

Öko-Zentrum NRW (Hrsg.)

# Prüfungsfragen für die Qualifizierung zum Gebäude-Energieberater

Wohn- und Nichtwohngebäude

3., aktualisierte Auflage



Fraunhofer IRB  Verlag

Öko-Zentrum NRW (Hrsg.)

# **Prüfungsfragen für die Qualifizierung zum Gebäude-Energieberater**

**Wohn- und Nichtwohngebäude**



Öko-Zentrum NRW (Hrsg.)

# **Prüfungsfragen für die Qualifizierung zum Gebäude-Energieberater**

## **Wohn- und Nichtwohngebäude**

### **3., aktualisierte Auflage**

mit Beiträgen von:

- Jan Karwatzki, Öko-Zentrum NRW
- Volker Beckmann, Öko-Zentrum NRW
- Stephanie Kallendrusch, Öko-Zentrum NRW
- Hans-Dieter Meyer, Ingenieurbüro Meyer
- Dr. Michael Stöhr, B.A.U.M. Consult
- Annette Tönges, Öko-Zentrum NRW
- Jürgen Veit, Öko-Zentrum NRW

Mit freundlicher Unterstützung der Firma Heilmann Software

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9112-6

ISBN (E-Book): 978-3-8167-9113-3

Layout: Dietmar Zimmermann

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Satz: Mediendiensteleistungen des Fraunhofer IRB, Stuttgart

Druck: Westermann Druck Zwickau GmbH, Zwickau

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2014

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 7 11 970-2500

Telefax +49 7 11 970-2508

[irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

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

---

## Vorwort

Nichts ist so beständig wie der Wandel, insbesondere bei der Energieeinsparverordnung, die nach gut zehn Jahren nun mit der EnEV 2014 bereits zum vierten Mal novelliert wird. Dass nach nur wenigen Jahren mit der vorliegenden Publikation bereits die dritte aktualisierte Auflage der »Prüfungsfragen für die Qualifizierung zum Gebäude-Energieberater« erscheint, hat indes mehrere Gründe. Zum einen war die letzte Auflage vergriffen, was die weiterhin hohe Nachfrage nach Spezialwissen zum Thema Energieberatung widerspiegelt. Zum anderen führt der oben genannte stetige Wandel insbesondere von gesetzlichen Vorgaben und Regelwerken dazu, dass bereits nach etwa drei Jahren erneut ein erheblicher Bedarf bestand, die Fragen und Antworten zu Themen der energetischen Bewertung von Wohn- und Nichtwohngebäuden zu aktualisieren.

Neben der im Oktober 2013 verabschiedeten Novelle der Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) werden in dieser Auflage auch die geänderte EU-Gebäuderichtlinie (EPBD 2010), die Änderungen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG 2011) sowie die Neuherausgabe der DIN V 18599 von Dezember 2011 berücksichtigt.

Diese Regelungen – insbesondere die EnEV 2014 – bringen zahlreiche Neuerungen mit sich, die in der Praxis umgesetzt werden müssen. Neben neuen Regelungen zum Energieausweis und kleineren Änderungen bei den Nachrüstverpflichtungen, werden die energetischen Anforderungen an Neubauten zum 01.01.2016 weiter um 25 % verschärft. Das kann aber nur der erste Schritt sein, denn bis zu dem von der EU geforderten energetischen Neubaustandard eines »nearly zero energy building« – in der deutschen Übersetzung etwas unglücklich mit »Niedrigstenergiegebäude« bezeichnet – ist es noch ein weiter Weg.

Zugleich lässt sich ein Trend zu mehr Qualität und verstärkter Qualitätssicherung bei der energetischen Bewertung von Gebäuden und der energieeffizienten Umsetzung von Baumaßnahmen beobachten. Ein wichtiger Baustein zu mehr Qualität ist dabei eine verstärkte Aus- und Weiterbildung von Fachleuten, wie sie beispielsweise auch für die Förderprogramme des Bundes gefordert wird.

Der stetige Bedarf nach aktuellem Fachwissen zeigt sich zudem an der großen Zahl von Planern und Handwerkern, die sich in den Lehrgängen und Seminaren des Öko-Zentrums NRW weiterbilden, um sich neue Märkte zu erschließen. Die Anzahl gut ausgebildeter Fachleute – gerade für die energetische Bewertung von Nichtwohngebäuden – ist immer noch überschaubar. Hier lohnt es sich daher für Bauschaffende besonders, sich mit einer Weiterbildung für die Aufgaben der Zukunft zu rüsten.

Ob Sie nun einen Lehrgang absolvieren, oder sich mit diesem Buch in »Eigenregie« weiterbilden möchten, wir hoffen, Ihnen wertvolle Anregungen und Hilfestellungen zu geben und wünschen Ihnen eine erfolgreiche Prüfung.

Jan Karwatzki, Architekt



---

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Wohngebäude

<b>0</b>	<b>Einleitung Wohngebäude .....</b>	<b>14</b>
<b>1</b>	<b>Energetische Sanierung von bestehenden Gebäuden.....</b>	<b>15</b>
1.1	Wohnkomfort .....	16
1.2	Wirtschaftlichkeit .....	16
1.3	Umwelt .....	16
<b>2</b>	<b>Energie .....</b>	<b>17</b>
2.1	Begriffe und Definitionen .....	17
2.2	Gesetze, Verordnungen und Normen .....	23
<b>3</b>	<b>Bauphysikalische Aspekte für den Altbau.....</b>	<b>35</b>
3.1	Allgemeines.....	35
3.2	Wärmeschutz .....	36
3.3	Wärmedurchgang .....	44
3.4	Sommerlicher Wärmeschutz .....	52
3.5	Luftdichtheit .....	56
3.6	Wärmebrücken.....	57
<b>4</b>	<b>Haustechnik .....</b>	<b>61</b>
4.1	Allgemeines.....	61
4.2	Heizungstechnik.....	61
4.3	Verteilung .....	67
4.4	Warmwasser.....	70
4.5	Raumlufttechnische Anlagen .....	74
4.6	Strom .....	77
<b>5</b>	<b>Regenerative Energien.....</b>	<b>79</b>
5.1	Allgemeines.....	79
5.2	Solarthermie .....	79
5.3	Photovoltaik .....	85
5.4	Biomasse .....	89
5.5	BHKW .....	93
5.6	Geothermie.....	95
5.7	Wärmepumpen .....	99

<b>6</b>	<b>Passive Solarenergienutzung im Altbau .....</b>	<b>104</b>
6.1	Allgemeines.....	104
6.2	Fragen zum Themenbereich »Passive Solarenergienutzung im Altbau«.....	105
<b>7</b>	<b>Wärmebrücken, Luft- und Winddichtheit, Baustoffe, Konstruktionen.....</b>	<b>110</b>
7.1	Allgemeines.....	110
7.2	Wärmebrücken.....	110
7.3	Luftdichtheit und Winddichtheit .....	114
7.4	Konstruktionen/Baustoffe .....	121
<b>8</b>	<b>Gebäudetypologie und Rechenprogramme .....</b>	<b>132</b>
8.1	Allgemeines.....	132
8.2	Fragen zum Thema.....	133
<b>9</b>	<b>Energieberatung.....</b>	<b>134</b>
9.1	Allgemeines.....	134
9.2	Vor-Ort-Termin .....	136
9.3	Beratungsbericht.....	137
9.4	Förderung der Energiesparberatung Vor-Ort.....	140

## Teil II

<b>1</b>	<b>Einleitung Nichtwohngebäude .....</b>	<b>145</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Systematik der DIN V 18599 .....</b>	<b>146</b>
2.1	Umrechnung von Einheiten .....	146
2.2	Energetische Bewertung gemäß DIN V 18599 .....	147
2.3	Bilanzgleichung Heizwärmebedarf/Kühlbedarf .....	148
2.4	Nutzungsparameter bei reduziertem Wochenendbetrieb oder in Ferienzeiten.....	149
2.5	Charakteristische Längen und Breiten .....	149
2.6	Ermittlung des beheizten Volumens .....	150
2.7	Abgehängte Decken .....	150
2.8	Berücksichtigung des Sonnenschutzes.....	150
2.9	Angaben zur Windabschirmung .....	151
2.10	Berechnung Schwimmbad mit manuellem Nutzungsprofil.....	151

<b>3</b>	<b>Nichtwohngebäude in der EnEV .....</b>	<b>152</b>
3.1	Definition der »Nettogrundfläche«.....	152
3.2	Luftmengenangabe bei Lüftungsanlagen (EnEV Nachweis).....	152
3.3	Differenzierung Wohn-/Nichtwohngebäude .....	153
3.4	Zonierung von Arztpraxen .....	153
3.5	Vereinfachungen bei der Zonierung.....	154
3.6	Nichtwohngebäude als Einzonenmodell .....	155
3.7	Berücksichtigung des Fensterflächenanteils bei der Zonierung.....	156
3.8	Berücksichtigung einer unbeheizten Zone.....	157
3.9	Berücksichtigung von unbeheizten / ungekühlten Zonen im EnEV-Nachweis .....	158
3.10	Energiekennwerte unbeheizter / ungekühlter Flächen .....	158
3.11	Berücksichtigung von Innenwänden.....	159
3.12	Solltemperaturen von 21 °C in Nichtwohngebäuden.....	160
3.13	Einteilung der Zonen nach Beleuchtungskriterien.....	160
3.14	Berücksichtigung der vorhandenen Anlagentechnik bei Gebäudeerweiterung ...	161
3.15	Ausstellung eines Energieausweises für Altbau mit Neubauerweiterung .....	161
3.16	Definition »beheizte Räume«.....	162
3.17	RLT-Anlage nur mit Kühlfunktion, ohne Heizung .....	162
3.18	Nutzungsstunden für Beheizung und Kühlung.....	162
3.19	Server-/ EDV-Räume in Schulgebäuden .....	163
3.20	Kühlung – vereinfachtes Verfahren nach EnEV .....	164
3.21	Änderung der Nutzungsrandbedingungen .....	164
3.22	Halle (> 50 m <sup>2</sup> ) mit Raumsolltemperatur unter 19°C.....	165
3.23	Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes bei nicht konditionierten Räumen .....	165
<b>4</b>	<b>Gebäudesubstanz/ Bauphysik .....</b>	<b>166</b>
4.1	Abhängigkeit des $F_x$ -Wertes vom Wärmeschutz der Bodenplatte .....	166
4.2	Berücksichtigung der Randdämmung von Bodenplatten.....	168
4.3	Ermittlung des $F_x$ -Wertes bei Teilbereichen von Bodenplatten .....	168
4.4	Hinweise zur DIN 13370 und zum unteren Gebäudeabschluss.....	169
4.5	Anforderungen an Bodenplatten nach EnEV 07/09 .....	169
4.6	Wärmebrückenzuschlag bei ans Erdreich grenzenden Bauteilen.....	170
<b>5</b>	<b>Bewertung der Beleuchtung .....</b>	<b>173</b>
5.1	Bedeutung des Tageslichtversorgungsfaktors .....	173
5.2	Energetische Bewertung der Beleuchtung .....	176
5.3	Ermittlung von Verschattungswinkeln .....	178

<b>6</b>	<b>Energetische Bewertung der Anlagentechnik für Heizung.....</b>	<b>179</b>
6.1	Energetische Bewertung der Anlagentechnik (Heizung).....	179
<b>7</b>	<b>Energetische Bewertung der Anlagentechnik für Kühlung .....</b>	<b>180</b>
7.1	Energetische Bewertung der Anlagentechnik (Kühlung) .....	180
7.2	Gekühlter Serverraum mit Split-Gerät.....	181
7.3	Kälteerzeugung mit Pufferspeicher → Simulation?.....	182
7.4	Statische Kühlung über Wärmepumpe.....	183
7.5	Adiabatische Kühlung.....	183
<b>8</b>	<b>Energetische Bewertung von Pumpen .....</b>	<b>184</b>
8.1	Geregelte und ungeregelte Pumpen .....	184
8.2	Verteilerkreis Heizung – Pumpe.....	184
8.3	Wärmepumpe: Bivalenzpunkt und Einsatzgrenze?.....	185
<b>9</b>	<b>Dampfbefeuchtung.....</b>	<b>186</b>
9.1	Arten der Dampfbefeuchtung .....	186
<b>10</b>	<b>Energetische Bewertung von Lüftung und Lüftungsanlagen.....</b>	<b>189</b>
10.1	Thermisch konditionierte Zuluftanlagen .....	189
10.2	Lüftung und Fenster.....	189
10.3	Berücksichtigung des Luftaustauschs mit angrenzenden Zonen.....	189
<b>11</b>	<b>Energetische Bewertung der Warmwasserbereitung .....</b>	<b>190</b>
11.1	Energetische Bewertung der Warmwassererzeugung .....	190
11.2	Ermittlung von Leitungslängen .....	190
11.3	Ermittlung des Warmwasserbedarfs .....	191
<b>12</b>	<b>Energetische Bewertung von regenerativen Energien .....</b>	<b>192</b>
12.1	Solare Heizungs- bzw. Trinkwarmwassererwärmung .....	192
12.2	Spitzenlast-Kälte-/Wärmeerzeuger berücksichtigen .....	192
12.3	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe .....	193
<b>13</b>	<b>Energetische Bewertung von Blockheizkraftwerken und Kraft-Wärme- Kopplungsanlagen.....</b>	<b>194</b>
13.1	Energetische Bewertung von Blockheizkraftwerken und Kraft-Wärme- Kopplungsanlagen .....	194
<b>14</b>	<b>Energiekennwerte .....</b>	<b>195</b>
14.1	Gas-Zentralheizung – Endenergie höher als Primärenergie.....	195

14.2	Gravierende Abweichung zwischen Nutzenergie und Endenergie.....	196
14.3	Berechnung der Nutzenergie ohne Eingabe der Anlagentechnik.....	196
<b>15</b>	<b>Übungen .....</b>	<b>197</b>
15.1	Übung 1 – Übergabe .....	197
15.2	Übung 2 – Verteilung .....	198
15.3	Übung 3 – Speicher + Wärmeerzeugung .....	198
15.4	Übung 4 – Beispielgebäude .....	199
15.5	Musterlösung der Übungsaufgabe zur DIN V 18599.....	205
<b>16</b>	<b>Fragen zur Übung 4.....</b>	<b>216</b>
16.1	Auswahl Gas-Brennwertkessel verbessert .....	216
16.2	Auswahl Geometriewerte für Warmwasserbereitung.....	216
16.3	Auswahl Baualtersklassen der Leitungen.....	216
16.4	Auswahl Lage der Rohrabschnitte.....	217
16.5	Berücksichtigung unbeheizter Bereiche nach EnEV .....	217
16.6	Bestimmung des Bruttovolumens .....	217
16.7	Bestimmung des Nettovolumens.....	218
16.8	Eingabe der charakteristischen Länge und Breite .....	218
16.9	Berücksichtigung der Randdämmung der Bodenplatte .....	218
16.10	Unterschied zwischen Einzel-, Gruppen- und Großraumbüro .....	218
16.11	Zonierung bei Räumen mit Sonnenschutz .....	219
16.12	Berücksichtigung von Flächen kleiner 3% der Gesamtfläche .....	219
16.13	Berücksichtigung des Warmwasserbedarfs in Übung 4 .....	220
16.14	Berücksichtigung der Zuluft von WC-Räumen.....	220
16.15	Bilanzierung der Energie für Beleuchtung bei unbeheizten Räumen .....	221
	<b>Sachregister .....</b>	<b>222</b>



## Teil I

# Wohngebäude

0	Einleitung Wohngebäude .....	14
1	Energetische Sanierung von bestehenden Gebäuden.....	15
2	Energie.....	17
3	Bauphysikalische Aspekte für den Altbau .....	35
4	Haustechnik .....	61
5	Regenerative Energien.....	79
6	Passive Solarenergienutzung im Altbau .....	104
7	Wärmebrücken, Luft- und Winddichtheit, Baustoffe, Konstruktionen .....	110
8	Gebäudetypologie und Rechenprogramme .....	132
9	Energieberatung .....	134

---

## 0 Einleitung Wohngebäude

Umfassende und qualifizierte Energieberatungen stellen für Eigentümer von Wohngebäuden eine wertvolle Entscheidungsgrundlage für eine Gebäudesanierung dar, denn hier ist eine systematische Vorgehensweise unerlässlich. Dabei bedeutet das systematische Vorgehen für den Energieberater nicht, dass alle Gebäude nach »Schema F« beurteilt werden sollen. Maßnahmen zur Sanierung von Bestandsgebäuden sind individuell und objektspezifisch zu entwickeln. Fast immer sind daher bereits vom Berater neben den Energiefragen auch weitere Sanierungsziele mit zu berücksichtigen. Dies erfordert gut ausgebildete Fachleute, die sowohl den Gebäudebestand treffend beurteilen als auch die daraus folgenden Sanierungsempfehlung für den Beratungsempfänger anschaulich darstellen können.

In diesem Sinn sind die Fragen in den folgenden Kapiteln nach einer Prioritätenliste aufgebaut, bei der die Beurteilung des Gebäudes an erster Stelle steht. Die nachfolgenden Kapitel beinhalten Fragen zu vertiefenden Themen wie Bauphysik und Baukonstruktion. In der Praxis ist dieses Hintergrundwissen unerlässlich, um sowohl den Bestand als auch die Sanierungsmaßnahmen aus allen Blickwinkeln beurteilen zu können.

Mit den Fragen und Antworten in diesem Buch erhalten die Teilnehmer von Energieberaterlehrgängen nicht nur eine gute Prüfungsvorbereitung sondern gleichzeitig auch Hinweise für die Durchführung von Energieberatungen vor Ort. Energetische und wirtschaftliche Ziele gehören ebenso zum ganzheitlichen Beratungs- und Planungsansatz, wie die Umsetzung eines erhöhten Wohnkomforts. Dazu gibt dieses Buch im Teil I Anregungen und Hilfestellung für die Prüfung zum Gebäudeenergieberater für Wohngebäude.

---

# 1 Energetische Sanierung von bestehenden Gebäuden

Die Steigerung von Energieeffizienz und Energieeinsparung ist eines der wichtigsten Themen in der Energiepolitik. Ein zentrales Anliegen ist hierbei der Altbaubestand, in dem noch erhebliche Energieeinsparungen realisiert werden können.

Mit einer Reihe von Förderprogrammen und gesetzlichen Vorgaben soll der Klimaschutz vorangetrieben werden. So setzen die Energieeinsparverordnung, der Energieausweis für bestehende Gebäude und die erweiterten Finanzierungsmöglichkeiten für energetische Sanierungsmaßnahmen im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms der KfW umfangreiche Anreize für zusätzliche Bemühungen.

In Zeiten hoher Energiepreise bedeutet eingesparte Energie für jeden Einzelnen auch eine fühlbare Kostenersparnis. Das Förderprogramm »Vor-Ort-Beratung« vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) ermöglicht Haus- und Wohnungseigentümern, die energetischen Einsparpotenziale in ihren Gebäuden mit Hilfe von anerkannten Energieberatern aufzudecken.

Die Aufgabe der unabhängigen Berater ist es, individuelle, auf das Gebäude zugeschnittene Maßnahmenpakete zur Verringerung des Energieverbrauchs vorzuschlagen und dabei die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahmen mit zu berücksichtigen. Der daraus erstellte Beratungsbericht dient dem Beratungsempfänger als Grundlage für Sanierungsplanungen und Investitionsentscheidungen.

Für viele Menschen ist der Bau oder der Erwerb einer Immobilie die größte Investition in ihrem Leben. Durch diese finanziellen Belastungen ist der Eigenheimbesitzer oft über Jahrzehnte an sein Objekt gebunden. Neben der Wirtschaftlichkeit beim Kauf einer gebrauchten Immobilie spielen auch die Kosten für die Nutzung des Gebäudes eine große Rolle. Die Werterhaltung und ein hoher Wohnkomfort gehören deshalb zu den wesentlichen Zielen der Altbausanierung. Aus diesem Grund legen gut informierte Bauherren immer mehr Wert auf hochwertige Bauausführung und auf energiesparende Haustechnik.

Um steigenden Heizkosten entgegen zu wirken, werden auch in der Altbausanierung zunehmend energieeffiziente Bauweisen umgesetzt. Investitionen zur Senkung des Energieverbrauchs machen sich gerade bei steigenden Energiepreisen bezahlt. Energiebewusstes Sanieren bringt mehr Behaglichkeit als eine konventionelle Bestandserhaltung und ist gleichzeitig, bei der Auswahl sinnvoller Maßnahmenkombinationen, wirtschaftlich und klimaschonend.

## 1.1 Wohnkomfort

Energetische Sanierungen von Altbauten bewirken ein angenehmeres und gesünderes Raumklima:

- Höhere Oberflächentemperaturen an den Innenseiten der Außenbauteile und somit mehr Behaglichkeit bei geringeren Raumlufttemperaturen.
- Verminderte Schimmelpilzgefahr durch Veränderung der bauphysikalischen Verhältnisse bei Einzelmaßnahmen.
- Weniger Zugerscheinungen durch undichte Fugen und Bauteilanschlüsse.
- Mehr Licht und solare Wärmegewinne durch Optimierung der Fenstergrößen im Zusammenhang mit der Sanierungsplanung.
- Bessere Raumluftqualität durch den Einbau von Lüftungsanlagen zur Feuchteabfuhr und, in Verbindung mit Pollenfiltern, auch die Senkung des Allergierisikos.

## 1.2 Wirtschaftlichkeit

Die finanzielle Belastung, die mit einer Sanierungsentscheidung immer einher geht, ist für viele Besitzer und Käufer von Immobilien ein wesentliches Entscheidungskriterium. Neben der Finanzierung der Baukosten oder des Kaufpreises sind somit auch unbedingt die regelmäßig anfallenden Energiekosten zu berücksichtigen. Investitionen in eine verbesserte Wärmedämmung oder in die Nutzung regenerativer Energien wie z. B. einer solarthermischen Anlage können die Nebenkosten in der Zukunft wesentlich senken.

## 1.3 Umwelt

Raumheizung und Warmwasser verbrauchen etwa ein Drittel des gesamten Primärenergiebedarfs in der Bundesrepublik, wobei die privaten Haushalte die größten Verbraucher sind. Das übergeordnete Ziel von Energieeinsparungen in diesen Bereichen ist die Schonung der endlichen Ressourcen und der Umwelt.

---

## 2 Energie

Energie, Energieträger und die Umwandlung von Energie sind physikalische Grundbegriffe und Prozesse, die auch im Betrieb von Gebäuden eine entscheidende Rolle spielen. Für Energieberater ist es daher unumgänglich, die verschiedenen Begriffe und Zusammenhänge zu verstehen, um dieses Wissen in der eigenen Tätigkeit umsetzen zu können.

### 2.1 Begriffe und Definitionen

Im folgenden Kapitel werden Prüfungsfragen zum Themenbereich Energie dargestellt.

### 2.1.1 Wie definiert man Energie?

Energie ist die Fähigkeit eines Systems äußere Wirkung hervorzurufen. Einfacher ausgedrückt kann auch gesagt werden: Energie ist die Fähigkeit »Arbeit« zu verrichten.

### 2.1.2 Definieren Sie den Begriff Primärenergie:

Energie, die noch keiner technischen Umwandlung unterworfen wurde z.B. Wasserkraft, chemische Energie im Erdöl, Erdgas, Kohle und Holz, mechanische Energie des Windes oder Strahlungsenergie der Sonneneinstrahlung. Primärenergie ist die Energieform, wie sie vor der ersten Umwandlung durch den Menschen vorliegt.

### 2.1.3 Was versteht man unter dem PEI?

Primärenergieindex (PEI), unter dem PEI versteht man den Energieverbrauch für die Herstellung eines Produktes, d.h. den Energieverbrauch für die Herstellung der Ausgangsstoffe und die Herstellung des Produktes sowie den Transport zuzüglich des indirekten Energiebedarfs für die Errichtung der Produktionsstätten.

### 2.1.4 Wie groß ist bei der Erzeugung von elektrischer Energie der Anteil an Primärenergie, der ungenutzt als Wärme entweicht?

Bei der Erzeugung von elektrischer Energie aus nicht erneuerbaren Energieträgern entweicht mehr als die Hälfte der Primärenergie ungenutzt als Wärme in die Umgebung. Dies liegt zunächst daran, dass Wärmekraftmaschinen, auf Grund des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik, die in Form von Wärme (bei einigen 100 °C) vorliegende Primärenergie nicht vollständig in mechanische Energie bzw. Strom umwandeln können. Im Mittel kommen die Kraftwerke, die Strom in Deutschland erzeugen, nur auf einen Wirkungsgrad von etwa 40%. Da die nicht in Strom umwandelbare Wärme bei den überwiegend eingesetzten Großkraftwerken im Gegensatz zu Blockheizkraftwerken nicht vor Ort genutzt werden kann, bleiben also ca. 60% der Primärenergie ungenutzt.

### 2.1.5 Definieren Sie den Begriff Sekundärenergie:

Energie, nach der ersten Umwandlung vom Rohstoff in eine nutzbare Form, z. B. Strom nach der Umwandlung im Wasserkraftwerk, Windkraftwerk oder Atomkraftwerk, Benzin nach der Raffinerie, Gas nach der Entschwefelung.

### 2.1.6 Wodurch unterscheiden sich Arbeit und Leistung?

Die Arbeit  $W$  (von engl. work) ist im Rahmen der Physik eine Energiemenge  $E$ , die von einem System in ein anderes System übertragen wird. Diese Übertragung erfolgt in der klassischen Mechanik durch das Wirken einer Kraft entlang eines Weges. Die abgeleitete SI-Einheit der Arbeit ist das Joule (J), welches in SI-Einheiten

$$J = \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

entspricht.

Arbeit wird auch in kWh angegeben. Ein Joule entspricht einer Wattsekunde. Eine Kilowattstunde sind 3 600 000 Joule.

Die Leistung  $P$  (von engl. power) wird in der Physik durch den Quotienten aus verrichteter Arbeit  $\Delta W$  bzw. der dafür aufgewendeten Energie  $\Delta E$  und der dazu benötigten Zeit  $\Delta t$  definiert:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Die Leistung wird in Watt oder Kilowatt angegeben.

### 2.1.7 Was ist unter dem Begriff »Heizwärmebedarf« zu verstehen?

Der Heizwärmebedarf steht für die Energiedienstleistung »warmer Raum« zur Raumbeheizung, wird in kWh/a berechnet und für Vergleichszwecke auf einen Quadratmeter Nettogrund- bzw. wohnfläche bezogen. Damit ist der Heizwärmebedarf in kWh/(m<sup>2</sup>a) die Energiekennzahl für den Vergleich von Dämmstandards.

### 2.1.8 Wie unterscheidet sich der Heizwärmebedarf vom Heizenergiebedarf?

Während der Heizwärmebedarf (als Nutzenergiebedarf) eine Energiedienstleistung bezeichnet, beschreibt der Heizenergiebedarf (als Endenergiebedarf) die Energie vor der letzten Umwandlung – also den messbaren, zu bezahlenden Energiebedarf am jeweiligen Übergabepunkt.

### 2.1.9 Wie ist das prinzipielle Vorgehen bei der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831?

Im 1. Schritt wird raumweise vorgegangen. Bezogen auf die meteorologischen Daten des Gebäudestandorts werden für jeden (beheizten) Raum zunächst die Norm-Wärmeverluste berechnet. Dazu werden zwei Anteile ermittelt: Die Norm-Transmissionswärmeverluste und die Norm-Lüftungswärmeverluste. Im 2. Schritt werden die beiden Verluste des beheizten Raums addiert. Dazu kommt ein weiterer Wert für die Aufheizleistung (zusätzliche Leistung für den Ausgleich bei unterbrochener Beheizung). Dies ergibt die Norm-Heizlast des Raums zur Auslegung der Heizfläche. Im 3. Schritt wird zur Auslegung des Wärmeerzeugers die Norm-Heizlast des Gebäudes errechnet. Diese setzt sich aus der Summe der Norm-Heizlasten aller beheizten Räume zusammen.

#### 2.1.10 Welcher Heizwärmebedarf in kWh/a je m<sup>2</sup> beschreibt welchen Gebäudedämmstandard?

- < 15 kWh/a → Passivhaus
- 15–40 kWh/a → Niedrigenergiehaus
- 40–80 kWh/a → Neubaustandard
- +/- 180 kWh/a → Altbau

#### 2.1.11 Welcher Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch wird in den westlichen Industriestaaten für Raumwärme eingesetzt

Etwa 40% des gesamten Primärenergiebedarfs wird in den westlichen Industriestaaten für Raumwärme eingesetzt.

#### 2.1.12 Definieren Sie den Begriff Nutzenergie:

Energie, wie sie vom Endverbraucher genutzt bzw. gebraucht wird: z. B. Wärme, die der Heizkörper abgibt, Kraft (Auto), Licht (Leuchte), Schall (Radio), Kälte (Kühlschrank). Nutzenergie ist die Energie nach der letzten technischen Umwandlung.

### 2.1.13 Welche Techniken werden zur Optimierung der Energieeffizienz eines Gebäudes und zum Erreichen eines geringen Heizwärmebedarfs angewandt?

- kompakte Gebäudeform
- optimale Nord-Südausrichtung
- gute Wärmedämmung der Außenwände
- Wärmeschutzverglasung
- Vermeidung von Wärmebrücken
- luftdichte Gebäudehülle.

### 2.1.14 Mit einer energetischen Sanierung eines Altbaus den Passivhausstandard zu erreichen, erfordert einige Mühe. Welche Dämmstandards (Dämmstoffstärken) sind bei den üblicherweise eingesetzten Dämmstoffen für ein Passivhaus (Heizwärmebedarf unter 15 kWh/m<sup>2</sup> Wohnfläche und Jahr) im Außenwand, Dach- und Kellerbereich notwendig? Welche mindest U-Werte müssen Fenster in Passivhäusern erreichen?

- Außenwand und Dach je nach Material und Aufbau 30–40 cm Dämmstoffstärke
- Keller über 10 cm Dämmstoffstärke
- $U_w$ -Wert des Fensters darf nicht über 0,8 W/m<sup>2</sup>K liegen

### 2.1.15 Definieren Sie den Begriff Endenergie:

Energie, wie wir sie zur Nutzung erwerben und Vor-Ort zur Verfügung haben: z. B. Strom, Benzin, Gas, Kohle, Heizöl. Die Endenergie entspricht der Energiemenge, die bezahlt werden muss.

### 2.1.16 Welche Schwierigkeiten können bei der Sanierung eines Altbaus zum Passivhausstandard auftreten?

- Wärmebrücken wie z. B. auskragende Bauteile können oft nicht entschärft werden.
- Bei nicht unterkellerten Gebäuden kann nachträglich keine ausreichende Dämmung der Bodenplatte vorgenommen werden.
- Wird bei einem unbeheizten Keller eine Kellerdeckendämmung vorgenommen, sind oft die Aufbauhöhen nicht ausreichend.
- Es können Grundrissveränderungen erforderlich werden, um über Fensterflächen solare Energiegewinne nutzen zu können.
- Viele bestehende Gebäude haben ein ungünstiges A/V-Verhältnis.
- Installationswege für Lüftungskanäle zur Wärmerückgewinnung lassen sich oft nachträglich nicht unterbringen.
- Besonders in Fachwerkhäusern oder Gebäuden mit Holzbalkendecken kann die luftdichte Ebene nachträglich kaum eingebracht werden.
- Photovoltaik oder die solarthermische Nutzung hängt vom Gebäudestandort und den Umgebungsbedingungen ab, die bei einer Sanierung üblicherweise nicht verändert werden.

### 2.1.17 Warum ist es auch sinnvoll, Energieeinsparungen auf Primärenergieniveau (anstelle von Einsparungen auf Nutzenergieniveau) zu forcieren?

Je nach Energieträger gehen bis zu 60 % der Primärenergie im Laufe des Umwandlungsprozesses verloren.

## 2.2 Gesetze, Verordnungen und Normen

Wie in allen Bereichen ist auch die Energieanwendung in Gebäuden in Gesetzen und Normen geregelt. Während die Gesetze und Verordnungen in erster Linie einem sparsamen und sicheren Umgang mit Energie dienen, regeln die hier angesprochenen Normen beispielsweise die zur Berechnung von Energiemengen anzuwendenden Verfahren.

### 2.2.1 Seit 2002 gilt in Deutschland die Energieeinsparverordnung. Welche Gesetze bzw. Verordnungen wurden hier zusammengeführt?

Bereits lange vor der Energieeinsparverordnung (EnEV) waren die Wärmeschutz- und die Heizanlagenverordnung erlassen worden. Im Jahr 2002 wurden beide Verordnungen zur Energieeinsparverordnung (EnEV) zusammen geführt. Novellierungen der EnEV erfolgten in 2004, 2007 und 2009. 2014 wurde eine weitere Novelle der EnEV verabschiedet.

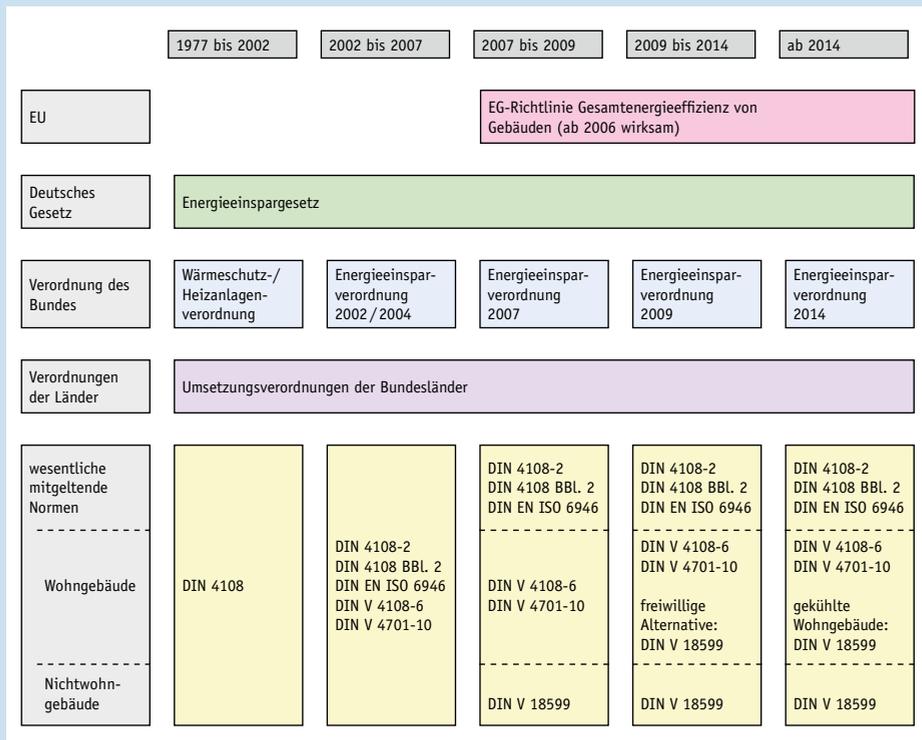


Abb. 2-1 (Quelle: Öko-Zentrum NRW)

### 2.2.2 Welche Bedeutung hat die EnEV für Eigentümer und Mieter von Gebäuden?

Die EnEV enthält energetische Anforderungen an den Neubau von Gebäuden sowie an die Sanierung oder Änderung bestehender Gebäude. Zudem sind in der EnEV auch sogenannte Nachrüstverpflichtungen enthalten, die anlassunabhängig umgesetzt werden müssen.

Energieausweise müssen nach den in der EnEV dargestellten Regelungen erstellt und bei Verkauf oder Vermietung vorgelegt werden.

**2.2.3 In der EnEV werden einzuhaltende Energiekennwerte für den Neubau und den Altbau (bei Sanierungsmaßnahmen) vorgegeben. Die sogenannten Bauteilanforderungen an die energetische Qualität von Sanierungen sind in (Anlage 3, Tabelle 1) der EnEV aufgeführt. Welche Anforderungen sind hier einzuhalten?**

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach Anlage 3 der EnEV 2009	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen > 19 °C	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis < 19 °C
Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{max}$				
	1	2	3	4
1	Außenwände	Nr. 1a bis d	0,24 W/(m <sup>2</sup> · K)	0,35 W/(m <sup>2</sup> · K)
2a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren	Nr. 2a und b	1,30 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>2)</sup>	1,90 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>2)</sup>
2b	Dachflächenfenster	Nr. 2a und b	1,40 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>2)</sup>	1,90 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>2)</sup>
2c	Verglasungen	2c	1,10 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>3)</sup>	keine Anforderung
2d	Vorhangfassaden	Nr. 6 Satz 1	1,50 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>4)</sup>	1,90 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>4)</sup>
2e	Glasdächer	Nr. 2a und c	2,00 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>2)</sup>	2,70 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>3)</sup>
3a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	Nr. 2a und b	2,00 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>2)</sup>	2,80 W/(m <sup>2</sup> · K)
3b	Sonderverglasungen	Nr. 2c	1,60 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>3)</sup>	keine Anforderung
3c	Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	Nr. 6 Satz 2	2,30 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>4)</sup>	3,00 W/(m <sup>2</sup> · K) <sup>4)</sup>

**Tabelle 7-1** Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen

### **2.2.4 Neben den Verpflichtungen im Neubau gibt es Verpflichtungen zur Nachbesserung im Altbau. Welche Nachrüstverpflichtungen sind in der EnEV festgelegt?**

Die Nachrüstverpflichtungen aller bisherigen Energieeinsparverordnungen sind weiterhin anzuwenden. Dies betrifft den Austausch alter Heizanlagen, die Dämmung oberster Geschossdecken und die Dämmung von wärmeführenden Leitungen.

Änderungen gibt es bei der Dämmung von obersten Geschossdecken. Wenn diese zugänglich aber nicht begehbar sind, müssen sie so gedämmt werden, dass die Decke einen Wärmedurchgangskoeffizienten von  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  nicht überschreitet. Alternativ kann auch das darüber liegende, bisher ungedämmte Dach entsprechend gedämmt werden.

Eine gleichlautende Nachrüstverpflichtung für begehbare oberste Geschossdecken ist seit 31.12.2011 einzuhalten.

### **2.2.5 Welche Ausnahmen gibt es bei selbst genutzten Einfamilienhäusern?**

Die oben genannten Fristen gelten nur dann, wenn ein Eigentümerwechsel erfolgt.

Nach EnEV § 10 (5) sind bei Wohngebäuden mit nicht mehr als zwei Wohnungen, von denen der Eigentümer eine Wohnung am 1. Februar 2002 selbst bewohnt hat, die Pflichten nach den Absätzen 1 bis 4 erst im Falle eines Eigentümerwechsels nach dem 1. Februar 2002 von dem neuen Eigentümer zu erfüllen. Die Frist zur Pflichterfüllung beträgt zwei Jahre ab dem ersten Eigentumsübergang. Sind im Falle eines Eigentümerwechsels vor dem 1. Januar 2010 noch keine zwei Jahre verstrichen, genügt es, die obersten Geschossdecken beheizter Räume so zu dämmen, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der Geschossdecke  $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  nicht überschreitet.

### **2.2.6 Wo liegen die Unterschiede zwischen dem nach EnEV geforderten Energieausweis und einer Energiesparberatung »Vor-Ort«?**

Bei der Erstellung eines Energieausweises wird mit den Randbedingungen nach EnEV (z. B. Standardklima Deutschland) gerechnet und lediglich der energetische Ist-Zustand des Gebäudes dokumentiert. Für den vom BAFA geförderten Vor-Ort-Beratungsbericht wird individueller auf das Gebäude eingegangen und z. B. mit den tatsächlichen Klimadaten des Standorts gerechnet. Zudem werden Sanierungsmöglichkeiten geprüft und deren Kosten und Einsparungen errechnet.

### 2.2.7 Was besagen die sogenannten »bedingten Anforderungen« der EnEV?

Die bedingten Anforderungen besagen, dass bestimmte Grenzwerte für den Wärmeschutz einzelner Bauteile eingehalten werden müssen, wenn Sanierungen an diesen Bauteilen vorgenommen werden. Beispiel: Wird ein Putz an einer Fassade erneuert, so muss im Zuge dieser Maßnahme der vorgegebene Wärmeschutz eingehalten werden – was bedeuten kann, dass außer dem Putz auch eine Wärmedämmung aufgebracht werden muss.

Handwerker, die dies ausführen, sind durch § 26a der EnEV dazu verpflichtet, die Einhaltung der EnEV schriftlich zu bestätigen. Wird ein Bauteil saniert, muss ein vorgegebener U-Wert eingehalten werden.

### 2.2.8 In welcher Verordnung wird die Ausstellung von Energieausweisen geregelt?

Die Ausstellung von Energieausweisen wird in den Paragraphen § 16 – § 21 der EnEV geregelt. Dabei wird zwischen Energieausweisen für Wohn- und Nichtwohngebäude, sowie zwischen Ausweisen für bestehende Gebäude und Neubauten unterschieden.

### 2.2.9 Wo liegen die wesentlichen Unterschiede bei der energetischen Bewertung von Wohn- und Nichtwohngebäuden?

Der Energieanteil für Beleuchtung, Lüftung und Klimatisierung fällt in Nichtwohngebäuden häufig erheblich höher aus als in Wohngebäuden. Daher müssen bei Nichtwohngebäuden diese Energiebedarfe zusätzlich zum Energiebedarf für Heizung und Warmwasser berücksichtigt werden.

### 2.2.10 Nach welcher Norm werden in Deutschland Nichtwohngebäude energetisch bewertet?

DIN V 18599 Teil 1–10, Energetische Bewertung von Gebäuden

### 2.2.11 Worin liegen die Besonderheiten der DIN V 18599?

Mit der Norm können sowohl Wohn- als auch Nichtwohngebäude energetisch bewertet und optimiert werden. Sie eignet sich für die Planung und Nachweisführung von Neubauten und für die Bewertung und Optimierung von bestehenden Gebäuden.

Kernstück der Norm ist die Bilanzierung aller Wärmequellen und -senken des Gebäudes bezogen auf Anlagentechnik und bauliche Ausstattung wie Wärmedämmung, Fenster etc.. Zudem werden Nichtwohngebäude in verschiedene Bewertungszonen eingeteilt, um unterschiedliche Nutzungen zu berücksichtigen.

### 2.2.12 Die EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) wurde 2010 novelliert. Welche wesentlichen neuen Anforderungen enthält die Richtlinie?

- Einführung des neuen Energiestandards »Niedrigstenergiegebäude« (nearly-zero-energy building) für alle Neubauten ab 01.01.2021, bei öffentlichen Gebäuden bereits zwei Jahre eher
- Einführung eines unabhängigen Kontrollsystems zur stichprobenhaften Prüfung von ausgestellten Energieausweisen
- Erweiterung der Aushangpflicht für Energieausweise bei öffentlichen Gebäuden
- Nennung des Energiekennwertes des Energieausweises bei Verkaufs- oder Vermietungsanzeigen

### 2.2.13 Kann der Strom aus Photovoltaikanlagen nach der EnEV bei der energetischen Bilanzierung berücksichtigt werden?

Ja, bei der Berechnung darf Strom aus erneuerbaren Energien von dem Endenergiebedarf abgezogen werden, wenn er

- im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zu dem Gebäude erzeugt und
- vorrangig in dem Gebäude selbst genutzt und nur die überschüssige Energiemenge in ein öffentliches Netz eingespeist wird.

Dabei darf jedoch höchstens die Strommenge angerechnet werden, die dem berechneten Strombedarf der jeweiligen Nutzung entspricht.

### **2.2.14 Die EnEV 2009 enthält in § 10a eine Pflicht zur Außerbetriebnahme von Nachtstromspeicherheizungen. Was ist dabei zu beachten?**

Mit Inkrafttreten des geänderten Energieeinsparungsgesetzes (EnEG) am 13. Juli 2013 entfällt der § 10a der EnEV 2009. Die Anforderungen an die Außerbetriebnahmepflicht für Nachtstromspeicherheizungen gelten daher nicht mehr.

### **2.2.15 Welche neue, zusätzliche Anforderung nennt die EnEV 2009 für den Fall, dass Klimaanlage mit einer Nennleistung für den Kältebedarf von mehr als zwölf Kilowatt oder raumluftechnischen Anlagen, die für einen Volumenstrom der Zuluft von wenigstens 4.000 Kubikmeter je Stunde ausgelegt sind in Gebäude eingebaut oder Zentralgeräte solcher Anlagen erneuert werden?**

Solche Anlagen müssen nach § 15 EnEV mit einer Einrichtung zur Wärmerückgewinnung ausgestattet sein, die mindestens der Klassifizierung H3 nach DIN EN 13053 entspricht.

### **2.2.16 Welche Nachrüstverpflichtungen soll der Bezirksschornsteinfeger nach § 26b der Energieeinsparverordnung im Rahmen der Feuerstätten bei Heizungsanlage im Bestand überprüfen?**

Der Bezirksschornsteinfeger prüft im Rahmen der Feuerstätten, ob

- Heizkessel, die nach § 10 Absatz 1 EnEV außer Betrieb genommen werden mussten, weiterhin betrieben werden, oder
- Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen, die nach § 10 Absatz 2 EnEV, gedämmt werden mussten, weiterhin ungedämmt sind.

### **2.2.17 Welche Verpflichtungen enthält das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärme) für Neubauten von nicht öffentlichen Gebäuden?**

Nach dem EEWärmeG müssen seit dem 01.01.2009 alle Neubauten einen Mindestanteil ihres Wärmebedarfs aus erneuerbaren Energien (Solarenergie, Biomasse, Geothermie oder Umweltwärme) decken.

Alternativ können auch Ersatzmaßnahmen (Kraft-Wärme-Kopplung, EnEV-Unterschreitung, Fernwärme) ergriffen werden.

### **2.2.18 Welche neuen Anforderungen an öffentliche Gebäude enthält die Novelle des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes von 2011?**

Die Anforderungen des EEWärmeG (Nutzungspflicht für Erneuerbare Energien oder Ersatzmaßnahmen) müssen bei öffentlichen Gebäuden nicht nur im Neubau erfüllt werden, sondern auch bei der grundlegenden Renovierung öffentlicher Gebäude. Eine grundlegende Renovierung liegt dann vor, wenn in einem zeitlichen Zusammenhang von nicht mehr als 2 Jahren

- mehr als 20% der Gebäudehülle saniert werden und
- ein Heizkessel ausgetauscht oder die Heizungsanlage auf einen anderen fossilen Energieträger umgestellt wird.

Für den Fall einer grundlegenden Sanierung gelten jedoch andere Mindestdeckungs-raten beim Einsatz erneuerbarer Energien als im Neubau.

### 2.2.19 Welche Verschärfungen des primärenergetischen Anforderungsniveaus sind in der EnEV 2014 vorgesehen?

Die Anforderungen der vorherigen EnEV an den Neubau von Wohn- und Nichtwohngebäuden sollen erstmals nicht mit Inkrafttreten der nächsten EnEV, sondern zu einem vordefinierten Termin verschärft werden. Somit werden die Anforderungen der EnEV 2009 erst zum 01.01.2016 um 25 % verschärft.

Dazu werden diesmal jedoch nicht die Referenzausführungen verändert, stattdessen werden die Tabellen 1 der Anlagen 1 und 2 der EnEV (Wohn- und Nichtwohngebäude) um die Vorgabe ergänzt, den berechneten Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes bei Neubauvorhaben ab dem 1. Januar 2016 mit dem Faktor 0,75 zu multiplizieren.

Bei Nichtwohngebäuden sind Gebäudezonen mit mehr als 4 m Raumhöhe, die durch dezentrale Gebläse- oder Strahlungsheizungen beheizt werden, von der primärenergetischen Verschärfung ausgenommen.

Der Primärenergiefaktor für bezogenen Strom sinkt mit Inkrafttreten der EnEV 2014 zunächst von 2,6 auf 2,4 und wird dann zum 01.01.2016 auf 1,8 reduziert. Dadurch wird die o.g. Verschärfung der primärenergetischen Anforderungen von 25 % für alle Neubauten mit strombasierten Heizsystemen quasi wieder aufgehoben. Für den in KWK-Anlagen erzeugten und eingespeisten Strom gilt mit Inkrafttreten der EnEV 2014 der für den »Verdrängungstrommix« in DIN V 18599-1: 2011-12 angegebene Wert von 2,8.

### 2.2.20 Welche Änderungen der Nebenanforderung an den baulichen Wärmeschutz sind in der EnEV 2014 vorgesehen?

Die Nebenanforderungen an den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust  $H'_T$  bei Wohngebäuden bezieht sich nicht mehr ausschließlich auf die Werte der Anlage 1, Tabelle 2, die allerdings dennoch weiterhin einzuhalten sind. Zusätzlich dürfen zu errichtende Wohngebäude ab dem 01.01.2016 den  $H'_T$ -Wert des Referenzgebäudes nicht überschreiten.

Bei Nichtwohngebäuden werden die einzuhaltenden  $\bar{U}$ -Wert (U-Quer-Werte) der vier Bauteilgruppen ab dem 01.01.2016 um etwa 25 % verschärft. Gebäudezonen mit mehr als 4 m Raumhöhe, die durch dezentrale Gebläse- oder Strahlungsheizungen beheizt werden, sind von der Verschärfung der  $\bar{U}$ -Werte ausgenommen.

### 2.2.21 Welche Änderungen sieht die EnEV 2014 für die Erweiterung und den Ausbau von Gebäuden vor?

Die Regelungen der Absätze 4 und 5 des §9 der EnEV 2009 differenzieren bei Erweiterungen nach der Größe der hinzukommenden beheizten Nutzfläche (<15 m<sup>2</sup>, 15–50 m<sup>2</sup>, >50 m<sup>2</sup>). Dies wird mit der EnEV 2014 geändert.

Bei Erweiterung eines Gebäudes um beheizte oder gekühlte Räume, für die kein (neuer) Wärmeerzeuger eingebaut wird, sondern die über den Wärmeerzeuger des Bestandsgebäudes mit versorgt werden, müssen die betroffenen Bauteile – unabhängig von der Größe der Erweiterung – lediglich die Bauteilanforderungen der Anlage 3 eingehalten. Ist die hinzukommende, zusammenhängende Nutzfläche größer als 50 m<sup>2</sup> müssen zusätzlich die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz eingehalten werden.

Wird für die Erweiterung ein neuer Wärmeerzeuger eingebaut, sind die betroffenen Außenbauteile so zu ändern oder auszuführen, dass der neue Gebäudeteil die Vorschriften für zu errichtende Gebäude einhält. Die zum 01.01.2016 vorgesehenen primärenergetischen Verschärfungen, sowie die Verschärfungen der Nebenanforderungen gelten in diesem Fall nicht. Die Luftdichtheit darf im Referenzgebäude so angesetzt werden wie im hinzukommenden Gebäudeteil.

## 2.2.22 Welche neuen oder geänderten Regelungen zu Energieausweisen für Gebäude enthält die EnEV 2014?

### Änderungen an der Energieausweispflicht

Energieausweis für Neubauten sowie für Änderungen von Gebäuden, bei denen nach § 9 Berechnungen für das ganze Gebäude erstellt werden, dürfen nun erst nach Fertigstellung ausgestellt werden und müssen dem Bauherrn in Kopie übergeben werden.

Bei Verkauf und Vermietung muss der Energieausweis nicht mehr »zugänglich gemacht« werden, sondern bei Besichtigungen vorgelegt oder ausgehangen werden. Findet keine Besichtigung statt, muss der Energieausweis »unverzüglich«, spätestens auf Verlangen, vorgelegt werden. Direkt nach Abschluss eines Miet- oder Kaufvertrages muss zudem der Energieausweis oder eine Kopie **übergeben** werden.

Die Gebäudegröße, ab der die Aushangpflicht für Gebäude der öffentlichen Hand mit Publikumsverkehr greift, wird nach EnEV 2014 zunächst von 1.000 m<sup>2</sup> auf 500 m<sup>2</sup> Nutzfläche reduziert. Ab dem 08.07.2015 sind alle entsprechenden Gebäude > 250 m<sup>2</sup> betroffen.

Eigentümer von Gebäuden, in denen sich mehr als 500 m<sup>2</sup> Nutzfläche mit starkem Publikumsverkehr befinden, der nicht auf behördlicher Nutzung beruht, müssen einen Energieausweis aushängen, sobald für das Gebäude ein Energieausweis vorliegt.

### Pflichtangaben in Immobilienanzeigen

In der EnEV 2014 wurde ein neuer Paragraph 16a eingefügt, der Pflichtangaben in Immobilienanzeigen wie folgt vorschreibt: *»Wenn vor einem Verkauf oder einer Vermietung eine Immobilienanzeige in kommerziellen Medien aufgegeben wird und zu diesem Zeitpunkt ein Energieausweis vorliegt, muss die Immobilienanzeige vorgegebene Pflichtangaben enthalten.«.*

### Änderungen bei den Energieausweisen

In Energieverbrauchsausweisen für Wohngebäude ist zusätzlich zum Endenergiekennwert auch ein Primärenergiekennwert anzugeben, um die Vergleichbarkeit von Bedarfs- und Verbrauchsausweisen zu verbessern.

Falls bei Verbrauchsausweisen für Gebäude mit dezentraler Warmwasserbereitung der darauf entfallende Verbrauch nicht bekannt ist, muss Endenergieverbrauch um eine Pauschale von 20 kWh/m<sup>2</sup>a erhöht werden. Bei gekühlten Wohngebäuden muss der Endenergieverbrauch um eine Pauschale von 6 kWh/m<sup>2</sup>a erhöht werden.

Die Modernisierungsempfehlungen, die in der EnEV 2009 separat als Anlage 10 dargestellt waren, sind nun als Seite 4 in die Energieausweisformulare für Wohn- und Nichtwohngebäude integriert. Die bisherige Seite 4 mit den Erläuterungen wird zur Seite 5. Es müssen in den Modernisierungsempfehlungen nicht mehr »kostengünstige«, sondern »kosteneffiziente« Verbesserungen der Energieeffizienz empfohlen werden.

In die Energieausweisformulare für Wohngebäude wurden Energieeffizienzklassen von A + bis H eingefügt,

### **Registrierung und Kontrolle von Energieausweisen und Inspektionsberichten**

Für jeden neu ausgestellten Energieausweis und jeden Inspektionsbericht (Inspektion von Klimaanlage nach § 12) muss der Aussteller eine Registriernummer elektronisch beantragen und die zugeteilte Nummer in den Energieausweis eintragen. Ist dem Aussteller nach Ablauf von drei Arbeitstagen nach elektronischer Antragstellung noch keine Registriernummer zugeteilt worden, darf ein vorläufiger Energieausweis mit dem Vermerk »Registriernummer wurde beantragt am« ausgestellt werden. Sobald die Registriernummer vorliegt muss der Aussteller dem Eigentümer einen neuen Energieausweis ausfertigen und aushändigen.

Registrierte Inspektionsberichte über Klimaanlage nach § 12 und Energieausweise nach § 17 sollen einer Stichprobenkontrolle unterzogen werden. Die Stichproben müssen jeweils einen statistisch signifikanten Prozentanteil aller in einem Kalenderjahr neu ausgestellten Energieausweise und neu ausgestellten Inspektionsberichte über Klimaanlage erfassen.

Aussteller von Energieausweisen sind verpflichtet, Kopien der von ihnen ausgestellten Energieausweise und der zu deren Ausstellung verwendeten Daten und Unterlagen zwei Jahre ab dem Ausstellungsdatum des jeweiligen Energieausweises aufzubewahren und auf Verlangen der Kontrollstelle auszuhändigen.

---

## 3 Bauphysikalische Aspekte für den Altbau

### 3.1 Allgemeines

Unter den einzelnen Disziplinen des Bauwesens hat sich die Bauphysik besonders stark entwickelt. Dies hängt damit zusammen, dass die »Schutzanliegen«, die zur Bauphysik gehören, zunehmend Beachtung finden:

- Klimaschutz und Ressourcenschonung
- Behaglichkeit und gesundes Wohnen
- Qualitätssicherung und Dauerhaftigkeit der Gebäude.

Ausgehend vom energiegerechten Bauen findet eine zunehmende Verschmelzung der Bauphysik mit der Haustechnik statt. Begonnen hat dies mit der Einführung der Energieeinsparverordnung und den mitgeltenden Normen DIN V 4108-6 und 4701-10. In naher Zukunft ist damit zu rechnen, dass die Arbeitsbereiche Bauphysik und Haustechnik nur noch zusammenhängend betrieben werden können. Da sie sich massiv auf den Entwurf der Gebäude auswirken, muss auch das integrale Planen in einem früheren Stadium beginnen.

Betrachtet man die bauphysikalischen Aspekte für die Altbausanierung, so werden drei Bereiche relevant:

- Was erfordert die vorhandene Bausubstanz an Maßnahmen im Hinblick auf die Wiederherstellung der Gebrauchsfähigkeit? (Instandsetzungsbedarf)
- Welche Zielsetzungen hat der Bauherr? (Nutzungs- und Modernisierungsbedarf)
- Welche Vorschriften sind für die vorgesehenen Maßnahmen einzuhalten? (z. B. Energieeinsparung, Brandschutz, Schallschutz, Denkmalschutz etc.).

In allen drei Bereichen ergeben sich bauphysikalische Anforderungen, die in ihren einzelnen Aspekten durchzuplanen sind.

## 3.2 Wärmeschutz

Der Wärmeschutz dient einerseits der Schadensvermeidung (Vermeidung von Schimmelpilzbildung an Bauteiloberflächen, Kondensation im Inneren von Bauteilen, Temperaturspannungen) und andererseits der Nutzenoptimierung (Hygiene, Komfort, Heizeneinsparung). In der Bauphysik unterscheidet man den Wärmeschutz von Bauteilen für den Winterfall und den sommerlichen Wärmeschutz.

Beim Winterfall geht es darum, die Transmissionswärmeverluste zu begrenzen. Zudem sollten die Oberflächentemperaturen auf der Innenseite so hoch sein, dass kein Schimmelpilzbefall auftreten kann.

Anders als beim Winterfall bezieht sich der sommerliche Wärmeschutz auf die Vermeidung von Überhitzung in Räumen. Der sommerliche Wärmeschutz stellt keine Anforderungen an einzelne Bauteile, sondern an einzelne Innenräume.

Für die Dimensionierung des Wärmeschutzes und die Einhaltung der geforderten Werte existieren normierte Verfahren zur Berechnung.

Grundlegende Kennwerte sind:

- Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) mit verschiedenen Korrekturen zur Berücksichtigung abweichender Randbedingungen – z. B. Temperaturkorrekturfaktoren ( $F_x$ -Werte)
- Wärmebrückenverlustkoeffizient ( $\psi$ -Wert)
- Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$ -Wert
- spezifischer Transmissionswärmeverlust ( $H_T$ )
- wirksame Wärmespeicherfähigkeit ( $c_{Wirk}$ ).

Die Ansprüche an den Wärmeschutz der Gebäude sind in den letzten Jahren gestiegen. Dies betrifft nicht nur die Dicke der Dämmschichten, sondern auch die Nutzung solarer Wärmegewinne ohne dass dabei Überhitzungen in den Räumen entstehen. Zu den Planungsgrundsätzen gehört es Gebäude so zu konzeptionieren, dass sie mit möglichst geringem Aufwand in der Haustechnik ein angenehmes Raumklima bei größtmöglicher Schonung von Ressourcen und der Reduzierung von Umweltbelastungen gewährleisten.

Dadurch entwickelt sich eine immer stärkere Verzahnung von Bauphysik und Haustechnik. In einem umfassenderen Sinne wird von Klimamanagement oder von Bauklimatik gesprochen. Diese Begriffe erweitern den traditionellen Begriff Wärmeschutz einerseits vom reinen Schutzgedanken weg hin zu einem offeneren Umgang mit den lokalen klimatischen

Gegebenheiten (z. B. direkte passive Nutzung von Erdwärme und -kälte, transparente Wärmedämmsysteme, intelligente Fenstersysteme). Andererseits wird damit die enge Verzahnung mit anderen Teilbereichen der Bauphysik wie z. B. mit dem Feuchteschutz und anderen Fachgebieten – wie etwa der Haustechnik – betont.

Durch einen guten Wärmeschutz kann eine Reihe ökologischer und wohnbehaglicher Vorteile erreicht werden:

- behagliche Oberflächentemperaturen auf der Innenseite der Außenbauteile
- Absenkung der Raumlufttemperaturen durch höhere Oberflächentemperaturen bei gleicher Behaglichkeit mit dem Effekt der Reduzierung von Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten
- Erhöhung des Toleranzbereichs für Schimmelpilzbildung an den Innenoberflächen der Außenbauteile
- Überhitzungsschutz für Räume
- Unterstützung der Wärmespeicherung von Massivbauteilen für eine effiziente Nutzung der solaren Einstrahlung bei Außendämmung
- Reduzierung der Heizlast durch das Heizsystem: Verkleinerung des Wärmeerzeugers (Kostensparnis), Nutzung von Niedertemperatursystemen
- Reduzierung der Umweltbelastungen durch die verringerte oder wegfallende Beheizung oder Kühlung des Gebäudes.

### 3.2.1 Welche Arten von Wärmeverlusten und Wärmegewinnen gibt es?

Die Arten können getrennt auf den Heizwärmebedarf und den Energiebedarf bzw. den Primärenergiebedarf bezogen werden.

Für den Heizwärmebedarf sieht es wie folgt aus:

#### Verluste

- Transmissionswärmeverluste
  - ebene Bauteile (Wände, Dächer, Bauteile gegen Erdreich, Fenster)
  - Wärmebrücken
- Lüftungswärmeverluste
  - Infiltrationsluftwechsel
  - mechanische Lüftung
  - Fensterlüftung

#### Gewinne

- solare Wärmegewinne
  - transparente Bauteile einschließlich Glasvorbauten
  - opake Bauteile
- interne Wärmegewinne
  - Personen
  - Geräte
  - Warenfluss.

Betrachtet man die Verluste über den Heizwärmebedarf hinaus, so kommen noch folgende Bereiche hinzu, in denen Verluste anfallen und den Heizenergiebedarf ergeben:

- Wärmeübergabe
- Wärmeverteilung
- Hilfsenergie (z. B. für Pumpen und Regelungseinrichtungen)
- Speicherung
- Heizwärmeerzeugung.

In den genannten Bereichen ist der Aufwand für Warmwasser und die Verluste des Energieträgers (primärenergetische Bewertung) nicht enthalten.

### 3.2.2 Wie werden die Arten von Wärmeverlusten und Wärmegewinnen pauschalisiert?

Die Transmissionswärmeverluste basieren auf den U-Werten. Durch die  $F_x$ -Werte und die pauschalen Wärmebrückenzuschläge werden diese pauschalisiert. Die Lüftungswärmeverluste werden durch konstante Annahmen für die Luftwechselzahl pauschalisiert. Die Verlustwerte werden durch die Gradtagzahl auf eine mittlere Angabe für die Außenlufttemperatur und eine pauschalisierte Heizperiodendauer bezogen.

Die solaren Gewinne werden durch Summenangaben für die Einstrahlung in der Heizperiode auf die Fensterflächen je nach Himmelsrichtung ermittelt. Dabei wird der g-Wert berücksichtigt.

### 3.2.3 Aus welchen Beiträgen setzt sich die Heizwärmebilanz eines üblichen Wohngebäudes zusammen?

Zur Beurteilung eines Objektes sind die Wärmegewinne und -verluste des Objektes an seinem Standort zu bewerten. Die Geometrie, Orientierung und Wärmespeicherung (z. B. bei Nachtabsenkung oder bei der Nutzung solarer Wärmegewinne) gehen in die Bilanz mit ein.

### 3.2.4 Warum beeinflusst der Wärmeschutz die thermische Behaglichkeit von Räumen?

Je besser der Wärmeschutz ist, desto höhere Oberflächentemperaturen ergeben sich an der Innenseite der Außenbauteile. Liegen die Oberflächentemperaturen der umgebenden Bauteile nahe der Raumlufttemperatur, wird dies als behaglich empfunden.

### 3.2.5 Was ist der Glashauseffekt? Wie kann man ihn verstärken?

Sonnenstrahlung tritt durch die Verglasung in das Gebäude ein und wird von den Bauteilen absorbiert. Diese heizen sich auf und emittieren Wärmestrahlung. Da Glas für die kurzwelligen Strahlungsanteile des Sonnenlichts durchlässiger ist, als für die von den erwärmten Innenoberflächen emittierte langwellige Wärmestrahlung erhöht sich die Raumtemperatur. Durch einen hohen Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung (g-Wert) kann dieser Effekt verstärkt werden.

### 3.2.6 Mit welchen Maßnahmen kann man Transmissionswärmeverluste verringern?

Durch eine Verstärkung der Wärmedämmung (größere Materialstärken oder niedrigere Wärmeleitfähigkeiten) können die Transmissionswärmeverluste verringert werden. Ebenso durch eine günstigere Konstruktion der Wärmebrücken (geringerer  $\Psi$ -Wert). Bezogen auf das Gebäude insgesamt verringert auch ein günstigeres A/V-Verhältnis die Transmissionswärmeverluste.

### 3.2.7 Welche ökologischen und baubiologischen Ziele werden verfolgt, wenn die Transmissionswärmeverluste eines Gebäudes verringert werden?

- Geringen Heizenergieeinsatz und damit geringe Betriebskosten zu erzielen.
- Durch guten Wärmeschutz verringert sich der Heizenergiebedarf und somit auch der Kohlendioxidausstoß.
- Richtig eingesetzter Wärmeschutz mindert die Gefahr von Schimmelpilzbildung und den diffusionsbedingten Tauwasserausfall in Außenbauteilen.
- Durch guten Wärmeschutz wird ein angenehmes Raumklima erzielt und somit das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bewohner gefördert.

### 3.2.8 Was versteht man unter der Gradtagzahl und für welche Berechnung wird sie benötigt?

Die Gradtagzahl ist ein Summenkennwert für die Temperaturdifferenzen zwischen der jeweiligen Außenlufttemperatur und der als Konstante angenommenen Innentemperatur. Die Einheit der Gradtagzahl ist Kd, »Kelvin-Tage«. Zur Gradtagzahl gehört die Angabe über die Länge der Heizperiode. Die Summe der Temperaturdifferenzen (Innentemperatur – Außentemperatur) wird vom Beginn der Heizperiode bis zum Ende gebildet und mit der jeweiligen Dauer multipliziert.

Von der Gradtagzahl zu unterscheiden ist die Heizgradtagzahl. Die Heizgradtagzahl leitet sich aus der Gradtagzahl ab. Sie berücksichtigt, dass in einem Gebäude Wärmegewinne anfallen und deshalb nicht die vollständige Temperaturdifferenz (Innentemperatur – Außentemperatur) anzusetzen ist. Diese Annahme wird durch eine so genannte Heizgrenztemperatur berücksichtigt. Die Heizgrenztemperatur besagt, dass nur dann geheizt werden muss, wenn die Außentemperatur unter die Heizgrenztemperatur abfällt. Liegt die Außentemperatur oberhalb der Heizgrenztemperatur, genügen die Gewinne, um die Raumtemperatur zu erreichen.

Die Gradtagzahl wird im Heizperiodenbilanzverfahren der DIN 4108-6 verwendet. Dort lautet die Gleichung für die Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs von Wohngebäuden:

$$Q_h = 66 \cdot (H_T + H_V) - 0,95 \cdot (Q_S + Q_r)$$

Die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste werden mit dem Zahlenwert 66 multipliziert. Dieser setzt sich aus dem deutschen Mittelwert für die Gradtagzahl (2.900 Kd) zusammen, einem Korrekturwert damit die standardisierten Einheiten abgeglichen werden (0,024) und einem pauschalen Korrekturfaktor für die Nachtabenkung von 0,95. Als Einheit für den Zahlenwert 66 ergibt sich kWh (Kilo-Kelvin-Stunden je Heizperiode); multipliziert mit den Verlusten H in W/K führt dies zur Einheit kWh/Heizperiode. Der Übersicht halber ist die Gleichung ohne Einheiten nur als Zahlenwerte geschrieben:

$$66 \approx 2.900 \cdot 0,024 \cdot 0,95$$

Die Heizgradtagzahl von 2.900 Kd gilt bei einer Heizgrenztemperatur von 10 °C und einer mittleren Raumtemperatur von 19 °C. Für einen unsanierten Altbau wäre dieser Wert zu niedrig.

### 3.2.9 Welche Eigenschaften und Kenngrößen führen zu hohen wirksamen Speichermassen?

Das Produkt aus Rohdichte und Wärmekapazität kennzeichnet die Wärmespeicherfähigkeit der Baustoffe. Selbstverständlich spielt die Dicke der zum Raum hin orientierten Schichten eine wichtige Rolle. Einen nennenswerten Beitrag zur Speichermasse bringen nur die Schichten, die auf der Innenseite der Dämmschicht folgen. Die genaue Berechnung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit regelt die DIN EN ISO 13786.

### 3.2.10 Welche typischen Aufbauten führen zum Unwirksamwerden der thermischen Speicherfähigkeit von Baustoffen mit hoher Rohdichte?

Abgehängte Decken, Wandbekleidungen – insbesondere Innendämmungen – und Estriche mindern die Wirksamkeit der Wärmespeicherung der darunter liegenden Massivkonstruktion.

### 3.2.11 Welche Kennwerte müssen in Verbindung mit dem Gesamtenergiedurchlassgrad einer Verglasung noch beachtet werden, wenn man den Wert $g_{\text{tot}}$ ermitteln will?

Beim Wert  $g_{\text{tot}}$  handelt es sich um den Gesamtenergiedurchlass unter Berücksichtigung des Sonnenschutzes. Folgende Parameter sind dabei relevant:

- Lage des Sonnenschutzes (innen/außen)
- Art des Sonnenschutzes (Rollladen/Jalousie/Markiese)
- Farbton des Sonnenschutzes (weiß/grau/dunkelgrau)

### 3.2.12 Was sind potentielle Schwachstellen im Gebäudedichtigkeitskonzept?

- Öffnungen (wie offene Kamine und Briefschlitze)
- Durchdringungen der Luftdichtheitsebene (Kabel, Rohre etc.)
- Übergänge zwischen verschiedenen Bauteilen und Materialien (z. B. Giebelmauerwerk, Dachanschluss oder Schwelle – Betonsohle)
- Kehlbalkenanschlüsse und andere Durchdringungen des Dachstuhls.

### 3.2.13 Wie wirkt sich das wirksame Wärmespeichervermögen auf das thermische Verhalten von Gebäuden aus?

Das wirksame Speichervermögen des Gebäudes beeinflusst die Aufheiz- und Auskühlzeit. Zudem werden kurzzeitig auftretende Wärmegewinne gespeichert und mindern dadurch die Raumerwärmung. Meist wirkt sich eine hohe Speicherfähigkeit günstig auf den Energieverbrauch und den sommerlichen Wärmeschutz aus.

Die Wirkungen im Einzelnen sind:

- Erhöhung des Energiebedarfs beim Aufheizen (Heizleistung im Winterfall)
- langsamere Auskühlung beim Absenken der Heizung (Winterfall)
- langsamere nächtliche Auskühlung im Sommer
- Speicherung von Wärmegewinnen (Sommer und Winter).

### 3.3 Wärmedurchgang

Wärme wird durch Leitung in festen Stoffen, durch Konvektion in Flüssigkeiten und durch Strahlung im leeren Raum übertragen. In allen Fällen findet nur dann ein Wärmefluss zwischen zwei Orten statt, wenn zwischen den beiden Orten eine Temperaturdifferenz besteht.

Der Wärmedurchgang durch ein Bauteil beschreibt zusammenfassend alle Wärmetransportarten, die zusammenwirken, wenn Wärme durch ein Bauteil hindurchfließt.

Der Kennwert, der die Eigenschaft eines Bauteils für den Wärmedurchgang beschreibt, ist der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert). Für die Berechnung des U-Werts wird der Wärmedurchgang als stationärer Vorgang betrachtet. Dies bedeutet, dass die Temperaturen auf beiden Seiten des Bauteils konstant sind, oder sich nur so langsam ändern, dass der Wärmefluss an jeder Stelle im Bauteil gleich groß ist.

Der Wärmedurchgangskoeffizient berücksichtigt verschiedene Faktoren:

- Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe und die Dicke der Schichten
- Wärmeübergang an der inneren und äußeren Oberfläche (Luftbewegung und Wärmestrahlung)
- Richtung des Wärmestroms (z. B. von oben nach unten oder horizontal)
- Bausituationen (z. B. zusammengesetzte Bauteile, Materialstöße, Hinterlüftungen und Durchströmungen)
- Situation der Umgebungstemperatur (z. B. wenn die Strahlungstemperatur von der Lufttemperatur abweicht).

In beheizten Räumen nimmt die Temperatur der Wand im Winter von innen nach außen hin ab. Dabei ist innen die Temperatur der Wandoberfläche stets niedriger als die Raumlufttemperatur. Je höher der Wärmedurchgangskoeffizient ist, desto größer ist der Wärmestrom durch eine Wand und desto niedriger ist die Temperatur auf der Innenoberfläche der Wand.

Die nachfolgende Gleichung dient zur Berechnung der Wärmestromdichte. Es wird ermittelt, welche Wärmemenge (Joule) je Zeiteinheit (Sekunde) durch die Bauteilfläche ( $m^2$ ) fließt.

<i>Formelzeichen:</i>	$q$	=	$U$	·	$(\theta_i - \theta_e)$
<i>Einheiten:</i>	$\frac{J}{s \cdot m^2} = \frac{W}{m^2}$	=	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	·	$K$
<i>Bezeichnungen:</i>	Wärmestromdichte	=	Wärme- durchgangs- koeffizient	·	Temperaturdifferenz zwischen innen (i) und außen (e)

### 3.3.1 Was wird mit dem Begriff »Wärmestromdichte« beschrieben?

Die Wärmestromdichte »q« gibt an, welche Wärmemenge (in Joule) pro Sekunde durch die Bezugsfläche von einem Quadratmeter Bauteilfläche, bei der angenommenen Temperaturdifferenz strömt. Die Wärmestromdichte ist umso größer, je mehr Wärme die Wand durchlässt.

### 3.3.2 Welche zusätzlichen Einflüsse neben der Wärmeleitfähigkeit der Bauteilschichten können bei der Berechnung des U-Wertes noch betrachtet werden?

- Dämmstoffanker
- Luftspalten
- keilförmige Schichten
- Unterströmung bei Umkehrdächern.

### 3.3.3 Wofür steht der Begriff »Wärmedurchgangskoeffizient« und wie wird er berechnet?

Bei der Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  [1] wird vereinfachend angenommen, dass die Temperaturen innen  $\Theta_i$  und außen  $\Theta_e$  konstant sind.

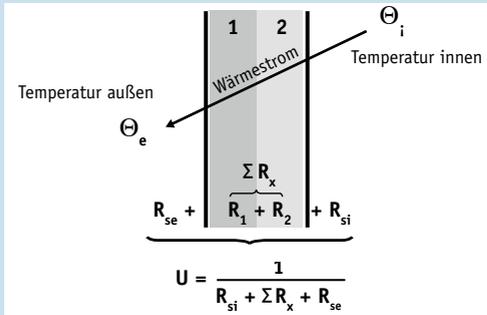


Abb. 3-1 (Quelle: Öko-Zentrum NRW)

Die einzelnen Schichten  $x$  eines Bauteils setzen dem Wärmestrom jeweils einen Wärmedurchlasswiderstand  $R_x$  entgegen. Der Wärmedurchlasswiderstand  $R_x$  ( $R$  von »resistance«) des gesamten Bauteils ist die Summe der Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Schichten.

Im obigen Bild ist dies für die beiden Schichten  $\Sigma R_x = R_1 + R_2$

Durch die Konvektion an der Bauteiloberfläche und den Austausch der Wärmestrahlung ergeben sich Wärmeübergangswiderstände an der Innen- und an der Außenoberfläche. Diese werden mit  $R_{si}$  und  $R_{se}$  bezeichnet. (Indices  $si$  und  $se$  bedeuten »surface interior« bzw. »exterior«)

Die Einheit der Wärmedurchlass- und der Wärmeübergangswiderstände ist  $m^2K/W$ .

Die Wärmedurchgangszahl  $U$  ist der Kehrwert der Summe der Wärmedurchlass- und der Wärmeübergangswiderstände. Die Einheit des  $U$ -Wertes ist  $W/(m^2K)$ .

Einer der Unterschiede zum früheren  $k$ -Wert: Bei der Berechnung des  $U$ -Wertes von zusammengesetzten Bauteilen (z. B. Sparren- und Feldbereiche eines Steildachs) ist zu beachten, dass quer fließende Wärmeströme berücksichtigt werden. Daher ist der  $U$ -Wert eines zusammengesetzten Bauteils immer schlechter, als es früher der  $k$ -Wert des gleichen Bauteils war.

1 DIN EN ISO 6946 Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren

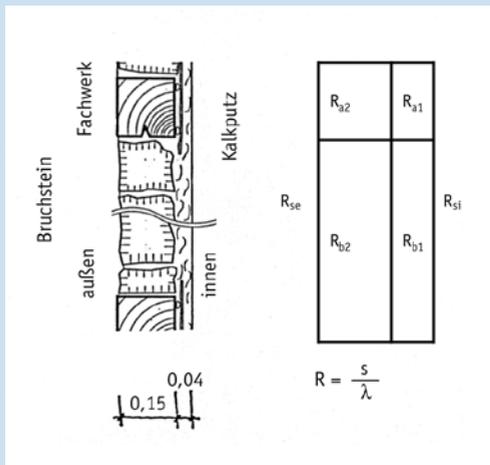
### 3.3.4 Wie werden U-Werte zusammengesetzter Bauteile berechnet?

Die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten für ein zusammengesetztes Bauteil nach DIN EN ISO 6946 wird hier am Beispiel einer alten Fachwerkwand dargestellt. Der Unterschied zwischen der k-Wert- und der U-Wert-Berechnung ist dann besonders groß, wenn der Wärmeschutz der einzelnen Bauteilbereiche sehr unterschiedlich ist. Daher wurde im Beispiel die Ausfachung der Fachwerkwand mit Bruchsteinen ohne Dämmung angenommen.

Bei der Berechnung ist wie folgt vorzugehen:

1. Gliederung des Aufbaus in senkrecht aufeinander stehende Schichten. Im Beispiel mit den Indices a und b in der Wandebene und mit den Indices 1 und 2 senkrecht zur Wandebene bezeichnet.
2. Zusammenstellung der Maßangaben und der Materialdaten Bemessungswerte für die Wärmeleitfähigkeit gemäß:
  - DIN V 4108-4 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte oder – je nach Material
  - DIN EN 12524 Baustoffe und -produkte – Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte
3. Ermittlung der Flächenverhältnisse  $f$  der einzelnen Bauteilaufbauten
4. Berechnung des oberen Grenzwertes  $R'_T$  (entspricht für sich genommen der Berechnung von  $1/U$  für nicht zusammengesetzte Bauteile)
5. Berechnung des unteren Grenzwertes  $R''_T$ . Diese Berechnung bewertet die Wärmeströme zwischen den zusammengesetzten Bauteilen. Dies ist jedoch nicht zu verwechseln mit einer Wärmebrückenberechnung.
6. Das arithmetische Mittel des oberen und des unteren Grenzwertes ergibt den Kehrwert des U-Wertes.

Fortsetzung von 3.3.4



$R_{si}$  Übergangswiderstand innen  
 $R_{se}$  Übergangswiderstand außen  
 $f_a$  Flächenanteil Holzbereich a  
 $f_b$  Flächenanteil Gefachbereich b  
 Angaben zu den Materialien und den Schichtdicken  
 $f_a=40\%$ ,  $f_b=60\%$  der Bauteilfläche

	Schicht- dicke s [m]	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda$ W/(mK)
Fachwerk	0,15	0,13
Bruchstein- mauerwerk	0,15	2,00
Kalkputz	0,04	0,87

Abb. 3-2 Gliederung des Bauteilaufbaus (Quelle: Öko-Zentrum NRW)

$$\begin{aligned}
 R_{Ta} &= R_{si} + R_{a1} + R_{a2} + R_{se} \\
 &= 0,13 + \frac{0,04}{0,87} + \frac{0,15}{0,13} + 0,04 = 1,37 \frac{m^2K}{W} \\
 R_{Tb} &= R_{si} + R_{b1} + R_{b2} + R_{se} \\
 &= 0,13 + \frac{0,04}{0,87} + \frac{0,15}{2,00} + 0,04 = 0,29 \frac{m^2K}{W} \\
 \frac{1}{R'_T} &= \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} \\
 &= \frac{0,4}{1,37} + \frac{0,6}{0,29} = 2,36 \frac{W}{m^2K} \\
 R'_T &= 0,42 \frac{m^2K}{W}
 \end{aligned}$$

Abb. 3-3 Ermittlung des oberen Grenzwertes  $R'_T$  (Quelle: Öko-Zentrum NRW)

Fortsetzung von 3.3.4

Im Bezug zum k-Wert stellt sich die obige Berechnung wie folgt dar:

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} = 2,36 \frac{W}{m^2K}$$

$$\text{mit } \frac{1}{R_{Ta}} = k_{\text{Holzbereich}} = 0,73 \frac{W}{m^2K}$$

$$\frac{1}{R_{Tb}} = k_{\text{Gefachbereich}} = 3,45 \frac{W}{m^2K}$$


**Abb. 3-4** Zusammenhang des U-Wertes mit dem früheren k-Wert.

ergibt sich:

$$k_{\text{ges.}} = f_a \cdot k_{\text{Holzbereich}} + f_b \cdot k_{\text{Gefachbereich}} = 2,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Der obere Grenzwert entspricht dem früheren k-Wert.

$$\frac{1}{R_1} = \frac{f_a}{R_{a1}} + \frac{f_b}{R_{b1}}$$

$$= \frac{0,4}{\frac{0,04}{0,87}} + \frac{0,6}{\frac{0,04}{0,87}} = 21,75 \frac{W}{m^2K}$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{f_a}{R_{a2}} + \frac{f_b}{R_{b2}}$$

$$= \frac{0,4}{\frac{0,15}{0,13}} + \frac{0,6}{\frac{0,15}{2,00}} = 8,35 \frac{W}{m^2K}$$

$$R'_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_{se}$$

$$= 0,13 + \frac{1}{21,75} + \frac{1}{8,35} + 0,04 = 0,34 \frac{m^2K}{W}$$

**Abb. 3-5** Ermittlung des unteren Grenzwertes  $R'_T$  (Quelle: Öko-Zentrum NRW)

Fortsetzung von 3.3.4

$$\begin{aligned}
 R_T &= \frac{R_T' + R_T''}{2} \\
 &= \frac{0,42 + 0,34}{2} = 0,38 \frac{m^2K}{W} \\
 U &= \frac{1}{R_T} \\
 &= \frac{1}{0,38} = 2,63 \frac{W}{m^2K}
 \end{aligned}$$

**Abb. 3-6** Arithmetisches Mittel des oberen und unteren Grenzwertes (Quelle: Öko-Zentrum NRW)

Der Unterschied zwischen dem k-Wert und dem U-Wert beträgt für dieses Beispiel  $0,27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

$$U = 2,63 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \quad k = 2,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

### 3.3.5 Was besagt die Wärmeleitfähigkeit?

Die Wärmeleitfähigkeit gibt an welche Wärmemenge je Zeit durch eine Schicht strömt, wenn eine bestimmte Temperaturdifferenz an den Oberflächen besteht.

Das Formelzeichen ist  $\lambda$  und die Einheit ist:

$$\frac{J}{s \cdot m \cdot K} = \frac{W}{m \cdot K}$$

Die Wärmeleitfähigkeit ist für Baustoffe, die nach Normen hergestellt werden, tabelliert oder wird in den bauaufsichtlichen Zulassungen für die Baustoffe genannt. Bei Dämmstoffen ist zu unterscheiden, ob diese mit einem CE- oder mit dem Ü-Zeichen versehen sind. Dementsprechend werden unterschiedliche Angaben für die Wärmeleitfähigkeit gemacht. Dies hängt mit den europäischen oder den deutschen Prüfnormen zusammen. Maßgeblich für die Praxis ist der Bemessungswert für die Wärmeleitfähigkeit. Die Angabe von Wärmeleitfähigkeitsgruppen 040, 035 oder ähnlich auf einer Dämmstofflieferung ist alleine keine ausreichende Angabe für die Wärmeleitfähigkeit. Nur der Nachweis des Bemessungswerts mit dem CE- oder Ü-Zeichen ist eine verbindliche Angabe.

Die Angabe von Wärmeleitfähigkeitsgruppen bezieht sich auf die Nachkommastellen der Wärmeleitfähigkeit.

Die Angabe »040« steht für den Wert:  $0,040 \frac{W}{(mK)}$

### 3.3.6 Welche Wärmetransportmechanismen gibt es und durch welche Einflüsse werden sie geprägt?

**Wärmeleitung:** Je mehr Lufteinschlüsse ein Material hat, desto schlechter ist seine Wärmeleitung. Dabei kommt es darauf an, dass die Lufteinschlüsse so gestaltet sind, dass im Baustoff möglichst keine Konvektion entstehen kann. Zudem wird in den Hohlräumen Wärme durch Strahlung übertragen. Feuchtigkeit in den Baustoffporen erhöht die Wärmeleitung eines Baustoffs.

**Konvektion:** Durch die Temperaturdifferenz zwischen einem Bauteil und seiner Umgebungsluft kommt es zu Luftbewegungen in der Grenzschicht vor der Bauteiloberfläche. Dies führt zu einem konvektiven Wärmeübergang. Diese Art der konvektiven Wärmeübertragung findet auch in den Hohlräumen der Bauteile statt – z. B. zwischen den beiden Scheiben einer Isolierverglasung. Dieser Wärmeübergang hängt davon ab, in welcher Richtung der Wärmestrom fließt. Geht er von unten nach oben, so ist die Konvektion ausgeprägter und damit der Wärmeübergang größer. Einen starken konvektiven Wärmeübergang verursachen zudem Luftbewegungen durch Wind und Raumluftströmungen.

**Strahlung:** Die Wärmestrahlung wird im langwelligen Bereich übertragen. Die entscheidende Materialeigenschaft ist die Emissionszahl der Oberfläche. Ist die Emissionszahl groß wird Strahlungswärme gut abgegeben, wenn die Temperatur der Oberfläche höher ist als die der Umgebung. Ist die Temperatur niedriger, als die der Umgebung, wird bei hoher Emissionszahl die Strahlungswärme auch gut aufgenommen.

Alle üblichen mineralischen und organischen Baustoffe haben in etwa die gleiche Emissionszahl. Die Ausnahme bilden Metalle. Sofern sie blank sind oder es sich um ein Edelmetall handelt, ist die Emissionszahl gering und der Strahlungsaustausch damit niedrig. Die Farbe einer Oberfläche spielt beim Strahlungswärmeaustausch kaum eine Rolle. Nur für den kurzwelligen Bereich des Sonnenlichts ist die Emissionszahl abhängig von der Helligkeit der Oberfläche. Daher erwärmt sich ein schwarzer Körper im Sonnenlicht stärker als ein heller. Ein schwarzer Körper neben einem Heizkörper wird allerdings nicht wärmer als ein weißer.

**In der Baupraxis** verwendet man Konstanten für den durchschnittlichen Wärmeübergang durch Konvektion und Strahlung.

Liegen allerdings die Strahlungstemperatur und die Lufttemperatur in einem Raum erheblich auseinander, so müssen die Wärmeübergänge mit der jeweiligen Bezugstemperatur getrennt berechnet werden. Dies kommt z. B. bei der Berechnung der Oberflächentemperatur an der Unterseite der Decke in einer Eishalle vor. Dort ist die Temperatur der Eisfläche für den Strahlungswärmeübergang einzusetzen und die Lufttemperatur für den konvektiven Wärmeübergang. Man wird sehr schnell sehen, dass es durch den Strahlungsaustausch zu Taupunktunterschreitungen kommen kann.

### 3.4 Sommerlicher Wärmeschutz

Die deutschen Vorschriften zur Energieeinsparung in Gebäuden [2,3] gehen grundsätzlich davon aus, dass bei hiesigem Klima keine Kühlanlagen erforderlich sind.

Die gestiegenen Benutzeransprüche führten ungeachtet dieser Annahme jedoch zu vermehrter Kühlung bei Nichtwohngebäuden. Auch hat der Verkauf mobiler Klimageräte zugenommen, die in Wohnungen eingesetzt werden.

Da die Leistungsfähigkeit und Konzentration bei Raumtemperaturen von über 23 °C abnimmt, darf in Büros die Kühlung nicht nur als unnötiger Luxus gesehen werden. Kühlung heißt jedoch nicht, dass Kältemaschinen eingesetzt werden müssen. Auch mit passiven Kühlverfahren lässt sich die sommerliche Überhitzung begrenzen.

Die sommerliche Aufheizung wurde in den letzten Jahren auch verstärkt zum Thema, nachdem der Anteil der Fensterfläche vergrößert und der Wärmeschutz der Gebäude verbessert wurde. Der geringere Bedarf für künstliche Beleuchtung, mehr Transparenz nach draußen und ein minimaler Heizwärmebedarf durch solare Wärmegewinne und durch Wärmedämmung müssen mit einer Konzeption für den sommerlichen Wärmeschutz in Einklang gebracht werden. Auch das angemessene Nutzerverhalten spielt dabei eine große Rolle. In der Praxis werden der außen liegende Sonnenschutz und die Nachtlüftung nicht immer optimal eingesetzt.

Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz werden im Rahmen des Mindestwärmeschutzes gestellt und nutzungsbedingt durch die Anforderungen an Arbeitsstätten. Darüber hinausgehende Forderungen sollten Bauherren zivilrechtlich mit ihren Planern vereinbaren.

---

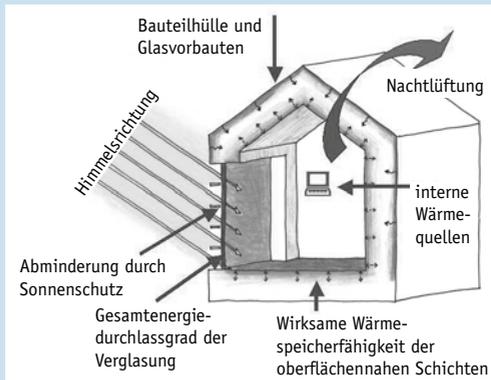
2 Energieeinsparverordnung EnEV

3 DIN 4108-2 Mindestwärmeschutz

### 3.4.1 Was versteht man unter dem Begriff »Mindestwärmeschutz« in Bezug auf den sommerlichen Wärmeschutz und welche Einflussgrößen gehen in die Berechnung ein?

Ein Gebäude muss den Mindestwärmeschutz erfüllen, der in DIN 4108 Teil 2 auch den sommerlichen Wärmeschutz enthält. Dies gilt nach dieser Norm auch für Gebäude mit Anlagen zur Kühlung. Auf einen Nachweis kann verzichtet werden, wenn der Grundflächenbezogene Fensterflächenanteil je nach Himmelsrichtung 7 bis 15 % überschreitet oder bei Ein- und Zweifamilienhäusern ein außenliegender Sonnenschutz vorgesehen ist. Diese Norm ist in allen Bundesländern bauaufsichtlich eingeführt und braucht daher nicht privatrechtlich gesondert vereinbart zu werden. Zunächst muss demnach der Kühlbedarf eines Gebäudes minimiert werden. Die wesentlichen Einflussgrößen für den sommerlichen Wärmeschutz sind:

- Himmelsrichtung und Sonnenschutz
- verglaste Fläche und Verglasungsart
- Speichervermögen des Raumes (Bauart)
- Möglichkeit zur Nachtlüftung.



*Darstellung der Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz.*

*Die DIN 4108 Teil 2 geht von Vereinfachungen aus. Es ist die Aufgabe des Planers abzuwägen, ob diese Vereinfachungen jeweils gelten können. Ist dies nicht der Fall gibt es Normen und Richtlinien, um umfassendere Verfahren einzubeziehen. Eine starre Vorgabe gibt es jedoch nicht.*

**Abb. 3-7** (Quelle: Öko-Zentrum NRW)

### 3.4.2 Wie werden bisher Sonderkonstruktionen wie Glasvorbauten oder transparente Wärmedämmung betrachtet?

Sonderkonstruktionen, wie unbeheizte Glasvorbauten, Doppelfassaden oder transparente Wärmedämmung können nicht mit dem Verfahren für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108 erfasst werden. Dafür sind bisher ingenieurmäßige Berechnungen erforderlich.

### 3.4.3 Welchen Einfluss hat die Wärmespeicherfähigkeit der Baustoffe bei der Umsetzung des sommerlichen Wärmeschutzes?

Gelegentlich wird der sommerliche Wärmeschutz lediglich auf die Außenbauteile bezogen und gleich gesetzt mit der Temperaturamplitudendämpfung und der Phasenverschiebung bei der Übertragung einer Temperaturschwingung von außen auf die Innenoberfläche. Diese Vereinfachung ist nicht richtig. Sommerlicher Wärmeschutz nimmt nicht Bezug auf ein einzelnes Bauteil und auch nicht auf ein Gebäude als Ganzes sondern auf einzelne Räume. Daher wird die wirksame Wärmespeicherfähigkeit raumweise ermittelt:

$$c_{\text{wirk}} \text{ in } \frac{\text{kJ}}{\text{K}}, \frac{\text{Wh}}{\text{K}}$$

$$c_{\text{wirk}} = \sum (c \cdot \rho \cdot d \cdot A) \quad \text{J/K}$$

$$c_{\text{wirk}} = \sum \frac{c \cdot \rho \cdot d \cdot A}{3600} \quad \text{Wh/K}$$

$c$  J/(kgK) spezifische Wärmekapazität

$\rho$  kg/m<sup>3</sup> Rohdichte

$d$  m Dicke innerhalb der Dämmschicht, maximal jedoch 10 cm

$A$  m<sup>2</sup> Oberflächen der raumbegrenzenden Bauteile

$\Sigma$  Addition aller raumbegrenzenden Bauteile und deren einzelne Schichten  
Vorgaben und Berechnung siehe auch DIN 4108 Teil 6.

Für den Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 gilt folgende Differenzierung für die Schwere der Bauart:

$c_{\text{wirk}}/\text{Raumgröße AG in m}^2$	bis 50 Wh/(Km <sup>2</sup> )	leichte Bauart
	bis 130 Wh/(Km <sup>2</sup> )	mittlere Bauart
	über 130 Wh/(Km <sup>2</sup> )	schwere Bauart

Für thermisch abgedeckte Speichermassen – z. B. abgehängte Decken – kann das ausführliche Verfahren in DIN EN ISO 13786 für die Ermittlung genommen werden. In der Regel wird dies jedoch nur angewandt bei thermischen Raumsimulationen. Das Verfahren der DIN 4108 Teil 2 für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes passt in seiner groben Genauigkeit nicht zu dieser differenzierten Berechnung.

### 3.4.4 Wie wird die Wärmespeicherfähigkeit bei der Energiebilanz berücksichtigt?

Die wirksame Wärmespeicherfähigkeit geht in die energetische Bewertung ein, um den Ausnutzungsgrad  $\eta$  für Wärmegewinne zu definieren. Sie wird, anders als beim sommerlichen Wärmeschutz, auf das gesamte beheizte Volumen angewandt.

Je höher die Wärmespeicherfähigkeit ist, desto besser können z. B. die Strahlungsgewinne genutzt werden. Bei geringer Speicherfähigkeit führen die Strahlungsgewinne rasch zur Überhöhung der Raumtemperatur, was dann dazu führt, dass die überschüssige Wärme abgeführt werden muss.

### 3.4.5 Wie wird der Anteil für Kühlung in der Energieeinsparverordnung berücksichtigt?

Die EU-Richtlinie »Gesamtenergie-Effizienz von Gebäuden« schreibt verbindlich vor, dass die Kühlung von Nichtwohngebäuden bei der energetischen Bewertung mit berücksichtigt werden muss. Die Bewertung erfolgt in Deutschland nach der DIN V 18599 »Energetische Bewertung von Gebäuden«. Im Referenzgebäude der Energieeinsparverordnung sind Systeme für statische Kühlung sowie Kühlung über raumluftechnische Anlagen als Vergleichsmaßstab angegeben. Zudem ist bei bestimmten Nutzungen – z. B. Büroräumen – der Energieaufwand für Kühlung im Referenzgebäude nur zur Hälfte enthalten. Die andere Hälfte muss anderweitig kompensiert werden.

## 3.5 Luftdichtheit

### 3.5.1 Was ist der $n_{50}$ -Kennwert?

Der  $n_{50}$ -Kennwert gibt die Luftwechselzahl eines Gebäudes im Verhältnis zum Gebäudevolumen an, die bei einer künstlich erzeugten Druckdifferenz von 50 Pa zwischen dem Gebäudeinneren und außen besteht. Der  $n_{50}$ -Kennwert wird anhand einer Luftdichtheitsmessung ermittelt.

Bei großen Gebäuden ( $>1.500 \text{ m}^3$ ) ist der  $n_{50}$ -Wert aufgrund des großen Volumens weniger geeignet. Hier wird daher auch der  $q_{50}$ -Wert ermittelt, der den Volumenstrom bei 50 Pa Druckdifferenz auf die Gebäudehüllfläche bezieht.

### 3.5.2 Worauf muss bei der Durchführung einer Luftdichtheitsmessung geachtet werden?

Die Messung sollte in zwei Schritten erfolgen a) baubegleitend und b) nach Fertigstellung aller nutzungsbedingten Öffnungen.

Es gibt Systemgrenzen für die Gebäudegrößen, bei Bedarf können mehrere Ventilatoren mit speziellen Messgeräten zusammengeschaltet werden.

### 3.5.3 Wie unterscheiden sich Diffusion und Luftdichtheit?

Ist ein Bauteil nicht luftdicht, so strömt Luft durch die Fugen oder durch eine luftdurchlässige Fläche.

Diffusion ist ein Transportmechanismus für gasförmiges Wasser. Diffusion durch Bauteile findet dann statt, wenn eine Dampfdruckdifferenz zwischen den beiden Oberflächen besteht – z. B. zwischen innen und außen. Bei der Diffusion findet kein Luftstrom statt, sondern eine Feuchtwanderung durch die Bauteilschichten hindurch vom höheren zum niedrigeren Dampfdruck. Vergleichbar dem Wärmedurchgang findet ein Diffusionsstrom statt. Was beim Wärmedurchgang die Temperaturdifferenz ist, ist bei der Diffusion die Dampfdruckdifferenz. Vergleichbar sind auch die Wärmedurchlasswiderstände mit den Diffusionswiderständen der einzelnen Schichten.

Ein Bauteil muss luftdicht sein, dabei kann es jedoch unterschiedliche Werte für die Diffusionsdichtheit annehmen. In der Baupraxis haben sich diffusionsoffene Konstruktionen gut bewährt, da unkontrollierte Durchfeuchtungen schneller abtrocknen können.

### 3.6 Wärmebrücken

Wärmebrücken sind örtlich begrenzte Stellen in der Gebäudehülle, durch die ein größerer Wärmeabfluss nach außen stattfindet als in den angrenzenden Bereichen. So kommt es an diesen Stellen zu niedrigen Oberflächentemperaturen und zu der Gefahr von Schimmelpilzbildung. Wärmebrücken können durch geometrische Verhältnisse bedingt sein (z. B. Ecken), durch die Aneinanderreihung von Baustoffen unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit (materialbedingte Wärmebrücken, z. B. Tragpfeiler in einer Wand oder Deckenaufleger) oder durch unsachgemäß ausgeführte Dämmarbeiten (Fugen zwischen den Dämmplatten).

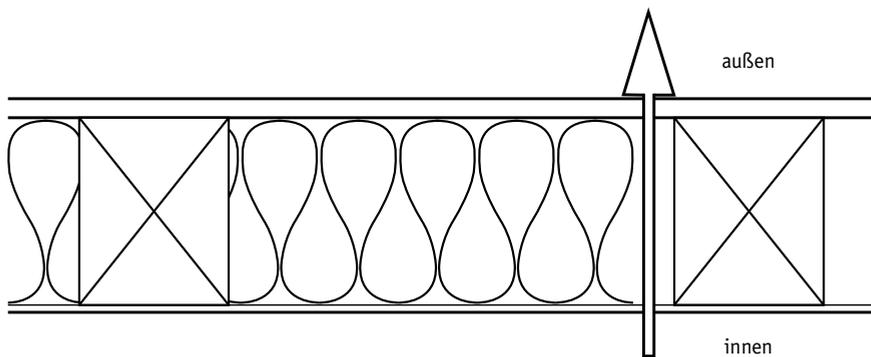


Abb. 3-8 (Quelle: Öko-Zentrum NRW)

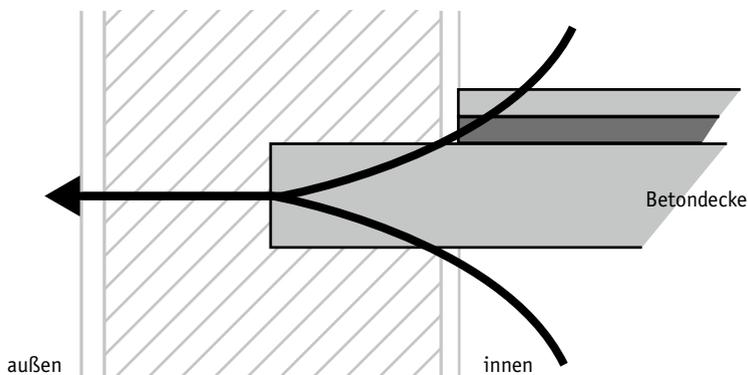


Abb. 3-9 (Quelle: Öko-Zentrum NRW)

Um ungewollte Wärmebrücken und dadurch mögliche Tauwasserbildung zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass alle Dämmarbeiten sorgfältig ausgeführt werden.

### 3.6.1 Welche Bewertungskriterien werden bei Wärmebrücken angewandt?

Wärmebrücken werden wärme- und feuchtetechnisch bewertet.

Bei der wärmetechnischen Bewertung geht es darum, dass möglichst wenig Energie durch den Wärmebrückenbereich abfließt. Um den Wärmestrom für den Wärmebrückenbereich zu bestimmen muss eine Berechnung durchgeführt werden. Für punktförmige Wärmebrücken wird der Wärmebrückenverlust je Wärmebrücke in W/K angegeben und für linienförmige Wärmebrücken in W/(mK). Um den Wärmeverlust für die linienförmigen Wärmebrücken zu erhalten, müssen die Längen mit dem jeweiligen Wert multipliziert werden.

Bei Wärmebrücken ist darauf zu achten, ob sie auf das Innenmaß, oder das Außenmaß bezogen sind. Eine Umrechnung ist möglich. Der Wärmebrückenverlustkoeffizient kann auch negative Werte annehmen. Dies tritt dann auf, wenn z. B. bei Berechnung nach Außenmaßbezug bei einer Wandecke, die Länge der Wandflächen sich überschneidet. Durch den linearen Wärmebrückenverlustkoeffizienten, der negativ sein kann, wird dies wieder korrigiert.

An die Wärmebrückenverlustkoeffizienten direkt werden keine Anforderungen gestellt. Diese Verluste fließen in den Transmissionswärmeverlustkoeffizienten  $H_T$  ein, an den dann im Rahmen der EnEV Anforderungen gestellt werden.

Bei der feuchtetechnischen Bewertung wird die niedrigste Oberflächentemperatur auf der Innenseite im gesamten Bereich der Wärmebrücken betrachtet. Dabei wird davon ausgegangen, dass die relative Luftfeuchte an der Oberfläche nicht mehr als 80% betragen darf. Im Standardfall mit einem Raumklima von 20 °C und 50% relative Luftfeuchte, ergibt sich dieser Grenzwert für die relative Luftfeuchte bei einer Oberflächentemperatur von 12,6 °C. International hat man aus diesen Verhältnissen den Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  als Kennwert gebildet.

$$f_{Rsi} = \frac{\Theta_{si} - \Theta_e}{\Theta_i - \Theta_e}$$

Dabei ist

$\Theta_{si}$  die raumseitige Oberflächentemperatur;

$\Theta_i$  die Innenlufttemperatur;

$\Theta_e$  die Außenlufttemperatur.

**Abb. 3-10** (Quelle: Öko-Zentrum NRW)

Fortsetzung von 3.6.1

Der  $f_{\text{Rsi}}$  Wert wird bei einer vorgegebenen Konstellation von Temperaturen ermittelt. Beim Standardklima muss die Wärmebrücke so konstruiert sein, dass dieser Wert mindestens 0,7 beträgt.

Die feuchtetechnische Anforderung ist Bestandteil des Mindestwärmeschutzes; sie ist in jedem Fall und immer einzuhalten.

Es gibt in der DIN EN ISO 13788 die Möglichkeit den einzuhaltenden  $f_{\text{Rsi}}$ -Wert für andere Gebäudenutzungen mit höherer oder geringerer Feuchtebeanspruchung zu berechnen, um bei höheren Anforderungen Schäden zu vermeiden oder um bei geringeren Anforderungen einfachere Konstruktionen zu wählen, ohne dass damit ein höherer Wärmeverlust verbunden sein muss.

### 3.6.2 Welche Vereinfachungen gibt es bei der Bewertung von Wärmebrücken?

Anwendung Beiblatt 2 der DIN 4108. Die Wärmebrückenkonstruktionen in dieser Norm sind geprüft und können angewandt werden. Umgekehrt sind die Darstellungen aber keine Konstruktionsvorgabe, die angibt, wie Wärmebrücken zu bauen sind.

Die Beispiele aus dem Beiblatt 2 erfüllen die Vorgaben an den  $f_{\text{Rsi}}$ -Wert für das Standardklima.

Die jeweiligen  $\Psi$ -Werte für den Wärmeverlust sind angegeben. Wird bei einer energetischen Bewertung auf die Einzelberechnung der Wärmebrücken verzichtet, so kann dies durch einen pauschalen Zuschlag auf die U-Werte von  $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  berücksichtigt werden, wenn die Wärmebrücken in dem Gebäude dem Beiblatt 2 entsprechen. Weicht eine Wärmebrücke ab, so muss für diese Wärmebrücke nachgewiesen werden, dass sie den  $\Psi$ -Wert einer vergleichbaren Konstruktion aus dem Beiblatt unterschreitet. Nur dann darf für das gesamte Gebäude die Pauschale angewandt werden. Kann dieser Nachweis nicht erbracht werden, muss eine höhere Pauschale für das gesamte Gebäude angesetzt werden. Dies wird in der DIN 4108 und der EnEV als Gleichwertigkeitsnachweis bezeichnet.

### 3.6.3 Die nachteilige Wirkung von Wärmebrücken soll bereits im Entwurf vermieden werden. Was sind vier typische Wärmebrücken und wie kann man diese entschärfen?

*Balkonplatten:* Anschluss aus wärmegeprägten Kragplattenanschlüssen, besser jedoch thermische Entkopplung durch vorgesetzte unabhängige Tragkonstruktion. Werden bestehende Balkone erhalten, so kann man die Möglichkeit prüfen, die gesamte Platte oben und unten zu dämmen. Der Einfluss der Stirnseiten ist zu ermitteln.

*Sockelanschluss:* Detailausbildung mit durchlaufender Dämmebene.

*Fenster- und Türanschluss:* Die Fassadendämmung soweit als möglich über den Fensterrahmen ziehen. Beim Glasrand sollten Kunststoffabstandhalter (sogenannte »warme Kante«) verwendet werden.

*Befestigungselemente:* Durch den Einbau von Kunststoffplatten zwischen tragendem Mauerwerk und Aluminiumkonsolen können Wärmeverluste reduziert werden.

### 3.6.4 Welcher Wärmeszlag wird in der Energieberatung zur Abschätzung der Transmissionswärmeverluste durch Wärmebrücken gewählt?

Es werden  $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angesetzt, sofern die Wärmebrücken nach DIN 4108 Beiblatt 2 ausgeführt wurden. Im Altbau ist dies selten möglich. Ohne Nachweis über das Beiblatt gilt der Wert  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  oder bei Innendämmung mit einbindender Massivdecke  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

---

## 4 Haustechnik

### 4.1 Allgemeines

Im Mittelpunkt des Interesses von Hausbesitzern steht bei der Haustechnik meist nur die Wärmeerzeugung, also die Frage, ob eine Wärmepumpe oder ein Heizkessel für Heizöl, Gas oder Holz gekauft werden soll. Dagegen wird alles das, was nach dem Wärmeerzeuger kommt, als »Stiefkind« behandelt. Dies ist ein großer Fehler, denn gerade hier schlummern oft Energie-Einsparpotenziale.

### 4.2 Heizungstechnik

Gebäude werden grundsätzlich über ihre Bau-(Dämm-)Qualität – also den Wärmebedarf – und nicht über die zu installierende Technik definiert. Trotzdem hat die installierte Heizungstechnik einen nicht zu unterschätzenden Anteil am Energieverbrauch eines Gebäudes.

#### 4.2.1 Welcher Kesseltyp arbeitet mit fest eingestellter Kesselwassertemperatur?

Der Standard-Heizkessel arbeitet mit fest eingestellter Kesselwassertemperatur. Mit Standard-Heizkesseln sind Konstanttemperatur-Heizkessel gemeint, die über das Jahr mit einer konstanten Temperatur betrieben werden (müssen). Sie sind in Europa zugelassen (CE-Zeichen), aber für den Neubau wegen ihres schlechten Wärme-Nutzungs-grades nicht geeignet.

Als Ausnahme gilt: Biomassekessel, welche als Standardkessel ausgeführt werden, können natürlich auch im Neubau eingesetzt werden.

#### 4.2.2 Welche Angaben beinhaltet der Kesselwirkungsgrad?

Der Kesselwirkungsgrad gibt das Verhältnis des Nutzens zum Aufwand – bezogen auf den Betriebszustand »Brenner in Betrieb« – an. Der feuertechnische Wirkungsgrad  $\eta_F$ , ist ein Maß für die Verluste durch die fühlbare Abgaswärme bei der Verbrennung.

Bei Kessel-Wirkungsgrad-Angaben wird der Betriebszustand: »Brenner in Betrieb« vorausgesetzt und es werden somit auch nur diese Verluste berücksichtigt.

Kesselwirkungsgrad  $\eta_K = 100\% - \text{Abgasverlust} - \text{Abstrahlverlust}$

#### 4.2.3 Welchen Wert wird der Nutzungsgrad einer Heizanlage zur Raumwärmever-sorgung beim Einsatz eines modernen Brennwertkessels ungefähr erreichen?

Der Nutzungsgrad einer Anlage oder eines Gerätes setzt die in einem bestimmten Zeitraum nutzbar gemachte Energie mit der zugeführten Energie ins Verhältnis.

Bei modernen Brennwertkesseln entspricht der Nutzungsgrad 95 bis 98 %.

#### 4.2.4 Was ist ein Niedertemperatursystem und welche Vorteile hat es?

Bei einem Niedertemperatursystem sind Vor- und Rücklauftemperaturen z. B. auf 70°/55 °C oder 55°/45 °C eingestellt, bei Flächenheizungen auch 35°/28 °C, mit Temperaturspreizungen von 10–15 K, d. h. niedrigere Temperaturen als bei Normaltemperatursystemen.

*Vorteile:* Energieeinsparung, geringere Korrosionsgefahr, gut einsetzbar mit Brennwerttechnik, da hier Wärme durch Kondensation zurück gewonnen wird und dauerhafte Kondensation erst bei Rücklauftemperaturen von weniger als 50 °C möglich ist.

Ein weiterer Vorteil der Niedertemperaturtechnik ist die bessere Integrationsmöglichkeit solarthermischer Anlagen. Auch Flächenheizungen mit einem hohen Strahlungsanteil können gut mit Niedertemperatursystemen betrieben werden.

#### 4.2.5 Wie heißt die aktuelle Heizlastnorm und was sind die wesentlichen Neuerungen?

Die aktuelle Heizlastnorm wurde in Deutschland im August 2003 als DIN EN 12831 unter dem Titel: »Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast« eingeführt. Sie beinhaltet gegenüber der alten Berechnung gemäß DIN 4701 zahlreiche Neuerungen wie Faktoren, Indizes (z. B.  $\Phi_T$  steht für Transmissionswärmeverlust-Koeffizient und  $\Phi_V$  für Lüftungswärmeverlust-Koeffizient), Begriffe und Berechnungsansätze (z. B. Infiltration durch die Gebäudehülle, erdreichberührte Bauteile, längenbezogener Wärmedurchgang (Wärmebrücken), punktueller Wärmedurchgang (3D-Wärmebrücken), Wärmefluss zwischen beheizten Zonen (Räume mit unterbrochenem Heizbetrieb oder Aufheizleistung) und Voraussetzungen (U-Wert-Berechnungen für opake und transparente Bauteile gemäß Normen: DIN EN ISO 6946 und DIN EN ISO 10077-1).

#### 4.2.6 Welche Unterschiede gibt es bei der Berechnung des Wärmebedarfs und der Heizlast?

Der Wärmebedarf wird standortbezogen über die Gradtagszahl, die Heizlast dagegen über die Temperaturdifferenz zwischen Norm-Innen- und Norm-Außentemperatur (nationaler Anhang der EN 12831) berechnet.

#### **4.2.7 Stellen Sie nachfolgend die drei Schritte des ausführlichen Heizlastberechnungsverfahrens nach EN 12831 dar:**

Im 1. Schritt wird raumweise vorgegangen. Bezogen auf die meteorologischen Daten des Gebäudestandorts werden für jeden (beheizten) Raum zunächst die Norm-Wärmeverluste berechnet. Dazu werden zwei Anteile ermittelt: Die Norm-Transmissionswärmeverluste und die Norm-Lüftungswärmeverluste.

Im 2. Schritt werden die beiden Verluste des beheizten Raums addiert. Dazu kommt ein weiterer Wert für die Aufheizleistung (zusätzliche Leistung für den Ausgleich bei unterbrochener Beheizung, z. B. Nachtabenkung). Dies ergibt die Norm-Heizlast des Raums zur Auslegung der Heizfläche.

Im 3. Schritt wird zur Auslegung des Wärmeerzeugers die Norm-Heizlast des Gebäudes errechnet. Diese setzt sich aus der Summe der Norm-Heizlasten aller beheizten Räume zusammen.

#### 4.2.8 Erstellen Sie mit den nachfolgenden Angaben eine Heizlast-Berechnung für ein Mehrfamilienhaus nach dem Näherungsverfahren (auf Basis der VDI 3815)

$$\Phi_T = [U \cdot A \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a)] \quad \text{und} \quad \Phi_V = [(n \cdot V \cdot c) \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a)]$$

Mit: U = U-Wert des jeweiligen Bauteils

A = Fläche des zugehörigen Bauteils

n = mittlere stündliche Luftwechselrate (z. B. 0,7 h<sup>-1</sup>)

V = Nettovolumen: Beheizte Grundfläche × lichte Raumhöhe (hier 420 m<sup>2</sup> · 2,50 m)

c = spez. Wärmekapazität der Luft [0,34 Wh/(m<sup>3</sup>K)]

$\vartheta_i$  = jeweilige Raumlufttemperatur (innen)

$\vartheta_a$  = Außenlufttemperatur bzw. jeweilige Lufttemperatur des angrenzenden, unbeheizten Raumes (außen)

$\Phi_{RH}$  = Aufheizleistung (Baubestand massiv: 13 W/m<sup>2</sup>; Fertighaus: 2 W/m<sup>2</sup>).

$\Phi_T$  (Transmissionsheizlast) gemäß folgender Tabelle:

Bauteil	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	$\Delta\vartheta$ [K]	$\Phi_T = A \times U \times \Delta\vartheta$ [W]
AW	360	1,3	32	15.000
AF 1	80	2,6	32	6.650
AF 2	20	5,2	32	3.350
DA	170	0,4	32	2.200
IW	70	1,5	12,8	1.350
DE	170	1,0	16	2.700
Summe der Transmissionsheizlast $\Phi_T$				31.250

**Abb. 4-1** Rechenwerte der Transmissionsheizlast (Quelle: gebäudeenergieberater24, Öko-Zentrum NRW)

Fortsetzung von 4.2.8

Rechenweg:

$$\begin{aligned}\Phi_V &= n \cdot V \cdot c \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) \\ &= 0,7 \text{ h}^{-1} \cdot (420 \text{ m}^2 \cdot 2,50 \text{ m}) \cdot 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) \cdot (20 \text{ }^\circ\text{C} - (-12 \text{ }^\circ\text{C})) \\ &= 249,9 \text{ W/K} \cdot 32 \text{ K} = 7.996,8 \text{ W} > 8.000 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi_{HL} &= \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH} \\ &= 31.250 \text{ W} + 8.000 \text{ W} + (13 \text{ W/m}^2 \cdot 420 \text{ m}^2) = 44.710 \text{ W} \quad \text{bzw. } 45 \text{ kW}\end{aligned}$$

Die Gebäudeheizlast des MFH beträgt somit maximal 45 kW; daraus folgt, dass zur Beheizung des Gebäudes ein Wärmeerzeuger (Heizkessel) mit einer Nennleistung von ca. 45 kW erforderlich ist. Als spezifische Heizleistung ergeben sich 107 W/m<sup>2</sup>.

#### 4.2.9 Welchen Zusammenhang beschreibt die Heizkurve?

Die Heizkurve beschreibt den Zusammenhang zwischen Außenluft- und Vorlauftemperatur. Bei der Vorlauftemperaturregelung wird die Außentemperatur laufend gemessen und durch den Regler die Vorlauftemperatur variiert. Das Heizwasser wird somit immer nur soweit vom Kessel erwärmt, wie es zur Beheizung des Gebäudes erforderlich ist. Durch die Einstellung steilerer Kurven werden höhere Vorlauftemperaturen erreicht. Durch die Verschiebung der Heizkurve wird eine Nachtabsenkung eingestellt.

#### 4.2.10 Was versteht man unter dem Begriff Heizlast?

Bei der Heizlast handelt es um einen Begriff aus der Heiztechnik. Sie dient zur Dimensionierung (Auslegung) der Leistungen von Heizflächen und Wärmeerzeugern (Kesseln) in W bzw. kW.

## 4.3 Verteilung

In 97 % aller Fälle ist eine Warmwasserpumpenheizung eingebaut, die neben dem Heizkessel noch ein Rohrnetz, Umwälzpumpen, eine Steuerung/Regelung und natürlich Heizflächen hat. Diese Komponenten sollen nicht nur effizient und somit sparsam mit der zu verteilenden Wärme (Energie) umgehen, sondern auch komfortable Wohnverhältnisse schaffen. Die Praxis zeigt leider, dass hier immer wieder an der falschen Stelle gespart wird.

#### 4.3.1 Wie funktioniert ein Thermostatventil?

Das Thermostat im Thermostatkopf erfasst die Energie fremder Wärmequellen, regelt sie aus und hält somit die Temperatur konstant. Der Fühler ist mit einer Flüssigkeit gefüllt, die sich bei Temperaturveränderungen zusammenzieht oder sich ausdehnt. Das eingebaute Wellrohr drückt sich folglich zusammen oder weitet sich und regelt so über die Ventilspindel im Ventilunterteil die Wasserzufuhr zum Heizkörper.

#### 4.3.2 Ab welchem Zeitpunkt ist durch welche Verordnung eine nachträgliche Dämmung von wärmeführenden Rohrleitungen und Armaturen zwingend vorgeschrieben?

Seit Verabschiedung der Energieeinsparverordnung vom 01.02.2002 werden auch an Altbauten Nachrüstungsverpflichtung gestellt. In § 10 der EnEV »Nachrüstung bei Anlagen und Gebäuden« heißt es in Absatz 2 »Eigentümer von Gebäuden müssen dafür sorgen, dass bei heizungstechnischen Anlagen bisher ungedämmte, zugängliche Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen, die sich nicht in beheizten Räumen befinden, nach Anhang 5 zur Begrenzung der Wärmeabgabe gedämmt sind.« Im Anhang 5 sind Mindestdicken der Dämmschicht aufgelistet, mit denen die (verschieden dicken) Leitungen zu dämmen sind.

#### 4.3.3 Was ist unter einem hydraulisch abgeglichenen Heizungssystem zu verstehen?

Ein Heizungssystem wird als hydraulisch abgeglichen bezeichnet, wenn sichergestellt ist, dass unter allen Bedingungen, d. h. insbesondere im Anfahr- und Vollastbetrieb jeder Heizfläche exakt derjenige Massenstrom an Heizwasser zur Verfügung steht, für den sie ausgelegt wurde. Andererseits soll selbst bei starker Drosselung kein Verbraucher einen höheren Massenstrom aufweisen als gemäß Auslegung für ihn vorgesehen ist.

#### 4.3.4 Wie hoch sind die Stromeinsparpotenziale bei Heizungsumwälzpumpen?

Bei Heizungsumwälzpumpen, die in Altbauten von Ein- oder Zweifamilienhäusern installiert sind, liegt das wirtschaftlich realisierbare Stromeinsparpotenzial zwischen etwa 20 und 90%. (Bereits eine angepasste Dimensionierung der Pumpennennleistung reduziert den Stromverbrauch um fast 50%, was bei Pumpen mit Leistungseinstellung bereits häufig durch einen einfachen Handgriff – kleinste Drehzahlstufe wählen – möglich ist).

#### 4.3.5 Bis zu welcher Höhe kann durch ungedämmte Rohrleitungen der prozentuale Wärmeverlust am gesamten Jahres-Heizenergieverbrauch ansteigen?

Der jährliche Wärmeverlust, der durch ungedämmte Rohrleitungen und Armaturen in unbeheizten Bereichen verursacht wird, kann bis zu 25 % des gesamten Jahres-Heizenergieverbrauchs eines Wohngebäudes betragen.

#### 4.3.6 Wie dick sollte eine Rohrleitungs­dämmung mindestens sein?

Die Wärmedämmung einer Rohrleitung sollte mindestens so dick sein, wie die Rohrleitung selbst. Sie ist lückenlos unter Einbeziehung aller Armaturen auszuführen.

#### 4.3.7 Wie lauten die »Faustregeln« zur Überprüfung der vorhandenen Pumpengröße?

»Faustregeln« zur Pumpendimensionierung:

- Nennleistung der Umwälzpumpe: 0,25 % der Heizlast gerechnet nach EN 12831
- oder
- Nennleistung der Umwälzpumpe: 0,20 % der vorhandenen Kesselleistung.

#### 4.3.8 Nach welchem Prinzip arbeitet die neue Pumpengeneration?

Im Gegensatz zur »alten« Pumpengeneration mit Asynchronmotor arbeitet die neue Pumpengeneration auf Basis der Permanentmagnet-Technologie. Es handelt sich dabei um Nassläuferpumpen mit Synchronmotor. Im Gegensatz zur »alten« Generation wird nicht ein bestimmtes voreingestelltes Volumen gefördert, sondern es wird ein konstanter Druck in der Leitung aufgebaut, mit dem das Heizungswasser durch das Rohrsystem fließt.

## 4.4 Warmwasser

Im folgenden Kapitel werden Fragen zu den Themen Warmwasserbedarf und Warmwasserbereitung dargestellt.

Die benötigten Warmwassermengen und deren Temperaturen können je nach Anwendungsgebiet stark schwanken. In Wohngebäuden wird der Bedarf im Wesentlichen von der Anzahl der zu versorgenden Personen bestimmt, wobei auch dieser Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung pro Person stark schwanken kann, da er von individuellen Ansprüchen abhängig ist.

In der einschlägigen Literatur (z. B. Recknagel, VDI 3807 etc.) finden sich umfangreiche Tabellen bzgl. Warmwasserbedarfsanforderungen verschiedenster Bereiche (Wohnungen, Hotels, Krankenhäuser etc.), auf die bei Bedarf zurückgegriffen werden kann.

Um relativ exakte Aussagen bzgl. bestehender Objekte machen zu können, ist es erforderlich, den Bedarf über einen aussagefähigen Zeitraum zu messen.

Grundsätzlich wird zunächst zwischen Systemen mit zentraler und dezentraler Warmwasserbereitung unterschieden.

#### 4.4.1 Was versteht man unter dezentraler Warmwasserbereitung?

Als dezentrale Warmwasserbereitungsanlagen werden Anlagen bezeichnet, bei denen die Erwärmung des Wassers in direkter Nähe der Zapfstellen erfolgt, wobei in der Regel nur eine oder zumindest wenige Zapfstellen an einen Warmwasserbereiter angeschlossen sind. Als Beispiele für dezentrale Anlagen sind in erster Linie Elektro- und Gas-Durchlaufwasserheizer (Durchlauferhitzer) und kleine Boiler (5L, Unter- oder Übertischgeräte) zu nennen.

#### 4.4.2 Was versteht man unter zentraler Warmwasserbereitung?

Als zentrale Warmwasserbereitungsanlagen werden Anlagen bezeichnet, bei denen eine zentrale Versorgungseinheit (in der Regel ein Warmwasserspeicher) die Bereitstellung des warmen Wassers für das gesamte Objekt übernimmt.

#### 4.4.3 Wie wird der Warmwasserbedarf ermittelt?

Entweder aus Literaturangaben oder näherungsweise auch über einen Prozentsatz des Gesamtwasserbedarfs. Bei Wohngebäuden ca. 40%, bezogen auf eine Warmwassertemperatur von 45 °C.

#### 4.4.4 Wie bewerten Sie einen Elektro-Durchlauferhitzer?

Der Nutzungsgrad des Gerätes wird ca. 95% betragen. Auf Grund des eingesetzten Energieträgers »Strom« ist jedoch mit hohen Energiekosten zu rechnen. Des Weiteren ist aus ökologischer Sicht der hohe Primärenergieaufwand zur Stromerzeugung zu berücksichtigen.

#### 4.4.5 Welche Nutzungsgrade können von direkt beheizten Gasdurchlauferhitzern mit Zündflamme erreicht werden?

Der Nutzungsgrad des Gerätes wird ca. 60% betragen.

#### 4.4.6 Was ist das Beratungsziel bei der elektrischen Warmwasserbereitung?

Jede elektrische Warmwasserbereitung ist zu vermeiden. Sie ist wenig komfortabel und teuer. Beratungsziel ist die Substitution des Stroms durch andere Energieträger.

#### 4.4.7 Welche einfachen Maßnahmen führen dazu den Warmwasserverbrauch zu senken?

- Einbau eines Kaltwasserzählers in den Kaltwasserzulauf des vorhandenen Warmwasserspeichers. So ist der tatsächliche tägliche Warmwasserverbrauch zu bestimmen und wird bewusst wahrgenommen. Aus Erfahrungswerten ist bekannt, dass allein durch den Einbau von Zählern der Verbrauch um ca. 15 % sinkt.
- Des Weiteren sollten Duschköpfe mit sparsamem Durchfluss eingesetzt werden. Infos gibt es im Sanitärfachmarkt.

#### 4.4.8 Zur Nutzung solarthermischer Anlagen werden Speicher benötigt. Zu welchem Zweck werden sie eingesetzt und wie funktionieren sie?

Ein Element von Solarkollektoranlagen sind die Solarspeicher. Um möglichst schnell und möglichst immer heißes Wasser zur Verfügung zu haben, wird bei den in Deutschland eingesetzten Speichern eine Schichtung des Speicherwassers angestrebt, das heiße Wasser sammelt sich oben im Speicher, das kühlere unten. So steht, im oberen Teil des Speichervolumens immer heißes Wasser bereit, während im unteren Bereich auch dann Wärme eingespeist werden kann, wenn die Sonne nicht so stark scheint.

Diese Schichtung wird durch verschiedene ausgeklügelte Systeme erreicht, die verhindern, dass der vom Kollektor kommende Wärmeeintrag das Speicherwasser durchmischt und zu einer einheitlichen, mittleren Speicherwassertemperatur führt.

Unterschieden wird zwischen solaren Brauchwasserspeichern für reine Brauchwassererwärmungsanlagen und Kombispeichern für Brauchwassererwärmung und Raumheizung. Zur Entnahme von Warmwasser ist üblicherweise im oberen Teil des Solarspeichers ein Wärmetauscher angebracht, zur Entnahme von Warmwasser zur Raumerwärmung dient ein weiterer Wärmetauscher im mittleren Bereich. Tank-im-Tank Kombispeicher haben einen Speicher im Speicher, der Speicher zur Brauchwassererwärmung ist im Speicher zur Raumheizung integriert.

Speicher haben ein Volumen von einigen 100 Litern. Am häufigsten kommen bei Wohngebäuden Speicher mit 600–800 Litern zum Einsatz.

#### 4.4.9 Wie viel kWh Energie müssen aufgewandt werden (ohne Verluste) um eine Badewanne mit 150l Warmwasser (mit 40 °C Wassertemperatur) bereit zu stellen?

Es müssen 5,23 kWh Energie aufgewandt werden um das warme Wasser für die Badewanne bereit zu stellen.

$$W = \frac{c \cdot m \cdot (T_w - T_k)}{3600} = \frac{4,182 \cdot 150 \cdot (40 - 10)}{3600} = 5,23 \text{ kWh}$$

mit: c für Wasser mit einer Temperatur von 20 °C beträgt 4,1851 kJ · kg<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>

$\Delta \vartheta$  Temperaturdifferenz (Warmwasser – Kaltwasser), mit Kaltwasser ca. 10 °C

#### 4.4.10 Wie verändert sich in Bezug auf die Gebäudedämmstandards der Anteil des Warmwasserenergiebedarfs im Verhältnis zum Raumwärmebedarf?

Der Anteil für die Warmwasserbereitung wird proportional höher, je besser der Dämmstandard ist.

## 4.5 Raumlufotechnische Anlagen

Der Einsatz von Lüftungstechnik – insbesondere im Altbaubereich – ist ein sehr kontrovers diskutiertes Thema.

Unter Berücksichtigung der immer besseren Dämmung von Gebäuden gewinnt die Betrachtung des Lüftungswärmebedarfs auch aus energetischer Sicht immer mehr an Bedeutung. Der Lüftungsbedarfsanteil eines gut gedämmten Gebäudes kann durchaus mehr als die Hälfte der Gesamtverluste ausmachen.

Hinzu kommt, dass durch eine luftdichte Bauweise Maßnahmen zur Sicherstellung eines hygienisch erforderlichen Mindestluftwechsels erforderlich werden. Eine solche Maßnahme kann der Einbau einer raumlufotechnischen Anlage sein.

#### 4.5.1 Welche DIN gibt Vorgaben bzgl. geforderter Mindestluftvolumenströme?

DIN 1946 – Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Anforderungen, Ausführung, Abnahme (VDI-Lüftungsregeln).

#### 4.5.2 Was ist die entscheidende Führungsgröße zur Bestimmung des erforderlichen Luftvolumenstroms im Wohnbereich?

Der Luftvolumenstrom kennzeichnet die von einer Lüftungsanlage absolut geförderte Luftmenge, in der Regel angegeben in  $\text{m}^3/\text{h}$ . Der Luftvolumenstrom ist die entscheidende Größe bei der Auslegung einer Lüftungsanlage, die notwendige Feuchtigkeitsabfuhr ist die entscheidende Führungsgröße im Wohnbereich.

#### 4.5.3 Welche Wärmeleistung muss bereitgestellt werden (ohne Verluste), um einen Außen-Luftvolumenstrom von $200 \text{ m}^3$ pro Stunde auf $20 \text{ }^\circ\text{C}$ zu heizen, wenn die Außenlufttemperatur $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ beträgt? Die spezifische Wärmekapazität der Luft kann mit $0,34 \text{ Wh}/\text{m}^3\text{K}$ angesetzt werden.

$$P = V \cdot c_L \cdot (T_1 - T_2)$$

$$P = \frac{200 \cdot 0,34 \cdot (20 - (-10))}{1000}$$

$$P = 2,04 \text{ kW}$$

Es müssen  $2,04 \text{ kW}$  bereitgestellt werden, um den Außen-Luftvolumenstrom von  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  auf  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  verlustfrei aufzuheizen.

#### 4.5.4 Warum kommt der Reduzierung der Lüftungswärmeverluste im Niedrigenergiehaus bzw. in vermehrter Form im Passivhaus so große Bedeutung zu?

Die hohe Wärmedämmung der Gebäudehülle verringert die Transmissionswärmeverluste, die Lüftungswärmeverluste hingegen bleiben in absoluten Zahlen gleich und verursachen dadurch mit zunehmendem Dämmstandard einen prozentual immer höheren Anteil an den Gesamtwärmeverlusten.

#### **4.5.5 Ist mit Hand-Stoßlüftung eine ausreichende Feuchtigkeitsabfuhr in der Regel sicher zu stellen?**

Nein, zur ausreichenden Feuchtigkeitsabfuhr müsste kontrolliert gelüftet werden, was sich praktisch aber nicht umsetzen lässt. Das bedeutet aber automatisch, dass zuviel gelüftet wird und dabei ständig Kaltluft in die Räume nachgeführt wird.

#### **4.5.6 Nennen Sie mindestens einen Vorteil und einen Nachteil von dezentralen Abluftanlagen.**

*Vorteil:* Einfache Installation (z. B. Sanierung von Gebäuden), da keine/wenig Kanalführung notwendig.

*Nachteil:* Hoher Stromverbrauch bei mehreren Ventilatoren, schlechterer Schallschutz, Wärmerückgewinnung schlechter umsetzbar.

#### **4.5.7 Welche Voraussetzung muss für den effizienten Betrieb einer Lüftungsanlage gegeben sein?**

Eine hinreichende Luftdichtigkeit der Gebäudehülle. Eine Lüftungsanlage kann nur effizient arbeiten, wenn die Luft nur kontrolliert zu oder abgeführt wird und nicht unkontrolliert durch Undichtigkeiten strömt.

#### **4.5.8 Mit welcher Lüftungstechnik lassen sich lokale Probleme mangelnder Feuchtigkeitsabfuhr im Altbau häufig kostengünstig beheben?**

Dezentrale Abluftanlagen ermöglichen auch im Altbau eine kostengünstige Nachrüstung.

#### **4.5.9 Was sind die Gründe für die verstärkt vorkommende »schlechte Luft« in Gebäuden ohne Lüftungsanlagen?**

Wird die aus wärmetechnischer Sicht begrüßenswerte zunehmende Dichtheit der Fenster nicht von flankierenden Maßnahmen zur Sicherstellung einer ausreichenden Grundlüftung begleitet, kommt es zu vermehrten toxischen Belastungen und erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen der Innenraumluft.

## 4.6 Strom

Wer kennt ihn nicht, den berühmten Satz: »Der Strom kommt doch ganz einfach aus der Steckdose.« Damit ist für viele das Thema Elektrizität (umgangssprachlich: Strom) auch schon erledigt. Dabei handelt es sich beim Strom um den teuersten und CO<sub>2</sub>-intensivsten Energieträger. Strom wird in Deutschland (Stand 2012) zu 16% aus Atomkraftwerken, zu 62% aus fossil befeuerten Kraftwerken und zu 22% aus regenerativen Stromerzeugungsanlagen geliefert. Die mit 45% größte Menge kommt aus Kohlekraftwerken, die zwar umwelttechnisch meist auf dem neuesten Stand sind, aber dennoch viel klimaschädliches Treibhausgas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ausstoßen. Man spricht vom so genannten Bundeskraftwerkemix zur Stromerzeugung, an dem sich nur durch Investitionen, also über längere Zeiträume, etwas ändern kann. Für die Strombereitstellung in diesem System entstehen heute für jede Kilowattstunde (kWh), die bezogen wird, durchschnittlich etwa 580 g CO<sub>2</sub>.

Leider konzentrieren sich Beratungen oft nur auf die Optimierung von Stromlieferverträgen zur Kosteneinsparung, ohne auch nur eine kWh einzusparen. Die Verbrauchsreduktion steht also nicht im Vordergrund, obwohl sich auch die Einsparung bzw. Substitution der »Edelenergie« Strom kostensenkend auswirkt.

#### **4.6.1 Welcher Anwendungsbereich in Wohngebäuden benötigt den meisten Strom?**

Mit durchschnittlich 21% des Gesamtstromverbrauchs der Bereich »Kühlen und Gefrieren«.

#### **4.6.2 Durch welche beiden prinzipiellen Möglichkeiten lässt sich der Stromverbrauch im Haushalt reduzieren?**

Einsatz von stromsparenden Geräten und Lampen, Vermeidung von Leerlauf (Stand-by) von Geräten.

#### **4.6.3 Wie hoch ist der durchschnittliche Stromverbrauch eines deutschen Privathaushalts?**

Der durchschnittliche Stromverbrauch beträgt ca. 3.400 kWh/a.

---

## 5 Regenerative Energien

### 5.1 Allgemeines

Als regenerative Energien bezeichnet man sowohl alle nachwachsenden Rohstoffe, als auch Energiequellen, die nach menschlichem Maßstab als unerschöpflich gelten. Zu den nachwachsenden Rohstoffen, die für die Erzeugung von Wärme und Strom genutzt werden können, zählen die Biomasse und die daraus produzierten Brennstoffe wie Biogas oder Holzpellets.

Unter Biomasse versteht man alles, was aus organischen Materialien besteht, sprich Lebewesen, abgestorbene Organismen und die von ihnen produzierten Stoffwechselprodukte.

Sonnenstrahlung, Erdwärme, Wind- und Wasserkraft bilden die Gruppe der unerschöpflichen Energiequellen, die wir für die Abdeckung des Wärme- und Strombedarfs nutzbar machen können.

Die für die Altbausanierung wichtigsten Energien und Techniken sind Solarthermie und Photovoltaik, Geothermie und Wärmepumpen, Biomasse und Blockheizkraftwerke.

### 5.2 Solarthermie

Die Strahlung der Sonne ist eine Form von Energie. Wenn diese Strahlung auf einen Körper trifft, absorbiert dieser einen Teil der Energie und wandelt sie in Wärme um. Diesen Sachverhalt macht man sich in solarthermischen Anlagen zu Nutze, indem die Strahlung absorbiert und damit ein Trägermedium wie z. B. Wasser erwärmt wird. Aus diesem Grund eignet sich Solarthermie vor allem für die Erzeugung von Warmwasser und Heizwärme.

Die Leistungsgröße solarthermischer Anlagen liegt zwischen 1,5 und 200 MWh/a. Ihr besonderer Vorteil liegt darin, dass sie nahezu überall auf Gebäuden und Freiflächen installiert werden können und die Energieproduktion in unmittelbarer Nähe zum Verbrauch stattfinden kann. Die Verluste sind somit sehr gering.

### 5.2.1 Welche beiden Solarthermie-Systeme sind Ihnen bekannt?

Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren.

### 5.2.2 Was sind die wesentlichen Bestandteile einer solarthermischen Anlage?

Es gibt drei wesentliche Bestandteile: Den Kollektor bzw. das Kollektorfeld zur Wandlung der Solarstrahlung in Wärme, das Leitungssystem zum Transport der solar erzeugten Wärme vom Kollektor zum Speicher und den Solarspeicher zur Speicherung der solar erzeugten Wärme zum Ausgleich von kurzfristigen Strahlungsschwankungen.

### 5.2.3 Beschreiben Sie den Aufbau eines Kollektors.

Kollektoren bestehen aus mehreren Absorberblechen, auf deren Rückseite das Rohr angebracht wird, in dem die Wärmeüberträgerflüssigkeit zirkuliert. Das Rohr wurde in der Vergangenheit gelötet, derzeit setzen sich gelaserte oder ultraschallgeschweißte Absorber durch.

Wichtig für die Kollektoreigenschaften ist auch die Glasabdeckung. Hier kommt zunehmend entspiegeltes Glas zum Einsatz, das mehr Sonneneinstrahlung durch lässt. Ferner müssen die Kollektoren gedämmt sein, damit die gesammelte Wärme nicht gleich wieder zum größten Teil in die direkte Umgebung entweicht, sondern über den Wärmeüberträger zum Verbraucher bzw. Speicher transportiert werden kann.

Der häufigste Kollektortyp ist der Flachkollektor, in dem mehrere Absorberblechbänder nebeneinander angebracht sind. Flachkollektoren können mehrere Quadratmeter groß sein. Bessere Dämmeigenschaften haben doppelt verglaste Flachkollektoren. Es gibt Flachkollektoren, die ein ganzes Dach bedecken können und die sonstige Dacheindeckung ersetzen (Solar-Roofs).

### 5.2.4 Worin unterscheiden sich Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren?

Die Unterschiede in der Bauart führen zu verschiedenen Verhaltensweisen der Kollektoren bei gleicher Temperaturdifferenz.

Der optische Wirkungsgrad  $\eta_0$  von Flachkollektoren ist zwischen 10 und 15 % höher als der von Vakuumröhren. Bis zu einer Temperaturdifferenz von ca. 40 K haben sie dann auch höhere Wirkungsgrade. Bei höheren Temperaturdifferenzen zwischen Absorber und Außenluft sind eindeutig die Vakuumröhren-Kollektoren im Vorteil.

### 5.2.5 Welche Gründe können gegen den Einbau einer Solaranlage sprechen?

Denkmalschutz, Statik, Verschattung können gegen den Einbau sprechen.

### 5.2.6 Welche Neigung und Orientierung ist für eine optimale Nutzung der Solarthermie in unseren Breiten geeignet?

Die Strahlungssumme auf eine Fläche hängt wesentlich von deren Ausrichtung (Anstellwinkel gegen die Horizontale und Himmelsrichtung) ab. Die maximale Strahlungssumme ergibt sich auf eine nach Süden orientierte Fläche mit einem Anstellwinkel von ca. 30°.

### 5.2.7 Was versteht man unter der Globalstrahlung?

Als Globalstrahlung wird die über ein ganzes Jahr verfügbare Strahlungssumme der Sonne bezeichnet. Sie setzt sich aus zwei Komponenten zusammen, der direkten und der diffusen Strahlung. Die Globalstrahlung wird in kWh/(m<sup>2</sup>a) angegeben.



### 5.2.10 Was ist unter einem hochselektiven Absorber zu verstehen?

Trifft Solarstrahlung auf den Absorber, wird sie reflektiert und absorbiert. Um eine hohe Wärmeausbeute zu erreichen, sollte der Absorber die Solarstrahlung möglichst vollständig in Wärme umwandeln und deshalb einen hohen Absorptionsgrad  $\alpha \approx 0,95$  haben. Hochselektive Absorber haben einen hohen Absorptionsgrad von  $\alpha \approx 0,95$  und gleichzeitig einen niedrigen Emissionsgrad  $\varepsilon \approx 0,10$ . Sie werden entweder galvanisch (Schwarzchrom, nickelpigmentiertes Aluminium) oder durch Aufbringen im Vakuum (z. B. Tinox- oder Cermet-Schicht) hergestellt.

### 5.2.11 Welche Aspekte müssen vor der Installation einer solarthermischen Anlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung geklärt werden?

- tatsächlicher Warmwasserbedarf des Gebäudes (nutzungsabhängig)
- Berücksichtigung des Gebäudestandortes und der Einbausituation vor Ort
- Kollektor (Montagemöglichkeit, Auswahl des Typs nach Preis-Leistungs-Verhältnis, Hersteller aus Marktübersichten, Dimensionierung nach Warmwasserverbrauch)
- Kollektormontage (wie kommt der Kollektor aufs Dach, sind Sicherungsmaßnahmen erforderlich, spätere Zugangsmöglichkeit für Wartungsarbeiten)
- Solarkreislauf (möglichst kurzer Weg zum Speicher, Dachdurchführung, Schornsteinzug für Steigleitungen nutzbar, gute Wärmedämmung möglich)
- Pumpe (Betrieb klassisch über Wechselstrom oder alternativ über Gleichstrom-Photovoltaikzelle)
- Speicher (Hersteller aus Marktübersichten, Dimensionierung nach Warmwasserverbrauch, Merkmale von Solarspeichern beachten, Anfahrt problemlos möglich, Einbringung durch Treppenhaus und Türen, Aufstellplatz, Einbindung in vorhandene Heizungsanlage, Abwasseranschluss am Aufstellort)
- Elektroarbeiten (Netzanschluss, Blitzschutz/Erdung, Regelung)
- Einbindungsmöglichkeiten in die vorhandene Heizungsanlage und ggfs. die Möglichkeit, die Anlage auch zur Heizungsunterstützung einzusetzen.
- Wirtschaftlichkeitsberechnung und CO<sub>2</sub>-Bilanz.

### 5.2.12 Nach welchen Kriterien ist eine solarthermische Anlage zur Trinkwassererwärmung auszulegen?

Voraussetzung für die wirtschaftliche Arbeitsweise der Solaranlage ist eine angepasste Dimensionierung von Kollektor und Speicher. Grundlage dafür ist der tatsächliche Warmwasserbedarf der Nutzer.

Je nach Gewohnheiten und Geräteausstattung kann der Warmwasserbedarf sehr stark variieren. Schätzzahlen, also die Verwendung von Standard- oder Durchschnittswerten, helfen deshalb kaum weiter, da sie keine gute Dimensionierungsgrundlage bilden. Optimal ist deshalb gerade im Bestand der Einbau eines Kaltwasserzählers z. B. in den Zulauf des vorhandenen Speichers. Dieser wird über mehrere Wochen täglich zur gleichen Zeit abgelesen und dann der Mittelwert pro Tag gebildet.

Als Faustformel für Einfamilienhäuser können 1,5 m<sup>2</sup> Kollektorfläche pro Person angenommen werden.

### 5.2.13 Nach welchen Kriterien ist eine solarthermische Anlage zur Heizungsunterstützung auszulegen?

Ein solarer Deckungsanteil von ca. 10% ist anzustreben. Um im Rahmen einer Energieberatung eine erste Abschätzung der erforderlichen Kollektorfläche vorzunehmen können folgende Faustformeln genutzt werden:

– 1 m<sup>2</sup> Flach-Kollektorfläche pro 8 bis 12 m<sup>2</sup> Wohnfläche (Mittelwert 10 m<sup>2</sup> Wohnfläche).

oder

– Heizlast des Gebäude  $\times 0,8 =$  Kollektorfläche (20 kW  $\times 0,8 = 16$  m<sup>2</sup>).

## 5.3 Photovoltaik

Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung der Sonnenenergie ist die Photovoltaik. Photovoltaik ist eine Technik, die die direkte und die diffuse Sonneneinstrahlung zur Erzeugung von Strom nutzt.

Das Kernstück einer Photovoltaikanlage sind die Solarzellen, gebündelt zu Photovoltaik-Modulen, die den Photoeffekt nutzen, um sowohl direktes als auch diffuses Sonnenlicht in Strom umzuwandeln. Die Regelung erfolgt über verschiedene elektrische Schaltungen. Der dabei entstehende Gleichstrom wird mit Hilfe von Wechselrichtern in Wechselstrom umgewandelt. Der Wechselstrom kann anschließend in das Stromversorgungsnetz eingespeist werden. Photovoltaikanlagen können aber auch im Inselbetrieb, d. h. als unabhängige Versorgung betrieben werden. Bei diesem System wird der erzeugte Strom nicht in das Netz eingekoppelt, sondern in Akkumulatoren gespeichert.

### 5.3.1 Beschreiben Sie die Funktionsweise einer Photovoltaikanlage.

Photovoltaikanlagen nutzen den photoelektrischen Effekt der Trennung elektrischer Ladungen in Flüssigkeiten oder Festkörpern unter Lichteinwirkung. Dabei wird Licht direkt in elektrische Energie umgewandelt. Dieser Vorgang erfolgt in Photovoltaikzellen (PV-Zellen), der Kernkomponente aller PV-Anlagen. Es sind quadratische, bis zu 20 cm Kantenlänge große, oder im Fall von Dünnschichtmodulen streifenförmige, 1 cm breite und 0,5–1 m lange (Multi-)Kristalle, die aus zwei oder mehr Schichten bestehen, an deren Grenzfläche bei Lichteinfall eine Spannung aufgebaut wird. Die äußersten Schichten sind mit Metallkontakten versehen, über die dann ein Strom abgeführt werden kann.

Das dabei mit Abstand am häufigsten für PV-Zellen verwendete Halbleitermaterial ist kristallines Silizium. Silizium ist mit 25% Masseanteil nach Sauerstoff (50% Masseanteil) und vor Aluminium (8,1% Masseanteil) das häufigste Element der oberen Erdkruste. Damit ist es als Ausgangsmaterial nach menschlichen Maßstäben unerschöpflich.

Die für Dünnschicht-PV-Module derzeit verwendeten Materialien sind im Gegensatz zu Silizium in ihrem Vorkommen so begrenzt, dass, mit Ausnahme reiner Si-Dünnschichtmodule, alle anderen Modultypen keinen größeren Beitrag zur photovoltaischen Stromversorgung leisten können. Dies gilt insbesondere für Cadmium-Tellurid (CdTe) Module, da Tellur eines der seltensten Elemente in der Erdkruste überhaupt ist.

### 5.3.2 Wie hoch ist der Wirkungsgrad von PV-Zellen und wie ist der Energieaufwand zur Herstellung von PV-Zellen zu beurteilen?

Der Wirkungsgrad kommerziell erhältlicher PV-Module erreicht derzeit 20%.

Der Wirkungsgrad von PV-Zellen ist aber nicht die einzige Größe zur Beurteilung. Wichtig ist auch, dass die PV-Zellen mit geringem Energieaufwand und zu geringen Kosten hergestellt werden können. Derzeit wird für die Produktion der Komponenten einer PV-Anlage soviel Energie benötigt, wie die PV-Anlage in 1–3 Jahren produziert. Die Lebenszeit einer PV-Anlage ist aber mehr als 10mal so lang. Die in den letzten Jahren erzielten Fortschritte lassen erwarten, dass dieses schon günstige Verhältnis weiter verbessert wird.

### 5.3.3 Aus welchen Komponenten besteht eine PV-Anlage?

Eine PV-Zelle erzeugt je nach Größe und Sonneneinstrahlung einen Strom von 1–3 Ampere, aber nur bei einer Spannung von ca. 0,7 Volt. Damit diese elektrische Leistung genutzt werden kann, werden die Zellen zunächst in Modulen hintereinander geschaltet, so dass eine größere Spannung entsteht. Diese liegt dann bei 12 bis 40 Volt, je nach Modultyp.

Diese Module werden selbst hintereinander zu Strings geschaltet, an denen dann im, in Deutschland, gängigen Fall netzgekoppelter PV-Anlagen Spannungen von 100–400 Volt anliegen. Oft enthält eine PV-Anlage mehrere solcher Strings, von denen je 1–3 an einen sogenannten Wechselrichter angeschlossen werden.

Der Wechselrichter ist die Schnittstelle zwischen dem PV-Modulfeld und dem elektrischen Netz. Er erfüllt mehrere Aufgaben:

- Steuerung der Module in den Punkt maximaler Leistung (MPP oder maximum power point), damit die für die momentane Sonneneinstrahlung maximale Leistung aus den Modulen herausgeholt wird
- Umwandlung des Gleichstroms in Wechselstrom von 50 Hz bei einer Spannung von 240/380 Volt
- Bereitstellen von Signalen zur Überwachung der gesamten Anlage auf fehlerfreie Funktion.

### 5.3.4 Wie viel Quadratmeter Modulfläche werden benötigt, um eine Leistung von 1 kW<sub>p</sub> bereit zu stellen?

Es werden ca. 10 m<sup>2</sup> Modulfläche benötigt, um eine Leistung von 1 kW<sub>p</sub> bereit zu stellen.

### 5.3.5 Was ist der Unterschied zwischen Inselbetrieb und netzgekoppeltem Betrieb?

Bei einem Inselbetrieb ist die Photovoltaik-Anlage nicht mit dem Stromversorgungsnetz verbunden. Der von den Photovoltaik-Modulen erzeugte Gleichstrom wird nicht mehr umgewandelt sondern direkt mit einer Batteriespannung von 12 oder 24 Volt genutzt bzw. im Akkumulator gespeichert.

### 5.3.6 Welche Bedeutung haben Verschattungen für Photovoltaik-Anlagen

Im Gegensatz zu solarthermischen Anlagen werden PV-Anlagen auch von geringen Verschattungen massiv beeinträchtigt. Der Grund ist, dass in PV-Modulen der Strom von Zelle zu Zelle fließt, ähnlich wie Wasser in einem Gartenschlauch. Wird nun eine Zelle verschattet, wirkt dies so, als wenn man bei einem Gartenschlauch an einer Stelle daraufträte: Der Fluss als Ganzes wird deutlich gebremst. So sinkt bei einer Verschattung von 20% die Energieproduktion bereits um 80%. Moderne Wechselrichter können über ein sogenanntes Verschattungsmanagement verschattete Module über eine Bypassdiode aus der Reihenschaltung der Module herausnehmen und damit die Verschattungsverluste reduzieren.

### 5.3.7 Welche Wirkungsgrade erzielen marktübliche Photovoltaik-Module?

Dünnschichtmodule weisen einen Wirkungsgrad von 5% bis 10% auf, wohingegen der Wirkungsgrad von monokristallinen Modulen bis zu 20% betragen kann. Bei polykristallinen Modulen werden etwa 16% erreicht.

### 5.3.8 Was bezeichnet man als Photoeffekt?

Als Photoeffekt wird die Übertragung der Energie von einem Photon auf ein Elektron bezeichnet.

## 5.4 Biomasse

Unter Biomasse versteht man die gesamte Menge an organischem Material in einem definierten Ökosystem. Sie umfasst die Masse aller Lebewesen, sowohl die der abgestorbenen Organismen als auch deren organische Stoffwechselprodukte. Weltweit werden ca. 60 Prozent der Biomasse durch Mikroorganismen gebildet.

Sonnenenergie, die in der Biomasse biochemisch gespeichert ist, kann als Kraftstoff oder für die Gewinnung von Wasserstoff und elektrischer Energie genutzt werden. Somit ermöglicht die Verwendung von Biomasse zur Erzeugung von Wärme, elektrischer Energie oder als Kraftstoff eine relativ ausgeglichene CO<sub>2</sub>-Bilanz, da z. B. bei der Verbrennung nur die Menge CO<sub>2</sub> ausgestoßen wird, die zuvor biochemisch gebunden wurde.

Eine Vielzahl von Ausgangsstoffen stehen zur Energiegewinnung aus Biomasse zur Verfügung. Folgende Arten von Biomasse werden unterschieden:

- feste wie Holz, Getreide, Stroh
- flüssige wie Pflanzenöle, Biodiesel, Bio-Alkohol
- gasförmige wie Biogas.

#### 5.4.1 Als was definiert man Biomasse?

Unter Biomasse versteht man die gesamte Menge an organischem Material in einem definierten Ökosystem. Sie umfasst die Masse aller Lebewesen, sowohl die der abgestorbenen Organismen als auch deren organische Stoffwechselprodukte.

#### 5.4.2 Welche Arten von Biomasse gibt es?

Feste, flüssige und gasförmige Biomasse.

#### 5.4.3 Ist der Brennstoff Holz CO<sub>2</sub>-neutral?

Nein, während der Aufbereitungsprozesse entstehen Gase, die berücksichtigt werden müssen. Es werden »Äquivalente CO<sub>2</sub>-Emissionen« berechnet, um Brennstoffe vergleichen zu können. Holz gibt bei der Verbrennung, im Gegensatz zu den fossilen Brennstoffen, nur die Menge an CO<sub>2</sub> wieder, die während des Wachstums eingelagert wurde.

#### 5.4.4 Welche Vorteile hat der Brennstoff Holz?

- im Vergleich mit allen anderen Brennstoffen wesentlich geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen
- nachwachsend
- geringes Transportrisiko
- keine Umweltverschmutzung
- als heimischer Brennstoff Beitrag zur Wertschöpfung und zur Sicherung sozialer Strukturen in der Region
- Unabhängigkeit von Krisenregionen

#### 5.4.5 Welche Holzfeuerung eignet sich im Wohnungsbau besonders als komfortabler Heizkesslersatz?

Pellet-Anlagen sind besonders zum Ersatz von Ölkesseln in Wohngebäuden geeignet. Es gibt sie ab einer Leistungsgröße von ca. 2,5 kW. Sie sind bis etwa 60 kW und mehr sinnvoll, und arbeiten als vollautomatische Anlagen komfortabel und bei Bedarf modulierend. Der vorhandene Öllagerraum kann häufig auch zur Pelletlagerung genutzt werden. Wegen der kleinen kW-Zahlen eignen sich Pelletöfen auch für energetisch sanierte Altbauten mit geringer Heizlast.

#### 5.4.6 Was zeichnet Pellets als Brennstoff aus und was ist hinsichtlich ihrer Qualität zu beachten?

Pellets werden industriell vor allem aus Sägespänen und Sägemehl hergestellt. Die normierten Größen ermöglichen eine automatisierte Beschickung der Kessel, so dass ein Komfort wie bei Öl- oder Gaskesseln erreicht wird.

Die Qualität der Pellets wird durch die DIN 51731 nicht sichergestellt. Um eine Verschlackung oder Korrodierung der Kessel zu vermeiden, sollten Pellets mit dem Gütezeichen »DINplus« oder mit Entsprechung der ÖNORM als Brennstoff verwendet werden.

#### 5.4.7 Welchen Wassergehalt sollten Hackschnitzel maximal aufweisen?

Der Wassergehalt sollte nicht höher als 30% sein.

#### 5.4.8 Mit welchem Heizwert ( $H_i$ ) ist bei Stückholz zu rechnen?

Der Heizwert von Stückholz ist mit 4,0 kWh/kg anzunehmen.

#### 5.4.9 Für wen eignet sich der Einsatz von Stückholz- bzw. Hackschnitzelheizungen?

Der Einsatz von Stückholz- bzw. Hackschnitzelheizungen eignet sich vorrangig für land- und forstwirtschaftliche Betriebe oder Zimmereien, da ausreichende Lagermöglichkeiten vorhanden sein müssen. Denkbar ist auch der Einsatz von großen Hackschnitzelanlagen für Kommunen, um damit z.B. Schulen oder andere größere kommunale Einrichtungen zu beheizen. Voraussetzung hierfür ist ebenfalls die genügend große Lagerfläche so wie ausreichend große Mengen an Hackschnitzeln, die z. B. in kommunalen Grünanlagen anfallen.

#### 5.4.10 In welchen Bereichen eignet sich Biogas besonders als Brennstoff?

Landwirtschaftliche Betriebe eignen sich besonders für den Einsatz von Biogasanlagen. Die benötigten Grundstoffe (Biomasse, Gülle, Mist, Energiepflanzen, etc.) sind dort standortnah verfügbar und können in Biogas-BHKW direkt vor Ort zur Erzeugung von Wärme und Strom genutzt werden.

#### **5.4.11 Worauf muss bei der Verfeuerung von Holz und Pellets besonders geachtet werden?**

Holz und Pellets weisen zwar eine geringe CO<sub>2</sub>-Emission bei der Verbrennung auf, der Stickstoffgehalt in den Abgasen kann aber bei unkontrollierter Verbrennung sehr hoch werden. Aus diesem Grund muss der Heizkessel genau auf den eingesetzten Brennstoff abgestimmt und die Verbrennung wenn möglich mit Hilfe einer Lambda-Sonde gesteuert werden.

## 5.5 BHKW

Blockheizkraftwerke können mit Motoren oder mit Hilfe von Dampf betrieben werden. Die BHKW nutzen das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung. Mit Hilfe der durch den Motor oder den Dampf erzeugten Kraft wird ein Generator betrieben, der Strom produziert. Die bei diesem Vorgang entstehenden Abgase werden für die Wärmeerzeugung genutzt, indem die Wärme aus den Abgasen mit Hilfe von Wärmetauschern an das Heizsystem oder ein Nah- bzw. Fernwärmenetz übertragen wird. Der produzierte Strom kann entweder direkt selbst genutzt oder in das Stromversorgungsnetz gegen eine Vergütung eingespeist werden.

Durch die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung werden höhere Nutzungsgrade erzielt, da die Wärme der Abgase nicht einfach durch den Kamin abzieht sondern genutzt wird. Nutzungsgrade bis zu 95 % können je nach gewähltem KWK-System erzielt werden.

Als Brennstoff für KWK-Anlagen kommen im Prinzip alle vorhandenen Brennstoffe (Öl, Gas, Benzin, Biomasse, etc.) in Frage. Auch moderne Brennstoffzellen-Technologie kann in einem BHKW umgesetzt werden.

### 5.5.1 Was versteht man unter der Abkürzung BHKW?

BHKW steht für Blockheizkraftwerk, einer Möglichkeit für Kraft-Wärme-Kopplung.

### 5.5.2 Was versteht man unter Kraft-Wärme-Kopplung?

Das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung beschreibt die Erzeugung von Strom und Wärme innerhalb eines Vorganges.

### 5.5.3 Welchen Anteil der eingesetzten Energie können BHKWs in Strom und Wärme umsetzen?

Bei BHKW sind Nutzungsgrade bis zu 95% möglich, wobei die auf Strom und Wärme fallenden Anteile variieren können.

### 5.5.4 Worauf basieren Blockheizkraftwerke und wann ist ihr Einsatz sinnvoll?

Blockheizkraftwerke basieren auf der Kraft-Wärme-Kopplung, d. h. es werden parallel Wärme und Strom erzeugt, sprich die Abwärme, die bei der Stromerzeugung anfällt wird in ein Nah- oder Fernwärme-System eingespeist bzw. direkt vor Ort an das Heizsystem übertragen. Durch die Nutzung der Abwärme wird der Nutzungsgrad erhöht.

Eine Nutzung von Blockheizkraftwerken ist aber nur sinnvoll, wenn Strom- und Wärmebedarf zeitgleich und über das Jahr gesehen auf einem gleich bleibenden Niveau anfallen.

### 5.5.5 Was versteht man unter der »Stromkennzahl« eines BHKW?

Die Stromkennzahl drückt das Verhältnis zwischen der elektrischen Leistung und der Abwärmeleistung des BHKW aus.

Bei einer Stromkennzahl von 0,5 ist die thermische Leistung des BHKW doppelt so hoch wie die elektrische Leistung.

## 5.6 Geothermie

Geothermie und Umgebungswärme liefern beide Energie in Form von Wärme auf niedrigem bis mittlerem Temperaturniveau, stammen aber aus zwei grundverschiedenen Quellen. Umgebungswärme aus der Luft, Gewässern oder den obersten 15 Metern des Erdbodens ist in Wärme umgewandelte und (zwischen)gespeicherte Sonnenstrahlung. Dabei wird die Wärme im Erdboden über mehrere Monate gespeichert.

Unterhalb von ca. 15 Metern ist die Bodentemperatur konstant und liegt in Deutschland ganzjährig bei ca. 10 °C. Bis zu dieser Tiefe dominiert die Sonneneinstrahlung den Energiefluss. Darunter schließt sich eine mehrere 100 Meter dicke Übergangsschicht an, deren Temperatur und Energieflüsse sowohl von der Sonneneinstrahlung als auch vom geothermischen Energiefluss aus tieferen Gesteinsschichten und dem Erdinneren bestimmt werden.

Damit tiefe, geothermische Wärme genutzt werden kann, müssen zwei Grundvoraussetzungen gegeben sein. Zum einen muss in nicht allzu großer Tiefe eine hinreichend große Temperatur vorherrschen, zum anderen muss die dort vorhandene Wärme mittels eines Wärmeüberträgers einfach an die Oberfläche zu führen sein.

Eine hinreichend hohe Temperatur bedeutet mindestens 65 °C im Fall von Bädern und mindestens 95 °C bei Fern- und Nahwärmenetzen. Soll neben Wärme auch Strom bereitgestellt werden, wird aus technischen Gründen eine Temperatur von mindestens 95 °C benötigt, ein wirtschaftlicher Betrieb ist aber erst ab Temperaturen von 115 °C, je nach Anlage aber auch erst bei noch höheren Temperaturen möglich.

### 5.6.1 Was ist Geothermie und wozu kann sie genutzt werden?

Als Geothermie bezeichnet man sowohl die in der Erdkruste gespeicherte Wärme als auch die Nutzbarmachung dieser Wärme.

Auf Basis der Geothermie können Gebäude geheizt und gekühlt werden. Die Tiefengeothermie kann jedoch auch zur Stromerzeugung genutzt werden.

### 5.6.2 Welche Systeme zur Übertragung der Erdwärme an das Trägermedium kennen Sie?

Horizontale oder vertikale Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren.

### 5.6.3 Worin unterscheiden sich die geothermische Nutzung und der Einsatz von Wärmepumpen?

Während bei der Tiefengeothermie Wärmeenergie von einem Ort höherer Temperatur (Erdkruste in 2–5 km Tiefe) zu einem Ort niedrigerer Temperatur (z. B. Nahwärmenetz) geführt wird, was der natürlichen Wärmeflussrichtung entspricht, wird bei der Anwendung einer Wärmepumpe Wärme von einem Ort niedrigerer Temperatur (Erdreich oder Außenluft) zu einem Ort höherer Temperatur (Heizkreislauf, Warmwasserbereitung oder wärmegetriebene Kälteanlage) geführt. Dies widerspricht der natürlichen Wärmeflussrichtung und bedarf deshalb einer Maschine, die selbst wieder Energie zum Antrieb benötigt. Die Antriebsenergie muss eine höhere Wertigkeit (höheren Exergieanteil) besitzen als die transportierte Wärme. Dies ist z. B. bei Strom der Fall, der zu 100% Exergie, also unbegrenzt in andere Energieformen umwandelbare Energie ist.

Geothermische Projekte können nur dort wirtschaftlich umgesetzt werden, wo ein hinreichend großer und möglichst konstanter Wärmebedarf besteht. Sie müssen zur Versorgung ganzer Siedlungen dienen, möglichst mit Verbrauchern mit ganzjährigem Warmwasserbedarf. Darum können geothermische Projekte auch nur im Zusammenhang mit Stadt- und Siedlungsentwicklungen realisiert werden. Als Betreiber von geothermischen Anlagen kommen Kommunen, Stadtwerke, aber auch private Firmen in Betracht. Hier unterscheiden sich geothermische Anlagen von den Wärmepumpen.

### 5.6.4 Wie kann man feststellen, ob sich ein Grundstück für die Nutzung von Geothermie eignet?

Das Geothermie-Potenzial des Bundesgebietes ist in Karten erfasst und kann für den jeweiligen Standort beim geologischen Dienst des Bundeslandes angefordert werden. Darüber hinaus kann man durch eine Probebohrung und einen »Thermal-Response-Test« die thermische Ergiebigkeit des Erdreichs am Standort messen.

### 5.6.5 Wann spricht man von »thermalen« Gebieten und wo sind sie zu finden?

Die für die geothermische Nutzung benötigte Temperatur muss in nicht allzu großer Tiefe vorliegen. Normalerweise nimmt die Temperatur der Erdkruste um 3 °C pro 100 m Tiefe zu, erreicht also 100 °C in ca. 3.000 m Tiefe. In Gebieten mit geologischen Anomalien, wo Magma-Einschlüsse in der Nähe der Erdoberfläche vorliegen, werden solche hohen Temperaturen jedoch auch schon in geringerer Tiefe erreicht, im Oberrheingraben, dem Zentrum der größten geothermischen Anomalie Mitteleuropas, z. B. schon in 1.000 m Tiefe. Steigt die Temperatur um mehr als 4 °C pro 100 m Tiefe, spricht man von thermalen Gebieten. In einigen davon werden bis zu 90 °C pro 100 m Tiefe gemessen.

### 5.6.6 Nennen Sie die zwei unterschiedlichen Verfahren, mit der die Erdwärme genutzt werden kann.

Die Wärme kann mit zwei verschiedenen Verfahren aus großer Tiefe an die Oberfläche gebracht werden. Beim hydrothermalen Verfahren, das bei Wasser führenden Schichten zum Einsatz kommt, wird heißes Wasser an die Oberfläche gepumpt. Es durchläuft dort einen Wärmetauscher und gibt darin die Wärme an einen oberirdischen Wärmekreislauf, z. B. ein Nahwärmenetz, ab, bevor es wieder durch eine zweite Bohrung in den Untergrund zurückgeführt wird.

Beim Hot-Dry-Rock Verfahren (auch: enhanced geothermal systems, EGS) werden im Untergrund zunächst durch Einleitung von kaltem Wasser eine Vielzahl feiner Risse gesprengt, durch die Wasser fein verteilt strömen kann. Dabei kann das Wasser sehr gut die Wärme des Gesteins aufnehmen. Das System feiner Risse bildet einen künstlichen unterirdischen Wärmetauscher. Ist dieser geschaffen, wird auch hier Wasser im Betrieb im Kreislauf geführt, d. h. über eine Bohrung entnommen und über eine zweite wieder in der Tiefe verpresst. Das Wasser stammt aber nicht wie beim hydrothermalen Verfahren ursprünglich aus der Tiefe, sondern von der Oberfläche.

### **5.6.7 In Verbindung mit welchen Heizsystemen ist die Geothermie besonders gut einsetzbar?**

Die Nutzung der Geothermie eignet sich besonders für Niedertemperatur-Heizsysteme, da diese keine hohen Vorlauftemperaturen benötigen. Zu den Niedertemperatursystemen zählen unter anderem die Fußboden-, Wand- und Deckenheizungen.

### **5.6.8 Ab welcher Temperatur ist eine Nutzung der Erdwärme ohne Wärmepumpe möglich?**

Ist die Temperatur des geförderten Wassers für die vorgesehene Anwendung nicht ausreichend hoch, kann diese mittels einer Wärmepumpe, d. h. heißt allerdings auch durch Zuführung von Energie in Form von Strom, weiter angehoben werden (s. Kapitel »Wärmepumpen«). Für die hydrothermale Wärmeversorgung ohne Wärmepumpe sind Mindesttemperaturen des Tiefengrundwassers von ca. 70 °C erforderlich. Bei der hydrothermalen Stromerzeugung liegt die Mindesttemperatur bei 95 °C, ein wirtschaftlicher Betrieb ist i. d. R. aber erst ab einer Temperatur von 115 °C oder darüber möglich.

### **5.6.9 Was spricht in Deutschland gegen eine breite Nutzung der Erdwärme?**

Das Gesamtpotenzial geothermischer Energie in Deutschland übersteigt den deutschen Energiebedarf um ein Vielfaches: Das 600fache des deutschen Jahresstromverbrauchs ließe sich durch geothermische Kraftwerke decken. Davon entfallen nur 1% auf Heißwasser-Aquifere; aus diesen allein könnte das Fünffache des deutschen Jahresstromverbrauchs gedeckt werden. Die dabei mit bereit gestellte Wärme betrüge noch einmal das 10–20fache davon.

Allerdings könnte diese Wärmemenge nur in den wenigsten Fällen genutzt werden, da solch eine Nutzung die Existenz von Nah- oder Fernwärmenetzen voraussetzt, die nur in dichteren Siedlungen wirtschaftlich betrieben werden können. Würden alle derzeit existierenden Fernwärmenetze nur noch mit geothermischer Wärme versorgt, könnte begleitend Strom erzeugt werden, der 2% des deutschen Stromverbrauchs entspricht.

## 5.7 Wärmepumpen

Die Wärmepumpe ist eine Maschine, die Wärme von einem niedrigen Temperaturniveau unter Aufwand von Arbeit auf ein höheres Temperaturniveau transportiert.

Es gibt verschiedene physikalische Effekte, die in einer Wärmepumpe Verwendung finden können. Die wichtigsten sind:

- die Verdampfungswärme bei Wechsel des Aggregatzustandes (flüssig/gasförmig)
- die Reaktionswärme bei Mischung zweier verschiedener Stoffe
- die Temperaturabsenkung bei der Expansion eines (nicht idealen) Gases.

Weiteste Verbreitung findet die Wärmepumpe innerhalb von Kühl- und Gefriergeräten. Wärmepumpen werden jedoch auch zur Gebäudeheizung, Warmwasserbereitung und bei den verschiedensten industriellen Verfahren eingesetzt. Bei der Wärmepumpenheizung wird die Wärme von einem äußeren Medium unter Energieaufwand ins Innere des Gebäudes gepumpt.

### 5.7.1 Was wird im Zusammenhang mit Wärmepumpen unter monovalentem Betrieb verstanden?

Beim monovalenten Betrieb fungiert die Wärmepumpe allein als Wärmeerzeuger, beim bivalenten System in Kombination mit einem konventionellen Heizkessel.

### 5.7.2 Was sind die wichtigsten Bestandteile einer Wärmepumpenheizung?

Eine Wärmepumpenheizung besteht hauptsächlich aus der Anlage zur Nutzung der Wärmequelle (z. B. der Erdwärmesonde bzw. dem Erdwärmekollektor), der Wärmepumpe zur Übertragung der Wärme sowie dem Verteilernetz und einem Zwischenspeicher in Form eines Warmwassertanks.

### 5.7.3 Wie ist die Funktionsweise einer Wärmepumpe?

Bei der Wärmepumpe kommt das umgekehrte Kältschrankprinzip zur Anwendung. Dabei wird ein ungiftiges Kühlmittel entweder in eine Tiefsonde oder einen Flächenkollektor, der unterhalb der typischen Bodenfrosttiefe verlegt wird, zur Wärmeaufnahme gepumpt. Dabei werden 60–75% der benötigten Energie aufgenommen, um das Haus zu heizen und Warmwasser zu gewinnen. Die anderen 25–40% der Energie entfallen auf den Kompressor und die Pumpe, die für den Kühlmittelkreislauf nötig sind.

### 5.7.4 Wann ist die Energiebilanz einer Wärmepumpe negativ und wann ist sie positiv?

Mithin muss man die von einer Wärmepumpe bereit gestellte Wärmeenergie nicht mit der für deren Betrieb benötigten elektrischen Energie vergleichen, sondern mit der für deren Bereitstellung benötigten Primärenergie, d. h. etwa dem dreifachen der benötigten elektrischen Energie. Ist nun die Leistungszahl kleiner als drei, wird unter dem Strich durch die Wärmepumpe (auf dem Umweg über die Stromerzeugung in Großkraftwerken) mehr konventionelle Primärenergie benötigt, als erneuerbare Nutzenergie bereit gestellt wird. Die Wärmepumpe hat dann keine positive Energiebilanz mehr und spart kein CO<sub>2</sub> im Vergleich zu einer konventionellen Öl- oder Gasheizung ein.

Die Primärenergiebilanz einer Wärmepumpe ist nur dann immer positiv, auch bei kleinen Leistungszahlen, wenn der Strom für ihren Antrieb vollständig aus Erneuerbaren Energiequellen bereit gestellt wird, etwa, wenn der Gebäudebesitzer den regenerativen Strom von einem Stromversorger bezieht, der diesen nur aus erneuerbaren Quellen produziert.

### 5.7.5 Wann arbeiten Wärmepumpen besonders effizient?

Wärmepumpen arbeiten am effizientesten, wenn kein zu großer Temperaturunterschied überbrückt werden muss, also die Temperatur der Wärmequelle möglichst hoch und die Temperatur des Wärmeabnehmers, der Warmwasserbereitung oder des Heizkreislaufs, möglichst niedrig ist. Darum sind Wärmepumpen effizienter, wenn sie die Wärme aus dem Boden beziehen statt aus der Luft, da der Boden in der Heizperiode deutlich wärmer ist als die Außenluft. Am anderen Ende, bei der Heizung, sind Fußboden- oder Wandflächenheizungen von Vorteil, da sie niedrige Vorlauftemperaturen haben.

### 5.7.6 Wie wird die Leistungszahl einer Wärmepumpe ermittelt? Und welche Leistungszahlen werden in der Regel erreicht?

Die Leistungszahl oder COP wird in ähnlicher Weise wie der Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen durch den 2. Hauptsatz der Thermodynamik begrenzt:

$$COP_{\max} = \frac{T_{\text{hoch}}}{(T_{\text{hoch}} - T_{\text{tief}})}$$

Will man z. B. mit Wärme aus 10 °C warmem Erdreich eine Niedrigtemperaturheizung mit 40 °C betreiben, ist die maximale Leistungszahl 10,4. Will man stattdessen mit Wärme aus der Außenluft bei 0 °C eine Warmwasserbereitung bei 60 °C versorgen, ist die maximale Leistungszahl nur 5,55!

Genau wie die Wirkungsgrade bei Wärmekraftmaschinen liegen auch bei Wärmepumpen die technisch erreichbaren Leistungszahlen immer unter den physikalischen Grenzen. Wichtig ist: eine Leistungszahl gilt immer nur für einen bestimmten unteren und oberen Temperaturwert. Ändern sich diese, ändert sich auch die Leistungszahl.

### 5.7.7 Was muss bei der Genehmigung von Wärmepumpen berücksichtigt werden?

Im Fall von Erdwärmepumpen ist zu klären, ob die Genehmigung der Bohrung erforderlich ist. Liegt das Grundstück in einem Wasserschutzgebiet der Zone I oder II, darf keine Bohrung stattfinden. In Schutzzone III sind unter bestimmten Bedingungen Ausnahmen möglich. Außerhalb von Wasserschutzgebieten ist zu klären, ob es am Standort Mineralwasservorkommen oder gar Heilquellen gibt. Zu Vermeiden sind Bohrungen, die mehrere Grundwasser leitende Schichten, so genannte Grundwasserstockwerke, durchqueren, da die zur Vermischung von Grundwasser aus unterschiedlichen Schichten und zu Verunreinigungen führen kann. Diese Fragen sind mit der Wasserschutzbehörde zu klären.

Unterhalb von 100 Metern Tiefe gilt das Bergrecht und es ist eine Genehmigung durch das Bergamt erforderlich.

### 5.7.8 Was muss bei der ökologischen Betrachtung von Wärmepumpen noch berücksichtigt werden?

Für die Klimarelevanz von Wärmepumpen ist nicht allein die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Bedeutung. Viel gravierender schlägt zu Buche, dass Wärmepumpen mit Wärmeüberträgerflüssigkeiten oder -gasen (andere Bezeichnung: Kältemittel, da Wärmepumpen und Kälteanlagen wie schon gesagt identisch sind) arbeiten, die teilweise eine wesentlich stärker schädigende Wirkung auf das Klima haben, als CO<sub>2</sub>. Tritt durch kleine Lecks ein Teil dieser Flüssigkeit aus, kann die gesamte CO<sub>2</sub>-Reduktion durch die Wärmepumpe zunichte gemacht werden.

Um den Effekt der eingesetzten Kältemittel zu beurteilen, wird das globale Erwärmungspotenzial (global warming potential, GWP) im Vergleich zu CO<sub>2</sub> angegeben. Da verdunstete Kältemittel unterschiedlich lange in der Atmosphäre verbleiben, wird oft noch präzisiert, über welchen Zeitraum die schädigende Wirkung betrachtet werden soll. Der Wert GWP100 gibt z. B. an, wie stark eine Substanz im Vergleich zu CO<sub>2</sub> das Klima über einen Zeitraum von 100 Jahren schädigt. Das FCKW R12 hat z. B. ein GWP100 von 8.500, das natürliche Kältemittel Propan einen GWP100 von 3, Ammoniak von 0 und CO<sub>2</sub> von 1.

### **5.7.9 Was müssen Sie beim Einsatz von Wärmepumpen bei der Altbausanierung berücksichtigen und wo sehen Sie Schwierigkeiten?**

Gängige Wärmepumpen stellen Wärme bei einer Temperatur von bis zu 65 °C bereit. Die Temperatur in Heizkreisen der Gebäude kann nur dann abgesenkt werden, wenn das Gebäude im Zuge der Sanierung eine gute Wärmedämmung und effizientere Heizkörper erhält. Dabei sind Temperaturen von ca. 40 °C möglich. Für die Bereitung von Warmwasser muss aus hygienischen Gründen jedoch eine Mindesttemperatur von 60 °C erreicht werden. Hier zeichnet sich eine Entwicklung ab, bei der Warmwasserbereitung und Heizung getrennt werden, wenn Wärmepumpen zum Einsatz kommen (das gleiche gilt für solarthermische Anlagen).

---

## 6 Passive Solarenergienutzung im Altbau

### 6.1 Allgemeines

Der Einfluss von Sonne und Klima auf die Entwicklung von ländlichen Hausformen war zu verschiedenen Zeiten unterschiedlich stark, hat aber erst im letzten Jahrhundert aufgrund der Verfügbarkeit billiger Energiequellen sehr abgenommen.

Die regionalen Ausprägungen sind neben dem bestimmenden Einfluss der Kultur und Bautradition der jeweiligen Volksgruppen natürlich abhängig vom regionalen Klima, aber auch von den lokal vorhandenen Baustoffen, von diversen wirtschaftlichen Faktoren und anderem mehr.

Inzwischen sind Veränderungen des Klimas auf der Erde feststellbar, die von niemandem mehr geleugnet werden können. Wie bei der Energiekrise 1973 sind es immer erst die von jedermann wahrnehmbaren Folgen, die ein gesellschaftliches und politisches Umdenken in Gang bringen. Schon vor der Energiekrise wurde auf die Gefährlichkeit der weltweit zunehmenden Kohlendioxidkonzentration und des Treibhauseffektes, verbunden mit globaler Temperaturerhöhung und Klimaveränderung, hingewiesen. Dies konnte jedoch bisher nichts an der stark steigenden Zunahme des Kohlendioxidgehalts der Erdatmosphäre verändern.

Solares Bauen ist keine Erfindung der Neuzeit, sondern vielmehr eine Wiederentdeckung traditioneller Bauformen, die bis in die Antike zurückreichen.

Zirka die Hälfte der weltweit eingesetzten Energie (und des damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes) wird in Gebäuden verbraucht – energieoptimiertes Bauen bedeutet also zugleich auch ökologisches Bauen. Neben einem hohen Einsparungspotenzial durch die Reduzierung des Heizenergiebedarfes steht auch das Nutzenergieniveau der eingesetzten Energieträger zur Diskussion.

Dem Planer/der Planerin sollten die Zusammenhänge und Auswirkungen dieser Maßnahmen bewusst sein, um im konkreten Fall entscheiden zu können, welche Maßnahmen möglich und sinnvoll sind. Maßnahmen im Vorfeld der Errichtung (oder auch Sanierung) eines Gebäudes betreffen das Kleinklima und die Lage, die Raum- und Bebauungsplanung und in weiterer Folge die Entscheidung, ob ein Gebäude/eine Bebauung »gewinnmaximierend« (d. h. mit einem möglichst hohen Anteil an südseitig orientierten Flächen zur Nutzung der Sonnenenergie) oder »verlustminimierend« (d. h. unter Bedacht auf eine möglichst kompakte Bauweise und dadurch sehr geringe Wärmeverluste durch die Gebäudehülle) angelegt wird. Sind diese grundlegenden Entscheidungen getroffen, können in Abhängigkeit davon nachfolgend weitere Maßnahmen gesetzt werden. Dazu zählen sämtliche Systeme zur passiven Nutzung der Solarenergie, eine entsprechende Wärmedämmung bzw. Wärmespeichermasse sowie alle haustechnischen Installationen zur umweltfreundlichen Energiegewinnung.

## 6.2 Fragen zum Themenbereich »Passive Solarenergienutzung im Altbau«

### 6.2.1 Bei der energetischen Sanierung von Altbauten stellt sich häufig im innerstädtischen Bereich die Frage, ob eine passive Nutzung der Sonnenenergie auch in verdichteten Bauformen nachträglich noch möglich ist?

Gerade bei Sanierungsprojekten sollten auch in innerstädtischen Bereichen das Grundrisskonzept und die Fenstergröße nebst Ausrichtung auf die passive Solarenergienutzung abgestimmt werden. (Fenstervergrößerungen, Zusammenlegung von Räumen etc.)

### 6.2.2 Alte Bauernhausformen in Mitteleuropa waren meist nach dem Hüllensprinzip konzeptioniert. Wie lässt sich dieses Prinzip beschreiben?

Im Kern des Hauses befinden sich die beheizten Räume, nach außen hin ordnen sich Räume mit zunehmend niedrigerem Wärmebedarf an.

### 6.2.3 Solares Bauen fußt auf einer Reihe von aufeinander aufbauenden Überlegungen und Entscheidungen. Welche wesentliche Entscheidung sollte zu Beginn getroffen werden?

Bei der Konzeptionierung muss entschieden werden, ob beim Gebäudeentwurf eine verlustminimierende oder eine gewinnmaximierende Strategie verfolgt werden soll.

### 6.2.4 Was sollte bei einer verlustminimierenden Sanierungsstrategie beachtet werden?

Die Sanierung sollte mit Bedacht auf eine möglichst kompakte Bauweise und damit verbunden geringen Wärmeverlusten durch die Gebäudehülle durchgeführt werden, z. B. durch nachträgliche Verglasung von Loggien, Entfernen von ungenutzten Balkonen.

### 6.2.5 Worauf zielt eine gewinnmaximierende Sanierungsstrategie ab

Eine gewinnmaximierende Strategie zielt auf die Nutzung der einstrahlenden Sonnenenergie ab. Um dies zu bewerkstelligen sollte ein möglichst hoher Anteil an transparenten südorientierten Flächen geplant werden, z. B. durch eine Vergrößerung der vorhandenen Fensteröffnung mit Südausrichtung, jedoch immer unter Berücksichtigung des sommerlichen Wärmeschutzes.

### **6.2.6 Was sind die wesentlichen Aspekte der passiven Solarenergienutzung im Altbau?**

Bezogen auf die Verringerung klimaschädlicher Emissionen ist die passive Nutzung der Sonnenenergie von großer Bedeutung. Um das Energieeinsparpotenzial der Sonnenenergie sinnvoll nutzen zu können, sollte der Dämmstandard des Gebäudes überprüft und gegebenenfalls verbessert werden. Dazu gehören auch die Entschärfung von Wärmebrücken und die Verbesserung der Luftdichtheit.

### **6.2.7 Welche energetische Bedeutung hat die Anordnung von Fenstern auch im Altbau?**

Fenster aus Glas lassen Licht hindurch, Wärmestrahlung und UV-Strahlung jedoch nur in begrenztem Maße. Diese selektiven Eigenschaften führen dazu, dass Räume mit Fenstern die einfachsten Fälle von Solarkollektoren sind: Jede dunkle Oberfläche im Zimmer wandelt Licht in Wärme um, die Glasscheiben des Fensters lassen Lichtstrahlung eindringen, sind aber für Wärmestrahlung quasi undurchsichtig, und die Wände des Zimmers reduzieren Wärmeverluste nach außen.

Fenster leisten damit einen Beitrag zur Erwärmung von Räumen und darüber hinaus zur Tageslichtversorgung. Beides ist bei der Energiebilanz eines Hauses zu berücksichtigen. Im Fall von Bürogebäuden ist jedoch der Energieeintrag durch Fenster oft so groß, dass Räume entweder wieder abgedunkelt oder mit großem Energieaufwand gekühlt werden müssen. Auch in sanierten Wohngebäuden mit hohem Dämmstandard und großen nach Süden ausgerichteten Fenstern kommt es im Sommer häufig zu Überhitzung, besonders da gut gedämmte Gebäude nachts nur wenig auskühlen. In beiden Fällen kann also eine Verschattung zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes sinnvoll sein.

Eine intelligente Solararchitektur gestaltet Fenster, Blendschutz und Jalousien in Gebäuden bei Sanierungsmaßnahmen so, dass möglichst genau so viel Licht hereinfällt, dass künstliche Beleuchtung nur minimal benötigt wird, sich der Raum aber dabei, außer bei großer Außenkälte, möglichst wenig aufheizt. Diese Optimierung ist nicht trivial und setzt komplexe Auslegungsberechnungen voraus.

Wie oben beschrieben, sind bereits Räume mit Fenstern schon eine Form von Solarkollektoren. Der Wärmeüberträger entfällt in diesem Fall, da ein Raum als Solarkollektor zugleich der Ort ist, an dem die gesammelte Wärme genutzt wird. Anlagen, die dieser einfachen Form am nächsten kommen sind Solarluftkollektoren zur Fruchttrocknung, wie sie in Ländern des Südens eingesetzt werden.

### **6.2.8 Als Planer für Bauökologie wirken Sie bei der Detailplanung und Ausschreibung für die Erweiterung eines Altbaus mit (Außenbauteile in Leichtbaukonstruktion mit Passivhausqualität). Worauf sollten Sie besonders achten?**

Ein Passivhaus ist darauf ausgelegt, über große nach Süden ausgerichtete Fenster Sonnenenergie einzufangen. Bei falscher Planung führt dieses Konzept oft schon in den Übergangsmo­naten im Frühjahr und im Herbst zu Überhitzung. Wichtig ist hier im Verhältnis zur Fenstergröße ausreichende Speichermasse einzuplanen und für einen Sonnenschutz zu sorgen. Außenliegende Verschattungssysteme sind dabei effektiver als innenliegende.

### **6.2.9 Ein Auftraggeber will einen beheizten Wintergarten. Was raten Sie ihm?**

Ein Wintergarten sollte als Pufferzone für die beheizten Räume dienen und somit unbeheizt sein. Damit es im Wintergarten nicht zu großen Temperaturschwankungen kommt, ist in Abstimmung mit den Klimadaten eine genaue Dimensionierung der Fenstergrößen, der Speichermassen, der Art der Verglasung bzw. des Sonnenschutzes notwendig. Ein beheizter Wintergarten ist aufgrund der großen Verglasungsanteile energetisch nicht ratsam, darauf sollte der Bauherr hingewiesen werden.

### **6.2.10 Der Beratungsempfänger besitzt ein beheiztes, nicht überdachtes Schwimmbad im Garten. Im Zuge der Heizungssanierung soll für die Schwimmbadbeheizung eine neue Lösung gefunden werden. Was schlagen Sie vor?**

Nach der energetischen Sanierung des Hauses soll auch eine neue kleinere Heizungsanlage eingebaut werden. Eine Möglichkeit wären Schwimmbadabsorber, schwarze Kunststoffmatten, durch die Schwimmbadwasser zirkuliert. Diese Kollektoren sind nicht gedämmt und können darum Wasser nur auf eine vergleichsweise geringe Temperatur erwärmen. Dies spielt bei der Schwimmbaderwärmung aber keine Rolle, da die Beckentemperatur nicht wesentlich über 25 °C gebracht werden muss. Schwimmbadabsorber sind wegen ihrer einfachen Bauform sehr kostengünstig und mit allen fossilen Energiequellen schon seit Mitte der 90er Jahre wirtschaftlich konkurrenzfähig.

### **6.2.11 Eine typische Wohnanlage aus den 60er Jahren soll saniert werden, einige Miteigentümer sind gegen eine thermische Sanierung und Loggienverglasungen. Wie argumentieren Sie?**

- Eine thermische Sanierung führt zu einer größeren Behaglichkeit der Wohnräume durch höhere Temperaturen der Außenwände. Es gibt weniger Zugerscheinungen und auch niedrigere Raumtemperaturen werden bereits als angenehm empfunden.
- Die Verglasung der Loggien führt dazu, dass sie länger nutzbar sind, vor allem auch in den Übergangszeiten, die ja einen großen Teil des Jahres ausmachen. Zusätzlich kann über die Verglasung Solarenergie genutzt werden. Die Räume werden also wärmer oder brauchen weniger Heizenergie.
- Das A/V-Verhältnis verbessert sich, die sogenannten Kühlrippen werden entschärft.
- Durch den Einbau besserer Fenster wird der Kaltluftabfall vor den Fensterflächen vermindert und führt ebenfalls zu höherer Behaglichkeit und Energieeinsparungen.
- Durch die Einsparung von Heizenergie und solare Wärmegewinne werden Kosten gesenkt und damit ist die Investition mittel- und langfristig auch wirtschaftlich. Je geringer die Energiekosten, umso unabhängiger ist der Wohnungseigentümer von der zukünftigen Entwicklung der Energiepreise.
- Die Maßnahme führt zu einer Reduktion von Schadstoffemissionen und ist deshalb auch in ökologischer und volkswirtschaftlicher Hinsicht sinnvoll.

### **6.2.12 In einem innerstädtischen denkmalgeschützten Palais ist ein Zeitungsverlag untergebracht. In den Büros und den darüber liegenden Wohnungen die an den Innenhof grenzen, steigt die Temperatur im Sommer auf über 35 °C. Welche Maßnahmen schlagen Sie vor?**

- Hier ist Sonnenschutz vor den Fenstern, möglichst außen liegend, notwendig sofern dieses mit dem Denkmalschutz vereinbar ist.
- Verbesserung der Verglasung mit einem U-Wert kleiner 1,1 W / m<sup>2</sup>K
- Möglichkeiten der (Außen- oder) Innendämmung der Wand z. B. mit Calciumsilikat-Platten prüfen
- Einbau einer dezentralen mechanischen Abluftanlage
- Zuluft möglichst über die kühleren Räume
- Entsiegelung und Bepflanzung des Innenhofs, um die Aufheizung zu reduzieren.

### 6.2.13 Sie konzipieren einen Dachausbau im städtischen Bereich. Welche 5 Maßnahmen zur Sommertauglichkeit schlagen Sie vor?

- Wärmedämmung der Dachflächen und Außenwände unter Berücksichtigung des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 für sogenannte »kritische Räume«. Kritische Räume sind nach DIN 4108-2 Räume, die besonders stark der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, dabei wirken sich z. B. große süd- oder westorientierte Fensterflächen, geringe Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile (z. B. in Dachflächen) und mangelnde Möglichkeit der Nachtlüftung ungünstig aus.
- Eckräume mit mehreren Fassaden sind besonders problematisch.
- Geschickte Anordnung der Verglasung (Orientierung und Neigung), um eine sommerliche Überhitzung einzuschränken.
- Speichermassen im Inneren des Gebäudes sollten einen Puffer für Wärmespitzen bieten.
- Möglichkeit zur Querlüftung sollte vorgesehen werden.
- Außenliegende Verschattung bei Fenstern.

### 6.2.14 Welche Faktoren nehmen Einfluss auf das A/V-Verhältnis?

- Fassadengliederungen durch Dachgauben, Nischen etc.
- Grundrissformen und Dächer (Winkelbungalow).

---

## 7 Wärmebrücken, Luft- und Winddichtheit, Baustoffe, Konstruktionen

### 7.1 Allgemeines

Gebäude benötigen für ihre Erstellung, Instandhaltung, Sanierung und Entsorgung erhebliche Energiemengen und Umwelt-Ressourcen. Der Bedarf an Rohstoffen und Energie sowie die Umweltbelastung werden im heutigen Bauprozess erst in Ansätzen berücksichtigt.

Die Gebäude belasten damit die Ökobilanz jedes Durchschnittsbürgers erheblich. In besonderem Maße entscheidet die Art des Heizsystems bzw. die Wahl des Energieträgers über die Nutzung ökologischer Ressourcen. Der wachsende Trend zur Senkung der Transmissionswärmeverluste bei Gebäuden lässt den Stellenwert der Gebäudekonstruktion und deren ökologischen Einfluss auf die Gebäudegesamtbilanz aber immer stärker in den Vordergrund treten.

Der bundesweite Trend nach qualitativ hochwertigen, hygienischen und ökologisch nachhaltigen Gebäuden lässt sich auch in mittelfristigen Prognosen ablesen, die folgende Änderungen der Randbedingungen für das Bauwesen prognostizieren:

- Wandel der gesellschaftlichen Wertvorstellungen
- ökologische Anforderungen werden zum umfassenden gesellschaftlichen Anliegen
- Gesunde Wohn- und Aufenthaltsbedingungen in Gebäuden werden als wichtiges Qualitätskriterium von Baumaterialien und -elementen erwartet und vorausgesetzt.

Dieser Trend setzt sich auch in der Altbausanierung fort. Während der Vorteil einer energetischen Optimierung eines bestehenden Gebäudes häufig im geringeren Materialverbrauch und der schon vorhandenen Infrastruktur liegt, sind die Schwierigkeiten eher im Detail zu finden.

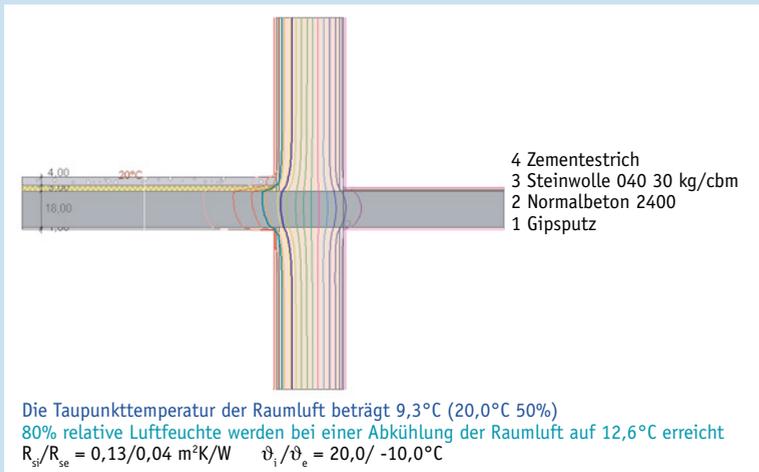
### 7.2 Wärmebrücken

Grundsätzlich sollte die wärmedämmende Hülle die beheizten Gebäudeteile vollkommen lückenlos umschließen, so dass man in jedem beliebigen Gebäudeschnitt mit einem Stift eine durchgängige Linie der Dämmung um die gesamten beheizten Gebäudeteile ziehen kann. Die Dämmwirkung sollte dabei nach Möglichkeit überall sehr gut sein.

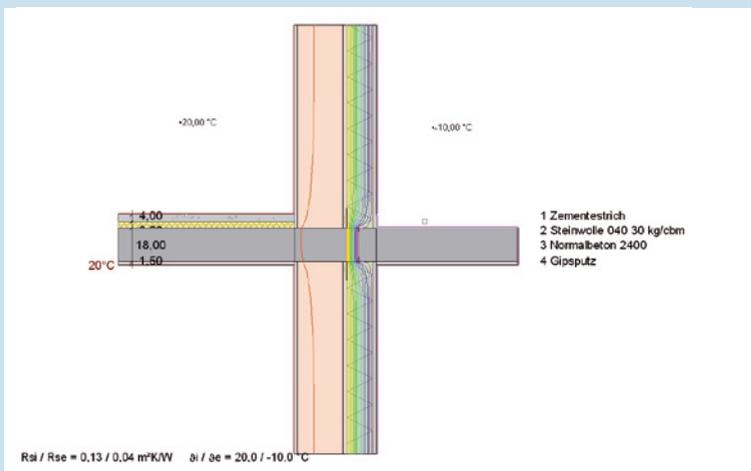
In der Altbausanierung ist eine nachträgliche Entschärfung aller vorhandenen Wärmebrücken jedoch oft nur mit großem Aufwand oder teilweise gar nicht möglich.

Die »klassische« Wärmebrücke im Hochbau ist aufgrund ihrer massiven thermischen Auswirkung die durchlaufende Betonplatte. Die Berechnungen für eine die Dämmung durchdringende Geschossdecke ergeben bei einer Wandqualität von  $U=0,154 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  einen Wärmeabfluss pro Meter Balkonlänge, wie er für 3–4  $\text{m}^2$  ungestörter Wand gegeben ist; damit kommen auf die Balkonlänge Verluste hinzu, die den Transmissionsverlusten der Wand über mehr als einer Geschosshöhe entsprechen!

Für Altbauten nach der Sanierung mit einem U-Wert von etwa  $0,24 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$  entspricht der zusätzliche Verlust pro Meter Balkon dem von etwa  $2 \text{ m}^2$  Wand.



**Abb. 7-1a** (Quelle: ecobau24 für Planer, Öko-Zentrum NRW)



**Abb. 7-1b** (Quelle: ecobau24 für Planer, Öko-Zentrum NRW)

### **7.2.1 Eine Durchdringung der dämmenden Hülle durch Bauteile kann nicht vermieden werden. Welche Maßnahmen zur Verringerung der Wärmebrückenwirkung können eingesetzt werden?**

- thermische Trennung von dämmender Hülle und durchstoßendem Bauteil mit hochwertigem Material
- Verwendung von Materialien mit möglichst geringer Wärmeleitfähigkeit für das durchstoßende Bauteil.

### **7.2.2 Die »Umhüllungsregel« besagt, dass ein durchstoßendes Bauteil über den Durchstoßungspunkt hinaus »umdämmt« werden kann. In welchem Bauaufgabengebiet kommt diese Regel hauptsächlich zur Anwendung?**

Diese »Umhüllungsregel« (oder auch »Rollkragenprinzip«) findet hauptsächlich Anwendung in der Altbausanierung, z. B. bei Balkonplatten.

### **7.2.3 Geben Sie Beispiele zur Vermeidung von Wärmebrücken in der Altbausanierung an.**

- Der Anschluss eines Fensters an die Außenwandkonstruktion – optimalerweise liegt das Fenster immer in der Ebene der Außenwanddämmung. Die Blendrahmen sollten bei einer nachträglichen Wärmedämmung mit überdämmt werden.
- Auch bei unbeheizten Kellern sollte die Wärmedämmung über den Sockel hinaus gezogen werden.

### **7.2.4 Wie sind punktförmige Wärmebrücken bei der Sanierung eines Altbaus zum Passivhaus zu beurteilen?**

Die Wärmeverluste punktförmiger Wärmebrücken können bei einer Sanierung eines bestehenden Gebäudes in der Regel vernachlässigt werden. Es ist jedoch zu prüfen, ob an den punktförmigen Wärmebrücken der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 (Vermeidung von Kondensat auf der Bauteiloberfläche) eingehalten ist.



## 7.3 Luftdichtheit und Winddichtheit

Ziel der luftdichten Gebäudehülle ist es, einen unkontrollierten Luftwechsel zu vermeiden und gleichzeitig zu gewährleisten, dass keine warme, feuchte Raumluft in die Bauteilkonstruktionen eindringt und dort kondensiert.

Die winddichte Bauweise bewirkt, dass die Wärmedämmung nicht durch Windströmung von außen ausgekühlt wird.

Durch eine luftdichte Gebäudehülle ergeben sich, entgegen vielfacher Befürchtungen von Bauherren, keine Nachteile, da frische Luft immer durch die Wohnungslüftung gewährleistet ist. Fragen bzw. Ängste von Kunden wie »Können hochgedämmte abgedichtete Wände nicht mehr atmen?« und »Ist durch die luftdichte Ausführung alles dicht und wir bekommen nicht genug Luft?« können leicht erklärt bzw. zerstreut werden (nach W. Feist):

Luftdichte und gedämmte Wände »atmen« nicht mehr und nicht weniger als andere Wände: Gemeint ist hier die Fähigkeit, Feuchtigkeit nach außen abzuleiten. Die Abdichtung und Dämmung mit den meist üblichen Stoffen behindert diese Funktion nicht, weil diese Stoffe für die Dampfdiffusion relativ offen sind. Die Bedeutung des Feuchtetransports durch die Wände ist aber ohnehin nur sehr gering: Der überwiegende Teil der in der Wohnung entstehenden Feuchtigkeit wird durch den Luftaustausch nach außen gebracht (94–99%).

Herkömmliche Dampfbremsen und Winddichtungen sind nicht völlig difusionsdicht – jedenfalls nicht wesentlicher dichter als herkömmliches, verputztes Mauerwerk. Gewöhnliche Wände sind schon immer so dicht, dass der Luftaustausch durch die Wand für gesunde Raumluft bei weitem unzureichend wäre. Schon immer wird die Lüfterneuerung durch die Raumlüftung bewirkt, früher durch oft unangenehmen Zug durch Ritzen und Fugen, später durch geöffnete Fenster und heute durch kontrollierten Luftaustausch mittels Lüftungsanlage.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch ein gesteigertes Problembewusstsein bezüglich Luftdichte die zukünftigen Anforderungen an die Gebäudehülle von Massiv- und Holzhausbauten mit Fensterlüftung bei sorgfältiger Planung und Ausführungsqualität mit konventionellen Konstruktionsausführungen erfüllt werden können.

Aus der Praxis von Architekten, Baumeistern und Zimmerleuten, die bereits auf einen luftdichten Aufbau Wert legen, ist bekannt, dass die Mehrkosten gering sind. Schließlich wird nicht mehr als eine sorgfältige, normgerechte Bauausführung gefordert.

### 7.3.1 Welche Auswirkungen hat die unzureichende Winddichtung einer Bauteilkonstruktion?

Durch die Hinterspülung mit kalter Luft wird die Dämmwirkung der Wärmedämmung beeinträchtigt.

### 7.3.2 Welche Auswirkungen haben Luftundichtheiten in der Gebäudehülle?

Abhängig von klimatischen Rahmenbedingungen kann es zu Luftströmungen durch die Konstruktion hindurch kommen. Warme, mit Feuchtigkeit angereicherte Luft tritt durch die Konstruktion nach außen und kühlt dabei ab. Die Feuchte kann unter bestimmten klimatischen Rahmenbedingungen nicht mehr in der Luft gehalten werden, fällt als Kondensat aus und kann die Ursache für gravierende Bauschäden sein.

*Achtung:* Die Wasserdampfdiffusion (die Bewegung der Wasserdampfmoleküle von innen nach außen) ist *keine* Luftströmung.

### 7.3.3 Bitte erläutern Sie, wo sich innerhalb eines Bauteils die Luft- und wo die Winddichtungsebene befinden muss.

- Die Luftdichtungsebene befindet sich auf der Innenseite des Außenbauteils.
- Die Winddichtungsebene befindet sich auf der Außenseite des Außenbauteils.

### 7.3.4 Welche wesentlichen konstruktiven Aspekte müssen bei der Planung eines Luft- und Winddichtheitskonzeptes berücksichtigt werden?

- Die luftdichte Ebene auf der Innenseite und die winddichte Ebene auf der Außenseite der Bauteile sollten bei der Darstellung im Schnitt und in den Grundrissen eine geschlossene Linie ergeben.
- Der Umgang mit vorhandenen Durchdringungen muss bereits in der Planung berücksichtigt werden, um gegebenenfalls mit den ausführenden Unternehmen rechtzeitig die notwendigen Detaillösungen zu besprechen.

### 7.3.5 Wofür steht der $n_{50}$ -Kennwert?

Der  $n_{50}$ -Kennwert wird üblicherweise durch eine Luftdichtigkeitsmessung (»Blower-Door«) ermittelt. Zur Durchführung einer Luftdichtigkeitsmessung wird ein Ventilator in eine Tür- oder Fensteröffnung luftdicht eingebaut. Die Drehzahl wird nunmehr solange erhöht, bis eine Druckdifferenz von 50 Pa erreicht ist. Der entsprechende Luftvolumenstrom wird in einen Luftwechsel umgerechnet, den  $n_{50}$ -Kennwert.

Der  $n_{50}$ -Kennwert gibt pauschal für das gesamte Gebäude bzw. eine Wohnung die Luftdurchlässigkeit an. Über die Verteilung und die Größe der einzelnen Leckagen gibt er keine Auskunft.

### 7.3.6 Welche Baumaterialien eignen sich als Luftdichtung?

- Holzwerkstoff-Platten mit verklebten Fugen, z. B. OSB-Platten
- Aluminiumfolien (0,05 mm dick,  $s_d$ -Wert > 1.500 m)
- Polyäthylenfolien (PAE bzw. PE) sollten mindestens 0,15 mm dick sein ( $s_d$ -Wert > 15 m)
- Beschichtete oder imprägnierte Kraftpapiere und Pappen mit oder ohne Fasergewebebewehrung ( $s_d$ -Wert > 5 bis 10 m)
- Putz
- Betonplatten.

### 7.3.7 Zur winddichten Ausbildung von Anschlüssen an Holzkonstruktionen kann folgendes Material eingesetzt werden:

- Dauerelastische Verfugungen (Kompribänder, Weichschaum o. ä.)
- Holzweichfaser-Platten mit Nut- und Federverbindung, natur, bituminiert oder mit Harz beschichtet
- Bitumenpappen auf Holzschalung, nur in Kombination mit einer funktionierenden Dampfbremse
- Diffusionsoffene Unterspannbahnen ( $s_d$ -Wert=0,04 – 2,5 m), überwiegend aus Polyäthylengeweben mit wasserabweisender Wirkung.

### 7.3.8 Wie können Leckagen bei einer Luftdichtheitsmessung lokalisiert werden?

- Bei Unterdruck werden die Zugscheinungen mittels Hand, Wollfaden oder Rauchstäbchen erföhlt oder sichtbar gemacht. Die lokale Auflösung ist allerdings oft nicht ausreichend.
- Bei Unterdruck wird die Luftgeschwindigkeit mit einem Anemometer gemessen und so undichte Stellen lokal gut aufgelöst.
- Die Leckstellensuche kann bei kalten Außentemperaturen auch mit einer Thermografie erfolgen, die mittels Infrarotkamera aufgenommen wird. Bei Unterdruck kühlen sich in Leckageorten auch die unmittelbar angrenzenden Bauteile ab, die durch eine Thermografie sichtbar gemacht werden können. Es kann relativ schnell eine lückenlose Untersuchung durchgeführt werden, undichte Stellen sind präzise lokalisierbar.
- Bei Überdruck können Leckagen auch durch Theaternebel sichtbar gemacht werden. Dabei wird die Wohneinheit mit Theaternebel geflutet. Durch den Überdruck wird dieser an den Leckagestellen nach außen gedrückt und dadurch von außen sichtbar.

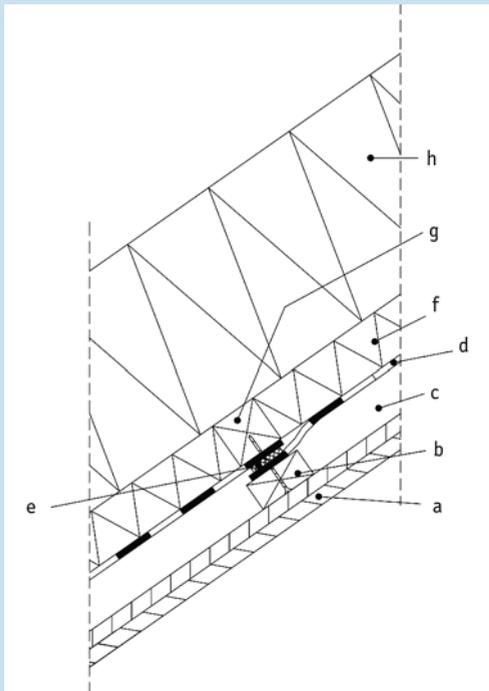


Abb. 7-3 (Quelle: altbau24, EnergieAgentur.NRW)

### 7.3.9 Wie werden Luftdichtheitsfolien miteinander verbunden?

Diese Anschlüsse der Dichtbahnen sollten durch eine mindestens 10 cm breite Überlappung der Folienstöße erfolgen, zwischen den beiden Folien ist ein Dichtband einzukleben. Um die Luftdichtung sicherzustellen, wird eine zusätzliche mechanische Befestigung mit Schrauben und Anpressleiste im Bereich der Folienstöße montiert.

*Querstoß luftdicht:*



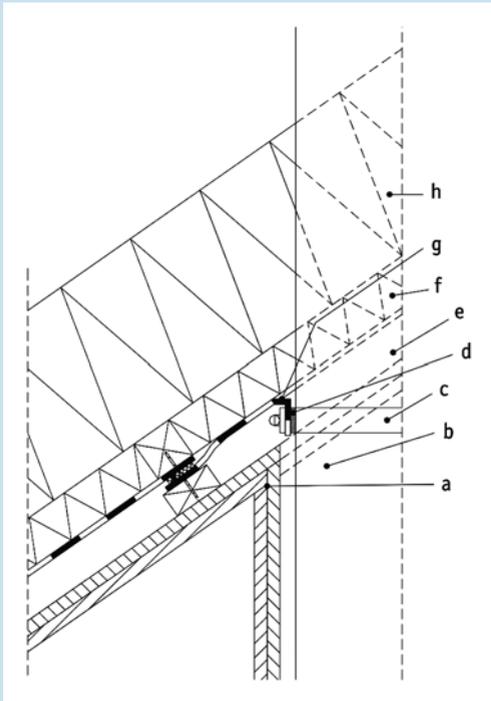
- a Gipskartonplatte, 2 × 12,5 mm
- b Unterkonstruktion GKB-Platte und mechanische Sicherung (Anpressleiste)
- c Installationsebene
- d Luftdichte Schicht
- e Folienstoß mit eingelegtem Dichtband und Sicherung mit Anpressleiste
- f Dämmstoff Flachs, zwischen 4/4 Lattung
- g 4/4 Lattung
- h Dämmstoff Flachs zwischen 10/16 Sparren  
Schalung und weiterer Dachaufbau nicht dargestellt

**Abb. 7-4** (Quelle: ecobau24 für Handwerker, Öko-Zentrum NRW)

### 7.3.10 Wie können Durchdringungen von z. B. Rohren in der Altbausanierung in die luftdichte Ebene integriert werden?

Durchdringungen sind schon bei der Planung eines Luftdichtheitskonzeptes möglichst zu vermeiden. Notwendige Durchdringungen können mit Hilfe von Dichtmanschetten und Folienmanschetten mit Einlage eines vorkomprimierten Dichtbandes (Kompriband) dauerhaft luftdicht angeschlossen werden.

#### Rohrdurchführung luftdicht

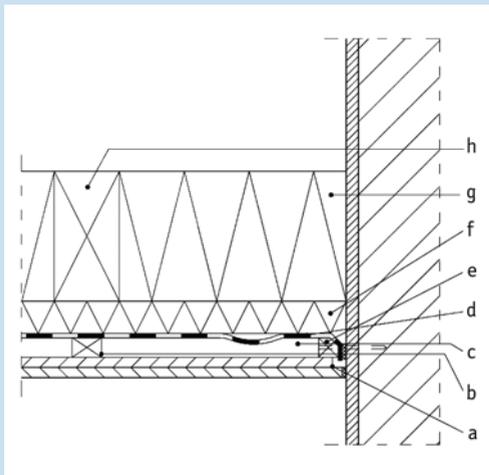


- a Gipskartonplatte, 2 × 12,5 mm
  - b Rohrdurchführung
  - c Spannring
  - d Folienmanschette mit eingelegtem Dichtband
  - e Installationsebene
  - f Dämmstoff Flachs, zwischen 4/4 Lattung
  - g Luftdichte Schicht
  - h Dämmstoff Flachs zwischen 10/16 Sparren
- Schalung und weiterer Dachaufbau nicht dargestellt

Abb. 7-5 (Quelle: ecobau24 für Handwerker, Öko-Zentrum NRW)

### 7.3.11 Wie erfolgt der luftdichte Anschluss an die Wand eines benachbarten Gebäudes? Wo sehen Sie Probleme in der dargestellten Konstruktion?

Die Herstellung der luftdichten Schicht mit vorkomprimierten Fugendichtungsbändern. Die Bänder quellen nach der Montage auf und verschließen Unebenheiten im Mauerwerk. Die luftdichte Verbindung wird aber erst erreicht, wenn durch eine zusätzliche mechanische Befestigung mit einer Anpressleiste das Dichtband mit Druck an die angrenzende Bauteilfläche gedrückt wird. Es ist darauf zu achten, dass durch eine Schlaufe in der luftdichten Schicht evtl. vorhandene Bauteilbewegungen ohne Zerstörung der luftdichten Ebene aufgenommen werden können.



- a Gipskartonplatte, 2 × 12,5 mm
- b Unterkonstruktion GKB-Platte und mechanische Sicherung (Anpressleiste)
- c Installationsebene
- d Luftdichte Schicht
- e Folienstoß mit eingelegtem Dichtband und Sicherung mit Anpressleiste
- f Dämmstoff Flachs, zwischen 4/4 Lattung
- g Dämmstoff Flachs zwischen 10/16 Sparren
- h Sparren 10/16 Schalung und weiterer Dachaufbau nicht dargestellt.

**Abb. 7-6** Detail: Anschluss aufgehende Wand, luftdichte Ausführung mit Anpressleiste und vorkomprimiertem Dichtband (Quelle: ecobau24, Öko-Zentrum NRW)

In diesem Detail wird die Wärmebrückenwirkung der Außenwand nicht berücksichtigt. Da die Außenwand zum Nachbargebäude gehört, kann diese von außen nur mit Zustimmung des Nachbarn mit gedämmt werden. Eine Alternative wäre ein Dämmkeil auf der Innenseite der Wand mit ca. 1 m Länge.

## 7.4 Konstruktionen / Baustoffe

Baukonstruktionen und Bauelemente sind sinnvolle Zusammenfügungen von einzelnen Materialteilen. »Unter ökologischen Gesichtspunkten zeichnen sich Konstruktionen durch Einfachheit sowohl im Gesamtkonzept als auch im Detail aus. Sie dienen einer möglichst direkten Lastabtragung, kommen mit wenigen und vor allem langlebigen Materialien aus, benötigen wenig Energie bei ihrer Herstellung, haben einen geringen Gesamtenergieaufwand über die gesamte Lebensdauer und sind in Teilen oder ganz recycelbar.« (Quelle: Baustoffe unter ökologischen Gesichtspunkten, Öko-Zentrum NRW).

Schadstoffarme und schadstofffreie Baumaterialien sollten in Konstruktionen zum Schutz der Gesundheit der Bewohner und zum Schutz der Umwelt erstrangig Verwendung finden. Erst ganze Konstruktionsaufbauten bieten für den Hausbewohner einen Nutzen. Je nach Klima, Standort und Baukultur können sich die Vor- und Nachteile einer Konstruktion unterschiedlich auswirken. Bei der Sanierungsplanung sollte immer das ganze Gebäude optimiert werden und nicht nur Teilaspekte Berücksichtigung finden.

**7.4.1 Bei einem Passivhaussymposium wird ein hoch wärmedämmender Baustoff aus PU-Schaumstoff euphorisch vorgestellt. Dieser Baustoff soll besonders in der Altbausanierung geeignet sein. Wie schätzen Sie das Material ein?**

Zunächst muss geprüft werden, ob das Material für den Einsatzzweck geeignet ist und wie der Konstruktionsaufbau aussieht (bauphysikalische Eigenschaften, vorgefertigte Elemente, Zuschnitt, Verarbeitung auf der Baustelle). *Wichtig:* Neben den technischen und bauphysikalischen Eigenschaften sollten jedoch auch die ökologischen Eigenschaften des Baustoffs geprüft werden, wie Verfügbarkeit der Rohstoffe, Energieaufwand bei der Herstellung, Havariegefahr bei der Herstellung, Transportwege, Gesundheitsgefahren bei Herstellung, Verarbeitung und Nutzung sowie die Entsorgung oder Wiederverwendung des Baustoffs.

**7.4.2 Ein Einfamilienhaus (Baujahr 1960) am Waldrand soll saniert werden. Die Außenwände bestehen aus 25 cm Vollziegelmauerwerk. Welchen ökologisch günstigen Wandaufbau schlagen Sie vor um einen U-Wert von ca. 0,20 W/m<sup>2</sup>K zu erreichen?**

- Außenschalung aus unbehandeltem Lärchenholz
- Unterkonstruktion/Hinterlüftung
- Holzweichfaser-Platte mit 2 × 18 mm, mit Nut- und Federverbindung als Winddichtung und Herstellung des Hohlraums für die Zellulosedämmung
- Lattung aus Holzwerkstoff (z. B. TJI-Träger o. ä.) horizontal an der Wand befestigt zur Wärmebrückenminimierung
- Wärmedämmung zwischen den Latten aus Zellulosefaser, lückenlos eingeblasen, Dicke ca. 140–160 mm
- Alternativ: Wärmedämmung aus Holzweichfaser-Platten.

**7.4.3 Das Versauerungspotenzial ist ein Maß für den Beitrag zur Bildung saurer Niederschläge. Welche Baustoffe haben ein hohes, in der Praxis kaum ersetzbares Versauerungspotenzial (vorrangig durch den Gehalt an SO<sub>2</sub> bestimmt)?**

Besonders Metallwerkstoffe und Glasbaustoffe haben einen hohen Gehalt an SO<sub>2</sub> und damit auch ein hohes Versauerungspotenzial.

#### **7.4.4 Ein Mietshaus (Baujahr 1860) in einem dichtbebauten Innenstadtbereich soll saniert werden. Die ostseitige Straßenfassade ist reich gegliedert, die Hofseiten sind verputzt. Welche Maßnahmen schlagen Sie vor?**

- Wärmedämmung des Daches bzw. der obersten Decke: Zwischensparrendämmung mit Dampfbremse und neuem Unterdach (diffusionsoffene Ausführung), Dämmung der Decke auf der Oberseite durch Auflegen einer Dämmung mit ggf. darüber liegenden Gehbelag (z. B. Holzträger, Zellulosefaserdämmung, Gehbelag diffusionsoffen).
- Dämmung der Unterseite (kalte Seite) der Kellerdecke, z. B. mit Holzweichfaser-Platten (WLG 040) ca. 12–14 cm oder Polystyrol-Platten (WLG 035) ca. 10–12 cm.
- Dämmung der Hoffassade mit einem Wärmedämmverbundsystem ca. 16 cm, ggf. verbunden mit dem Einbau neuer Fenster (siehe Punkt 5). Zu beachten ist hier besonders der Anschluss der Außenwand an die Dachdämmung, hier sollte keine Lücke entstehen.
- Dämmung der Straßenfassade an der Innenseite mit Calciumsilikat-Platten, hier muss vorher eine Taupunktberechnung durchgeführt werden.
- Einbau neuer Fenster ( $U_w < 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) auf der Hof- und Straßenseite. Es ist darauf zu achten, dass die Fenster auf der Hofseite in der Dämmebene liegen bzw. überdämmt werden, auf der Straßenseite muss auch die Fensterleibung innen gedämmt werden.
- Verbesserung oder Erneuerung der Heizanlage: Dämmung der Rohrleitungen und Armaturen, hydraulischer Abgleich, Einbau von Thermostatventilen, Überprüfung der Steuerung und der Regelung der Heizanlage.
- Einbau einer kontrollierten Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung, Verwendung von Einzelgeräten, falls eine zentrale Anlage nicht möglich ist.

#### **7.4.5 Warum bestimmt die Auswahl von Außenwand, Decken- und Dachkonstruktionen ganz entscheidend die Herstellungsenergie des gesamten Gebäudes?**

Diese Bauteilkonstruktionen sind aufgrund ihrer hohen Flächen und Massenanteile, besonders bei mehrgeschossigen Bauten, entscheidend für den Primärenergieinhalt und die Ökobilanz eines Gebäudes.

#### 7.4.6 Welche Baustoffe haben ein hohes Treibhauspotenzial?

Zum Beispiel HFCKW-geschäumte oder extrudierte Schaumstoffplatten (XPS) haben ein hohes Treibhauspotenzial.

#### 7.4.7 Welche wesentlichen Aspekte müssen bei der energetischen Sanierung eines Daches berücksichtigt werden?

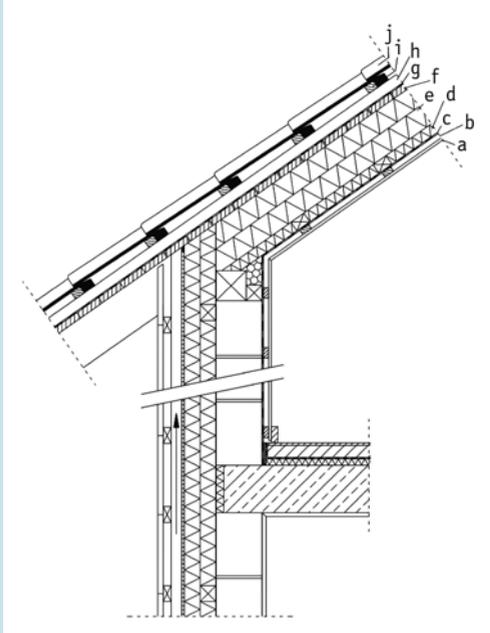
Ein Dach soll vor Regen, Schnee, Kälte, Lärm und Feuer schützen, im Sommer auch vor Wärme. Außerdem sollte sich ein Dach optisch in seine Umgebung einfügen und einem Haus seine charakteristische Form geben. Unterbrechungen in der Dachhaut durch Dachfenster, Dachaufbauten (Gauben) und Dacheinschnitte (Loggien, Balkone) sind Schwachstellen und erfordern in der Regel aufwendige Detaillösungen und große Sorgfalt bei der Ausführung, wenn Bauschäden langfristig vermieden werden sollen. Deshalb und auch aus ästhetischen Gründen, sind großzügige, zusammenhängende Dachflächen zu bevorzugen.

Dachkonstruktionen sollen (wie auch Wandkonstruktionen) möglichst diffusionsoffen konzipiert sein. Damit dies möglich ist, müssen die Materialien der Dacheindeckung mit den konstruktiven Maßnahmen (z. B. Hinterlüftung) genau abgestimmt werden. Insbesondere ist dabei die Dachneigung zu beachten; steile Dächer lassen sich mit weniger Konstruktionsaufwand lösen als flache. Die Dachform sowie die Art und Form von Dachaufbauten oder Einschnitten müssen mit dem Konstruktionssystem übereinstimmen. Es sind immer möglichst einfache, klare Formen anzustreben. Bei der Material- und Konstruktionswahl ist auch auf eine lange Lebensdauer und einen geringen Pflege- und Wartungsaufwand zu achten. Großflächige Blecheindeckungen sind zu vermeiden (sehr hoher Energieaufwand bei der Herstellung). Der Dachaufbau sollte, wie der Wandaufbau, von innen nach außen immer diffusionsoffener werden.

#### 7.4.8 Welche Maßnahmen sind bei unbeheizten Kellern zu ergreifen?

Es wird unterschieden zwischen beheizten Kellern, die unter bestimmten Voraussetzungen auch zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen geeignet sein können (ausreichende Belichtung, Belüftung etc.), und unbeheizten Kellerräumen. Im letzteren Fall werden besondere Anforderungen an die Wärmedämmung der Kellerdecke gestellt. Bei einer ausreichenden lichten Höhe im Keller sollte eine Kellerdeckendämmung nach EnEV eingebaut werden. Zur Nutzung für unbeheizte Räume eignen sich Vorratsräume, Abstellräume und Brennstofflager. Besonders im Sommer kann es durch Kondensation der warmen feuchten Luft im kühlen Keller zu Feuchteproblemen kommen.

**7.4.9 Stellen Sie ein Konstruktionsbeispiel für die Sanierung einer Dachkonstruktion dar. Wo sehen Sie besondere Schwierigkeiten bei bereits ausgebauten Dächern?**



- a Gipskartonplatte, 12,5 mm
- b Lattung 2,4 cm
- c PE-Dampfbremse
- d Dämmstoff Flachs 4,0 cm, zw. Lattung
- e Dämmstoff Flachs, zw. Lattung 10/16 Sparren
- f Holzschalung 2,4 cm
- g Diffusionsoffene Dachbahn 0,03 cm
- h Konterlattung 4/4 und Hinterlüftung
- i 3/5 Lattung
- j Betondachsteine

**Abb. 7-7** (Quelle: ecobau24 für Handwerker, Öko-Zentrum NRW)

Fortsetzung von 7.4.9

Schichtaufbau	Masse in kg/m <sup>3</sup>	PEI [MJ/m <sup>2</sup> ] nicht erneuerbar	Treibhauseffekt [kg CO <sub>2</sub> -Äquiv.]	Versauerung [g SO <sub>x</sub> -Äquiv.]
Gipskartonplatte	22,6	114,0	5,7	17,0
Schnittholz, Lattung	1,0	4,0	-1,5	2,0
PE-Dampfbremse	0,1	10,0	0,3	2,0
Flachs mit Polyester	1,1	57,0	0,7	14,0
Schnittholz, Lattung	2,2	10,0	-3,4	5,0
Flachs mit Polyester	4,3	229,0	2,8	56,0
Schnittholz, Sparren	8,8	41,0	-13,5	19,0
Schnittholz, Schalung	12,0	43,0	-18,8	23,0
Polyethylenbahn	0,1	5,0	0,1	1,0
Schnittholz, Konterlattung	1,4	7,0	-2,2	3,0
Schnittholz, Lattung	2,3	11,0	-3,5	5,0
Betondachstein	45,0	107,0	12,4	51,0
Gesamtsumme	100,6	639,0	-20,8	199,0

**Tabelle 7-1** Ökologisches Datenprofil

Bauphysik – Baukonstruktion	Wert	Einheit
Gesamtdicke	37,0	[cm]
Wärmedurchgangskoeffizient	0,2	[W/m <sup>2</sup> K]
Bew. Schalldämmmaß RW	46–48	[dB]
Kondensataustrocknung	- / >	[kg/m <sup>2</sup> a]
Speicherwirksame Masse	21	[kg/m <sup>2</sup> ]
Phasenverschiebung, T-Amplitude	10	[h]

**Tabelle 7-2** Bauphysikalisches Datenprofil

Fortsetzung von 7.4.9

Besondere Schwierigkeiten können beim bereits ausgebauten Dachgeschoss auftreten, da es oft nicht möglich ist, auf der inneren, ausgebauten Seite nachträglich eine luftdichte Ebene einzubauen. Wird die Verkleidung auf der Innenseite entfernt, so ist auf einen sorgfältigen Anschluss der Luftdichtungsbahn an die Decken und Außenwände zu achten. Ebenfalls problematisch ist die winddichte Ebene auf der Außenseite der Dämmung. In vielen Fällen fehlt diese Ebene. Wird jedoch die Dacheindeckung erneuert, so kann die winddichte Ebene nachträglich eingebracht werden (z. B. mit Holzweichfaser-Platten, die gleichzeitig als regendichtes Unterdach geeignet sind). Zu beachten ist auch, dass bei einer nachträglichen Dämmung der Querschnitt der Hinterlüftungsebene zwischen Lattung und Dacheindeckung nicht eingeengt wird.

#### 7.4.10 Wo sehen Sie Schwierigkeiten bei der nachträglichen Dämmung der Kehl-balkenlage?

Die Dämmung der Kehlbalkenlage zum nicht ausgebauten und unbeheizten Dachraum erfordert ebenfalls auf der warmen Deckenseite eine luftdichte Ebene, die nachträglich kaum eingebaut werden kann. Schäden treten häufig dort auf, wo die Wärmedämmung auf der kalten Seite mit einem dichten Gehbelag (z. B. einer OSB-Platte) abgedeckt wird. Diese Abdeckung wirkt dann wie eine Luftdichtung auf der falschen Seite.

#### 7.4.11 Wie könnte eine energetische Optimierung des Details aussehen?

- Im ersten Schritt sollte die Dacheindeckung und die Lattung abgenommen werden und die Sparren aufgedoppelt werden, um die erforderliche Dämmstoffdicke einbringen zu können. Gleichzeitig wird der Sparren auf der Giebelwand versetzt und die Dachüberstände für eine nachfolgende Dämmung der Außenwände vergrößert.
- Auf die aufgedoppelten Sparren werden Holzweichfaser-Platten mit Nut- und Federverbindungen geschraubt, die als winddichte Ebene dienen.
- Die raumseitige Verkleidung des Daches sollte entfernt und nachträglich eine luftdichte Ebene eingebracht werden, dabei sind besonders die Anschlüsse an die Geschossdecke, die Kehlbalkenlage sowie an die Giebelwand zu berücksichtigen.
- Im Anschluss daran wird der komplette Sparrenquerschnitt mit Zelluloseflocken ausgeblasen.
- Schließlich wird die Dämmung der Außenwände nach den Anforderungen der EnEV ausgeführt.

#### 7.4.12 Welche bauphysikalischen Probleme sind mit dieser Ausführung verbunden?

- Im Bereich der ungedämmten Giebelwand und des Sparrens ist eine Wärmebrücke entstanden.
- Die Dämmebene ist als Kaltdach ausgeführt, die Dämmstoffdicke ist nicht ausreichend und durch die Hinterlüftung kann die Dämmung auskühlen. Sowohl die luftdichte als auch die winddichte Ebene fehlen.

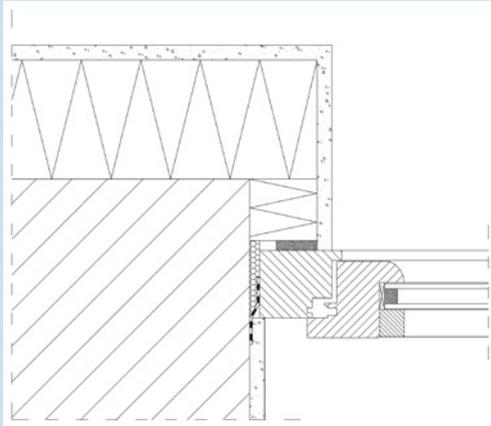
#### 7.4.13 Was ist bei der Dämmung von an das Erdreich grenzenden Bauteilen zu beachten?

An Erdreich angrenzende Bauteile müssen neben den statischen Bedingungen zusätzliche Anforderungen erfüllen. Diese besonderen Anforderungen liegen im Bereich der Wärmedämmung und der dauerhaften Abdichtung gegen Feuchtigkeit aus dem Boden.

Besonders wichtige Maßnahmen gegen Wasser und Feuchtigkeit:

- Maßnahmen gegen aufsteigende Feuchtigkeit lassen sich im Altbau nachträglich nur schwer realisieren. Bevor Fachunternehmen mit der Sanierung beauftragt werden, sollten Referenzen eingefordert werden.
- Eine Einlage von Bitumen-Dachbahnen mit Rohfilzeinlage ist auch bei Innenwänden sinnvoll. Bei Außenwänden wird der seitliche Schubwiderstand bei einer Folieneinlage stark gemindert. Der Sperrmörtel ist deshalb besser geeignet. Beim Versetzen von Innenwänden oder bei nachträglicher Errichtung von Innenwänden im Keller oder Erdgeschoss sollten diese Aspekte berücksichtigt werden.
- Abdichtungsmaßnahmen müssen dauerhaft dicht sein und vor mechanischen Beschädigungen geschützt werden.
- Die dauerhafte Funktionsfähigkeit von Drainageplatten und -leitungen muss gewährleistet sein.
- Die Bodenplatte kann nachträglich von unten nicht abgedichtet und gedämmt werden. Liegt keine Feuchtebelastung vor, so kann bei ausreichender Aufbauhöhe eine feuchteunempfindliche Dämmung auf den Kellerfußboden aufgebracht werden. Zu berücksichtigen ist hier, dass diese Bauteilschicht wie eine Innendämmung wirkt und luftdicht eingebaut werden muss.
- Für eine ausreichende Belüftung des Kellers ist zu sorgen.

**7.4.14 Stellen Sie einen Konstruktionsvorschlag für einen Fenstereinbau mit Überdämmung des Blendrahmens dar:**



Fichtenholz  
 Imprägnierung  
 Acryllasur  
 Fensterrahmenmaß 90/140  
 Isolierglas 4/16/4,  $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Drehkippschlag  
 Olive, Neusilber

**Abb. 7-9** (Quelle: ecobau24 für Handwerker, Öko-Zentrum NRW)

Schichtaufbau	Masse in $\text{kg/m}^3$	PEI [ $\text{MJ/m}^2$ ] nicht erneuerbar	Treibhauseffekt [ $\text{kg CO}_2\text{-Äquiv.}$ ]	Versauerung [ $\text{g SOx-Äquiv.}$ ]
Olive, Neusilber	0,6	71,0	3,9	314,0
Stahl, niedrig legiert	2,1	91,0	6,1	30,0
Schnittholz, Kantholz, Glasauflager	0,2	1,0	-0,3	0,0
Isolierglas	14,1	237,0	15,9	43,0
Lasur	0,2	8,0	0,5	4,0
Grundierung	0,1	4,0	0,3	2,0
Schnittholz, Kantholz (Fichte)	15,8	74,0	-24,5	35,0
Gesamtsumme	w	486,0	1,9	428,0

**Tabelle 7-5** Ökologisches Datenprofil

Fortsetzung von 7.4.14

Bauphysik – Baukonstruktion	Wert	Einheit
Gesamtdicke	6,80	[cm]
Wärmedurchgangskoeffizient Glas	1,10	[W/m <sup>2</sup> K]
Wärmedurchgangskoeffizient Rahmen	1,50	[W/m <sup>2</sup> K]
Wärmedurchgangskoeffizient Fenster, Rahmenanteil 30 %	1,30	[W/m <sup>2</sup> K]
Bew. Schalldämmmaß RW	32	[dB]
Gesamtenergiedurchlass Glas	58	%
Lichtdurchlass	77	%

**Tabelle 7-6** Bauphysikalisches Datenprofil

### 7.4.15 Wo sehen Sie Schwierigkeiten beim nachträglichen Einbau von Fenstern?

Fenster sind heute hochspezialisierte und technisierte Bauteile, an die extrem hohe Anforderungen gestellt werden (Wärmedämmung, Luftdichtheit, Witterungsbeständigkeit). Durch planerische Maßnahmen, wie etwa konstruktivem Witterungsschutz oder das Bilden von Pufferräumen zur Reduktion der Temperatur- und Dampfdruckgefälle, können die Anforderungen an das Bauteil Fenster reduziert werden.

Die heutige Fenstertechnologie hat Gläser mit sehr niedrigen Ug-Werten entwickelt. Ug-Werte für passivhausgeeignete Gläser zwischen 0,5–0,7 W/(m<sup>2</sup>K) sind auf dem Markt erhältlich. Eine Weiterentwicklung ist auch bei den Randanschlüssen, Fensterlaibungen und den Rahmen erfolgt.

Viele Fenstersysteme und lichtdurchlässige Bauteile sind Verbundkonstruktionen (z. B. Kunststofffenster mit Stahleinlagen als Verstärkung, Metallfenster mit ausgeschäumten Profilen zur Wärmedämmung, spezielle lichtdurchlässige Bauteile mit integrierten Zargen aus Kunststoffen etc.). Solche Verbundkonstruktionen sind fast immer Mischungen aus problematischen und unproblematischen Stoffen. Unter dem Gesichtspunkt des Recyclings und der Entsorgung sind sie abzulehnen; insbesondere, da es in den meisten Fällen ökologisch vertretbare Alternativen gibt.

Fenster mit Holzrahmen sind an allen nicht wetterexponierten Fassaden sehr gut geeignet. Bei stark bewitterten Fassaden bieten sich Holz/Metall-Rahmen an.

Fortsetzung von 7.4.15

Fenster sind für das körperliche und seelische Wohlbefinden der Menschen von großer Bedeutung. Sie stellen die Verbindung zwischen Innenraum und Außenwelt her und sorgen für Tageslicht. Normales Fensterglas lässt nur etwa 20% der UV-Strahlung durch. Die schalldämmende Wirkung von Fenstern kann durch unterschiedliche Scheibenstärken und Scheibenabstände sowie der Anordnung von mehreren Falzen mit zusätzlichen Dichtungen verbessert werden.

Hierbei ist jedoch auch die Kehrseite zu beachten. Nach dem Einbau neuer Fenster mit hermetisch schließenden Gummi- oder Kunststoffdichtungen taucht immer wieder das Problem auf, dass Feuchtigkeit und Schimmelpilze auftreten. Die heute üblichen Fenster zeichnen sich dadurch aus, dass die Gummidichtungen keinerlei Luft mehr durchlassen. Wenn dann auch noch die Außenwände über mangelnde Wärmedämmung verfügen, entstehen die oben genannten Probleme. Der sinnvollste Weg, ist eine nachträgliche Wärmedämmung einzubauen und diese über die Blendrahmen zu ziehen.

Häufig werden sinnvolle Reihenfolgen bei der Sanierung nicht eingehalten, so sollten zuerst die Fenster ausgetauscht und dann die Wärmedämmung auf die Fassade aufgebracht werden. Bei umgekehrter Reihenfolge ist eine Überdämmung der Fensterlaibungen und der Rahmen oft nicht möglich. Gleichzeitig verändert die Überdämmung des Blendrahmens auch das Erscheinungsbild des Gebäudes, was häufig nicht gewünscht ist. Eine fehlende Dämmung in diesem Bereich kann im Raum zu Schimmelbefall an den Fensterlaibungen führen. Eine nachträgliche Dämmung der Fensterlaibungen innen mit z. B. Calciumsilikat-Platten kann hier Abhilfe schaffen.

Eine wirksame Lüftung mit Luftwechselraten von mindestens 0,5/h ist auch mit nachträglicher Wärmedämmung erforderlich, um Feuchte- und Schadstoffemissionen aus den Räumen abzuführen. Schimmelpilzbildung nach Einbau von neuen, fugendichten Fenstern zählt zu den häufigsten Bauschäden. In dichten Gebäuden kann ein aus bauphysikalischer und hygienischer Sicht sinnvoller Mindestluftwechsel entweder durch eine mechanische Lüftungsanlage sichergestellt werden oder durch manuelle Fensterlüftung, wenn die Nutzer entsprechend geschult werden. Hygienische Anforderungen an raumlufttechnische Anlagen nach VDI 6022 Blatt 2, Dez. 1999, müssen beachtet werden.

Fenster können zur passiven Nutzung der Sonnenenergie eingesetzt werden. Das Glas wirkt als Wärmefalle. Es lässt die kurzwellige Sonnenstrahlung ins Zimmer, diese wird beim Durchgang durch das Glas in langwellige Strahlung (Wärmestrahlung) umgewandelt. Diese Wärmestrahlung kann den Raum nicht wieder durch das Glas verlassen.

---

## 8 Gebäudetypologie und Rechenprogramme

### 8.1 Allgemeines

Gebäudetypologien und Rechenprogramme sind in den Softwareprodukten für die Berichtserstellung im Rahmen der Vor-Ort-Beratung hinterlegt, können jedoch auch unabhängig von der einschlägigen Berichtsoftware im Internet heruntergeladen werden.

## 8.2 Fragen zum Thema

### 8.2.1 Wozu werden Gebäudetypologien genutzt?

Gebäudetypologien werden zur Einschätzung der Bausubstanz genutzt, wenn z. B. Bauteilaufbauten nicht näher untersucht werden können. Durch Befragung von Nachbarn oder (ehemaligen) Eigentümern können diese Typologien spezifiziert werden. Für eine genauere Bestimmung des Bauteilaufbaus kann ggfs. doch eine Untersuchung des Bauteils erforderlich werden, die z. B. mit Bohrungen durchgeführt werden kann.

### 8.2.2 Welche Rechenprogramme sind zum Einsatz in der Energieberatung sinnvoll?

Für die Energieberatung sollten Berichtsprogramme genutzt werden. In diesen Programmen sind die erforderlichen Rechenschritte hinterlegt. Sinnvoll ist die Möglichkeit zwischen der Eingabemaske für den EnEV-Nachweis und den BAFA-Bericht zu wählen, da die Programmeinstellungen sich hier unterscheiden. Viele Berichtsprogramme greifen auf Gebäudetypologien zurück, die typisch für die Region des Softwareunternehmens sind, dieser Aspekt sollte bei der Auswahl des Programms berücksichtigt werden.

---

## 9 Energieberatung

### 9.1 Allgemeines

Im Rahmen einer Gebäude-Energieberatung wird zunächst eine Bestandsaufnahme des Beratungsobjektes durchgeführt. Ziel ist die Erstellung einer Energiebilanz, aus der hervorgeht, durch welche Bauteile wie viel Wärme verloren geht und welche Verluste durch den Betrieb der Heizungsanlage verursacht werden.

Die anschließende Bewertung der ermittelten Energiebilanz ermöglicht eine Einstufung der Gebäudehülle hinsichtlich des baulichen Wärmeschutzes und der Heizungstechnik bezogen auf die Effektivität und die verursachten Umweltauswirkungen (Emissionen). Darüber hinaus werden eventuell vorhandene Schäden und Schwachstellen des Gebäudes aufgezeigt und beurteilt.

Aufbauend auf die »Ist-Zustands-Erfassung« werden Energieeinsparmaßnahmen im Bereich des baulichen Wärmeschutzes und der technischen Gebäudeausrüstung in Erwägung gezogen und beschrieben, welche im vorliegenden Fall geeignet sein könnten. Die einzelnen Maßnahmen und Maßnahmenpakete werden aus ökonomischer, bauphysikalischer und ökologischer Sicht bewertet.

Als Resultat der Bewertungen werden konkrete Handlungsempfehlungen gegeben, welche Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen mittelfristig durchgeführt werden sollten und worauf im Rahmen der Durchführung besonders geachtet werden sollte.

Abschließend werden die durch die angeratenen Maßnahmen erzielbaren Energieeinspar-effekte dargestellt und Hinweise gegeben, welche Fördermöglichkeiten genutzt werden können.

Ziel der Beratung ist es, bezogen auf heutige Möglichkeiten und Risiken im Bereich der Gebäudeinstandhaltung und -sanierung, Hemmnisse bei Gebäudeeigentümern abzubauen. Diese stehen häufig sinnvollen Maßnahmen entgegen, was lediglich auf mangelnde Einschätzbarkeit der Maßnahmen und Techniken zurückzuführen ist. Es werden somit Sanierungsmaßnahmen angeregt und Vermögens- und Bauschäden durch »falsche« oder »falsch ausgeführte« Maßnahmen vermieden. Des Weiteren wird eine Minderung der Emissionen durch die Anregung von Energieeinsparmaßnahmen erreicht.

## Nutzen für den Beratungsempfänger:

- Es ist mit – häufig erheblicher – Kostenreduzierung zu rechnen, da alle Maßnahmen hinsichtlich der Effektivität und Wirtschaftlichkeit überprüft werden und eine optimierte Maßnahmenkoordination erfolgen kann.
- (Nur) Eine Energieberatung, welche von einem fachkompetenten, neutralen und unabhängigen Berater – ohne Verkaufsinteressen – durchgeführt wird, stellt eine optimale Entscheidungshilfe sicher.
- Es werden Bauschäden vermieden, die ansonsten relativ häufig durch unsachgemäße Auswahl und/oder Ausführung von Sanierungsmaßnahmen entstehen.
- Dem Beratungsempfänger steht auch im Rahmen der Durchführung der Maßnahmen ein kompetenter Ansprechpartner zur Verfügung, der das Gebäude kennt und beurteilen kann.
- Aus dem »Förderdschungel« wird herausgefiltert, welche Förderungen optimal genutzt und ggfs. kombiniert werden können.
- Eventuell bestehende Auflagen bzgl. der Nutzung von Förderprogrammen können in der Regel durch Berechnungen und/oder Bescheinigungen von anerkannten Energieberatern erfüllt werden.

## 9.2 Vor-Ort-Termin

### 9.2.1 Was sollten Sie, bezogen auf eine Energieberatung Vor-Ort, nach dem ersten Telefonat mit dem/der Kunden/in abschätzen können?

Nach dem ersten Telefonat sollte der für die Beratung erforderliche Aufwand abgeschätzt werden können, um ein angemessenes Angebot unterbreiten zu können oder bei Bedarf ein Ortstermin zur Angebotserstellung vereinbaren zu können.

### 9.2.2 Was sollte dem/der Beratungsempfänger/in vor dem Vor-Ort-Termin schriftlich vorliegen?

Eine Checkliste der im Rahmen des Ortstermins benötigten Daten und Unterlagen (Grundrisse, Schnitte, Ansichten, Lageplan, Baugenehmigung und Baubeschreibung, ggf. Statik, Abrechnungen der letzten drei Jahre und Schornsteinfegerprotokolle).

### 9.2.3 Was müssen Sie zum Vor-Ort-Termin auf jeden Fall mitnehmen?

- Checkliste mit den möglichen Fragen als Erfassungsbogen
- Metermaß
- Fotoapparat
- Taschenlampe
- evtl. Messgeräte für Feuchtigkeit, Oberflächentemperatur, Raumlufttemperatur.

## 9.3 Beratungsbericht

### 9.3.1 Welche Punkte sind im Rahmen einer Energieberatung zu bearbeiten?

- Erfassung der Daten zum Ist-Zustand eines Gebäudes
- wärmeschutztechnische Erfassung und Berechnung der Umfassungsflächen
- Abschätzung der Heizlast bezogen auf das vorhandene Gebäude und nach Durchführung von Dämmmaßnahmen oder Fensteraustausch
- Erfassung der bestehenden Heizanlage, Kesseltyp, Warmwasserversorgung, Heizflächen etc.
- Vorschläge für einzelne Energiesparmaßnahmen unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Förderung von Einzelmaßnahmen durch die KfW
- Zusammenfassung der untersuchten Einzelmaßnahmen zu sinnvollen Maßnahmenpaketen
- Vorschläge zum Einsatz von Erneuerbaren Energien
- Vorschlag eines Maßnahmenpakets, mit dem ein förderfähiges KfW-Effizienzhausniveau erreicht werden kann
- Ermittlung der Kosten für Wirtschaftlichkeitsberechnung
- Erstellung eines Beratungsberichts
- Gegenüberstellung von Ist-Zustand und Verbesserungsvorschlägen
- Hinweise auf die Einsparungseffekte
- Abschlussgespräch mit Erläuterung.

### 9.3.2 Welche einfachen Sparmaßnahmen können im Rahmen einer Energieberatung genannt werden?

- Gute Dämmung; führt zu kleinerem Heizwärmebedarf und somit zu kleinerer Anlagendimensionierung.
- gute Rohrleitungsämmung
- Einsatz von Niedrigtemperatursystemen in Verbindung mit Brennwerttechnik
- witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung
- Heizkurve mit Nachtabsenkung
- Einzelraumtemperaturregelung über voreinstellbare Thermostatventile
- hydraulischer Abgleich des Heizungssystems
- optimierte Einstellung der Umwälzpumpe.

### 9.3.3 Welche 10 Energieeinsparmaßnahmen im Heizungstechnik- und Strombereich fallen Ihnen ein?

#### *Heizung:*

- Dämmung der Rohrleitungen in ungedämmten Räumen
- Einbau von voreinstellbaren Thermostatventilen
- Steuerung / Regelung der Heizanlage
- Einsatz von Niedertemperatur- bzw. Brennwerttechnik
- Brauchwassererwärmung oder Unterstützung der Heizung durch Thermische Solar Kollektoren.

#### *Strom:*

- Drosselung der Drehzahl der Umwälzpumpe
- Ersatz von Glühlampen durch Kompaktleuchtstofflampen oder LED
- Einsatz von stromsparenden Geräten für Kühlen, Geschirrspülen etc. – Vermeidung von Leerlauf (Ausschalten statt Stand-by)
- Ersetzen von Warmwasserbereitung mit Strom durch andere Energieträger (z. B. Solarenergie)
- Warmwasseranschluss für Geschirrspüler und Waschmaschine.

### 9.3.4 Was ist bei der gleichzeitigen Umsetzung mehrerer Energieeinsparmaßnahmen zu beachten?

Manche Maßnahmen haben Auswirkungen aufeinander, so wird z. B. durch die Dämmung der Außenfassade die Heizlast verringert und damit eine geringere Heizleistung erforderlich. Die Maßnahmen sollten sich sinnvoll ergänzen.

### 9.3.5 Was ist der Grundansatz der Kosten-Nutzen-Analyse?

Die Kosten-Nutzen-Analyse ist ein Instrument um zu bestimmen, ob das Ergebnis (der Nutzen) einer Aktion deren Aufwand (die Kosten) rechtfertigt.

### 9.3.6 Welche Aspekte sind bei der Maßnahmenauswahl neben denen der Wirtschaftlichkeit noch zu beachten?

Zu jedem Maßnahmenvorschlag einer Energieeinsparung gehören neben der Wirtschaftlichkeitsbewertung auch Hinweise zu den weiteren Vorteilen der Maßnahme wie u. a. Werterhaltung, Image- und Komfortsteigerung, Ressourcenschonung sowie eine CO<sub>2</sub>-Bilanzierung.

## 9.4 Förderung der Energiesparberatung Vor-Ort

### 9.4.1 Wer legt die Mindestanforderungen für die geförderte Energiesparberatung Vor-Ort fest?

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Auf der Internetseite [www.bafa.de](http://www.bafa.de) werden diese Mindestanforderungen veröffentlicht.

Die Anforderungen in Förderprogrammen können sich ändern. Die nachfolgend dargestellten Fragen und Antworten stellen somit nur eine Momentaufnahme dar. Vor Antragstellung sind daher die aktuellen Bedingungen auf der BAFA-Seite im Internet zu recherchieren.

### 9.4.2 Wer ist als Berater antragsberechtigt vom BAFA geförderte Energiesparberatungen durchführen?

Nach Punkt 3.3 der BAFA-Richtlinie zur Vor-Ort-Beratung vom 11. Juni 2012 ist als Berater antragsberechtigt, wer:

- als Grundqualifikation die Voraussetzungen für die Ausstellung von Energieausweisen nach § 21 der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) erfüllt und
- eine Weiterbildung, deren Inhalt und Umfang den Anforderungen nach Anlage 3 dieser Richtlinie genügt, erfolgreich absolviert hat.

Zusätzlich müssen die Berater nach Punkt 3.3 der o.g. Richtlinie als unabhängig gelten.

### 9.4.3 Wer darf die Förderung vom BAFA in Anspruch nehmen?

Als Eigentümer, Mieter oder Pächter eines Gebäudes können eine Beratung in Anspruch nehmen

- natürliche Personen
- rechtlich selbständige Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft einschließlich der Wohnungswirtschaft sowie Betriebe des Agrarbereichs
- juristische Personen und sonstige Einrichtungen, die gemeinnützige, mildtätige oder kirchliche Zwecke verfolgen.

Mieter und Pächter benötigen die Erlaubnis des Eigentümers, Wohnungseigentümer das Einverständnis der Eigentümergemeinschaft. In jedem Fall muss die Beratung sich auf das gesamte Gebäude beziehen (Quelle: [www.bafa.de](http://www.bafa.de)).

### 9.4.4 Wie ist der Verfahrensablauf für den Antrag auf Förderung einer Beratung?

#### 1. Antragstellung durch den Berater:

Das Förderverfahren beginnt, indem ein antragsberechtigter Berater beim BAFA einen Zuschuss für eine Vor-Ort-Beratung beantragt. Eine Antragstellung ist ausschließlich über das hierfür beim BAFA eingerichtete Online-Portal möglich ( Online-Anträge sind unter der Rubrik »Elektronische Formulare« zu finden), in Papierform gestellte Anträge sind unzulässig.

Vor Eingang des Antrags im BAFA darf der Berater mit der Beratung nicht beginnen, anderenfalls ist eine Förderung ausgeschlossen (zuvor darf er lediglich die für den Ist-Zustand des Wohngebäudes relevanten Daten vor Ort aufnehmen). Anträge gelten als eingegangen, sobald der online übermittelte Datensatz im BAFA vorliegt.

Bei der Antragstellung hat der Berater Angaben zu machen, die subventionserheblich im Sinne des § 264 Strafgesetzbuch sind; unrichtige Angaben können daher strafrechtliche Konsequenzen nach sich ziehen (bereits gezahlte Zuschüsse werden überdies zurückgefordert).

## **2. Erteilung des Förderbescheides:**

Das BAFA bewilligt die Förderung durch Erteilung eines sog. Zuwendungsbescheides, den es elektronisch an den Berater versendet. Dieser wird per E-Mail informiert, dass über das Online-Portal ein Zuwendungsbescheid im PDF-Format zum Download bereit steht. (Wer am Förderprogramm teilnimmt, sollte daher regelmäßig den persönlichen Postkorb des Online-Portals auf neu eingegangene Bescheide überprüfen.)

## **3. Voraussetzungen für die Auszahlung des Zuschusses:**

Nach Erstellung des Zuwendungsbescheides hat der Berater sechs Monate Zeit, die Vor-Ort-Beratung durchzuführen (Bewilligungszeitraum), d. h. er hat den Beratungsbericht zu fertigen, dem Kunden auszuhändigen und in einem abschließenden Beratungsgespräch zu erläutern.

Ferner müssen bis zum Ablauf des Bewilligungszeitraums sämtliche Unterlagen zum Verwendungsnachweis im BAFA vorliegen. Sie bestehen aus

- dem Beratungsbericht (einen Musterberatungsbericht und die Checkliste mit den inhaltlichen Mindestanforderungen finden Sie links unter der Rubrik »Publikationen«/ »Erstellung von Beratungsberichten«)
- der vom Berater und dem Beratenen zu unterschreibenden Verwendungsnachweiserklärung
- einer Kopie der Rechnung.

Die Übersendung der Verwendungsnachweise wird ebenfalls durch ein Online-Verfahren unterstützt (Beratungsberichte und Rechnungen können als PDF-Datei eingereicht werden).

### **Wichtig:**

Die Nichteinhaltung der genannten 6-Monats-Frist führt dazu, dass ein Zuschuss nicht gezahlt werden kann; die Frist wird nicht verlängert (Quelle: [www.bafa.de](http://www.bafa.de)).

#### 9.4.5 Was muss beachtet werden, wenn man sich beim BAFA als Berater registrieren lassen möchte?

- Registrierung des Antragsstellers mit allen persönlichen Daten im Internet
- Das daraus automatisch generierte Formular wird mit einigen zusätzlich erforderlichen Unterlagen dann vom Antragsteller an das BAFA geschickt.
- Mit diesem Antrag ist ein konkreter Förderantrag zu stellen, da die Überprüfung der Voraussetzungen zur Anerkennung als Antragsberechtigter ausschließlich im Rahmen der Antragsbearbeitung erfolgt.
- Die Erteilung des (ersten) Zuwendungsbescheides ist automatisch die Anerkennung für weitere Antragstellungen; eine separate Zulassung oder Zertifizierung erfolgt nicht.

#### 9.4.6 Welche Gebäude kommen für eine geförderte Vor-Ort-Beratung in Frage?

- Die Gebäude müssen sich im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland befinden.
- Die Bauanträge bzw. Bauanzeigen müssen bis zum 31.12.1994 gestellt oder erstattet worden sein.
- Der umbaute Raum des Gebäudes darf nicht auf Grund späterer Baugenehmigungen durch Anbau oder Aufstockung zu mehr als 50% verändert worden sein.
- Das Gebäude muss ursprünglich als Wohngebäude geplant und errichtet worden sein oder mehr als die Hälfte der Gebäudefläche des betreffenden Objekts müssen derzeit zu Wohnzwecken genutzt werden.

#### 9.4.7 Wird die Ausstellung von Energieausweisen vom BAFA gefördert?

Die Ausstellung von Energieausweisen wird nicht vom BAFA gefördert. Energiesparberatungen, die mit der Ausstellung eines Gebäudeenergieausweises verbunden werden, sind jedoch im Rahmen des Förderprogramms zur Vor-Ort-Beratung dennoch förderfähig.

## Teil II

# Nichtwohngebäude

1	Einleitung Nichtwohngebäude .....	145
2	Grundlagen und Systematik der DIN V 18599 .....	146
3	Nichtwohngebäude in der EnEV .....	152
4	Gebäudesubstanz / Bauphysik .....	166
5	Bewertung der Beleuchtung .....	173
6	Energetische Bewertung der Anlagentechnik für Heizung .....	179
7	Energetische Bewertung der Anlagentechnik für Kühlung .....	180
8	Energetische Bewertung von Pumpen .....	184
9	Dampfbefeuchtung .....	186
10	Energetische Bewertung von Lüftung und Lüftungsanlagen .....	189
11	Energetische Bewertung der Warmwasserbereitung .....	190
12	Energetische Bewertung von regenerativen Energien .....	192
13	Energetische Bewertung von Blockheizkraftwerken und Kraft-Wärme- Kopplungsanlagen .....	194
14	Energiekennwerte .....	195
15	Übungen .....	197
16	Fragen zur Übung 4 .....	216

---

# 1 Einleitung Nichtwohngebäude

Seit Inkrafttreten der EnEV 2007 muss die energetische Bewertung von Nichtwohngebäuden nach der DIN V 18599 erfolgen. Dies betrifft sowohl den EnEV-Nachweis im Baugenehmigungsverfahren als auch die Ausstellung von Energiebedarfsausweisen für Nichtwohngebäude. Auch bei der Beantragung von KfW-Krediten z. B. für Schulen und Kindergärten werden Berechnungen nach der DIN V 18599 gefordert. Die DIN V 18599 erlaubt mit ihren zehn Teilen die Berechnung des Energiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung von Wohn- und Nichtwohngebäuden. Dabei kann sie sowohl als Planungsinstrument zur energetischen Optimierung und Bewertung von Neubauten als auch zur energetischen Bewertung bestehender Gebäude – etwa für die Erstellung eines Energieausweises – genutzt werden.

Im Oktober 2009 wurde zudem der Teil 100 der DIN V 18599 veröffentlicht, der neben einigen Änderungen an den bisherigen Normteilen insbesondere zusätzliche Nutzungsprofile enthält. Dieser Änderungsteil wurde mittlerweile in die komplette Neuherausgabe der Norm von Dezember 2011 eingearbeitet. Bei öffentlich-rechtlichen Nachweisen ist aufgrund statischer Verweise immer mit der in der EnEV genannten Version der Norm zu rechnen.

Die Anwendung des Regelwerks ist um einiges komplexer als das bisherige Verfahren, bietet aber als Ergebnis ein umfassenderes und detaillierteres Bild des Gebäudes als früher. Fachleute, die mit der 800 Seiten starken DIN V 18599 arbeiten wollen, sollten sich aber vorher intensiv mit ihr auseinandergesetzt haben. Denn die Nutzung von Software zur Gebäudebewertung erleichtert zwar den Umgang mit der Norm, setzt aber auch umfangreiches Hintergrundwissen voraus.

Das Kapitel »Nichtwohngebäude« behandelt daher vorrangig Fragen zu den Besonderheiten der Norm. Dabei werden vereinzelt auch Themenfelder aus vorangegangenen Kapiteln wieder aufgegriffen um beispielsweise Fragen und Antworten zur Energieeinsparverordnung mit besonderem Fokus auf die Nichtwohngebäude darzustellen.

## 2 Grundlagen und Systematik der DIN V 18599

### 2.1 Umrechnung von Einheiten

#### 2.1.1 Bei der Bilanzierung der Energie über einen Zeitraum können verschiedene Einheiten verwendet werden. Wie lassen sich diese ineinander umrechnen?

Die bilanzierte Energiemenge ist physikalisch »Arbeit« und kann in Joule angegeben werden.

Die Einheit Watt ist physikalisch »Leistung«, also Arbeit pro Zeit. Mit der Einheit Zeit kann daher die Einheit Watt (= Joule/Sekunde) auch für die »Arbeit« verwendet werden. Dies zeigen die folgenden Gleichungsreihen:

$$1.000 \text{ Joule} = 1 \text{ kJ} = 1.000 \text{ Ws} = 1 \text{ kW s} = \frac{1.000}{3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \text{ Ws} = 0,277 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ MJ} = 1.000.000 \text{ J} = 1 \text{ MJ} = \frac{10^6 \text{ Ws}}{3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} = 0,278 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ kWh} = \frac{1 \text{ kJh}}{\text{s}} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{\text{h}} = 3.600.000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

Da sich die bilanzierte Energie auf einen Zeitraum (Jahr oder Monat) bezieht, lautet die genaue Angabe z. B. kWh/Jahr.

#### Anwendungsbeispiel

Der Transmissionswärmeverlust über ein Jahr kann wie folgt berechnet werden:

$$Q_T = A \cdot U \cdot Gt \cdot 0,024$$

Fortsetzung von 2.1.1

Q:	Bilanzierung des Transmissionswärmeverlusts über ein Jahr in kWh (= Bezugslänge für die Gradtagzahl)
A:	Fläche in m <sup>2</sup>
U:	Wärmedurchgangskoeffizient in W/(m <sup>2</sup> K)
Gt:	Gradtagzahl in Kd
0,024:	Faktor zur Umformung auf die Einheit für Q

Einheiten der Gleichung:

$$kWh = m^2 \cdot \frac{W}{m^2K} \cdot Kd \cdot \underbrace{\frac{24 h}{d} \cdot \frac{k}{1000}}_{0,024}$$

## 2.2 Energetische Bewertung gemäß DIN V 18599

### 2.2.1 Für welche Bereiche ist die energetische Bewertung gemäß DIN V 18599 vorgesehen?

- Energetische Optimierung der Planung und darauf aufbauend eine Kostenoptimierung
- öffentlich-rechtlicher Nachweis nach EnEV
- Erstellung von Energieausweisen und Aktualisierung der Ausweise im Zuge von energetischen Sanierungen und baulichen Veränderungen.

### 2.2.2 Welche Randbedingungen müssen bekannt sein, um äußere und innere Wärme- und Kälteeinträge zu bilanzieren?

- Bilanzraum ist eine Gebäudezone.
- Die Berechnung erfolgt über einen durchschnittlichen Tag für jeden Monat. Die Randbedingungen werden als durchschnittliche Tagesmittelwerte eingesetzt.
- Alle Wärmequellen- und -senken werden für jeden Monat als Tageswerte berechnet. Sind innerhalb eines Monats unterschiedliche Randbedingungen für verschiedene Tage (z. B. Werktage, Ferienzeit etc.), so sind diese Zeiträume getrennt zu bilanzieren.
- Heizwärmebedarf und Kühlbedarf sind monatsweise zusammenzufassen.

### 2.2.3 Aus welchem Normenteil können die täglichen Betriebszeiten überwiegend entnommen werden?

Die täglichen Betriebszeiten können überwiegend der DIN V 18599-10 entnommen werden.

## 2.3 Bilanzgleichung Heizwärmebedarf / Kühlbedarf

### 2.3.1 Wie lautet die Formel zur Bilanzgleichung für den Heizwärmebedarf?

$$Q_{h, b} = Q_{\text{sink}} - \eta \cdot Q_{\text{source}} = \text{Wärmesenken minus nutzbare Wärmequellen}$$

### 2.3.2 Wie lautet die Formel zur Bilanzgleichung für den Kühlbedarf?

$$Q_{c, b} = (1 - \eta) \cdot Q_{\text{source}} = \text{nicht für Heizzwecke nutzbare Wärmequellen}$$

## 2.4 Nutzungsparameter bei reduziertem Wochenendbetrieb oder in Ferienzeiten

### 2.4.1 Welche Nutzungsparameter ändern sich bei Nichtwohngebäuden mit reduziertem Wochenendbetrieb oder Ferienzeit?

- Solltemperatur (über eine Wochenendabsenkung)
- Personenbelegung und interne Wärmequellen /-senken
- Nutzungsbedingter und mechanischer Luftwechsel
- tägliche Betriebszeit der Heizung und/oder Kühlung
- Betätigung des Sonnenschutzes.

## 2.5 Charakteristische Längen und Breiten

### 2.5.1 Wofür werden charakteristische Längen und Breiten benötigt?

Die charakteristische Länge und Breite wird nur für die vereinfachte Bestimmung der Verteilungslängen von Heizung, Trinkwarmwasser und sonstiger indirekt wärmeversorgter Systeme (Heizregister etc.) benötigt, die sich innerhalb des durch diese Größen definierten Versorgungsbereichs befinden. Dies kann beispielsweise ein Gebäude, ein Gebäudeteil oder eine Zone oder Teile von diesen sein.

DIN V 18599-5, Anhang B beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung dieser Größen: Weicht die Geometrie des betrachteten Bereichs von einem Rechteck ab, so ist der Bereich in Rechtecke zu zerlegen, wobei die Längen der einzelnen Rechtecke zu addieren ( $L = \sum L_i$ ) und die Breiten zu mitteln sind ( $B = \sum (L_i \cdot B_i) / L$ ). So ergibt sich jeweils eine charakteristische Länge  $L$  und eine charakteristische Breite  $B$  des betrachteten Bereichs.

In vielen Programmen kann einmalig die charakteristische Länge und Breite für das Gebäude bestimmt werden, welche dann für die Berechnung der Verteillängen herangezogen wird (z. B. für die Heizungsverteilungen, wenn das komplette Gebäude von einem Erzeuger über einen Heizkreis versorgt wird). Wenn eine Aufteilung des Versorgungsnetzes notwendig ist (z. B. eigener Erzeuger mit Verteilung jeweils im Altbaustrakt und Neubaustrakt eines gemeinsam betrachteten Gebäudes) so kann dies für die Zonen, Erzeuger, Kreise und Rohrabschnitte nochmals genauer spezifiziert werden (Quelle: Heilmann Software).

## 2.6 Ermittlung des beheizten Volumens

**2.6.1 Das beheizte Volumen wird mit einer Höhe von Oberkante Rohbodenplatte bis Oberkante letzte wärmetechnisch wirksame Schicht des oberen Gebäudeabschlusses berechnet. Warum ist in DIN V 18599-1, Bild 7, Modell 1, Zone 4 doch bis Unterkante Bodenplatte vermaßt?**

Nach dieser Darstellung muss bei beheizten, ans Erdreich grenzenden Zonen bis zur Unterkante der Bodenplatte gerechnet werden. Hier ist sich die Fachwelt aber nicht ganz einig (siehe auch den Artikel »Die wärmeübertragende Umfassungsfläche – Fragwürdiges Grenzgebiet«, Gebäudeenergieberater 06-2008). Für die Gesamtbewertung des Gebäudes dürfte der Unterschied im Primärenergiebedarf, der durch verschiedene Flächen- und Volumenberechnungen (Oberkante oder Unterkante Bodenplatte) entsteht, sehr gering sein.

## 2.7 Abgehängte Decken

**2.7.1 Für die vertikalen Bezugsmaße gilt als obere Begrenzung jeweils die Oberkante der Rohdecke des darüber liegenden Geschosses. Die untere Begrenzung ist die unterste Rohdecke der Zone. Welche Rolle spielen abgehängte Decken bei der Bilanzierung nach DIN V 18599?**

In DIN V 18599-1, Abschnitt 3.1.19 ist das Nettoraumvolumen definiert. Für die Berechnung des Nettovolumens sind abgehängte Decken relevant, denn dieser Wert wird aus der Nettogrundfläche durch Multiplikation mit der lichten Raumhöhe ermittelt. Die lichte Raumhöhe ist die Höhendifferenz zwischen der Oberkante des Fußbodens und der Unterkante der Geschosdecke bzw. einer abgehängten Decke. Das Nettovolumen wird in der Bilanz z. B. bei der Berechnung des Luftvolumenstroms aus Luftwechselzahlen benötigt (Quelle: Heilmann Software).

## 2.8 Berücksichtigung des Sonnenschutzes

**2.8.1 Mit »g-Wert« der Fenster ist » $g_{\text{senkrecht}}$ « mit z. B. 0,60 gemeint. Eine Sonnenschutzeinrichtung ist nicht vorhanden. Was wird für  $g_{\text{total}}$  eingegeben?**

Über eine Formel kann  $g_{\text{total}}$  nicht berechnet werden, sondern nur in Abhängigkeit des angesetzten Sonnenschutzes aus der Tabelle 5 Normteil 2 ablesen werden. Ist kein Sonnenschutz vorhanden, erfolgt keine Abminderung des g-Wertes.

## 2.9 Angaben zur Windabschirmung

### 2.9.1 Wo sind Angaben zu Windabschirmung, Windabschirmfaktoren, Windabschirmklassen zu finden?

In der Regel kann die Windabschirmung selbst abgeschätzt werden (keine, mittlere oder starke Abschirmung). Eine genaue Definition des »Windschutzkoeffizient« ist in DIN V 18599 mit Verweis auf die DIN EN ISO 13790 zu finden.

## 2.10 Berechnung Schwimmbad mit manuellem Nutzungsprofil

### 2.10.1 Für ein Projekt wird ein Schwimmbad betrachtet. Dafür steht bisher kein eigenes Nutzungsprofil zur Verfügung, sodass ein individuelles Profil entwickelt werden muss:

- Bei einem Schwimmbad entstehen neben dem »normalen« Trinkwarmwasserbedarf durch Duschen etc. weitere Warmwassermengen durch Austausch und Erwärmung von Beckenwasser. Wie ist dies rechnerisch anzusetzen? Muss dieser Energiebedarf auf den Trinkwarmwasser-Bedarf aufgeschlagen werden? Oder kann dies bei der Heizung berücksichtigt werden?
- Wie ist bei der Gebäudehülle die Beckenfläche zu betrachten: Als Wärmequelle oder Wärmesenke? Muss sie als Bauteilfläche berücksichtigt werden oder kann man sie als »wärmeabgebende Fläche« z. B. zum Keller evtl. sogar vernachlässigen?

Hier liegt ein allgemeines Problem vor: Was ist energetisch für das Gebäude relevant? Beispiel Server: Dessen Stromverbrauch wird in die energetische Bilanz nicht mit einbezogen, wohl aber seine internen Lasten. Auf das Schwimmbad übertragen würde das bedeuten, dass der Warmwasser- und Energieverbrauch durch das Becken nicht mit berechnet wird, dafür aber die internen Lasten im Profil angegeben werden. Die Duschen können über den Trinkwarmwasserbedarf angesetzt werden.

Das ist allerdings nur eine Meinung, wie das Problem angegangen werden kann. Eine grundsätzliche Entscheidung durch den Normungsausschuss wäre dringend notwendig (Quelle: Heilmann Software).

Auch die Neuherausgabe der DIN V 18599 von 12-2011 enthält kein Nutzungsprofil für Schwimmbäder. Der Normungsausschuss beabsichtigt, für Schwimmbäder einen eigenen Normteil zu entwickeln.

---

## 3 Nichtwohngebäude in der EnEV

### 3.1 Definition der »Nettogrundfläche«

#### 3.1.1 Auf welche Fläche beziehen sich die Werte »Nettogrundfläche« (Gesamt-Nettogeschossfläche oder nur thermische konditionierte Flächen)?

Nach § 2, Punkt 15 der EnEV ist die NGF (nach anerkannten Regeln der Technik) anzusetzen, die beheizt oder gekühlt wird. Thermisch nicht konditionierte Fläche bleiben bei EnEV-Berechnungen unberücksichtigt.

### 3.2 Luftmengenangabe bei Lüftungsanlagen (EnEV Nachweis)

#### 3.2.1 Wie ist die Vorgehensweise bei abweichenden Volumenströmen bei der Berechnung eines EnEV-Nachweises? Die Abweichungen treten auf zwischen EnEV, Nutzerprofil nach DIN V 18599 und Fachplanung. Welcher Wert ist für den Nachweis anzunehmen?

Nach EnEV Anlage 2 Abschnitt 2.2.2: *»Für Nutzungen die nicht in DIN V 18599-10:2007-02 aufgeführt sind, kann die Nutzung Nr. 17 der Tabelle 4 in DIN V 18599-10:2007-02 (sonstige Aufenthaltsräume) verwendet werden.*

*Abweichend davon kann eine Nutzung auf Grundlage der DIN V 18599-10:2007-02 unter Anwendung gesicherten allgemeinen Wissensstandes individuell bestimmt und verwendet werden (Bsp. nach Fachplanung, Betriebsinformationen oder messtechnische Bestimmung).*

*Die gewählten Angaben sind zu begründen und dem Nachweis beizufügen (siehe auch Formblatt Anhang C, Teil 10).«*

Das bedeutet, im öffentlich-rechtlichen Nachweisverfahren darf von dem Nutzungsprofil-Standard abgewichen werden, wenn die Nutzung im Teil 10 nicht aufgeführt ist. Ist das Nutzungsprofil im Teil 10 aufgeführt, muss es unverändert angesetzt werden (Quelle: Heilmann Software).

### 3.3 Differenzierung Wohn-/Nichtwohngebäude

#### 3.3.1 Wie sind Unterkunftsgebäude in Bundeswehrkasernen zu betrachten?

Unterkunftsgebäude der Bundeswehr können als Nichtwohngebäude betrachtet werden, da sie vorrangig nur zur Übernachtung dienen. Eine Nutzung am Wochenende findet ebenfalls kaum statt.

### 3.4 Zonierung von Arztpraxen

#### 3.4.1 Wie ist bei einem Nichtwohngebäude mit Arztpraxen die Zonierung vorzunehmen? So gibt es z. B. in einer Arztpraxis viele unterschiedliche Räume wie Anmeldung, Warten, Behandlung, Untersuchung, Labor, Röntgen etc.

Durch die Änderungen des Teils 100 zur DIN V 18559 vom Oktober 2009 wird der Teil 10 um Nutzungsprofile ergänzt, die auch eine Zonierung von Arztpraxen erlaubt. Diese sind auch in der Neuherausgabe von 12-2011 zu finden.

## 3.5 Vereinfachungen bei der Zonierung

### 3.5.1 Welche Vereinfachungen gelten bei der Zonierung eines Gebäudes?

Zur Vereinfachung der Gebäudebilanz sollen nach DIN V 18599-1 nur so viele Zonen gebildet werden, »dass die wichtigsten energetischen Unterschiede innerhalb des Gebäudes angemessen berücksichtigt werden können. Zu viele Zonen sind zu vermeiden, da sie den Berechnungsaufwand erheblich erhöhen können, ohne das Bilanzierungsergebnis in entsprechender Weise zu verbessern.«

#### Grundsätzliche Vorgehensweise:

1. Bildung von Bereichen gleicher Nutzung z. B. Büro, Klassenzimmer, Sanitär
2. Unterteilung nach zusätzlichen Teilungskriterien z. B. unterschiedliche Konditionierungen (Beleuchtung, Heizen, Kühlen), unterschiedliche Funktionen der RLT-Anlage, Fassadenausführungen
3. Zusätzliche Zonenteilungskriterien für klimatisierte Zonen

Bei der Zonierung können zudem folgende Vereinfachungen getroffen werden:

- Zusammenfassen von Nebenflächen (Die Nutzungsprofile 19 und 20 dürfen in Profil 18 zusammengefasst werden)
- Flächen unter 3 % der Gesamtfläche dürfen übergeordneter Nutzung zugeschlagen werden, sofern die inneren Lasten der Zonen sich nicht erheblich unterscheiden.
- Zusammenfassen von Zonen, zwischen denen ein hoher Luftwechsel besteht

*»Das Ziel der Zonierung ist, jeweils jene Bereiche eines Gebäudes (zu einer Zone) zusammenzufassen, für die sich ähnliche Nutzenergiemengen ergeben, bzw. im Falle der Heizung/Kühlung ähnliche Wärmequellen und Wärmesenken... Das Prinzip der Zonierung ist ein Ausschlussprinzip, mit dem Ziel, möglichst homogene Gebäudebereiche zusammenzufassen und anschließend zu bilanzieren.«* (Die Frage und Antwort beruhen auf Informationen Heilmann Software – die Zitate im ersten und letzten Abschnitt dieser Antwort in »Anführungsstrichen« sind ein Auszug aus DIN V 18599-1 Abschnitt 6).

## 3.6 Nichtwohngebäude als Einzonenmodell

### 3.6.1 Wann können Nichtwohngebäude nach EnEV im vereinfachten Verfahren als Einzonenmodell abgebildet werden?

Das vereinfachte Verfahren gilt für

- Bürogebäude, ggf. mit Verkaufseinrichtung, Gewerbebetrieb oder Gaststätte
- Gebäude des Groß- und Einzelhandels mit höchstens 1.000 m<sup>2</sup> Nettogrundfläche, wenn neben der Hauptnutzung nur Büro-, Lager-, Sanitär- oder Verkehrsflächen vorhanden sind
- Gewerbebetriebe mit höchstens 1.000 m<sup>2</sup> Nettogrundfläche, wenn neben der Hauptnutzung nur Büro-, Lager-, Sanitär- oder Verkehrsflächen vorhanden sind
- Schulen, Turnhallen, Kindergärten und -tagesstätten und ähnliche Einrichtungen
- Beherbergungsstätten ohne Schwimmhalle, Sauna oder Wellnessbereich
- Bibliotheken.

In Fällen des Satzes 1 kann das vereinfachte Verfahren angewendet werden, wenn

- die Summe der Nettogrundflächen aus der Hauptnutzung gemäß Tabelle 4 Spalte 3 und den Verkehrsflächen des Gebäudes mehr als zwei Drittel der gesamten Nettogrundfläche des Gebäudes beträgt
- in dem Gebäude die Beheizung und die Warmwasserbereitung für alle Räume auf dieselbe Art erfolgen
- das Gebäude nicht gekühlt wird
- höchstens 10% der Nettogrundfläche des Gebäudes durch Glühlampen, Halogenlampen oder durch die Beleuchtungsart »indirekt« nach DIN V 18599-4:2007-02 beleuchtet werden
- außerhalb der Hauptnutzung keine raumlufttechnische Anlage eingesetzt wird, deren Werte für die spezifische Leistungsaufnahme der Ventilatoren die entsprechenden Werte in Tabelle 1 Zeilen 5.1 und 5.2 überschreiten.

Abweichend von Satz 2 kann das vereinfachte Verfahren auch angewendet werden, wenn

- nur ein Serverraum gekühlt wird und die Nennleistung des Gerätes für den Kältebedarf 12 kW nicht übersteigt

oder

- in einem Bürogebäude eine Verkaufseinrichtung, ein Gewerbebetrieb oder eine Gaststätte gekühlt wird und die Nettogrundfläche der gekühlten Räume jeweils 450 m<sup>2</sup> nicht übersteigt.

## 3.7 Berücksichtigung des Fensterflächenanteils bei der Zonierung

**3.7.1 Bei der Zonierung eines Gebäudes stellt sich die Frage, ob zwei Räume mit unterschiedlichem Fensterflächenanteil auch zwei unterschiedlichen Zonen zugerechnet werden müssen. Es wird in Teil 1 Bild 4 gezeigt, dass nach Glasflächenanteilen < 25 % usw. unterschieden werden muss. Wie errechnet sich dieser Flächenanteil?**

Zunächst einmal muss die weitere Zonierung nach dem Glasflächenanteil nur dann vorgenommen werden, wenn es sich um eine klimatisierte Gebäudezone handelt. In einem solchen Fall muss u. a. nach dem Glasflächenanteil unterteilt werden, wie aus Tabelle 6, Zeile 5 im Teil 1 der DIN V 18599 hervorgeht.

Wie dieser Glasflächenanteil definiert ist, ist in der Norm nicht beschrieben. Da sich Tabelle 6 aber ausdrücklich auf »an Fassaden grenzende Räume (bzw. Grundflächenanteile)« bezieht, kann davon ausgegangen werden, dass sich der Glasflächenanteil hier auf die Grundfläche (NGF) des zugeordneten Raumes bzw. Bereichs beziehen soll.

## 3.8 Berücksichtigung einer unbeheizten Zone

### 3.8.1 Wie kann mit der DIN V 18599 eine unbeheizte Zone im Gebäude berücksichtigt werden?

Zur Abbildung dieser Situation gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Die unbeheizte Zone wird nicht modelliert (z. B. Drempeigeschoss oder Keller). Ihre Temperatur wird über Temperaturkorrekturfaktoren ( $F_x$ -Werte) ermittelt. Dies hat den Vorteil, dass die Bauteile der unbeheizten Zone nicht im Programm eingegeben werden müssen. Die Verwendung von  $F_x$ -Werten ist allerdings nach DIN V 18599-2, Abschnitt 6.1.4 nur für die Heizwärmebedarfsbilanz und nicht im Kühlfall zulässig.
- Ebenfalls nur für den Heizfall können Wärmeströme durch angrenzende unbeheizte Räume auch im Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) des Trennbauteils nach außen gemäß DIN EN ISO 6946 berücksichtigt werden.
- Die Temperatur des unbeheizten Raumes wird aus den Wärmequellen und -senken berechnet. Dies ist im Kühlfall beim Nachweis zwingend notwendig. Im Heizfall kann diese detaillierte Vorgehensweise auf freiwilliger Basis angewendet werden. Für Wärmeströme über das Erdreich muss in diesem Fall die DIN EN ISO 13370 verwendet werden. Bei dieser Vorgehensweise müssen die thermisch relevanten Zonenbauteile vollständig im Programm eingegeben werden (Quelle: Heilmann Software).

## 3.9 Berücksichtigung von unbeheizten / ungekühlten Zonen im EnEV-Nachweis

### 3.9.1 Werden unbeheizte / ungekühlte Räume im EnEV-Nachweis erfasst?

Unbeheizte/ungekühlte Räume werden im EnEV-Nachweis nicht erfasst.

## 3.10 Energiekennwerte unbeheizter / ungekühlter Flächen

**3.10.1 Für die Ermittlung des Energiebedarfskennwertes (z. B. Endenergiebedarf für Gas pro Quadratmeter) ist der Flächenbezug entscheidend. Werden nur die konditionierten Flächen mit einbezogen, liegt die Energiebedarfskennzahl höher, als wenn auch nicht konditionierte Flächen berücksichtigt werden. Welcher Ansatz ist zu empfehlen?**

Wenn unbeheizte Flächen einbezogen werden, erhöht sich die NGF (Energiebezugsfläche), ohne dass damit auch ein großer Energiebedarf hinzukommt. Der Wert pro m<sup>2</sup> NGF ist somit niedriger. Daher ist dies nach EnEV auch nicht zulässig.

Bei einer Energieberatung unter Verwendung der DIN V 18599 können unbeheizte Flächen jedoch in die Berechnung mit einbezogen werden, um z. B. Aussagen zur Beleuchtung der unbeheizten Räume zu treffen.

## 3.11 Berücksichtigung von Innenwänden

### 3.11.1 Müssen bei der Eingabe von Bauteilen bei Nichtwohngebäuden generell sämtliche Innenwände berücksichtigt werden?

- Nein, nach DIN V 18599-2, Abschnitt 6.1.4 werden Wände innerhalb einer Gebäudezone bei der Transmission nicht berücksichtigt. Trennwände zwischen Zonen sind erst dann thermisch relevant, wenn sich die Raumsolltemperaturen bzw. die Zoneninnentemperaturen bei unbeheizten Zonen um mehr als 4 Kelvin unterscheiden.
- Trennwände zwischen Zonen bzw. Gebäuden müssen also nur berücksichtigt werden, wenn die angrenzenden Zonen deutlich niedrigere Raumsolltemperaturen aufweisen, oder wenn unbeheizte Zonen oder Gebäude benachbart sind.

### 3.11.2 In Nichtwohngebäuden gibt es ganz oft innen liegende unbeheizte Flure bzw. Flure ohne Heizkörper. Theoretisch wäre das ein unbeheizter Bereich mit mehr als 4 K Temperaturunterschied zu den angrenzenden Büroräumen. Müssen diese trennenden Bauteile zwischen den unbeheizten Fluren und den beheizten Räumen alle ermittelt werden?

Die getrennte Betrachtung der »unbeheizten« Flure ist häufig sehr aufwendig ohne sich dabei gravierend auf das Berechnungsergebnis auszuwirken. Solche Flure sollten daher in der Regel als normal beheizt angesetzt werden. Denkbar ist auch die Annahme, dass der Luftaustausch zwischen den Büros und dem Flur so hoch ist, dass dieser als thermisch konditioniert betrachtet werden kann und somit zwar als gesonderte Zone »Flur« in die Bilanzierung einfließt, allerdings ohne den zusätzlichen Aufwand die trennenden Bauteile zu erfassen, da es dann keinen Temperaturunterschied mehr gibt.

Das ist auch nach EnEV zulässig, wenn man sich auf diese Begriffsbestimmung im § 2 beruft: *»Im Sinne dieser Verordnung... sind beheizte Räume solche Räume, die aufgrund bestimmungsgemäßer Nutzung direkt oder durch Raumverbund beheizt werden«.*

## 3.12 Solltemperaturen von 21 °C in Nichtwohngebäuden

### 3.12.1 In Nichtwohngebäuden wird im Nutzungsprofil eine Solltemperatur von 21 °C angegeben. Wie ist das zu berücksichtigen?

Für den EnEV-Nachweis bzw. Energieausweis müssen alle beheizten Räume mit der im Nutzungsprofil genannten Temperatur berechnet werden. Dort wird in der Regel ein Wert von 21 °C angesetzt. Bei niedrig beheizten Räumen können 17 °C angesetzt werden, dann müssten allerdings auch die Bauteile zwischen den Zonen betrachtet werden.

## 3.13 Einteilung der Zonen nach Beleuchtungskriterien

### 3.13.1 Wie ist bei der Zonierung eines Gebäudes mit unterschiedlichen Nutzungsanforderungen hinsichtlich der Beleuchtung umzugehen?

Die Nutzungsanforderungen gehen aus dem Nutzungsprofil hervor, so dass beim Energieausweis keine Einflussmöglichkeit besteht. Wenn unterschiedliche Beleuchtungseinrichtungen vorhanden sind, sollten die Zonen entsprechend in Beleuchtungsbereiche unterteilt werden.

### 3.13.2 Wie ist bei der Zonierung eines Gebäudes mit unterschiedlicher Tageslichtversorgung umzugehen?

Die unterschiedliche Tageslichtversorgung wird ebenfalls über verschiedene Beleuchtungsbereiche innerhalb einer Zone dargestellt.

### 3.14 Berücksichtigung der vorhandenen Anlagentechnik bei Gebäudeerweiterung

**3.14.1 Bei einem Nichtwohngebäude ist ein Anbau geplant, der über die vorhandene Heizung mit versorgt werden soll, der EnEV-Nachweis erfolgt nur für den Neubau. Wie ist die vorhandene Heizung einzugeben?**

Es gibt folgende Möglichkeiten:

- die Beheizung aus dem Bestandsgebäude als Fernwärmelieferung ansetzen oder
- die gleiche Anlage fiktiv nochmals für den Neubauteil einrechnen (als Aufstellung im unbeheizten Raum), mit einer reduzierten Leistung, die der für den Neubauanteil erforderlichen Leistung entspricht.

### 3.15 Ausstellung eines Energieausweises für Altbau mit Neubauerweiterung

**3.15.1 Ein bestehendes Gebäude wird umgebaut/saniert und um einen Neubau erweitert. Im Nachweis werden um 40 % erhöhte zulässige Werte gemäß § 9 EnEV angesetzt. Ist diese Vorgehensweise zulässig, besonders dann, wenn der Altbau nur 30 % des Gesamtgebäudes umfasst?**

Wenn die durch den neu zu errichtenden Anbau hinzukommende Nutzfläche mehr als 50 m<sup>2</sup> beträgt, ist wie folgt vorzugehen:

- Es sind zwei EnEV-Nachweise zu erstellen.
- Für den Anbau ist nachzuweisen, dass dieser die Anforderungen an zu errichtende Gebäude einhält (ohne die 140 %-Regel des § 9). Wenn der Anbau die bestehende Anlagentechnik (insbesondere Wärmeerzeugung) des Altbaus mit nutzt,
- Für die Sanierung des bestehenden Gebäudes stehen nach § 9 zwei Nachweisverfahren zur Auswahl. Entweder das Bauteilverfahren (Einhaltung der U-Werte nach Anlage 3, Tabelle 1 der EnEV) oder die 140 %-Regel.

## 3.16 Definition »beheizte Räume«

**3.16.1 Ab wann gilt ein Raum als beheizt? Früher waren es  $\geq 12$  °C. Es gibt ja auch Räume, die z. B. nur auf 5 °C gehalten werden also auch geringfügig beheizt werden.**

Nach der Definition der EnEV müssen alle Räume im Nachweis betrachtet werden, die für mehr als 4 Monate pro Jahr auf mindestens 12 °C beheizt werden. Alle weiteren Räume werden in der Berechnung nicht berücksichtigt.

## 3.17 RLT-Anlage nur mit Kühlfunktion, ohne Heizung

**3.17.1 Wie kann der Nachweis für ein Gebäude, das mit einer RLT-Anlage zwar gekühlt, jedoch nicht beheizt wird, erbracht werden?**

Die DIN V 18599 kennt keine Lüftungsanlage die nur eine Kühlfunktion hat (Quelle: Heilmann Software).

## 3.18 Nutzungsstunden für Beheizung und Kühlung

**3.18.1 Gibt es veröffentlichte Erfahrungswerte zu Vollnutzungstunden der Raumheizung/ -kühlung in Abhängigkeit der Nutzung?**

In den Nutzungsprofilen der DIN V 18599-10 sind die Betriebszeiten der Heizung und Kühlung für die jeweiligen Nutzungen zu finden. Diese können als Anhaltspunkt dienen.

## 3.19 Server-/ EDV-Räume in Schulgebäuden

**3.19.1 Ein Schulgebäude besitzt einen Serverraum und mehrere EDV-Räume, die gekühlt werden sollen. Die EDV-Räume sind ansonsten wie die restlichen Klassenräume konditioniert. Wie ist die Zonierung zu sehen?**

**Müssen Serverraum und EDV mit Nutzungsprofil Serverraum zusammengefasst werden oder sollte man die EDV-Räume als Klassenräume betrachten?**

Nach den Zonierungsregeln der DIN V 18599-1 sind alle Gebäudezonen, die sich hinsichtlich Ihrer Konditionierung unterscheiden, als separate Zonen zu führen. Dies trifft für normale Klassenzimmer und EDV-Räume zu, da sie sich in der Konditionierung Kühlung unterscheiden. Nachdem die EDV-Räume vermutlich höhere interne Lasten aus Arbeitsmitteln aufweisen als die ungekühlten »normalen Serverräume« ist zur Abschätzung des Kühlbedarfs eine Anpassung der Nutzungsprofile notwendig (siehe EnEV, Anlage 2, Kapitel 2.2.2, Satz 2).

Der Serverraum kann entweder als separate Zone angelegt werden (da hier oft keine Bauteile zu modellieren sind und ein Standardnutzungsprofil für Serverräume existiert, ist dies sehr einfach). Gegebenenfalls lässt sich einfach überprüfen, ob die meist recht kleine Serverraumfläche nicht einer übergeordneten Zone zugeschlagen werden kann.

In der DIN V 18599-1, Kapitel 6.2 steht: *»Bis zu einem Anteil von 3 % der Gesamtfläche des Gebäudes dürfen Grundflächen anderen Zonen zugeschlagen werden, sofern sich die inneren Lasten der Zonen nicht erheblich unterscheiden.«*

Die Zone mit der geringsten Unterscheidung wären in diesem Fall dann die EDV-Räume, hier kämen dann auch die internen Lasten am ehesten hin (Quelle: Heilmann Software).

## 3.20 Kühlung – vereinfachtes Verfahren nach EnEV

### 3.20.1 Wie ist die Kühlung beim vereinfachten Verfahren für Nichtwohngebäude nach EnEV geregelt?

Grundsätzlich können mit dem vereinfachten Verfahren (Ein-Zonen-Modell) nach EnEV Anlage 2 Abschnitt 3 nur ausschließlich beheizte Gebäude bewertet werden. Es gibt jedoch Ausnahmen wie gekühlte Serverräume, sofern die Nennleistung des Kühlgeräts nicht größer als 12 kW ist. Kommt hier das vereinfachte Verfahren zum Einsatz, wird die Kühlung in der Bilanz nicht berücksichtigt. Satt dessen wird am Ende der Primärenergiebedarf (Ist-Zustand und Referenzgebäude) pauschal um 650 kWh/m<sup>2</sup>a bezogen auf die gekühlte Nettogrundfläche des Serverraums erhöht. Außerdem wird beim vereinfachten Verfahren am Ende der Gesamtprimärenergiebedarf und der  $H'_T$ -Wert um zehn Prozent erhöht (Quelle: Heilmann Software).

## 3.21 Änderung der Nutzungsrandbedingungen

**3.21.1 Die EnEV Anlage 2 Pkt. 2.2 sagt aus, dass Nutzungsrandbedingungen nur individuell bestimmt werden dürfen, wenn die Nutzung nicht in Teil 10 der DIN V 18599 aufgeführt ist. Einige Nutzungen (Werkstatt, Lagerräume, Treppenhäuser) sind im Teil 10 genannt, aber entsprechen nicht den üblichen Randbedingungen.**

**Warum können Lagerräume und Treppenhäuser in den Nutzungsrandbedingungen mit 21 °C beschrieben werden? Müssen in diesem Fall die Nutzungsrandbedingungen geändert werden?**

Es ist möglich hier ein »niedrig beheiztes Standardprofil« verwenden. Damit bleiben alle Angaben gleich, nur die Temperatur wird auf 17 °C reduziert. Dem entsprechend müssen dann die Trennwände und Decken zwischen diesen niedrig beheizten Bereichen und den normal beheizten Zonen in der Berechnung erfasst werden.

## 3.22 Halle (> 50 m<sup>2</sup>) mit Raumsolltemperatur unter 19 °C

### 3.22.1 Die Standardnutzungsprofile weisen eine Raumsolltemperatur von 21 °C auf. Wie wird nach DIN V 18599 eine Halle mit einer Nutzfläche über 50 m<sup>2</sup> und einer Raumsolltemperatur unter 19 °C modelliert?

Nachdem in der EnEV die Kategorien »Gebäude und Gebäudeteile mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall  $\geq 19\text{ °C}$ « und »Gebäude und Gebäudeteile mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall von 12 bis  $< 19\text{ °C}$ « definiert sind, ist davon auszugehen, dass hier die Raumsolltemperatur des Standardnutzungsprofils (z. B. Nutzungsprofil 22 – Werkstatt, Montage, Fertigung) durchaus angepasst werden darf. Nach DIN V 18599-10, Tabelle 5, Fußnote a) kann bei einer Nutzung mit niedrigen Innentemperaturen, die im Heizfall Raum-Solltemperaturen unter 19 °C aufweist, eine Temperatur von 17 °C angesetzt werden (Quelle: Heilmann Software).

## 3.23 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes bei nicht konditionierten Räumen

### 3.23.1 Ist der Nachweis zum sommerlichen Wärmeschutz auch bei nicht konditionierten Räumen (ohne Arbeitsplatz) und bei Bestandsmodernisierungen zu erbringen?

Nein, der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach EnEV muss nur für konditionierte Räume geführt werden, und das nur im Neubau.

## 4 Gebäudesubstanz/ Bauphysik

### 4.1 Abhängigkeit des $F_x$ -Wertes vom Wärmeschutz der Bodenplatte

4.1.1 Die Temperatur einer angrenzenden unbeheizten oder gekühlten Zone ist in DIN V 18599 Teil 2 im Abschnitt 6.1.3 beschrieben. Darin ist auch die Verwendung des Temperatur-Korrekturfaktors  $F_x$  beschrieben.

Die Wärmestromdichte durch ein ebenes Bauteil ist unter Verwendung des Temperatur-Korrekturfaktors generell wie folgt definiert:

$$q = U \cdot F_x \cdot (\vartheta_i - \vartheta_e) \quad [\text{Gl. 1}].$$

Je kleiner  $F_x$  ist, umso geringer ist – wenn alle anderen Angaben gleich sind – der Wärmestrom.

In Tabelle 3 der DIN V 18599-2, sind die Temperatur-Korrekturfaktoren  $F_x$  von verschiedenen Bauteilen aufgelistet. Ein Auszug aus der Tabelle zeigt das nachfolgende Bild:

Zeile	Wärmestrom nach außen über	$F_x$	Temperatur-Korrekturfaktor $F_x^f$					
			B <sup>a</sup>					
	Bauteile des unteren Gebäudeabschlusses <sup>h</sup>		< 5 m		5 m bis 10 m		> 10 m	
			$R_f$ bzw. $R_w^b$	$R_f$ bzw. $R_w^b$	$R_f$ bzw. $R_w^b$	$R_f$ bzw. $R_w^b$	$R_f$ bzw. $R_w^b$	$R_f$ bzw. $R_w^b$
	Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich:		≤ 1	> 1	≤ 1	> 1	≤ 1	> 1
9	– Fußboden des beheizten Kellers	$F_G$	0,30	0,45	0,25	0,40	0,20	0,35
10	– Wand des beheizten Kellers	$F_G$	0,40	0,60	0,40	0,60	0,40	0,60
			$R_f$		$R_f$		$R_f$	
			≤ 1	> 1	≤ 1	> 1	≤ 1	> 1

$R$  ist der Wärmedurchlasswiderstand der betreffenden Bauteile

$$R = \sum_i \left( \frac{s}{\lambda} \right)_i \quad \text{in} \quad \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Warum ist der Temperatur-Korrekturfaktor kleiner, wenn der Wärmeschutz der Bauteile schlechter ist? Sagt [Gl.1] nicht gerade das Gegenteil aus?

Fortsetzung von 4.1.1

Der Temperatur-Korrekturfaktoren stellt eine pauschalisierte »Umrechnung« der Umgebungstemperatur dar. Wenn die tatsächliche Umgebungstemperatur  $V_x$  ist, dann wird der  $F_x$ -Wert wie folgt festgelegt:

$$q = U \cdot F_x \cdot (\vartheta_i - \vartheta_e)$$

Diese Gleichung nach  $V_x$  aufgelöst ergibt:

$$\vartheta_x = \vartheta_i - F_x \cdot (\vartheta_i - \vartheta_e) \quad [\text{Gl. 2}]$$

Nach [Gl. 2] ist die Differenz der tatsächlichen Umgebungstemperatur zur Innentemperatur umso größer, je größer der  $F_x$ -Wert ist. Wenn das Bauteil besser gedämmt ist ( $R > 1$ ), ist  $F_x$  größer, als bei schlechterer Dämmung.

Daher ist es richtig, dass bei besser gedämmten Bauteilen der Temperatur-Korrekturkoeffizient höher ist. Der  $F_x$ -Wert sagt alleine nichts über den Wärmestrom aus. Für die Bestimmung des Wärmestroms ist der U-Wert maßgeblich. In diesem Zusammenhang ist es verständlich, dass z. B. bei einem Fußboden (siehe roten Kreis in der obigen Tabelle) mit schlechter Dämmung der  $F_x$ -Wert 0,3 beträgt, während er bei guter Dämmung den »schlechteren« Wert von 0,45 hat.

## 4.2 Berücksichtigung der Randdämmung von Bodenplatten

### 4.2.1 Wie wird die Randdämmung einer Bodenplatte (5 m breit waagrecht oder 2 m tief senkrecht) berücksichtigt? Wird in diesen Fällen tatsächlich ein Streifen Gelände rund um das Gebäude 5 m breit gedämmt oder ein 2 m tiefer Graben unterhalb der Bodenplatte gedämmt?

Diese Einstellungen kommen aus dem Mindestwärmeschutz. Bei großen Hallen wird die Bodenplatte oft nicht gedämmt, da unter großen Bodenplatten die Wärme ja quasi »gefangen« bleibt. Um dennoch den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108, Teil 2 einzuhalten reicht es aus, wenn bei diesen Gebäuden der äußere Rand der Bodenplatte in einer Breite von 5 Metern gedämmt wird (von der Außenkante der Bodenplatte nach innen). Alternativ kann auch um die Bodenplatte herum eine »Frostschürze« 2 m tief ins Erdreich eingebaut werden. Beides wirkt sich in der Berechnung dadurch aus, dass der  $F_x$ -Wert reduziert wird. Eine Randdämmung kann jedoch nur bei ansonsten ungedämmten Bodenplatten angesetzt werden. Bei vollflächig gedämmten Bodenplatten ist zur Ermittlung des  $F_x$ -Wertes die Option »ohne Randdämmung« zu wählen.

## 4.3 Ermittlung des $F_x$ -Wertes bei Teilbereichen von Bodenplatten

### 4.3.1 Wie wird der untere Gebäudeabschluss in den einzelnen Zonen berücksichtigt? Ist es erforderlich, je Zone die Gesamtfläche und den Gesamtumfang der Bodenplatte einzugeben?

Ja, zu jedem Teilbereich der Bodenplatte in den einzelnen Zonen wird bei der Ermittlung des Bodenplattenmaßes  $B'$  immer die Fläche der gesamten Bodenplatte (erdreichberührte Fläche des Gebäudes) und auch der gesamte Umfang der Bodenplatte angesetzt. Damit ist sichergestellt, dass die einzelnen Stückchen der Bodenplatte alle mit dem gleichen  $F_x$ -Wert bewertet werden. Da die  $F_x$ -Werte sich bei kleineren Bodenplatten verschlechtern, würde sich eine Eingabe je Zone negativ auf die Gesamtbilanz auswirken.

## 4.4 Hinweise zur DIN 13370 und zum unteren Gebäudeabschluss

### 4.4.1 Wann muss der untere Gebäudeabschluss erfasst werden?

Der untere Gebäudeabschluss muss grundsätzlich erfasst werden, wenn in der Zone Bauteile vom Typ »Kellerwand/Wand gegen Erdreich«, »Bodenplatte gegen Erdreich«, »Kellerboden« oder »aufgeständerte Bodenplatte« vorhanden sind. Aber: Keine Regel ohne Ausnahme! Im Heizfall ist die Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren möglich, für den Kühlfall muss immer mit DIN 13370 gerechnet werden (Quelle: Heilmann Software).

## 4.5 Anforderungen an Bodenplatten nach EnEV 07/09

### 4.5.1 Welche Anforderungen werden nach Energieeinsparverordnung an Bodenplatten gestellt?

In der Energieeinsparverordnung gibt es im Neubau keine konkrete Anforderung an den U-Wert von Bodenplatten, sondern nur an den U-Quer-Wert aller opaken Bauteilflächen. Dieser darf bei normal beheizten Gebäudezonen  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  nicht überschreiten. Man kann also eine gering oder gar nicht gedämmte Bodenplatte im EnEV-Nachweis mit der Dämmung der restlichen opaken Bauteile »ausgleichen«.

Bei der Berechnung des U-Quer-Wertes werden Bodenplatten zusätzlich mit dem Faktor 0,5 gewichtet, da gegen Erdreich geringere Wärmeverluste entstehen als gegen Außenluft. Zudem die Bereiche der Bodenplatte, die mehr als 5 m vom äußeren Rand des Gebäudes entfernt sind nicht in die Berechnung des U-Quer-Wertes ein.

Davon unabhängig muss aber immer der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 eingehalten werden. In Tabelle 3 der DIN 4108-2 ist geregelt, dass Bodenplatten zum Erdreich bis zu einer Raumtiefe von 5 m (also auf den äußeren 5 m der Hallenfläche) immer gedämmt werden müssen und dort mindestens einen R-Wert (Wärmedurchlasswiderstand) von  $0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$  einhalten müssen.

## 4.6 Wärmebrückenzuschlag bei ans Erdreich grenzenden Bauteilen

### 4.6.1 Wie berücksichtigt man bei ans Erdreich grenzenden Bauteilen die Wärmebrückenpauschale $\Delta U$ bei der Ermittlung von $H_T$ für Nichtwohngebäude?

Wie sind dabei folgende Ausdrücke zu verstehen?

$$H_{T,s} = L_S$$

$$H_{T,s} = \sum_i (F_{x,i} \cdot A_i \cdot U_i)$$

Vorbemerkung: Der hier geschilderte Zusammenhang ergibt sich nicht ganz zweifelsfrei aus den genannten Normen. Die Antwort wurde nach bestem Wissen und Gewissen recherchiert. Es könnten theoretisch auch andere Darstellungen möglich sein. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die normierten Verfahren für die Berechnung der Transmissionswärmeflüsse zum Erdreich Näherungsverfahren sind, die den Einfluss der Wärmebrücken nicht exakt wiedergeben können.

Die Nummerierungen der Gleichungen beziehen sich auf die jeweils genannte Norm. Die mit # gekennzeichnete Gleichung ist in der Norm ohne Nummer. Die Erläuterung der Formelzeichen sind den genannten Normen zu entnehmen; allerdings wird nur die DIN V 18599-2 als Sekundärliteratur zu diesem Beitrag vorausgesetzt.

Nach DIN EN ISO 13789 setzt sich der  $H_T$ -Wert aus folgenden Summanden zusammen:

$$H_T = L_D + L_S + H_u$$

Die Wärmebrücken sind in den Summanden enthalten.  $L_S$  ist der Leitwert zum Erdreich in W/K. Für dessen Berechnung wird auf DIN EN ISO 13370 verwiesen. In der neuen Ausgabe der DIN EN ISO 13370 von April 2008 wurde der Kennwert  $L_S$  (aus Ausgabe Dezember 1998) umbenannt in  $H_g$ .

In DIN V 18599 wird der entsprechende Kennwert mit dem Formelzeichen  $H_{T,s}$  bezeichnet. Die Bezeichnung in dieser Norm ist »Wärmetransfer für Transmission über das Erdreich«.

Fortsetzung von 4.6.1

In DIN V 18599 kann  $H_{T,s}$  nicht nur nach DIN EN ISO 13370 berechnet werden. Deshalb werden die beiden Kennwerte nicht grundsätzlich gleich gesetzt, obwohl sie jeweils den Wärmetransfer für Transmission über das Erdreich mit der Einheit W/K kennzeichnen.

In DIN V 18599-2, Abschnitt 5.3.2 wird die Transmission zum Erdreich wie folgt ermittelt:

$$Q_{T,s} = H_{T,s} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_e) \cdot t \quad (\text{Gl. 36})$$

Bei beheizten Gebäudezonen werden die Transmissionswärmesenken oder -quellen mit dem vereinfachten Ansatz über die Temperaturfaktoren  $F_x$  bestimmt.

Der  $F_x$ -Wert wird in DIN V 18599-2, Gleichung 37 zur Korrektur der Umgebungstemperaturen (hier Erdreichtemperatur) angewandt:

$$\vartheta_u = \vartheta_i - F_x \cdot (\vartheta_i - \vartheta_e) \quad (\text{Gl. 37})$$

Der U-Wert und der  $\Delta U$ -Wert gehen in (Gl. 36) in  $H_{T,s}$  ein. Der Temperaturfaktor »steckt« in der korrigierten Außentemperatur. Die Temperatur, die in (Gl. 37) als Umgebungstemperatur  $\vartheta_u$  ermittelt wird, wird in (Gl. 36) als korrigierte Außentemperatur  $\vartheta_e$  eingesetzt.

Die  $F_x$ -Werte nach DIN V 18599-2, Tabelle 3, unterscheiden sich z. B. auch nach der Art der Randdämmung der Bodenplatten. Folglich ist in einem nicht näher erkennbaren Maß ein Wärmebrückeneinfluss im  $F_x$ -Wert enthalten. Trotzdem wird beim pauschalen Wärmebrückenzuschlag der volle  $\Delta U$ -Wert addiert.

Werden die Wärmebrücken einzeln gerechnet, müssen die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi$  ermittelt werden. Beispiele hierfür sind die Referenzwerte für  $\Psi$  im Beiblatt 2 der DIN 4108 für Bodenplatten auf Erdreich.

In DIN EN ISO 13370 werden zur Ermittlung des Kennwertes  $H_g$  die Einflüsse der Randdämmung berücksichtigt. Hierbei werden  $\Psi$ -Werte berechnet, die aber nicht den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten für Wärmebrücken nach DIN EN ISO 10211 entsprechen – wenngleich sie die gleiche Einheit haben und der Wärmeverlust mit der Umfangslänge der Bodenplatte multipliziert wird.

Fortsetzung von 4.6.1

Man muss – mangels besserer Normenaussage – trotzdem davon ausgehen, dass mit der Berechnung nach DIN EN ISO 13370 der Wärmebrückeneinfluss der erdreichberührten Bauteile berücksichtigt ist. Dies bedeutet, dass der Wärmebrückenzuschlag in diesem Fall nicht auf die Fläche der erdreichberührten Bauteile angewandt werden darf. In DIN V 18599, Abschnitt 6.2.1.2 ist dies indirekt definiert: *»Wurde der Wärmebrückeneinfluss bereits bei der Ermittlung des U-Wertes berücksichtigt, darf die wärmeübertragende Umfassungsfläche, die mit dem pauschalen Wärmebrückenzuschlag multipliziert wird, um die entsprechende Bauteilfläche vermindert werden«.*

Diese Interpretation zur Berücksichtigung der Wärmebrücken ist ebenfalls in enthalten.

In allen Fällen, in denen es sich nicht nur um beheizte Gebäudezonen handelt, ist gemäß DIN V 18599-2 der Leitwert für den Wärmetransfer über das Erdreich nach DIN EN ISO 13370 zu berechnen.

## Weiterführende Literatur:

DIN EN ISO 13789 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden. Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient – Berechnungsverfahren

DIN EN ISO 13370 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden. Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren

DIN EN ISO 10211 Wärmebrücken im Hochbau

DIN V 18599 Energetische Bewertung von Gebäuden – Teil 2 Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen

DIN 4108 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Beiblatt 2 Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungshinweise

Merkel, H.: Wärmeschutz erdreichberührter Bauteile (Perimeterdämmung) – Dämmstoffe, Beanspruchungen, Konstruktionen. In: Cziesilski, E. (Hrsg.): Bauphysikkalender 2002, S. 697–723 Ernst & Sohn Berlin 2002

Dahlem, K.H.: Wärmeübertragung erdreichberührter Bauteile. In: Cziesilski, E. (Hrsg.): Bauphysikkalender 2003, S. 275–315 Ernst & Sohn Berlin 2003

---

## 5 Bewertung der Beleuchtung

### 5.1 Bedeutung des Tageslichtversorgungsfaktors

#### 5.1.1 Wie wird der tageslichtversorgte Bereich definiert?

Die Fläche einer Zone, die als »tageslichtversorgt« angenommen wird, ist gemäß dieser Norm abhängig von der Anordnung der einzelnen Fenster. Ausgehend von den Fenstern werden die Tiefe und Breite des tageslichtversorgten Bereichs festgelegt.

Die Breite des tageslichtversorgten Bereichs ergibt sich aus dem Bezug der Fensterbreite. Die Tiefe des Bereichs ist abhängig von der Sturzhöhe des Fensters und von der Nutzebene auf der die Beleuchtungsstärke gemäß dem jeweiligen Nutzungsprofil vorhanden sein muss.

Die Fenstergröße wird bei der Festlegung des tageslichtversorgten Bereichs nicht beachtet; sie wird erst bei der Bemessung des Tageslichtquotienten (siehe unten) relevant. Während es beim tageslichtversorgten Bereich um die flächenmäßige Ausdehnung der Versorgung geht, definiert der Tageslichtquotient (u. a. durch die Fenstergröße) die erreichbare Beleuchtungsstärke (in Lux) auf dieser Fläche (siehe DIN V 18599, Teil 4, Abschnitt 5.2.2 Tageslichtbereich).

#### 5.1.2 Was ist unter dem Begriff »Tageslichtquotient« zu verstehen?

Der Tageslichtquotient ist eine Prozentangabe der Beleuchtungsstärke im Raum zu der (unter definierten Bedingungen ermittelten) Beleuchtungsstärke im Freien. In DIN V 18599-4 wird der Tageslichtquotient durch eine Näherungsgleichung (Gleichung 25) aus dem Transparenzindex, dem Raumtiefenindex und dem Verbauungsindex bestimmt. Bestimmt wird durch dieses Verfahren die Höhe der Beleuchtungsstärke im tageslichtversorgten Bereich (siehe DIN V 18599, Teil 4, Abschnitt 5.5.1.1 Klassifizierung der Tageslichtversorgung).

### 5.1.3 Was ist unter dem Begriff »Tageslichtversorgungsfaktor« zu verstehen?

Die Fläche des tageslichtversorgten Bereichs und der Tageslichtquotient sagen aus, wo beziehungsweise in welcher Beleuchtungsstärke Tageslicht zur Verfügung steht. Damit ist jedoch noch nicht die, für den Energiebedarf für künstliche Beleuchtung, notwendige Aussage zum zeitlichen Umfang geklärt.

In der Referenzausführung wird der Tageslichtversorgungsfaktor  $C_{TL, Vers, SA}$  als Kriterium angegeben. Die EnEV fordert dem zufolge keine Mindestversorgung mit Tageslicht, weder durch eine Angabe der tageslichtversorgten Fläche noch durch eine direkte Angabe des Tageslichtquotienten. Der Tageslichtquotient geht jedoch in den Tageslichtversorgungsfaktor ein. Dies ist so zu verstehen, dass es nur eine Anforderung an die Qualität der Transparenz der geplanten Lichtöffnungen gibt. Es gibt in der DIN V 18599 und der EnEV keine Vorgabe Lichtöffnungen in einer bestimmten Größe und Anordnung zur Maximierung der Tageslichtversorgung vorzusehen.

Wird in einem Gebäude ein großer Anteil der Flächen mit künstlicher Beleuchtung versorgt, so wird auch der Referenzwert der EnEV hoch sein. Die EnEV bewertet nur, wie effizient die »Transparenz« der Fassade bezüglich des Sonnen- und Blendschutzes für die Tageslichtversorgung genutzt wird.

Außer dem Tageslichtversorgungsfaktor gibt es Referenzangaben zur Sonnenschutzvorrichtung:

1.14	Sonnenschutzvorrichtung	<p>Für das Referenzgebäude ist die tatsächliche Sonnenschutzvorrichtung des zu errichtenden Gebäudes anzunehmen; sie ergibt sich ggf. aus den Anforderungen zum sommerlichen Wärmeschutz nach Nr. 4.</p> <p>Soweit hierfür Sonnenschutzverglasung zum Einsatz kommt, sind für diese Verglasung folgende Kennwerte anzusetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- anstelle der Werte der Zeile 1.2             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung <math>g_{\perp}</math> 0,35</li> <li>- Lichttransmissionsgrad der Verglasung <math>\tau_{D65}</math> 0,58</li> </ul> </li> <li>- anstelle der Werte der Zeile 1.8 und 1.9             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung <math>g_{\perp}</math> 0,35</li> <li>- Lichttransmissionsgrad der Verglasung <math>\tau_{D65}</math> 0,62</li> </ul> </li> </ul>
------	-------------------------	--

### 5.1.4 Wann können für den Tageslichtversorgungsfaktor pauschale Werte angesetzt werden?

Der Tageslichtversorgungsfaktor  $C_{TL,Vers,SA}$  kennzeichnet die Tageslichtversorgung in den Zeiten, in denen der Sonnen- und/oder Blendschutz aktiviert ist. Die Klassifizierung für die Berechnung nach DIN V 18599-4 kann vereinfachend nach der folgenden Tabelle 12 vorgenommen werden.

	Systemlösung (anzusetzen für den Zeitraum $t_{rel,TL,SAj}$ )	$C_{TL,Vers,SAj}$
1	Nur Blendschutz: Systeme, die Blendschutz gemäß den für das Nutzprofil geltenden einschlägigen Bestimmungen, z. B. Bildschirmarbeitsverordnung [2], bereitstellen. Einschließlich manuell betriebener Lamellenbehänge	0,15
2	Automatisch betriebene Sonnen- und/oder Blendschutzsysteme: Tageslichtabhängig rückziehbare Sonnen- und/oder Blendschutzsysteme. Lamellenbehänge, bei denen nach Herunterfahren die Lamellen automatisch wieder geringfügig geöffnet werden, so dass die Lichttransmission gegenüber dem vollständig geschlossenen Behang erhöht ist.	0,4
3	Lichtlenkende Systeme	0,6
4	Kein Sonnen- und/oder Blendschutz ANMERKUNG: Nur für Berechnungsbereiche, für die keine Anforderungen wie z. B. nach der Bildschirmverordnung [2] gelten.	0,7
a	Lamellenbehänge werden in DIN V 18599-2 auch als Außen- bzw. Innenjalousien bezeichnet.	

 *pauschalisierte Werte für die Referenzausführung nach EnEV (siehe oben)*

### 5.1.5 Wann wird für den Tageslichtversorgungsfaktor das detaillierte Verfahren angewandt?

In DIN V 18599-4, Anhang A.2, detaillierte Bestimmung von  $C_{TL, Vers, SA}$  ist ein ausführlicheres Verfahren dargestellt. Darin wird deutlich, welche Einflussgrößen den Tageslichtversorgungsfaktor beeinflussen. Dies sind:

- Tageslichtquotient
- geforderte Beleuchtungsstärke
- Verglasungsart
- Lichttransmissionsgrad des Sonnen-/Blendschutzes (inkl. Betriebsweise der Jalousien – Kippstellung etc.)
- Reflexionsgrad des Sonnenschutzes
- Verteilungsschlüssel für den oberen und unteren Bereich einer Fassade für den transmittierten Lichtstrom

## 5.2 Energetische Bewertung der Beleuchtung

### 5.2.1 In welchen Maßeinheiten werden Lichtstrom, Lichtstärke, Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte angegeben?

Lichtstrom  $\phi$  = Lumen

Lichtstärke  $I$  = Candela

Beleuchtungsstärke  $E$  = Lux

Leuchtdichte  $L$  = Candela / m<sup>2</sup>

### 5.2.2 Welche Strahlungsgrößen werden mit dem Auge wahrgenommen?

Die photometrischen Größen werden mit dem Auge wahrgenommen. Zu den photometrischen Größen gehören:

- Lichtmenge
- Lichtstrom
- Lichtstärke
- Beleuchtungsstärke
- spezifische Lichtausstrahlung
- Leuchtdichte

### 5.2.3 Welche Nutzungsanforderungen gelten für die Berechnungsbereiche bei gleichen lichttechnischen Randbedingungen?

- Wert für die Beleuchtungsstärke
- Höhe der Nutzebene
- Betriebszeiten
- relative Abwesenheit

### 5.2.4 In wie vielen Stufen ist die Ermittlung des Tageslichtversorgungsfaktor eingeteilt?

In 3 Stufen (siehe Bild 5 aus DIN V 18599-4)

### **5.2.5 Was beschreibt Stufe 2 der Ermittlung des Tageslichtversorgungsfaktors?**

In Stufe 2 erfolgt eine Beschreibung der Fassadeneigenschaften.

### **5.2.6 Was beschreibt das Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4?**

Eine überschlägige Ermittlung der Anschlussleistung ohne weitere externe Informationen wird im Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4 dargestellt.

## **5.3 Ermittlung von Verschattungswinkeln**

### **5.3.1 Werden Verschattungswinkel für jedes einzelne Fenster ermittelt oder erfolgt die Ermittlung raumweise? Falls die Ermittlung raumweise erfolgt, wie erfolgt die Eingabe? Wenn es nur zwei Fenster gibt, werden die Winkel dann gemittelt?**

Die Verschattungswinkel müssen für jedes Fenster ermittelt werden. Nach der »Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand vom 26. Juli 2007« durften bei Bestandsgebäuden die Winkel auf bestimmte Werte gerundet werden. In der nachfolgenden Bekanntmachung vom 30.07.2009 ist diese Vereinfachung nicht mehr enthalten.

---

## 6 Energetische Bewertung der Anlagentechnik für Heizung

### 6.1 Energetische Bewertung der Anlagentechnik (Heizung)

#### 6.1.1 Was wird unter dem Begriff Belastungsgrad verstanden?

Der Belastungsgrad  $\beta$  gibt das Verhältnis des Nutzwärmebedarfs zzgl. der jeweils zu berücksichtigenden Verluste im Betrachtungszeitraum (Monat) zum Produkt aus der maximalen Gebäudeheizleistung und den monatlichen Heizstunden an (siehe Teil 5, Kapitel 5.1).

#### 6.1.2 Was wird unter dem Begriff Übertemperatur verstanden?

Die Übertemperatur ergibt sich aus der Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Systemtemperatur und der Raumlufttemperatur. Sie gibt somit an, wie viel Kelvin die Heizfläche im Schnitt wärmer ist als die Raumlufttemperatur.

#### 6.1.3 Wo sind Quellen bzgl. der Angabe von Dämmstandard und Leitungslängen für Verteilleitungen zur Heizwärmeversorgung in der DIN V 18599 zu finden?

Im Teil 5 in den Tabellen 15 und 16 sind Angaben von Dämmstandards für Verteilleitungen zur Heizwärmeversorgung zu finden.

#### 6.1.4 Mit welcher Rückwärmzahl kann als Standardwert beim Einsatz eines Rotationswärmeübertragers ohne Sorptionsmaterialien gerechnet werden?

Laut DIN V 18599-7, Tabelle 4 → Rückwärmzahl = 0,7

---

## 7 Energetische Bewertung der Anlagentechnik für Kühlung

### 7.1 Energetische Bewertung der Anlagentechnik (Kühlung)

**7.1.1 Mit welchem Druckverlust ist im Wasserkreislauf (ca. 10 °C) eines zentralen Lüftkühlers zu rechnen?**

Laut DIN V 18599-7, Tabelle 12 → Druckverlust = 35 kPa

**7.1.2 Mit welcher elektrischen Leistungsanforderung muss für den Antrieb des Rotors eines Rotationswärmeübertragers mit einem Außenluftvolumenstrom von ca. 15.000 m<sup>3</sup>/h gerechnet werden?**

Laut DIN V 18599-7, Tabelle 15 → el. Wirkleistung Rotor = 180 W

**7.1.3 Mit welcher Nennkälteleistungszahl ist bei einem kleinen Raumklimasystem (unter 12 kW Kälteleistung) zu rechnen, wenn es sich um ein Split-System handelt?**

Laut DIN V 18599-7, Tabelle 24 → EER = 2,7

## 7.2 Gekühlter Serverraum mit Split-Gerät

**7.2.1 In einem Serverraum, der mit einem Split-Gerät gekühlt wird, ergibt sich ein Nutzenergiebedarf von mehr als 700 kWh / m<sup>2</sup>a, aber nur ein Endenergiebedarf von 234 kWh / m<sup>2</sup>a. Der Primärenergiebedarf wiederum beträgt 634 kWh / m<sup>2</sup>a!**

**Wie lassen sich diese Verhältnisse erklären?**

Der Nutzenergiebedarf für Kühlung ergibt sich aus der Kühlbedarfsbilanz und ist in erster Linie durch die hohen internen Lasten des Serverraumes bestimmt. Bei dem modellierten Kälteerzeuger (Split-Gerät) handelt es sich um eine Kompressionskältemaschine, die vereinfacht ausgedrückt vergleichbar einem Kühlschranks Strom in Kälte »umwandelt«. Diese Aggregate sind im Prinzip eigentlich nichts anderes als Wärmepumpen, nur dass nicht die »warme Seite« genutzt wird, sondern die »kalte Seite«. Daher haben auch derartige Kälteerzeuger Arbeitszahlen deutlich größer eins. Aus diesem Grund fällt die Endenergie um ein gutes Stück geringer aus als die Nutzenergie (der Quotient der Zahlen ist aber nicht die Arbeitszahl, da noch Anlagenverluste, Hilfsenergien und Teillastzustände berücksichtigt sind). Durch die Verwendung von Strom als Energieträger liegt das Primärenergieergebnis dann um den Faktor 2,7 (Primärenergiefaktor für Strom nach EnEV 2007) höher als die Endenergie (Quelle: Heilmann Software).

## 7.3 Kälteerzeugung mit Pufferspeicher → Simulation?

**7.3.1** Nach DIN V 18599-7, Anhang B (Verfahren zur Ermittlung der Teillastfaktoren Kälteerzeugung) heißt es: »Das im Anhang B beschriebene detaillierte Verfahren dient der Ermittlung individueller Teillastkennwerte von Kälteerzeugern und Rückkühlern und muss angewendet werden für... Nutzung eines Kältespeichers...«

Weiter heißt es: »Grundlage der Kennwertberechnung bildet der Jahresgang der erforderlichen Erzeugernutzkälteabgabe je Kälteversorgungseinheit auf der Grundlage einer mindestens stündlichen Zeitschrittweite... (VDI 2067) ... Eine Berechnung des Endenergiebedarfes anhand der nach DIN V 18599-2 und DIN V 18599-3 mittels Monatsbilanzverfahren ermittelten Erzeugernutzkälteabgabe ist stark fehlerbehaftet und daher nicht zulässig.«

Wie geht man bei Vorhandensein eines Kältespeichers in der Praxis damit um? Muss erst eine Simulation gestartet werden?

Die Norm geht nicht auf Eisspeicher o.ä. ein, das Kurzverfahren Kälte sagt in DIN V 18599-7, Gleichung 18 bzw. 22:

$Q_{c,s} = 0$  (Kälteabgabe der Speicherung Klimakälte RLT)

$Q_{c,s} = 0$  (Kälteabgabe der Speicherung für das Kühlsystem)

(Quelle: Heilmann Software).

## 7.4 Statische Kühlung über Wärmepumpe

### 7.4.1 Es soll folgende Kombination eingegeben werden:

**Winter (Heizbetrieb):**

**Eine Wärmepumpe (Sole-Wasser) übernimmt die Beheizung (Fußbodenheizung).**

**Sommer (Kühlbetrieb):**

**Dasselbe System kühlt das Gebäude – ebenfalls über den Fußboden.**

**Eine Auswahlmöglichkeit einer Wärmepumpe im Bereich Kühlung ist in einigen Softwareprogrammen nicht möglich. Letztendlich fällt in den Zeiträumen, in denen gekühlt wird, lediglich Energie für den Betrieb der Pumpe an. Energie für das Erwärmen/ Kühlen fällt im Grunde ja das ganze Jahr über nicht an. Wie kann dieses System berücksichtigt werden?**

Eine passive Kühlung ist nach DIN V 18599 nicht vorgesehen, sondern nur die Kühlung mit Kälteerzeugung, also Kompressions- und Absorptionskältemaschine (Quelle: Heilmann Software).

## 7.5 Adiabatische Kühlung

**7.5.1 Bei der Berechnung eines großen Bildungszentrums ergibt sich folgendes Problem. Die Zuluft der Hörsäle wird mittels adiabatischer Kühlung an heißen Sommertagen gekühlt.**

**Wie wird ein solches System eingegeben?**

Da die Norm diese Art der Kühlung nicht abbildet, ist es erforderlich, die nächst schlechtere Variante zu verwenden. Das kann bedeuten:

- Verwendung der Referenztechnik
- Anlegen einer Erzeugungseinheit für Kälte aber ohne Eingabe eines Erzeugers als indirektes, wassergekühltes System mit Primärkreislauf aber ohne Rückkühlkreis.

(Quelle: Heilmann Software)

---

## 8 Energetische Bewertung von Pumpen

### 8.1 Geregelte und unregelte Pumpen

**8.1.1 Bei den diversen abgefragten Pumpen wird immer nach geregelt und unregelt gefragt. Welche Leistungsangaben werden hier angegeben? Der Maximal-, der Minimal- oder der Mittelwert dieser Pumpe?**

Man benötigt eigentlich die hydraulische Leistung der Pumpe im Auslegungspunkt, wenn man nicht mit Standardwerten rechnen will. Wenn man nur die Nennleistung hat, sollte auf der sicheren gerechnet werden. In diesem Fall könnte das die Maximalleistung sein (vgl. DIN V 18599-5, Kap. 6.2.1 ff) (Quelle: Heilmann Software).

### 8.2 Verteilerkreis Heizung – Pumpe

**8.2.1 Warum wird in einigen Programmen beim »Verteilerkreis Heizung« danach gefragt, ob die Pumpe überdimensioniert oder bedarfsausgelegt ist – bei der Heizlastberechnung wird ja keine überdimensionierte Pumpe errechnet und dann auch keine überdimensionierte eingebaut?**

Liegt eine Heizlastberechnung vor und die Pumpenleistung ist somit bekannt, sollte auch dem Algorithmus der DIN V 18599 diese »reale« Leistung als Randbedingung zur Verfügung gestellt werden. Nur wenn die Pumpenleistung nicht vorliegt (z. B. undokumentierter Altbau) und sich das Programm die Leistung anhand von definierten Standardwerten selber ausrechnen soll, ist die Randbedingung »überdimensioniert oder bedarfsausgelegt« benötigt. Genauer gesagt braucht es die Angabe, um die Aufwandszahl (also die Bewertung des Betriebsverhaltens der Pumpe) zu berechnen. In DIN V 18599-5, Gleichung 46 geht ein Effizienzfaktor ein, der sich bei bekannter Pumpenleistung aus dem Quotienten aus Pumpenleistung und hydraulischem Aufwand der Pumpe errechnet. Ist die Pumpenleistung jedoch nicht bekannt (also wie oben beschrieben über Standardwerte ermittelt wird), wird der Effizienzfaktor über eine Formel errechnet, in die die Dimensionierung der Pumpe eingeht (Faktor  $b$ ). Wird nun die eine in der Heizlastberechnung ermittelte Pumpenleistung eingegeben, hat die Angabe ob bedarfsausgelegt oder nicht keinen Einfluss auf das Ergebnis (Quelle: Heilmann Software).

### 8.2.2 Was ist der Unterschied zwischen unregulierten Pumpen und Pumpen mit konstanter Leistung?

Unregulierte Heizungspumpen arbeiten unabhängig vom Wärmebedarf eines Gebäudes immer mit voller Leistung. Bei einer regulierten Pumpe passt sich die Förderleistung automatisch an. Der Stromverbrauch reduziert sich um bis zu 50 Prozent. Bei regulierten Pumpen unterscheidet man zwischen konstant und variabel regulierten Pumpen. Konstant regulierte Pumpen bauen je nach Anforderung der Heizkörper immer den gleichen Differenzdruck auf, die variabel regulierten passen auch den Pumpendruck der erforderlichen Leistung an und sind dadurch noch effizienter.

## 8.3 Wärmepumpe: Bivalenzpunkt und Einsatzgrenze?

### 8.3.1 Was ist der Unterschied zwischen Bivalenzpunkt und Einsatzgrenze bei Wärmepumpen?

Die Unterschiede liegen in der Art des bivalenten Betriebs/Alternativbetriebs:

Im Alternativbetrieb liefert die Wärmepumpe bis zu einer festgelegten Außentemperatur (Einsatzgrenze) die gesamte Heizwärme. Sinkt die Temperatur unter die Einsatzgrenze, schaltet sich die Wärmepumpe ab und der zweite Wärmeerzeuger übernimmt den vollen Heizenergiebedarf.

Im Parallelbetrieb liefert die Wärmepumpe bis zu einer bestimmten Außentemperatur (Bivalenztemperatur) allein die notwendige Wärme. Bei Temperaturen unterhalb der Bivalenztemperatur schaltet sich der zweite Wärmeerzeuger zu. Beide Wärmeerzeuger arbeiten parallel. Der zweite Wärmeerzeuger liefert nur den Teil, den die Wärmepumpe aufgrund der Begrenzung der Heizleistung nicht liefern kann.

Im Teilparallelbetrieb liefert die Wärmepumpe bis zu einer bestimmten Außentemperatur (Bivalenztemperatur) allein die notwendige Wärme. Bei Temperaturen unterhalb der Bivalenztemperatur schaltet sich der zweite Wärmeerzeuger zu. Beide Wärmeerzeuger arbeiten parallel. Der zweite Wärmeerzeuger liefert nur den Teil, den die Wärmepumpe aufgrund der Begrenzung der Heizleistung nicht liefern kann. Ab der unteren Einsatzgrenze der Wärmepumpe schaltet die Wärmepumpe ab und der zweite Wärmeerzeuger liefert allein die erforderliche Wärme (Quelle: Heilmann Software).

## 9 Dampfbefeuchtung

### 9.1 Arten der Dampfbefeuchtung

#### 9.1.1 Wie werden die verschiedenen Arten der Dampfbefeuchtung in der DIN V 18599 berücksichtigt?

Im Teil 3 der DIN V 18599 sind die spezifischen Nutzenergiebedarfe  $q$  in  $\text{Wh}/(\text{m}^3/\text{h})$  für 46 vorsimierte Anlagenkombinationen tabelliert. Dabei werden Werte für Wärme, Dampf und Kälte angegeben. Die Basis hierfür bildet das Referenzklima Deutschland (Würzburg).

		1	2	3	4	5	6
Feuchteanforderung	kein	x	x	x	x		
	mit Toleranz					x	x
	ohne Toleranz						
Befeuchter-Typ	Verdunstung, nicht regelbar					x	x
	Verdunstung regelbar					x	x
	Dampf						
WRG-Typ	ohne	x				x	
	nur Wärme		x	x	x		x
	Wärme + Feuchte						
WRG-Größe	45 %		x				x
	60 %			x			

Die Übersicht der Anlagenkombinationen in dem Normenteil zeigt der nebenstehende Ausschnitt aus Tabelle 5 der DIN V 18599-3.

Der Nutzenergiebedarf wird aus den Nutzenergiebedarfen durch Multiplikation mit dem monatlichen Zuluftvolumenstrom ermittelt:

$$Q_{V,i,m} = q_{i,m} \cdot \dot{V}_{mech,m}$$

(DIN V 18599-3, Gleichung 36)

Die »Nutzenergie Dampf für den Dampfbefeuchter« wird aus den denormierten Simulationskennwerten (obige Gleichung 36) übertragen:

$$Q_{m^*,b} = Q_{vm,b}$$

(DIN V 18599-7, Gleichung 14)

Für den Fall der Luftbefeuchtung mit Wasser ist der notwendige Wärmeenergiebedarf bereits in den Simulationskennwerten für die Prozessführung im Teil Nutzenergiebedarf des Heizregisters enthalten. Für die Dampfluftbefeuchtung wird für die Übergabe/Erzeugung ein vereinfachtes Verfahren angewendet:

Fortsetzung von 9.1.1

Die Erzeugernutzwärmeabgabe für die Dampfversorgung der RLT-Anlage wird wie folgt ermittelt:

$$Q_{m^*,outg} = Q_{m^*,b} + Q_{m^*,ce} + Q_{m^*,d} \quad (\text{DIN V 18599-7, Gleichung 24})$$

In dieser Gleichung wird die Wärmeabgabe der Übergabe und der Verteilung für die Dampfversorgung gleich Null gesetzt. Diese Einflüsse sind in den Endenergiefaktoren für die Dampferzeugung enthalten und pauschalisiert. Die Endenergie für die einzelnen Energieträger der Dampferzeugung wird mit den Endenergiefaktoren nach DIN V 18599-7, Tabelle 32 wie folgt berechnet:

$$Q_{m^*,f} = Q_{m^*,outg} + f_{m^*,f} \quad (\text{DIN V 18599-7, Gleichung 68})$$

Art der Dampfbefeuchtung	Energiefaktor $f_{m^*,f}$
Elektrische Elektroden- oder Widerstandsheizung – Rohwasser	1,16
Gasbefeuert – Rohwasser (brennwertbezogen)	1,51
Ölbefeuert – Rohwasser (brennwertbezogen)	1,45
Ferndampf ohne Mantelheizung (brennwertbezogen)	1,44
Ferndampf mit Mantelheizung (brennwertbezogen)	1,55

Soll über diese Pauschalisierung hinaus eine genauere Analyse der Energieeffizienz der Befeuchtung vorgenommen werden, so kann dies durch ein »Verfahren für spezielle Anlagenkonzepte« erfolgen.

Grundsätzlich ist stets das ungünstigere Anlagenkonzept zu verwenden (DIN V 18599-3, Abschnitt 4.2). Alternativ können aber auch die Nutzenergiebedarfswerte für die thermische Luftaufbereitung im »Stundenschrittverfahren« direkt berechnet werden. Dies regelt DIN V 18599-3, Anhang C. Der Prozessverlauf der thermischen Luftaufbereitung wird darin als Folge thermodynamischer Zustandsänderungen eines Luftmassenstroms berechnet. Die Basis hierfür bilden die Testreferenzjahrdaten des Deutschen Wetterdienstes der Zone 05 (Referenzstation Würzburg).

DIN V 18599-3:2007-02

–Vornorm–

**Anhang C (normativ)**  
**Verfahren und Randbedingungen für die Ermittlung des**  
**Nutzenergiebedarfs der thermischen Luftaufbereitung**

**C.1 Allgemeines**

Der Nutzenergiebedarf ergibt sich als Summe der stündlichen kalorischen Leistungen sämtlicher Komponenten einer Anlagenschaltung über den Berechnungszeitraum. Die Leistungswerte sind grundsätzlich für stationäre Zustände zu ermitteln. Sie ergeben sich aus den thermodynamischen Zustandsänderungen feuchter Luft.

**9.1.2 Wofür steht in der Formel:  $Q_{v,i,m} = q_{i,r} \cdot m \cdot V_{mech,m}$ , das kleine  $i$ ?**

Das  $i$  ist hier einfach nur ein Index, der besagt, dass diese Formel dreimal (nämlich für Wärme, Kälte und Dampf) angewendet werden muss. Das  $i$  wird also einmal durch H für Wärme, einmal durch C für Kälte und einmal durch St für Dampf ersetzt (siehe DIN V 18599-3, Abschnitt 7.4).

---

# 10 Energetische Bewertung von Lüftung und Lüftungsanlagen

## 10.1 Thermisch konditionierte Zuluftanlagen

### 10.1.1 Warum sind in den Programmen keine thermisch konditionierten Zuluftanlagen möglich?

Eine reine Zuluftanlage kann gemäß Teil 3 nicht mit Heiz- oder Kühlfunktion kombiniert werden. Wie für den Teil 7 der DIN 18599 (Kühlung) gibt es auch für den Teil 3 (Belüftung) vordefinierte Systeme zur Belüftung, für die Tabellenwerte mit dem Referenzklima Deutschland berechnet wurden. In diesen Varianten (siehe DIN 18599-3, Anhang D) gibt es allerdings keine reine Zuluftanlage, die thermisch konditioniert wird, sondern immer nur Zuluft- und Abluftanlagen. Aus diesem Grund ist es nach DIN V 18599 nicht möglich eine reine Zuluftanlage thermisch zu konditionieren (Quelle: Heilmann Software).

## 10.2 Lüftung und Fenster

### 10.2.1 Was ist mit der folgenden Art der Belüftung »Lüftungsanlage zur teilweisen Belüftung« gemeint?

Beispiel: Es sollen (standardmäßig) 40% vom Luftvolumenstrom von der mechanischen Lüftung übernommen werden und 60% von Fenster und Infiltration (Quelle: Heilmann Software).

## 10.3 Berücksichtigung des Luftaustauschs mit angrenzenden Zonen

### 10.3.1 Wie kann der Luftvolumenstrom beim Luftaustausch mit angrenzenden Zonen ermittelt werden z. B. von einer Bürotür zum Flur oder bei einem Kiosk mit Faltglasanlage?

Wenn keine Lüftungsanlage vorhanden ist, die eine Nachströmung von einer Zone in die andere erforderlich macht, dann gibt man einen solchen Luftwechsel gar nicht an. Ist eine RLT vorhanden, dann richtet sich der Luftaustausch nach dem Volumenstrom der RLT.

Beispiel: WC-Räume mit mech. Abluft ( $600 \text{ m}^3/\text{h}$ ); hier beträgt der Zuluftvolumenstrom (Nachströmung) aus dem Flur genau  $600 \text{ m}^3/\text{h}$ .

---

# 11 Energetische Bewertung der Warmwasserbereitung

## 11.1 Energetische Bewertung der Warmwassererzeugung

**11.1.1 Ergibt sich für einen Brennstoff gespeisten Wärmeerzeuger der Bereitschaftsverlust ( $q_{B,70}$ ) mit einem anderen Wert zur Warmwasserversorgung als zur Heizungsversorgung?**

Nein. Gemäß den Formeln für  $q_B$  in Teil 5 (S. 89, Formel 106) und Teil 8 (S. 61, Formel 88) ergeben sich keine unterschiedlichen Werte.

**11.1.2 Welche Nennleistung kann bei einem direkt beheizten Gas-Warmwasserbereiter mit 160 Liter Fassungsvermögen angesetzt werden, wenn keine Angaben vorliegen?**

Laut DIN V 18599-8, Formel 113  $\rightarrow 0,82 \cdot (0,027 \cdot 160 + 2,5) \rightarrow 5,59 \text{ kW}$

## 11.2 Ermittlung von Leitungslängen

**11.2.1 Im Rahmen einer Ausweisausstellung stellt sich die Frage der Ermittlung von Leitungslängen bei unterschiedlicher Geschossigkeit. Ein Gebäudeteil hat nur drei Geschosse, während ein anderer Gebäudeteil 6-geschossig ist. Bei der Gebäudebeschreibung muss die Anzahl der Geschosse eingegeben werden. Können die unterschiedlichen Geschosshöhen zusammengefasst werden? Würden dann die vom Programm ermittelten Leitungslängen stimmen oder andere Fehler entstehen? Oder resultiert aus den unterschiedlichen Geschosshöhen, dass man einen Nachweis für die 6-geschossigen Gebäudeteile und einen Nachweis für die 3-geschossigen Gebäudeteile führen sollte?**

Die Gebäude können zusammengefasst und eine gemittelte Geschosshöhe eingegeben werden. Das ist nur für die Ermittlung der Leitungslängen relevant. Die automatisch ermittelten Leitungslängen müssen jedoch anschließend überprüft und angepasst werden. Grundsätzlich ist eine Überprüfung von Leitungslängen erforderlich, da die Abschätzung der Leitungslängen nach Norm zu hohe Leitungslängen ergibt.

## 11.3 Ermittlung des Warmwasserbedarfs

**11.3.1 Für eine Werkstatt ist laut DIN V 18599 beispielsweise ein Warmwasser-Bedarf von  $75 \text{ Wh} / \text{m}^2\text{d}$  anzusetzen. Meistens ist in der Werkstatt aber keine Warmwasser-Zapfstelle. In den Sozialräumen ist ebenfalls ein WW-Bedarf pro  $\text{m}^2$  vorgegeben. Welche Fläche ist in welcher Zone anzusetzen?**

Es wird der Warmwasser-Bedarf der Werkstattfläche angenommen. Wenn es keine Duschen o. ä. gibt, kann der Warmwasser-Bedarf vernachlässigt werden, siehe DIN V 18599-10, Tabelle 6, Fußnote b bzw. EnEV 07.

---

## 12 Energetische Bewertung von regenerativen Energien

### 12.1 Solare Heizungs- bzw. Trinkwassererwärmung

#### 12.1.1 Ist eine solare Heizungs- und Trinkwassererwärmung ohne weitere Wärmeerzeuger möglich?

Die solare Unterstützung bei der Heizungs- und Trinkwassererwärmung erfordert immer einen zusätzlichen Erzeuger, der die Grundlast übernimmt. Dabei kann jeder Erzeugertyp (außer dezentrale Systeme) verwendet werden.

Eine solare Unterstützung der Heizung ist (von der Norm) nur durch ein kombiniertes System vorgesehen, d. h. die Solaranlage unterstützt auch das Trinkwarmwasser (Quelle: Heilmann Software).

### 12.2 Spitzenlast-Kälte-/Wärmeerzeuger berücksichtigen

#### 12.2.1 Bei vielen Nichtwohngebäuden werden zwei unterschiedliche Wärmeerzeuger zur Abdeckung der Grundlast und der Spitzenlast eingesetzt.

- Wie kann nach Norm berücksichtigt werden, dass eine Absorptionskältemaschine die Grundlast abdeckt und eine Kompressionskältemaschine die Spitzenlast?
- Wie kann nach Norm berücksichtigt werden, dass ein BHKW die Grundlast abdeckt und ein Gaskessel die Spitzenlast?

Eine solche Berechnung ist nach DIN V 18599 nicht vorgesehen. Bei den Wärmeerzeugern gilt folgende Reihenfolge:

1. solarer Erzeuger
2. Wärmepumpe
3. KWK/BHKW: Hier wird durch den Belastungsgrad festgelegt wie viel vom übrig gebliebenen Bedarf durch die Anlage gedeckt wird
4. restliche Erzeuger, also z. B. ein Kessel, oder eine Mehrkesselanlage.

(Quelle: Heilmann Software).

## 12.3 Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe

**12.3.1 Für ein aktuelles Projekt soll eine Lüftungsanlage mit Heizungsfunktion abgebildet werden. Die Zuluft wird durch die Fortluft über einen Kreuzstromwärmeübertrager mit einem Wirkungsgrad von 60 % erwärmt. Die restliche Aufheizung erfolgt über eine Wärmepumpe Luft/ Luft.**

**Wie kann diese Anlage am besten abgebildet werden?**

Da der Energieeinsatz der Wärmepumpe auf diese Art gar nicht berücksichtigt wird, entspricht das nicht dem Grundsatz der Norm, dass bei Nichtvorhandensein eines Systems das energetisch nächst schlechtere der vorhandenen Systeme anzusetzen ist.

In DIN V 18599-5 ist nur für gasmotorisch angetriebene Wärmepumpen die Medienauswahl Luft-Luft mit Standardwerten hinterlegt.

Luft-Wasserwärmepumpen sind von der Systemtechnik her (indirekte Systeme, sprich Warmwasserverteilung) eigentlich nicht mit Luft-Luft-Systemen vergleichbar. Das WP-Verfahren ist sehr sensibel hinsichtlich der Systemtemperaturen (der WP und bei wassergeführten Heiznetzen auch die des Verteilnetzes), es erfolgt damit dann eine COP-Korrektur (wobei die von vornherein schon nicht sehr hoch sind). Aber neben der Arbeitszahl der WP gehen in die Endenergie natürlich auch die Übergabe- und Verteilungsverluste ein (Quelle: Heilmann Software).

---

## 13 Energetische Bewertung von Blockheizkraftwerken und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

### 13.1 Energetische Bewertung von Blockheizkraftwerken und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

**13.1.1 Welche Stromkennzahl ergibt sich für ein Blockheizkraftwerk mit einer thermischen Leistung von 100 kW und einer elektrischen Leistung von 78 kW?**

Laut DIN V 18599-9  $\rightarrow C = 78 \text{ kW} / 100 \text{ kW} = 0,78$

**13.1.2 Welche Daten sollten für die Dimensionierung einer KWK-Anlage erhoben werden?**

Daten über Jahresstromverbrauch und -kosten, Jahreswärmeverbrauch und -kosten, die installierten Anlagen, das erforderliche Temperaturniveau sowie eine Lastganganalyse sind für die richtige Dimensionierung einer KWK-Anlage unerlässlich.

**13.1.3 Die Dimensionierung einer wärmegeführten KWK-Anlage sollte auf welcher Grundlage beruhen?**

Als Auslegungsgrundlage für wärmegeführte KWK-Anlagen sollte die Wärmebedarfskennlinie dienen, um die bestmögliche Betriebsstundenzahl und Ausnutzung der Strom erzeugenden Kapazitäten zu erreichen.

**13.1.4 Welche Energieeinsparpotenziale bieten KWK-Anlagen?**

Konventionelle Kraftwerke weisen einen Nutzungsgrad von 35 % auf, KWK-Anlagen dagegen knapp 60 % und dezentral sogar ca. 90 %. Die Verlustreduzierung führt zu einem um 15–20 % geringeren Energiebedarf.

---

## 14 Energiekennwerte

### 14.1 Gas-Zentralheizung – Endenergie höher als Primärenergie

#### 14.1.1 Warum wird bei der Berechnung der Gas-Zentralheizung der Endenergiebedarf höher als der Primärenergiebedarf ausgewiesen?

##### Ist der Primärenergiefaktor bei Gas nicht 1,1?

In Tabelle A.1 der DIN V 18599-1:2007-02 sind die Primärenergiefaktoren für die Energieträger angegeben. Korrekt wird hier für die Endenergiebereitstellung ein Primärenergiefaktor von 1,1 ausgewiesen. Die in Tabelle A.1 genannten Faktoren entstammen den Stammdatensätzen von GEMIS und wurden heizwertbezogen ermittelt, gelten daher zur Bewertung einer heizwertbezogen ermittelten Endenergiemenge. Die Berechnungsverfahren der DIN V 18599 ergeben aber eine brennwertbezogene Endenergiemengen. In Tabelle B.1 der DIN V 18599-1 finden sich daher energieträgerabhängige Umrechnungsfaktoren, beim Energieträger Erdgas entspricht dieser 1,11. Dies führt gemäß Gleichung (23) der Norm dazu, dass der Primärenergiebedarf für Erdgas knapp unterhalb von 1,0 liegt ( $1,10/1,11$ ) (Quelle: Heilmann Software).

## 14.2 Gravierende Abweichung zwischen Nutzenergie und Endenergie

### 14.2.1 Wie ist die gravierende Abweichung zwischen Nutzenergie und Endenergie zu erklären, wenn die Verluste der Anlagentechnik als gering einzustufen sind z. B. beim Neubaustandard?

Anders als in den Verfahren nach DIN 4701-10 werden die Verluste der Anlagentechnik nicht mehr überwiegend pauschal bestimmt. Um sie zu ermitteln, können bei der Bilanzierung nach DIN V 18599 jetzt entweder reale Planungswerte z. B. für Verteilsystemlängen und Kesselwirkungsgrade oder so genannte Standardwerte verwendet werden. Letztere sind in der Norm hinterlegt. Diese Kennwerte sind Richtgrößen, die den Stand der Technik auf der sicheren Seite repräsentieren. Ihre Verwendung ist zwar bequem, aber es können durchaus höhere Abweichungen zur Realität auftreten wie z. B. zu große Leitungslängen oder zu ungünstige Kesselwirkungsgrade.

Zudem ermöglicht das iterative Verfahren der DIN V 18599, Verteilsystemverluste großteils als unregelmäßige Wärmeeinträge in der Nutzenergiebilanz zu verrechnen. Auch dabei kommt es manchmal zu einer deutlichen Verschiebung von Energiemengen zwischen der Nutz- und Endenergieseite. Erfahrungen aus dem Wohnbau lassen sich also nur bedingt bei der Interpretation der Ergebnisse von DIN V 18599-Bilanzen verwenden (Quelle: Heilmann Software).

## 14.3 Berechnung der Nutzenergie ohne Eingabe der Anlagentechnik

### 14.3.1 Gibt es eine Möglichkeit den Nutzenergiebedarf von Nichtwohngebäuden zu berechnen, ohne Angaben zur Anlagentechnik zu machen bzw. schlussfolgernd ein Technikkonzept im Entwurfsstadium abzuleiten?

Der Nutzenergiebedarf kann ohne Angabe der Anlagentechnik nicht ermittelt werden. Im Entwurfsstadium bietet sich an, zunächst erstmal die in der Beschreibung des Referenzgebäudes nach EnEV genannte Anlagentechnik einzugeben.

# 15 Übungen

## Allgemeine Hinweise zu den Übungen

Die nachfolgenden Übungen sind nicht als Prüfungsfragen zu verstehen. Sie dienen vielmehr dazu, das Gelernte anhand von praktischen Beispielen selbstständig zu überprüfen. Dabei handelt es sich in Übung 1-3 um kleinteilige Aufgaben, die einzelne Teilbereiche der Norm abdecken. In der Übung 4 wird ein einfaches Beispielgebäude nach DIN V 18599 berechnet.

### 15.1 Übung 1 – Übergabe

**15.1.1 Ein bestehendes Gebäude wurde mit den Auslegungstemperaturen 90 / 70 °C geplant und betrieben. Die Heizflächen sind vor den Außenwänden angeordnet und verfügen über Thermostatventile (2K). Durch eine erfolgte Sanierung konnte die erforderliche maximale Heizleistung von 120 kW auf 48 kW reduziert werden. Es wird ein hydraulischer Abgleich durchgeführt und neue Thermostatventile (1K) eingesetzt.**

- 1) Schlagen Sie unter Berücksichtigung der DIN V 18599 (mit Quellenangabe) neue Auslegungstemperaturen vor.**
- 2) Berechnen Sie die Nutzungsgrade der Wärmeübergabe für das genannte Gebäude vor und nach der Sanierung.**

1) Leistungsverhältnis neu zu alt:  $48 / 120 = 0,4 \rightarrow 40\%$

Laut Teil 5 Tabelle 5 können neue Auslegungstemperaturen abgelesen werden: 55/45 °C

2) Vorher: Übertemperatur alt 60 K, P-Regler 2 K nach Tabelle 6, DIN 18599-5 und Formel 30:

$$\eta_L = 0,5 \cdot (0,88 + 0,95) = 0,915 \quad \eta_C = 0,93 \quad \eta_B = 1$$

$$\rightarrow \text{in Verbindung mit Formel 28} \rightarrow \eta_{h,ce} = 0,87$$

Nachher: Übertemperatur neu 30 K, P-Regler 1 K

$$\eta_L = 0,5 \cdot (0,95 + 0,95) = 0,95 \quad \eta_C = 0,95 \quad \eta_B = 1$$

$$\rightarrow \text{in Verbindung mit Formel 28} \rightarrow \eta_{h,ce} = 0,91$$

## 15.2 Übung 2 – Verteilung

**15.2.1** Bestimmen Sie gemäß DIN V 18599 die Leitungslängen der Verteilleitungen eines Zweirohr-Warmwasserheizungs-Rohrnetzes mit innen liegenden Strängen eines Gebäudes mit den Daten:

Länge: 20 m; Breite: 10 m; Geschosshöhe: 3 m; Anzahl der beheizten Geschosse: 4

Gemäß DIN V 18599-5, Tabelle 15:

$$\text{Verteilleitungen LV} = 2 \cdot 20 + 0,0325 \cdot 20 \cdot 10 + 6 = 52,5$$

$$\text{Strangleitungen LS} = 0,025 \cdot 20 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} \cdot 4 = 60 \text{ m}$$

$$\text{Anbindeleitungen LA} = 0,55 \cdot 20 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 4 = 440 \text{ m}$$

## 15.3 Übung 3 – Speicher + Wärmeerzeugung

**15.3.1** In einem unbeheizten Kellerraum eines Neubauvorhabens soll ein 30 kW Holzvergaserkessel (Vorgabe: Biomassekessel der Klasse 2) zur Wärmeversorgung eingesetzt werden.

- 1) Berechnen Sie den täglichen Speicherverlust, wobei davon ausgegangen werden soll, dass der Speicher im gleichen Raum steht.
- 2) Berechnen Sie Heizkesselwirkungsgrad bei 100 % Auslastung und den Teil-lastwirkungsgrad, sowie den Bereitschaftsverlust ( $q_{B,70}$  bei 70 °C Kesselwassertemperatur).

$$\begin{aligned} 1) V &= 50 \cdot 30 = 1.500 \text{ l} \\ q_{B,S} &= 0,4 + 0,14 \cdot 1.500^{0,50} = 5,82 \text{ kWh/d} \quad (\text{Formel 51}) \\ q_{h,S}/d &= 1,2 \cdot (85 \text{ °C} - 13 \text{ °C}) / 45 \cdot 5,82 \text{ kWh/d} = 11,17 \text{ kWh/d} \quad (\text{Formel 49}) \end{aligned}$$

2) Aus den Formeln 119, 120 und 123 in Verbindung mit Tabelle 31 und 33:

$$\begin{aligned} \eta_{k,100\%} &= (57 + 6 \cdot \log(30)) / 100 = 65,86 \% \\ \eta_{k,pl} &= (58 + 7 \cdot \log(30)) / 100 = 68,34 \% \\ q_{B,70} &= (14 \cdot (30) - 0,28) / 100 = 5,40 \% \end{aligned}$$

## 15.4 Übung 4 – Beispielgebäude

**15.4.1** In dieser Übungsaufgabe wird ein einfaches Beispielgebäude vorgestellt. Die Aufgabe ist es, die Energieeffizienz dieses Gebäudes nach der Energieeinsparverordnung zu bewerten. Dabei soll das normale Verfahren, nicht das Einzonenmodell verwendet werden.

Dazu sind folgende Arbeitsschritte erforderlich:

- Festlegung der Nutzungsrandbedingungen
- Zonierung des Gebäudes
- Berechnung der Grund- und Bauteilflächen
- Eingabe aller Daten in das Berechnungsprogramm.

Alle erforderlichen Daten sind auf den nächsten Seiten zusammengestellt. Fehlende Angaben zum Gebäude können durch eigene, sinnvolle Annahmen oder durch Verwendung der Referenzausführung der EnEV ergänzt werden. Bei der Eingabe der Anlagentechnik, können dort, wo das Programm dies zulässt, Standardwerte angesetzt werden.

### Daten des Übungsgebäudes

Bei dem Beispielgebäude handelt es sich um ein kleines Bürogebäude mit 3 Etagen, das nach der Energieeinsparverordnung errichtet wird. Alle Etagen sind identisch und entsprechen dem beiliegenden Grundriss. Das Gebäude ist nicht unterkellert und den oberen Abschluss bildet ein Flachdach. Das vorgesetzte Treppenhaus und die Technikräume sind unbeheizt. Das übrige Gebäude ist beheizt aber nicht klimatisiert und nicht mechanisch belüftet.

### Nutzungsrandbedingungen und Zonierung

Es handelt sich um ein reines Bürogebäude. Es sollen die unveränderten Nutzungsprofile der DIN V 18599-10 verwendet werden.

### Grund- und Bauteilflächen

Alle erforderlichen Maße zur Berechnung der Flächen und des Nettovolumens können den beiliegenden Plänen entnommen werden.

### Bauteilkonstruktionen

Das Gebäude wird in Holztafelbauweise errichtet. Lediglich die Wände des Treppenhauses bestehen aus Mauerwerk.

Die Bodenplatte besteht aus einer Stahlbetonplatte mit unterseitiger Perimeterdämmung und Verbundestrich. Die Geschossdecken und das Flachdach werden als Stahl-Holz-Konstruktion errichtet.

Bei den Fenstern und der Eingangstür handelt es sich um Aluminiumprofile mit Wärmeschutzverglasung.

Für die Berechnungen können folgende U-Werte angesetzt werden:

Außenwände	0,30 W / (m <sup>2</sup> K)
Wand zum unbeheizten Bereich	0,45 W / (m <sup>2</sup> K)
Bodenplatte	0,30 W / (m <sup>2</sup> K)
Flachdach	0,20 W / (m <sup>2</sup> K)
Fenster (U <sub>w</sub> -Wert)	1,30 W / (m <sup>2</sup> K)
Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasungen (g-Wert)	0,60
Wärmebrückenzuschlag	0,05 W / (m <sup>2</sup> K)

### Heizung

Die Wärmeerzeugung erfolgt durch einen Gas-Brennwertkessel, der im Technikraum im Erdgeschoss aufgestellt ist. Die vertikale und horizontale Verteilung erfolgt im beheizten Bereich. Als Heizflächen werden Radiatoren im Außenwandbereich eingesetzt.

### Weitere Daten des Heizsystems:

Neubau, Systemtemperaturen 55 / 45 °C, Gebläsebrenner, Thermostatventile mit Proportionalreglern (2 K), Verteilung über Zweirohrnetz, hydraulisch abgeglichen, variabel geregelte Pumpe

Fortsetzung von 15.4

### **Trinkwarmwasser**

Dezentrale Warmwasserbereitung über elektrische Durchlauferhitzer.

### **Lüftung**

Fast alle Räume werden natürlich über die Fenster be- und entlüftet. Lediglich die WC-Räume verfügen über eine mechanische Abluftanlage ohne Luftaufbereitung.

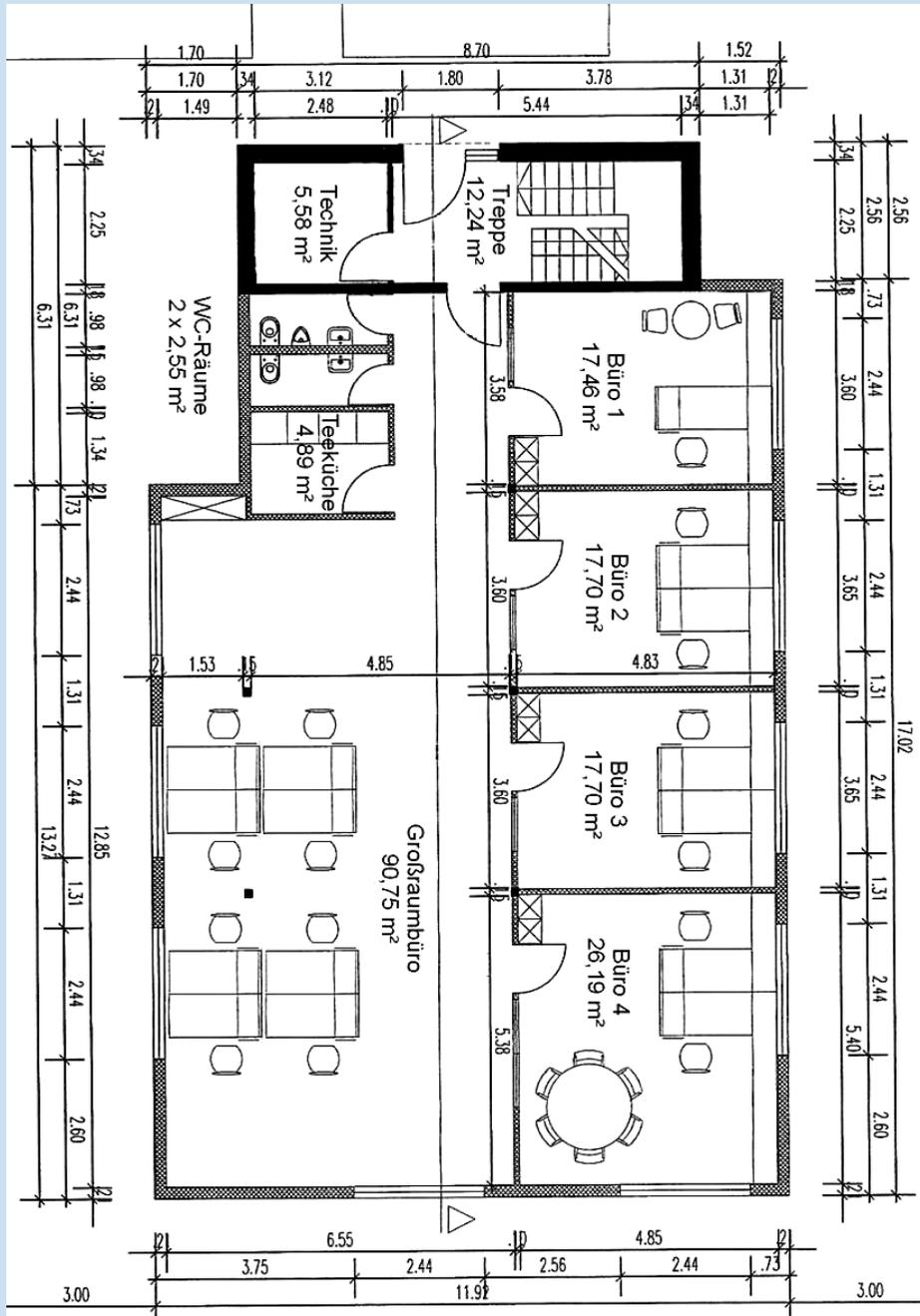
Für den Luftwechsel kann die »Kategorie II« (ohne Dichtheitsprüfung) angesetzt werden.

### **Beleuchtung**

Für die Berechnung des Energiebedarfs der Beleuchtung wird von einer direkten Beleuchtung mit stabförmigen Leuchtstoffröhren und elektronischen Vorschaltgeräten ausgegangen. Diese werden manuell und ohne Präsenzkontrolle geschaltet.

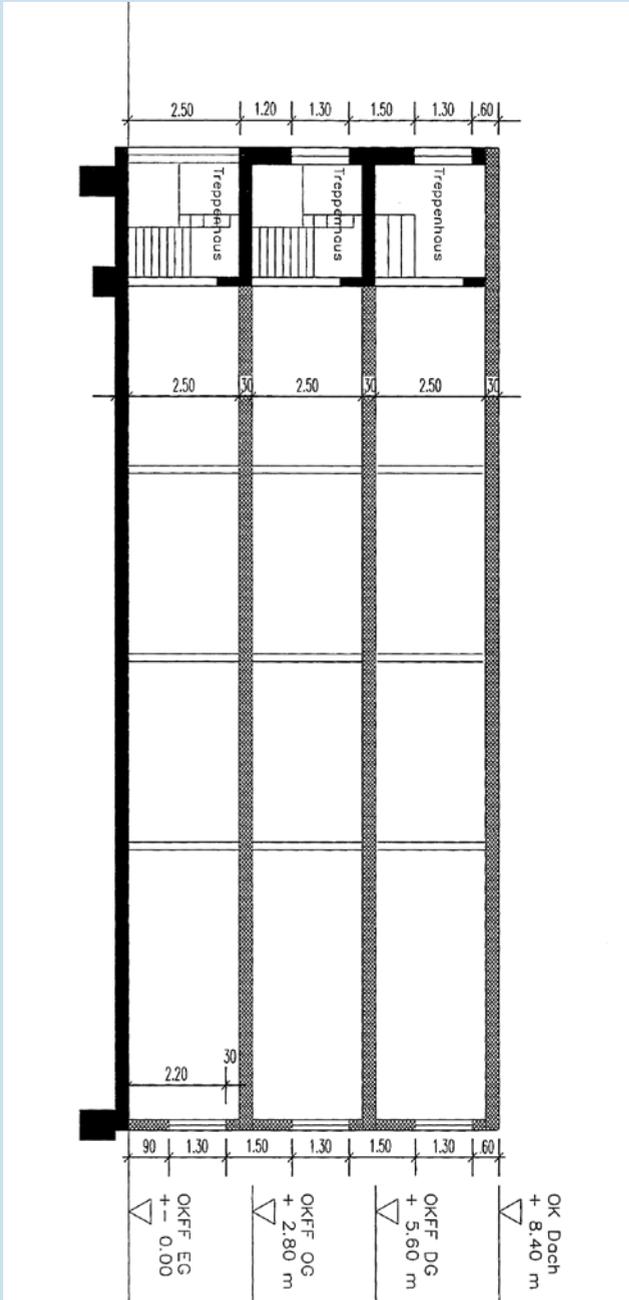
Beleuchtungsbereiche müssen nicht unterschieden werden. Eventuelle Verschattungen durch Nachbargebäude können vernachlässigt werden. Ein Sonnenschutz ist nicht vorhanden.

Pläne des Übungsgebäudes (Grundriss)



Fortsetzung von 15.4

(Schnitt)



Fortsetzung von 15.4

Sind alle Ausgangsdaten an den erforderlichen Stellen eingegeben, ergeben sich programmspezifisch für dieses Beispielgebäude die folgenden Energiebedarfswerte:

	Nutzenergie	Endenergie	Primärenergie
Heizung	34 816,3	45 397,5	45 743,2
Beleuchtung	14 071,9	14 071,9	37 994,2
Belüftung	0,0	259,0	699,3
Trinkwarmwasser	3930,5	3930,5	10 612,4
Kühlung	0,0	0,0	0,0
Gesamt	52 818,8	63 659,0	95 049,1

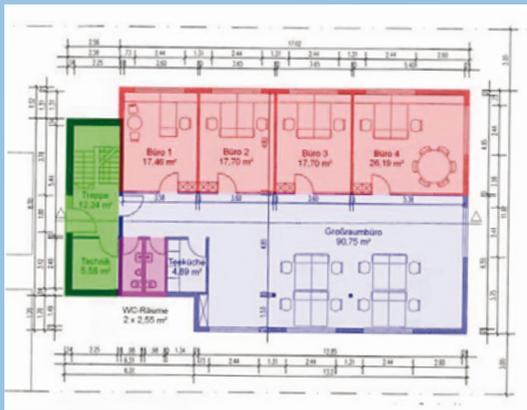
Hinweis: Je nach verwendetem Programm können die Ergebniswerte leicht abweichen.

## 15.5 Musterlösung der Übungsaufgabe zur DIN V 18599

15.5.1 Auf den nachfolgenden Seiten wird die Berechnung eines Beispielgebäudes dargestellt. Um den Arbeitsaufwand überschaubar zu halten, wird auf die Eingabe einer Klimatisierung verzichtet.

### Nutzungsrandbedingungen und Zonierung

Das Gebäude wird zur Berechnung in vier Zonen eingeteilt. Die Grundfläche der Teeküche ist kleiner als 3 % der Gesamtgrundfläche. Sie kann somit einer anderen Nutzung zugeschlagen werden.



#### Zone 1 (rot) Büroräume

Nutzungsprofil Nr. 1– Einzelbüro

#### Zone 2 (blau) Großraumbüro

Nutzungsprofil Nr. 3 – Großraumbüro (ab 7 Arbeitsplätze)

#### Zone 3 (violett) WC-Räume

Nutzungsprofil Nr. 16 – WC und Sanitärräume in NWG

#### Zone 4 (grün) Treppe & Technik

Nutzungsprofil Nr. 18 – Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)

Letztere Zone ist unconditioniert, weil sie weder beheizt noch gekühlt wird, und fällt nach § 1 Satz 1 somit nicht in den Geltungsbereich der EnEV.

Diese Zonierung ist in allen Etagen gleich, so dass sich jede Zone über drei Geschosse erstreckt.

Die Ermittlung der Maße der einzelnen Zonen erfolgt nach DIN V 18599-1, Kapitel 8.1.1 und 8.1.2 Bild 6 und Bild 7.

Fortsetzung von 15.5.1

## Berechnung der Netto- und Bruttoflächen sowie des Netto- und Bruttovolumens

### Zone 1 – Büroräume

Etage	Raumbez.	NGF	lichte Höhe	Nettovolumen
EG	Büro 1	17,46 m <sup>2</sup>	2,50 m	43,65 m <sup>3</sup>
EG	Büro 2	17,70 m <sup>2</sup>	2,50 m	44,25 m <sup>3</sup>
EG	Büro 3	17,70 m <sup>2</sup>	2,50 m	44,25 m <sup>3</sup>
EG	Büro 4	26,19 m <sup>2</sup>	2,50 m	65,48 m <sup>3</sup>
1. OG	Büro 1	17,46 m <sup>2</sup>	2,50 m	43,65 m <sup>3</sup>
1. OG	Büro 2	17,70 m <sup>2</sup>	2,50 m	44,25 m <sup>3</sup>
1. OG	Büro 3	17,70 m <sup>2</sup>	2,50 m	44,25 m <sup>3</sup>
1. OG	Büro 4	26,19 m <sup>2</sup>	2,50 m	65,48 m <sup>3</sup>
2. OG	Büro 1	17,46 m <sup>2</sup>	2,50 m	43,65 m <sup>3</sup>
2. OG	Büro 2	17,70 m <sup>2</sup>	2,50 m	44,25 m <sup>3</sup>
2. OG	Büro 3	17,70 m <sup>2</sup>	2,50 m	44,25 m <sup>3</sup>
2. OG	Büro 4	26,19 m <sup>2</sup>	2,50 m	65,48 m <sup>3</sup>
Gesamt		237,15 m <sup>2</sup>		592,89 m <sup>3</sup>

Anzahl	Länge	Breite	Geschosshöhe	Bruttovolumen
3 Geschosse	17,02 m	5,11 m	2,80 m	730,57 m <sup>3</sup>
Gesamt m <sup>3</sup>				730,57 m <sup>3</sup>

Fortsetzung von 15.5.1

**Zone 2 – Großraumbüro (inkl. Teeküche)**

Etage	Raumbez.	NGF	lichte Höhe	Nettovolumen
EG	Großraumbüro	90,75 m <sup>2</sup>	2,50 m	226,88 m <sup>3</sup>
EG	Teeküche	4,89 m <sup>2</sup>	2,50 m	12,23 m <sup>3</sup>
1. OG	Großraumbüro	90,75 m <sup>2</sup>	2,50 m	226,88 m <sup>3</sup>
1. OG	Teeküche	4,89 m <sup>2</sup>	2,50 m	12,23 m <sup>3</sup>
2. OG	Großraumbüro	90,75 m <sup>2</sup>	2,50 m	226,88 m <sup>3</sup>
2. OG	Teeküche	4,89 m <sup>2</sup>	2,50 m	12,23 m <sup>3</sup>
Gesamt		286,92 m <sup>2</sup>	717,33 m <sup>3</sup>	

Anzahl	Länge	Breite	Geschosshöhe	Bruttovolumen
3 Geschosse	13,27 m	6,81 m	2,80 m	759,10 m <sup>3</sup>
3 Geschosse	3,73 m	5,11 m	2,80 m	160,11 m <sup>3</sup>
3 Geschosse	– 2,34 m	2,87 m	2,80 m	56,41 m <sup>3</sup>
Gesamt m <sup>3</sup>				862,80 m <sup>3</sup>

Fortsetzung von 15.5.1

**Zone 3 – WC-Räume**

Etage	Raumbez.	NGF	lichte Höhe	Nettovolumen
EG	WC-Räume	5,10 m <sup>2</sup>	2,50 m	12,75 m <sup>3</sup>
1. OG	WC-Räume	5,10 m <sup>2</sup>	2,50 m	12,75 m <sup>3</sup>
2. OG	WC-Räume	5,10 m <sup>2</sup>	2,50 m	12,75 m <sup>3</sup>
Gesamt		15,30 m <sup>2</sup>		38,25 m <sup>3</sup>

Anzahl	Länge	Breite	Geschosshöhe	Bruttovolumen
3 Geschosse	2,34 m	2,87 m	2,80 m	56,41 m <sup>3</sup>
Gesamt m <sup>3</sup>				56,41 m <sup>3</sup>

Fortsetzung von 15.5.1

### Berechnung der Bauteilflächen

Sturzhöhe aller Fenster: 2,20 m, Brüstungshöhe aller Fenster 0,90 m

#### Zone 1 – Büroräume

Nr.	Bezeichnung	Berechnung	Fläche
1	Außenwand Nord-West	17,02 m × 8,40 m	142,97 m <sup>2</sup>
2	Fensterflächen Nord-West	12 × 2,44 m × 1,30 m	- 38,06 m <sup>2</sup>
3	Außenwand Nord-Ost	5,11 m × 8,40 m	42,92 m <sup>2</sup>
4	Fensterflächen Nord-Ost	3 × 2,44 m × 1,30 m	- 9,52 m <sup>2</sup>
5	Außenwand Süd-West	1,52 m × 8,40 m	12,77 m <sup>2</sup>
6	Wand zum Treppenraum	3,59 m × 8,40 m	30,16 m <sup>2</sup>
7	Bodenplatte	17,02 m × 5,11 m	86,97 m <sup>2</sup>
8	Flachdach	17,02 m × 5,11 m	86,97 m <sup>2</sup>
Wärmeübertragende Hüllfläche			402,76 m <sup>2</sup>

Fortsetzung von 15.5.1

**Zone 2 – Großraumbüro (inkl. Teeküche)**

Nr.	Bezeichnung	Berechnung	Fläche
9	Außenwand Nord-Ost	$6,81 \text{ m} \times 8,40 \text{ m}$	$57,11 \text{ m}^2$
10	Fensterflächen Nord-Ost	$3 \times 2,44 \text{ m} \times 1,30 \text{ m}$	$-9,52 \text{ m}^2$
11	Außenwand Süd-Ost	$14,66 \text{ m} \times 8,40 \text{ m}$	$123,14 \text{ m}^2$
12	Fensterflächen Süd-Ost	$9 \times 2,44 \text{ m} \times 1,30 \text{ m}$	$-28,55 \text{ m}^2$
13	Außenwand Süd-West	$1,70 \text{ m} \times 8,40 \text{ m}$	$14,28 \text{ m}^2$
14	Wand zum Treppenraum	$2,24 \text{ m} \times 8,40 \text{ m}$	$18,82 \text{ m}^2$
15	Bodenplatte	$13,27 \text{ m} \times 6,81 \text{ m}$ $+ 3,73 \text{ m} \times 2,24 \text{ m}$ $+ 1,39 \text{ m} \times 2,87 \text{ m}$	$102,71 \text{ m}^2$
16	Flachdach	$13,27 \text{ m} \times 6,81 \text{ m}$ $+ 3,73 \text{ m} \times 2,24 \text{ m}$ $+ 1,39 \text{ m} \times 2,87 \text{ m}$	$102,71 \text{ m}^2$
Wärmeübertragende Hüllfläche			$418,86 \text{ m}^2$

**Zone 3 – WC-Räume**

Nr.	Bezeichnung	Berechnung	Fläche
17	Außenwand Süd-Ost	$2,34 \text{ m} \times 8,40 \text{ m}$	$19,66 \text{ m}^2$
18	Wand zum Technikraum	$2,87 \text{ m} \times 8,40 \text{ m}$	$24,11 \text{ m}^2$
19	Bodenplatte	$2,34 \text{ m} \times 2,87 \text{ m}$	$6,72 \text{ m}^2$
20	Flachdach	$2,34 \text{ m} \times 2,87 \text{ m}$	$6,72 \text{ m}^2$
Wärmeübertragende Hüllfläche			$57,21 \text{ m}^2$

Fortsetzung von 15.5.1

### **Berechnung der charakteristischen Längen und Breiten**

Nach dem in DIN V 18599-5 Anhang B beschriebenen Verfahren sind die charakteristischen Längen und Breiten des Gebäudes bzw. der beheizten Gebäudezonen zu bestimmen.

Zur Berechnung der charakteristischen Länge und Breite der beheizten Zonen, wird das Gebäude in zwei Rechtecke unterteilt. Dabei umfasst das erste Rechteck das Großraumbüro und die Büros 2-4, das zweite Rechteck besteht aus dem Büro 1 und den Nebenräumen.

#### **Berechnung der charakteristischen Länge:**

$$L_G = L + L_2$$

$$L_G = 13,27 + 10,22$$

$$L_G = 23,49 \text{ m}$$

#### **Berechnung der charakteristischen Breite:**

$$B_G = (L_1 \times B_1 + L_2 \times B_2) : L_G$$

$$B_G = (13,27 \times 11,92 + 10,22 \times 3,73) : 23,49$$

$$B_G = (158,18 + 38,12) : 23,49$$

$$B_G = 8,36 \text{ m}$$

### **Berechnung der tageslichtversorgten Bereiche**

Nach DIN V 18599-4 sind Gebäudezonen zur Berechnung des Energiebedarfs der Beleuchtung in Berechnungsbereiche zu unterteilen, wenn variierende Randbedingungen vorliegen (z. B. unterschiedliche Ausführungen des Beleuchtungssystems, Fassadeneigenschaften oder Verbauungen). Dies ist hier nicht der Fall.

In diesem Beispiel werden tageslichtversorgte Flächen und nichttageslichtversorgte Flächen vom Programm ermittelt.

Angenommen wird hier als Beleuchtungsart für Kunstlicht: direkt, mit stabförmigen Leuchtstofflampen mit EVG und manueller Beleuchtungskontrolle.

### **Eingabe der Daten in das Berechnungsprogramm**

Die Übungsaufgabe soll nicht nach dem vereinfachten Verfahren gerechnet werden. Das Gebäude soll als Neubau mit aktuellem Baujahr und den Referenzklimadaten von Deutschland eingegeben werden. Es handelt sich um ein Bürogebäude.

### **Eingabe der Gebäudegeometrie**

Das Gebäude wird 3-geschossig mit einer Geschosshöhe von 2,8 m eingegeben. Das Nettovolumen beträgt  $1326,8 \text{ m}^3$  und das Bruttovolumen beträgt  $1648,1 \text{ m}^3$ , als Nettogrundfläche ist  $539,4 \text{ m}^2$  anzusetzen. Je nach Softwarestruktur kann es sinnvoll sein, den unteren Gebäudeabschluss über  $F_x$ -Werte zu berechnen und die opaken und transparenten Bauteile bereits hier einzugeben. Als nächstes werden die Randbedingungen der Zonen definiert.

### **Eingabe der Randbedingungen Zone (hier beispielhaft an der Zone »Büroräume«)**

Die Zone1/Büroräume wird nur beheizt. Eine Luftaufbereitung findet nicht statt. Es handelt sich um eine leichte Gebäudezone mit einem Wärmebrückenfaktor von 0,05. Die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes ist zu prüfen.

### **Eingabe der Geometrie einer Zone**

Die Zone1/Büroräume hat eine Nettogrundfläche von  $237,15 \text{ m}^2$  und ein Bruttovolumen von  $730,60 \text{ m}^3$ . Bei drei Geschossen mit einer Geschosshöhe von 2,8 m ergibt sich ein Nettovolumen von  $592,80 \text{ m}^3$ .

### **Eingabe des Nutzungsprofils**

Für die Zone1/Büroräume wird das »Nutzungsprofil 1/Einzelbüro« ausgewählt.

### **Eingabe des Warmwasserbedarfs**

Der Richtwert für den Warmwasserbedarf ergibt sich aus der Nutzung »Einzelbüro« und wird mit dem Flächenbezug dieser Zone ermittelt. Die Fläche dieser Zone beträgt 237,15 m<sup>2</sup> und wird in der Zone 3 / WC-Räume gedeckt. Es ergibt sich ein Richtwert für Warmwasser in Höhe von 7,11 kWh/d.

Ein Warmwasserbedarf muss hier sowohl für die Zone Büroräume als auch für die Zone Großraumbüro eingegeben werden. Bei beiden Zonen sollte der Bedarf für Bürogebäude gewählt und dieser auf die Fläche bezogen werden.

### **Eingabe der Bauteile**

Vereinfachend wird hier mit der direkten U-Wert-Eingabe der Bauteile gearbeitet. Es ist jedoch auch möglich, die U-Werte im jeweiligen Programm zu ermitteln. Die Flächen der einzelnen Bauteile sind im vorangegangenen Text dargestellt.

### **Eingabe des unteren Gebäudeabschlusses über $F_x$ Werte**

Zur Berechnung des unteren Gebäudeabschlusses (Bodenplatte) mittels  $F_x$ -Werten, muss der Umfang und die Fläche der Bodenplatte angegeben werden. Danach wird über die Tabelle 3 aus DIN V 18599-2 der  $F_x$ -Wert der Bodenplatte ermittelt. Dabei muss in jeder Zone für den jeweiligen Anteil der Bodenplatte zur Bestimmung des  $F_x$ -Wertes immer der Umfang und die Fläche der gesamten Bodenplatte des Gebäudes (Erdreich berührende Fläche) angegeben werden. Dadurch wird sichergestellt, dass trotz der Aufteilung der Bodenplatte auf verschiedene Zonen jede Einzelfläche mit dem gleichen  $F_x$ -Wert in die Berechnung eingeht.

### **Eingabe der Beleuchtung**

Bei der Berechnung der Beleuchtung müssen keine Beleuchtungsbereiche unterschieden werden, da die anzusetzenden Parameter für die gesamte Zone gelten. Die Berechnung der installierten Leistung für das Kunstlicht kann nach dem Tabellenverfahren aus DIN V 18599-4 erfolgen. Dazu muss eine direkte Beleuchtung mit stabförmigen Leuchtstofflampen und elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) angesetzt werden. Präsenzmelder oder eine tageslichtabhängige Steuerung der Beleuchtung sind im Übungsbeispiel nicht vorhanden und werden daher auch nicht berücksichtigt.

### **Eingabe des Wärmeerzeugers**

Als Wärmeerzeuger wird ein Brennwertkessel »verbessert« mit dem Baujahr des Gebäudes eingegeben, der im unbeheizten Bereich steht. Die Vor- und Rücklauftemperaturen sollten ebenfalls in die Software eingegeben werden. Ein Pufferspeicher für die Heizung ist nicht vorgesehen.

### **Eingabe der Durchlauferhitzer für Warmwasser**

Als Wärmeerzeuger für Warmwasser werden Elektro-Durchlauferhitzer mit dem Baujahr des Gebäudes eingegeben, die in der Zone »Sanitärräume« aufgestellt sind. Dabei müssen die drei Durchlauferhitzer nicht einzeln eingegeben werden, sondern können als eine Wärmeerzeugerart betrachtet werden. Ein Trinkwarmwasserspeicher ist nicht vorgesehen.

### **Eingabe der Wärmeverteilung**

Die Wärmeverteilung erfolgt als indirektes System über ein Zweirohrnetz. Es müssen drei Rohrabschnitte eingegeben werden:

- Verteilungen (vom Wärmeerzeuger zu den Strangleitungen)
- Strangleitungen (vom Erdgeschoss in die Etagen)
- Anbindeleitungen (von der Strangleitung zu den Heizflächen)

Alle Rohrabschnitte werden als »innerhalb der beheizten Hülle liegend« eingegeben. Über die Baultersklasse (nach 1995) schätzt das Berechnungsprogramm die Leitungsdämmung ab. Außerdem müssen in der Software noch der hydraulische Abgleich und die geregelte Umwälzpumpe eingegeben werden.

Fortsetzung von 15.5.1

### Ergebnisse der Bewertung des Beispielgebäudes

Sind alle Ausgangsdaten an den erforderlichen Stellen eingegeben, errechnet das Programm für dieses Beispielgebäude die folgenden Energiebedarfswerte in kWh/a:

	Nutzenergie	Endenergie	Primärenergie
Heizung	34 816,3	45 397,5	45 743,2
Beleuchtung	14 071,9	14 071,9	37 994,2
Belüftung	0,0	259,0	699,3
Trinkwarmwasser	3930,5	3930,5	10 612,4
Kühlung	0,0	0,0	0,0
Gesamt	52 818,8	63 659,0	95 049,1

---

## 16 Fragen zur Übung 4

Im nachfolgenden Text sind anhand von Fragen und Antworten mögliche Probleme, die bei der Bearbeitung der Übung 4 auftauchen können dargestellt. Diese Fragen und Antworten sollen dem Leser helfen, die gewünschten Energiebedarfswerte für das oben genannte Beispiel zu erreichen.

### 16.1 Auswahl Gas-Brennwertkessel verbessert

#### 16.1.1 Warum wurde in der Beispielaufgabe ein »Gas-Brennwertkessel verbessert« ausgewählt?

Nach DIN 18599 – Teil 5, Tabelle 31 kann bei Brennwertkesseln ab 1999 von »Brennwertkessel, verbessert« ausgegangen werden.

### 16.2 Auswahl Geometriewerte für Warmwasserbereitung

#### 16.2.1 Welche Geometriewerte wurden der Versorgungseinheit zugeordnet – die aus dem Gebäude oder die aus der Zone?

Das ist in diesem Fall nicht von Bedeutung, da bei dezentraler WW-Bereitung keine Leitungen angesetzt werden, bzw. feste Leistungslängen (6 m pro Gerät) eingegeben werden.

### 16.3 Auswahl Baualterklassen der Leitungen

#### 16.3.1 Wonach wird die Auswahl »Baualterklasse/Dämmung Rohrleitungen« getroffen?

Die Auswahl wird nach dem Baujahr der Heizungsanlage bzw. der Rohrleitungen getroffen.

## 16.4 Auswahl Lage der Rohrabschnitte

### 16.4.1 Welche Eingaben sind in der Übungsaufgabe für »Umgebung Lage der Rohrabschnitte« richtig – die konkreten Zonen oder »Standardwert beheizt«?

Eine Möglichkeit ist, alle Leitungen als ein Rohrabschnitt einzugeben und dann zu bestimmen, dass diese im beheizten Bereich liegen. Danach werden die Wärmeabgaben der Rohrleitungen anteilig auf die beheizten Zonen verteilt. Alternativ können auch die genauen Rohrleitungslängen je Zone eingegeben werden.

## 16.5 Berücksichtigung unbeheizter Bereiche nach EnEV

### 16.5.1 Warum wird die Zone »Treppenhaus« nicht mit in die Berechnung einbezogen?

Bei dem Treppenhaus handelt es sich um einen unbeheizten Gebäudeteil, der nach § 1, Absatz 1 der Energieeinsparverordnung nicht in den Anwendungsbereich der EnEV fällt. Sicher ist es oft Auslegungssache, in wie weit ein Gebäudeteil gegebenenfalls über den Raumverbund mitbeheizt wird. In der Übung 4 hat der unbeheizte Bereich (Treppenhaus) aber 3 Außenseiten, so dass nicht von einer Beheizung über Raumverbund ausgegangen werden kann.

## 16.6 Bestimmung des Bruttovolumens

### 16.6.1 Warum wurde in der Übungsaufgabe das Bruttovolumen in den Zonen nicht bis zur UK Bodenplatte berechnet?

»Bezugmaß ist die Oberkante der Rohdecke in allen Ebenen eines Gebäudes (unterer Gebäudeabschluss, alle Geschosse), unabhängig von der Lage der eventuell vorhandenen Dämmschicht.« (siehe dazu auch DIN V 18599 – Teil 1, Nr. 8.1).

## 16.7 Bestimmung des Nettovolumens

### 16.7.1 Ist es auch möglich, das pauschale Nettovolumen anzugeben?

Alternativ zur Eingabe des Bruttovolumens kann auch das pauschale Nettovolumen eingegeben werden.

## 16.8 Eingabe der charakteristischen Länge und Breite

### 16.8.1 Ist es in Übung 4 auch denkbar, dass die charakteristische Länge und Breite getauscht werden $L = 17,02$ und $B = 11,92$ statt $B = 17,02$ und $L = 11,92$ sind?

Diese Angaben wirken sich nur auf die geschätzten Leitungslängen aus. Wenn die Leitungslängen manuell ermittelt und eingetragen werden, sind Länge und Breite egal.

## 16.9 Berücksichtigung der Randdämmung der Bodenplatte

### 16.9.1 Warum wird in der Übungsaufgabe ohne Randdämmung gearbeitet? In der Beschreibung heißt es: »Die Bodenplatte besteht aus einer Stahlbetonplatte mit unterseitiger Perimeterdämmung...«

Am Beispielobjekt ist die gesamte Bodenplatte gedämmt, daher wird keine Randdämmung angesetzt. Von einer Randdämmung wird nur ausgegangen, wenn eine unge-dämmte Bodenplatte (z. B. eine Halle) ausschließlich im Randbereich gedämmt wird.

## 16.10 Unterschied zwischen Einzel-, Gruppen- und Großraumbüro

### 16.10.1 Warum wird im Beispiel nicht in Einzel-, Gruppen- und Großraumbüro unterschieden? Wann kann man Räume dieser Profile zu einer Zone vereinen?

Nach DIN V 18599 muss man zwischen Einzelbüro (eine Person), Gruppenbüro (2–7 Personen) und Großraumbüro (ab 8 Personen) unterscheiden. Die EnEV erlaubt aber die Vereinfachung, dass Einzel- und Gruppenbüros zu Profil 1 (Einzelbüro) zusammengefasst werden dürfen. Um die Zonierung möglichst übersichtlich zu halten, wird diese Vereinfachungsmöglichkeit genutzt.

## 16.11 Zonierung bei Räumen mit Sonnenschutz

**16.11.1** Generell wird gesagt, dass eine Zonierung erfolgt, wenn ein Unterschied bezüglich des Sonnenschutzes auftritt. Andererseits soll auch eine Zonierung erfolgen bei unterschiedlichen Orientierungen ohne Sonnenschutz.

Die zusätzlichen Zonenteilungskriterien der Tabelle 6 (DIN V 18599-1) gelten nur für gekühlte Bereiche und müssen hier nicht angewendet werden.

**16.11.2** Ist bei gekühlten Bereichen generell bei unterschiedlicher Orientierung zu zonieren – egal ob ein Sonnenschutz existiert oder nicht?

Nein, nach Zeile 6 der Tabelle 6 (DIN V 18599-1) muss bei »permanent verschatteten Fassaden« und Fassaden mit wirkungsvollem Sonnenschutz (»außen liegender Sonnenschutz mit  $g_{\text{total}} < 0,12$ «) nicht nach Orientierung unterschieden werden. Ist ein schlechterer oder gar kein Sonnenschutz vorhanden, muss nach der Orientierung differenziert werden. Dies gilt nur für klimatisierte Zonen.

## 16.12 Berücksichtigung von Flächen kleiner 3% der Gesamtfläche

**16.12.1** Darf die Teeküche trotz abweichender Nutzung dem Großraumbüro zugeschlagen werden?

Die Teeküche hat weniger als 3% der Gesamtgrundfläche und darf dem Großraumbüro zugerechnet werden.

## 16.13 Berücksichtigung des Warmwasserbedarfs in Übung 4

### 16.13.1 Wie wird der Warmwasserbedarf in der Übungsaufgabe berücksichtigt?

In der Zone Büro und Großraumbüro wird jeweils der Bedarf eingegeben, der sich nach der Zonenfläche richtet. Beide Bedarfe werden in der WC-Zone gedeckt. Die WCs haben keinen eigenen Warmwasserbedarf.

- bei den Wärmeerzeugern für Warmwasser wird nur eine Erzeugungseinheit eingeben und dort auch nur einen Erzeuger »Elektrodurchlauferhitzer«, es ist nicht notwendig, jedes Gerät einzeln einzugeben.
- bei dem Verteilkreis Heizung ist die »Steigleitung Technik« als Verteilleitung und die »horizontale Etagenleitungen« als Strangleitung angegeben.

## 16.14 Berücksichtigung der Zuluft von WC-Räumen

### 16.14.1 Zone 3 / Sanitärräume / Abluftanlage: Eine Zone mit einer reinen Abluftanlage muss Verbindung zur Außenluft haben, zumindest mit Durchlässen, oder einen Zuluftstrom aus einer anderen Zone haben. Wie wird das Zuluftvolumen berücksichtigt? Wie groß ist das zugehörige Abluftvolumen, dass dem Nutzungsprofil entnommen werden soll? Aus welcher Zone erfolgt die Zuluft? Muss diese Zuluft in der anderen Zone wieder als Abluft eingegeben werden?

Die WC-Räume haben keine Fenster und werden daher mit der Option »nur Infiltration« eingegeben. Die angrenzende Zone ist hier das Großraumbüro. Die Größe des Volumenstroms ergibt sich aus der NGF der WC-Zone und dem im Nutzungsprofil angegebenen erforderlichen Luftwechsel (hier  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  pro  $\text{m}^2$  Zonenfläche). Es muss also die NGF der WC-Zone mit  $15 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  multipliziert werden. Dieser Wert muss mindestens als Zuluftvolumenstrom eingegeben werden, da dieser Volumenstrom durch die Abluftanlage abgeführt wird. In der angrenzenden Zone (Großraumbüro) muss weiter nichts eingegeben werden.

## 16.15 Bilanzierung der Energie für Beleuchtung bei unbeheizten Räumen

**16.15.1 Das Treppenhaus und der Technikraum werden hier als »unbeheizt« betrachtet. Diese Flächen werden jedoch beleuchtet, wie ist der Energiebedarf für die Beleuchtung zu berücksichtigen?**

Die Beleuchtung der unbeheizten Zone wird für den EnEV-Nachweis nicht berücksichtigt. Wird im Rahmen einer Beratung eine Energiebilanz nach DIN V 18599 erstellt, kann der Energiebedarf für die Beleuchtung berücksichtigt werden.

---

# Sachregister

Abluftanlage 76, 108, 189, 201

Absorber 80, 83

Altbau 20, 25, 35, 68, 74, 90, 104, 119,  
128, 149, 161, 184

Ausnutzungsgrad  $\eta$  55

A/V-Verhältnis 22, 40, 108

BHKW 91, 93, 192

Biogas 79, 89, 91

Biomasse 79, 89, 198

Bivalenzpunkt 185

Blower-Door 116

charakteristische Längen und Breiten 149

Dampfbefeuchtung 186

Diffusion 56

DIN V 18599 27, 55, 145, 152, 154, 165,  
175

Durchlauferhitzer 71, 201, 214, 220

EEWärmeG 29

Einzonenmodell 155, 164, 199

Energie 17, 79, 134, 192, 195, 221

Energieeinsparverordnung 24

Energiesparberatung »Vor-Ort« 26, 140

Energieträger 22, 38, 71, 77, 104, 138,  
181, 187, 195

EnEV 24, 58, 124, 127, 145, 147, 152,  
169, 191, 205, 217

Erdwärme 37, 79, 96

Feuchtigkeitsabfuhr 75

Flachkollektor 80

$F_x$ -Wert 36, 157, 166, 212

Geothermie 29, 79, 95

Gesamtenergiedurchlassgrad 39, 174, 200

Globalstrahlung 81

Gradtagzahl 39, 41, 147

Hackschnitzel 91

Heizenergiebedarf 19, 38, 40, 104

Heizgrenztemperatur 41

Heizkurve 66, 138

Heizlast 20, 37, 63, 84, 90, 137

Heizlastberechnung 64, 184

Heizperiodendauer 39

Heizungssystem, hydraulisch  
abgeglichen 68, 138

Heizwärmebedarf 19, 38, 41, 52, 138,  
148

Holzfeuerung 90

Inselbetrieb 85, 87

Kesselwirkungsgrad 62, 196, 198

Kollektor 72, 80, 82, 107

Kraft-Wärme-Kopplung 29, 93, 194

Kühlbedarf 148, 163

Kühlung 37, 52, 145, 149, 154, 162, 180,  
183, 189

Leistungszahl 100

Luftdichtheit 56, 106, 114, 130

Luftdichtheitsebene 42

Luftundichtheit 115

Lüftungswärmeverlust 20, 37, 39, 41, 63,  
75

Luftvolumenstrom 75, 116, 150, 189

Luftwechselzahl 39, 56, 150

Mindestwärmeschutz 52, 59, 168

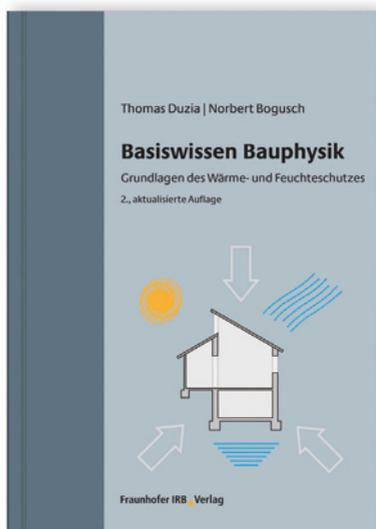
Nichtwohngebäude 27, 52, 145, 155

- Niedertemperatursystem 37, 63, 98  
Niedrigenergiehaus 20  
Nutzenergie 20, 100, 181, 186, 196, 204, 215  
Nutzungsgrad 62, 71, 93, 194, 197  
Nutzungsprofil 160, 163, 173  
Nutzungsrandbedingungen 164
- Oberflächentemperatur 36, 39, 51, 57, 136
- Passivhaus 20, 75, 107, 112  
Pellets 91  
Photoeffekt 85, 88  
Photovoltaikanlage 28, 85  
Primärenergie 18, 22, 100, 195, 204, 215  
Primärenergiebedarf 38, 150, 164, 181, 195  
Primärenergieindex (PEI) 18, 126  
Pumpen, geregelt und ungeregelt 184
- Randdämmung 168  
Rohrleitungsdämmung 69, 138
- Schimmelpilz 36, 40, 57, 131  
Sekundärenergie 18  
Solarspeicher 72, 80, 83  
Solarthermie 79  
Sonnenschutz 52, 107, 149, 176, 219  
Stückholz 91
- Tageslichtversorgung 160, 173  
Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  36, 58  
Thermostatventil 68, 123, 138, 197, 200  
Transmissionswärmeverlust 20, 36, 58, 75, 110, 146, 172  
Treibhauspotenzial 124
- Umwälzpumpe 67, 138, 214  
U-Wert 36, 39, 44, 59, 63, 65, 108, 111, 122, 157, 169
- Vakuumröhrenkollektor 80  
vereinfachtes Verfahren 164  
Versauerungspotenzial 122  
Verschattungswinkel 178
- Wärmebedarf 29, 61, 63, 70, 94, 96, 105, 185  
Wärmebrücke 58, 110, 170  
Wärmebrückenverlustkoeffizient 36, 58  
Wärmedurchgang 44, 56, 63  
Wärmedurchgangskoeffizient 25, 36, 44, 126, 130, 147, 157  
Wärmedurchlasswiderstand 46, 56, 166, 169  
Wärmefluss 44, 63, 96, 113  
Wärmegewinn 36, 41, 43, 52, 55, 108  
Wärmeleitfähigkeit 40, 44, 47, 50, 57, 112  
Wärmepumpe 79, 96, 99, 183, 185, 193  
Wärmeschutz, sommerlicher 52, 54  
Wärmespeicher 82  
Wärmespeicherfähigkeit 36, 42, 54, 109  
Wärmestromdichte 45, 166  
Wärmeübergangswiderstand 46  
Wärmeverlust 38, 58, 64, 69, 104, 105, 171  
Warmwasserbedarf 70, 83, 96, 191, 213, 220  
Warmwasserbereitung 70, 83, 96, 99, 138, 155, 190, 201, 216  
Warmwasserverbrauch 72, 83  
Windabschirmklasse 151  
Winddichtung 122
- Zonenteilungskriterien 219  
Zonierung 163

# Basiswissen Bauphysik

## Grundlagen des Wärme- und Feuchteschutzes

Norbert Bogusch | Thomas Duzia



2., aktual. Aufl. 2014, ca. 230 Seiten,  
zahlr. Abb. u. Tab., Kart.  
ISBN 978-3-8167-9135-5  
E-Book: ISBN 978-3-8167-9136-2

In der praktischen Anwendung verschließen sich dem planenden Architekten oder Entscheidungsträger häufig die Hintergründe der bauphysikalischen Betrachtungen. Ein teilweise unübersichtliches Regelwerk beeinträchtigt zudem die Orientierung.

Das Buch verbindet die Grundkenntnisse und Begrifflichkeiten der Bauphysik mit der Praxis und bietet einen schnellen Überblick für Planer und Architekten. Es schlägt einen Bogen von den Anfängen der Wärmelehre, über die geltenden Regelwerke und Normen bis hin zum energiesparenden Bauen und den zukünftigen Anforderungen an den Wärmeschutz. In der zweiten Auflage werden zusätzlich die EnEV 2014, die neuen Rechenansätze zum sommerlichen Wärmeschutz und das EEWärmeG behandelt.

**Fraunhofer IRB  Verlag**

Der Fachverlag zum Planen und Bauen

Nobelstraße 12 · 70569 Stuttgart · [www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

Mit Beiträgen von:

Volker Beckmann, Stephanie Kallendrusch,  
Jan Karwatzki, Hans-Dieter Meyer, Michael Stöhr,  
Annette Tönges, Jürgen Veit

# Prüfungsfragen für die Qualifizierung zum Gebäude-Energieberater

## Wohn- und Nichtwohngebäude

3., aktualisierte Auflage

Dieses Fachbuch bietet dem zukünftigen Energieberater, Architekt und Ingenieur eine kompakte, optimal auf die Qualifizierung zum Gebäude-Energieberater abgestimmte Sammlung von Prüfungsaufgaben, unterteilt in die Abschnitte »Wohngebäude« und »Nichtwohngebäude«.

Neue Regelungen und steigende Energiepreise erzeugen weiterhin eine konstante Nachfrage nach Energieberatungen. Immer mehr Energieberater werden benötigt und müssen spezielle Fachkenntnisse nachweisen. Die Aufgabe unabhängiger Berater ist es, auf das Gebäude zugeschnittene und gleichzeitig wirtschaftliche Maßnahmenpakete zur Verringerung des Energieverbrauchs vorzuschlagen. Der daraus erstellte Beratungsbericht dient dem Beratungsempfänger als Grundlage für Sanierungsplanungen und Investitionsentscheidungen.

Neben der im Oktober 2013 verabschiedeten Novelle der Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) werden in dieser Auflage auch die geänderte EU-Gebäuderichtlinie (EPBD 2010), die Änderungen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG 2011) sowie die Neuherausgabe der DIN V 18599 vom Dezember 2011 berücksichtigt.

Diese Regelungen – insbesondere die EnEV 2014 – bringen zahlreiche Neuerungen mit sich, die in der Praxis umgesetzt werden müssen. Neben neuen Regelungen zum Energieausweis und kleineren Änderungen bei den Nachrüstverpflichtungen, werden die energetischen Anforderungen an Neubauten zum 01.01.2016 weiter um 25% verschärft.

Einer Auswahl an bereits in Prüfungen gestellten Prüfungsfragen stellen die Autoren die entsprechenden Antworten gegenüber. Dem Aspiranten wird hiermit nicht nur ein fundierter Leitfaden an die Hand gegeben, sondern er kann sich auch mit der Prüfungsmethodik vertraut machen. Die Fragen stellen einen Querschnitt durch die Thematik dar, ohne dabei auf alle Details einzugehen.

Dank seiner kompakten Darstellungsform ist das Buch die ideale Prüfungsvorbereitung für den zukünftigen Energieberater aber auch als Nachschlagewerk für Architekten oder Ingenieure geeignet.

ISBN 978-3-8167-9112-6



9 783816 791126

Fraunhofer IRB  Verlag

Kompetenz im  
Ökologischen Bauen

Öko Zentrum  
NRW