lüften der Wohnung dient vorwiegend der Beseitigung von CO<sub>2</sub> und Gerüchen, der Reduzierung der Wasserdampfmenge in der Wohnung sowie der Regenerierung des Sauerstoffgehalts in der Raumlufte. Zu diesem Zweck öffnen wir die Fenster und Türen in der Hoffnung auf den richtigen Luftwechsel, d.h. wir lüften nach Gefühl mit hohen Energieverlusten im Winter - eine „Methode“ mit weit über 2000-jähriger Tradition. Der Widerspruch: wir benutzen im Haushalt und Auto 1001 Elektronikgeräte, aber wir besitzen kein Meßgerät zur Gasanalyse in den von uns bewohnten Räumen (s. Seite 17 zu Meßgeräten).

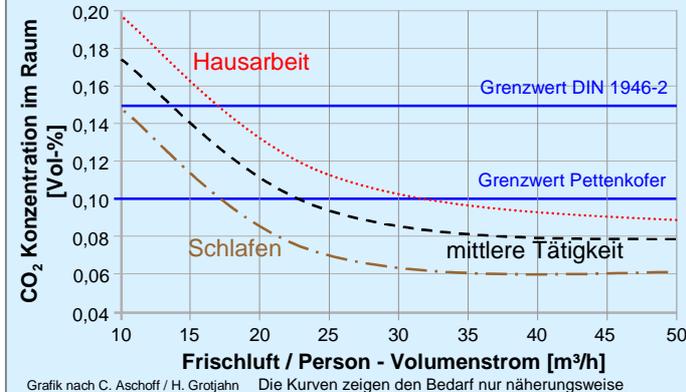


## Das Maß der notwendigen Lüftung

Es gibt keine gesetzliche Vorgabe zum Lüften einer Wohnung oder eines Hauses, denn die Dichtigkeit der Gebäude variiert sehr stark.

**Empfohlene Frischluftzufuhr pro Person: im  $\varnothing$  15-30 m<sup>3</sup>/Stunde, abhängig von der Tätigkeit.**

**Die Lufterneuerung** dient der Entfernung von CO<sub>2</sub> und der Zufuhr von Sauerstoff. Die angegebenen Volumenströme der Grafik werden in erster Linie zur Ableitung der Raumfeuchte benötigt. Zur Entfernung des CO<sub>2</sub> und zur O<sub>2</sub>-Versorgung reichen 2 m<sup>3</sup> Frischluft / Person-h zur Einhaltung des Pettenkofer-Grenzwertes von 1000 ppm CO<sub>2</sub>.



Ist eine qualifizierte Wärmebedarfsberechnung zu dem Gebäude vorhanden, kann ihr der berechnete Lüftungsverlust entnommen werden. Dieser berücksichtigt alle Fugen und Öffnungen des Gebäudes, insbesondere die Fenster- und Außentürlücken. Der Wert gibt den „natürlichen“ Luftwechsel des Gebäudes **ohne Lüften durch Fensteröffnung** an, der sich aus der Klimazone des Standortes und der für diese Zone angegebenen  $\varnothing$ -Windstärke ergibt. Nach der alten Norm war für unser Haus ein natürlicher Luftwechsel von 50% des Hausvolumens/h anzunehmen: 375m<sup>3</sup>/h - ein unsinnig hoher Wert. Dieser hohe Wert basierte auf der vor 30 Jahren üblichen und tolerierten Undichtigkeit der Gebäude. Der „Blower-Door“-Test war damals noch unbekannt. Das Lüftungsvolumen von 15-30 m<sup>3</sup> pro Person dient vorwiegend der Beseitigung von Wasserdampf. **Die Dauerlüftung dieser Größenordnung hat im Winter eine ungesund niedrige Luftfeuchte zur Folge.**

**Für die Ableitung des CO<sub>2</sub> und zur Regenerierung des Sauerstoffs reichen 10-15 m<sup>3</sup> Zu- und Abluft pro Mensch und Stunde zwecks Einhaltung des Pettenkofer-Wertes von 1000 ppm CO<sub>2</sub> aus.** Ein höherer Lüftungsbedarf ist beim Kochen, Duschen, der WC-Benutzung und dem Trocknen der Wäsche in den entsprechenden Räumen zeitweise notwendig. Die Fensterlüftung ist nicht kontrolliert möglich, sie erfolgt nach Gefühl. Bei der „Gefühlslüftung“ sind Schäden unvermeidbar: a) zu lange Lüftung: hohe Energieverluste oder b) zu wenig Lüftung: Feuchteschäden in der Wohnung. Eine „kontrollierte Fensterlüftung“ ist nicht erlernbar, denn wir haben keine Sinnesorgane für Feuchte oder für die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft. Empfehlenswert, auch für Privatzwecke, ist das Buch von C. Aschoff und H. Grotjahn „Frischluftechnik im Wohnungsbau“ Gentner Verlag Stuttgart, ISBN 3-87247-616-5, € 39,80. Ausführliche Information: [www.frischluftechnik.de](http://www.frischluftechnik.de)

### Der Energiebedarf für die Lufterwärmung

Mit den physikalischen Werten zur Luft: Wärmekapazität  $c_p = 0,279$  kWh/Tonne-K, Dichte = 1,293 kg/m<sup>3</sup>, ergibt sich der **Energiebedarf für die Erwärmung von 1 m<sup>3</sup> Luft um 1K: 0,36 Wh / m<sup>3</sup>-K**

Zur Erwärmung von 1m<sup>3</sup> 0°C kalter Außenluft auf 20°C werden 7,2 Wh benötigt. Bei jedem Öffnen der Haustür strömen in etwa 1 Sekunde 4 m<sup>3</sup> kalte Luft ins Haus: 29 Wh. Bei 20 Haustüröffnungen am Tag von je nur 5 Sekunden Dauer summiert sich der Monatsverbrauch „Haustür“ auf 88 kWh in einem Wintermonat. Aus diesem Grund sollte eine Windfangtür zwischen dem Hauseingang und dem Flur selbstverständlich sein. Das Buch „Frischluftechnik“ zeigt für Gebäude, die auf Fensterlüftung angewiesen sind auf Seite 17, verschiedene Kombinationen der Fenster-/Türlüftung mit der ungefähren Dauer der Lüftung für einen Luftwechsel. Die Lüftungszeit zur Entfeuchtung ist von der Jahreszeit abhängig: im Winter genügen etwa 6 Minuten, im Sommer mit warmer und feuchter Außenluft sind etwa 30 Minuten erforderlich.

Die Klimawerte Frankfurt Flughafen für die Heizperiode 2004/2005: GTZ= 3207 Kd, 190 Heiztage,  $\varnothing$ -Temp. an Heiztagen 6,2°C ( $\Delta t$  innen zu außen: 21,5°C - 6,2°C = 15,3K) Für unser Haus hätte der theoretische Energieaufwand für die Erwärmung der Luft im Heizjahr 04/05 bei „Normlüftung“ mit 375 m<sup>3</sup>/h (190 Heiz-Tage = 4.560 h)  $4560 \text{ h} \cdot 15,3 \text{ K} \cdot 375 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,36 \text{ Wh}/\text{m}^3 \cdot \text{K} = 9.419 \text{ kWh}$  betragen. Der Wert weicht erheblich von dem mit der Bedarfsberechnung bestimmten Wert von ca. 4500 kWh p.a. ab. Beide Werte sind theoretischer Natur, denn wie dicht das Haus wirklich ist, geht daraus nicht hervor. Für 2 Personen ist ein Luftwechsel/Stunde mit 375 m<sup>3</sup>/h t völlig überdimensioniert, was sich an den Zahlen zu der Wohnung und dem Schlafzimmer auf der Vorseite nachvollziehen läßt.

Unser theoretischer Lüftungsbedarf für 2 Personen (60 m<sup>3</sup> Frischluft/h) hätte für 04/05 den Energiebedarf zur Erwärmung:  $4560 \text{ h} \cdot 15,3 \text{ K} \cdot 60 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,36 \text{ Wh}/\text{m}^3 \cdot \text{K} = 1.507 \text{ kWh}$  ohne Wärmerückgewinnung in der Lüftungsanlage. Deren Wirkungsgrad beträgt bei 0°C im Mittel 70%; benötigt wurden ca. 500 kWh. Dieser Wert stellt das theoretische Minimum des Lüftungsverlustes dar. Er gilt für ein luftdichtes Gebäude ohne Öffnen der Fenster oder Türen. Der tatsächliche Lüftungsverlust liegt höher, da die Fugen bei starkem Wind einen nicht kontrollierbaren Verlust bringen. Der „Blower-Door“-Test dient der genauen Bestimmung der Fugenverluste.

Von der Organisation „**Hessische Energiespar-Aktion**“ können sehr nützliche Broschüren zu Bauthemen (z.B. Hefte 8 + 9 zur Lüftung) heruntergeladen werden: [www.energiesparaktion.de](http://www.energiesparaktion.de) Auf der „homepage“ im oberen blauen Querbalken **sitemap** anklicken. Die Broschüren und andere Informationen sind auf der sitemap unter **Altbau** zu finden. Die „Hessische Energiesparaktion“ ist beim IWU angesiedelt - s. Seite 7.



**Das gezielte Lüften eines Gebäudes gelingt nur sehr „luftig“ und ohne CO<sub>2</sub>-Meßgerät dem Gefühl überlassen**

## Lüftung mit Wärmetauscher

Eine Be- und Entlüftungsanlage erlaubt mit zwei Ventilatoren die kontrollierte Steuerung der Luftvolumenströme durch die Zu- und Abluftkanäle. Die Steuerung kann manuell und/oder automatisch erfolgen.

Zur kontinuierlichen Einhaltung des CO<sub>2</sub>-Grenzwertes von 1000 ppm fordert die DIN 1946-6 einen Frischluftvolumenstrom von Ø 30 m<sup>3</sup>/h pro Person. Ein Luftwechsel in dieser Höhe übersteigt den menschlichen Lüftungsbedarf.

**Für die Ableitung des CO<sub>2</sub> und zur Regenerierung des Sauerstoffs reichen 10 m<sup>3</sup> Zu- und Abluft pro Mensch und Stunde im Dauerbetrieb der Lüftungsanlage zwecks Einhaltung des Pettenkofer-Wertes aus. Zusätzlich ist Transpirationsfeuchte mit 4-8 m<sup>3</sup>/h abzuführen.**

Küche, Sanitärräume und Waschküche erfordern zeitlich begrenzt höhere Zu- und Abluftmengen (Küche 180, Bad, WC und Waschküche ca. 30-50 m<sup>3</sup>/h).

### Vorteile einer Lüftungsanlage:

- Allergiker (Pollen und Staub) erfahren durch die Filterung der Außenluft eine Steigerung der Lebensqualität, der Gesundheit und des Wohlbefindens.
- Steigerung des körperlichen und geistigen Leistungsvermögens durch eine gleichbleibende hohe Raumluftgüte und ein behagliches Wohnraumklima.
- Langfristige Bausubstanzerhaltung
- Vermeidung von Feuchteschäden (Schimmel)
- Einsparung von Energie (s. Grafik) und damit Senkung der Betriebskosten, wenn die Anlage über eine effiziente Wärmerückgewinnung (WRG) verfügt.

### Die Luftverteilung der Be- und Entlüftungsanlage im Haus

erfolgt über Flachkanalleitungen in der Decke oder bei nachträglichem Einbau entlang einer Wand unter der Decke. Moderne Wärmetauscher haben einen Wirkungsgrad von 90% und mehr bei 0°C T<sub>außen</sub>. Die kollektorlosen Gleichstromlüfter sind hoch effizient und leise. Die Drehzahl der Gleichstrom-Ventilatoren und damit der Luftvolumenstrom ist in einem weiten Bereich von 5-100% mit einem Potentiometer oder einer Steuerspannung von 0,5-10 V einstellbar.

Die Anlage kann mit Einzelkomponenten installiert werden: zwei Lüfter, 1 Wärmetauscher, 2 Filter. Umschaltventile für: Sommer-/Winterbetrieb, Wäschetrockner- und Küchenabzug sowie Zu- und Abluftverteiler für Raumgruppen und 1 Heizregister für den Betrieb der Anlage bei Frost oder als fertige Kompaktanlage (Bild unten) vorzugsweise im Dachraum.

**Für bestehende Gebäude** stellen die **dezentralen** Geräte mit Wärmerückgewinnung der Firmen **inVENTer**, **Systec Therm AG** oder **Helios** eine Alternative ohne Rohrverlegung dar. Die Gleichstromlüfter für den Wandeinbau enthalten Wärmespeicher oder Wärmetauscher.

[www.inventer.de](http://www.inventer.de) — [www.systectherm.ch](http://www.systectherm.ch) — [www.heliosventilatoren.de](http://www.heliosventilatoren.de)

Die Firma **Helios Ventilatoren** bietet ein sehr umfangreiches Produktprogramm für die gesamte Lüftungstechnik und auch für die Wohnraumlüftung (KWL) an.

### Helios Ventilatoren

Lupfenstraße 8

78056 Villingen-Schwenningen [info@heliosventilatoren.de](mailto:info@heliosventilatoren.de)

Tel. 077 20/6 06 – 251 [www.heliosventilatoren.de](http://www.heliosventilatoren.de)

Bei zentralen Lüftungsanlagen besteht bei Frost unter -3°C die Gefahr, daß die Feuchtigkeit der Abluft im Wärmetauscher einfriert mit der Folge von möglichen Schäden. Die Hersteller geben dazu Anleitungen.

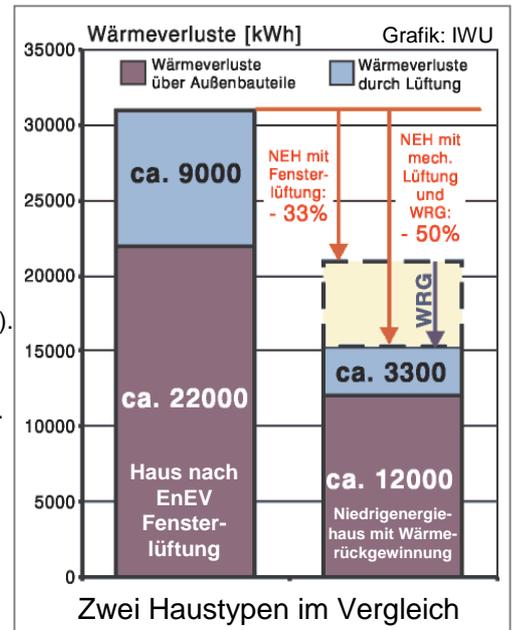
Abhilfe schafft ein Heizregister im Zuluftkanal, das die kalte Außenluft auf 0°C erwärmt. Für die Erwärmung von -10°C kalter Außenluft auf 0°C am Wärmetauschereingang werden bei einem Volumenstrom von 120 m<sup>3</sup>/h (4 Personen ohne Stoßlüftung) in 24 h (2880 m<sup>3</sup>) 10,37 kWh benötigt. Für 8 Stoßlüftungen à 1 Stunde von 180 m<sup>3</sup> Zuluft erhöht sich der Vorwärmbedarf der kalten Außenluft um 5,2 kWh pro Frost-Tag auf 15,5 kWh ≈ 650 W Heizleistung.

Beim Lüften mit den Fenstern fällt aber mindestens der dreifache Verbrauch pro Tag an: 46,6 kWh.

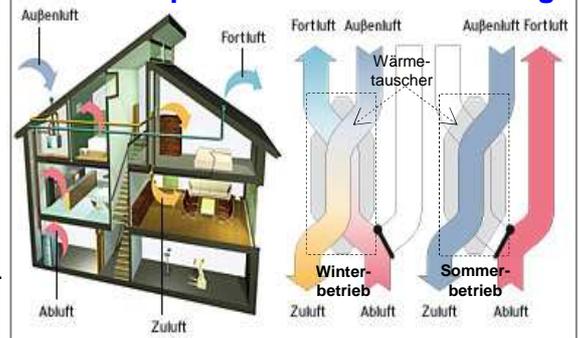
Ein Erdwärmetauscher zur Ansaugung der Frischluft ist eine langfristig wirtschaftliche Investition: frostfreie Zuluft an kalten Wintertagen und kühle Luft für heiße Sommertage. Der Erdwärmetauscher besteht aus Rohrleitungen, die in etwa 2 m Bodentiefe ausgelegt werden, was bei einem Neubau kostengünstig realisierbar ist.

Im Winter entzieht der Erdwärmetauscher dem Boden Wärme zur Erwärmung der Zuluft, im Sommer wird wieder Wärme in den Boden aus der Abluft eingebracht. Der Anschluß einer Wärmepumpe an den Erdwärmetauscher für die Heizung kann sinnvoll sein, insbesondere bei einem Passiv-Haus.

**Die Kombination einer Be- und Entlüftungsanlage mit WRG verbunden mit einem Erdwärmetauscher bietet eine kostengünstige „Klimaanlage“.**



### Das Prinzip der kontrollierten Lüftung



**PAUL Wärmerückgewinnung GmbH**

August-Horch-Straße 7

08141 Reinsdorf

Telefon: 0375 - 303505 - 0

Email: [info@paul-lueftung.de](mailto:info@paul-lueftung.de)

Internet: [www.paul-lueftung.net](http://www.paul-lueftung.net)